جامعة دمشق
نسخة مجانية
مديرية الكتب والمطبوعات

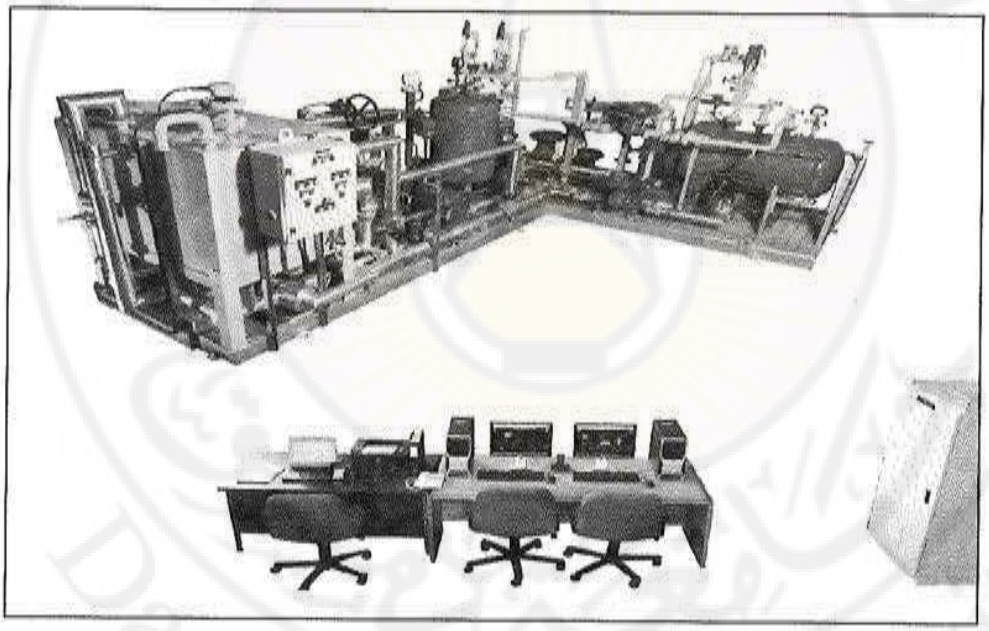
التحكم الآلي والأتمتة الإنتاجية

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

التحكم الآلي والأتمتة الإنتاجية

الدكتور المهندس
محمود بهاء الدين بني المرجه
أستاذ مساعد في قسم هندسة التصميم الميكانيكي



1434 - 1433 هـ
2013 – 2012 م

جامعة دمشق

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفهرس

المقدمة 18

الفصل الأول: الأساسيات

1-1-العلامات المميزة لأنظمة التحكم كما حددت في مواصفةDIN 21
-تمثيل أنظمة التحكم - المخطط الصندوقي 25
-تبسيط وتجميع المخططات الصندوقية 27
1-2-أساسيات (مبادئ) الهواء المضغوط 32
1-3-الهيدروليك (ما الهيدروليك ؟) 35
1-4-مبادئ الكهرباء والإلكترونيات (التيار الكهرباني) 45
1-5-مبادئ تقنية التحكم ذي الحلقة المغلقة 48
1-6-مبادئ الإلكترونيات البصرية 56
1-7-أنظمة العد (النظام العشري) 65

الفصل الثاني: مدخل إلى التحكم والتحكم الآلي

1-2-مقدمة 77
2-2-أتمتة عمليات التشغيل 77
3-2-العملية التقنية: 78
-العمليات المستمرة 80
-العمليات غير المستمرة 80
4-2-تقسيم نظام التحكم إلى أنظمة جزئية مبسطة 81
5-2-التحكم والتحكم الآلي(التحكم ذو الحلقة المفتوحة أو الحلقة المغلقة) 83
- التحكم 83
-التحكم الأوتوماتيكي (الآلي - المنظم) 84

الفصل الثالث: الحساسات (التحسس)

1-3-مقدمة 87

2-3-عناصر المحولات 89
3-3-الإشارات كحامل للمعلومات 93
4-3-الأنواع المختلفة للإشارات 93
5-3-تحويل الإشارة وموائمتها: 96
-تمثيل المعطيات الرقمية 96
-تكبير (تضخيم) الإشارة 98
-تحويل الإشارات إلى إشارات خطية (التقويم) 98
6-3-الحساسات تتحرى وصول الأجسام (اقترابها): 99
-مفتاح تحديد نهاية الشوط الكهربائي 99
-مفتاح تحديد نهاية الشوط الهوائي 100
-الحساسات التقاربية العاملة بالهواء المضغوط 100
-فوهة الضغط الخلفي 101
-فوهة الارتداد 101
-الحاجز الهوائي (الدريئة) 103
-حساس التقارب الكهرضوئي 104
-الحاجز الضوئي مرسل / مستقبل 105
-حساس الحاجز الضوئي 105
-حاجز الضوء المنعكس 106
-الحساسات التحريضية 107
-الحساسات السعوية 114
7-3-حساسات قياس الضغط (الأساليب الهيدروستاتيكي والميكانيكي) 115
-المانومتر الأنبوبي 115
-قياس الضغط باستخدام الأغشية المحملة بنوابض 116
-قياس الضغط بشكل غير مباشر 117
-قياس الضغط باستخدام بلورات كهرإجهادية (أو كهرضغطية) 117
-قياس الضغط باستخدام مقاييس الانفعال 118
8-3-حساسات قياس القوة: 120
-حساس القوة 121
9-3-حساسات قياس الحرارة (المقاومات الحرارية): 121

-المزدوجة الحرارية 122
10-3-حساسات قياس تغيرات الطول والزاوية: 123
-عملية قياس الإزاحة النسبية 123
-عملية قياس الإزاحة المطلقة 123
-محولات الإزاحة للمسافات القليلة 124
-محولات الإزاحة للمسافات الطويلة 125
-مرمز العمود 126
-الحساسات الضوئية 127
-عجلات القيادة الإلكترونية (الطاحونة) 130
-محولات القياس التشابهية (التماثلية) 130
11-3-حساسات قياس مستوى ملء الخزانات: 134
-قياس المستوى باستخدام الفواشة 134
-قياس المستوى هوائياً 134
-قياس المستوى الهيدروستاتيكي 135
-قياس المستوى سعوياً 136
-قياس المستوى باستخدام حساس قوة 136
-الأسلوب الفوق صوتي في تحديد المستوى 137
-مبدأ عمل الحساسات فوق الصوتية 138
12-3-خلايا الحمل: 150
-محددات الوزن 153
-ميزان السير الناقل 156
-الحساسات التقاربية الريشية 156
-الحساسات الهوائية المغناطيسية 159
الفصل الرابع: الموازرات (الموازرة)
1-4-مقدمة 161
2-4-توليد حركات الأشواط (الحركات الخطية): 161
-الموازرات الهوائية: 161
-الأسطوانة الهوائية أحادية التأثير 162
-التحكم بالأسطوانة أحادية التأثير 163
-الأسطوانة مزدوجة التأثير 165

-التحكم بالأسطوانة ثنائية التأثير 165
-الأسطوانة ثنائية المحاور 166
-الأسطوانة الترادفية 167
-الأسطوانة المتعددة التوضعات 167
-المؤازر الهوائي الخطي (أسطوانة بدون محور مكبس): 167
-المؤازرات الهيدروليكية: 168
-وحدات التغذية الهيدروهوائية 168
-المؤازرات الكهربائية: 169
1- المحركات الكهرميكانيكية 169
2- المحركات الخطية 169
-المحرك الخطوي ذو الحركة الخطية 169
-استخدام المحرك الخطوي كمؤازر خطي 172
3-4-توليد الحركة الدورانية (المؤازرات الكهربائية): 173
-محركات التيار المستمر (DC) 173
-المحرك التزامني العامل بالتيار المتناوب(AC) 178
-المحرك الخطوي 178
-محرك التتبع الكهربائي 179
-المحركات السيرفو الكهربائية 179
-المحركات الهوائية 195
-المحرك المكبسي 196
-المحرك ذو الريش المنزلقة 197
-المؤازرات الهيدروليكية (المحرك الهيدروليكي) 197
4-4-توليد القوى الكبيرة: 198
-التحكم بالأسطوانات الهيدروليكية 198
-التحكم بسرعة المؤازرات الهيدروليكية 200
-التحكم بالسرعة باستخدام صمامات التحكم بالتدفق 201
-تطبيقات التحكم بالسرعة: 202
-دارة التغذية العرضية السريعة 202
-التحكم بالضغط بشكل متتابع 203

-التحكم بسرعة أو اتجاه دوان المحرك الهيدروليكي 204
-المحرك الخطوي الكهر هيدروليكي 205
-التحكم بالأسطوانة الهيدروليكية بوساطة صمام تناسبي 208
-صمام تحرير الضغط التناسبي المفعل اتجاهيا" 211
-صمام التحكم بالضغط التناسبي المفعل اتجاهيا" 212
-صمام التحكم بالتدفق التناسبي 213
-صمام التحكم بالاتجاه التناسبي المفعل مباشرة 214
-صمام التحكم بالاتجاه التناسبي المفعل اتجاهيا" 215

4-5-تحويل الإشارة ونقلها 116

الفصل الخامس: المعالجة (المعالجات)

1-5-مقدمة 221
2-5-المعطيات مرتبطة فيما بينها: 221
-الوصلات المنطقية من نوع (و AND) 221
-الوصلة المنطقية (أوOR) 224
-الوصلة المنطقية (لاNOT) 226
-الوصلات المركبة 227
-معادلات بول 229

3-5-تخزين الإشارات والمخارج المنطقية: 229
-ذاكرة الإشارة ذات السلوك المهيمن 231
-ذاكرة التشغيل المسيطر 232
-تثبيت الذاكرة، أول إشارة للوصول إلى السيطرة 233

4-5-زمن العمل (زمن العناصر مع تأخير التشغيل) 235
-المؤقتات ذات تأخير زمن التدفق 236
-زمن استجابة الدارات ذات صمامات التأخير الزمني 237

5-5- طرق التحكم بآلة برشمة 238
-الحل المنطقي 238
-الحل الهوائي باستخدام صمامات التحكم بالاتجاه 241
-الحل الهوائي باستخدام منظم التتابع 243
-الحل الكهرهوائي 244
-الحل باستخدام منظم فترات خطوي هوائي 246
-الحل باستخدام نظام التحكم ذي الخطوات المؤقتة زمنيا" 249

6-5-البرنامج: 250
-نظام معالجة المعطيات الصلب ذي الإمكانات المرنة 251

7-5-من معالج ذي خانة واحدة بسيطة إلى معالج كلمات معقد: 252
-المعالج الصغري والحاسوب الميكروي 255

الفصل السادس: البرامج

1-6-مقدمة 259
2-6-الحركة وفترات التشغيل الموصوفة: 259
-المخطط الانسيابي للبرنامجPFC 260
-مخطط العملياتFUP 260
-المخطط السلّمي 263
-مخططات فترات الحركة 264
-مخطط الإزاحة الخطوية (مرحلة الإزاحة) 264
-المخطط المنطقي 265
3-6-تحويل موديل البرنامج إلى برنامج: 266
-تطوير نظام تحكم مبرمج ذي برنامج داخلي 266
-توجيهات لتطوير الدارة واختبار الوظائف 267
-تطوير نظام تحكم ذي برمجة حرة 268
-تطوير البرنامج 268
4-6-ذاكرة البرنامج: 269

-ذاكرة القراءة والكتابة 271
-ذاكرة القراءة فقط 271
-معاني المصطلحات 272
-المزايا 272
5-6-لغات البرمجة : 273
-لغة المجمّع (أسيمبلر) 273
-لغات برمجة التوضع - الآلة 275
-لغة البرمجة التوضع - التطبيق 275

الفصل السابع: أنظمة التحكم الآلي

1-7-مبادئ أنظمة التحكم وأنواعها 279
2-7-التحكم بالحدبات (الكامات) 284
3-7-التحكم بالمصدات الميكانيكية 289
4-7-التحكم بوساطة الطبعة 290
5-7-التحكم بوساطة اللوحة المثقبة 296
6-7-الحاسوب المفرد اللوحة 299
7-7-الحاسوب الشخصي 305
8-7-أجهزة التحكم المنطقية المبرمجة(**PLC**): 310
-الحساسات مع نظام(PLCعناصر الدخل النظامية) 311
-المؤازرات بوساطة أنظمة(PLCوحدات الخرج النظامية) 312
-المعالجة بنظام(PLCوحدة التحكم المركزية) 313
-تصاميم أنظمة(PLCالتقنية) 314
-البرامج لأنظمة PLC 317
-المخطط السلّمي(LDR) 319
-مخطط الوظائف(FCH) 319
-لائحة التوضيح(STL) 320
-لغة البرمجة GRAFCET(مخططات انتقالات خطوات المهام) 325
-أنظمة أجهزة تطوير البرنامج 351
-وحدة البرمجة 353

-الطابعات وأجهزة تخزين المعطيات 354
-المأخذ 355
-الحاسوب الشخصي 355
9-7-حاسوب العملية 356
10-7-جهاز التحكم الرقمي: **NC** 356
-تشغيل مشغولة وفقاً لرسوم تقنية 357
-تشغيل مشغولة وفق برنامج محدد 358
-التحكم البسيط بخط مستقيم 360
-التحكم على امتداد خط مستقيم 360
-التحكم بالمحيط (خط منحني) 362
-أتمتة آلة مثقب 362
-نظام التحكم المتزايد 363
-أنظمة التحكم المطلق 364
-برامج أنظمة التحكم الرقمي(NC) 366
-ذاكرة البرنامج في أنظمة التحكم(NC) 369
-أسلوب تشغيل نظام التحكم(NC) 370
-لغات البرمجة ذات المستوى الأعلى لأنظمةNC 372
-الأوامر الهندسية 373
-أوامر الحركة 375
-الأوامر المساعدة 376
11-7-نظام التحكم الرقمي بالحاسوب **(CNC)** 377

الفصل الثامن: الشبكات

1-8-مقدمة 381
2-8-كيف ترسل المعطيات: 381
-النقل (البث) المتوازي في عدة اتجاهات 382
-النقل المتتالي للمعطيات 383
-الجسر البيني ذو حلقة التيار 20 mA (TTy) 385
3-8-الأنظمة اللامركزية 386

8-4-مثال تطبيقي 387
8-5-بنية الشبكة: 389
-البنية الحلقية 390
-الشبكات النجمية الشكل 390
8-6-مثال على توصيل شبكة لعملية: (استخدام حواسب تجارية وتقنية) 391
-تقنية نظام المراقبة 392
-شبكاتDNC 393

الفصل التاسع: تقنية المناولة

9-1-مقدمة 395
9-2-ما المناولة (المناولة الصناعية) 395
9-3-أمثلة تطبيقية: 395
-مثال من تقنية التعليب 401
9-4-وظائف المناولة الخطية المقسمة 402
9-5-وظيفة المناولة - التقسيم الدوراني 404

الفصل العاشر: الروبوتات الصناعية

10-1-مقدمة (ما الروبوت ؟) 407
10-2-مدخل إلى الروبوت الصناعي: 407
-تصنيف الروبوتات الصناعية 408
-الروبوت الصناعي الذكي 408
-بنية الروبوت الصناعي 408
10-3-الأنظمة الحركية (ما هي عناصر الحركة فيه ؟) 409
10-4-المؤازرات (المؤازرة) (أنظمة قيادة محاور الحركة): 412
-اللواقط 413
10-5-الحساسات (التحسس) 413
-حساسات التوضع، السرعة والتسارع 414
-حساسات القوة 414
-حساسات مجالات التلامس 415

-المبدآت (الحساسات اللاتلامسية) 415
-الحساسات البصرية 416
-الخلايا الكهرضوئية 417
-خطوط الدايود الضوئي (الكاميرا الخطية) 417
-حقول الدايودات الضوئية(الكاميرا الإحداثية «كاميرا المصفوفة») 417
-الكاميرا التلفزيونية 418
6-10-المعالجة (المعالجات) 418
7-10-البرنامج: 419
-أسلوب التعليم للبرمجة 419
-البرمجة النصية 419
-البرمجة النصية والبرمجة بأسلوب التعليم 419
8-10-الشبكات: 421
-الأنظمة المتعددة المعالجات 422
الفصل الحادي عشر: مفاهيم عامة عن مكننة وأتمتة الإنتاج 425

الفصل الثاني عشر: خصائص المكننة والأتمتة 429

الفصل الثالث عشر: المزايا التقنية والاقتصادية للمكننة والأتمتة
1-13-مقدمة 437
2-13-نظرية كفاءة الآلة الأوتوماتيكية 442

الفصل الرابع عشر: الأتمتة والمكننة الإنتاجية
1-14-مقدمة 447
-جوهر التطوير واتجاهاته الأساسية 447

2-14-التطوير بغية اختصار الزمن الأساسي (زمن المكنة) 449
3-14-التطوير بغية اختصار الزمن الإعدادي (المساعد) 451
4-13-التطوير بغية توسيع الإمكانيات التكنولوجية للمعدات 457
5-14-التطوير بغية أتمتة عمليات التشغيل بالقطع 458

آ - الميكنزمات الميكانيكية 459
ب - الأجهزة الكهرميكانيكية 466
جـ - الميكنزمات الهوائية 469
د - الميكنزمات الهيدروليكية 472
أمثلة تطبيقية:
1. الخراطة الأوتوماتيكية 476
2. التفريز الأوتوماتيكي 479
3. التثقيب الأوتوماتيكي 481
4. التجليخ الأوتوماتيكي 484

الفصل الخامس عشر: تمتة عمليات مراقبة المنتجات

15-1-مقدمة 487
15-2-ضبط الأبعاد الخارجية 489
15-3-ضبط الأبعاد الداخلية 490
15-4-القياس على الخط (أثناء التشغيل) 491
15-5-أجهزة القياس في نقطة واحدة والعديمة الأذرع 493
15-6-أجهزة القياس مزدوجة نقاط التماس 494
15-7-أجهزة القياس ثلاثية نقاط التماس 496
15-8-القياس خارج الخط 500
15-9-الضبط الأوتوماتيكي لآلات قطع المعادن 504
15-10-الموازرات بالتأثير المغناطيسي 509
15-11 - أجهزة التسجيل والاظهار: 511
- الأجهزة التشابهية (التماثلية): - أجهزة التدريج والمؤشر 512
- الاظهار وفق أعمدة 516
- مسجلات البيانات 518
- قياس الغلفنة ومسجلات الحلقة المفتوحة 520
- مسجلات بالأشعة فوق البنفسجية **UV** 525
- مسجلات السيرفو 528
- المسجلات المتعددة القنوات 530
- مسجلات الحدث 531

- الطابعة النقطية ذات السرير المسطح (XY) 532
- أجهزة العرض والاظهار: - المظهرات 534
- المظهرات الرقمية 536
- المضاعفة 542
- المنبهات الإنذار 544
- مسجلات البيانات الكهرمغناطيسية 546

الفصل السادس عشر: أتمتة مناولة القطع

16-1-الخصائص والميزات الأساسية 549
16-2-القنوات 552
16-3-المخازن 557
16-4-أجهزة التحميل بنموذج القفاز 558
16-5-الفواصل 568
16-6-المغذيات 570
16-7-الدوافع واللوافظ 572
16-8-الموضّعات 574
16-9-المناولات (الأذرع الآلية) 576
16-10-الروبوتات الصناعية 579
16-11- التنظيم و التقسيم في آلات التعبئة و التغليف 583
16-12- الفرز القابل للبرمجة في تقنيات التغليف والتعليب 596

الفصل السابع عشر: النقل ضمن المصنع

17-1-أتمتة التخزين وإخلاء الرايش 607
17-2-وسائط النقل ذات التأثير المستمر والمتقطع 608
17-3-أنظمة التخزين المؤتمت 614
17-4-إزالة الرايش 617

الفصل الثامن عشر: آلات النقل الأوتوماتيكية

18-1-فكرة عامة 619
18-2-أنواع آلات النقل 620

3-18-وسائط النقل أثناء عملية التشغيل 623
4-18-التحكم بآلة النقل 628
5-18-مضامين تصميم العملية التكنولوجية 635
6-18-وثوقية آلة النقل 640

الفصل التاسع عشر: أتمتة التجميع

1-19-طرائق الأتمتة ووسائلها 650
2-19-خطوط التجميع المؤتمتة 656

الملحقـات 661

المراجع العلمية 663

Damascus University

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمـــة

يستحيل تحديد الزمن الفعلي الذي بدأ فيه الإنسان يستخدم مفاهيم التحكم الآلي وعلومه. فكانت هناك العديد من الإنجازات والآلات والميكنزمات التي ابتكرها الإنسان للتحكم بعمليات الري وقياس الزمن و...الخ. وكان للعرب في هذا المجال دور كبير وبارز في الإنجازات التي حققوها في هذا المضمار، وبرزت أسماء لامعة من العلماء العرب أمثال الجزري وأبناء موسى بن شاكر والحسن بن الهيثم وغيرهم كثيرون ما زالت المخطوطات القليلة التي بقيت سليمة من أثر الزمان والحروب والغزاة والسارقين شاهدة على فضلهم في العلوم كافة والهندسية منها خاصة. وقد تميز علم التحكم الآلي بتعدد الأسماء له حيث توجد لعلم التحكم الآلي عدة أسماء أخرى مثل القيادة الآلية - التحكم الأوتوماتيكي - السيبرنتيك...الخ.

أما علم القيادة الحديث فهو المادة المطروقة في كثير من المجالات العلمية والتي بدأت انطلاقتها الكبيرة عام 1948 عندما نشر كتاب (Norbert, Weiner) بعنوان (السيبرنتيك) أي التحكم ونقل المعلومات عند الحيوان وفي الآلات. إن القيادة أو علم القيادة يعتمد على إجراء تعديل في عمل مجموعة ما، مما يحتاج إلى تزويد هذه المجموعة بالطاقة. ووجود عملية توجيه لهذه الطاقة - أي قيادتها - يسمح بوجود الحدث المطلوب منها.

فالقيادة مفهوم عام يطبق على الحالات كافة التي تجري فيها عمليات على مجرى الطاقة المار فيها باستخدام المعلومات التي يحملها، وهذه العمليات تؤدي إلى تغيرات فيزيائية في أوضاع هذه الحالات.

وحسب المعلومات المستقاة يتم اتخاذ القرار بالقيام بعمل هادف يعتمد على توجيه الطاقة والقيادة وباستخدام جريان الطاقة يمكن أن تتم حسب القواعد العددية أو القواعد المنطقية.

إن الإلمام بقواعد القيادة والتحكم الآلي أمر لا غنى عنه لكل مهندس يعمل في فروع الطاقة والإنتاج وطرائق قيادتها ويجب على كل إنسان تكنولوجي يحمل شهادة جامعية أن يكون متعرفاً على مسيرة الإنتاج وطرائق قيادتها والتحكم بها وعلى

العناصر والأجهزة والآلات المستخدمة لذلك وكيفية التعامل معها واتخاذ القرار اللازم لاستخدامها في المجالات الصناعية كافة.

ولابد أن نشير هنا إلى الارتباط العضوي والوثيق بين التحكم الآلي وعلم الأتمتة الإنتاجية، لدرجة لا يمكن معها تصور إمكان الفصل السهل بين هذين العلمين. ومن هنا جاءت تسمية هذا المقرر «التحكم الآلي والأتمتة الإنتاجية» والأتمتة الإنتاجية هي علم يبحث في تحرير الإنسان من ضرورة القيام باي مهمة بذاته والاستعاضة عنه بأجهزة وآلات وأدوات تستطيع تنفيذ هذه المهمة اعتماداً على مجموعة المعارف التي جناها الإنسان من خلال خبراته الطويلة وعمله عبر العصور وتجميع هذه الخبرات في أشكال مختلفة من البرامج ومخازن المعلومات حتى صار اليوم من البديهي أن نسمع بوجود برامج تدعى بالبرامج الخبيرة أو الأنظمة الخبيرة أو الذكاء الاصطناعي والتي تستخدم الخبرات المجمعة كافة من قبل الإنسان وتستطيع أن تحكم بنفسها وتتخذ القرار الأنسب وبالوقت المناسب. من هنا برزت فكرة تطبيقات الأتمتة وحلم الإنسان الأزلي بالمعامل النظيفة التي يكون فيها دور الإنسان هو فقط للمراقبة والقيادة، حيث تتم العمليات كافة دون تدخل مباشر من الإنسان. والحصول على منتجات بكميات كبيرة وبأقل عدد من المرتجعات وكلفة أقل لوحدة المنتج لاسترداد رأس المال الموظف للأتمتة. وتجنيب الإنسان التعامل مع المواد الخطرة والتعرض لظروف العمل الشاقة أو الخطرة أو الرتيبة المملّة.هذا كله يتم بفضل الربط الصحيح بين التحكم الآلي والأتمتة الإنتاجية، ونظراً لكون هذه التجهيزات كافة هي عناصر منفذة لأوامر محددة ومدروسة فإن الرباط الوثيق بين التحكم الآلي والأتمتة الإنتاجية أمر لا غنى عنه بأي حال.

وقد حاولنا في هذا الكتاب أن تكون المعلومات الواردة فيه ذات طابع تطبيقي فعلي، وحاولنا قدر المستطاع الاستعانة بأمثلة من الحياة العملية مستخدمة بالفعل حتى تكون عملية استيعاب هذا المقرر اسهل للطالب، واكتفينا قدر الامكان بالشرح المبسّط للأمور البديهية والسهلة نظراً لضيق المجال والزمن المقرر لتدريس هذا الموضوع عن استيعاب المعلومات الواردة هنا كافة والمعلومات الممكن إدراجها في هذه الموضوعات. لكن عدم اللجوء هنا للتركيز على الأمور النظرية البحتة لا يعني بأي حال من الأحوال إمكان الاستغناء عنها أو الانتقاص من شأنها، فهي الأساس الذي بني عليه هذا العلم وهي المصدر الأساسي للمعطيات التطبيقية كافة الواردة هنا والموجودة

أيضاً في الحياة العملية. ويجب على الطالب اللجوء إلى المصادر العلمية الممكنة عند الضرورة إذا رغب بزيادة معرفته في أي موضوع من موضوعات هذا الكتاب والاستزادة من هذه المراجع المتوفرة بكثرة لمن يحتاجها. ولحسن الحظ فقد صار الكثير من هذه المراجع متوفراً بالعربية.

وقد بدأنا الكتاب ببحث مختصر يعطي فكرة بسيطة عن الموضوعات المدروسة سابقاً في هذا المجال بقصد تذكير الطالب بها ليستطيع التجاوب بسرعة مع موضوعات هذا الكتاب. ولا نبالغ إذا أكدنا هنا أن علم التحكم الآلي والأتمتة الإنتاجية هو علم العلوم كلها. فهو درس لموضوعات تدخل في صلب العلوم الميكانيكية والكهربائية والإلكترونية والاقتصادية والطبيعية والرياضية والكيميائية والفيزيائية وحتى التربوية. لذلك فإن الوصول إلى هدف استيعاب هذا العلم يفرض على دارسه المتابعة المستمرة للعلوم كافة وإنجازاتها. وفي النهاية فإن إنجازات هذه العلوم هي مجال واسع لتطبيقات علم التحكم الآلي والأتمتة الإنتاجية.

وحاولنا قدر الإمكان أن نبسط الموضوعات المدروسة فيه وزودناها بأشكال ورسوم وصور وبيانات من أحدث المراجع العلمية في هذا المجال واعتمدنا على الخبرة العملية لدينا والتي نأمل أنها ستكون مفيدة للطالب ليستطيع الاستيعاب الجيد لتلك الموضوعات ثم الانطلاق لمتابعة زيادة هذه الإنجازات وتحسينها. ونرجو أن يكون مرجعاً مفيداً للدارسين في هذا المجال والباحثين فيه. خاصة وأننا حاولنا الاستفادة من المدارس التقنية كافة في هذا المجال واستخدمنا العديد من المراجع لإغناء موضوعات هذا الكتاب. وهدفنا في النهاية المساهمة في بناء صرح الحضارة لهذا الوطن الحبيب آملين أن نكون قد وفقنا في وضع لبنة صغيرة في بناء الصرح العلمي العربي الكبير.

وأود هنا أن أشكر كل من ساهم في إخراج هذا الكتاب إلى النور.

والله ولي التوفيق.

دمشـق

2012 م - 1433 هـ

الدكتور المهندس

محمود بهاء الدين بني المرجة

الفصل الأول
الأساسيات

1-1- العلامات المميزة لأنظمة التحكم كما حددت في DIN: (التصنيف وفقاً لنوع الفترة):

إن تخصيص نظام التحكم ضمن واحدة من المجموعات الثلاث (انظر الشكل) يعتمد على نوع المهمة الموكلة إليه.

في حالة نظام برنامج التحكم، فإن الإنسان المخطط أمامه خيار بين ثلاث مجموعات فرعية لبرنامج التحكم (الشكل 1 - 1).



الشكل (1- 1) - تصنيف أنظمة التحكم وفقاً لنوع الفترة

- نظام التحكم الطيار:

توجد دوماً علاقة واضحة بين الأمر أو القيمة المرجعية (قيمة الإسناد) وقيمة الخرج التي تسبب اضطراب المتحولات ولا تسبب أي إنحرافات (DIN 19226).
إن أنظمة التحكم الطيارة لا تمتلك ذاكرة.

- نظام التحكم ذو الذاكرة:

عند سحب أو إلغاء الأمر أو القيمة المرجعية، وجزئياً بعد اكتمال إشارة الدخل،

فإن قيمة الخرج المحققة تبقى (تخزن بالذاكرة). إن قيمة آمرة مختلفة أو إشارة دخل معاكسة تلزم لإعادة قيمة الخرج إلى القيمة الابتدائية. إن أنظمة التحكم ذات الذاكرة تحتوي على ذواكر دوماً (DIN 19226).

- التحكم بالزمن (ببرنامج):

في أنظمة التحكم بالزمن (ببرنامج)، تزود قيم الأوامر عن طريق مولد برنامج بدلالة الزمن (DIN 19226).

إن خصائص أنظمة التحكم بالتوقيت لهذا تكون عبارة عن مولد برامج وبرنامج فترات بدلالة الزمن ومولدات البرنامج قد تكون:

- أعمدة حدبات.
- حدبات.
- سيور برامج.
- بطاقات مثقبة.
- شريط مثقب.
- برامج في ذاكرة إلكترونية.

- أنظمة التحكم بالحركة الموجهة:

في أنظمة التحم بالحركة الموجهة تزود القيم المرجعية بوساطة مولد إشارة والذي تعتمد إشارة خرجه على المسار المسلوك أو وضعية جزء متحرك ضمن النظام الجاري التحكم به (DIN 19226).

- نظام التحكم بالفترة:

إن برنامج الفترات يخزن في مولد البرنامج الذي يسير عبر البرنامج خطوة - خطوة وفقاً للحالة التي وصل إليها بوساطة النظام الجاري التحكم به. هذا البرنامج قد يكون مكتوباً بشكل ثابت ودائم أو حتى يمكن قراءته من بطاقات مثقبة، أشرطة ممغنطة أو اية ذواكر مناسبة أخرى (DIN 19226). الشكل (1-2).



الشكل (1-2) - تصنيف أنظمة التحكم وفقاً لطريقة إظهار المعطيات

- تصنيف أنظمة التحكم وفقاً لطريقة إظهار المعطيات: (أنظمة التحكم المنطقي):

إن أنظمة التحكم العاملة بأسلوب معالجة الإشارة (المعالجات) تستعمل بشكل أساسي إشارات تمثيلية (DIN 19226).

- أنظمة التحكم الرقمي:

هي أنظمة التحكم العاملة بإشارات رقمية بأسلوب معالجة الإشارة والذي يعطي بشكل رئيس معطيات رقمية عن العملية (DIN 19226).

- أنظمة التحكم بالخانات الثنائية:

هي أنظمة تحكم تعمل بإشارات ثنائية الخانات في معالجة الإشارة والذي لاتشكل فيه الإشارات الثنائية الخانات جزءاً من المعطيات العددية المظهرة (DIN 19226).

- التصنيف وفقاً لنوع معالجة الإشارة:

إن التصنيف لأنظمة التحكم وفقاً لنوع إظهار المعطيات ذو طبيعة أكثر نظرية ويسمح بعدة بيانات مع مراعاة أساليب الحل التي يجب اختيارها. وأكثر ملائمة للحياة العملية هو التصنيف وفقاً لنوع معالجة الإشارة طالما أنه يعطي المعلومات حول أسلوب الحل اللازم اختياره.

- أنظمة التحكم المتزامنة:

هي أنظمة التحكم التي تتزامن فيها معالجة الإشارة مع نبضات الساعة(DIN 19226).



الشكل (1-3) تصنيف أنظمة التحكم وفقاً لنوع معالجة الإشارة

- أنظمة التحكم اللاتزامنية:

هي أنظمة تحكم تعمل بدون نبضات الساعة حيث تعديل الإشارة يتم فقط بتبديل في إشارات الدخل (DIN 19226).

- نظام التحكم المنطقي:

هو نظام تحكم حيث إشارات الحالة المحددة لإشارات الخرج تُرجع إلى

إشارةالحالات لإشارات الدخل بوساطة روابط بول المنطقية (DIN 19226).

- نظام التحكم بالفترة:

هو نظام تحكم ذو خطوات تشغيل إلزامي عند تشغيله من خطوة إلى التي تليها في البرنامج. وهو يعتمد على شروط خاصة محددة سابقاً (DIN 19226).

- نظام التحكم ذو فترات بدلالة الزمن:

هو نظام تحكم بفترات والذي تعتمد شروط تشغيله فقط على الزمن (DIN 19226).

- نظام التحكم ذو فترات بدلالة العملية:

هو نظام تحكم بفترات والذي تعتمد شروط تشغيله فقط على الإشارات من النظام الجاري التحكم به (DIN 19226).

- تمثيل أنظمة التحكم - المخطط الصندوقي

تستعمل طريقة تخطيطية لتمثيل أنظمة التحكم ويسمى المخطط الناتج «المخطط الصندوقي ». يوضح هذا المخطط العلاقات الرياضية بين مختلف عناصر جملة التحكم ويمتاز بأنه يبين بشكل أكثر واقعية التأثيرات الفعلية المتبادلة بين هذه العناصر بدلاً من التمثيل الرياضي التجريدي. إضافة إلى أنه من السهل إنشاء مخطط صندوقي لكامل نظام التحكم انطلاقاً من ربط المخططات الصندوقية وتجميعها لكل عنصر أو جزء مكون لهذا النظام.

يمثل كل عنصر بمستطيل له دخل واحد أو عدة دخول وخرج واحد أو عدة خروج. يكتب داخل المستطيل التابع الذي يربط قيمة الدخل بقيمة الخرج ويرمز له عادة بالرمز (G). يمكن لهذا التابع أن يأخذ أي شكل رياضي كأن يصف عمل العنصر من حيث كيفية تأثيره في الدخل لينتج الخرج وفق العلاقة :

$$\theta_o = G \,.\, (Q_i) \qquad (1)$$

والشكل (1-4) يوضح مخططاً صندوقياً يحقق العلاقة السابقة.



الشكل (4-1)

حيث a تمثل المخطط الصندوقي الذي يحقق العلاقة السابقة.

وتشمل أنظمة التحكم ذات التغذية المرتدة عنصراً أساسياً هو عنصر المقارنة أو اختصاراً « المقارن » والذي يسمى في بعض المراجع « المميز » أو « الكاشف ». ويمثل هذا العنصر في المخططات الصندوقية كما في الشكل (**4-1**_b) حيث يقوم بمفاضلة قيمتي دخل إليه ليعطي خرجاً وفق العلاقة :

$$\theta = \theta_i - \theta_o \qquad (2)$$

وتمثل بعض المراجع هذا العنصر بدائرة ضمنها إشارة (X). كما يمكن أن يمثل هذا الرمز عنصر تجميع يعطي خرجاً يساوي مجموع الدخول إليه حيث توضع عندئذ إشارة (+) عند كل دخل. يمكن إذن بشكل عام النظر إلى هذا الرمز بأنه يمثل عملية جمع جبري للدخول وفق الإشارة المبينة على خط كل دخل.

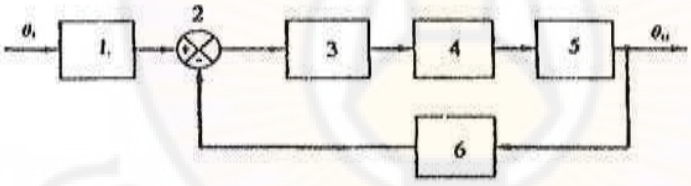
وتشير الخطوط ذات الأسهم، التي تصل بين الدوائر والمستطيلات في المخطط الصندوقي الكامل، إلى اتجاه انتقال الإشارة بإتجاه السهم وتمكن بالتالي من تمثيل أي نظام تحكم خطي وبيان الترابط الفيزيائي والرياضي بين مختلف عناصره.

يفيد مفهوم المخطط الصندوقي في تحليل مبادىء أنظمة التحكم ومناقشتها بشكل عام دون الحاجة إلى تحليل حالة خاصة معينة. ويمكن أن يمثل كل مستطيل في المخطط عنصراً أو وحدة فيزيائية متكاملة أو مجموعة عناصر أو جزءاً من عنصر، ويحدد ذلك في كل حالة من المعطيات المتوفرة وكيفية العلاقة الرياضية بينها.

- تبسيط المخططات الصندوقية وتجميعها :

إن الاهتمام الأساسي في تحليل أنظمة التحكم ينصب على دراسة أداء الاستجابة الإجمالية للدارة الممثلة لهذا النظام، مع الحفاظ على إمكانية توصيف تأثير كل من العناصر المكونة للدارة في أدائها كوحدة متكاملة. يؤمن استعمال مفهوم تابع التحويل للدارة هذه الإمكانية إضافة إلى الحفاظ على سهولة التحليل وسرعته. من المفيد إذن، قبل البدء بدراسة طرائق تحليل دارات التحكم المغلقة، بيان الوسائل الكفيلة بوضع الدارة على شكل مخطط صندوقي واضح وبسيط. يوضح الشكل(1-5) مخطط صندوقي نموذجي لدارة مغلقة. تتكون هذه الدارة من عدة عناصر في مسارها الأمامي بينما لا تحوي في مسار تغذيتها المرتدة إلا عنصراً واحداً.

ويفضل عادة تمثيل الدارة بمخطط صندوقي لا يحتوي أي عنصر تحويل في مساره المرتد. أي إن الخرج يرتد مباشرة إلى عنصر المقارنة دون تغيير في قيمته وطبيعته. وتسمى دارة من هذا النوع «دارة ذات تغذية مرتدة أحادية » لأن تابع التحويل في المسار المرتد هو الواحد، ويسهل وضع المخطط الصندوقي بهذا الشكل من معالجة خصائص الأداء والاستقرار، بخاصة تلك التي تعتمد تابع التحويل الإجمالي لعناصر المسار الأمامي.



الشكل (1-5) مخطط نموذجي لدارة تحكم مغلقة

من الواضح إذن أنه يفضل تحويل أي مخطط صندوقي معقد بحيث يصبح أحادي التغذية المرتدة. وتوجد عدة قواعد لتجميع المخططات الصندوقية وتبسيطها، سنعرض الأهم من خلال بعض الأمثلة. تجدر الإشارة إلى أن جميع هذه القواعد تفرض عدم وجود تداخل بين العناصر المكونة للدارة، أي لا يتم تحميل من عنصر لاحق إلى عنصر سابق وهذا محقق في معظم الحالات ويمكن تداركه من خلال تحديد تابع التحويل للعنصر. كما أنه اصطلح في أغلب المراجع على التعبير عن تابع تحويل

عنصر ضمن دارة تحكم بالرمز G(s) أو اختصاراً G، أما عند دراسة العنصر وحده كوحدة فيزيائية مستقلة فيرمز له بالرمز T(s).

- تابع تحويل عناصر على التسلسل :

يوضح الشكل (1-6) ثلاثة عناصر متصلة على التسلسل بحيث إن خرج عنصر هو دخل للعنصر الذي يليه، إن تابع التحويل لكل عنصر هو كما في الشكل(1-6-a).

يلاحظ أن تابع التحويل الإجمالي لهذه العناصر هو:

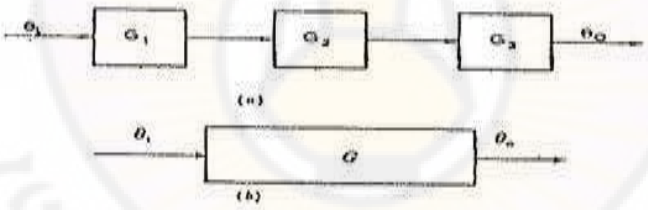
$$G = \frac{\theta_o}{\theta_i} = \frac{A}{\theta_i} \cdot \frac{B}{A} \cdot \frac{\theta_o}{B}$$

ومنه:

$$G = G_1 \times G_2 \times G_3 \qquad (3)$$

ويمكن تمثيل العناصر الثلاثة بصندوق واحد كما في (1-6-b). من الشكل يتضح أن تابع التحويل الإجمالي لعدة عناصر متداخلة متصلة على التسلسل هو تابع تحويل يساوي إلى جداء التوابع الإفرادية لكل من هذه العناصر.

a



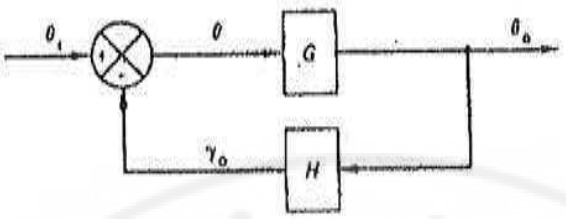
b

الشكل (1-6)

- تابع تحويل دارة ذات تغذية مرتدة:

إن الدارة التي تؤمن تحكماً آلياً دقيقاً بمتغير ما يجب أن تكون مغلقة. أي ذات تغذية مرتدة تقارن عبرها قيمة المتغير المتحكم به بقيمة مطلوبة معينة. ويتكون المسار الأمامي لمثل هذه الدارة من مجموعة عناصر متصلة على التسلسل (مضخم، محرك مؤازر، حمل مثلاً). يمكن إذن تمثيل هذه العناصر استناداً إلى الفقرة السابقة بصندوق واحد G. إذا كانت هذه الدارة ذات تغذية مرتدة [illegible] فإنها تمثل بالمخطط

الصندوقي كما في الشكل (1-7).



الشكل (1-7)

يمثل التابع H مجمل توابع التحويل الموجودة على التسلسل في المسار المرتد للدارة. من الواضح أن:

$$\theta = \theta_i - \gamma_o$$

حيث γ_o: هي إشارة الخرج المرتدة بعد تحويلها بعنصر (أو عناصر) المسار المرتد H. أي:

$$\gamma_o = H \,.\, \theta_o$$

لكن:

$$\theta_o = G\,(\theta_i - \gamma_o)$$

من إصلاح المعادلتين الأخيرتين ينتج أن:

$$\frac{\theta_o}{\theta_i} = \frac{G}{1+G.H} \qquad (4)$$

أما إذا كانت الدارة ذات تغذية مرتدة أحادية، أي $H = 1$ فإن المعادلة (4) تصبح:

$$\frac{\theta_o}{\theta_i} = \frac{G}{1+G} \qquad (5)$$

لكن في حالة دارة مفتوحة (لا يوجد عنصر مقارنة) فإن:

$$\frac{\theta_o}{\theta_i} = G \qquad (6)$$

يلاحظ من المعادلتين الأخيرتين أن التغذية المرتدة تعمل على تخفيف تابع

التحويل الإجمالي للدارة (أو الكسب). تسمى المعادلة (4) تابع تحويل الدارة المغلقة (أو اختصاراً تابع الدارة)، بينما تسمى المعادلة (6) تابع تحويل الدارة المفتوحة.

يلاحظ أن هذه المعادلة هي، في حالة دارة مغلقة، تابع التحويل بين الخرج من الدارة والخطأ الناتج من عنصر المقارنة إذ أن:

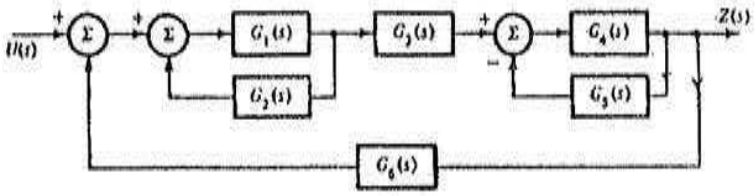
$$\frac{\theta_o}{\theta} = G \qquad (7)$$

- تبسيط المخططات الصندوقية:

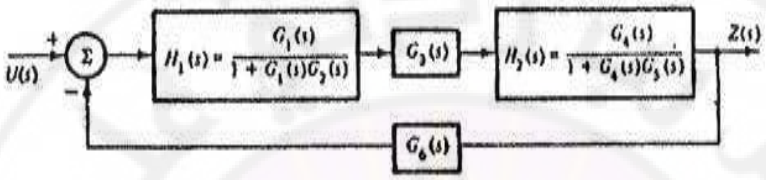
أدى التطور السريع في استعمال أنظمة التحكم إلى تعقيد المخططات الصندوقية الممثلة لها. تشمل هذه المخططات عادة دارات فرعية متداخلة فيما بينها، تستعمل في أغلب الأحيان لتحسين الأداء، كما يمكن أن تشمل الدارة أكثر من إشارة دخل إليها، تحدث عادة هذه الحالة بسبب وجود تشويش خارجي أو تغير في الحمل المتصل بدارة التحكم. يجب قبل تحليل أداء دارة معقدة تحويلها إلى شكل مبسط لمخطط صندوقي ذي تغذية مرتدة بسيطة (أحادية إن أمكن). إذ إن معظم طرائق التحليل، بخاصة تلك التي تعتمد مفهوم تابع التحويل، قد طورت على أساس مخطط صندوقي بسيط. يبين الشكل (1-8) مخططاً صندوقياً (a) لدارة تحكم ذات دارتين مرتدتين ثانويتين ضمن الدارة الرئيسة.

يمكن استناداً إلى قواعد اختزال توابع التحويل لعناصر على التسلسل ولعناصر دارة مرتدة الانتقال من المخطط الأصلي (a) إلى المخطط البسيط (c) مروراً بالمخطط (b) الذي يبين الدارة بعد الاستعاضة عن الدارتين الثانويتين بصندوقين على التسلسل، يمثل تابع التحويل (s). H_3 عندئذ تابع تحويل المسار الأمامي الذي يربط بين الخرج Z والخطأ الناتج عن عنصر المقارنة.

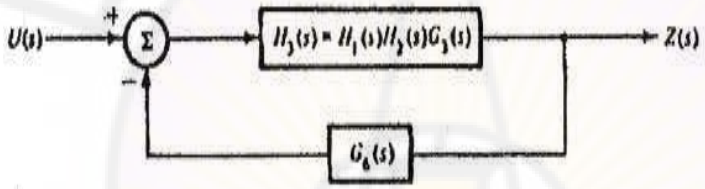
إذا كان المطلوب حساب تابع الدارة الإجمالي كنسبة الخرج إلى الدخل فإنه ينتج من تطبيق العلاقة (4) على المخطط (C) إن هذه الدارة تمثل بالمخطط الصندوقي المفتوح المبين في الشكل (29--1).ويجب الانتباه عند تطبيق هذه القواعد إلى عدم تداخل المسارات المرتدة فيما بينها، أي ألا تكون الإشارة المرتدة هي خرج من عنصر مقارن لاحق للعنصر المقارن الذي يحدث عنده أو إليه الإرتداد.



(a)

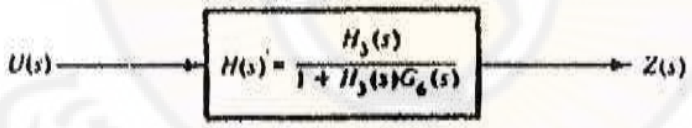


(b)



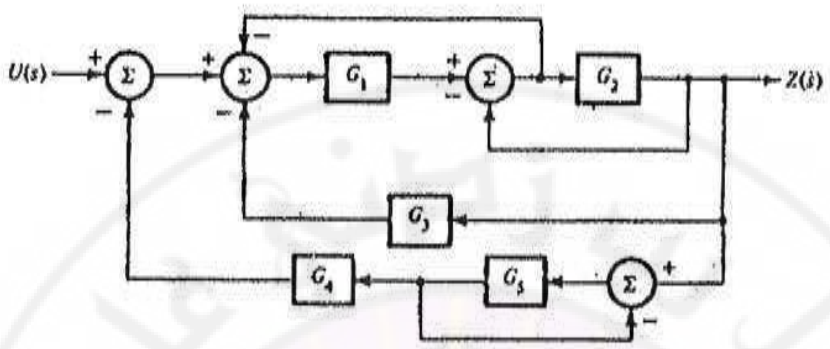
(c)

الشكل (1-8)



الشكل (1-9)

ومثال على هذه الحالة، الدارة المبينة في الشكل (1 -10) حيث لا يمكن تطبيق العلاقة (4) على الدارتين المرتدتين حول كل من G_2 وG_1. يتم عندئذ اختزال هذه الدارات بحساب العلاقات التي تربط إشارات الدخل والخرج من العناصر باستعمال تابع التحويل لكل عنصر ومن ثم حل هذه المعادلات كمعادلات جبرية آنية بسيطة تختصر في النهاية إلى معادلة واحدة تربط الخرج Z بالدخل U، أو بأي إشارة مطلوبة أخرى حسب الحال.



الشكل (1-10)

وتجدر الإشارة أخيراً إلى أن جميع القواعد السابقة تنطبق في حال عنصر مقارنة يفاضل بين إشارتين إذا كان هذا العنصر يستقبل أكثر من إشارتين كما في الشكل(1-10) فإنه يجب هنا اللجوء إلى كتابة معادلة جبرية للدارة حول هذا العنصر. كما يحدث أن ترتد إشارة إلى عنصر تجميع يعطي إشارة هي مجموع الإشارتين الداخلتين إليه. يؤدي ذلك إلى تغير الإشارة في مخرج العلاقة (4) من + إلى - في حالة دارة بسيطة ذات عنصر تجميع بدلاً من عنصر مقارنة.

يتضح من ذلك مدى تشعب طرائق اختصار وتبسيط المخططات الصندوقية بحيث يصعب توحيدها في قواعد ثابتة. لذا يجب أن تستعمل القواعد الموضحة في الفقرات السابقة بكل حذر وانتباه.

يفضل في حالة الشك بسلامة التحليل اللجوء إلى الاختصار الجبري لتوابع التحويل الذي يقود دوماً إلى الحل الصحيح وإن استدعى الأمر بعض الوقت.

1-1- أساسيات (مبادىء) الهواء المضغوط :

إن الهواء المضغوط هو الصياغة التقنية والتطبيق العملي للأدوات والعناصر المقادة بالهواء وكلمة « بنيو ماتيك » هي من اللغة اليونانية (الإغريقية) « بنيوما » والتي تعني « الرياح » . لهذا فإن البنيوماتيك هو علم الهواء وحركاته وأحواله.

والمصطلح بنيوماتيك قد شُكّل اعتماداً على مصطلحات موجودة وشائعة الاستخدام في التقنيات مثل الميكانيك والهندسة الكهربائية والهيدروليك والقيم الفيزيائية الأكثر أهمية في البنيوماتيك سنشرحها فيما يلي مع شرح كيفية مطابقتها لنظام القياس. وبهدف التوحيد فإن معظم أقطار العالم قد اتفقت على استخدام نظام القياس الدولي (SI).

واحدة الضغط باسكال P_a:

إن 1 باسكال يساوي إلى الضغط الشاقولي الثابت على سطح مساحته $1m^2$ بقوة $1N$.

$$1P_a = \frac{N}{m^2}$$

الباسكال (P_a) هو وحدة القياس SI للضغط أو الإجهاد الميكانيكي. وكما في حالة P_a كوحدة قياس من نظام SI، فإنه لا يوجد علاقة ثابتة مع الضغط الجوي، والباسكال قابل للتطبيق مع أي قوة بالنسبة للسطح. لهذا، فإنP_a يستخدم لمعطيات الضغط وللمعطيات المتعلقة بمقاومة الشد للمواد.

إن واحدة القياس P_a واحدة صغيرة جداً للاستخدام في الهواء المضغوط الصناعي. حتى في حالة الضغط الطبيعي فإنه سيكون من الضروري استخدام أعداد ذات عدة أرقام. لهذا، فإن الاسم الخاص المميز لعُشر الميغا باسكال هو البار

$$1 \text{ bar} = 100000 \ P_a$$

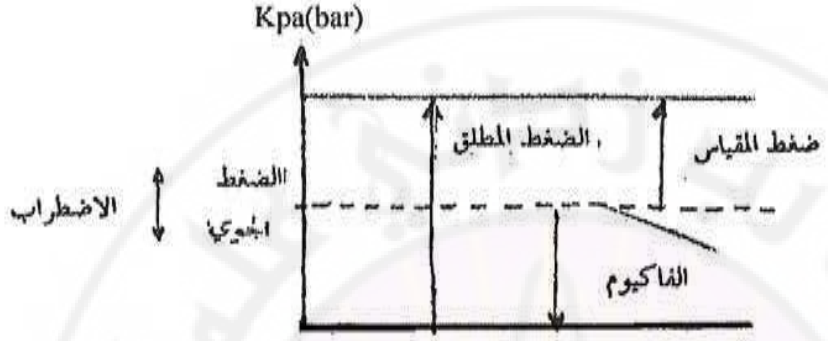
- ملاحظات حول معطيات الضغط:

مع تعدد أساليب التعبير عن واحدات الضغط (at , atm , ata , atü)، فإنه تم تحديد فرق واضح بين الضغط الجوي التقني، والضغط الجوي الفيزيائي، والضغط المطلق، وضغط المقياس والضغط التخلخلي (الفاكيوم).

إن الواحدات الجديدة في نظام SI للباسكال P_a لا توضح أي نوع من الضغط هو المدروس. والقانون حول هذه الوحدات من القياس لا يعطي أية معلومات حول ذلك.

لهذا فإن النقطة المرجعية تستنبط من قراءات الضغط، وفي التقنية هي غالباً تمثل الفرق بالضغط بين الضغط والضغط الجوي السائد والتي تلزم في الحسابات التي تستخدم هذه القيمة. وحتى مقاييس الضغط تُظهر فقط الضغط التفاضلي مقارناً مع الضغط الجوي.

الشكل (1-11) يوضح العلاقات المختلفة بين الضغوط والضغط الجوي.



الشكل (1 - 11) - مناطق الضغط.

- واحدة القوة (N نيوتن):

1 نيوتن هو القوة اللازمة لتوليد تسارع جسم كتلته 1kg بمقدار $1m/Sec^2$.

$$1N = 1kg\frac{m}{Sec^2}$$

- واحدة الحركة (J جول):

1 جول يساوي العمل الناتج عن انتقال نقطة تطبيق القوة 1N بمسافة 1m في اتجاه تأثير القوة.

$$1\,J = 1\,N\,.\,m$$

- واحدة القدرة (W واط):

1 واط يساوي القدرة الناتجة عن تحويل وحدة الحركة 1 J في زمن قدره 1 Sec.

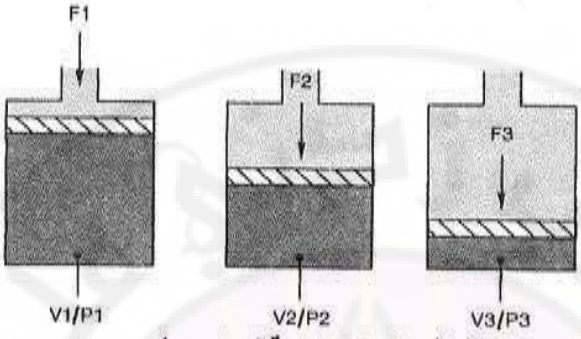
$$1\,W = 1\,N\,m\,/\,Sec$$

- قوانين الغازات:

يتألف الهواء بشكل عام من مزيج من الأكسجين مع(الأزوت) النتروجين. إن

الغازات هي مواد غير مرئية أو ملموسة كالمواد الصلبة أو المواد السائلة. والخاصية المهمة الأخرى للغازات هي قدرتها على الانضغاط. وبخلاف السوائل والمواد الصلبة فهي قابلة للانضغاط وهي أيضاً تنزع للتمدد.

ونوضح في الشكل (1-12) قانوناً مهماً هو قانون بويل:



الشكل (1-12) - قانون بويل

إن الحجم المشغول من قبل كتلة ثابتة من الغاز يتناسب عكساً مع الضغط، مع افتراض أن درجة الحرارة تبقى ثابتة، أو بكلمات أخرى: إن ناتج جداء الضغط والحجم لكتلة ثابتة من الغاز هو مقدار ثابت.

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = P_3 \cdot V_3 = const.$$

هذا القانون يعرف بقانون « بويل ».

مع الضغط الثابت، فإن الهواء يتمدد بمقدار $^1/_{273}$من حجمه عند درجة حرارة 273k وذلك عند زيادة الحرارة بمقدار 1 k.

وهذا يوضح قانون غاي لوساك (قانون شارل):

$$\frac{P_1 . V_1}{T_1} = \frac{P_2 . V_2}{T_2} = const.$$

1-3 - مبادىء الهيدروليك (ما الهيدروليك ؟):

إن مصطلح « الهيدروليك » يترافق عادة مع التعامل مع الزيت. على كل حال، من وجهة النظر الفيزيائية فإن الهيدروليك هو علم السوائل. والقوانين المشروحة فيما يلي لا تنطبق فقط على الزيت بل على السوائل كافة.

- الخواص العامة للسوائل:

بخلاف الأجسام الصلبة، فإن الجزئيات في السوائل لا تترابط فيما بينها بقوة بل يمكن بكل سهولة انتقالها وفصلها. هذه الحقيقة تعتمد على سهولة انتقال جزيئات السوائل المختلفة. وبالنتيجة فإنها تتأثر بقوة الجاذبية الأرضية وتملأ أي وعاء من الأسفل إلى الأعلى.والسائل يأخذ بنفسه شكل الإناء الموجود فيه.

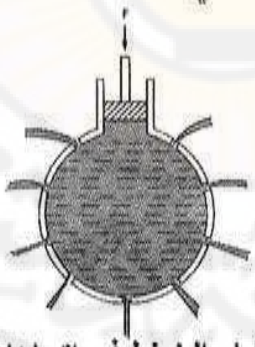
إن الضغط المؤثر في السائل من الخارج له تأثير أصغري على حجم السائل. وقابلية الانضغاط تستخدم كمقياس لهذه السوائل. وعندما يزداد الضغط فإن حجم السائل ينقص بمقدار محدد. وكلما قل تناقص الحجم كانت قابلية الانضغاط أقل.

وعموماً يمكن القول إن السوائل لها قابلية انضغاط أقل من الغازات.

- قانون انتشار الضغط (توزعه):

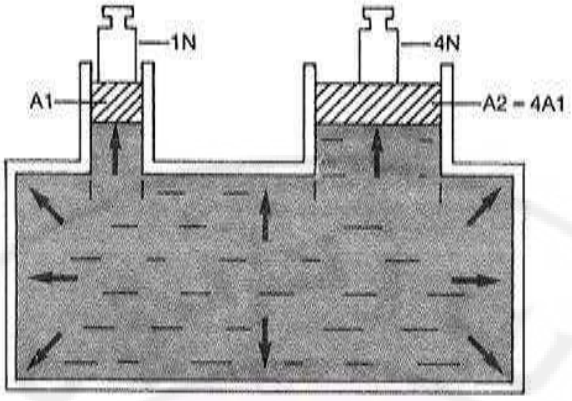
إن سهولة انتقال جزيئات السائل تؤدي إلى أن القوة التي تؤثر في نقطة واحدة فقط لن تؤثر بشكل فعال في السائل. والجزيئات المتأثرة قادرة على الهروب بسبب قدرتها على الانتقال. لهذا، والقوى قادرة على التأثير في السوائل فقط بمساعدة سطوح الأجسام الصلبة (مثلاً المكبس). إن القوة التي تؤثر في مكبس تساوي تأثيراً مكافئاً في كامل الس لح في المكبس. وهذا يسبب ضغطاً ينتقل إلى الجوانب كافة وعبر جزيئات السائل الموجودة عند سطح المكبس. لهذا فإن هذا الضغط يؤثر في النقاط كافة وبالاتجاهات كافة في السائل المحصور. ويوضح الشكل (1-13) هذه الفكرة.

ومثال آخر يوضح انتشار الضغط في الاتجاهات كافة وحقيقة أن قيمة الضغط تبقى ثابتة يمكن توضيحه في المثال التالي:



الشكل (1-13) - انتشار الضغط في اتجاهات الوعاء كافة

إن القوة F تؤثر في مساحة تساوي مقدار A مضروبة بالضغط P المؤثر في المساحة ($F = P . A$). الشكل (1-14).

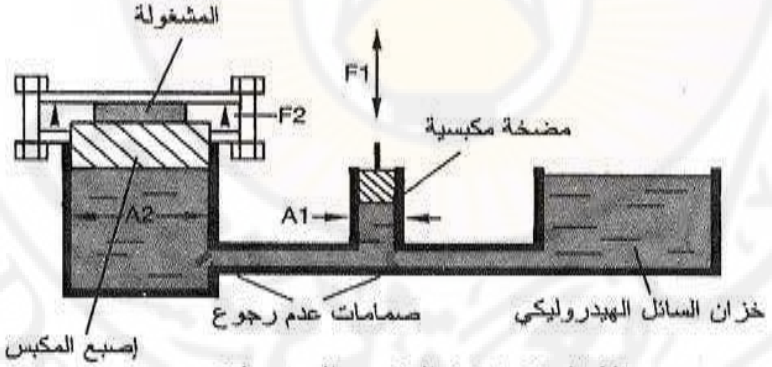


الشكل (1-14) - قيمة الضغط المنتشر

وتوظف خصائص السوائل هذه في تقنية الهيدروليك.

مثال : إن تطبيق انتشار الضغط عملياً هو في المكبس الهيدروليكي (الشكل1-15).

حيث في أسطوانة ذات سطح مقطع صغير A_1، ويتحرك المكبس بقوة F_1. وهي تولّد الضغط $P = F_1/A_1$. وهذا الضغط ينتقل إلى الأسطوانة ذات سطح المقطع الأكبر A_2 وتولّد القوة $F_2 = P. A_2$. بينما يبقى الضغط ثابتاً، بالرغم من أن سطح المقطع قد ازداد وبالتالي فالقوة F_2 هي أكبر أيضاً.

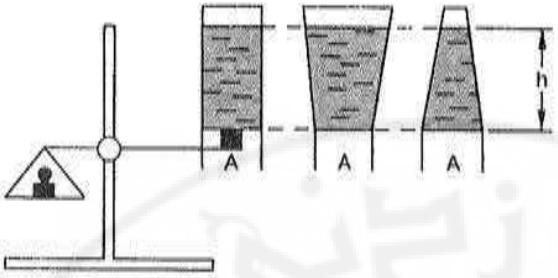


الشكل (1-15) المكبس الهيدروليكي

- الضغط الهيدروستاتيكي (بسبب الجاذبية):

الشكل (1-16) يوضح ثلاثة أشكال مختلفة للأوعية وهي ذات سطح المقطع نفسه للقاعدة. فإذا قام شخص بقياس القوة F المتولدة عن عمود من السائل ذي ارتفاع

متساوٍ في الأوعية كلها ويؤثر في القاعدة نفسها في كل الأوعية الثلاثة، فإن النتيجة ستكون أن هذه القوة ستكون واحدة في كل الأوعية.

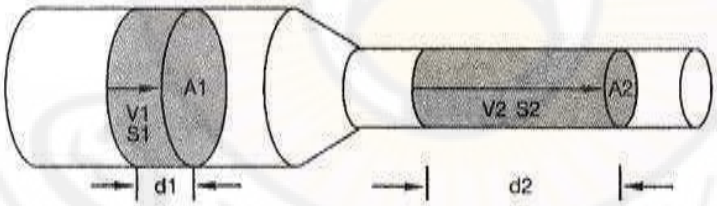


الشكل (1-16) - قانون باسكال

وبوجود هذه الظواهر التي قد تبدو متناقضة، فإننا نتكلم هنا عن ظاهرة الضغط الهيدروستاتيكي ذات التناقض ظاهرياً. وشرح هذه الظاهرة هو أن الضغط ينتشر بشكل متساوٍ في الاتجاهات كافة.

- جريان السوائل (الهيدروديناميك):

إن مر سائل عبر أنبوب ذي مقطع متغير، فإن سرعة التدفق v يجب أن تتغير أيضاً (الشكل 1-17)



الشكل (1-17) - نسب التدفق في أنبوب متضيق

وبما أن السائل غير قابل للانضغاط، فإن حجم السائل المتدفق عبر المقطع العرضي A1 في الزمن t يجب أن يكون أكبر من الحجم V2 المتدفق عبر المقطع العرضي A2. وإذا كانت v_1 و v_2 هي سرعات تدفق السائل عبر النقاط A1 وA2. وجزيئات السائل التي قطعت المسافة S1 = v1 . t أو S2 = v2 . t وبالتالي فإنه يكون لدينا الحجوم التالية:

$$V1 = A1 \cdot v_1 \cdot t$$

والحجم $V2 = A2 \cdot S2 \cdot t = A2 \cdot v2 \cdot t$

ونستنتج المعادلة المهمة التالية من المساواة V1 = V2 والتي نستخرجها مما يلي:

$$A1 \cdot v1 \cdot t = A_2 \cdot V_2 \cdot t$$

أو $v1 / v2 = A2 / A1$

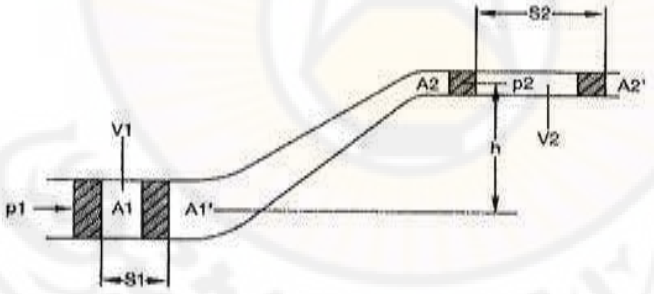
في خط أنابيب ذي مقطع متغير، فإن سرعات التدفق تتناسب عكساً مع سطوح المقطع العرضي للأنبوب.

وحيث تكون لدينا سطوح مقطع عرضي كبيرة فإن السرعة تكون صغيرة. وفي حالة نقاط التضيق تكون السرعة كبيرة.

- قانون برنولي:

إذا أهملنا الاحتكاك في تيار تدفق السائل، فإننا نستنتج علاقة أساسية بين البارامترات المحددة للتدفق وتكون كنتيجة مبدأ انحفاظ القدرة (الشكل 1-18). ويوجد ضغط يؤثر في النقاط كافة في الأنبوب الذي يتدفق عبره تيار السائل (مثلاً النقطة A1 يؤثر فيها الضغط p1 وفي النقطة A2 يكون الضغط p2). وكما هو موضح في المخطط فإن الضغط ينتقل من النقطة في المقطع العرضي A1 إلى النقطة في المقطع العرضي A1. ويمكننا القيام بالحساب التالي:

$$W = F1 \cdot S1 = P1 \cdot A1\, v1 \cdot t = P1 \cdot V1$$



الشكل (1-18) - اشتقاق قانون برنولي

إذا نظرت إلى كمية السائل بين المقطعين العرضيين A1 و A2، فإن العمل W يبذل لتنفيذ المهمات الفرعية التالية:

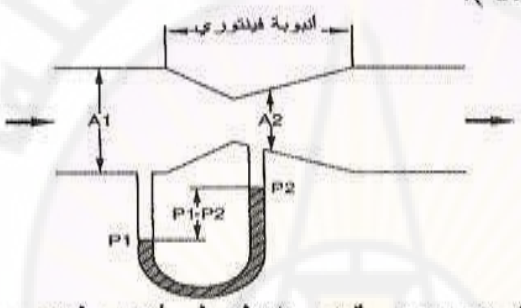
- العمل اللازم لرفع كمية السائل إلى القيمة h.
- العمل اللازم لتحريك كمية السائل.
- العمل اللازم لتوليد الضغط المحدد.

- **القدرة الهيدروليكية:**

وفقاً للقانون المشروح سابقاً، فإن القدرة الكلية لجريان السائل تتألف من ثلاث قدرات جزئية هي:

- قدرة كامنة.
- قدرة الضغط.
- قدرة الحركة.

والقانون المشروح هنا مثلاً يمكن استخدامه لقياس سرعة تدفق السائل في خط الأنابيب (الشكل 1 - 19).



الشكل (1-19) - قياس التدفق في أنبوب فينتوري

بالإضافة لما سبق، فإن السائل الهيدروليكي ينقل إلى نقطة القياس عن طريق دخوله إلى مقاييس منحنية أو أنابيب فينتوري، وهذه قد عرفناها سابقاً. الآن يقاس الضغط مباشرة قبل ومباشرة بعد الإزاحة. ومع معادلة الاستمرار ومعادلة برنولي يمكن البرهنة على أنه نتيجة للضغط التفاضلي يمكن قياس سرعة تدفق التيار.

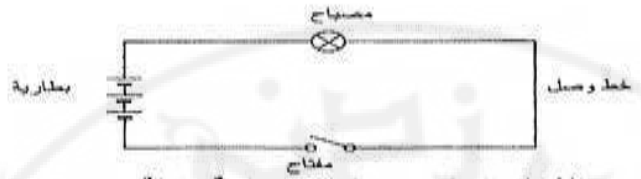
1-4- مبادىء الكهرباء والإلكترونيات (التيار الكهربائي):

إن ظاهرة الكهرباء قد عرفت منذ قديم الأزمان. على كل حال فإنه فقط في القرن الأخير من الزمان قد توطدت معرفتنا بها وبالإمكانيات التطبيقية لهذه الظاهرة الطبيعية وازدادت بحيث إنه لا يمكننا أن نتصور إمكانية الحياة بدون الكهرباء.

- **مستلزمات توليد تيار كهربائي:**

الشكل (1-20) يوضح دارة كهربائية كاملة تتألف من بطارية وجهاز استهلاك (مصباح)، ومفتاح وخطوط توصيل. ويمر التيار في هذه الدارة فقط عند إغلاق المفتاح. وبالتالي يضيء المصباح.

ولا يمكن استخدام أية مادة لخطوط التوصيل. وتوجد مادة ناقلة للتيار الكهربائي (تعرف بالنواقل) وتوجد مواد لا تنقل التيار الكهربائي (تعرف بالعوازل أو المواد غير الناقلة). إن المعادن تعد نواقل جيدة، أما البلاستيك، الزجاج والبورسلين فهي عوازل.

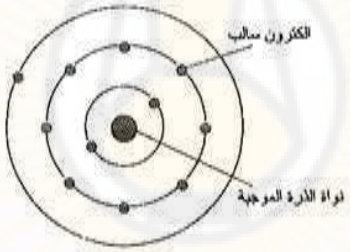


الشكل (1-20) - دارة كهربائية كاملة

بالإضافة إلى النواقل والعوازل، فإنه توجد مجموعة ثالثة من المواد التي تنقل الكهرباء بمقدار أكبر أو أقل. وتعرف بأنصاف النواقل.

- طبيعة الكهرباء:

إن كل المواد تتألف من الذرات. والذرة تتألف من النواة وواحد أو أكثر من الإلكترونات التي تحيط بالنواة. (الشكل1 -21).



الشكل (1-21) - بنية الذرة (مثال ذرة الصوديوم)

إن قطر الذرة هو بحدود 10^{-8} cm. والإلكترونات لها شحنة سالبة، والنواة ذات شحنة موجبة. وبما أن الشحنة الموجبة للنواة تساوي عموماً إلى الشحنة السالبة للإلكترونات، فهذه الشحنات تتوازن مع بعضها بعضاً وبالتالي تتعادل مع بعضها.

إن صفة النواقل هي أنها فيها زيادة إلكترونات سطحية تتبادلها مع الذرات المجاورة. وبالتالي نقول إنه توجد إلكترونات حرة وهذه الإلكترونات الحرة يمكنها أن تشكل ناقلاً للشحنة.

- خصائص التيار الكهربائي (التأثير الحراري):

إن أهم خصصية معروفة للتيار الكهربائي. هي توليد الحرارة أي إن الإلكترونات تتحرك بوساطة النواقل. في هذه العملية فإن الإلكترونات تتصادم مع الذرات وبالتصادم تزداد موجة القدرة التي تظهر بشكل زيادة في الحرارة. وعندما يكون التيار قوياً فإن الحرارة يمكن أن ترتفع بحيث إن إشعاع الحرارة من السلك سوف يظهر أيضاً على شكل ضوء مرئي.

- الخصائص الكيميائية:

عندما يمر تيار كهربائي عبر سائل ناقل، يحدث التفكك (التحلل) الكيميائي. والمواد التي يمر التيار الكهربائي في محاليلها تسمى اصطلاحاً الكهرليتيات (المحاليل الكهربائية).

إن تطبيقات الخصائص الكيميائية للتيار الكهربائي هي:

- مصادر الجهد الغلفاني، البطاريات.
- استخلاص المعادن وتنظيفها.
- الطلاء الكهربائي.

- الأثر المغناطيسي:

يتولد حقل مغناطيسي في المنطقة المحيطة بالناقل الذي يمر فيه التيار. وعندما يتوفر تيار بالقوة الكافية، فإن ذلك يمكن إظهاره من خلال إبرة البوصلة. واتجاه انحراف الإبرة يحدد بوساطة التوضع المتبادل واتجاه التيار.

فإذا شكلنا ملفاً من الناقل، فإن الحقل المغناطيسي يتضخم وبشكل عام يصبح مشابهاً لمحور ممغنط. إحدى نهايتي الملف تشكل القطب الشمالي والنهاية الأخرى تشكل القطب الجنوبي.

إن شدة الحقل المغناطيسي تتعلق بشدة التيار، وعدد اللفات والمادة.

فإذا أدخلنا قطعة حديد طري داخل الملف فإن القوة المغناطيسية للملف تتضخم عند قوة التيار نفسها. إن الملف مع النواة الحديدية الطرية والذي يمر من خلاله التيار

نسميه اصطلاحاً الملف (الوشيعة) (سولونويد). وإحدى تطبيقات الوشيعة هي الحاكمة (الريلية).

- الجهد الكهربائي:

إن الإلكترونات تتحرك فقط بسبب النبضات المتبادلة بين شحناتها الخاصة مما يسمح لها بالتحفيز للانتشار والانتقال إلى المناطق ذات التركيز الأقل. وكنتيجة لهذا التحفيز، فإن كل شحنة تحتوي على طاقة كامنة. والحاصل من هذه القدرة والشحنة نشير إليه بالقدرة أو الجهد الكهربائي ولكي يمر التيار، فإنه يجب توليد فرق جهد بين نقطتي النقل المتصلتين. والفرق في الجهد أو كما نختصره بالجهد الكهربائي بين نقطتين ينتج بسبب التيار.

إن التيار يوازن هذا الفرق بالجهد حتى يختفي هذا الفرق. والأجهزة المستخدمة لتصحيح هذا الفارق في الجهد هي منابع القدرة مثلاً (البطاريات).

ويستخدم الفولت كواحدة قياس للجهد.

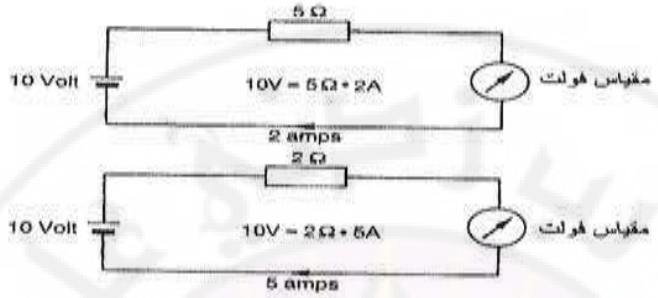
- قانون أوم:

بما أن الجهد يسبب التيار، فإن زيادة الجهد تسبب ازدياداً في التيار بالدارة. هذه الحقيقة يمكن برهانها بسهولة بوساطة مقياس الجهد (الشكل1 -22).

إن الجهد/التيار الحاصل يبقى ثابتاً بالنسبة للناقل المعدني نفسه. وهذه الخصصية تشابه تلك التي توضح مقاومة التدفق في خط أنابيب السوائل. لهذا نسميه المقاومة اصطلاحاً. ولكي يكون بالإمكان تسجيل هذه التأثيرات الداخلية المتبادلة على شكل معادلة، فإننا نرمز للجهد في المعادلة بالحرف V، وللتيار بالحرف I والمقاومة بالحرف R. إن قانون أوم يمكن صياغته بالشكل التالي:

$$\text{التيار} = \frac{\text{الجهد}}{\text{المقاومة}}$$

$$I = \frac{V}{R}$$



الشكل (1-22) - قانون أوم

ويتناسب التيار طرداً مع الجهد وعكساً مع المقاومة. إن قانون أوم يشكل الأساس لمعظم الحسابات المتعلقة بالتيار الكهربائي.

- مقاومة الناقل:

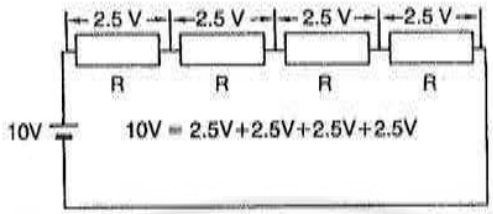
إن مقاومة الناقل تعتمد على المادة، وسطح المقطع العرضي وعلى وضعه. وتتناسب طرداً مع طول الناقل وعكساً مع سطح مقطعه.

- علاقة الحرارة بالمقاومة:

على الأغلب كل المواد المقاومة تتغير مقاومتها مع تغير درجة الحرارة. إن المقاومة تزداد في حالة المعادن النقية تماماً عند ازدياد درجة الحرارة. في حالة الكربون والنواقل السائلة فإن المقاومة تنقص عند زيادة درجة الحرارة.

- توزع الجهد في الدارة:

إن المقاومة الكهربائية تنتج بسبب حركة الإلكترونات في التيار عبر الناقل والتي تصطدم عادة مع النواتات في الناقل. ويحدث تباطؤ وبعده تسارع بوساطة الجهد. بهذه الطريقة يستهلك الجهد في كل قسم من أقسام النواقل(الشكل 1-23).



الشكل (1-23) - توزع الجهد في دارة بسيطة

1-4- مبادىء الإلكترونيات:

نحن نقصد عادة بالإلكترونات عندما نستخدم بشكل رئيس عناصر أنصاف النواقل مثل الترانزيستورات والدارات المتكاملة في الدارة.

إن أنصاف النواقل بشكل عام نواقل تكون ناقليتها محصورة بين الناقل الجيد والعازل. وخاصية هذه المواد هي أن البنية الشبكية فيها تتغير بسهولة. هذه البنية بتغيرها الحاصل تعطي الخصائص اللازمة لهذه المادة.

إن المواد الأكثر استخداماً في مجالات أنصاف النواقل هي السيليكون والجرمانيوم. وكلاهما ينتميان إلى المجموعة الرابعة في الجدول الدوري للعناصر وبالتالي فهي رباعية التكافؤ. إن الإلكترونات الخارجية الأربعة مع الذرات الأربع المجاورة تشكل كل واحدة منها مع إلكترون واحد رباطاً ذرياً وتنتج شبكة بلورات منتظمة مع كل زوج من الإلكترونات لتشكل رباطاً بين كل ذرتين متجاورتين. لذلك فإن كل الإلكترونات تستخدم لتشكيل الذرات. والتسخين يمكن أن يزيد الطاقة النسبية للإلكترونات ومثل هذه الزيادة تعرّض بعض الإلكترونات للتخلص من الرباط وتنطلق بشكل إلكترونات حرة. ويمكن أن يظهر تدفق التيار بشكل ملموس تحت تأثير جهد خارجي. وهنا نتكلم عن جوهر علاقة أنصاف النواقل بالحرارة.

ويمكن زيادة ناقلية بلورة نقية ما بشكل ملموس عن طريق تقديم بعض الذرات الخارجية من عنصر من المجموعة الخامسة في الجدول الدوري للعناصر إلى الشبكة. مثلاً الأرسينيك أو الأنتيموان. وبما أن كلاً من هذه العناصر تحتوي خمسة إلكترونات خارجية، فإن إلكتروناً واحداً ينطلق بعد إدخال هذا العنصر في الشبكة وبالتالي ينطلق إلكترون بسهولة ويتوفر على شكل إلكترون حر. وبما أن الناقلية تزداد اعتماداً على الفرق بين عددي الإلكترونات فإن أنصاف النواقل من هذا النوع نشير إليها أيضاً

بأنصاف النواقل الزائدة أو، بما أنها تحتوي شحنة سالبة (إلكترونات)، فنسميها أنصاف النواقل - n.

والتأثير نفسه نحصل عليه من بعض الذرات من عناصر من المجموعة الثالثة من الجدول الدوري للعناصر، مثلاً الغاليوم أو الأنديوم إلى الشبكة. وبما أن هذه العناصر تحتوي ثلاثة إلكترونات سطحية فإنه هنا نجد أن إلكتروناً واحداً مفقوداً بعد التشكيل وينتج هنا ثغرة. وهنا يلزم تهييج أصغري للإلكترونات في نصف الناقل هذا لملء هذا الفراغ.

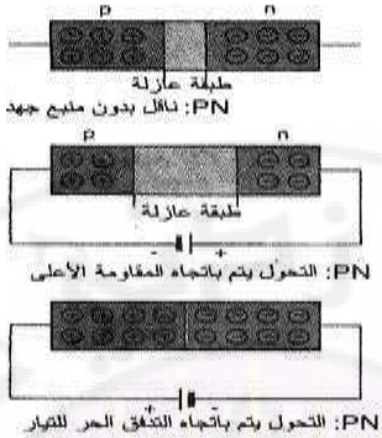
الفراغات تتغير باستمرار لتشمل إلكترونات جديدة طالما أنها تتحرك بحرية مثل حوامل الشحنة الموجبة. وطالما أن الناقلية تتم بسبب تبادل الإلكترونات الناقصة، فإن أنصاف النواقل من هذا النوع نشير إليها بأنصاف النواقل الناقصة. أو بما أن الفراغات فيها تلعب دور حوامل الشحنات الموجبة فتسمى أنصاف النواقل - P.

- التحويل - PN:

إذا وصلنا نصف الناقل - P إلى نصف الناقل - n، فإن المواصفات الظاهرة تعتمد أساساً على خواص أنصاف النواقل المستخدمة.

إن استخدام طبقة رقيقة عازلة عند منطقة الربط بين مادتين يشبه بعض الإلكترونات الحرة المرتبطة مع بعض الثقوب الحرة. إن نقطة الربط بين نوعين مختلفين من أنصاف النواقل يشار إليها بالتحويل -PN. فإذا ربط الطرف -P إلى القطب السالب و الطرف -N إلى القطب الموجب من منبع القدرة فإن الإلكترونات تتحرك من القطب الموجب والفراغات من القطب السالب على طول الطبقة العازلة. بهذه الطريقة يعاق تيار إضافي. والتحويل PN يمنع تدفق التيار.

إذا بدلنا قطبي منبع القدرة، فإن الإلكترونات والفراغات تندفع بقوة إلى الطبقة العازلة . لهذا فإن الطبقة العازلة تتحرك ويصبح التيار قادراً على المرور. هنا فإن التحويل PN هو نقطة الوصل. وإذا طبقنا تياراً متناوباً على عنصر كهذا. فإن نصف الموجة فقط سوف يسمح لها بالمرور من خلاله، والنصف الثاني سوف يمنع مروره. وبسبب هذا فإن هذا العنصر يعمل كمضخم. والعنصر هذا يدعى دايود نصف ناقل. (الشكل1 -24).

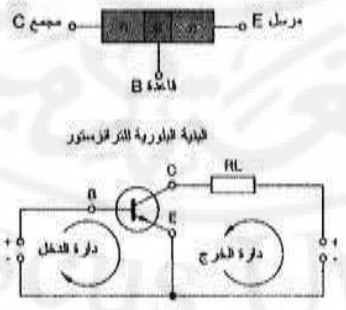


الشكل (1-24) - التحويل PN

- الترانزيستور:

يتألف الترانزيستور من ثلاثة أنصاف نواقل متتالية، الشكل (1-25) يوضح الترانزيستور ذو طبقة التتابع NPN. عندئذ فإنه يوجد أيضاً ترانزيستور من النوع PNP.

إذا طبقنا منبعي جهد ذي قطبين كالتالي في الشكل (1-25) على ترانزيستور NPN، ويمكن شرحها بحيث إن ترانزيستورين ذوي تتابع -PN وموصولين بحيث إن أحدهما مستقطب في اتجاه جريان التيار والأخر في اتجاه عدم الناقلية. فإن الطبقة الموصولة في اتجاه التدفق للتيار تدعى الباعث والطبقة الموصولة باتجاه عكس التيار تدعى المجمّع والطبقة الوسطى تشكل بالوصل معها ملمس القاعدة.



الشكل (1-25) - الدارة الأساسية في الترانزيستور

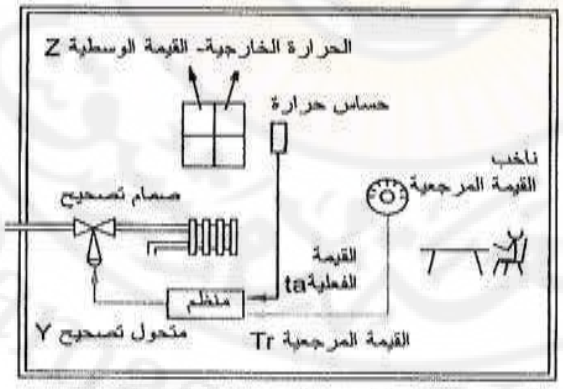
على طرف الباعث تجري الإلكترونات من الخط إلى طبقة الباعث وتتحرك إلى طبقة -P. وعندئذ فإنها تخترق طبقة -P وتصل إلى ملمس القاعدة. وعملياً عندما تكون طبقة -P رقيقة جداً، فإن معظم الإلكترونات تصل إلى طبقة المجمع وتشكل عندئذ تيار المجمع والذي يقل بشكل قليل فقط عن تيار الباعث. تيار القاعدة يتألف فقط من بضعة إلكترونات والتي تصل إلى B عبر الطبقة -P. وهذا هو الفرق بين تيار الباعث وتيار المجمع.

فإذا ازداد تيار القاعدة، فإن تيار المجمع يزداد أيضاً بشكل متناسب معه. على كل حال، فهذا يزيد بعدة مرات على قيمة تيار القاعدة. إن تيار القاعدة بقيمة 1mA مثلاً، يمكن أن يرفع تيار المجمع بمقدار 200 mA. والإشارة المطبقة على القاعدة تظهر عند المخرج للترانزيستور كإشارة مضخمة.

5-1 - مبادىء تقنية التحكم ذي الحلقة المغلقة:

في هذا القسم سوف نبحث هذه المبادىء بشيء من التفصيل أكثر.وفي الشكل (1-26) موضح مثال على نظام التحكم ذي الحلقة المغلقة.

إن درجة الحرارة في الغرفة يجب الحفاظ عليها عند قيمة محددة T_r (القيمة الأساسية أو المرجعية أو قيمة الإسناد). ومصدر الحرارة هو المشع الذي يستخدم الماء أو الهواء الساخن.



الشكل (1-26) - منظم حرارة الغرفة

وعندما لايوجد منظم فإنه يلزم في البداية جلب مقياس حرارة إلى الغرفة لتحديد فيما إذا كانت قد وصلت حرارة الغرفة إلى الدرجة المحددة T_r المرجعية أم لا. فإذا كانت القيمة الفعلية T_a المقروءة من الميزان تحت القيمة المرجعية، فإن صمام المشع يجب أن يفتح أكثر. وكذلك إذا كانت القيمة الفعلية أكثر من القيمة المرجعية فإن الصمام يجب أن يغلق أكثر. ويحرك الصمام حتى الوصول إلى القيمةالمطلوبة ($T_r = T_a$).

إن الاختلاف بين القيمة المرجعية والقيمة الفعلية يشار إليه بصيغة الانحراف.

ولكن لماذا من الضروري تنفيذ عملية الضبط طالما أن الحرارة المطلوبة قد تم تحديدها ؟.

من السهل أن نرى أنه عندما تختلف درجة الحرارة الخارجية فإن درجة الحرارة الداخلية سوف تختلف أيضاً. وهذا يحدث أيضاً عندما تضطرب القدرة الكامنة للماء أو البخار، فإنه لا يمكن أن يمر مقدار ثابت من القدرة في واحدة الزمن عبر الصمام في وضعية محددة له. وحتى إذا فتحنا النافذة فإن درجة حرارة الغرفة سوف تضطرب. وكذلك فإن وجود عدة أشخاص في الغرفة سوف يؤثر في الحرارة.

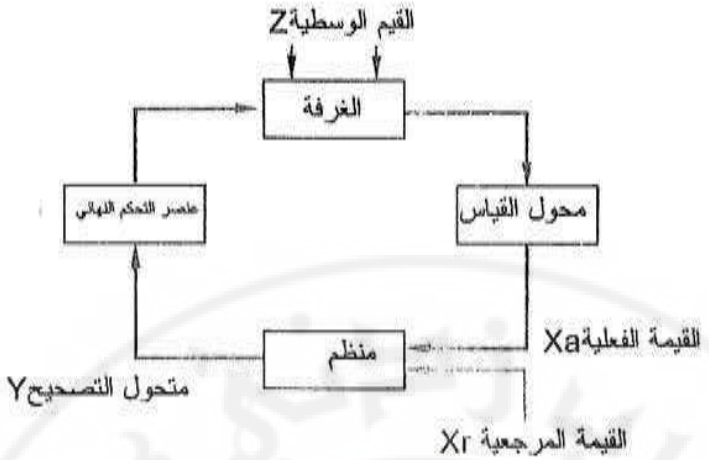
إن المؤثرات السابقة كافة التي تسبب الانحراف عن الحرارة المرجعية يرمز لها اصطلاحاً بمتحولات التشويش. فإذا كانت هذه المتحولات غير ثابتة، فإنه يلزم استخدام التنظيم والذي يتدخل بشكل فوري ويقلل من تأثير الاضطرابات.

يجب تنفيذ العمليات التالية لكي نحدد درجة حرارة الغرفة يدوياً إلى القيمة المرجعية Tr:

- قياس القمية المطلوب تنظيمها.
- مقارنة المتحول المتحكم به مع المتحول المرجعي (تشكيل الانحراف $T_r - T_a$).
- توليد أمر التحكم المناسب وحركة عنصر التحكم الأخير.

للتحكم بحرارة الغرفة أتوماتيكياً، يلزم نقل هذه العمليات الثلاث إلى جهاز التنظيم وفي الشكل (1-27) موضح جهاز تنظيم من هذا النوع.

إن وظيفة مجموعة « المنظم » هي القيام بتحديد الفرق بين القيمة المرجعية والقيمة الفعلية.



الشكل (1-27) - مخطط صندوقي للتحكم بدرجة حرارة غرفة

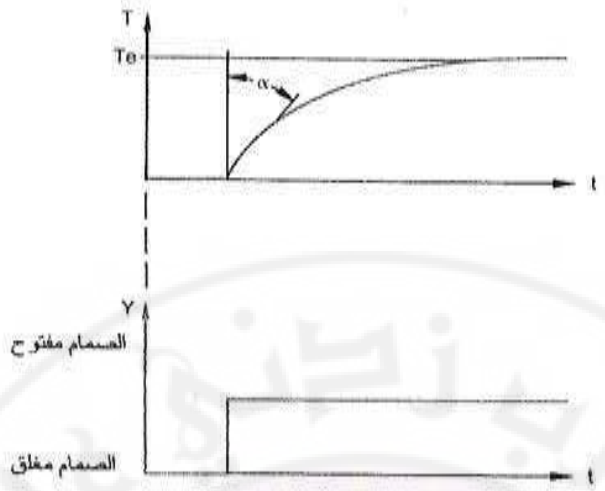
والشرط اللازم هنا هو أن الإشارات المزودة من قبل حساس الحراة ومحدد القيمة المرجعية يجب أن تكون على شكل يمكن للمنظم معالجته. إن المنظم يشكل إشارة من الفرق بين القيمة المرجعية والفعلية ويحدد أداء زمن العمل. وهذا يضخم بعدئذ ويزود على شكل إشارة تحكم إلى عنصر التحكم الأخير. ويتطلب المنظم عموماً قدرة إضافية، مثلاً قدرة كهربائية أو هواء مضغوط للتضخيم.

وفي الشكل (1-27) يوضح مخططاً صندوقياً مبسطاً لدارة تنظيم الحرارة. ويمكن هنا بسهولة أن نفهم تأثير دارة التحكم ذات التحكم المغلق.

ولتنظيم مثالي، فإنه من المهم أن نعرف أداء زمن العمل لمسار التحكم بالحلقة المغلقة.

دعنا نفترض أن درجة حرارة الغرفة هي $10C^0$. كيف ستتغير الحرارة إذا فتحنا صمام التسخين فجأة ؟

ولنعرف النتيجة، فقد رسمنا خطاً بيانياً حيث نرمز فيه للزمن على المحور X وللحرارة على المحور y . وعند فترات زمنية محددة، مثلاً كل 0,5 دقيقة فإن قراءة الحرارة من الميزان سوف تحدد على الخط البياني (الشكل 1-28).



الشكل (1-28) شرح مبدأ عمل مسار التحكم « بالغرفة »

وكما هو متوقع، فإن الحرارة سوف لن تتغير بشكل مفاجيء بل سوف تصل إلى قيمة محددة أولية بسرعة وعندئذ سوف تستمر ببطء أكثر. هذه القيمة الحدية تعتمد بشكل أكبر على السعة الحرارية ودرجة الحرارة الخارجية. والشكل الناتج للخط البياني يوافق رياضياً شكل تابع أسي. إن الملاحظ من وجهة النظر للتحكم بالحلقة المغلقة، أن متحول الدخل (متحول الضبط) لمسار التحكم « الغرفة » قد تغير بشكل مفاجيء وبمقدار محدد والتاثير في متحول الخرج (المتحول المتحكم به أو المنظم) قد رصد. والخط البياني المسجل لهذه الحالة يدعى تابع التحويل أو تابع الاتصال لمسار التحكم.

إذا تغير متحول الدخل بصورة فجائية كما هو واضح في المثال. فهنا نتحدث أيضاً عن وظيفة القفزة أو التجاوب بقفزة.

المعطيات المهمة لعناصر التحكم بالحلقة المغلقة والتي يجب أن تستخدم بشكل جزئي في المنظم يمكن أن تؤخذ من التجاوب بقفزة لمسار التحكم. وبارامتر واحد مهم في المثال هو الميل الابتدائي للتابع الأسي.

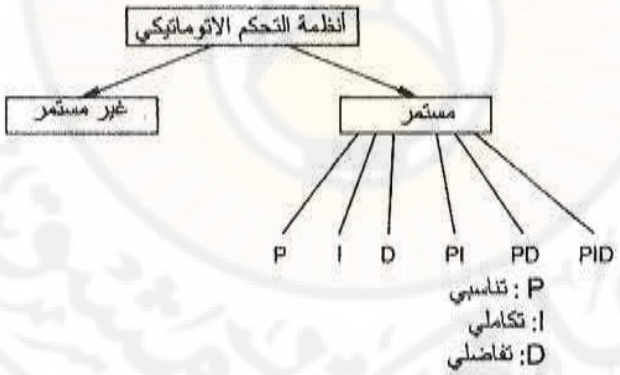
إن مسار التحكم بالحلقة المغلقة حيث يمكن وصول تابع التحويل إلى قيمة محددة يشار إليها بمسار التحكم بالحلقة المغلقة مع التعويض. وبخلاف ذلك، فإنه يوجد أيضاً تحكم بمسار التحكم بالحلقة المغلقة بدون تعويض. ومثال على هذا النوع هو التحكم بمستوى السائل في خزان.

إن مستوى السائل سوف يستمر بالتزايد طالما أن التزويد بالماء سيكون أكبر من

التصريف.إن مهمات التعويض يمكن أن تكون أكثر تعقيداً بكثير من المثال المذكور. وعموماً فإن توابع التحويل تقسم إلى درجات وفقاً لدرجة تعقيدها. فيوجد توابع تحويل من الدرجة الأولى والدرجة الثانية والثالثة ... الخ. وكلما زاد رقم الدرجة زاد تعقيد مهمة حلقة التحكم المغلقة وبالتالي زاد الاعتماد على التجهيزات.

وقبل أن نصمم نظام التحكم ذي الحلقة المغلقة، فإنه من الضروري معرفة أن أداء زمن العمل (مهمة النقل) لمسار التحكم ذي الحلقة المغلقة (في حالات نادرة يمكن حساب ذلك بدقة حسابية) فإنه عندئذ سيتعرض إلى اختبار مهمات النقل بصورة تجريبية. وسلوك مسار التحكم بالحلقة المغلقة يمكن غالباً أن يحاكى باستخدام الحواسب والموديلات.

وكحلقة ربط إضافية في التحكم بالحلقة المغلقة، فإن المنظم يمكن أن نصفه رياضياً بالطريقة نفسها التي يسلكها مسار التحكم بالحلقة المغلقة. وهنا فإن المتحولات المتحكم بها بالاختلاف أو التفاوت (القيمة المرجعية - القيمة الفعلية) ومتحولات الخرج هي متحولات التحكم. بخلاف مسار التحكم بالحلقة المغلقة فإن مهمات النقل للمنظم يمكن تحديدها اعتماداً على تصميمه. وهذا أيضاً هو الشرط الأكثر أهمية لنظام تحكم مثالي ذي حلقة مغلقة (الشكل 29 - 1).



الشكل (1-29) - تصنيف أنظمة التحكم ذي الحلقة المغلقة

- تصنيف أنظمة التحكم ذات الحلقة المغلقة:

وفقاً لمبدأ عمل نظام التحكم ذي الحلقة المغلقة، فإنه يمكننا التمييز بين أنظمة التحكم المستمر والمتقطع. وبما أن الاهتمام يتزايد أكثر فأكثر بأنظمة التحكم المستمر، فإنه يوجد عدة تقسيمات لها وفقاً لأداء زمن العمل. والتي سوف نتعرض لها في

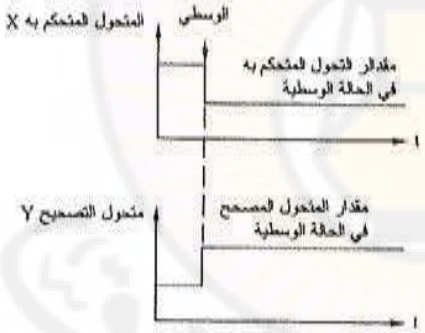
الفقرات اللاحقة.

- أنظمة التحكم المستمر ذي الحلقة المغلقة:

إذا كنا نهتم بالمنظمات المستمرة، فإن متحولات التحكم تفترض ذات قيم مختلفة وفقاً لمستوى انحراف التحكم. ويوجد عدد من أنظمة التحكم ذي الحلقة المغلقة والتي تختلف وفق أداء زمن العمل فيها حتى يمكن تكييف أجهزة التنظيم وفق مسارات التحكم ذي الحلقة المغلقة بما يناسب توابع النقل الأكثر اختلافاً:

- منظمات ذات سلوك زمن عمل تناسبي (منظمات - P).
- منظمات ذات سلوك زمن عمل تكاملي (منظمات - I).
- منظمات ذات سلوك زمن عمل تفاضلي (منظمات - D).

غالباً ما يستخدم مجموعات من هذه الأنظمة، مثلاً منظمات PI، منظمات PID. في حالة المنظمات التناسبية، فإن كل انحراف تحكم يعطى قيمة محددة في متحول التحكم. وعندما يحدث انحراف التحكم في منظم Pفإنه يُلاحظ تغيرّ شاذُ في متحول التحكم (الشكل 1-30).



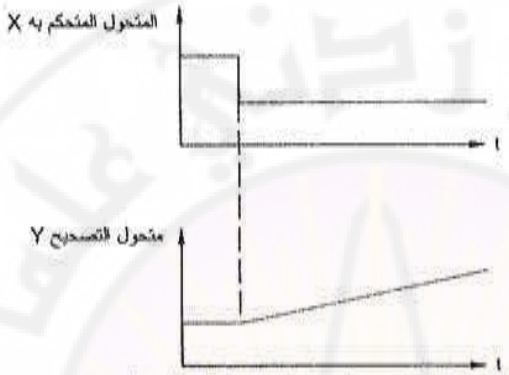
الشكل (1-30) - التابع الانتقالي لمنظم P

- المنظم I:

في حالة المنظم I (التكاملي)، فإنه يسمح بتحكم محدد بالسرعة لكل انحراف بالتحكم. وعندما يحدث الانحراف، فإنه يحدث تغير في متحول التحكم، ومعدل التغير يبقى معتمداً على مقدار هذا الانحراف الشكل (1-31).

- المنظم D:

في حالة المنظم D (التفاضلي)، فإن كل معدل لزيادة انحراف التحكم يؤدي إلى قيمة محددة لمتحول التحكم. والتجاوب بسرعة محددة والتي يتغير عندها المتحكم به هي إما أكبر أو أصغر من تغير متحول التحكم (الشكل 1 -32) والشكل (1-33).



الشكل (1-31) – التابع الانتقالي لمنظم I



الشكل (1-32) - التابع الانتقالي لمنظم D في حالة تغير شارد في انحراف التحكم

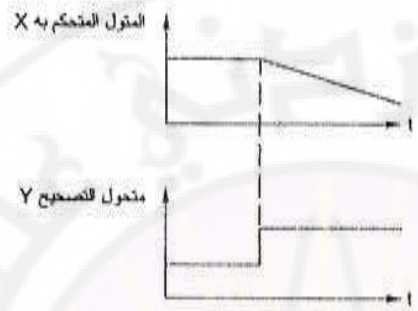
إن المنظم D يستخدم فقط كعنصر في منظمات أخرى.

- المنظمات PI و PD و PID:

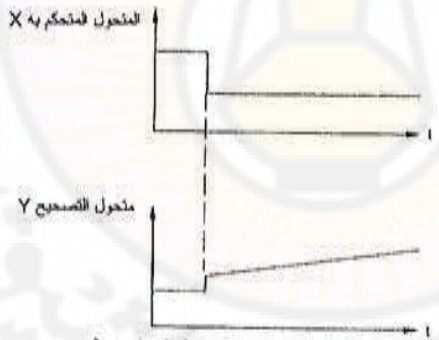
عندما تستخدم هذه المنظمات فإن التغير في متحول التحكم يوافق مجموع متحولات الخرج لمنظم P والمنظم I أو المنظم D أو حتى مجموع متحولات الخرج

للأجهزة الثلاثة معاً. الشكل (1-33) يوضح التابع الانتقالي للمنظم PI.

والأكثر ملاءمة ولكن أيضاً الأكثر تكلفة هو المنظم PID. الأقسام المختلفة (P و I و D) مركبة بوساطة مثبتات على الأمكنة المثالية لها وفقاً لأداء زمن العمل لمسار التحكم. فإذا كان المنظم قيد الاستخدام، فإن الضبط الأمثل للمنظم هو إحدى أهم الوظائف الصعبة التنفيذ.



الشكل (1-33) - التابع الانتقالي لمنظم D حيث يوجد معدل محدد من التغير في انحراف التحكم



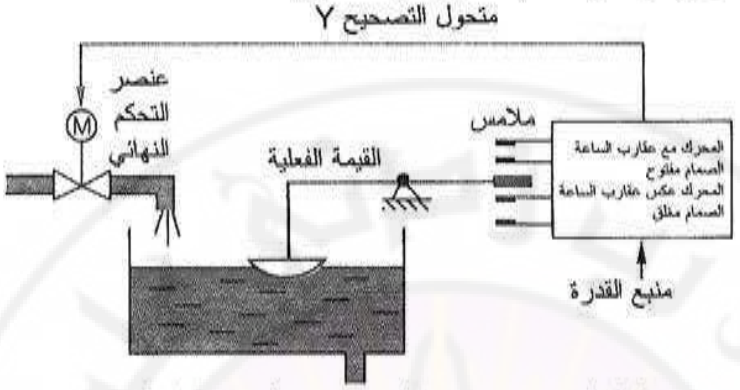
الشكل (1-34) - تابع الانتقال لمنظم PI

- المنظمات غير المستمرة:

عندما تستخدم المنظمات غير المستمرة، فإن المؤازر لا يقوم بشكل دائم بتنشيط التأثير في متحول التحكم. إن متحول التحكم هو فقط القادر على افتراض قيمتين ثابتتين أو ثلاث قيم ثابتة.

القيمة الفعلية للمتحول المتحكم به تتغير تبعاً لذلك بين القيمتين الحديتين.

والمنظمات غير المستمرة ذات القيمتين الثابتتين لمتحول التحكم تدعى لذلك بالمنظمات ثنائية النقاط. وتلك المنظمات ذاتالقيم الثلاث الثابتة تدعى بالمنظمات ثلاثية النقاط، الخ. في الشكل (1-35) موضح منظم مستوى ذو نقطتين.



الشكل (1-35) - منظم مستوى ثنائي النقاط

إن مستوى السائل في الخزان يجب أن يحافظ عليه ثابتاً. الموازر (وهو الصمام) يتحرك بوساطة محرك. ومحرك الموازرة يشغل عبر مفتاح تشغيل يتحرض عن طريق فواشة.

1-6 - مبادىء الإلكترونيات البصرية:

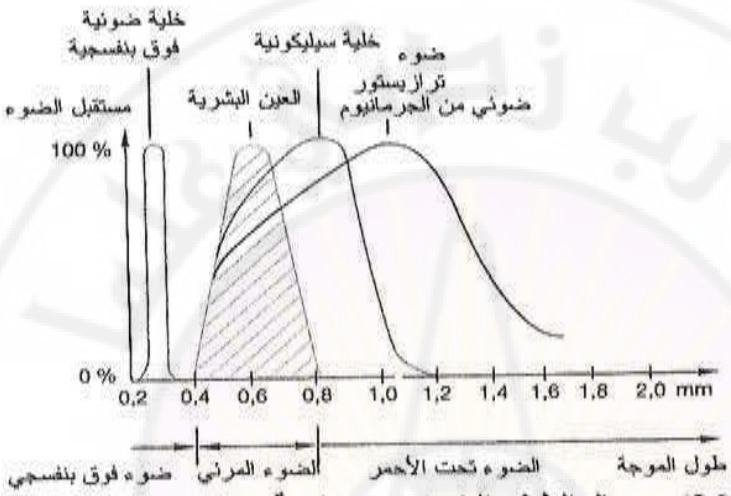
بوساطة الإلكترونات البصرية أو الإلكترونات الضوئية، نحن نفهم التقنية المختصة بتحويل الضوء إلى تيار كهربائي، وتغيرات التيار الكهربائي بوساطة الضوء والعلاقات المتبادلة بين التيار الكهربائي والضوء.

وهي تقتضي استخدام العناصر الإلكترونية مثل أنصاف النواقل. والمصباح ذي الفتيل البسيط لا يفهم بالتالي على أنه جزء من الإلكترونيات البصرية.

- ما الضوء ؟:

إن الضوء هو أحد أشكال القدرة والذي يمكن الحصول عليه من أنواع أخرى من القدرة. مثلاً من تسخين المواد إلى النقطة الحمراء، أو يحول إلى شكل آخر من أشكال القدرة، مثلاً إلى حرارة. ينتمي الضوء إلى الموجات الكهرمغناطيسية ويمثل الجزء المرئي من الطيف الكهرمغناطيسي. إن طول موجة الضوء المرئي يقع ما بين 0,38

μm إلى 0,75 μm تقريباً. الأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية هي أيضاً ضوء في المجال المحسوس. حيث الأشعة تحت الحمراء لها موجات أطول والأشعة فوق البنفسجية ذات موجات أقصر من الضوء المرئي، الشكل (1-36) يوضح جزء الطيف الكهرمغناطيسي والذي يهم في تطبيقات التحكم وحساسية مستقبلات محددة للضوء لموجات ذات أطوال محددة.



الشكل (1-36) - مجال الطيف الضوئي وحساسية بعض مستقبلات الضوء

- بعض وحدات القياس للضوء (قدرة الإشعاع وشدة الإضاءة):

إن الإشعاع المرسل من منبع ضوئي في الاتجاهات كافة في الفراغ يعطي دفقاً من القدرة. وقدرة إشعاعه يمكن قياسها عندئذ بالمقدار WS (أو جول). وقدرة إشعاعه بالمقدار W.

إن واحدة قياس دفق الإضاءة هي اللومن ($1m$).

$$1Watt = 682\ell m$$

- كثافة الضوء:

بكثافة الضوء نحن نعبر عن قدرة الإشعاع التي يرسلها جسم عبر وحدة زاوية مجسمة.إن واحدة كثافة الضوء هي الشمعة (cd).

$$\text{كثافة الضوء} = \frac{\text{دفق الإضاءة}}{\text{الزاوية المجسمة}}$$

إن واحدة قياس الزاوية المجسمة هي 1 ستيراديان (Sr)

$$1cd = 1\ell m / Sr$$

- الإضاءة:

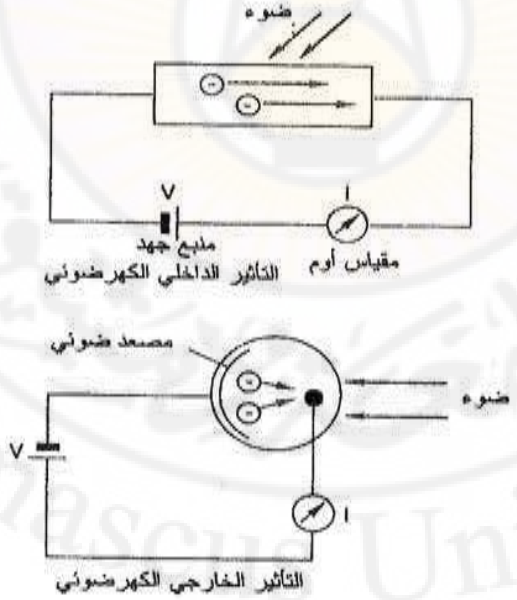
إن الإضاءة هي إنعكاس البريق الواصل إلى العين. وواحدة قياسه هي ستيلب (Sb).

إذا كان اتجاه الرصد هو عمودياً على سطح الإشعاع المدروس، فإن إضاءة الجسم هي 1Sb، فإذا كان كل $1Cm^2$ من هذا السطح يشع كثافة ضوئية مقدارها 1cd

$$1\ Sb = 1\ cd/cm^2$$

- التأثير الكهرضوئي:

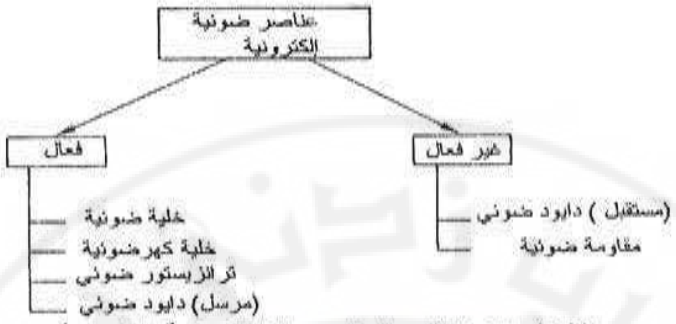
إن الضوء له القدرة على تحرير الإلكترونات من طبقات المعدن وهو بذلك قادر على التأثير كحامل شحنة. هذه القدرة نسميها التأثير الكهرضوئي. ويمكن أن تلاحظه مثلاً أثناء إشعاع صفيحة قصديرية للأشعة الفوق بنفسجية.(الشكل 1-37).



الشكل (1-37) - التأثير الكهرضوئي

- العناصر الإلكترونية الضوئية:

يمكن التمييز بين عناصر إلكترونية ضوئية فعالة وأخرى سلبية. (الشكل1-38).



الشكل (1-38) - العناصر الإلكترونية الضوئية

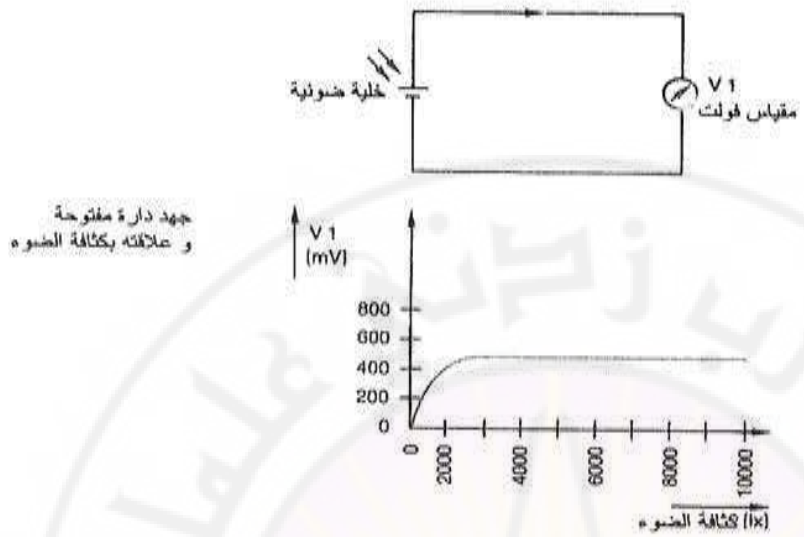
- العناصر الفعالة (الخلايا الضوئية):

إن الخلايا الضوئية هي عناصر من أنصاف النواقل المصنوعة من السيلينيوم أو السيليكون وتنتهي بطبقة عازلة. ووفقاً للتأثير الكهرضوئي، فإن تعريض طبقة معزولة للضوء يحرر حوامل الشحنة مما يسبب توليد جهد ليرتفع فرق الجهد على طرفي المأخذ. إن جهد الدارة المفتوحة لخلية ضوئية سيليكونية يتراوح ما بين 0,5 V - 0,4. هذا التأثير يمكن تضخيمه بالربط داخلياً لعدة عناصر. ويمكن ربط البطاريات الشمسية بهذا الأسلوب.

الخلايا الضوئية تناسب أيضاً كمقاييس للضوء لاستخدامها في التصوير وللقياسات التقنية لشدة الإضاءة.

الشكل (1-39) يوضح دارة بسيطة ومخططاً بيانياً يوضح تسلسل الأحداث في جهد دارة مفتوحة اعتماداً على شدة الإضاءة.

Damascus University



الشكل (1-39) - الخلية الضوئية

- الخلية الكهرضوئية:

إن الخلايا الكهرضوئية هي عناصر ثنائية الأقطاب، المصعد والمهبط معزولان عن بعضهما ومثبتان في أنبوب زجاجي. عند تعريض الأنبوب للضوء فإن المصعد يبعث إلكترونات. فإذا كان الجهد الكهربائي مطبقاً على كلا القطبين فإن التيار يمر عبر الأنبوب والدارة الكهربائية الموصولة معه. إن شدة التيار تعتمد على شدة الإضاءة. لهذا فإن الخلية الكهرضوئية يمكن استخدامها لقياس الفروق في شدة الإضاءة.

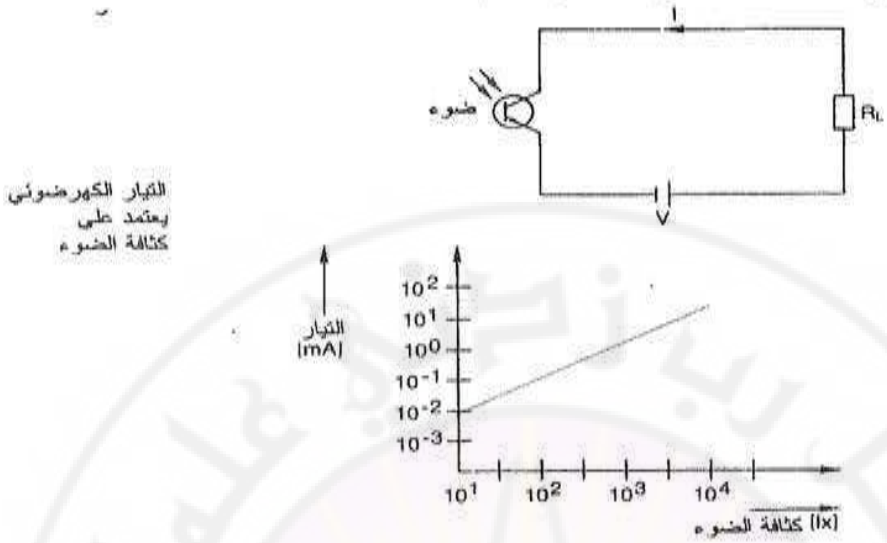
- الترانزيستور الضوئي:

في الترانزيستور الضوئي يكون قطب القاعدة غير متحكم به بوساطة التيار الكهربائي كما هو الحال في الترانزيستور العادي بل يكون متحكماً به عن طريق الضوء. لهذا السبب لا يزود عادة قطب إلى مأخذ القاعدة. فالدارة الخارجية تتألف من منبع قدرة ومقاومة حمل.

وعندما توجد تغيرات في سقوط الضوء على القاعدة، فإن [illegible] مجمع الباعث يتغير أيضاً ولهذا فإن التيار يتغير بوساطة مقاومة الحمل.

الشكل (1-40) يوضح مثالاً على دارة محتـ[illegible]يستور ضوئي وعمل

تيار مجمع الباعث يعتمد على كثافة الإضاءة.



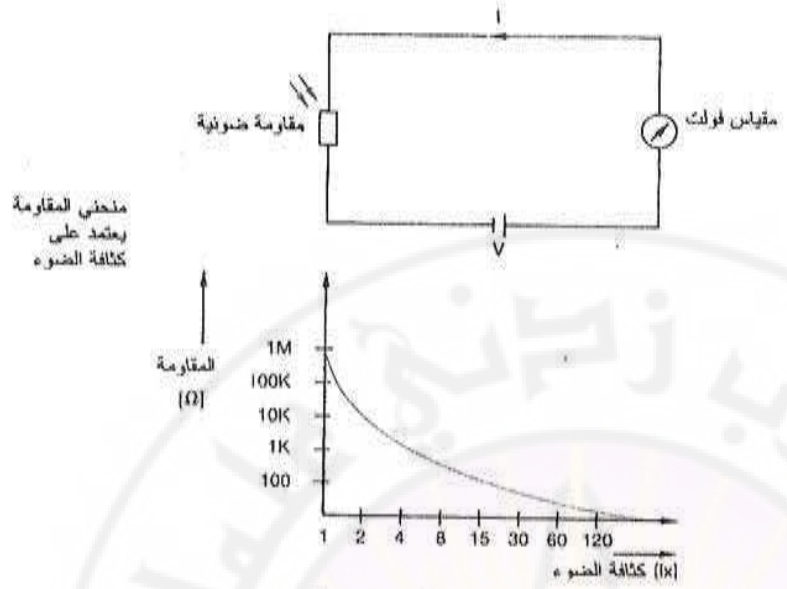
الشكل (1-40) الترانزيستور الضوئي

- الدايود الضوئي:

إن الدايودات الضوئية هي دايودات سيليكونية حيث تكون وصلة PN مضاءة من خلال نافذة صغيرة في الغلاف. تيارات وضعية الراحة ووضعية العمل تزداد مع زيادة الإضاءة. وتستخدم الدايودات الضوئية غالباً في الاتجاه الأعلى مقاومة. وطالما أن تيارات حالة الراحة هي تيارات صغيرة جداً (عدة ميكرو أمبيرات)، فإنه يجب أن تستخدم المضخمات بوصلها على التسلسل.

- المقاومة الضوئية:

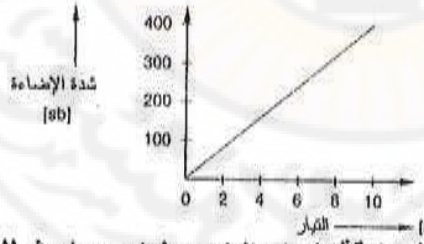
إن المقاومات الضوئية تغير قيمة مقاومتها عند تعرضها للضوء. وعند زيادة الإضاءة تتناقص المقاومة. وللحفاظ على اعتماد التيار على الإضاءة فإن المقاومة الضوئية يجب أن توصل إلى المنبع الضوئي.الشكل (1-41) يوضح توصيلات العمل وقيمة المقاومة بالاعتماد على كثافة الإضاءة.



الشكل (1-41) المقاومة الضوئية

- الدايود المرسل للضوء:

إن الدايود الباعث للضوء هو عنصر نصف موصل يحول التيار الكهربائي إلى ضوء. لهذا فهو مولد للضوء. وتصنع الدايودات الباعثة للضوء من الغاليوم - أرسينايد. والاصطلاح العام للدايود المرسل للضوء هو LED. ويمكن الحصول عليها بعدة ألوان (أحمر، أصفر، أخضر، برتقالي، أزرق). وفي الشكل (1-42) موضح خط علاقة التيار/ضوء لعنصر LED.



الشكل (1-42) خط علاقة التيار/الضوء لدايود باعث للضوء

والشكل (1-43) يوضح رموز الدارة المتعارف عليها للعناصر الإلكترونيةالضوئية.

- الليزرات وبصريات الألياف الزجاجية:

تنتمي الليزرات إلى مجموعة منابع الضوء الإلكترونية البصرية والتي ترسل حزماً ضوية ضيقة جداً ومركزّة وذات طول واحد للموجة.

واصطلاح الليزر هو اختصار للعبارة « تضخيم الضوء بوساطة الإرسال المحفز للإشعاع ».

ـ شرح تأثير الليزر باستخدام مثال عن ليزر الياقوت:

إن ليزر الياقوت يتألف من بلورة ياقوت على شكل محور ذي نهايتين مجلوختي السطوح. إحدى النهايتين مطلية بالمعدن عن طريق عملية طلاء بالتخلية، والنهاية الأخرى تعطى طبقة انعكاس شبه نفوذة. ومن المهم أن تكون الفجوة بين نهايات الوجوه تعادل مضاعفات كاملة من طول موجة الضوء المولّد وبهذا يتولد لدينا محرّض بصري (الشكل 1-44).

المعنى	الرموز
	DIN 40700
عنصر ضوئي الكتروني ، عام	
ترانزيستور ضوئي	
دايود ضوئي	
خلية ضوئية	
ترانزيستور ضوئي	
مصباح دايود ضوئي (مرسل)	
وصلة بصرية (ضوئية)	

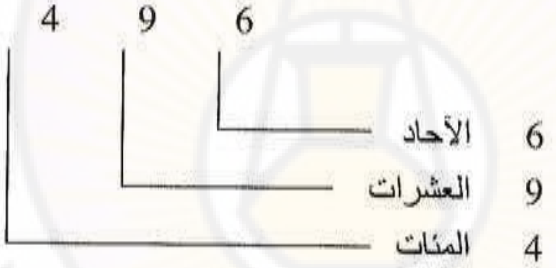
الشكل (1-43) رموز الدارات للعناصر الإلكترونية الضوئية

الأصغر في هذا المجال ولتمثيل هذه القيمة يعطى إلى جانبه الرقم 0، وبعد ذلك بمتابعة العد حتى 9 نصل إلى الوضعية الدنيا التالية. وبعد ذلك يزاد العدد بمقدار واحد على الخانة الثانية. ويظهر على العمود الثاني للأعداد من اليمين الرقم 10.

0	10	20	.....	90	100
1	11	21	.....	91	101
2	12	22		92	102
3	13	23		93	103
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
9	19	29		99	109

- مثال:

الرقم العشري 496 يركب من الرقم 4 في خانة القيمة 100، والرقم 9 في الخانة ذات القيمة 10 والرقم 6 في خانة القيمة 1 (الأحاد).



لهذا، نطبق ما يلي:

$$496 = 4.100 + 9.10 + 6.1$$

أو بصيغة القوى:

$$496 = 4.10^2 + 9.10^1 + 6.\ 10^0$$

وقيم الخانات تحدد بناء على ذلك وفق النظام الأسي بأساس 10 وبترتيب تصاعدي من اليمين إلى اليسار. ويمكن أيضاً القول إن نظام الأعداد هذا أساسه هو 10، وذلك اعتماداً على الأعداد 10 المتوفرة.

لهذا السبب فإن نظام العد العشري نشير أيضاً إليه بالإصطلاح النظام

10(العشري) وللتمييز الواضح للعدد العشري، فإن الأساس (هنا 10) يضاف هنا، مثلاً

(10) أساس 4 = 4 (عشري)

- نظام العد الثنائي:

في نظام العد الثنائي يوجد فقط عددين هما 0 و 1 لهذا بهذين الرقمين من الضروري أن نعد حتى 1.

هنا أيضاً يمكن التعبير بشكل مشابه للنظام العشري. وفي النظام الثنائي يظهر ذلك كما يلي:

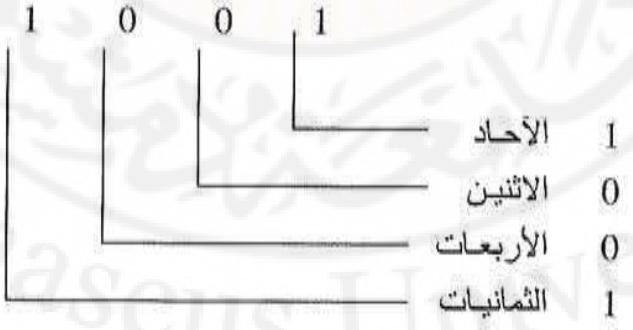
- نقوم بالعد حتى 1. وبما أنه لا يوجد لدينا هنا أعدادٌ أكثر فإن الخانة الثانية يجب أن تأخذ التوزيع التالي:

0	10	100
1	11	101
		110
		111

إن نظام العد العشري له الأساس (10)، أما نظام العد الثنائي فله الأساس (2).

- مثال:

إن العدد الثنائي 1001 يتألف من الرقم الحسابي 1 (على اليمين) ذي الخانة بقيمة 1 والرقم 0 في الخانة العشرية للقيمة 2، والرقم 0 في الخانة العشرية للقيمة 2 والرقم 1 في خانة القيمة 8.



ولهذا نجد الحل التالي:

$$1001 = 1.8 + 0.4 + 0.2 + 1.1 = 9$$

وبالصيغة الأسية:

$$1001 = 1.2^3 + 0.2^2 + 0.2^1 + 1.2^0 = 9$$

والقيمة الفعلية موضحة هنا بالشكل العشري بحيث إن القيمة الكلية توافق قيمة عشرية وهذا أيضاً يعد أسلوب تحويل.

- مثال:

العد الثنائي 1101 يجب تحويله إلى عدد عشري.

? = N ، (10) أساس N = (2) أساس 1101

إن أسلوب التحويل البسيط هو البدء بإدخال القيم العشرية تحت الأعداد الثنائية وبعد ذلك جمع هذه القيم تحت الأعداد، لهذا فإن:

1	1	0	1
2^3	2^2	2^1	2^0
8	4	2	1

1
4
8
13

النتيجة: (10) أساس 13 = (2) أساس 1101

وعملية التحويل المعاكسة هي بسيطة ايضاً. فالرقم العشري يقسم باستمرار على 2، والباقي من التقسيم يشكل العدد الثنائي.

- مثال: حوّل العدد العشري 28 إلى عدد ثنائي:

28 أساس (10) = N أساس (2) : N = ?

28 : 2 = 14 الباقي 0

14 : 2 = 7 الباقي 0

7 : 2 = 3 الباقي 1

3 : 2 = 1 الباقي 1

1 : 2 = 0 الباقي 1

1 1 1 0 0

النتيجة: 11100 أساس (2) = 28 أساس (10)

- نظام العد الثماني:

في نظام العد الثماني يمكن أن تستخدم الأعداد 7 - 0 لتوليد الأعداد. مع هذه الأرقام من الممكن العد من 0 إلى7 . هنا الأساس هو 8 والعدد الثماني يعطى بالرمز 8، مثلاً (8) أساس 4. والقواعد نفسها في الترقيم نستخدمها لنظام العد الثماني كما في النظام العشري والثنائي.

- مثال: إن العدد الثماني 352 يتألف من:

الرقم 3 في مكان الخانة 64

الرقم 5 في مكان الخانة 8

الرقم 2 في مكان الخانة 1

3 5 2

2 الأحاد

5 الثمانيات

3 الأربع وستينات

ونطبق القاعدة التالية:

$$352 = 3.64 + 5.8 + 2.1 = 234$$

أو بالشكل الأسي:

$$325 = 3.8^2 + 5.8^1 + 2.8^0 = 234$$

وقيم الخانات هنا أيضاً تكتب بالشكل العشري والقيمة الإجمالية هنا تكتب مساوية لقيمة عشرية.

- **مثال:** الرقم الثماني 435 يجب أن نحوله إلى عدد عشري.

? = (10);N أساس N = (8) أساس 435

4 3 5

5 . = 5

1

3 . = 24

8

4.6 = 256

4

285

النتيجة: (10) أساس 285 = (8) أساس 435

إن تحويل العدد العشري إلى عدد ثماني يمكن تحقيقه أيضاً بطريقة التقسيم المستمر، والقاسم (المقسوم عليه) هو الأساس 8.

- **مثال:**

حوّل العدد العشري 320 إلى عدد ثماني:

320 أساس (10) = N أساس N:(8) = ?

320 : 8 = 40 الباقي 0

40 : 8 = 5 الباقي 0

5 : 8 = 0 الباقي 5

5 0 0

النتيجة: 320 أساس (10) = 500 أساس (8)

في معالجة المعطيات، فإن سلاسل الحروف (الخانات) يعبر عنها بأعداد ثنائية. وباستخدام النظام الثماني فإن هذه السلاسل من الآحاد والأصفار يمكن أن تمثل بشكل مختزل. حيث ثلاثة أرقام ثنائية يمكن التعبير عنها برقم ثماني واحد.

إن سلاسل الحروف هذه يمكن أن تكون أعداداً ثنائية لكن ليس من الضروري أن تكون كذلك فهي يمكن أيضاً أن تمثل أمراً أو عنواناً.

إن التحويل من ثنائي إلى ثماني أو من الثماني إلى الثنائي، بذلك يكون جزئياً.

في الجدول التالي أعداد ثنائية ثلاثية الخانات موضحة مع بعضها بعضاً. مع هذه الأعداد الثلاثية (3 خانات)، من الممكن العد حتى 7 بأساس (10) أو حتى 7 بأساس (8).

ثماني	عشري	ثنائي
0	0	000
1	1	001
2	2	010
3	3	011
4	4	100
5	5	101
6	6	110
7	7	111
8	8	1000
9	9	1001

عندما نصل إلى (2) أساس 111 ونصل إلى (8) أساس 7، تحدث قفزة ويجب أن تضاف خانة جديدة. لهذا فإن التقسيم للعدد الثنائي يفضل جزئياً للتحويل ثنائي/ثماني.

- مثال:

الرقم الثنائي التالي:

1100111010011010111

يجب أن نحوله إلى عدد ثماني.

نقسمه إلى مجموعات من ثلاثة أرقام من اليمين إلى اليسار:

1 / 100 / 111 / 010 / 011 / 010 / 111

1 4 7 2 3 2 7

فإذا كانت قيمة العدد الثماني لمجموعة أعداد ثنائية ثلاثية الخانات غير معروفة. فإن الجدول المكتوب سابقاً يمكن الاستعانة به لأغراض التحويل، والتحويل من عدد ثماني إلى عدد ثنائي يمكن أن يتم بأسلوب مشابه.

- مثال:

العدد الثماني 431526 يجب تحويله إلى عدد ثنائي.

نكتب مجموعات أعداد ثنائية من ثلاثة خانات حسب الجدول:

100 / 011 / 001 / 001 / 010 / 110

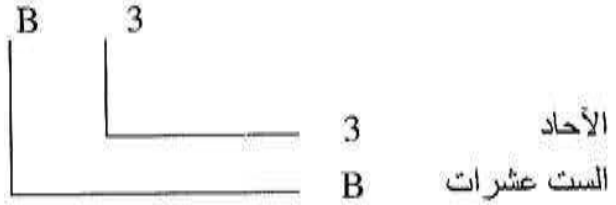
4 3 1 1 2 6

- نظام العد الست عشري:

إن الأساس في نظام العد الست عشري هو الرقم 16. لهذا فإنه يلزمنا 16 رقماً لكي نعبر عن الأعداد. وهنا نستخدم الأرقام العددية العشرة من نظام العد العشري ونستخدم أيضاً أول ستة أحرف من الأبجدية (A, B, C, D, E, F) للقيم العددية من 10 - 15.

وكما في أنظمة العد الأخرى كافة فإن الأعداد تكتب معاً وفقاً لمبدأ قيمة الخانة.

العدد الست عشري B3 مركب من الحرف B في خانة 16 والرقم 3 في خانة القيمة 1.



لهذا نطبق القاعدة:

$$B3 = B.16 + 3.1 = 11 \cdot 16 + 3.1 = 179$$

أو بالشكل الأسي:

$$B3 = B \cdot 16^1 + 3 \cdot 16^0 = 179$$

والقيمة النهائية يعبر عنها بعدد عشري. ولكي نحول من العدد الست عشري إلى عدد عشري، فإن الحروف الست عشرية A - F تطبق على الخانات العشرية15 - 10 .

- مثال:

حول العدد الست عشري A3 E5 إلى عدد عشري.

? = N;(10) أساس N = (16) أساس A3 E5

A 3 E 5

$5 \cdot 16^0$	=	5
$14 \cdot 16^1$	=	224
$3 \cdot 16^2$	=	768
$10 \cdot 16^3$	=	409
		60
		419
		57

النتيجة: (10) أساس 41957 = (16) أساس A3 E5

وللتحويل من العدد العشري إلى العدد الست عشري، نستخدم التقسيم المستمر، والمقسوم عليه هو العدد 16.

- مثال:

حوّل العدد العشري 50111 إلى عدد ست عشري.

? = N;(16) أساس N = (10) أساس 50 111

50111 : 16	=	313	الباقي	15
3131 : 16	=	195	الباقي	11
195 : 16	=	12	الباقي	3
12 : 16	=	0	الباقي	12

C 3 B F

النتيجة: (16) أساس C 3 B F = (10) أساس 50 111

- لماذا نستخدم نظام العد الست عشري: إن نظام العد الست عشري مناسب للتعبير عن سلاسل الخانات بشكل مختزل.بخلاف نظام العد الثماني، فإن سلسلة الخانات مقسمة إلى مجموعات رباعية الخانات تبدأ هنا من اليسار. إن 4 خانات تسمح لنا بمقدار 16 إمكانية تركيب،أو مع 4 خانات من الممكن العد بأسلوب العد الثنائي حتى قيمة 15 (عشرية). مع عدد ست عشري واحد من الممكن أن نكتب 4خانات (مثلاً نصف كلمة(بايت)).

عشري	ثماني	ست عشري	ثنائي
0	0	0	0000
1	1	1	0001
2	2	2	0010
3	3	3	0011
4	4	4	0100
5	5	5	0101
6	6	6	0110
7	7	7	0111
8	10	8	1000
9	11	9	1001
10	12	A	1010
11	13	B	1011
12	14	C	1100
13	15	D	1101
14	16	E	1110
15	17	F	1111
16	20	10	10000

والتحويل من النظام الثنائي إلى الست عشري وهكذا، أصبح بالتالي سهلاً جداً.

- مثـال 1:

العدد الثنائي 1001110100101010

يجب تحويله إلى عدد ست عشري.

نشكل مجموعات من أربعة أرقام:

(ويمكن استخدام الجدول ايضاً):

1001	1101	0010	1010
9	D	2	A

- مثـال 2:

حوّل العدد الست عشري FB05 إلى عدد ثنائي

1111	1011	0000	0101
F	B	0	5

وقل رب زدني علما
Damascus University

الفصل الثاني
مدخل إلى التحكم والتحكم الآلي

2-1-مقدمة :

يمكن التمييز في العملية الأتوماتيكية بين جزأين أساسيين: الآلة وجهاز التحكم. هذان الجزءان يرتبطان داخلياً فيما بينهما بحيث يتبادلان المعلومات.

وهذان الجزءان يختلفان بشكل معقد حسب المسألة المبحوثة في المشكلة ومستوى الأتمتة.

ولفهم العلاقة المتبادلة بين الأجزاء في نظام التحكم، فإنه من المهم توضيح بنية هذا النظام بأسلوب سهل وواضح ومفهوم.

ووفقاً لنوع التأثير الداخلي بين نظام التشغيل ونظام التحكم، فإنه يمكننا التمييز بين:

* أنظمة ذات تحكم مفتوح.
* وأنظمة ذات تحكم بحلقة مغلقة.

وهنا سنتحدث عن فكرة التحكم والتحكم الآلي.

2-2- أتمتة عمليات التشغيل:

إن تقنية التحكم الحديثة تعطي المستلزمات المتوقعة لعمليات التشغيل واللازم أتمتتها بدرجة أكبر أو أقل. إن إصطلاح « أتوماتيك » مأخوذ من اللغة اليونانية ويعني « العمل ذاتياً » ومن عملية أتوماتيكية نفهم عملية ذاتية التاثير.

في العملية الأتوماتيكية، فإن الجهاز التقني - نظام التحكم - يؤمن تحكماً محدداً، واختباراً ومراقبة للعمليات التي تم استخراجها مسبقاً بوساطة الإنسان.

الآن، وكما سبق فإن الآلة تؤمر من قبل الإنسان، مثلاً فإن ربة المنزل تختار برنامجاً محدداً على آلة الغسيل الأتوماتيكية وتشغّل الآلة. إن عملية الغسيل الكاملة والموافقة لإنتاج غسيل نظيف وجاف قد تم إنجازها أتوماتيكياً بوساطة الآلة (الغسالة).

وتقسم عملية الأتمتة إلى أربعة مستويات.

المستوى الأدنى لعملية التشغيل هو العمل اليدوي، حيث على سبيل المثال تشغّل

المشغولة بدون مساعدة الآلات. هنا يجب أن يبذل الإنسان القدرة لتشكيل المشغولة، مستخدماً المبرد مثلاً. ويجب عليه أيضاً أن يكون حريصاً على ملحوظة المخطط الذي يجب أن تتم من خلاله كل مرحلة من مراحل العملية الإنتاجية.

المستوى الأعلى قليلاً هو المكننة حيث ينجز العمل اليدوي بمساعدة آلة. وهنا الآلة هي التي تبذل القدرة. على كل حال في كل مرحلة من عملية الإنتاج يقرر العامل أي عملية يجب أن تنفذها الآلة. ويجب عليه أن يعطي الأمر إلى لوحة القيادة حتى لتنفيذ أصغر عملية. وكمثال لهذه العملية نأخذ تشغيل مشغولة باستخدام المخرطة التقليدية.

المستوى الثالث هو الأتمتة الجزئية. في هذا المستوى تنفذ الآلة بشكل أتوماتيكي تكراراً كثيراً لخطوات جزئية أثناء تشغيل المشغولة. لهذا مثلاً فإنعملية خراطة التخشين أو فتح السن، تنفذ هذه الحلقة على المخرطة بحيث تحتاج فقط لأن يقوم العامل بإعطاء أمر الحركة الأتوماتيكية وتتابع المخرطة تنفيذ هذه الحلقة آلياً.

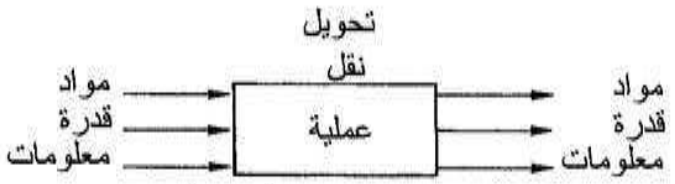
أما المستوى الأعلى فهو الأتمتة الكاملة. عند هذا المستوى فإن الآلة الأتوماتيكية تقوم بإنجاز عملية التشغيل بالكامل. مثلاً إن برنامج تشغيل خراطة شكل معقد يُدخل إلى الآلة ذات التحكم الرقمي (المخرطة NC). وعندها فإن هذا الجزء ينفذ بشكل أوتوماتيكي بالكامل من الخامة. في الوقت الحالي فإن الأنظمة ذات التحكم الرقمي بالكومبيوتر مهمة جداً في هذا المضمار. واصبح على الإنسان في البداية أن يكتب البرنامج الذي يمكن أن يكرر بوساطة الآلة حسب عدد المرات المطلوب.

أين يمكن تطبيق الأتمتة ؟

إن الأتمتة قابلة للتطبيق في كل مكان حيث يجب على الناس أن يقوموا بعمل متعب، ثقيل، مزعج أو عمل روتيني مؤذٍ. هذه التطبيقات تتم جزئياً في عمليات الإنتاج التقني وأيضاً في مجالات أخرى مثل إدارة الشؤون المنزلية والإدارية وحتى في التحكم بشارات المرور.

2-3- العملية التقنية:

وفقاً للمواصفة القياسية DIN 6620 فالعملية هي حدث مصمم لتحويل و/أو نقل المواد، القدرة و/أو المعلومات. (الشكل 2-1).



الشكل (2-1) العملية التقنية.

- أصناف العمليات:

الاستخدام الأساسي للأتمتة هو في مجال الإنتاج. ومن الممكن الربط بشكل تقريبي بين أربع درجات للعملية مقسمة وفقاً لمهمة العملية:

- عمليات كيميائية.
- عمليات التشغيل.
- عمليات التوزيع.
- عمليات القياس والفحص.

في العمليات الكيميائية تتولد المواد أو القدرة من المواد الأولية (الخامات)، ولحدوث ذلك يجب أن يحدث تفاعل كيميائي أو تغير فيزيائي. والمجالات النموذجية للتطبيقات هي الصناعات الكيميائية (مثلاً إنتاج منتجات الفيبر وتصنيعها)، أشغال الفولاذ (مثلاً تصنيع الفولاذ)، صناعة الإسمنت، محطات القدرة .. الخ.

في عمليات التشغيل، فإن الأمثلة عليها هي آلات قطع المعادن ذات التحكم الرقمي، خطوط النقل المؤتمتة والآلات الخاصة لبناء الآلات والسيارات وتصنيع الأخشاب.

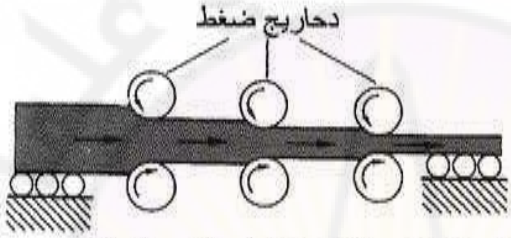
في عمليات التوزيع: المواد، القدرة والمعلومات توزع في الفضاء وزمانياً. مثلاً في المستودعات المؤتمتة ذات الرفوف العالية وحيث رتبت عليها البضائع يتم السحب منها وتعويضها ببضائع جديدة بشكل أتوماتيكي كامل. وتوزيع الحمولات يتم التحكم به قدرة واتصالاً عن طريق شبكات. مراكز التحكم بالمرور مزودة بنظام حاسوب عمليات.

في عمليات القياس والفحص: يتم فحص الخواص الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية للأجسام. في مثل هذه العمليات فإن الأجسام قد تكون معرضة أثناء

الاختبارات إلى سلسلة من اختبارات الحالة المختلفة. مثل هذه العمليات تستخدم نموذجياً لاختبار الأسرَّة (مثلاً اختبار محرك السرير)، للتحاليل التقنية وللتجارب في الجو العادي والفضاء (مثلاً محاكيات الطيران). والعمليات يمكن أيضاً أن تقسم إلى عمليات مستمرة وعمليات غير مستمرة.

- العمليات المستمرة:

مثال على هذه العملية من الإنتاج التقني: الشكل (2-2-2) يوضح آلة درفلة لصفائح الفولاذ.



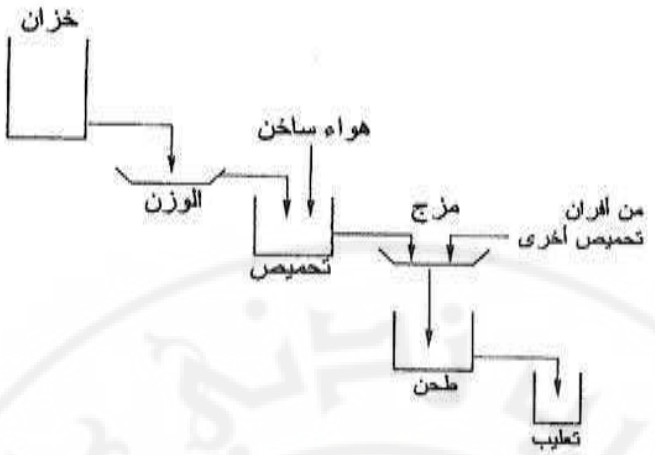
الشكل (2-2) - آلة درفلة لصفائح الفولاذ

المادة الأولية (صفائح فولاذية غير ملفوفة) تغذى من خلال جهاز نقل بمراحل منفصلة بوساطة دحاريج الضغط وتدرفل وعند نهاية خط الدرفلة فإن صفيحة الفولاذ المدرفلة تصل إلى السماكة المطلوبة.

حتى ولو ظهر لنا أن عملية الدرفلة بسيطة نسبياً فإنها تتطلب عمليات تحكم غالية الثمن. لهذا مثلاً فإن سرعة السيور الناقلة والدحاريج وضغط التماس للدرافيل على لوح المعدن يجب أن نحافظ عليها ثابتة. هذا المثال هو مثال على عملية مستمرة، المادة الأولية يجب أن تغذى باستمرار إلى جهاز التشغيل (مثلاً خط الدرفلة) والمنتج النهائي يتحرك باستمرار.

- العملية غير المستمرة:

كمثال على هذا الشكل من العمليات التقنية: الشكل (2-3) يوضح تركيبة لتحميص حبات القهوة.



الشكل (2-3) - عملية تحميص القهوة

خلافاً للمثال الأخير، فهذه عملية غير مستمرة، وأحياناً نشير إليها كعملية وجبة. في كل مرحلة من العملية فإن جزءاً من المنتج الداخل (في هذه الحالة حبات القهوة النيئة) يعالج بشكل أكبر وفقاً لعملية ذات مواصفات محددة. وعندها فإن هذه الكمية الجزئية تمرر إلى المرحلة اللاحقة من التشغيل.

في حال معامل تحميص القهوة، فإن مراحل المعالجة هذه هي الوزن، التحميص، الخلط، الطحن والتعليب. كل مرحلة منفصلة تتطلب حلقات خاصة يجب أن نتحكم بها. لهذا مثلاً في جزء العملية عندما تكون القهوة قد تحمصت فإن حرارة الهواء الناتج يجب أن تقاس ويحافظ عليها عند مستوى ثابت. إضافة إلى ذلك فإن الرطوبة لمحتويات الفرن يجب أن تراقب. فقط عند وصول درجة الرطوبة بهبوطها إلى القيمة المحددة فإن عملية التحميص تكون قد انتهت.

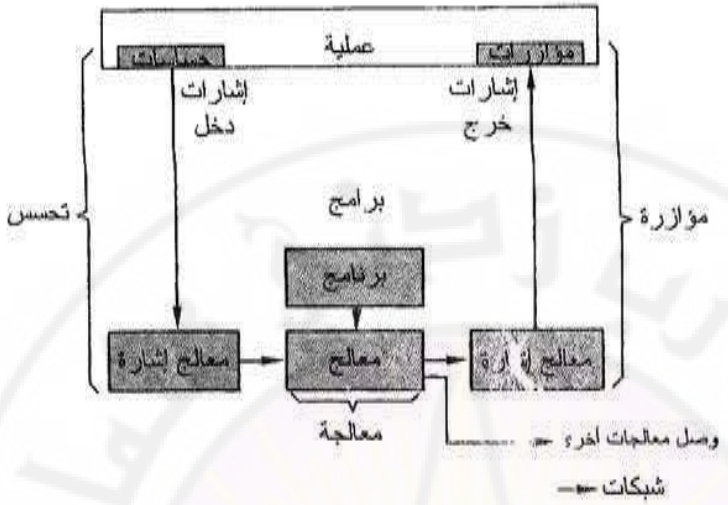
2-4 - تقسيم نظام التحكم إلى أنظمة جزئية مبسطة:

إن فترة التشغيل الأتوماتيكي في العملية التقنية تتطلب أن تقاس خصائص القيم الفيزيائية ويحافظ عليها ثابتة وتلك الفترات متحكم بها. إن متطلبات عمل نظام التحكم يمكن أن تقسم إلى ثلاث مجموعات:

- تحديد أوضاع العملية.
- معالجة المعطيات المتعلقة بحال العملية (أو وضعها).

- تأثير العملية في أساس نتائج التشغيل.

هذه المشكلة يمكن حلها باستخدام نظام الأجزاء التالي (الشكل 2-4).



الشكل (2-4) - العناصر في عملية متحكم بها

- عناصر تحديد حالة التشغيل وتوليد إشارات القياس .
- إشارات القياس محضَّرة للمعالج (موائمة الإشارة).
- المعالج يعالج إشارات القياس ويشكلها ليعطي إشارات للمؤازرات. وهذه لها تأثير مباشر في العملية.
- يحتوي البرنامج تعليمات المعالجة للمعالج.
- الإشارات المولدة من قبل المعالج محضَّرة للمؤازرات (تكييف الإشارة).
- في شبكات الأنظمة المعقدة يتم ربط عدة معالجات مع بعضها.

ويتألف نظام التحكم من العناصر التالية:

- عناصر التحسس (حساسات).
- عناصر المؤازرة (مؤازرات).
- عناصر المعالجة (معالجات).
- ذواكر على أشرطة مرنة.
- شبكات اتصال.

هذه الموضوعات سيتم بحثها بالتفصيل في الأبحاث القادمة.

2-5- التحكم والتحكم الآلي (التحكم ذو الحلقة المفتوحة أو الحلقة المغلقة):

في هذا القسم فإن الاختلاف بين التحكم والتحكم الآلي (المنظم) سوف يتم شرحه. إن مبادىء تقنية التحكم الآلي قد تم بحثها في بحث الأساسيات بشكل أكثر تفصيلاً.

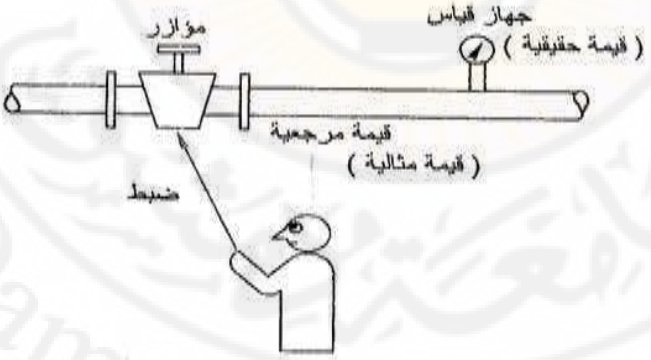
عادة من غير الممكن وصف عملية بطريقة واضحة مثل نظام تحكم بسيط أو نظام تحكم آلي ويمكن عموماً وببساطة إيجاد أنظمة تحوي اجتماع النوعين السابقين معاً.

لهذا السبب ففي هذا الكتاب نقدم بعض أنظمة التحكم الآلي البسيطة بالرغم من أن التركيز منصب على الأنظمة التي تصنف بدقة أكثر تحت مصطلح تقنية التحكم.

- التحكم:

إن المواصفة القياسية DIN 19226 تحدد الإصلاح « التحكم » كما يلي:« التحكم » هو العملية التي تجري في النظام الذي فيه يؤثر متحول دخل واحد أو عدة متحولات في متحول خرج واحد أو عدة متحولات نتيجة للقوانين التي يتعلق بها هذا النظام.

ويتصف التحكم بأنه حلقة مفتوحة الفترات (فترات التأثير) في سلسلة أو حلقة التحكم. وكمثال على ذلك يظهر الشكل (2-5).



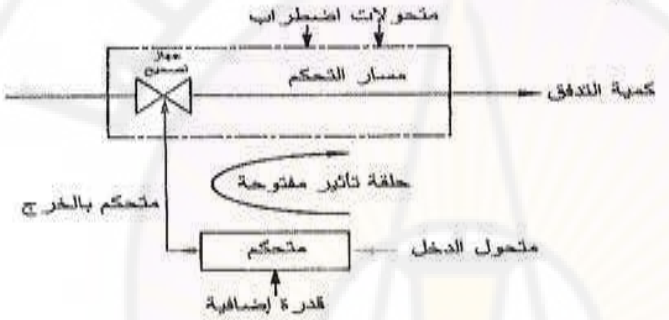
الشكل (2-5) - التحكم اليدوي بمقدار التدفق.

إن مقدار المادة المتدفقة عبر خط الأنابيب خلال واحدة الزمن يجب أن يكون قابلاً للعيار. ومقدار تيار التدفق يمكن أن يقرأ من جهاز القياس.

إن استخدمت الآن جهاز تصحيح (صمام) لتحديد معدل التدفق وتركت النظام ليعمل حسب أجهزته الخاصة، فإن الاضطرابات (مثلاً التذبذب في الضغط، تغيرات الحمل) قد تغير معدل التدفق بشكل ضئيل جداً ودقيق.

في هذا المثال فإن تيار معدل التدفق هو « القيمة الحقيقية »، القيمة المطلوبة تعطى كقيمة « مرجعية » وعندما تختلف القيمة الحقيقية عن القيمة المرجعية، فإن هذا لا يصحح أتوماتيكياً من قبل النظام.

ونكون هنا نتحدث عن نظام « التحكم بحلقة مفتوحة ». أما الاضطرابات التي تؤثر في القيمة الحقيقية لا يمكن تقليلها. الشكل(2-6) يوضح حلقة تحكم مفتوحة بشكل مخطط (حلقة أو سلسلة التحكم).



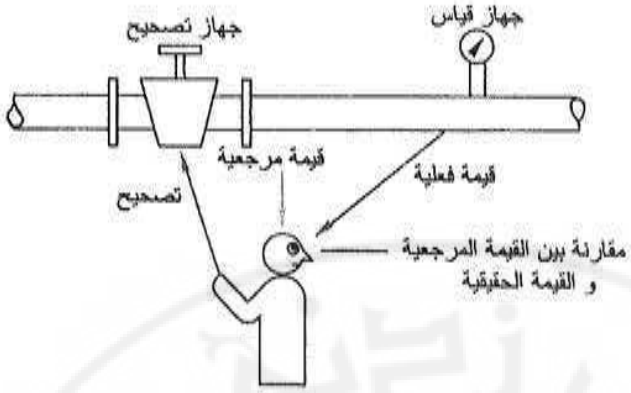
الشكل (2-6) – نظام تحكم يعتمد على مثال التحكم بالتدفق

- التحكم الأتوماتيكي (الآلي - المنظم):

هذا الاصطلاح نجده في المواصفة القياسية DIN 19226 كما يلي:

« التحكم الآلي » هو عملية يتم فيها قياس ومقارنة متحول واحد يجب التحكم به وبشكل مستمر مع متحول آخر، إن المتحول الأمر (القائد) هو الذي تأثرت به العملية بسبب هذه المقارنة بتعديل المتحول الأول ليناسب هذا المتحول الأمر. والتأثيرات المتسلسلة الناتجة من هذه المقارنة تحدث في حلقة مغلقة هي حلقة التحكم.

والشكل (2-7) يوضح مثالاً على التحكم بالتدفق.



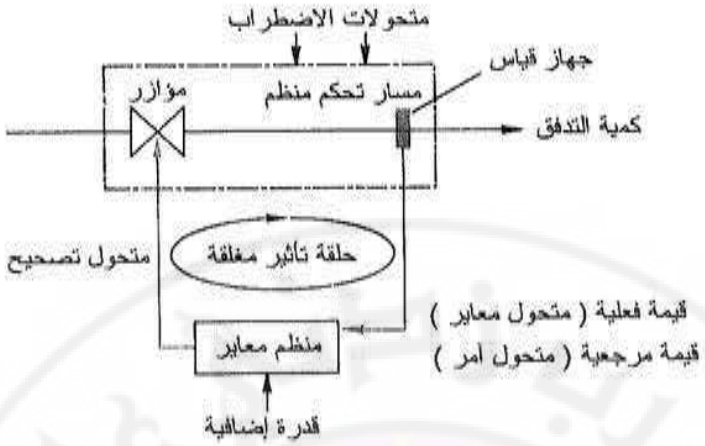
الشكل (2-7) التحكم اليدوي بمعدل التدفق

إذا حصل وحدث أن تلك الاضطرابات تقود إلى تغيرات غير مرغوب بها بالقيمة الحقيقية التي تم وضعها وتثبيتها، فإن القيمة الحقيقية يجب أن تختبرفي فترات زمنية محددة وإذا لزم الأمر فإن الإضطرابات تقلل عن طريق تعديل ضبط الصمام.

لهذا فإذا أدى هبوط الضغط إلى هبوط معدل التدفق إلى قيمة أقل من القيمة المرجعية، فإن الصمام يجب أن يفتح أكثر لتصحيح القيمة الفعلية المقروءة. وحيث تحدث الاضطرابات فإن تغيرات القيمة الفعلية يجب أن تراقب باستمرار، وفي حال الاختلاف بين القيمة الفعلية والقيمة المرجعية فإنه من المهم القيام بعملية ضبط المعايرة. لهذا فإن هذه العملية تربط مع المعايرة (أو التنظيم). إن حلقة عمل معايرة القياس، المقارنة، الضبط وإعادة التأثير ضمن العملية هي حلقة مغلقة.

إذا كان الإنسان مسؤولاً عن مهمة القياس، المقارنة، والضبط فإن مهمته مهمة نظام تحكم يدوي وإذا أنجزنا هذا العمل عن طريق جهاز تقني فإننا سنكون نتحدث عن نظام تحكم آلي.

الشكل (2-8) يوضح التحكم بحلقة مغلقة بشكل تخطيطي.



الشكل (2-8) - نظام تحكم آلي يعتمد على مثال التحكم بتنظيم التدفق

هذا المثال يوضح الاختلاف بين التحكم والتحكم الألي (المنظم). من المهم أن نفهم أن الاختلاف ما بين التحكم والتحكم الألي هو في الوظيفة وليس في النوعية. وقرار استخدام أي نوع من التحكم سيلزم يتخذ بشكل واضح اعتماداً على المسألة المطلوب حلها.

إن نظام التحكم يعمل بشكل صحيح في حالة:

- إذا كانت تأثيرات التغير في اضطربات المتحول صغيرة بشكل كاف لأن تهمل.
- متحول واحد فقط يزداد اضطرابه، وخواصه وسلوكه معروفان.
- التغيرات في المتحولات المضطربة نادرة.

ويلزم استخدام نظام التحكم الآلي عندما:

- يمكن أن يحدث اضطراب في عدة متحولات.
- اضطراب المتحولات متغير في الخواص والقيمة.

Damascus University

الفصل الثالث
الحساسات (التحسس)

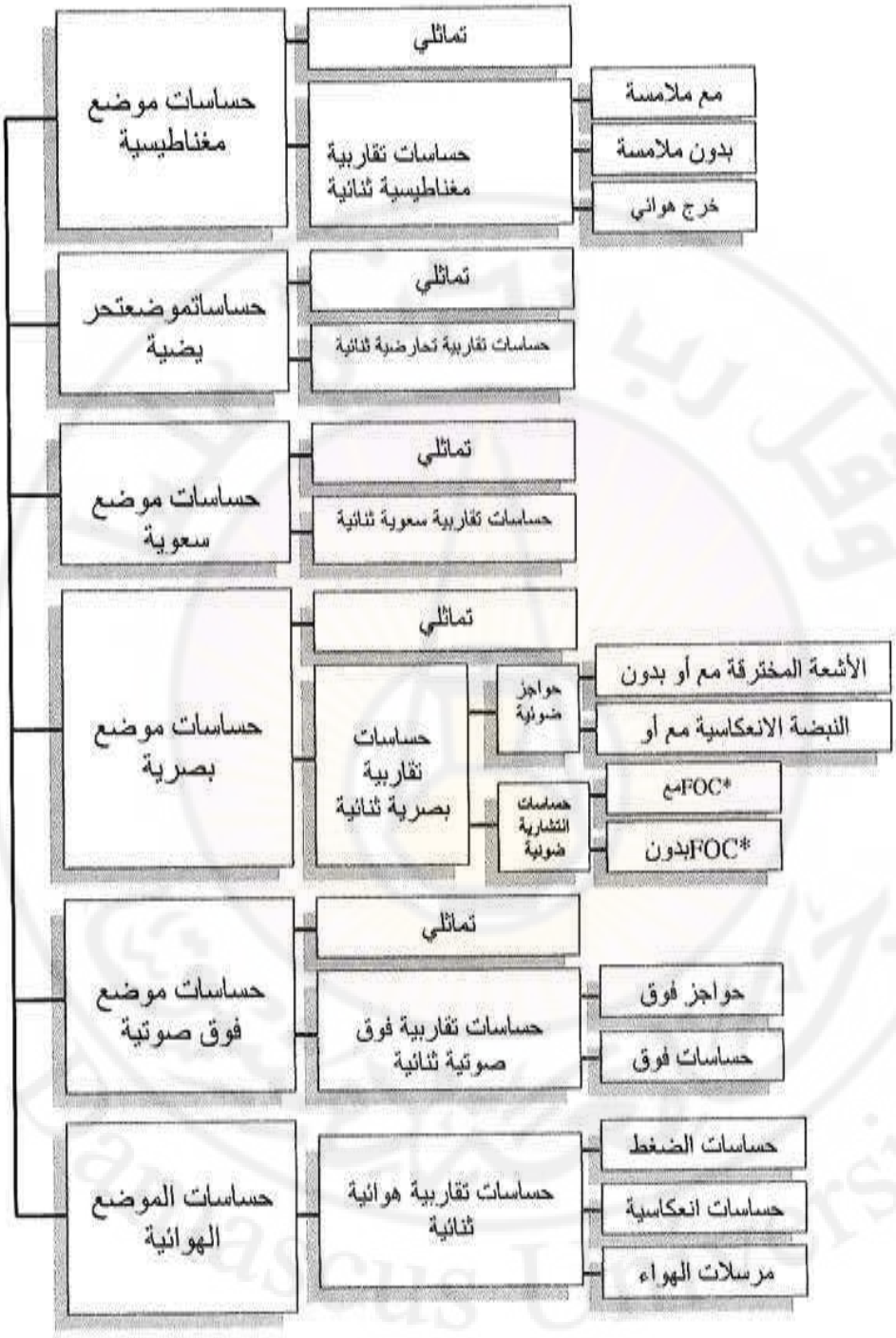
1-3 - مقدمة:

الحساس (عنصر التحسس أو القياس) هو جهاز يستخدم لتحويل شكل خبر يصله كدخل (بشكل كمية فيزيائية قابلة للتحكم، أو مقدار أو حالة) إلى خرج قابل للاستخدام بشكل إشارة (نبضة أو إشارة تحكم)مناسبة لمعالجات لاحقة وبثها إلى مسافات بعيدة.

والدخل غالباً ما يكون كمية غير كهربائية قابلة للتحكم (إزاحة طبقية، حرارة، قوة أوضغط، بُعد، سرعة .... الخ) أما الخرج فهو كمية ناتجة عن المحول الذي مهمته معالجة كمية الدخل. وإشارة الخرج يمكن أن تكون كهربائية أو هيدروليكية، هوائية، ميكانيكية، إشعاعية أو أي نوع من القدرة وبالرغم من أن المحولات تتألف من أشكال وتصميمات مختلفة وتعتمد على مبادىء تحويل متنوعة، فإنه يمكن تكميلها بسهولة بالعديد من الأجهزة النظامية والمقومة والتجهيزات، وتكون جاهزة للوصل مع منبع القدرة عبر وصلات نظامية.

والمحولات المتوفرة تجارياً تعتمد على صغر الحجم، الكتلة الأقل وسرعة تبديل الجهاز، مثلاً يجب أن تتمتع بوقت تشغيل قليل بحيث تعطي إشارة الخرج القابلة للاستخدام مقارنة بإشارة الدخل.

والتي تعطي مجالاً أوسع للقياسات واستعمال أدوات مختلفة التدريجات والتقسيمات اعتماداً على التقسيم الرئيس للجهاز.


حساسات موضع مغناطيسية
تماثلي
حساسات تقاربية مغناطيسية ثنائية
مع ملامسة
بدون ملامسة
خرج هوائي
حساساتموضعتحر يضية
تماثلي
حساسات تقاربية تحارضية ثنائية
حساسات موضع سعوية
تماثلي
حساسات تقاربية سعوية ثنائية
حساسات موضع بصرية
تماثلي
حساسات تقاربية بصرية ثنائية
حواجز ضوئية
الأشعة المخترقة مع أو بدون
النبضة الانعكاسية مع أو
حساسات التشارية ضوئية
مFOC*
بدونFOC*
حساسات موضع فوق صوتية
تماثلي
حساسات تقاربية فوق صوتية ثنائية
حواجز فوق
حساسات فوق
حساسات الموضع الهوائية
حساسات تقاربية هوائية ثنائية
حساسات الضغط
حساسات انعكاسية
مرسلات الهواء

2-3 - عناصر المحولات:

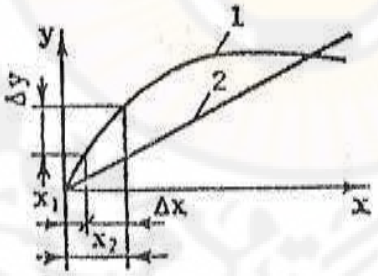
في معظم المحولات فإن إمكانية القياس تؤثر اعتماداً على عنصر التحسس ومسؤولية عنصر التحسس هي جعل إشارة الخرج في المحول عمومية ضمن مجال عمل عنصر النقل. وفي بعض المحولات فإن عملية التحويل لتبدلات الدخل على تبدلات الخرج تحدث ضمن عنصر التحسس نفسه. ومعظم المحولات يتطلب طاقة ثابتة بدقة، طالما أن عنصر التحويل هو الفعال، وفي البعض الأخر من الأنواع ذاتية التوليد لا تتطلب مثبتات جهد.

ويجب أن نختار الخواص الرئيسة للمحول المختار اعتماداً على الشروط التالية:

1 - خواص ثابتة في العلاقة بين الخرج (y) والدخل (x) حيث يمكن توصيف كل تصميم للمحول بعلاقة مثالية أو نظرية بين الدخل والخرج (تابع تحويل) وهذه العلاقة يمكن وصفها بالمعادلة:

$$y = f(x) \qquad 3\text{-}1$$

أو تمثيل بياني أو يمكن وصفه بمنحنٍ محدد أو معروف نظرياً. وهذه التطبيقات تؤدي مباشرة إلى وصف الخواص الثابتة للعلاقة بين الدخل والخرج في المحول بشكل ثابت أو متحول يتغير ببطء كبير.



الشكل (3-1) الخواص الستاتيكية للمحول

في الشكل (3-1) موضح منحنٍ غير خطي (1) ومنحنٍ خطي (2) للعلاقة بين الدخل والخرج ولا حاجة للإشارة إلى أن العلاقة الخطية هي المرغوبة أكثر. أما

إذاكانت غير خطية (المنحني 1) فيجب علينا أن نختار النسب الأكثر استقامة على المنحني وأن نحصر مجال القياس للمحول المعطى حسب قيم الدخل وتبدلاته من x_1ولغاية x_2. كمثال: المحولات الكهرميكانيكية متوفرة لمجالات قياس من 0-3 mm ومن 0-1mm ومن 0-0,4 mm.

2 - الحساسية $S = \Delta y / \Delta \chi$: هي النسبة بين التغير في خرج المحول إلى التغير في قيمة الدخل. والمحول الأكثر حساسية هو الأقدر على قياس كميات الدخل الصغيرة بسهولة أكبر.

3 - عتبة الحساسية:هي الحد الأدنى لتغير الدخل الذي يعطي حساسية فعالة للمحول.

4- الخطأ الأساسي:بسبب وجود تغير في العوامل فإنسلوك المحول الفعلي هو غير مثالي.

لهذا فإن التغير المقاس عادة يختلف عن التغير الحقيقي. إن محتوى أسلوب تحديد سلوك المحول هو لوضع مواصفات محددة للخطأ الأساسي. ويمكن تعريف الخطأ الأساسي بأنه الفرق الأعظمي بين الخرج الاسمي الناتج تحت ظروف عادية وبين هذا الخرج عندما تتغير هذه الظروف.

مثلاً: الخطأ الأساسي لمحول كهرميكانيكي هو $\pm 0,5\mu m$ والأخطاء الأخرى تعطى كنسبة مئوية على القيمة الاسمية للعامل المعطى. لهذا فالخطأ في الحرارة بمقدار 1,5%إذا تغيرت درجة حرارة المحول $10c^{\circ}$عن القيمة العادية ($20 \pm 2c^{\circ}$).

5 - الخصائص الديناميكية:هي العلاقة بين الدخل والخرج والمطبقة أيضاً على الخواص الديناميكية للمحول لتموج سريع في تغيرات الدخل. وعندما يتغير الدخل تدريجياً في المحول فإن خرج المحول لا يعطي بشكل فوري إظهاراً للمستوى الجديد والتلكؤ ما بين زمن وصول الدخل إلى المستوى الجديد والقراءة النهائية للخرج الثابت توصف كثابت الزمن للمحول. والزمن اللازم للوصول إلى النسبة المئوية المختلفة لهذه القيمة النهائية يدعى بزمن التعديل. وهو ثابت الزمن الأصغري اللازم للحصول على إشارة الخرج المصححة الثابتة.

6 - الاتزان (التوازن): هو قابلية المحول للحفاظ على خواص أدائه لفترة

طويلة نسبياً. مثال: المحولات الكهرميكانيكية المتوفرة تجارياً قادرة على أداء 25000عملية تشغيل - توقف. أثناء الأداء مع $0,5\ \mu m \pm$ إزاحة.

عند أتمتة عمليات إزالة المعادن والتجهيزات اللازمة لتطبيقها وللقيام بتعديل سريع فإن المحولات الدقيقة تعتمد على مبادىء تشغيل مختلفة، قادرة على إنتاج خرج بشكل تحريض كهربائي، هوائي، هيدروليكي وميكانيكي كاستجابة لدخل على شكل وضعية متغيرة (ممر)، أبعاد، قوة، سرعة، تغذية، حرارة ... الخ.

الأمور الواجب مراعاتها عند اختيار الحساس:

عندما نختار حساساً للاستخدام في تطبيق معين هناك عدة أمور يجب أن تؤخذ بالحسبان وهي كالتالي:

- خواص الجسم الذي سيتم تحسسه.
- هل المادة المصنوع منها بلاستيكية، معدنية، حديدية؟
- هل الحجم صغير أو كبير؟
- هل سطحه عاكس؟
- هل هناك مساحة كافية لتنصيب الحساس؟
- هل هناك مشاكل تلوث؟
- ما سرعة الاستجابة المطلوبة؟
- ما مسافة التحسس المرغوبة؟
- هل هناك ضجيج (تشويش) كهربائي زائد؟
- ما الدقة المطلوبة؟

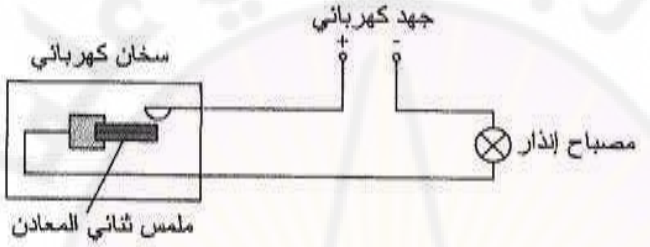
المسـألة:

درجة الحرارة (المتحول القابل للقياس) في مسخن كهربائي (نقطة االقياس) يجب إظهارها. وعند الزيادة عن مستوى محدد من الحرارة وتجاوزه، فإن مصباح تحذير يجب أن يعمل.

- الحل الممكن:

إن الحساس المناسب لتحديد « درجة الحرارة » كمتحول هو في هذه الحالة مقياس حرارة ذو معدنين مجردين (المزدوجة الكهرحرارية).

إن مقياس الحرارة ذا المعدنين المكشوفين (المجردين) مصنوع بحيث إن قطعتين معدنيتين من معدنين مختلفين في معامل التمدد الحراري وملفوفين معاً. إذا سخن هذان المعدنان يحدث انحناء فيهما (انحراف) مع هذين المعدنين يمكن بناء مفتاح بحيث يكون قادراً على فتح دارة كهربائية أو إغلاقها وبترتيب من هذا النوع يمكن حل المسألة المعطاة، والمخطط لهذه الدارة موضح على الشكل (3-2).



الشكل (3-2) - إظهار الحرارة في فرن كهربائي

عند الوصول إلى درجة الحرارة المحددة فإن الملمس الثنائي المعادن سوف يغلق الدارة الكهربائية، والمصباح سوف يضيء.

إن مسار هذه الإشارة سوف يتم وفق المراحل التالية:

- إن التغير في حرارة الفرن الكهربائي قد أدنى إلى إنحناء ميكانيكي في المفتاح الثنائي المعادن. وهذا هو التحويل الأولي بوساطة المتحول القابل للقياس « الحرارة ».
- ازدياد درجة الحرارة إلى الحد المحدد القيمة قد أدى إلى أن المفتاح الثنائي المعادن (المزدوجة المعدنية) انحنى حتى أغلق الدارة الكهربائية. والتشوه الميكانيكي للمزدوجة المعدنية قد سبب مرور التيار الكهربائي.
- التحويل الثالث للمتحول القابل للقياس « الحرارة » هو تحويل من تيار كهربائي إلى ضوء مرئي.
- المراقب يقيّم الإشارة: « إضاءة المصباح » إشارة معناها أن قيمة

درجة الحرارة في الفرن الكهربائي قد ازدادت. «المصباح مطفىء » يعني أن الحرارة ما زالت اقل من القيمة الحدية (ضمن البارامترات المسموحة).

3-3- الإشارات كحامل للمعلومات:

عندما تضيء إشارة المرور باللون الأحمر، فإن المشاة (عادة) يتوقفون عن المسير.الإشارات الضوئية المرورية تنذر الشخص بأن فترة محددة لمرور السيارات قد بدأت. وتشرح بعبارات عمومية: الضوء يشير إلى أن إشارة المرور تعطي المعلومات حول حالة المرور. وهذه المهمة يمكن أيضاً أن يقوم بها شرطي المرور.

الضوء الأحمر على الفرن الكهربائي هو أيضاً إشارة لكن لها مضمون مختلف المعلومات. إنه يعطي المعلومات بأن الفرن يعمل أو متوقف عن العمل.

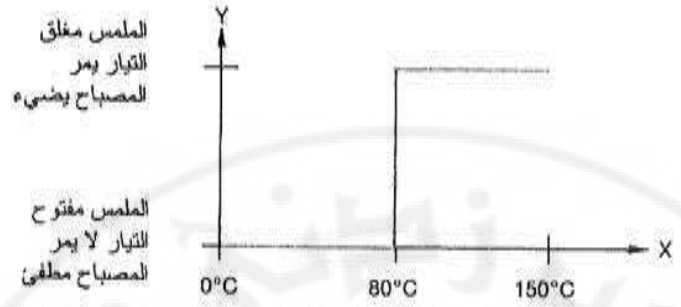
والإشارة يمكن أن تنقل أشكالاً مختلفة من المعطيات. فالضوء على فرن كهربائي قد يعني أن الحرارة عالية جداً أو حتى قد يعني أن الحرارة منخفضة جداً. ومعنى الإشارة يجب أن يوافق الحالة.

العقد المرورية تراقب عادة ويتحكم بها من نقطة مركزية. على مسارها من الحاسوب القائد إلى الإشارات المرورية، فإن المعطيات حول حالة العقدة المرورية« تنقل » بعدئذٍ إلى حاكمة العقدة (مقص التحويل في سكة القطار مثلاً) بأشكال عديدة من الإشارات.

بعض أنواع الإشارات موضح في النظام التالي:

3-4 - الأنواع المختلفة للإشارات:

النوع الأول من الإشارات في المزدوجة الحرارية الثنائية المعادن موضح في الشكل (3 -3) ويوضح فيه العلاقة بين الحرارة وإشارة الخرج في جهاز التحسس. درجة الحرارة متوضعة على المحور χ من المخطط. وعلى المحور y حددت النقطتان « المصباح الأحمر مضيء» و « المصباح الأحمر مطفىء ».



الشكل (3-3) - مسار الإشارة في المزدوجة الحرارية الثنائية المعادن

واضح من حالات الإشارات « المصباح الأحمر مضيء - المصباح الأحمر مطفيء » أنه يمكن استخدامها بالشكل « يمر تيار - لا يمر تيار » أو « الملامس مغلقة - الملامس مفتوحة ». وتحت الحرارة المحددة فإن الإشارة تفترض أن المستوى أقل، وفوق الحرارة المحددة يفترض أن المستوى أعلى. ولا يوجد قيم وسطية. والانتقال من المستوى الأخفض إلى المستوى الأعلى يتم نظرياً بسرعة عالية جداً. والإشارة يمكن أن تفترض قيمتين فقط. وهو مصمم كحساس مزدوج الإشارة. واعتماداً على الأسلوب البسيط لمعالجة الإشارة فإن الإشارات المزدوجة تكفي جزئياً في تقنية التحكم. والمجال الشائع للاستخدام لها في نقل المعطيات مثل توقف /عمل (ON- OFF) يزداد أكثر من استخدامات النزول لأقل من الحد المحدد أو معلومات التوضع مثل فوق - تحت، أمام - خلف، أو تلامس - عدم تلامس.

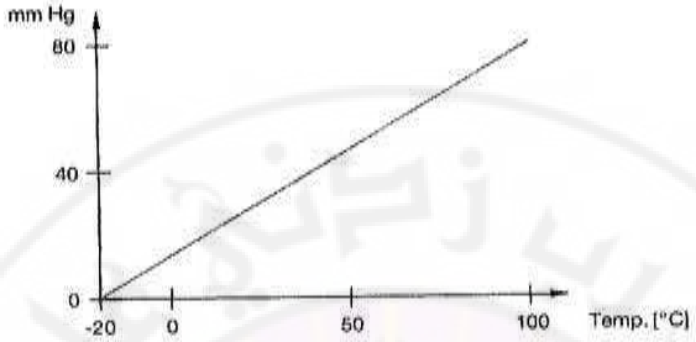
والإشارات المزدوجة ذات القيمتين الممكنتين هي شكل خاص من الإشارات الرقمية. الإشارة الرقمية يمكن أن تؤخذ برقم محدد للقيم. وهنا كل قيمة هي مجموعة متكاملة من رقم أساس مكرر. مثلاً الساعة الرقمية أو الإظهار الرقمي في جهاز القياس.

المثال التالي يبحث في نوع آخر من الإشارات.

إن الخط البياني المرسوم هو لمقياس حرارة زئبقي ليظهر تغيرات قيمة الإشارة حسب درجة الحرارة. ما القيمة الحقيقية للإشارة هنا؟ ما الخصيصة المميزة للزئبق والتي تجعله حساساً يتحسس الحرارة؟ إن الزئبق يتمدد عندما تؤثر فيه الحرارة.

ومستوى الزئبق في الأنبوب الشعري لمقياس الحرارة هو قيمة الإشارة.

المحور y في عمود الزئبق مقسم إلى ميليمترات، ولهذا فإنالإشارة المقروءة موضحة في الشكل (3-4).

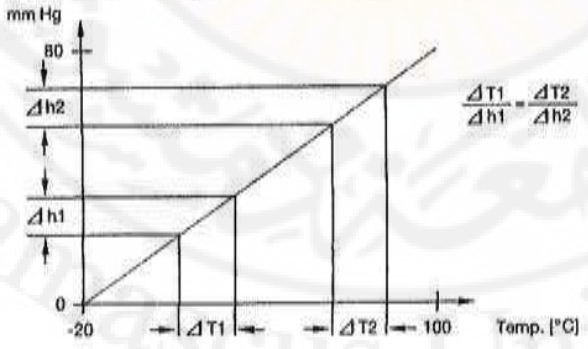


الشكل (3-4) - تغير الإشارة في مقياس حرارة زئبقي.

لكل قيمة درجة حرارة ما بين 20 و 100 درجة مئوية، يوجد قيمة دقيقة واحدة لمستوى عمود الزئبق. وتغير الخط البياني ثابت. وبمعرفة العلاقة المنطقية بين القيمة المقاسة وقيمة الإشارة. فإن هذه الإشارة تعد تصميمياً كإشارة منطقية.

وطالما أنه طبيعي لا يهمنا مستوى عمود الزئبق بل تهمنا درجة الحرارة بشكل أكثر، فإن التدريج مدرج بالدرجات المئوية.ويمكن أن نؤشر بمواصفات أكثر لتغيرات الإشارة: إن المنحني له الميل نفسه عند كل نقطة.

مثلاً التغير في درجة الحرارة ينتج عند كل نقطة بالتغير نفسه في ارتفاع عمود الزئبق. ومثل هذا التغير في الإشارة يشار إليه بخط مستقيم (الشكل 3-5).



الشكل (3-5) - التغير الخطي للإشارة في مقياس الحرارة الزئبقي

5-3- تحويل الإشارة ومواءمتها: (التحويل إلى نوع آخر من الإشارات):

إن مقياس الحرارة الزئبقي ليس مناسباً بشكل مطلق للتطبيقات التقنية حيث يجب أن تعالج قيمة الإشارة بالنسبة لدرجة الحرارة المقاسة بشكل أكثر. سيكون من الضروري مثلاً تحسس مستوى عمود الزئبق وتحويله إلى قيمة فولتية.

يوجد أساليب أفضل للقياس في التطبيقات التقنية (انظر فقرة قياس الحرارة).

حساسات الحرارة مثلاً تعطي تياراً كهربائياً مباشرة ويتناسب مع الحرارة. والآن يحدث غالباً أن كل قيمة مقاسة تحتاج إلى معالجة لاحقة بوساطة أنظمة تكون وحدها القادرة على تقدير الإشارات الرقمية أو المزدوجة وعندها يجب أن يحدث التحويل.

- تمثيل المعطيات الرقمية:

مع إشارة ثنائية القيم مثلاً، مجال منطقي للفولت بين 0 و 100 فولت يمكن مثلاً أن يقسم إلى قسمين متساويين وبالتالي فإن التقسيم التالي هو الناتج:

الإشارة		مجال الفولت
0	→	0 - 49 v
1	→	50 - 100 v

وهذا يعطي نتيجة مقربة بشكل خشن جداً لمجال الفولت. ومع إشارات ثنائية التكافؤ، يمكن أن تنتج النتيجة التالية:

الإشارة2	الإشارة1		مجال الفولت
0	0	→	0 - 24 v
1	0	→	25 - 49 v
0	1	→	50 - 74 v
1	1	→	75 - 100 v

إن النتيجة أكبر بمقدار العامل 2. والنتيجة تعتمد على عدد الإشارات الثنائية التكافؤ والتي تحدد وفق القانون التالي:

عدد المجموعات = 2^n(n: هو عدد الإشارات الثنائية التكافؤ).

من أجل إشارات ثنائية التكافؤ، فإن تقسيم إشارة منطقية إلى $2^2 = 4$ فواصل يمكن تحقيقه. وثماني إشارات ثنائية التكافؤ يمكن أن تقسم إلى $2^8 = 256$ فاصل.

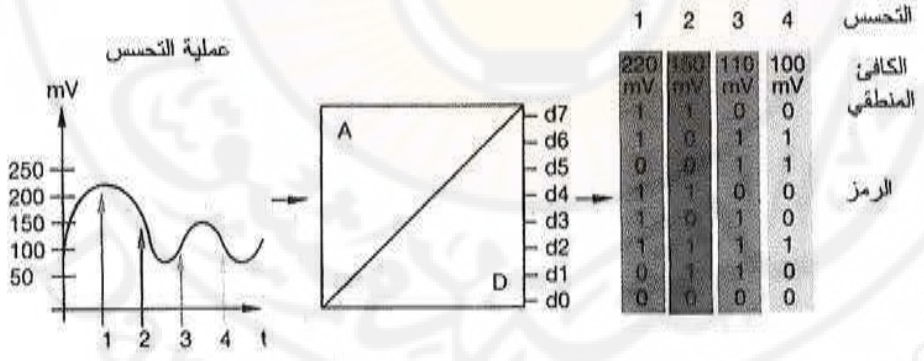
لهذا فإن مجال قيم منطقية 100 V - 0 يكون أقل فاصل فيه $\frac{100}{256} = 0{,}39V$ هو الناتج. إن أقل وحدة معلومات يمكننا إظهارها بوساطة إشارة ثنائية التكافؤ (مثلاً وضعيتين ممكنتين للحالة) وقيمة تساوي 1 bit (خانة واحدة).

عند نقل عدة معطيات بثمانية إشارات ثنائية التكافؤ، فإننا نتكلم هنا عن نظام العد الثماني للمعطيات. إن وحدة الخانة يشار إليها ايضاً ككلمة أو كلمة مرمزة أو مشفرة.

إن نظام التشفير الثماني الخانات عادةيتطلب ثمانية خطوط إشارة للتحويل.

والدارات الإلكترونية التي تعطي قيمة فولت منطقية عند المدخل (الخط) وحيث يمكنها أن تعطي مجموعة الأرقام المكافئة عند المخرج من خلال ثمانية خطوط، مثلاً فإن تلك الدارات التي تؤدي هذه الوظيفة تسمى محولات منطقية – رقمية (محولات A/D).

إذا كان يجب قياس تغير الحرارة فإن المحول A/D يجب أن يحول قيمة الفولت المنطقية المعطاة من الحساس إلى القيمة العددية الموافقة بأبسط شكل ممكن.والإشارة المنطقية المعطاة عند مدخل المحول تختبر خلال فترات زمنية محددة، وتحول وتعطى على المخرج كقيمة عددية (الشكل 3-5).



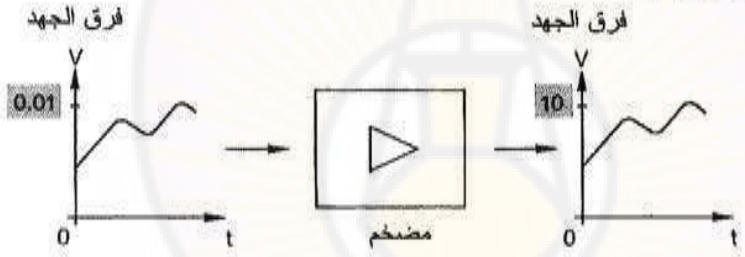
الشكل (3-6) محول منطقي - رقمي.

إن الإشارات المنطقية تتغير بسرعة وبشكل أكثر تكراراً. لذا يجب اختبارها بعدد مرات أكبر بحيث لا تضيع أية معطيات. على كل حال فإنه يوجد حدود لعدد مرات

القياس (عدد مرات القياس في الثانية). إن إحدى الميزات المهمة للمحول A/D هي سرعة التحويل. وفي حال استخدام محولات سريعة فإن مجال السرعة سيكون في الميكروثانية. والميزة الثانية له هي في عرض الكلمة (عدد الخانات) للمعلومات الرقمية عند المخرج. وهذا يحدد كما أوضحنا سابقاً بالإظهار فإن دقة الإظهار للإشارة المنطقية تكون عالية. القيم النموذجية هي 8 خانات و 12 و 16 خانة.

- تكبير (تضخيم) الإشارة:

إن ما يحدث غالباً هو أن الحساس يعطي إشارة تقع في مجال القيم التي تكون صغيرة جداً بالنسبة للجهاز الذي يقيّمها. وفي هذه الحالة يجب أن تكبَّر الإشارة أو تضخَّم. وعندما نقوم بذلك فإنه من المهم التأكد من أن المضخم يقوم بتضخيم الإشارة بأسلوب سليم. مثلاً لا يشوّه الإشارة أو يحرفها. الشكل (3-7) يوضح إشارة تم تكبيرها بمقدار 1000 مرة.وتضخيم الإشارة يتم بمضخمات تناسب الإشارات الكهربائية، الهوائية والهيدروليكية.



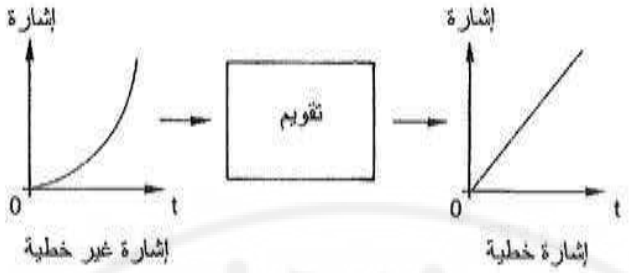
الشكل (3-7) - تضخيم الإشارة.

- تحويل الإشارات إلى إشارات خطية (التقويم):

في الشكل (3-5) موضح إشارة خطية، على كل حال فإن الحساسات تعطي غالباً إشارات غير خطية. هذه الإشارة قد تكون مثل الموضحة في الشكل (3-8) على سبيل المثال.

وعلى كل حال غالباً ما يلزم أن تمر بشكل إشارة خطية إلى نظام التقييم، وفي هذه الحالة يجب أن نقوم بتحويلها إلى إشارة خطية عبر تمريرها بمساعدة دارات

مناسبة لذلك.



الشكل (3-8) - تحويل الإشارة (تقويمها) إلى خطية.

6-3 - الحساسات تتحرى وصول الأجسام (اقترابها):

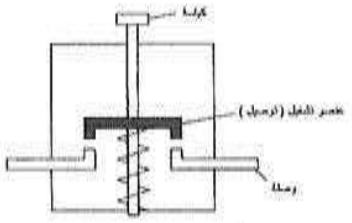
في حالة معظم المهمات التحكمية، يجب التأكد في زمن محدد أو آخر فيما إذا مر الجسم أم لا. والحساسات تستطيع تنفيذ هذه المهمة أيضاً. أمثلة على ذلك هي: أن الحساسات تستطيع أن تتحسس فيما إذا كان اللاقط مفتوحاً أم مغلقاً أو فيما إذا كانت مشغولة تشغّل على آلة التشغيل أم لا.

والنموذج البسيط لحساسات هذه المهمة هو مفتاح تحديد نهاية الشوط المشغل ميكانيكاً ولتحريض هذا المفتاح فإن التماس بين الجسم والحساس ضروري دوماً. ومثل هذه الحساسات تسمى أيضاًالحساسات التلامسية (اللمسية).

- مفتاح تحديد نهاية الشوط الكهربائي:

- طريقة العمل: عند ضغط الكباسة فإن عنصر الوصل سيصل بين الملمسين وتنغلق الدارة الكهربائية. وتوجد تشكيلة واسعة لمختلف أنواع التأثير فيها. مثلاً مفاتيح يمكن تشغيلها يدوياً أو بإشارة يمكن أن تنبعث من جزء في آلة. الشكل(3-9) يوضح مفتاحاً كهربائياً لنهاية الشوط.

Damascus University



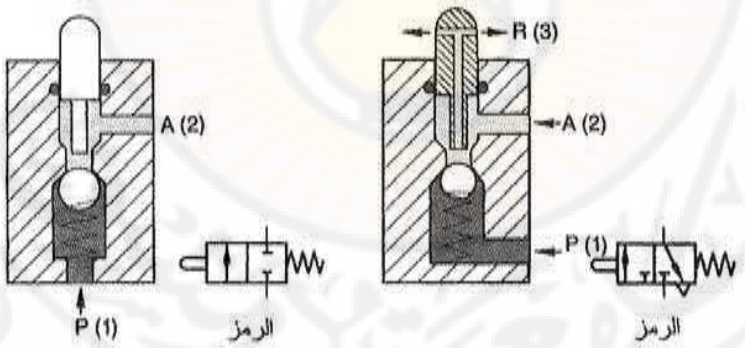
الشكل (3-9) - مفتاح كهربائي لتحديد نهاية الشوط.

- مفتاح تحديد نهاية الشوط الهوائي:

- طريقة العمل: يضغط النابض على كرية مقابل كرسي الصمام وبالتالي يمنع مرور تيار الهواء المضغوط عبر الممر P(1) لتقوية (تحريض) الخط A(2). وعند تحريض كباسة الصمام فإن الكرية تنطلق مبتعدة عن كرسي الصمام محدثة وصلة بين P(1) و A(2). وتنطلق الآن إشارة هوائية من المدخل A(2).

الشكل يوضح أيضاً رموز محددات قيمة الهواء المضغوط والمستخدمة في رسم مخططات الدارات الهوائية (الشكل 3-10).

إن جزءاً من مفاتيح تحديد نهاية الشوط، الحساسات التقاربية هي النوع الأكثر أهمية في الحساسات. لأنها أكثر ملاءمة لتحسس وجود الأجسام أمامها أو عدم وجودها. وهي تشكل مجالاً واسعاً من الحساسات التي تستخدم أشكالاً عديدة من التقنيات وعموماً نسميها حساسات تقاربية أو المشغلات.



الشكل (3-10) - أسلوب عمل مفتاح تحديد نهاية الشوط الهوائي

- الحساسات التقاربية العاملة بالهواء المضغوط:

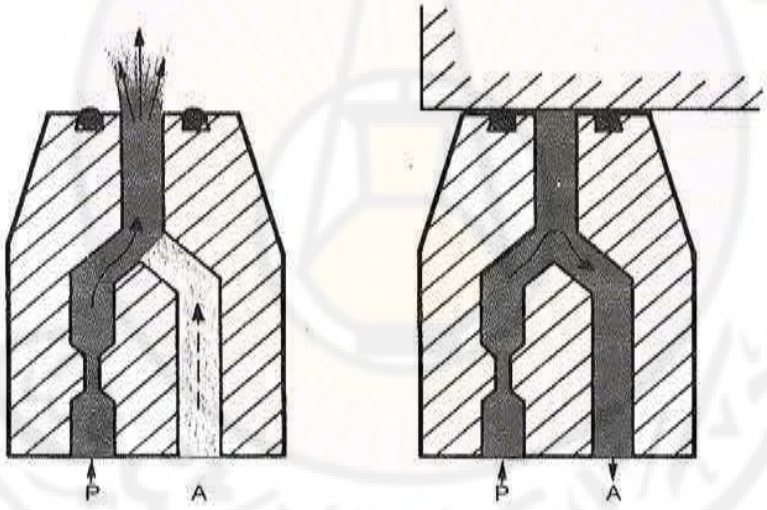
إن الحساسات التقاربية الهوائية تعتمد في عملها على مبدأ إطلاق الهواء المضغوط عبر نفاثة هواء على الجسم المراد تحسسه، مما يؤدي إلى توليد إشارة.

- فوهة الضغط الخلفي:

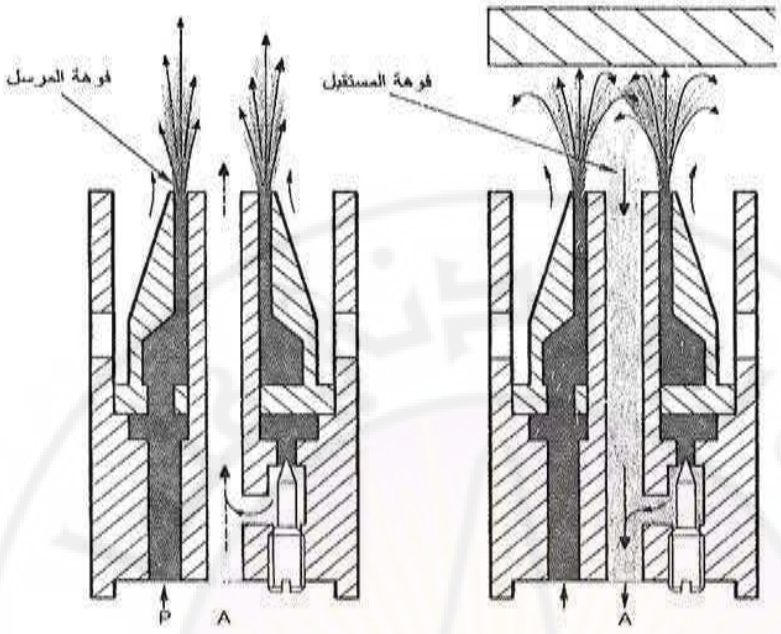
تزود فوهة الضغط الخلفي بالهواء المضغوط عبر المدخل P. وهذا بدوره يمر عبر ثقب في الفوهة. باتجاه الخارج. إذا كان مخرج تيار الهواء مغلقاً بوساطة جسم ملامس فإن الضغط عند المخرج A سوف يزداد وهذا يفسر فيما بعد عند المعالجة كإشارة. وليحدث ذلك يجب أن يكون الجسم على مسافة تقريباً 0,5 mm - 0 (الشكل3-11).

- فوهة الارتداد:

إن الفوهات في الحساسات الارتدادية تعمل بوساطة فوهة نفث حلقية للهواء والتي تنفث الهواء للخارج بانتظام ليخرج من فوهة المرسل ويضطرب على سطح الجسم الصلب القريب. هذا الاضطراب يسبب ضغطاً خلفياً (منعكساً) على فوهة المستقبل والتي تترجم فيها كإشارة. ومجال التقارب هو ما بين 15-2 mm. (الشكل 3-12).



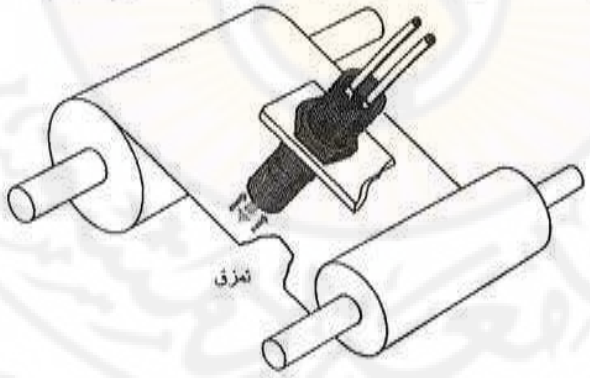
الشكل (3-11) - أسلوب عمل فوهة الضغط الخلفي



الشكل (3-12) - أسلوب عمل فوهة الارتداد

مثال تطبيقي:

إن الشريط المستمر يجب أن يدقق عدم وجود تمزق فيه (الشكل 3-13).



الشكل (3-13) - تدقيق الشريط المستمر لكشف التمزق فيه

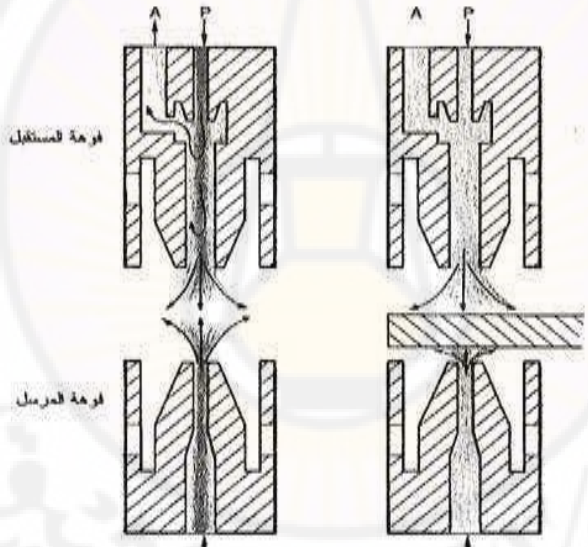
يفترض أنه لايوجد تمزق على الشريط في اللفافة. إن الفوهة الارتدادية مسدودة

وبالتالي فإنالإشارة1الهوائية تنتج بسبب الضغط الخلفي. وحينما تمر منطقة ممزقة أمام الفوهة على الشريط فإنه تسجل الإشارة0 بوساطة الفوهة الارتدادية بسبب اختفاء الضغط الخلفي، والخطأ يسجل بوساطة الإشارة0.

- الحاجز الهوائي (الدرينة):

إن مبدأ عمل الحاجز الهوائي هو أن نضع فتحتين لنفث الهواء متقابلتين تماماً وتضخان الهواء باستمرار ضد بعضهما. إن فوهة الهواء من فتحة المرسل تحرض وتوتر تيار الهواء الحر المنطلق من فتحة المستقبل. وهذا يولد ضغطاً خلفياً يؤدي إلى توليد إشارة1 على المخرج A لفتحة المستقبل.

إذا قطع جسم الدوامة بين المرسل والمستقبل فإنه تتولد إشارة 0 على المخرج (الشكل3-14) وأسلوب العمل مشابه لأسلوب الحاجز الضوئي.



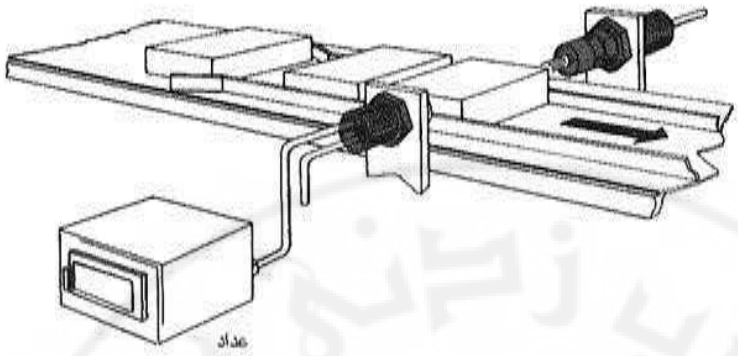
الشكل (3-14) - مبدأ عمل الحاجز الهوائي

مثال تطبيقي:

العداد الهوائي (الشكل 3-15):

إن العلب الكرتونية التي يجب أن نعدها تنقل على السير الناقل. وكل صندوق تقطع تيار نفث الهواء، وكل فتحة بين الصندوقين تحرر تيار نفث الهواء ثانية. هذه العملية تولد إشارة 0 - 1 على التتالي على مخرج فوهة نفث الهواء والتي يقوم العداد

الهوائي بعدّها.



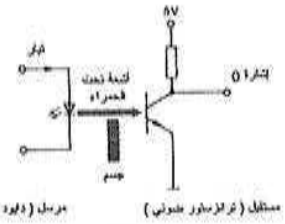
الشكل (3-15) - جهاز لعدّ العلب الكرتونية

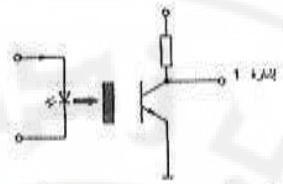
- حساس التقارب الكهرضوئي:

إن العناصر الكهرضوئية هي أنصاف نواقل تبدي رد فعل بشكل تحسس للإشارات الضوئية أو أنها تصدر الضوء. والضوء إما أن يكون في المجال المرئي وإما من المجال غير المرئي من الأشعة تحت الحمراء (انظر الفصل الأول "الأساسيات"). هذه الخواص للعناصر الكهرضوئية قادت إلى تطوير أشكال عديدة جداً من الحساسات التي سندرس بعضها هنا.

وكما يوجد مع الحاجز الهوائي عنصر مرسل وعنصر مستقبل فإنه يوجد هنا أيضاً. إن مبدأ الحاجز الضوئي العامل على الأشعة تحت الحمراء موضح في الشكل (3-16).

عند مرور التيار الكهربائي من خلال العنصر المرسل فإنه يبعث الأشعة تحت الحمراء. والعناصر من هذا النوع معروفة بالدايودات المرسلة للضوء (LED). العنصر المستقبل هو مفتاح إلكتروني (ترانزيستور) والذي يتأثر بالأشعة تحت الحمراء. إنه يغلق الدارة عند تعرضه للأشعة تحت الحمراء ويفتح الدارة عند عدم تعرضه لها. والترانزيستور الذي يتمتع بهذه المواصفات يدعى بالترانزيستور الضوئي. (انظر أيضاً في بحث «الأساسيات »).يوجد عدة تصاميم للحاجز الضوئي، وتختلف حسب الفراغ المكاني للعنصر المرسل والعنصر المستقبل.





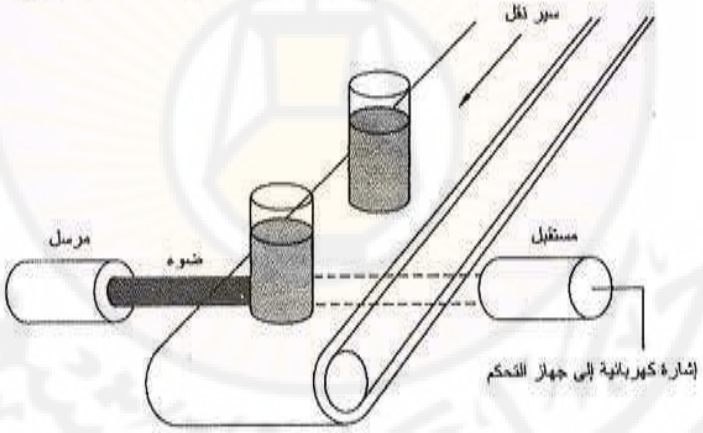
الشكل (3-16) - مبدأ الحاجز الضوئي

- الحاجز الضوئي مرسل/مستقبل

في هذا التصميم يكون المرسل والمستقبل مركبين في علب منفصلة.

مثال تطبيقي:

مراقبة مستويات ملء السائل في أوعية شفافة (الشكل 3-17).



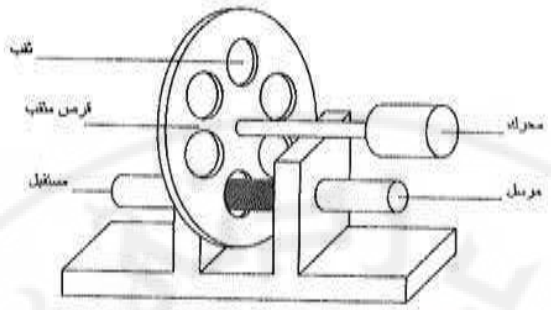
الشكل (3-17) - مراقبة مستوى ملء السائل

- حساس الحاجز الضوئي:

في هذا النوع من الحساسات، يكون المرسل والمستقبل مركبين بصورة إفرادية على القاعدة فإذا لم يوجد جسم بينهما فإن الضوء يسقط من المرسل على المستقبل.

مثال تطبيقي:

مراقبة سرعة محرك (الشكل3 -18).



الشكل (3-18) - إظهار سرعة دوران المحرك

عندما يدور قرص مقاد بوساطة المحرك وهذا القرص مثقب،فإن حزمة الضوء تنقطع بشكل لحظي. والعداد المتصل مع طرف المخرج يعد إشارات الفترات 0 - 1 الناتجة. وعدد نبضات الإشارات في واحدة الزمن (مثلاً 120 نبضة /دقيقة) هو مقياس السرعة.

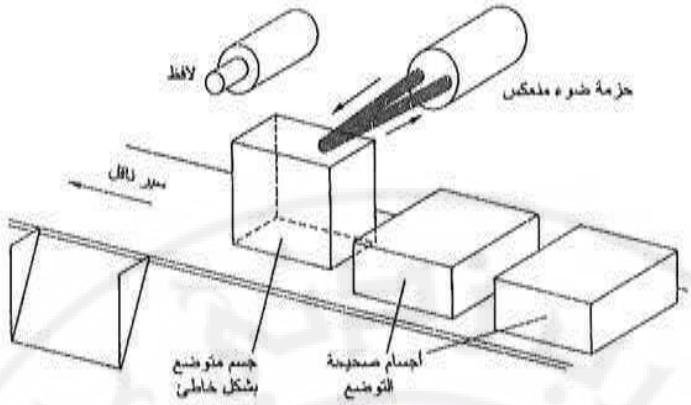
- حاجز الضوء المنعكس:

وهنا أيضاً ركب مرسل ومستقبل في صندوق واحدة معاً. في هذه الحالة وعلى الطرف نفسه يتعرض المستقبل إلى الضوء المنبعث من المرسل وذلك عندما ينعكس هذا الضوء عن سطح جسم ما.

مثال تطبيقي:

تحسس الأجزاء للتأكد من أنها تقع في الوضعية الصحيحةالشكل(3-19)، إن الأجسام التي تشغل الوضعية الخاطئة تُرى من قبل حاجز الضوء المنعكس فيعطي أمراً إلى اللافظ ليقوم بلفظ المشغولة أو الصندوق عن السير الناقل.

Damascus University



الشكل (3-19) - تحسس الأجزاء للتأكد من أنها تقع في الوضعية الصحيحة

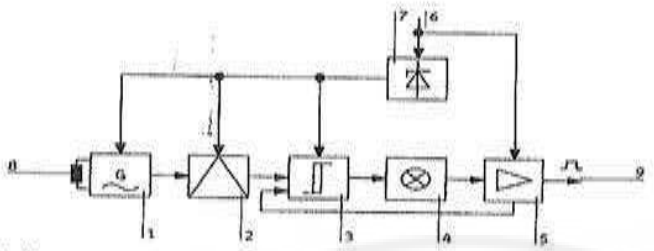
- الحساسات التحريضية:

إن حساسات التقارب الهوائية قادرة على التحري عن وجود جسم بوساطة الاضطراب الحاصل في فوهة النفث، والحساسات الكهرضوئية تحقق هذه المهمة بقطع أو اضطراب حزمة ضوئية.

أما مبدأ عمل الحساسات التحريضية فإنه يعتمد أيضاً على مبدأ الاضطراب في قيمة فيزيائية في هذه الحالة، هذه القيمة هي عبارة عن حقل كهرمغناطيسي متناوب على سطح فعال في الحساس. وهذا الحقل المتناوب يحقق باستخدام مولد اهتزازات (هزاز). الشكل (3-20_a).

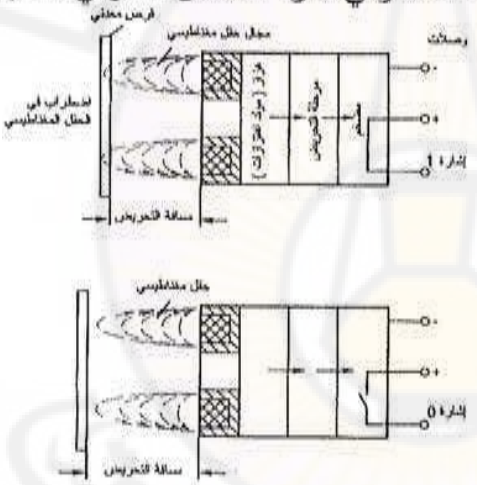
عند دخول الأجسام المعدنية الناقلة إلى الحقل الفعال للحساس، فإن القدرة تتحرك من الحقل الذي يصبح واضحاً من انخفاض ذروة الاهتزاز.

وعندما تصبح ذروة الاهتزاز منخفضة بمقدار محدد، فإن مرحلة إغلاق الدارة تبدأ (الشكل 3-20_b). وهذا يؤدي إلى توليد إشارة.



1. الهزاز
2. كاشف التعديل
3. مرحلة القدح
4. ظهر حالة التشغيل
5. مرحلة الخرج مع دارة الحماية
6. الجهد الخارجي
7. مغذي الجهد الداخلي الثابت
8. المنطقة الفعالة
9. خرج الحساس

الشكل (3-20_a) المخطط الصندوقي لدارة الحساس التقاربي التحريضي.



الشكل (3-20_b) - مخطط دارة حساس تحريضي

إن الميزة الرئيسة لهذا الحساس عن الأجزاء الميكانيكية للحساسات هي في أن الإشارة تتولد إما من 0 إلى 1 وإما بالعكس بسرعة كبيرة (خلال عدة ميكروثانية). وتؤمن الحساسات التحريضية عدد مرات تشغيل كبير. وعدد مرات التغير يزيد على نحو 20 مليون مرة/ثانية. وتتميز الحساسات التحريضية عن الميكانيكية في أنها لاتحتوي أجزاء ميكانيكية متحركة، وهي عادة لا تهترىء، وهذا يؤدي إلى زيادة عمر تشغيلها.

الحساسات التحريضية لا تتأثر بالمؤثرات الخارجية كالأوساخ والاهتزاز، لذلك فهي تناسب جزئياً للاستخدام في الأوساط الشديدة التلوث.

إن فتحة التشغيل الهوائية تعتمد على المواد المستخدمة، وهي قد تصل إلى 24mm عن السطح الفعال.

وتنتج الحساسات التحريضية السابقة لتعمل على تيار مستمر نحو 10 - 30 V أو على التيار المتناوب نحو 20 - 250 V.

وهي أجهزة يكون خرجها الكهربائي هو نتيجة اختلافات التحريض الذاتي لملف أحادي. هذه الأجهزة يمكن أن توصل بوشائع أو تكون نماذج عديمة التماسات.

أما النماذج المتصلة بوشائع تحوي ملفاً يتغير تحريضه الذاتي بسبب حركة محور غير ممغنط يحرك نواة قابلة للتمغنط تدريجياً من أو إلى ثقب مركزي في الملف. وهناك تصميمات تحتوي ملفين متصلين كطرفي جسر تحريضي. في هذه المحولات، فإن ملف التحويل يحوي نواة ثابتة لكن يتغير تحريضها مع تغير المسافة بينها وبين جسم حديدي متحرك وهذا فإن دخلها يكون عبارة عن الإزاحة في الإطار والتي تغير في السيالة (الفراغ الهوائي) طالما أن التيار المطبق على نظام الملف هو تيار متناوب. والتحريض L في الوشيعة ذات النواة الحديدية والتي تحوي فتحة هوائية صغيرة يحدد بالمعادلة:

$$L = \omega^2 / Z \quad (1)$$

والتيار في الملفات يحدد بالعلاقة:

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \omega^2 . L}} \qquad (2)$$

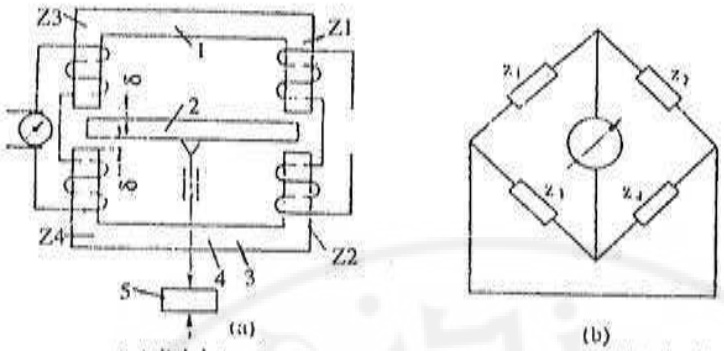
حيث: ω - التردد الزاوي.

Z - الممانعة المغناطيسية بين الملفات والفتحة الهوائية.

V - التوتر.

R - المقاومة.

المخطط النموذجي للمحول التحريضي (محول تفاضلي) معطى بالشكل (3-21_a)



a) مخطط الدارة b) دارة الجسر

الشكل (3-21)- محول تحريضي جسري (تفاضلي)

حيث المصد 5 يسبب حركة محور المجسّ 4 والذي بحركته يجعل الإطار(الجسم) 2 يتوضع ما بين الملفين 1 و 3 الملفات الأولية Z_1 و Z_2 يعملان على تيار متناوب وموضوعين على التسلسل حيث عندما يكون الإطار بالمركز أي الفراغ الهوائي بين الإطار وأطراف الملفات يساوي S من كل جهاته فإن السيالة المغناطيسية في النواتين 1 و 3 تكون متوازنة. والملفات الثانوية Z_3 و Z_4 تكون متطابقة (متماثلة) لكن موصولة عكس بعضها حيث عندما يكون الإطار مركزياً فإن خرجهما صفراً. وعندما يتحرك الإطار مبتعداً عن المركز عند تطبيق تيار متناوب على مجموعة الوشائع، فإن مجرى الممانعة (الفتحة الهوائية) يغير توازن تهيج السيالة المغناطيسية في النواتين 1 و 3 مبدلاً تيار التحريض في الملفات الثانوية.

وعليه فإن تيار الخرج سيكون الكمية المستخرجة من الفرق بين الوشائع المتحرضة وهذه الأجهزة غالباً يتم تمييزها حسب اختلاف الفتحة الهوائية.

بالمقارنة مع المحولات الكهرميكانيكية، فإن المحولات التحريضية تبدي عدة مميزات يمكن تلخيصها بما يلي:

1 - حساسية عالية بسبب العدد الكبير للفات في الوشائع الثانوية.

2 - قابلية قياس إزاحات صغيرة جداً تصل حتى الميكرومتر.

3 - يمكن تفادي مساوىء الملامس بسبب غياب عنصر التماس هنا.

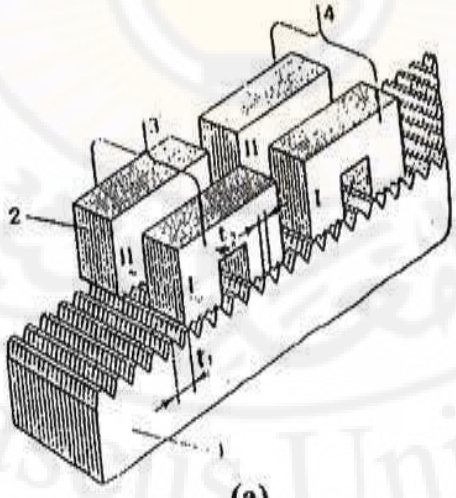
المحولات التحريضية معروفة جداً وتنتج بعدة اشكال لتوافق تصميمات الأجهزة المتعددة، وأنظمة ضبط الجودة والتحكم الصناعي، والعربات المنزلقة في المخارط الناسخة.

وهذه الوظيفة الأخيرة تستخدم محولات يطبق فيها مبدأ التحويل نفسه، حيث نتج الخرج من التبدل في مجرى التحريض بسبب اختلاف المزدوجة المغناطيسية ما بين نهايات الملفات في الفراغ الهوائي بينها. ولهذا السبب فإن المحولات التي بهذا الشكل تدعى غالباً بالمحولات التحريضية ذات المزدوجة المتغيرة. والتحريض في المجرى في المحولات المذكورة تقل وتزداد حساسيتها بزيادة عدد السطوح العاملة. ولهذا السبب فإن سطوح قطع النواتين والإطار في المحول من هذا النوع تصنع مسننة أكثر منها مسطحة.

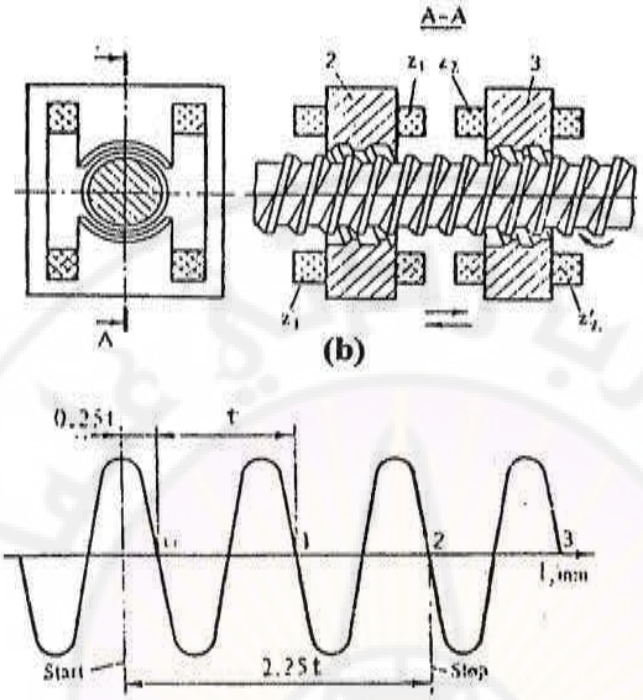
في الشكل (3-22_a) موضح شكل تخطيطي لمحول يستخدم كنموذج لمحول نبضات لإزاحات خطية كبيرة في آلات قطع المعادن المبرمجة.

إن أسنان المحور (الجسم) 1 مقطوعة بخطوة t_1، ومجمعات التيار 3 و 4 بخطوة t_2.

وكل مجمع يتألف من نواتين 2 (I و II) المحور والمجمعات مصنوعان من فولاذ صفائحي كهربائي. حيث في الشكل غير موضح لفاتهم الأولية والثانوية. نواتا المجمعات 3 و 4 مرتبتان بشكل تكون فيه أسنانهما مقطوعة بنصف خطوة t_1. وإزاحة محور المحور 1 المسنن بالتوازي مع النواتين تسبب تبدلاً في المزدوجة المغناطيسية للنواتين وتبدل التوازن الكهربائي في جسر الأذرع الذي وصلت وفقه الوشائع الأولية



(a)



الشكل (3-22) أشكال توضيحية للمحولات التحريضية
a) جريدة مسننة. b) لولب قيادة (بشكل ذراع). c) حساب قيمة الإزاحة الخطية

والثانوية وهذه النتائج في التيار ترحل من خلال دارة التحكم وتعطي مزدوجة مكافئة لكلا المجمعين، بحيث يكون الخرج في دارة التحكم صفراً وبتلك الطريقة يرسل التيار نبضات مثلاً: بشكل منفصل تبدل قيمتها من الصفر إلى القيمة الأعظمية والتوازن سوف يتم في كل مرة بإزاحة المحور سناً واحداً من الوضعية السابقة للحصول على إشارة خرج تكون أقل أو أضعاف إزاحة المحورفإن الخطوة t_2 تصنع أصغر بعدة مرات من الخطوة t_1 وأسنان المجمع 3 تقطع بمقدار 1/4 الخطوة t_2 بالنسبة لأسنان المجمع 4وهذا يمكننا من التحكم بإزاحة المحور بالخطوة t_2 باستخدام قيم تيار أعظمية ولضبط المحور إلى وضعية الصفر بدقة عالية. مقدار نبضة المحول الكهربائية يساوي $t_2/4$ فتبدأ من الصفر وتستخدم محولات أكثر شهرة لقياس إزاحات دقيقة جداً هي محولات لولب القيادة لقياس إزاحات خطية منسوبة إلى دوران هذا اللولب حيث في

الشكل (3-22_b) موضح شكل نموذجي لمحولات الإزاحة التحريضية حيث اللولب 1يدور ضمن صامولتين 2 و 3 واللتين تشكلان نواتي الوشيعتين Z_1 و Z_1' و Z_2 و Z_2' دوران لولب القيادة يتناسب مع تغيرات المزدوجة المغنطيسية ما بين المجمعات وقيمة التيار المتحرض في الوشيعة الثانوية من قبل الوشيعة الأولية ودورة كاملة للولب القيادة (360°) تحول إلى إزاحة خطية بمقدار خطوة tكما يوضح الشكل

(3-22_c). الصواميل تثبت إلى عناصر الآلة المتحركة بينما اللولب يملك حرية الدوران وتضبط الإزاحة بوساطة تدريج خاص.

كمثال لخطوة t = 5mm فإن طاولة العمل سوف تتحرك بمسافة 11,25 mm وإزاحة كهذه ستحول إلى 2,25t والخطوة الجزئية 0,25 t = 1,25 mm ويمكن تحقيقها بتدوير القرص على التدريج بزاوية 90° ورقم الصفر على التدريج يعطي إشارة على الحركة بخطوة كاملة وهناك محولات قياس للإزاحات وغالباً ما تستخدم في أنظمة التتبع لمحولات قياس الإزاحات (حساسات التغذية المرتدة بالمسار)، وكثيراً ما تحدد بوساطتها دقة التوضع. حسب مبدأ عمل هذه الحساسات فإنها تقسم إلى بصرية(نبضية) وتحريضية (مناظرة)، أما حسب شكل صنعها فتقسم إلى دائرية (الجدول1) وخطية (الجدول 2).

الجدول 1:

التدريجة وشكل الخطأ	التدريجات والخطأ بالزاوية c					
	درجة الدقة					
	6	5	4	3	2	1
التدريجات	0.3	0.5	1	2	5	10
خطأ نظامي في حدود زاوية دوران 360°	1	2	4	80	20	50
خطأ نظامي في مجال قياس أي 30° زاوية دوران	0,3	0.5	1	2	5	10
تقريب القراءات	0,2	0,3	0,5	1	2	5
الخطأ بسبب عدم الاستقرار خلال عمل 16 ساعة	0,3	0,7	1,5	3	5	10

الجدول 2:

فواصل الإزاحات	التدريجات والأخطاء النظامية µm					
	درجة الدقة					
mm	1	2	3	4	5	6
التدريجات	10	5	2	1	0,5	0,1
125	16	8	4	2	1	0,5
320	20	10	5	3	1,5	0,8
500	25	12	6	3	1,5	0,8
800	30	14	8	4	2	1
1250	35	15	9	4,5	2,5	1
2000	40	20	11	5	3	1,5
3200	45	25	13	7	3,5	2
5000	60	30	16	-	-	-

محولات القياس تعطي إشارة معالجة تحتوي معلومات عن مقدار واتجاه الإزاحة وبشكل يوافق النظام (الستاندر) المتبع في جهاز التحكم الرقمي المبرمج. ولصياغة هذه الإشارة تدخل مجموعة المضخم الإلكتروني الداخلة في عداد المحول، وكذلك جهاز صياغة النبضات والدارة المنطقية التي تظهر اتجاه الإزاحة.

وتنتج الحساسات التحريضية لتعمل على تيار مستمر نحو 30V - 10. أو على التيار المتناوب نحو 250V - 20.

- الحساسات السعوية:

في صندوق الحساس السعوي يقاس الحقل الكهربائي ويقدَّر. علىعكس المجال في الحساس التحريضي فإنه غالباً كل المواد الداخلة إلى الحقل الفعال تولد رد فعل (مثلاً ليس فقط المعادن). إن مبدأ التصميم مشابه لذلك المبدأ في الحساس التحريضي. والحساسات السعوية تبدي رد فعل مختلف تماماً عند اختلاف المواد. لهذا فإن التشغيل الخاطىء قد يحدث بسهولة عند حدوث تغير في الظروف المحيطة بالحساس، مثلاً، عند وجود تلوث أو رطوبة.

ولضمان تشغيل خالٍ من المشكلات، فإن تعليمات المنتجين للتركيب يجب أن

تدرس بحرص خاص. والقيمة التي تؤثر في المجال الكهربائي هي ثابت العازلية للمواد الداخلة إلى المجال. وكلما صغر ثابت العازلية، فإن المادة الأكثر كثافة يجب أن تقرّب إلى السطح الفعال للحساس لكي يمكن أن يتحسس بها الحساس.

المواد ذات ثابت العازلية الكبير هي مثلاً، الماء والإسمنت. أما المواد ذات ثابت العازلية القليل نسبياً فهي مثلاً المطاط والورق.

في المخطط (3-23) موضح أمثلة تطبيقية على الحساسات التحريضية والسعوية.



الشكل (3-23) - أمثلة على استخدام الحساسات التحريضية والسعوية

3-7 - حساسات قياس الضغط (الأساليب الهيدروستاتيكي والميكانيكي)

المانومتر U الأنبوبي:

إن المانومتر بشكل حرف U يقدم الشكل الأساسي لمقياس الضغط (المانومتر) الشكل (3-24) والأنبوب بشكل U للمانومتر يتألف من عمودين شاقوليين متصلين لتشكيل حرف U. والتدريج مطبوع على الأنابيب. ويوجد في داخل الأنبوب U سائل مثل الزئبق.

إن السائل في طرفي الأنبوب يكون على مستوى واحد عند تساوي الضغط على طرفيه. وإذا طبق ضغطين مختلفين P_1 و P_2 على طرفي الأنبوب Uفإن مستوى السائل في الأعمدة سوف يختلف. وتكون المعادلة كما يلي:

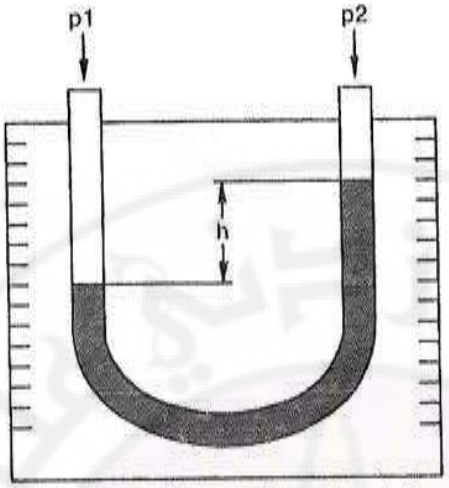
$$P_1 - P_2 = h \cdot Q \cdot g \qquad (3-3)$$

وهنا: h - الفرق بين مستوي السائل في الأنبوبين الشاقوليين (انظر الشكل).

Q - كثافة السائل.

g - تسارع الجاذبية الأرضية ($g = 9,81\ m/sec^2$).

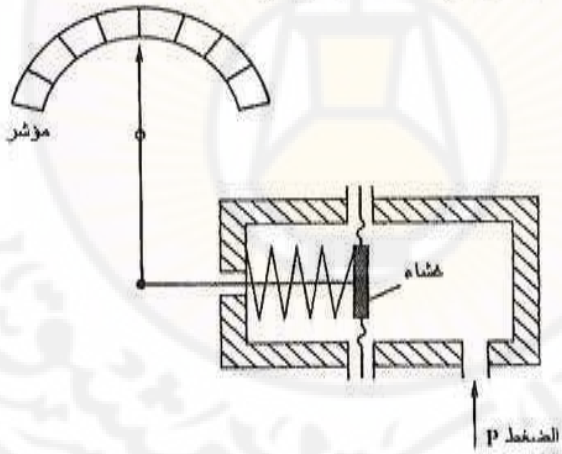
وأنبوب المانومتر U هو مانومتر نموذجي للضغط التفاضلي.



الشكل (3-24) - قياس الضغط بوساطة المانومتر U الأنبوبي

- قياس الضغط باستخدام الأغشية المحملة بنوابض:

قياس الضغط مباشرة (الشكل 3-25).



الشكل (3-25) - قياس الضغط باستخدام مقياس غشائي ذي إظهار مباشر

إذا أثر الضغط P على الغشاء فإنه يضغط النابض حتى يتم التوازن. والمعادلة هي:

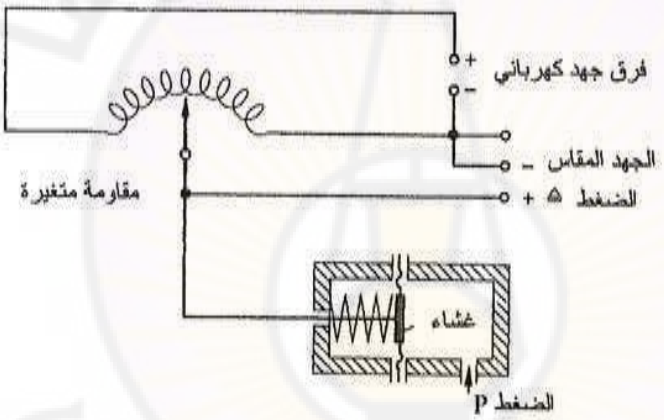
$$F = A \, . \, P$$

حيث F - قوة النابض، A - سطح الغشاء. إن حركة النابض تحول من خلال نظام أذرع إلى المؤشر الذي ينحرف معطياً قراءة مباشرة للضغط.

قياس الضغط بشكل غير مباشر:

قياس الضغط بشكل غير مباشر (الشكل 3-26).فإذا كانت القيمة المقاسة للضغط يجب أن تنقل عبر مسافة طويلة، فإن إحدى طرائق تحقيق هذه العملية تكون عبر وصل الحركة الميكانيكية للمؤشر إلى مقاومة كهربائية متغيرة (بوتنشيومتر). والتغير في المقاومة يعطي تغيراً في الجهد المقاس والذي يمكن عندها وبسهولة تقديره في دارةإلكترونية أو يعالج أكثر من ذلك.

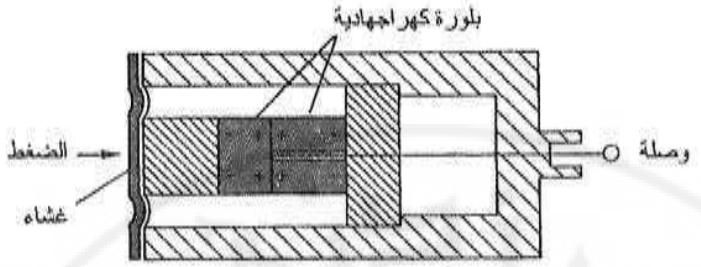
وهذا المثال يوضح مرة ثانية حقيقة أن قيمة الحالة الفيزيائية عادة معرضة لعدة تحولات إلى قيم أخرى قبل تقديرها النهائي.



الشكل (3-26) - قياس الضغط باستخدام مقياس غشائي والتحويل إلى تيار كهربائي

- قياس الضغط باستخدام بلورات كهرإجهادية (أو كهرضغطية):

تنتج شحنات كهربائية على السطح الخلفي لبعض البلورات عندما تحمّل ميكانيكياً ويؤدي ذلك إلى انعطافها، والتحميل إما بالضغط وإما بالشد.الشحنة الكهربائية الناتجة في هذه العملية تتناسب مع القوة المؤثرة. وهذا التغير في الشحنة صغير جداً. لهذا نستخدم المضخمات الكهربائية لنتمكن من معالجة هذه الإشارات (الشكل 3-27).



الشكل (3-27) - قياس الضغط باستخدام بلورات كهرإجهادية

كيف يمكن قياس الضغط بهذا الأسلوب؟

إن هذا يتم بطريقة مماثلة بتحويل قيمة الضغط المقاس إلى قوة. إذا كانت القوة الناتجة عن الضغط على الغشاء تؤثر في بلورة كهرإجهادية فإن الإشارة يمكن أن تنتج باستخدام مضخمات مناسبة والتي تتناسب مع الضغط المقاس.

- قياس الضغط باستخدام مقاييس الانفعال:

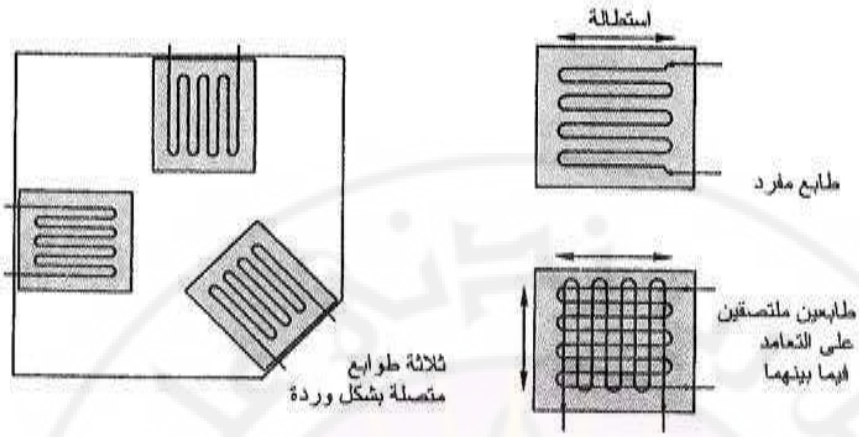
ماهي مقاييس الانفعال؟

إن المقاومة الكهربائية للنواقل من نوع السلك تعتمد على أمور أخرى مثل سطح المقطع العرضي له. فكلما صغر المقطع العرضي، مثلاً فالسلك أقل قطراً وبالتالي فإن مقاومة السلك تزداد ضد تمرير التيار الكهربائي عبره. إذا سحبت حزمة مطاطية على طول محورها. فإنه يمكن أن نلاحظ أنها اصبحت أقل قطراً (أرفع) مع ازدياد الشد. وإذا حررت ثانية فإنها من المفترض أن تعود إلى طولها وقطرها الأصليين. وقد اخترنا هنا حزمة المطاط لأنها مطيلية ،في تقنية القياسات تستخدم مواد ذات خواص مشابهة.

إن مقياس الانفعال هو سلك ناقل للكهرباء والذي ينتج الانفعال فيه بسبب مؤثرات ميكانيكية (الشد، الضغط، الفتل) وبسبب ذلك يغير مقاومته للكهرباء بأسلوب طردي ويمكن إعادة توليد هذا التغير. هذا السلك مربوط مع حامله الذي يمكن ربطه إلى الجسم المقاس.

وبالعكس في حالة الانضغاط الخطي، مثلاً توسع المساحة للمقطع العرضي في مقياس الانفعال، فإن الإنسان يمكنه أن يحدد نقص المقاومة. ولهذا السبب يمكن أيضاً الكلام

عن مقياس تشوه بالانفعال،الشكل (3-28) يوضح تصاميم مختلفة لمقياس الانفعال.

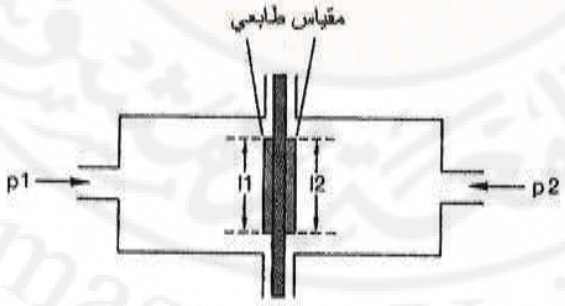


الشكل (3-28) - نماذج مختلفة لمقياس الانفعال

كيف يمكن قياس الضغط بوساطة مقاييس الانفعال؟

في الشكل (3-27) فإن الضغط المطلوب قياسه يؤثر في غشاء القياس والقوة المتولدة تقدر بوساطة الأسلوب الكهرإجهادي. ومن المعروف أن الغشاء المرن ينحرف عندما تؤثر فيه قوة. وهذا يسبب ظهور السطح وكأنه قد تمدد (بالأسلوب نفسه كما يظهر في خزان هواء منفوخ (بالون)).

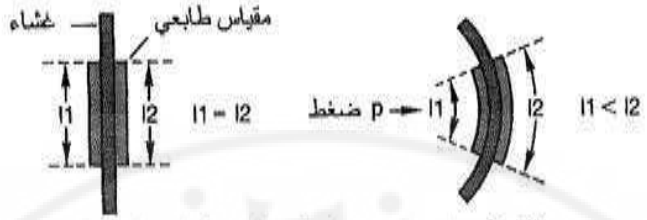
فإذا ربط مقياس انفعال إلى هذا الغشاء، فإنه سوف تنتقل الحركة إليه من الغشاء. وهو إما أن يسحبه على طول محوره وإما أن يضغطه حسب الاتجاه الذي ربط فيه الغشاء مع مقياس الانفعال (الشكل 3-29).



الشكل (3-29)- قياس الضغط التفاضلي باستخدام مقياس الانفعال

والمقاومة الكهربائية تتغير نتيجة لتغير الطول. وهذا هو مقياس الضغط الذي

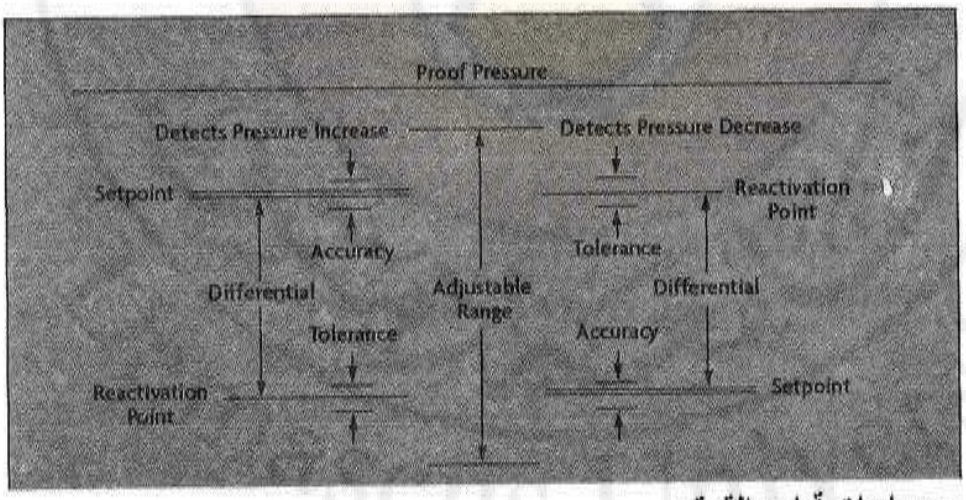
يؤثر في الغشاء.الشكل (3-30) يفسر التغير في طول مقياس الانفعال المربوط مع الغشاء.



الشكل (3-30) - التغير في طول مقياس الانفعال

- مفاتيح الضغط:

تستعمل مفاتيح الضغط عند الحاجة للتحكم بتشغيل أو توقيف دارة كهربائية في آلية ما أو ضاغط هواء مثلاً، كنتيجة لوضع عادي أو غير عادي لهذه الدارة. ويتوفر منها نوعان أحادي نقطة الضبط أو ثنائي نقاط الضبط. والشكل يوضح مبدأ تصميم وعمل مفاتيح الضغط، حيث عند الوصول إلى نقطة الضبط (والتي تكون قابلة للتعيير ضمن مجال عمل المفتاح) يعطي المفتاح إشارة عن "حالة غير طبيعية" ولايعود إلى حالته "الطبيعية" (نقطة إعادة التفعيل) حتى يبتعد الضغط عن نقطة الحالة الغير طبيعية من خلال "التفاضل" (وتدعى أيضاً الحزمة الميتة). إن دقة التفعيل عند نقطة الضبط تدعى "الدقة"، بينما الدقة عند نقطة إعادة التفعيل فتدعى "التسامح".



3-8 - حساسات قياس القوة:

عند قياس الضغط أصبح من الواضح أن القيمة الفيزيائية «الضغط» يمكن أن

تحول إلى قوة وبعد ذلك إلى حركة ميكانيكية، أو بوساطة بلورة كهرإجهادية أو مقياس انفعال إلى قيمة يمكن تقديره

ا كهربائياً.والمبدأ نفسه يستخدم عند قياس القوة.

- حساس القوة:

إن مبدأ عمل هذا الحساس هو أن القوة المطلوب قياسها تطبق على خلية والتي تسبب لها تغيراً في الشكل. الخلية تصبح أقصر وأثخن من المنتصف. مقاييس الانفعال موصولة في الوضعيات المناسبة لتشابه التغير في الشكل (كما وصفنا سابقاً). ويمكن أن نقدر عندها القوة (الشكل3-31).



الشكل (3-31) - قياس القوة باستخدام حساس خلية التحميل ومقياس الانفعال

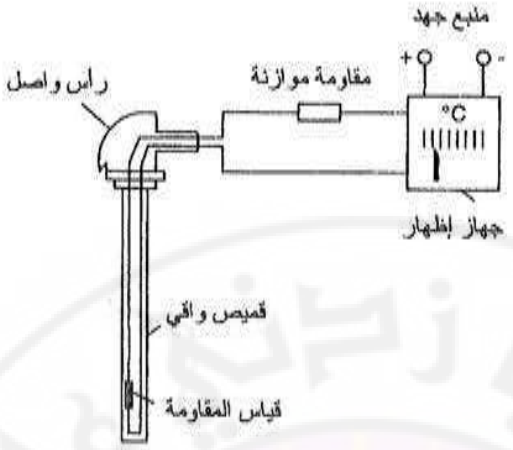
موضح هنا أن مقياس الانفعال يتعرض إلى تغيرات ميكانيكية في الشكل. لهذا يمكن وضعه ليستخدم بشكل جيد في أي مكان حيث يمكن تحويل القيمة الفيزيائية المطلوب قياسها إلى قيمة ميكانيكية.

إن حساس القوة يمكن أن يجهز بحساس بلورة كهرإجهادية كبديل عن مقاييس الانفعال.

3-9 - حساسات قياس الحرارة (المقاومات الحرارية):

إن المعادن تزداد مقاومتها الكهربائية كلما زادت درجة الحرارة. إذا كانت تابعية درجة الحرارة للمقاومة الكهربائية قد دمجت إلى دارة كهربائية، فإن مرور التيار سوف يعتمد على المقاومة ولهذا سيعتمد على الحرارة. فإذا زادت الحرارة تزداد المقاومة ويقل التيار الكهربائي.

وعندما تهبط درجة الحرارة عندها تنخفض المقاومة ويزداد التيار. هذا السلوك يمكن مراقبته باستخدام مقياس الفولت المربوط في الشكل (3-32).



الشكل (3-32) - جهاز قياس الحرارة مع مقاومة حرارية

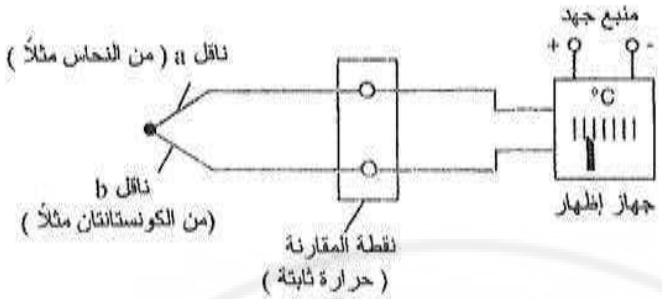
وينتج مقياس الحرارة بتدريج المقياس بالدرجات المئوية. المقاومة الحرارية تناسب الحرارة من 256- إلى $750\ C^{\circ}$+. والمعادن الرئيسة المستخدمة بها هي النيكل والبلاتينيوم.

- المزدوجة الحرارية:

إن قياس الحرارة باستخدام المزدوجات الحرارية يعتمد على حقيقة أن نقطة ربط ناقلين مصنوعين من مادتين مختلفتين (مثلاً النحاس والكونستانتان)، يزداد عندها الكمون الحراري حيث عند نقطة التماس هناك حرارات مختلفة عن النهايات غير المتصلة للناقل (الشكل 3-33)

هذا الكمون يعتمد على:

* ناقلية المادة.
* الفرق في الحرارة بين نقطة التماس ومأخذ العنصر.



الشكل (3-33) جهاز قياس الحرارة ذو المزدوجة عند درجة حرارة مرجعية محددة

ولهذا السبب يجب أن نحافظ على المآخذ عند درجة حرارة مرجعية محددة.

3-10 - حساسات قياس تغيرات الطول والزاوية:

في العديد من التطبيقات كما في أنظمة التحكم في آلات قطع المعادن، فإن المعطيات يجب أن تجمَّع وتنقل عبر مسافات إلى مكان التحويل. إن الحساسات التي تقوم بهذه المهمة تدعى بمحولات الإزاحة.

عند قياس الإزاحة يتم الربط بين عمليتي قياس الإحداثيات المطلقة والنسبية.

- عملية قياس الإزاحة النسبية:

إن المسافة بين مكانين يمكن قياسها بوساطة خريطة وزوج من البوصلات عن طريق قياس مسافة محددة بوساطة البوصلتين وفقاً لمقياس الخريطة (مثلا 1km) وتحديد كيف يتم عادة مطابقة هذا الجزء على الواقع من المكان A إلى المكان B. إن القسم يشار إليه نسبياً بالأساس. وإن جداء طول جزء الأساس هذا بعدد الخطوات اللازم تكرارها يعطينا المسافة. وهذا يعطي فقط تكامل جداء الوحدات الأساسية (طول الخطوات الأساسية مجتمعة).

- عملية قياس الإزاحة المطلقة:

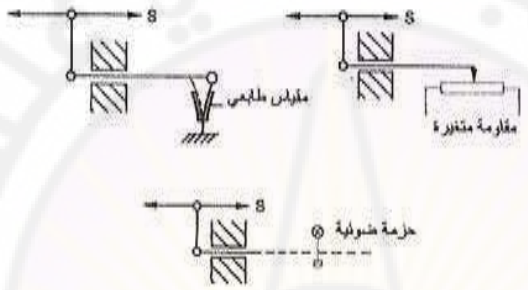
إذا استخدمنا بدلاً من البوصلات أداة قياس مدرجة، فإن المسافة يمكن قراءتها مباشرة وعملية العد لن تلزم أكثر من مرة هنا. وبمعرفة أن القيمة المقاسة يمكن قراءتها

مباشرة فإننا نكون هنا نتكلم عن عملية القياس المطلق.

إن أجهزة توليد الإزاحة النسبية والمطلقة تستخدم في تقنية التحكم وتعمل وفقاً لهذه المبادىء. بعض الأمثلة التوضيحية واردة في الأبحاث القادمة في الفصل السادس.

- محولات الإزاحة للمسافات القليلة:

إن مبدأ القياس هنا عموماً يعتمد على حقيقة أن المسافة التي يقطعها جسم ما (مثلاً جزء الآلة الفعال) تحول إلى قيمة كهربائية.في الشكل (3-34) موضح أمثلة على ذلك.



الشكل (3-34) - محول إزاحة للمسافات القليلة

المثال الأول يرضح استخداماً آخر لمقياس الشد. إن تغير الإزاحة يسبب إنحناء نابض القياس ومقياس الشد مربوط مع النابض. وهذا يغير مقاومته بالتناسب مع تشوه النابض. والتغير في المقاومة هو مقياس للتغير في إزاحة الجسم الجاري قياسها. هذا المثال يوضح مرة أخرى التحويلات المختلفة لتلك القيمة المطلوب قياسها قبل الوصول بها إلى الشكل الذي ستقدر من خلاله. في الحالة الثانية فإن المسافة المقطوعة تحول إلى المقاومة المتغيرة والتي عليها يمكن قراءة المعلومات حول المسافة المقطوعة بشكل إشارة جهد كهربائي.

إن مولدات الإزاحة في هذين المثالين كليهما يعطيان إشارة منطقة كقيمة خرج. وهي مثال على عملية قياس مطلق مع مولدات إزاحة مطلقة - منطقية.

في المثال الأخير فإن مسار الإزاحة للجسم المقاس مرتبط مع مسطرة مثقبة. إن عدد الثقوب يعد بوساطة - حساس ذي حاجز ضوئي كلما تحرك المسطرة. وهذا مثال على مولد إزاحة مطلقة - رقمي.

إن عدد الثقوب المعدودة مضروباً بالمسافة بين ثقبين يعطي التغير في المسافة.

- محولات الإزاحة للمسافات الطويلة:

الشكل (3-35) يوضح مبدأ عمل مولد الإزاحات المطلقة - الرقمي. إن التدريج الخطي (المشفّر، المرمّز) مشابه بالتصميم لمسطرة مصنوعة من حقول شفافة ومعتمة. في المثال هنا كل عمود شاقولي مصنوع من أربعة حقول. حالة الحقول على المشفّر (سواءاً الشفافة أم المعتمة) يتم تحسسها بوساطة أربعة حساسات ذات الحاجز الضوئي.

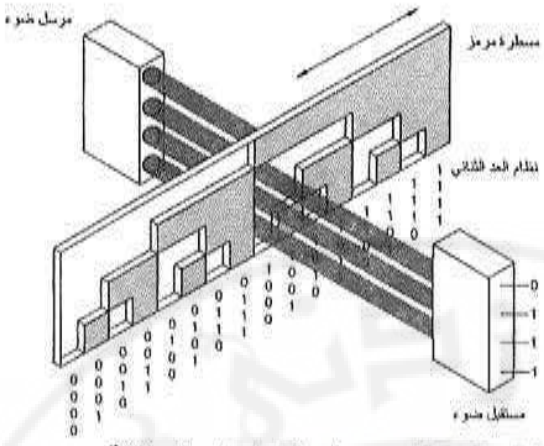
إن الوضعية التي انتقل إليها المشفر أو المرمز الخطي يمكن مشاهدتها من جمع الحقول الشفافة والمعتمة. فإذا ثبتنا هذا المرمز بشكل جيد على الجزء المنزلق من الآلة، ينتج لدينا تجميعاً خاصاً للحقول المجمعة لكل وضعية انزلاق (ضوء - ظلام).

فإذا رمزنا إلى الحقل المضيء بإشارة منطقية على المستوى 1 والحقل المظلم بإشارة0، فإن المرمز في في ذلك المكان الموضح على الشكل يعطي إشارة الخرج الرقمية 0111.

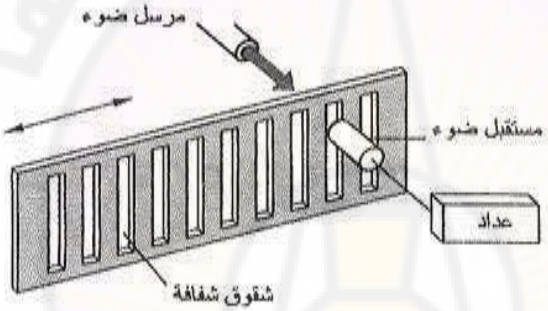
بالطبع ضمناً نجد أنه يوجد مجموعة خاصة لكل وضعية انزلاق وهذا غير دقيق. حيث إنه يوجد أربعة حقول في العمود الواحد، فإنه يمكن أن تسجل مجموعة من 16 وضعية مختلفة. لهذا فإن أصغر اختلاف في المسافة لهذه المجموعة ينتج بتقسيم طول المرمز على 16. وهذا إذن هو دقة الإزاحة المطلوب قياسها.

إذا كانت الدقة هي عدد العناصر المزاحة والممكن تمييزها والمطلوب زيادتها، فإذن ذلك ممكن فقط بزيادة عدد الحقول في كل عمود وتنفيذ زيادة مماثلة في عدد الحساسات الضوئية ذات الحاجز.

الشكل (3-36) يوضح مولد إزاحة نسبية رقمي. فإذا ربطنا هذه الشقوق للمرمز على طرف الجزء المنزلق للآلة، ليست كل وضعيات الآلة يمكن أن تعطى وبدقة من خلال قيمة واحدة مرمزة. إن نبضات الضوء الناتجة عندما يتحرك المرمز يمكن عدّها. وبالنتيجة يمكن إيجاد التغير في الإزاحة من نقطة بداية محددة.



الشكل (3-35) - مولد الإزاحات المطلقة



الشكل (3-36) - مولد إزاحة نسبية

- مرمز العمود:

تقاس الزوايا والسرعات بوساطة مرمز العمود. وهنا أيضاً نميز بين المرمزات النسبية أو المطلقة. إن مبدأ القياس لمرمزات العمود العاملة بوساطة خلية كهرضوئية يوافق لذلك المبدأ المستخدم في مرمزات الإزاحة.

إن مرمز العمود ذا الخلية الكهرضوئية يتألف من قرص مزود بشقوق هو قرص توليد النبضات والنبضات المتولدة عن دوران القرص يتم عدها بوساطة حساس ضوئي ذي الحاجز وتفسر كتغيرات في زاوية الدوران. والسرعات يمكن حسابها إذا تم تعداد النبضات في واحدة الزمن مثلاً بالدقيقة.إن مرمز العمود المطلق يتألف من قرص متحد بالمركز مع العمود وله مسارات مقسمة إلى أجزاء فيها حقول مظلمة - مضيئة على

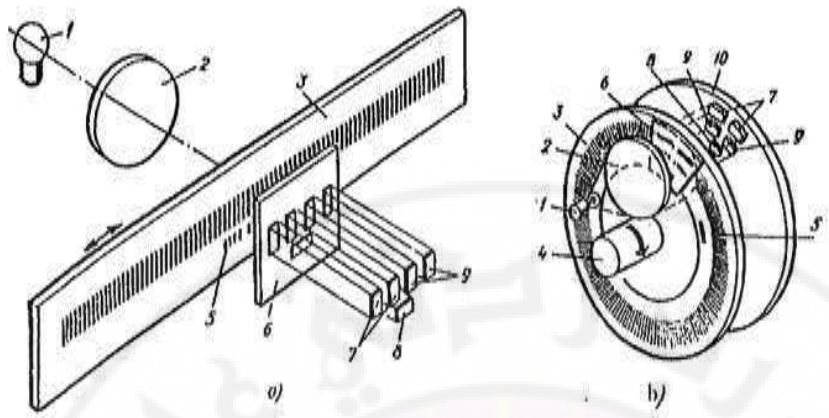
التسلسل. لهذا وكما في محول الإزاحة فإن تتالي الضوء والظلام يحدد مقدار زاوية الدوران للقرص.

والترجمة التقنية لهذا القرص المرمز وكما تدعى فيها 13 مساراً لهذا يمكن أن نجمع فيها 8192 حقلاً مضيئاً، وهذا يعني أن 360° يمكن تقسيمها إلى 8192 خطوة. وهذا يوافق دقة قدرها 3,6 دقيقة (من الدرجة) بالخطوة.

- الحساسات الضوئية:

بالمقارنة مع الحساسات المشابهة فهي تعطي دقة أكبر وتتوافق مع أجهزة التحكم الآلي الرقمي المبرمج. لذلك فقد لقيت استخداماً واسعاً في أنظمة أجهزة التحكم الرقمي المبرمج. الحساس يسمح بالحصول على معلومات عن مقدار الإزاحات واتجاهها. ومقدار الإزاحة يحدد بعدد النبضات المعطاة من الحساس. أما الاتجاه فيعطى بوساطة القنال الذي تمر عبره هذه النبضات. الحساسات الخطية (الشكل3-37_a) والدائرية الشكل (الشكل 3-37_b) تتألف من أنظمة بصرية وميكانيكية وإلكترونية.

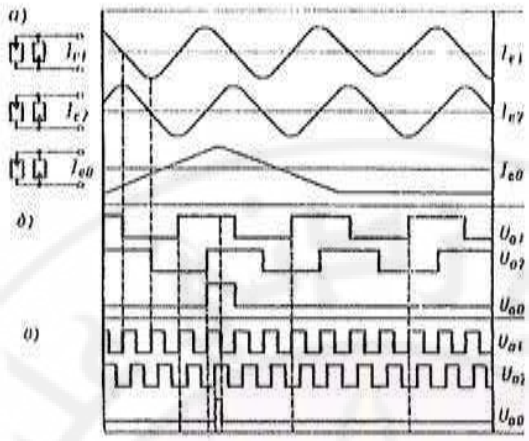
النظام الميكانيكي يحقق إزاحة دقيقة للتدريج ذي التحزيرات المقابلة لكلابة (ساحبة) الهيكل يحمي الحساس من تسرب الغبار، والرطوبة ومن التأثيرات الميكانيكية أما النظام البصري فيحوي صماماً ثنائياً ذا موصلية ضوئية (فوتودايود)، عدسة، ساحبة (كلابة) ذات شبكة تحزيزات وتدريج أساسي بشكل قرص (للحساس الدائري) أو مسطرة (للحساس الخطي). وعند حركة التدريج يتغير التيار الضوئي المار عبر شبكة تحزيزات الساحبة ويمر تيار عبر الصمام الثنائي ذي الموصلية الضوئية (الشكل3-37_a) ويشكل التدريج والساحبة معاً ما يسمى حلقة الاقتران الشبكية.



الشكل (3-37)- (a) حساس بصري، (b) حساس بصري دائري
1-مصباح 2-عدسة 3- تدريج 4- محور 5- حزة علامة الصفر 6- ساحبة 7-صمام ثنائي ضوئي (إشارة I_{e1}) 8 - صمام ثنائي ضوئي لحزة علامة الصفر (إشارة I_{en}) 9- صمام ثنائي ضوئي (إشارة I_{e2}) 10 - هيكل.

على الساحبة تتحرك التحزيزات المتوضعة في قطاعين كل واحدة باتجاه الأخرى بمقدار 1/4 خطوة التحزيز ومقابل كل من القطاعين للساحبة يتوضع زوج من الصمامات الثنائية ذات الموصلية الضوئية والتي تعطي الإشارات المبدئية والمتغيرة (عند تحريك التدريجات بالنسبة للساحبة) حسب قانون الجيب والتجيب (الشكل3-38_a).

الإشارات الابتدائية للقنوات الثلاث (I_{e1} , I_{e2} , I_{e0}) تدخل إلى مدخل المضخم، المصنوع من دارات معالجات صغرية (ميكروبروسيسور)، وعلى كل قناة يوجد صمامان ثنائيان ذوا موصلية ضوئية، يشغلان بالتقابل عند وصول التعويض إلى قيمة ثابتة لتشكيل الإشارة. بعد ذلك فإن الإشارات المضخمة وإشارة بدء العد تعطى على مداخل مولد النبضات الذي يحول الإشارات الجيبية إلى نبضات قائمة الزاوية(u_{a1} و u_{a2} و u_{a0}) (الشكل 3-38_g,b,a) والتي لا يتعلق ارتفاعها (ضمناً في حدود معينة) بتغيرات ارتفاعات الإشارات الجيبية الأولية، والتي توافق فترتها فترة الإشارات الجيبية نفسها وللحصول على إشارات مستقيمة ومقلوبة لكل قناة فإنه تستخدم دارات خرج (ترانزيستورية).

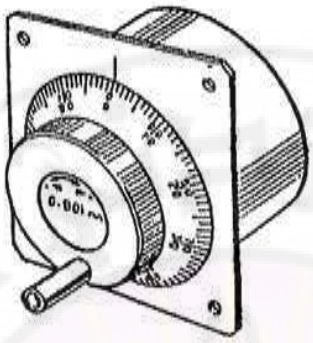


الشكل (3-38) - مخطط إشارات الحساس البصري
a - الإشارة على مخرج الصمام الثنائي الضوئي. c - كذلك لكن على مخرج مضخم الشكل. b - كذلك بعد التقسيم على 4.

إن زيادة عدد النبضات على واحدة الإزاحة (تقليل التدريج أو الخطوة) يتم الحصول عليه عن طريق دارة إلكترونية تقوم بتشكيل النبضات من النهايات الأمامية والخلفية لكل التتابعات أو السلاسل (الشكل c,b_38) وبهذا الشكل نحصل على تقسيم ربعي لتردد النبضات. إلى جانب ذلك فإن الحساس الضوئي (البصري) يمكن أن يركب مجموعة استكمال للإشارات والذي يحقق تقسيماً إضافياً على 5 أو 10. تدريجات الحساسات تصنع كذلك بتقسيمات مختلفة. مثلاً الحساس البصري الدائري موديل BE - 191 فيه تطوير بعدد النبضات لكل دورة واحدة لمحور الحساس يساوي 250 (الموديل الأساسي) و 1000 و 1024 و 1800 و 2500 و 5000.

عدا محرك تغذية الحساسات البصرية الدائرية تستخدم عجلات القيادة الإلكترونية (الطاحونة). (الشكل 3-39) والمخصصة للتحريك اليدوي للميكنزمات لتنفيذ الإزاحات الدقيقة للمعايرة.

عجلات القيادة الالكترونية (الطاحونة):



الشكل(3-- 39)-عجلة قيادة إلكترونية (طاحونة) (مظهر عام)

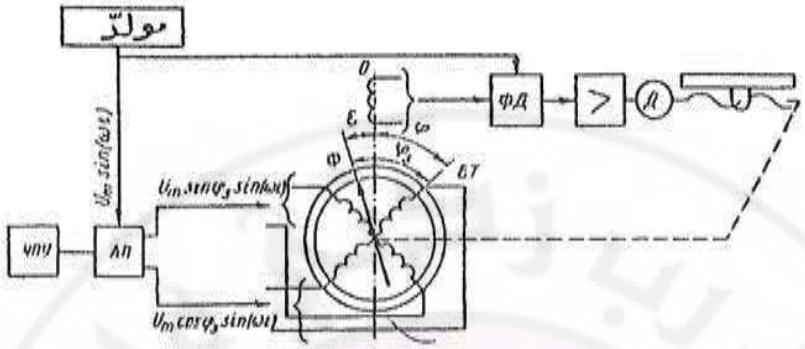
بتدوير الذراع (اللسان) المرتبط مع الحساس البصري، فإنه ترد نبضات إلى جهاز التحكم الرقمي المبرمج (من الحساس) تقوم بقيادة المحرك. كل نبضة توافق إزاحة للميكنزم بمقدار تدريجة واحدة. بهذا الشكل فإن عجلة القيادة الإلكترونية تقوم بمهمة برنامج التحكم. وعدد النبضات الواردة من حساس العجلة يحدد عن طريق زاوية دوران اللسان. أما تردد هذه النبضات - فيحدد بسرعة دوران اللسان.

- محولات القياس التشابهية (التوافقية):

على الأغلب من النموذج الكهرمغناطيسي. وهي مبنية اعتماداً على مبدأ التحريض الكهرمغناطيسي وتقسم إلى محولات دوارة ومحولات تحريضية. المحول الدوار يحتوي الثابت منه وشيعتين تشكلان فيما بينهما في الفراغ 90 درجة كهربائية(أي 1/4 موجة) وشيعة الثابت تغذى بتيار متناوب ثنائي الطور بإزاحة بالطور °90. وتشكل وشيعة الثابت في الفراغ (الفجوة) الهوائي للمحرك الكهربائي - مجالاً مغناطيسياً نبضياً. في المحولات الدوارة العديمة التماسات ينفذ الدوار دور الكاشف، أما الوشيعة الثانوية (الخرج) المتوضعة على وشيعة الثابت

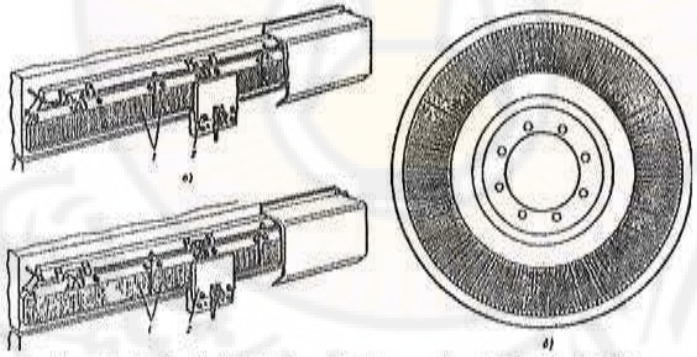
(الشكل3 -40) للمحول الدوار فتعطى إشارة موافقة لإزاحة محور المجال المغناطيسي النبضي بالنسبة لمحور الدوار، المرتبط مع محور المحرك أو لولب

القيادة. هذه الإشارة تدخل إلى دارة فاحص الأطوار والمضخم. المحول الدوار يحقق دقة قياس زاوية بمقدار $\pm 5^{\circ}$.



الشكل(3-40) - مخطط توصيل ملفات المحول الدوار ذي التيار النبضي (المعدل السعة):
φ_3- زاوية دوران محور المجال بالنسبة لمحور الوشيعة ε - زاوية المطابقة 0 - محور وشيعة الخرج

- في حال الضرورة لزيادة دقة القياس، تستخدم المحرضات التي وكما في محولات القياس البصرية فإنها تنفذ خطية ودائرية.



الشكل(3-41)- المحرضات a) الخطية b) الدائرية.
1 - التدريج 2 - الرأس

المحرض (الشكل 3-41) يتألف من التدريج (الخطي أوالدائري) والرأس المتحرك (مع خلوص) بالنسبة للتدريج. على التدريج والرأس مثبت (بطريقة كيمياضوئية) ملفات مستوية (بخطوة تساوي عادة 2mm) المحرض يعد في الحقيقة مفروداً أو منبسطاً في مستوى المحول الدوار. يوجد على الرأس وشيعتان مزاحة كل

منهما بالنسبة للأخرى بمقدار 1/4 نبضة (الشكل3 -42_b)إن مبدأ عمل المحرض يعتمد على ظاهرة التحريض الكهرمغناطيسي(الشكل 3-42-a) وتغير الجهد على المخرج عند إزاحة الرأس بالنسبة للتدريج موضح في

الشكل (3-42_δ).

المحرض وكما هو في المحول الدوار وحسب دارة التغذية يمكن أن يعمل وفق نظامين - تعديل الذروة أو الطور لجهد التغذية. في الحالة الأولى تشكل جهداً نبضياً، أما في الثانية فتشكل حقلاً مغناطيسياً متداخلاً في الفراغ.

في تعديل الذروة فإن وشائع التحريض على الرأس تغذى بجهد جيبي u_1 و u_2 ، متطابقين بالطور، لكن متخالفين بالارتفاع (انظر الشكل 3-42_b). ارتفاعات هذه الجهود تتغير (بالزمن) جيبياً مع السرعة الزاوية ω ولها قيم مختلفة، تحدد بالزاوية المفروضة ψ: أي

$$u_1 = u_m \cdot \sin \omega t \cdot \sin\varphi \qquad 2\text{-}3\text{-}4$$

$$u_2 = u_m \cdot \cos \omega t \cdot \cos\varphi$$

حيث: u_m - قيمة الذروة لجهد التغذية. t - الزمن.

عند إزاحة (او تدوير) الرأس بالنسبة للتدريج (في حدود خطوة التدريج) فإن الجهد عند المخرج يتغير وفق قانون جيبي هو:

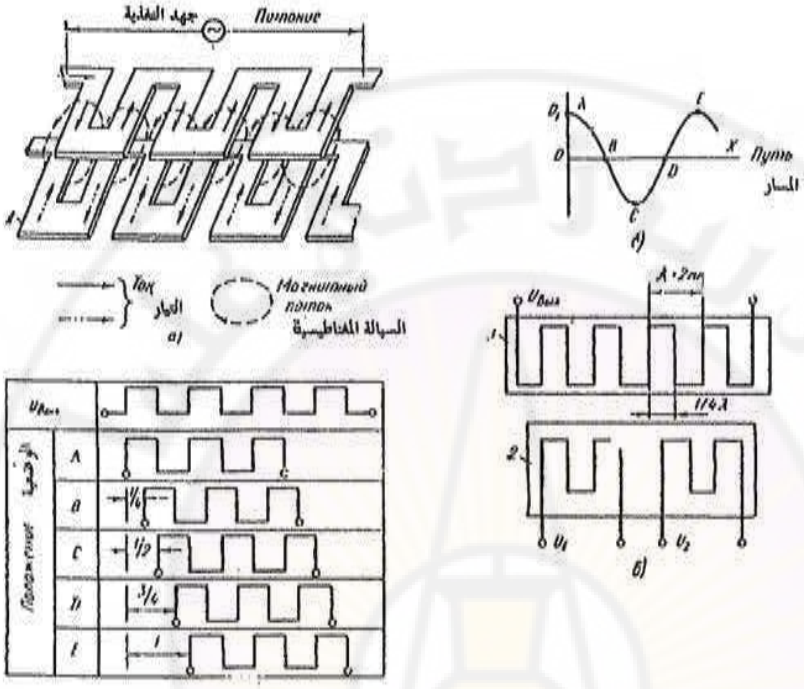
$$u_{bux} = k. u_m \cdot \sin \omega t \cdot \sin (\psi - p.\varphi) \qquad (3\text{-}5)$$

حيث:k - معامل التحويل p = 1 (للمحرض الخطي) و180 (للمحرض الدائري) - عدد أزواج أقطاب المحول.

φ - زواية دوران الدوار بالنسبة للثابت (للمحرض الدائري)

و$\varphi=36.x/\lambda$

(للمحرض الخطي): حيث X - مقدار الإزاحة، λ - طول موجة الملف (انظر الشكل3-42-b).



الشكل (3-42) - التوضع المتبادل لوشائع المحرّض
a) الجهد على المخرج عند إزاحة الرأس بالنسبة للتدريج δ) وشائع التدريج والرؤوس
b) 1 - التدريج 2 – الرأس

في نظام التعديل على الطور فإن تغذية وشيعة التحريض تتم بتغذية تيار متناوب له ذروات متساوية لكن مزاحة بالطور بمقدار 90° أي:

$$u_1 = u_m \cdot \sin \omega t,$$

$$u_2 = u_m \cdot \cos \omega t \cdot \qquad (3\text{-}6)$$

وجهد الخرج يحدد من العلاقة:

$$u_{bux} = k \cdot u_m \cdot \sin (\omega t + p\varphi) \qquad (3\text{-}7)$$

والمحرض لايحتوي جهازاً حديدياً. ولزيادة إشارة الخرج يؤخذ تردد التغذية

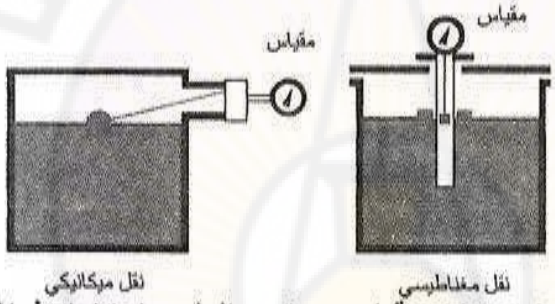
مساوياً لعدة كيلوهيرتز والمحرض يجب أن يحوي واقياً لمنع سقوط الغبار (أو الرايش) الحديدي عليه.

3-11- حساسات قياس مستوى ملء الخزانات:

إن مستوى الملء يمكن قياسه وفقاً لعدة أساليب فيزيائية. والأسلوب المختار لحالات إفرادية محددة يعتمد على شروط التشغيل السائدة وخواص المادة المطلوب قياسها وحالتها.

- قياس المستوى باستخدام الفواشة:

هذه العملية تستخدم غالباً في معالجة المواد للتحسس مباشرة عن مستوى الملء. وتصنع الفواشة عادة من كرة أو جسم مجوف عدسي الشكل. ويمكن استخدام الأنظمة الميكانيكية والمغناطيسية لتشير إلى وضعية الفواشة. الشكل (3-43) يوضح كلا الاحتمالين.

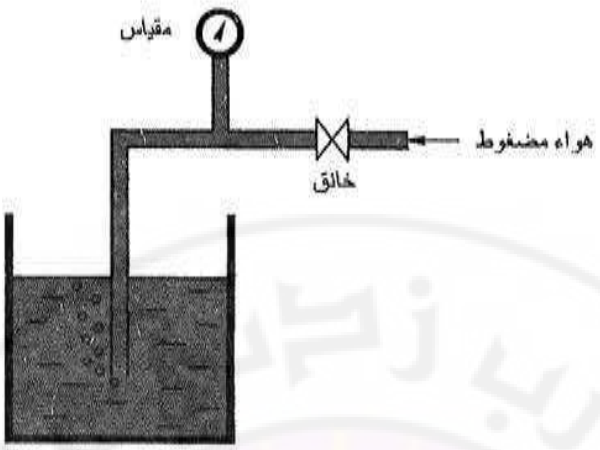


الشكل (3-43) - قياس مستوى الملء باستخدام فواشة

إن التحويل بوساطة الأذرع الميكانيكية مناسب في حالة الخزانات غير المضغوطة. أما أجهزة القياس ذات أجهزة التحويل المغناطيسية. من جهة أخرى فهي مناسبة في حالة الخزانات المغلقة والمعرضة للضغط الستاتيكي.

- قياس المستوى هوائياً:

إن مستوى خزانات السوائل أو الصهاريج يمكن أن يحسب بوساطة أسلوب نفخ الفقاعات الهوائية، بهذا الأسلوب ومن خلال أنبوب مغموس في السائل لقياس مستواه. حيث إما أن نضخ الهواء المضغوط بشكل فقاعات وإما أن نسرب الغاز بشكل فقاعات مستمرة النفخ من خلال فتحة صغيرة جداً (الشكل 3-44).



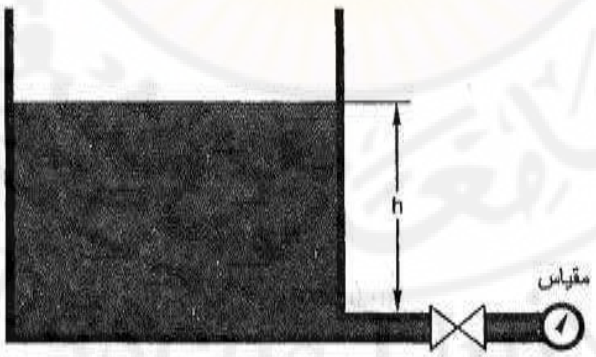
الشكل (3-44) - قياس المستوى هوائياً في خزان مفتوح

إن الضغط الخلفي في التيار الهوائي خلف الصمام يعتمد على مستوى السائل. وكلما كان مستوى السائل أعلى، فإن الضغط سيزداد.

هذه الأساليب مناسبة جزئياً في حالة المقاومة، التلوث العالي، السوائل اللزجة والحبيبية.

- قياس المستوى الهيدروستاتيكي:

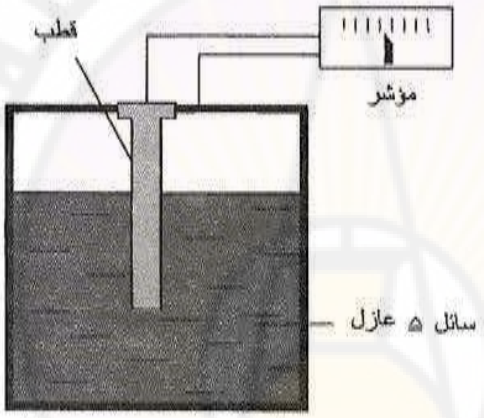
إن الضغط الهيدروستاتيكي (السكوني) للسائل يعتمد على مستوى سطح السائل. وهذا يمكن تحديده بوساطة مقياس ضغط. إن الضغط الستاتيكي في الأسفل يعتمد على ارتفاع عمود السائل فوق جهاز القياس وعلى الوزن النوعي للسائل (الشكل 45-3).



الشكل (3-45) - قياس المستوى الهيدروستاتيكي

- قياس المستوى سعوياً:

إن قياس المستوى سعوياً يحقق باستخدام المكثف. وجدران الخزان والإلكترود المعزول كهربائياً والمغموس داخل السائل في الخزان يشكلان هذا المكثف. إن التيار المار من خلال المكثف على شكل تيار متناوب عالي التردد يتغير مع العازلية بين صفيحتي(لبوسي) المكثف. وهنا يكون الوسط العازل كهربائياً في الخزان هو السائل مثلاً (الشكل 3-46).



الشكل (3-46) قياس المستوى سعوياً

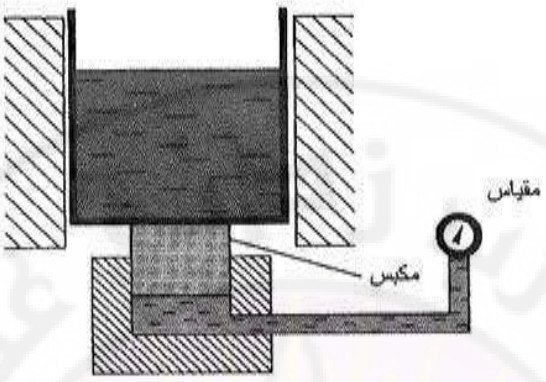
إن حجم العازل يتغير أيضاً مع المستوى ولهذا فإن التيار المار من خلال المكثف يتغير أيضاً. ويتم تقدير التيار المار في دارة إلكترونية.

- قياس المستوى باستخدام حساس قوة:

إن حجم المادة في الخزان يمكن حسابه بدقة عالية من خلال وزنها. وحساس القوة الهيدروليكية والكهربائية مناسبان كمحولات قوة (انظر «قياس القوة»).

في حالة حساس القوة الهيدروليكي، فإنوزن الخزان يحدد من خلال المقياس. إن المكبس في حساس القوة يخضع إلى قوة من الأعلى. والمكبس يجب أن يختار ليناسب الوزن في الخزان ومجال القياس للمقياس (الشكل 3-47).

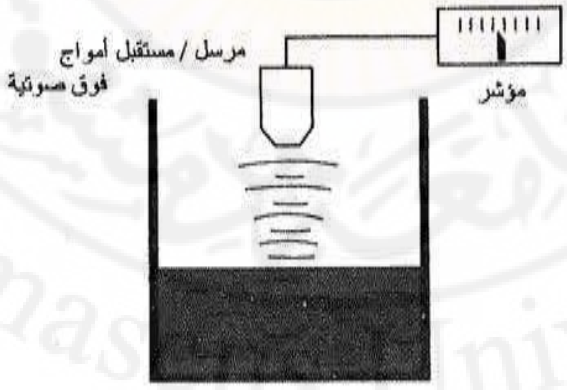
إن مبدأ قياس القوة باستخدام حساس خلية تحميل كهربائية قد بحث سابقاً في قسم



الشكل (3-47) - قياس المستوى باستخدام حساس قوة هيدروليكي

- الأسلوب فوق الصوتي في تحديد المستوى:

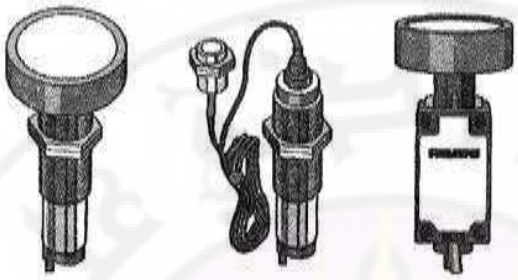
إن المرسل فوق الصوتي يرسل نبضات صوت. وسطح المادة الموجودة في الخزان يعكس هذه النبضات ويلتقط المستقبل فوق الصوتي هذه النبضات المرتدة ثانية. والزمن المستغرق بين النبضة الأصلية والصدى الواصل للمستقبل هو مقياس لمستوى ملء الخزان وهذا موضح بالشكل التالي (الشكل 3-48).



الشكل (3-48) - قياس المستوى اعتماداً على الأسلوب فوق الصوتي

أولاً:مبدأ عمل الحساسات فوق الصوتية:

تستخدم الحساسات التقاربية تطبيقات تحويل الطاقة لإرسال واستقبال الإشارات الصوتية العالية التردد.عندما يقطع الهدف الموجة الصوتية سوف تنعكس إلى المفتاح وبالتالي مفعّلة أوملغية لتفعيل الخرج.



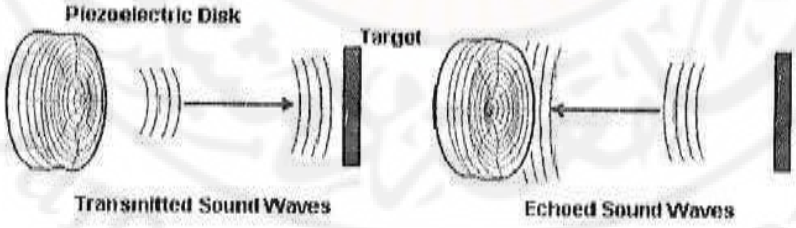
الشكل (3-49)- أشكال الحساس فوق الصوتي

- **القرص البيزوكهربائي:**

يثبت قرص بيزوكهربائي من السيراميك على سطح الحساس هذا القرص يستطيع أن يرسل ويستقبل نبضات عالية التردد، يطبق إشارة جهد عالي التردد على هذا القرص وهذا يجعل القرص يهتز بنفس التردد وهذا القرص بالتالي سيولد موجات صوتية بنفس التردد.

عندما تصطدم النبضات المرسلة بجسم عاكس للصوت سوف يتشكل صدى ناتجا عن هذا الاصطدام حيث يقيس الحساس المدة التي يستغرقها الصوت للارتداد عن الهدف.

عندما يدخل جسم معين مدى الحساس فإن الخرج سوف يغير حالته وحين يغادر الجسم المدى المعير للحساس سيعود الخرج الى حالته الأصلية.الشكل (3-50).



الشكل (3-50)- الصدى في الحساس فوق الصوتي

إن النبضات المرسلة هي في الحقيقة عبارة عن مجموعة من ثلاثين نبضة بمطال 200Kv والصدى يكون عادة بمجال الميكروفولت.الشكل (51-3).

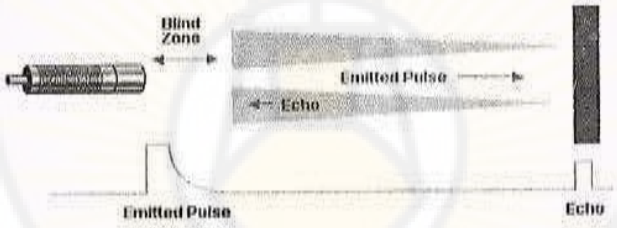


الشكل (3-51)- شكل النبضة في الحساس فوق الصوتي

- **المنطقة العمياء:**

تتوضع المنطقة العمياء مباشرة أمام الحساس وتبعا" لنوع الحساس فإن هذه المنطقة تتراوح ما بين6-80 Cm.

إن توضع هدف في هذه المنطقة سيولد خرجا" غير مستقر. الشكل (3-52).



الشكل (3-52) – المنطقة العمياء

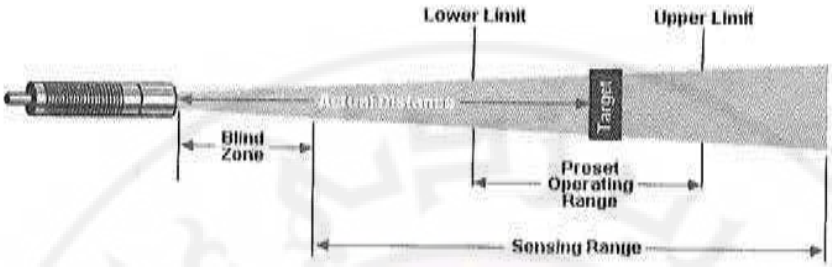
- **تحديد المدى:**

إن المدة الزمنية ما بين إرسالالإشارة واستقبالها تتناسب مباشرة مع المسافة بين الهدف والحساس.

يتم ضبط مجال العمل وفقا لعرضه وتوضع الهدف في مجال عمل الحساس، إن الحد الأعلى يمكن تعديله في الحساسات كلها بينما يكون تعديل الحد الأدنى متاحا" في بعض الأنواع فقط.

إن مرور هدف يزيد بعده عن الحد الأدنى لعمل الحساس لن يسبب في تغيير حالة الخرج وهذا يعرف بمبدأ تحييد الخلفية.

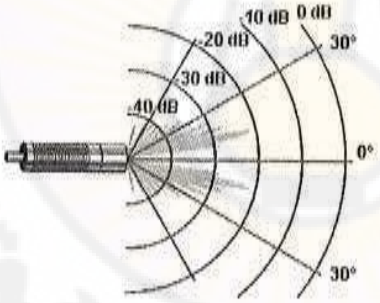
في بعض الحساسات يتشكل ما يسمى بمجال المنع (الحجب) يتوضع هذا المجال ما بين الحد الأدنى لمجال عمل الحساس و المنطقة العمياء.
إن تواجد هدف أو جسم في هذه المنطقة يمنع الحساس من التعرف أو التحسس بمرور الأجسام في مجال العمل. الشكل (3-53).



الشكل (3-53) – تحديد المدى

- **نمط الإشعاع:**

إن نموذج الإشعاع لحساس الأشعة فوق الصوتية يتألف من مركبة (مخروط) أساسية ومركبات أخرى مجاورة.
وزاوية المخروط الرئيسي تبلغ تقريبا" 5 درجات. الشكل (3-54).



الشكل (3-54)- نمط الاشعاع

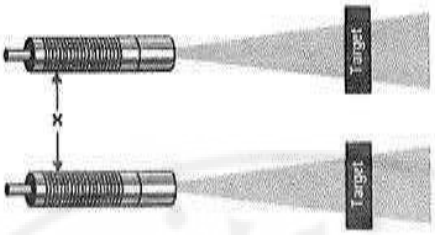
- **المناطق الحرة:**

يجب المحافظة على مناطق حرة أو خالية حول الحساس لعدم إعاقة إرسال المركبات الجانبية، وسيبين المثال التالي المنطقة الحرة المطلوبة في حالات مختلفة:

1- حالة حساسات متوازية:

في المثال الأول يتم تثبيت حساسين بنفس مجال العمل بشكل متوازي وتكون الاهدف عمودية على شعاع الصوت، إن المسافة بين الحساسين تحدد تبعا" لمجال التحسس،

فعلى سبيل المثال إذا كان مجال العمل أو التحسس لكلا الحساسين يساوي 6Cm فيجب أن يكونا متباعدين بمقدار 15 Cm على الأقل. الشكل (3-55)

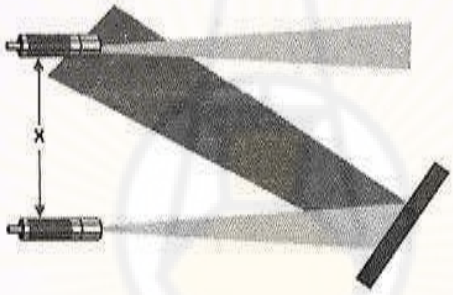


Sensing Range (CM)	X (cm)
6-30	>15
20-130	>60
40-300	>150
60-600	>250
80-1000	>350

الشكل (3-55)- المناطق الحرة – حالة حساسين متوازيين

2- التداخل المتبادل:

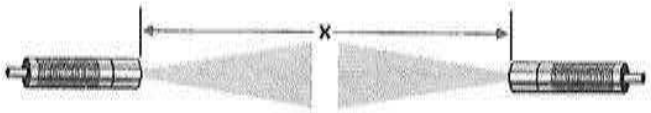
تحدث هذه الحالة عندما يتوضع حساسين بشكل قريب من بعضهما البعض ويكون الهدف متوضعا" بحيث يعكس الإشارة الى الحساس الأخر، في هذه الحالة فإن المسافة ما بين الحساسين (X) يتم تحديدها تجريبيا". الشكل(3-56).



الشكل (3-56)- المناطق الحرة – حالة التداخل المتبادل

3- حالة الحساسات المتقابلة:

في هذه الحالة يكون الحساسان متوضعين بشكل متقابل و يعملان بنفس مجال العمل، في هذه الحالة يجب الحفاظ على مسافة أصغرية بين الحساسين حتى لا يحصل تداخل بين الحساسين. الشكل (3-57).

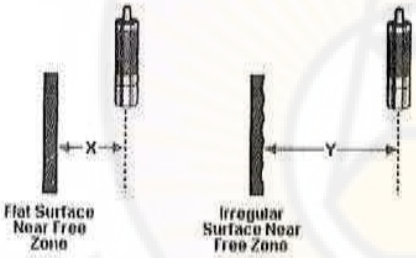


Sensing Range (CM)	X (cm)
6-30	>120
20-130	>400
40-300	>1200
60-600	>2500
80-1000	>4000

الشكل (3-57)- المناطق الحرة – حالة حساسين متقابلين

- **التعامل مع أسطح غير منتظمة:**

إن تركيب حساس لتحسس جسم ذي سطح أملس كالجدران أو الآلات ذات السطح الاملس يتطلب مساحة خالية أقل مما يتطلبه التحسس للأجسام ذات السطوح غير المنتظمة. الشكل (3-58).

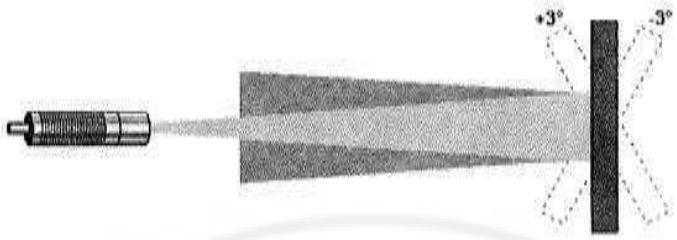


Sensing Range (CM)	X (cm)	Y (cm)
6-30	>3	>6
20-130	>15	>30
40-300	>30	>60
60-600	>40	>80
80-1000	>70	>150

الشكل (3-58)- التعامل مع أسطح غير منتظمة

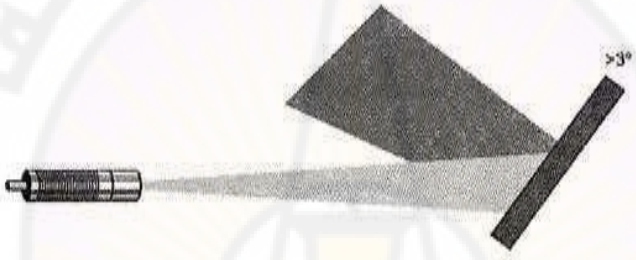
- **التو ضع الزاوي:**

إن زاوية توضع الهدف عند دخول مجال العمل يجب أن تؤخذ بالحسبان. والزاوية الاعظمية المسموحة لانحراف الجسم تقدر بـ $\pm 3^{\circ}$. الشكل (3-59).



الشكل (3-59)- التوضع الزاوي

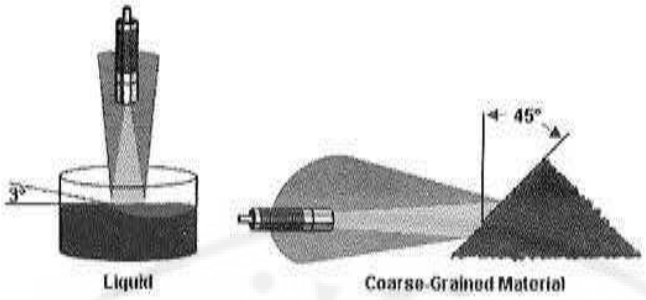
إذا كانت زاوية انحراف الجسم أكبر من 3° فسوف يعكس الجسم الموجة الصادرة عن الحساس بعيداً عنه وبالتالي لن يستقبل الحساس أي صدى. الشكل (3-60).



الشكل (3-60)- توضع زاوي أكبر من - توضع زاوي أكبر من 3°

- **السوائل والمواد الحبيبية الخشنة:**

إن السوائل كالماء مثلاً يجب أن لا تتجاوز زاوية انحرافها 3° أما بالنسبة للمواد الخشنة كالحبيبات مثلاً فبإمكانها أن تأخذ زاوية انحراف تصل حتى 45° وذلك لأن الصوت سوف ينعكس ضمن مجال عريض عن هذه المواد. الشكل (3-61).



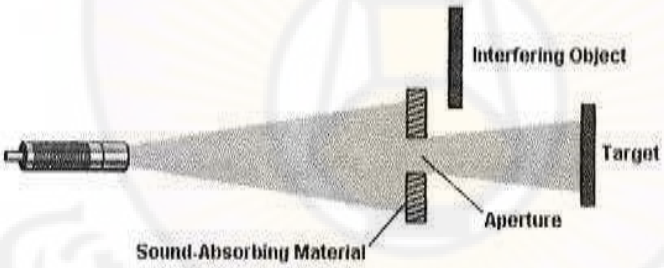
الشكل (3-61)- المواد السائلة والحبيبية

- **تحييد العوائق غير المرغوبة:**

إن توضع جسم بشكل قريب من الحساس سيجعل عمل الحساس غير مستقر كما ذكر سابقاً.

يمكن تحييد مثل هذه الأجسام عن طريق استخدام حاجز مشكل من مواد ممتصة للصوت كالصوف الصخري المزود بفتحة للسماح للأمواج الصوتية بالنفاذ.

إن هذه العملية سوف تحد من عرض الشعاع المرسل وبالتالي تمنع النبضات من الاصطدام بالأجسام المعيقة. الشكل (3-62).



الشكل (3-62)- العوائق غير المرغوبة

ثانياً:أنماط عمل الحساسات فوق الصوتية:

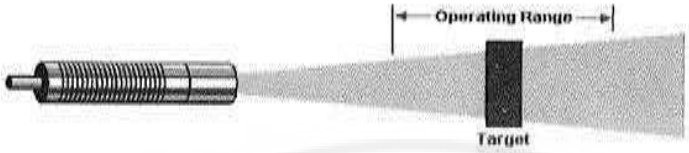
يمكن استخدام الحساسات فوق الصوتية لتعمل في انماط مختلفة ومنها:

نمط الانتشار، نمط الانعكاس، نمط النفاذ.

1 - نمط الانتشار:

يعد هذا النمط النمط القياسي الذي تعمل به معظم الحساسات.

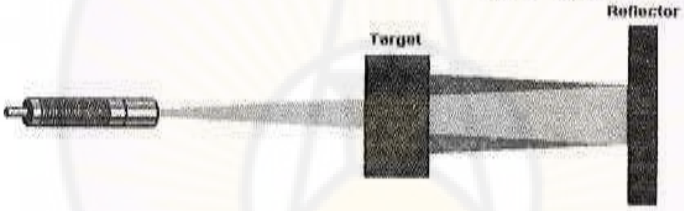
إن تحرك أي هدف في مجال عمل الحساس سوف يؤدي إلى تغير حالة الخرج للحساس وإن هذا النمط مشابه للحساسات التقاربية. الشكل (2-3-63).



الشكل (3-63)- نمط الانتشار

2- نمط الانعكاس:

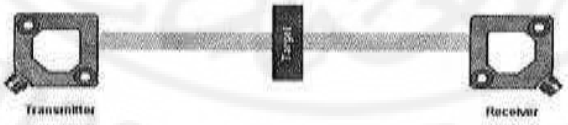
في هذا النمط يستخدم عاكس متوضع في مجال العمل المحدد للحساس ويتم ضبط مجال العمل للعاكس. وسترتد النبضات على العاكس عائدة إلى الحساس وعندما يقطع هدف ما الإشعاع الصادر عن الحساس سيقوم بحجب الإشعاع عن الحساس وبالتالي سيفعّل خرج الحساس، يستخدم هذا النمط عادة في التطبيقات التي يكون فيها الهدف جسماً غير ممتص للصوت.الشكل (3-64).



الشكل (3-64)- نمط الانعكاس

3 - نمط النفاذ ((الاختراق)):

إن منظومة التحسس في هذا النمط تتألف من مرسل والذي يقوم بإرسال الأمواج الصوتية ومستقبل لها. وفي حالة قطع الإشعاع ما بين المرسل والمستقبل يغير الخرج حالته. الشكل (3-65).



الشكل (3-65)- نمط النفاذ (الاختراق)

ثالثاً: التأثيرات المحيطية:

إن سرعة الصوت تتأثر بالخواص الفيزيائية للهواء وهذا بدوره سيؤثر على عمل الحساس.

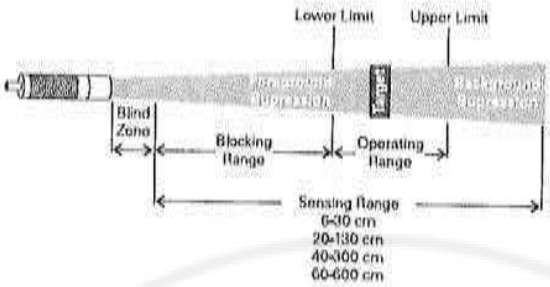
الخاصة الفيزيائية	التأثير
الحرارة	تتغير سرعة الصوت بمقدار 17%/°K معظم الحساسات يمكن معايرتها لتعويض هذا الأثر.
الضغط	إن تغير الضغط الجوي بنسبة ±5% يسبب تغير بسرعة الصوت بمقدار ±0.6% . تتناقص سرعة الصوت بمقدار 3.6% ما بين مستوى سطح البحر والارتفاع 3 كلم عن سطح البحر. يجب ضبط الحساس للحصول على مجال العمل المطلوب.
التخلخل	لا تعمل الحساسات في الفراغ.
الرطوبة	إن سرعة الصوت تزداد بزيادة الرطوبة وهذا يعطي انطباعاً لدى الحساس بأن الأجسام أقرب مما هي عليه بالحقيقة.
تيار الهواء	من أجل تيار هوائي بسرعة: 50km/h لا يوجد تأثير. 50—100Km/h لا يمكن التنبؤ بعمل الحساس. 100Km/h< لا يستقبل الحساس أي صدى.
الغازات المحيطة	تصمم الحساسات لكي تعمل في مجال الجو الطبيعي. في حالة عمل الحساس في محيط مختلف كمثال محيط مشكل من غاز أول أوكسيد الكربون سوف تنتج قياسات خاطئة.
الأحوال الجوية المختلفة	المطر والثلج وبغزارة طبيعية لا تؤثر على عمل الحساس ويجب المحافظة على سطح الحساس جافاً.
الغبار	الوسط المغبر سوف يخفض مجال تحسس الحساس بنسبة 25-30%.

رابعاً: مجال التحسس:

تبعاً لنوع الحساس فإن مجال التحسس يكون:

[60 – 600 Cm], [40 –300 Cm] , [20 – 130 Cm], [6—30 CM]

ويتراوح تردد الوصل والفصل 1 – 8 Hz وهذا النوع من الحساسات يملك ميزة إخماد المجالات البعيدة والمجالات القريبة أيضاً أي أنه يمكن في هذا الحساس ضبط مجال العمل الأعلى والأدنى بواسطة مقاومتين متغيرتين وإن مرور الأهداف خارج المجال المضبوط لن تؤثر على عمل الحساس. الشكل (3-66).



الشكل (3-66)- مجال التحسس

- **برامج ضبط مجال التحسس:**

إن الحساسات التي تم ذكرها حتى الآن هي إما غير قابلة للضبط أو يمكن ضبطها يدوياً عن طريق مقاومات متغيرة.

إن Son Prog هو برنامج من شركة Siemens يستخدم لضبط الحساسات من نوع:
Compact range II,Compact range III,Compact M 18,

Sensor	Adjustment
Thru-Beam	None
Compact Range 0	1 Potentiometer
Compact Range I	2 Potentiometers
Compact Range II	SONPROG
Compact Range III	SONPROG
Compact Range M18	SONPROG

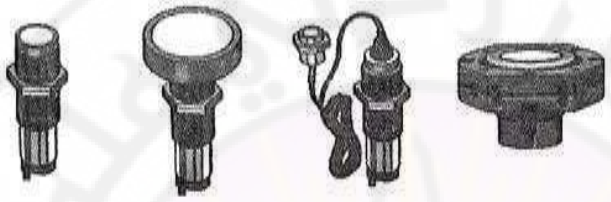
يمكن باستخدام Son Prog ضبط الحساسات بشكل إفرادي لكي تعمل في تطبيق معين.
يتم توصيل دارة ملائمة ما بين الحساس والمنفذ RS-232 بجهاز الكمبيوتر ويمكن باستخدام Son Prog ضبط البارامترات التالية:

- بداية مجال التحسس ونهايته.
- عقدة البطاء.
- بداية المجال التماثلي للخرج ونهايته.
- تحديد نهاية المنطقة العمياء.
- ضبط التماسات NO/NC .
- تفعيل الضبط بواسطة المقاومات المتغيرة أو إلغاؤه.

يمكن تخزين هذه الإعدادات أو استعادتها عند الحاجة. فعلى سبيل المثال عند استبدال حساس يمكن بسهولة تطبيق الإعدادات القديمة على الحساس الجديد.

خامساً- الطراز المدمج II:

تماثل هذه الحساسات في الشكل الحساسات من نوع Compact range I ويكون الفرق ما بين النوعين هو أن الحساسات من نوع Compact I قابلة للتعيير يدوياً وباستخدام برنامج SonProg وتتوفر هذه الحساسات بتماس NC أوNO أوبكلا التماسين في الخرج. الشكل (3-67).



الشكل (3-67)- الحساسات فوق الصوتية صغيرة الحجم

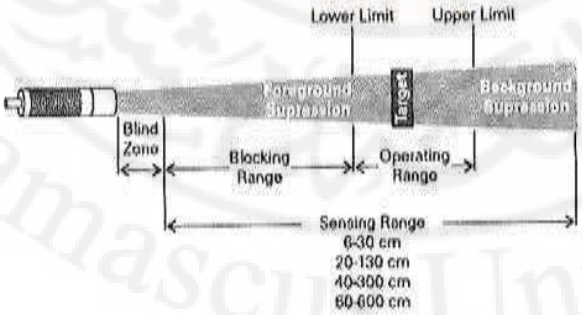
وهي ذات شكل أسطواني (M30 mm * 150) وتتوفر بموديلات مختلفة بعضها ذو مرسل مدمج أو منفصل ويمكنها تشغيل أحمال حتى 300 mA

وبجهد (20 – 30 V. DC) يمكن مزامنة الحساسات من نوع Compact2 لمنع التداخل عند استخدام عدد من الحساسات بمسافات فاصلة صغيرة فيما بينها.

وحسب نوع الحساس يتراوح مجال التحسس:

[6—30Cm],[20—130Cm], [40 – 300 cm] ,[60—600 cm]

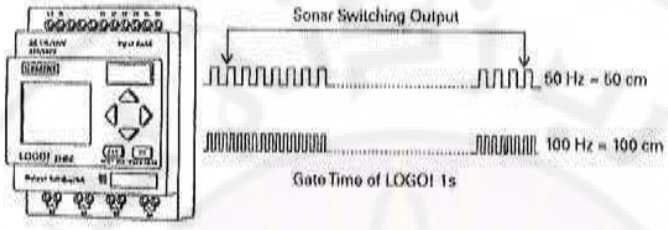
معدل فصل – وصل يتراوح 8 Hz – 1 وهي مزودة بخاصية الإخماد البعيد والقريب. الشكل (3-68).



الشكل (3-68)- مجال التحسس للحساسات الصغيرة الحجم

سادساً- الطراز المدمج II ذو النمط التمثيلي:

يتوفر نوع تماثلي للحساس Compact range 2 حيث يتم تحويل القياسات التماثلية لهذا الحساس إلى نبضات رقمية ومن ثم يمكن لعداد الـ PLC من نوع Logo أن يقوم بعد هذه النبضات لحساب القياس المطلوب. فعلى سبيل المثال إذا تم ضبط الحساس بحيث يكون كل 50 نبضة في الثانية مكافئة لـ 50 سم فيمكن لجهاز الـ PLC أن يظهر قياس المسافة بشكل دقيق عن طريق عد النبضات. الشكل (3-69).

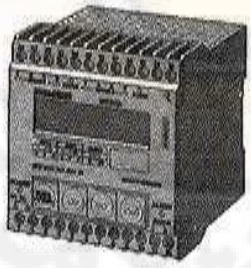


الشكل (3-69)- عداد النبضات للحساس فوق الصوتي

سابعاً- الطراز المعياري ومقيّم الإشارة:

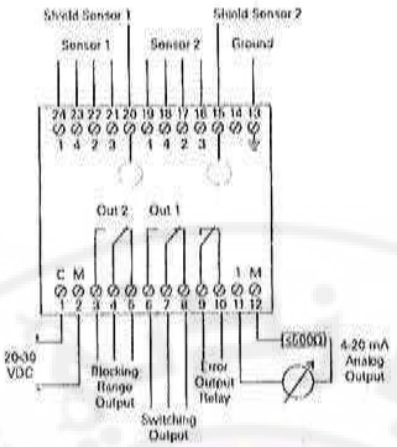
المجموعة الثانية من حساسات Siemens هي من نوع Modular Rang II التي تتألف من الحساس مع مقيم الإشارة.

ويتطلب هذا النوع مقيماً للإشارة لضبط القيم الخاصة بالحساس حيث يتم الاظهار على شاشة LCD ذات سطرين. الشكل(3-70) .



الشكل (3-70)- مقيّم المجال والإشارة

يمكن لمقيم الإشارةأن يعمل بجهد أقصى مع حساسين من نوع Modular Rang II و يعمل على جهد .20—30V و يضم خرجه تماسين on\off و خرج إشارة خطأ وخرج تماثلي. الشكل (3-71).



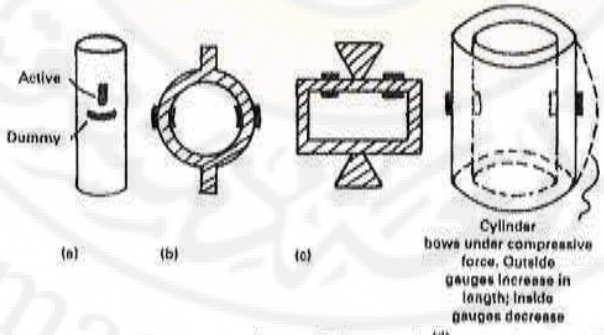
الشكل (3-71)- توصيل مقيم المجال والإشارة

- **الاضافات والملحقات: ACCESSOEIES**

يتوفر لهذه الحساسات ملحقات كعاكس 90 درجة وجهاز تعديل الحافة وهذه الملحقات تسمح بتركيب الحساس في المواضع الصعبة أو التي لا يمكن للحساس أن يعمل بها بشكل مفرد.

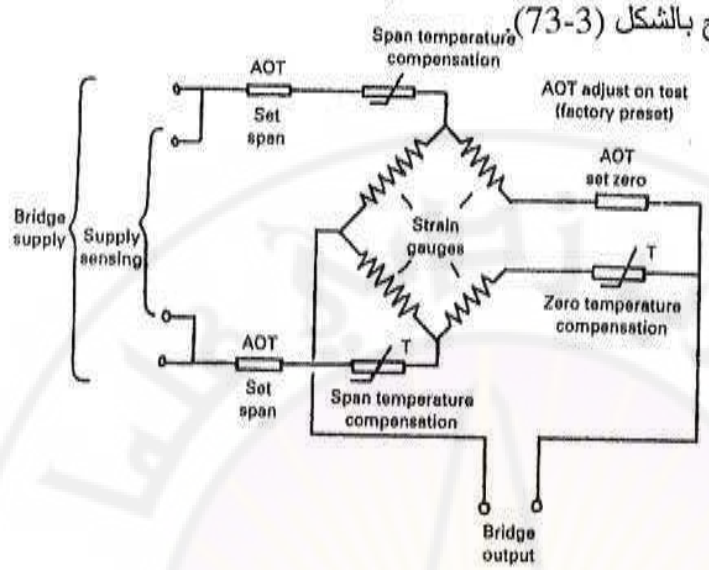
3-12- خلايا الحمل (حساسات القوة):

مقاييس التوتر (الانفعال) والأجهزة المغناطيسية المرنة هي أجهزة قياس انفعال. ويلزم مقياس الوزن لقياس الأوزان (أو القوى الموزعة). وجهاز قياس القوة يدعى خلية الحمل، وعادة يعمل على تحويل القوةالمطبقة إلى إنفعال قابل للقياس. في الشكل (3-72) موضح الأجهزة الأكثر استخداماً للتحسس وهذ الأجهزة يتم حفظها بالعادة ضمن أغلفة واقية. والجميع يستخدم أربعة مقاييس انفعال لزيادة الحساسية وتعويض الحرارة.



الشكل (3-72) - حساسات حمل مختلفة مع أماكن تركيب المقاييس.(a) عمود بسيط. (b) حلقي. (c) إطار مستطيل. (d) أسطوانة.

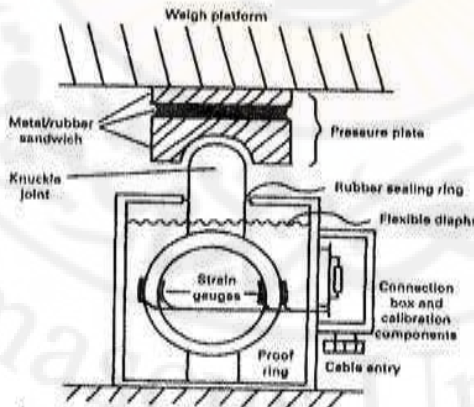
إن نموذج العمود يستخدم فقط لخلايا الحمل الكبيرة وانفعاله يكون صغيراً.ونموذج الحلقة والإطار المستطيل والأسطواني تعطي خرجاً معقولاً عند تعرضها للحمل. وكلها تعتمد على مقياسي انفعال للانضغاط ومقياسي انفعال للشد. والمقاييس مرتبة ضمن دارة كما هو موضح بالشكل (3-73).



الشكل (3-73) - مخطط توضيحي لخلية وزن صناعية. لاحظ ضرورة وجود كابل مجدول سداسي الأسلاك.

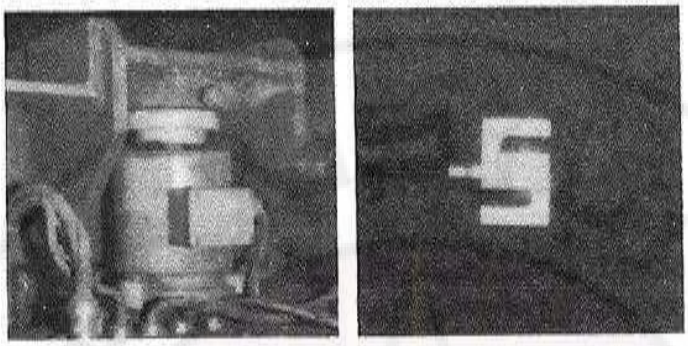
مقاومات الجسر تضبط عند الاختبار لتعطي خرجاً محدداً مسبقاً للحمل المقاس. ومقاومات تعويض الحرارة تعوض التغيرات في معامل يونغ للخلية مع تغير الحرارة (ليست لتغيرات الجسر والتي هي بالتأكيد مهملة بواسطة الجسر).

إن توصيل الحمل مع الخلية يتطلب الحرص. والترتيبات النموذجية موضحة بالشكل (3-74).



الشكل (3-74) - تركيب خلية حمل نموذجية .

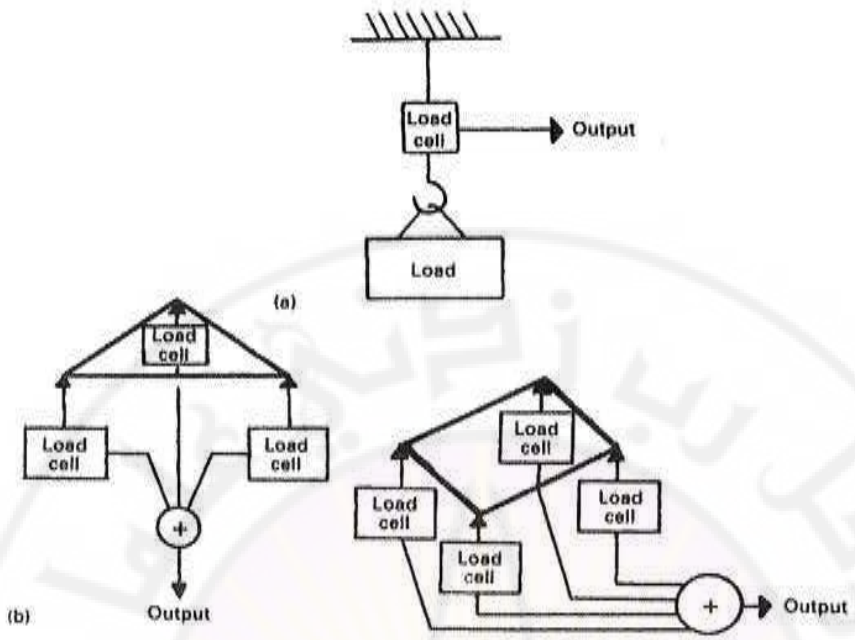
صفيحة الضغط، مؤلفة من ترتيب معدن/مطاط/معدن على شكل ساندويشة، نطبق حمل مبدئي على محور خلية الحمل من الأعلى لتجنب الأخطاء الناتجة بسبب عدم التسامت الخفيف. المانعات المرنة للخلية تحميها من الغبار وعوامل الطقس. الأجهزة العملية موضحة بالشكل (3-75) حيث في الشكل (3-75_a) الخلية هي خلية انضغاط، بينما في الشكل (3-75_b) هي خلية شد.



(a) (b)

الشكل (3-75) - (a) خلية حمل عملية. لاحظ الوصلة المفصلية وصفيحة الضغط. (b) خلية حمل من النوع S.

من النادر استخدام خلية حمل واحدة فقط بسبب عدم إمكانية ضمان تمركز الحمل بشكل مركزي وعمودي تماماً على محور الارتكاز المفرد. ويمكن استخدام محاور توجيه وشد، لكن يجب الانتباه لتجنب حدوث الاحتكاك مع هيكل الآلة والذي يسبب الأخطاء. الخلايا المفردة يمكن أن تستخدم في الموازين المعلقة، الشكل (3-76_a). أما الأنظمة المتعددة الخلايا فهي الأكثر استخداماً، والتصميم الأفضل لها هو النظام الثلاثي الخلايا، كما في الشكل(3-76_b). حيث يوزع هذا التصميم الحمل بشكل متساو تقريباً بين الخلايا الثلاثة، والتي يتم جمع خروجها بشكل الكتروني. التصميم الرباعي خلايا الحمل كالذي في الشكل (3-76_c) يمكن أن يستخدم الخلايا الأربعة بالتساوي وفي كل الأوقات يجب التأكد من أنه لايوجد أية خلية قد فقدت تماسها مع منصة الحمل.



الشكل (3-76) - التوصيل الميكانيكي للأحمال. (a) مسند أحادي التماس. (b) مسند ثلاثي نقاط التماس.(c)مسند رباعي نقاط التماس. ويجب اتخاذ الحيطة لضمان تماس الخلايا الأربع بشكل دائم.

إن اختبار خلايا الحمل يتم غالباً على أساس الحمل الأعظمي المتوقع، ولكن توجد أيضاً عوامل أخرى يجب أخذها بالاعتبار مثل استطاعة التحميل الزائد التي يجب أخذها بالاعتبار لتغطي الفشل الميكانيكي وأحمال الصدم المفاجئة، لنقل مثلاً، سقوط مادة في خزان محمول على خلايا الحمل. يجب أخذ عامل أمان زيادة الحمل بمقدار 100- 500%. والنظام يجب أن يختبر أيضاً للأحمال الجانبية المحتملة، والتي يمكن أن تسبب العطل للأغشية العازلة والعنصر الحساس نفسه. إن تسارع عربة الوزن المتحركة يمكن أن يسبب أحمال جانبية خطيرة على دعامات خلايا الحمل مما يزيد من وزن المادة المقاس أيضاً.

عادة تكون خلايا الحمل هي الجزء الكهربائي الوحيد المحفور له في الأرض والمنبثق من منصة الحمل. وينصح بتركيب شريحة تأريض مرنة تربط مع المنصة، ليس فقط للأمان الكهربائي بل لتشكل مسرباً للأرض لتيارات لحام المنصة أثناء تنفيذ الإصلاحات الميكانيكية الضرورية فيها. لأن تيار اللحام المار عبر جسم خلية الحمل نفسه سيسبب تلفها على الفور.

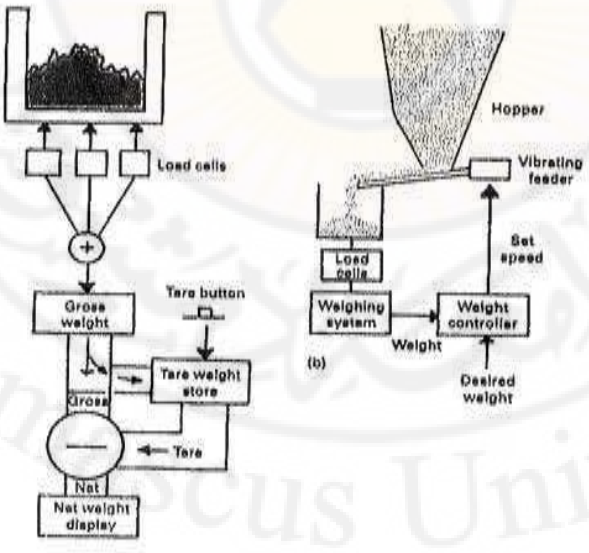
محددات الوزن:

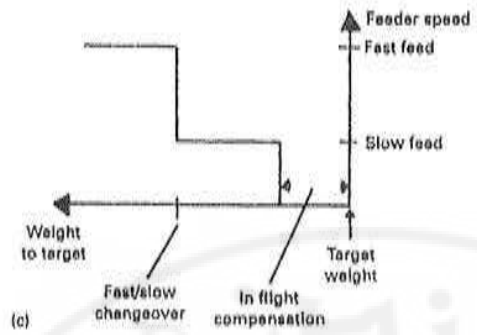
إن نظام الوزن بالعادة يكون أكثر من مجرد تجميع خلايا حمل ونظام إظهار للوزن. الشكل (3-77) يوضح نوعين من أنظمة الوزن. الشكل التالي (3-77_a) موضح نظام الوعاء، ويستخدم حيث يلزم مزج عدة مواد مختلفة حسب وصفة محددة مسبقاً ليتم مزجها في القادوس. إظهار الوزن الاجمالي يوضح قيمة الوزن الكلي المحدد من قبل خلايا الحمل، متضمناً كذلك وزن القادوس نفسه الحاوي على هذه المواد.

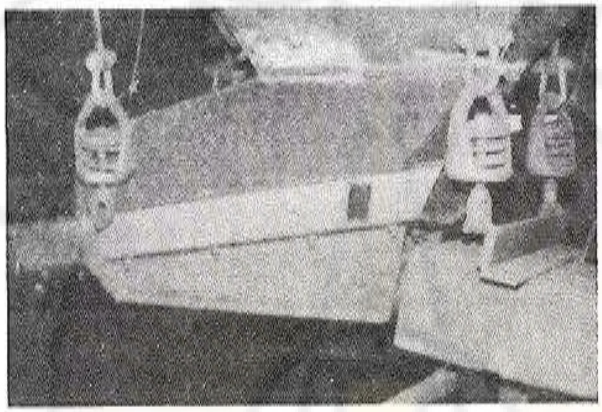
عند ضغط زر اسمه الوعاء فإن تيار الوزن الإجمالي يخزن بالذاكرة ويتم طرح وزن الوعاء نفسه من الوزن الإجمالي لإظهار الوزن الصافي للمواد فقط. وهذا يمكن استخدامه للحصول على وزن كل مادة على حدة عند إضافتها للمزيج في الوجبة، وقبل كل إضافة جديدة للمادة يضغط زر الوعاء مرة واحدة.

في الشكل (3-77_b) يوجد نظام تغذية الوجبة، حيث تغذى المادة إلى القادوس بواسطة جهاز تغذية هزاز متغير السرعات. يتم التحكم بالسرعة بواسطة نظام الوزن على طول خطوط التغذية، كما بالشكل (3-77_c). نظام ثنائي السرعات يستخدم بشكل واسع هنا، مع التبديل من مرذذ سريع عند نقطة محددة ثابتة قبل الوزن المطلوب كهدف. يتوقف المغذي عند نقطة ثانية ثابتة مباشرة قبل الوزن المطلوب كهدف لتسمح للمواد المتطايرة بين المغذي والقادوس بالوصول للوعاء. وهذا معروف بالحدس بأشكال مختلفة، بالتعويض بالتأثير المسبق أو أثناء الطيران. إن معايرة أربعة بارامترات كما بالشكل (3-77_c) هي عملية توافق بين السرعة والدقة بأشكال مختلفة.

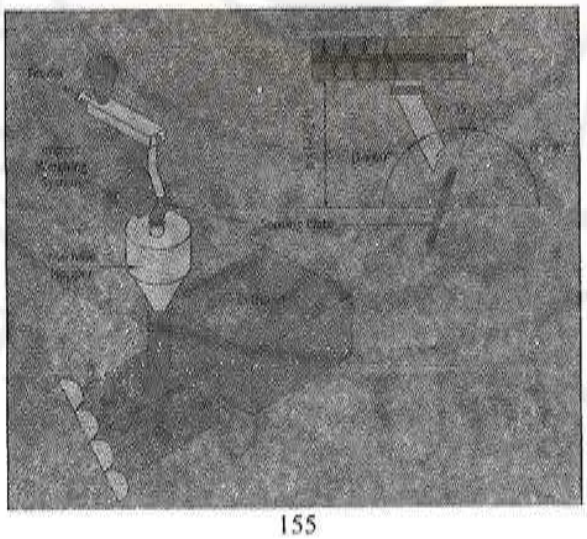
أما باقي المواصفات الموجودة في نظام مخطط التحكم بالوزن هي مؤشر على ثبات الوزن (أحياناً تدعى تحري الحركة)، التعبئة الأوتوماتيكية والتخزين الأوتوماتيكي للوجبة لعملية المزج الأتوماتيكي.




Feeder speed
Fast feed
Slow feed
Weight to target
Target weight
Fast/slow changeover
In flight compensation
(c)



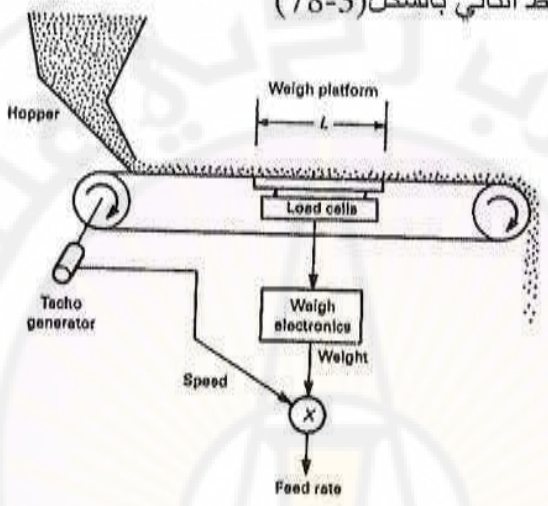
(d)



(e)

الشكل (3-77) - أنظمة التحكم بالوزن. (a) ميزان الوعاء. (b) نظام التغذية بالوجبة. (c) ضبط سرعة المغذي. (d) صورة مغذي الوجبة.(e) تطبيقات مقياس التدفق بالصدم.

ميزان السير الناقل: المواد القاسية تنقل غالباً بواسطة السيور الناقلة. ويلزم في العادة إظهار معدل تغذيتها بالوزن بالنسبة لواحدة الزمن (مثلاً، طن / دقيقة). وهذا يمكن تنفيذه حسب المخطط التالي بالشكل(3-78)



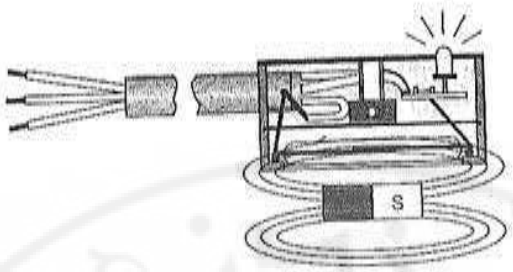
الشكل (3-78) - مخطط ميزان السير الناقل.

السير الناقل يمر فوق منصة الوزن ذات الطول المحدد مسبقاً L متر، وتقاس سرعة السير الناقل بجهاز مناسب (مثلاً مولد الدورات). فإذا أظهر مقياس الوزن الحمل ذو الوزن M، والسير يتحرك بسرعة V m/sec ، فمعدل التغذية سيكون ببساطة هو: M.V / L kg/sec.إن معدل التغذية يمكن ان يستخدم بطرق مختلفة للتحكم إما بالمغذي أو بسرعة السير الناقل، ولكن خاصية التأخر الفطري بالانتقال للمادة يمكن أن يجعله نظاماً صعب التحكم به.

- **الحساسات التقاربية الريشية:**

تستجيب الحساسات التقاربية المغناطيسية إلى الحقول المغناطيس الناتجة عن المغناطيس الدائم أو المغناطيس الكهربائي. في حالة الحساس الريشي تصنع شفرات الملامس من مواد فيرومغناطيسية مثل (خلائط Fe – Ni , نيكل) موضوعة داخل أنبوبة زجاجية صغيرة.

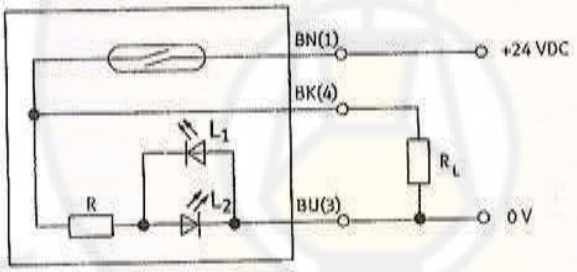
تملأ الأنبوبة بالغاز الخامل مثل النيتروجين (الغاز الخامل هو الغاز الغير نشط والغير قابل للاشتعال).الشكل (3-79).



الشكل(3-79): الحساسات التقاربية الريشية المغناطيسية.

إذا اقترب الحقل المغناطيسي من الحساس التقاربي الريشي شفرات الملامس تجذب إلى بعضها بواسطة المغنطة والناقلية الكهربائية سوف تتولد.

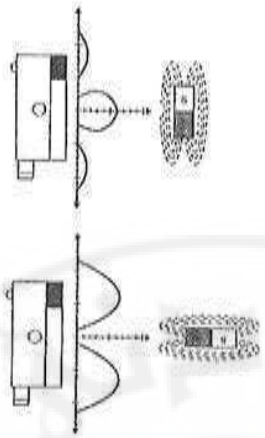
الحساسات التقاربية الريشية تحتوي بداخلها على ديود باعث للضوء (LED). وذلك للإشارة إلى وضعية التشغيل، الشكل (3-80) المزود بالاشكال الموضحة تبين التوصيل الداخلي والخارجي للحساس.الديود الباعث للضوء يرتبط على التسلسل مع المقاومة المحققة لوظيفة دارة الحماية مع الحمل التحريضي.



مقاومة الحمل RL الديود الباعث للضوء L1, L2 مقاومة الحماية R

الشكل(3-80): مخطط دارة الحساس التقاربي الريشي مع الدايود الباعث للضوء

عند تحرك المغناطيس الدائم بجانب الحساس التقاربي الريشي مجالات التشغيل المتعددة يمكن تحقيقها. (الشكل(3-81))، مجالات التشغيل تعتمد على توجيه محور أقطاب المغناطيس.



الشكل(3-81): ميزات الاستجابة للحساس التقاربي الريشي

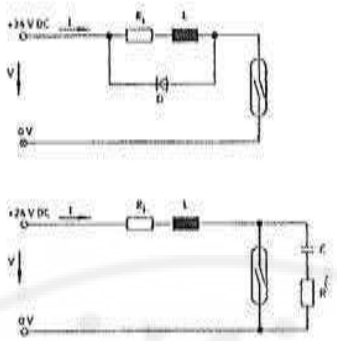
عند تركيب الحساسات التقاربية من النمط الريشي من الضروري أن نضمن عدم وجود أي استجابة للحقول المغناطيسية القريبة من الحساس بحيث لاتكون قوة الحقل المغناطيسي أكثر من 0.16 MT (T= تيسلا) وفي حالة حصول ذلك، الحساس التقاربي يجب أن يحفظ أو يدرع.

إذاجهزت عدة أسطوانات هوائية بالحساسات التقاربية والمسافة الصغرى المطلوب تحقيقها بين الحساسات التقاربية الملاصقة للجدران الخارجية للأسطوانة هي (60مم) وإذا خفضت هذه المسافة سوف يحدث تغيير نقاط التشغيل.

وفقاً للحساسات الريشية يجب أن يخفض التيار الأعظمي المتدفق وبخلاف ذلك يمكن أن يقود هذا إلى حدوث قوس تفريغ كهربائي أثناء التشغيل والإيقاف مسبباً احتراق ريش الملامس (تلفها). المقاومة الموصولة على التسلسل سوف تحد من التيار وتقود إلى زيادة زمن خدمة الملامسات.

عندما تشغل الأحمال التحريضية سوف يتولد جهد الذروة العالي خلال دقائق من زمن الايقاف. ولهذا السبب فإن الحساس التقاربي يزود بدارة الحماية المناسبة وذلك عندما لا يكون محتوياً بداخله على دارة حماية مسبقاً.

ويمكن أن تكون دارة الحماية إما عنصر Rc المناسب أو دايود أو فاريستور مناسب انظر المخطط للدارة، الشكل (3-82) وتعتمد القيم الكهربائية لهذه العناصر على طاقة العناصر التالية مثل الحاكمة (الريلية) والكونتاكتور (قاطع التلامس). إذا حرضت الريلية أو الكونتاكتور فإن البيانات التقنية لكل من الحساس التقاربي والحاكمة أو الكنتاكتور يجب أن تحسب. يجب أن تكون الطاقة المستمرة من الحاكمة أو الكونتاكتور أعلى بمقدار (10-8أضعاف) من طاقة الحمل. لذلك من الضروري اعتبار الطاقة المستجرة كمرجع.



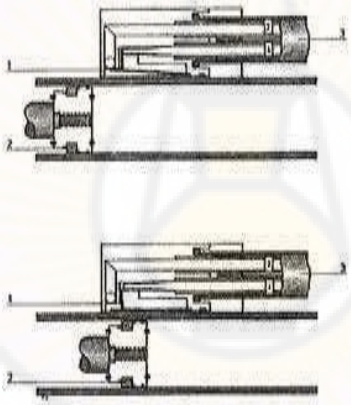
مقاومة الحمل RL　　مقاومة الحماية R　　الحمل التحريضي L

مكثفة الحماية C　　ديود أو فاريستور الحماية D

الشكل(3-82): دارات الحماية لملامسات الحساس الريشي.

- الحساسات التقاربية الهوائية المغناطيسية:

الصمام الهوائي يتم تشغيله بواسطة المغناطيس الدائم لذلك إشارة التحكم يتم توليدها بناءً على ذلك. الشكل (3-83).



1.ريش　　2. المغناطيس الدائم على مكبس الأسطوانة　　3. القناة المرنة

2.التشغيل.

a. الحساس التقاربي غير محرض- ملامس (ريش) التشغيل تعيق تدفق الهواء من المأخذ1

b. ريش التشغيل حرضت بواسطة الحقل المغناطيسي والهواء يتدفق من 1 إلى 2

الشكل(3-83): التطبيق الأساسي للحساس التقاربي الهوائي المغناطيسي في التحقق من موضع الأسطوانة

الحساس التقاربي مشابه بشكل أساسي للحساس المرسل للهواء. بواسطة ريش التشغيل يتم ايقاف تدفق الهواء عن الإشارة المتوقعة الحدوث. ونتيجة لاقتراب الحقل المغناطيسي (مثل المغناطيسي الدائم الموضوع على مكبس الأسطوانة) سيتم جذب ريش التشغيل مسببة تحرير الهواء وتدفقه، وهذا ما يولد إشارة على المخرج. إن بعض أنماط الحساس تشغل بالتوافق مع مضخم للضغط.

عند استخدام حساسين تقاربيين من النمط الهوائي المغناطيسي فإن المسافة الفاصلة بينهما يجب ألاّ تقل عن 50 مم، ويجب التحقق من أن الحقل المغناطيسي المتوفر كاف للاعتماد عليه في تشغيل الحساس التقاربي. إذا استخدمت إشارة خرج ذات ضغط منخفض لعمليات معالجة لاحقة عندها يوصى باستخدام مضخم الضغط في هذه الحالات.

الحساسات التقاربية الهوائية المغناطيسية تستخدم بشكل أساسي لتحسس الموضع في الأسطوانات الهوائية. وهي ملائمة بشكل خاص للحلول الهوائية الخاصة بمعنى إذا كان الهواء المضغوط هو المصدر الوحيد للطاقة الاضافية.

Damascus University

الفصل الرابع
المؤازرات (المؤازرة)

4-1 - مقدمة:

يتم تضخيم الإشارات الناتجة من المعالجات إذا لزم الأمر ثم ترسل إلى المؤازرات. إن العمل النهائي المطلوب يتم الحصول عليه بوساطة المؤازرات. هذه التاثيرات يمكن أن تكون مثلاً، توليد حركات، أغلب أنواع العمل المختلفة(ميكانيكي، كهربائي، حراري) أو بشكل تقرير عن حالات العملية المهمة (بواسطة مسجل البيانات) ... الخ.

وقد أوردنا في هذا البحث بعض الأمثلة الهامة عن المؤازرات. حيث يتعامل معها عدد من التقنيات المختلفة ونقدم العديد من التطبيقات التي تستخدم معها هذه المؤازرات.

إن المؤازرات يجب أن « تعلم » في أي وقت و/أو بأي مستوى من التأثير وقوته يجب أن تؤثر. وتلزم هنا إشارات (أوامر) التحكم والتي تدعى إشارات التحكم وهي تأتي من عناصر نظام المعالجة.

إن إشارات التحكم هذه عادة تحتاج إلى تحضير أو تحويل إلى الشكل المناسب للتقييم. وأسلوب تحقيق هذا الأمر أيضاً موصوف في هذا البحث.

إن معظم البحث هنا يركز على الهواء المضغوط والهيدروليك. وتقنية الهيدروليك لها أهمية في المؤازرة طالما أنها المسؤولة عن توليد القدرة بالتركيز الأكبر. وقد وضحنا عدة دارات أساسية هنا. والهيدروليك التناسبي هو موضوع آخر تم بحثه في هذا البحث أيضاً.

4-2 - توليد حركات الأشواط (الحركات الخطية):

إن الأسطوانات الهوائية هي مؤازرات مستحسنة لتوليد الحركات الخطية.

- المؤازرات الهوائية:

يوجد تشكيلة واسعة من تصاميم الأسطوانات الهوائية. وقد أوردنا هنا بعض النماذج الأساسية الشائعة.

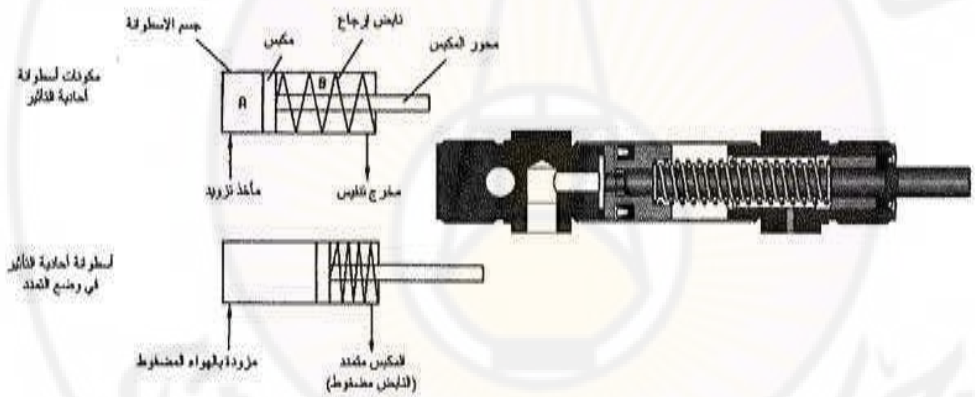
- الأسطوانة الهوائية أحادية التأثير:

تتألف هذه الأسطوانة من جدار أسطواني، مكبس مع محور المكبس، نابض إرجاع، مداخل تزويد وتنفيس الهواء (الشكل 4-1)

إذا زودنا حجرة السطوانة A بالهواء المضغوط، فإن الضغط يؤثر في سطح المكبس. فإذا كانت القوة المتولدة بوساطة الضغط (القوة F = الضغط P × سطح المكبس A) أكبر من قوة إرجاع النابض الموازن، فإن المكبس يتحرك معه محور المكبس إلى الجهة اليمنى. وهذه الحركة نسميها اصطلاحاً « شوط التقدم ».

الهواء المضغوط في الحجرة B من الأسطوانة على اليمين يستطيع أن ينفلت من خلال فتحة الخروج.

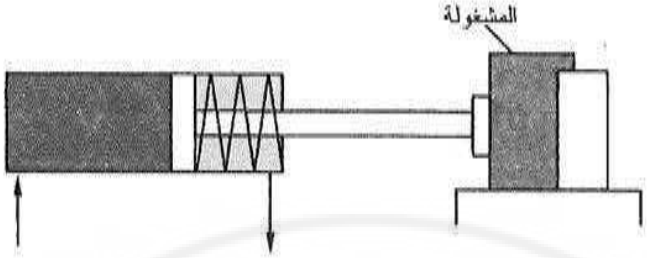
إذا قطعنا التزويد بالهواء المضغوط، فإن قوة النابض تكون كافية لإعادة المكبس نحو اليسار وتنفتح الحجرة A على الهواء الجوي. هذه الحركة تدعى «شوط العودة».



الشكل (4-1) - أسطوانة هوائية أحادية التأثير

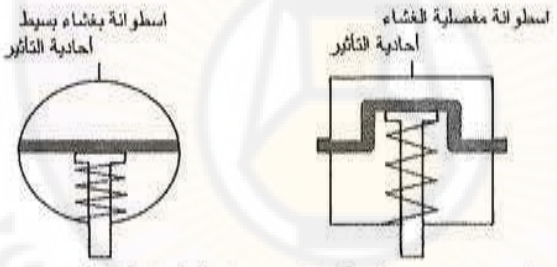
إن تصميم الأسطوانة المسماة « أسطوانة أحادية التأثير » يشير إلى أن العمل الميكانيكي يمكن الحصول عليه من خلال شوط التقدم فقط. والقوة الناتجة عن المكبس ومحور المكبس تزداد بالتناسب الطردي مع زيادة مساحة المكبس وضغط الهواء في حجرة الأسطوانةA. وإن مجال طول الشوط في هذا النوع من الأسطوانات نادراً ما يزيد على 100 mm.

الشكل (4-2) يوضح مثالاً على استخدام أسطوانة أحادية التاثير



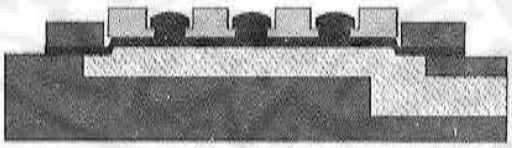
الشكل (4-2) - أسطوانة أحادية التأثير أثناء قمط مشغولة

بالإضافة إلى الأسطوانة المكبسية، فإنه توجد أيضاً أسطوانة غشائية أحادية التأثير. في هذا التصميم، الشكل(4-2-b) يكون الغشاء العامل مثبتاً بجساءة بين نصفي الأسطوانة. يضغط الغشاء مما يسبب له الانحراف أو التحدب. وزاوية التحدب تحدد شوط الأسطوانة، ويكون محور مكبس الأسطوانة متصلاً مباشرة مع الغشاء ونميز بين الأسطوانة ذات الغشاء البسيط والأسطوانة ذات الغشاء المتدرج (المفصلي). إن مجال الشوط في الأسطوانة ذات الغشاء البسيط هو ما بين 1 و 5 مم. أما في الأسطوانة ذات الغشاء المتدرج فهو ما بين 50-80 mm.



الشكل (4-2-b)- أسطوانات غشائية أحادية التأثير

والشكل (4-3) يوضح الأسطوانة الغشائية حيث يرتفع الغشاء بتأثير الهواء المضغوط تحته.



الشكل (4-3) - الأسطوانة الغشائية

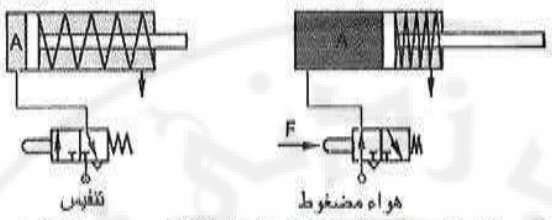
- التحكم بالأسطوانة أحادية التأثير:

إن مكبس الأسطوانة أحادية التأثير ينفذ شوط التقدم عندما يتعرض للضغط.

وشوط العودة يحدث عندما تفتح فتحة تنفيس الأسطوانة للجو.

لكن كيف يمكن التحكم بتزويد الهواء المضغوط وتنفيسه؟

إن هذه المشكلة يمكن حلها باستخدام صمام 3/2. الشكل (4-4) يوضح التأثيرات الداخلية المتبادلة لهذين العنصرين.



الشكل (4-4) - التحكم بأسطوانة أحادية التأثير بوساطة صمام 3/2

إن الصمام 3/2 يحتوي 3 مآخذ ووضيعتي تشغيل. أما الأسلوب الذي يتم بوساطته تشغيل الصمام من وضعية إلى أخرى فيمكن أن يختلف من صمام لآخر. المثال هنا يوضح استخدام صمام يكون فيه الحفاظ على الوضعية بوساطة نابض. في هذه الوضعية يقطع الهواء المضغوط عن الصمام. هذا النوع من الصمامات هو صمام 3/2 مغلق في الوضعية الطبيعية.

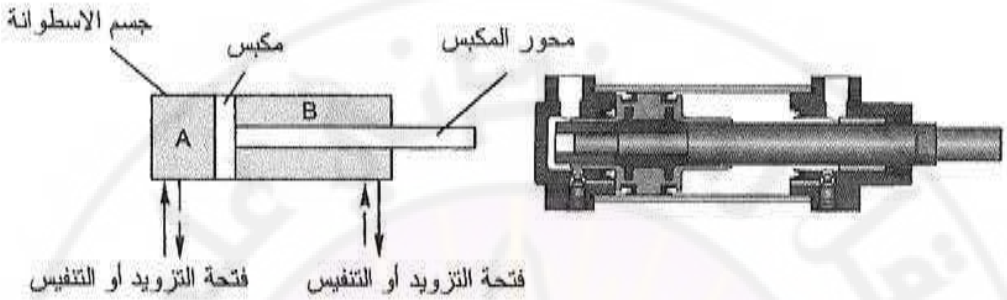
الرمز الموضح على يسار المربع الثاني اليساري يعني أن الصمام يتحرك إلى وضعية العمل بوساطة تأثير ميكانيكي (مثلاً زند المؤازر). في الجزء الأول المخطط موضح الصمام في الوضعية الطبيعية، ويوجد وصلة من مدخل الأسطوانة إلى مخرج التنفيس عبر الصمام. الحجرة A من الأسطوانة تنفس والمكبس يتراجع.

السهم F في الجزء الثاني من المخطط لإظهار كيف يحرَّض الصمام. الآن توجد وصلة بين مخرج الصمام ومدخل الأسطوانة وبالتالي فإن الحجرة في الأسطوانة سوف تتعرض للضغط ويتمدد المكبس للأمام. إن الصمام 3/2 في المثال هنا هو مثال على كيفية أن عنصراً محدداً في نظام التحكم قادر على أن يؤدي عدة مهمات مختلفة. في جزء التحسس من النظام، مثلاً الصمام 3/2 يمكن أن يؤدي مهمة مفتاح تحديد نهاية الشوط (انظر قسم « الحساسات ») أو في قسم المؤازرة فإنه يقوم بمهمة عنصر إعطاء القدرة. وبسبب ذلك فإن الصمام يشار إليه كعنصر تحكم أخير.

إن آخر عنصر تحكم هو نفسه يتأثر بإشارة التحكم (صمام تحكم). في المثال، تحريض ميكانيكي بالقوة F.

- **الأسطوانة مزدوجة التأثير:**

إن مبدأ بنائها مشابه له في الأسطوانة أحادية التأثير. على كل حال، لا يوجد نابض إرجاع فيها والمداخل يمكن أن تستخدم بشكل متناوب كمأخذ تزويد أو تنفيس (الشكل 4 -5).



الشكل (4-5) - الأسطوانة الهوائية المزدوجة التأثير

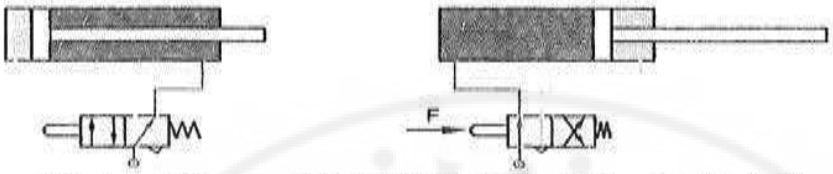
إذا زودت الحجرة A في الأسطوانة بالهواء والحجرة B فتحت للتنفيس، فإنه يبدأ شوط التقدم وبشكل مشابه يتحرض شوط العودة عند تزويد B بالهواء وفتح A للتنفيس.

وهي تمتلك ميزة أن الأسطوانة قادرة على تنفيذ عمل في كل من اتجاهي الحركة. لهذا فإن إمكانات التركيب فيها تكون عمومية.

إن القوة المنقولة بوساطة محور المكبس تكون أكبر بقليل في شوط التقدم منها في شوط العودة وهذا ناتج عن أن مساحة سطح المكبس في شوط التقدم أكبر منها في شوط العودة بمقدار مساحة المقطع العرضي لمحور المكبس.

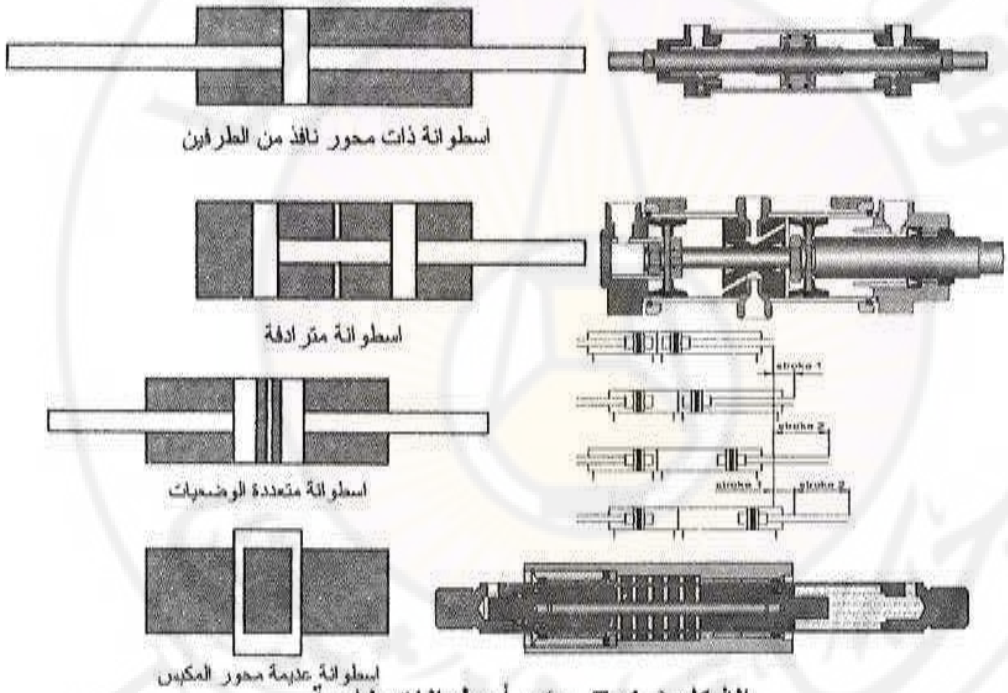
- **التحكم بالأسطوانة ثنائية التأثير:**

إن الأسطوانة ثنائية التأثير يمكن التحكم بها بوساطة الصمام الموضح بالشكل(4-6). هذا الصمام له أربعة مآخذ ووضعيتا تشغيل ووفقاً لها يمكن أن نسمي الصمام 4/2. كما نستطيع أن نرى في الشكل(4-6) تزود إحدى حجرتي الأسطوانة بالهواء والحجرة الأخرى للتنفيس في كل من وضعيتي الصمام.



الشكل (4-6) - التحكم بأسطوانة ثنائية التأثير بوساطة صمام 4/2

الأسطوانة المكبسية تشكل الأساس لأسطوانات خاصة مختلفة والتي تشكل إمكانيات متعددة للاستخدام في تطبيقات خاصة(الشكل4-7_a)



الشكل (4-7_a) - أسطوانات خاصة

- الأسطوانة الثنائية المحاور:

تستخدم غالباً حيث يلزم نقل القدرة على كل من طرفي الأسطوانة للتدوير أو حيث يلزم نقل القدرة على أحد طرفي الأسطوانة وعلى الطرف الآخر فإن محور المكبس يجب أن يستخدم لتوليد الإشارة.

- **الأسطوانة الترادفية:**

في الأسطوانة الترادفية تربط أسطوانتان ثنائيتا التأثير مع بعضهما لتشكيل وحدة واحدة ذات جدار وسطي مشترك. وهما مثبتتان معاً ومتمركزتان بحيث إن القوتين الناتجتين منهما تزدادان معاً عندما نطبق عليهما ضغطاً مشتركاً. ولهذا السبب تستخدم هذه الأسطوانة عندما يلزم قوى أكبر ولكن الفراغ للأسطوانات محدود.

- **الأسطوانة المتعددة التوضعات:**

إن أسطوانة من هذا النموذج يمكن بناؤها من أسطوانتين مستقلتين على الأقل بحيث تركب قاعدة إحداهما على قاعدة الأخرى. ونميز الأسطوانة المتعددة التوضعات من حقيقة أنه يمكن تأمين 4 - 3 وضعيات تشغيل لها، 4 وضعيات التشغيل يمكن تأمينها بوساطة أسطوانتين مختلفتي طول الشوط.

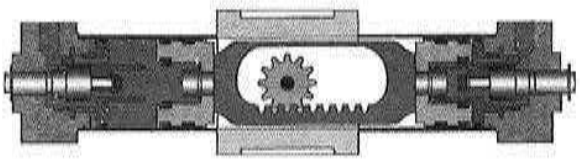
- **الموازر الهوائي الخطي (أسطوانة بدون محور مكبس):**

إن أسطوانة من هذا النوع تشمل أسطوانة عديمة المحور ثنائية التأثير. وهنا يكون المكبس حر الحركة داخل الأسطوانة ويعتمد على ضغط الهواء المؤثر على أحد طرفيه بالاتجاه الآخر. وهنا لا توجد وصلات خارجية موجبة (ملولبة باتجاه الخارج) والمكبس مركب مع مغناطيس حلقي دائم حوله. المنزلقة مثبتة من الجهة الخارجية على الجدار الأسطواني للأسطوانة ويتم ذلك بوساطة مغناطيس حلقي دائم أيضاً. لهذا فإن الوصلة المغناطيسية تنتج بين المنزلقة والمكبس. وفي لحظة إنطلاق المكبس تحت تأثير الهواء المضغوط تنطلق معه بالحال المنزلقة متحركة معه. ويكون الجزء المطلوب تحريكه من الآلة مركباً على المنزلقة.

هذا التصميم للأسطوانة يستخدم بشكل خاص للأشواط التي يصل طولها حتىm 10.

- **الأسطوانة الدوارة:**

هذه الأسطوانة تحول الحركة الخطية إلى حركة دورانية، ويوجد منها أسطوانات تدور حتى دورتين في كل شوط حركة. ويكون محور الدوران فيها مربوطاً مع مسنناً متعشقاً مع جريدة مسننة على محور الأسطوانة من الداخل. الشكل (4-7_b) . أو تكون بحركة ترددية دورانية.





الشكل (4-7_b)- الأسطوانة الدورانية

- الموازرات الهيدروليكية:

إن الأسطوانة هي الجزء الأهم في موزرات الحركة الخطية في الهيدروليك. وكما في الهواء المضغوط. طبعاً يختلف التركيب هنا بسبب وجود مشكلات منع التسرب الناتج عن الضغط العالي وبسبب الوسط أيضاً (الزيت).

وفي القسم 4.4 موضح بعض الأمثلة التطبيقية على الأسطوانات الهيدروليكية.

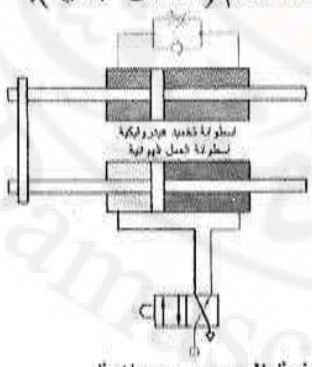
- وحدات التغذية الهيدرو- هوائية:

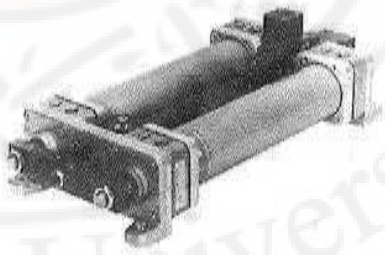
مع هذه الأجهزة يمكن الحصول على تغذية ثابتة للحركات حتى مع أكثر الأحمال تغيراً.

هذه الوحدة مصنوعة بحيث نركب أسطوانة هوائية للعمل وأسطوانة تخميد هيدروليكي. إذا ضغطت الأسطوانة الهوائية فإن المكبس في أسطوانة التخميد الهيدروليكي يسحب معه على طوله.

هذا المكبس يقود الزيت إلى الجهة المعاكسة من المكبس من خلال صمام تحكم (خانق) وحيد الاتجاه للتدفق.

يمكن تحديد سرعة التغذية من خلال تعيير الخانق وحيد الاتجاه. في شوط العودة فإن الزيت يمكن أن يمر بسرعة إلى الطرف الأخر من المكبس من خلال صمام عدم الرجوع. لهذا يكون شوط العودة أسرع من شوط التقدم (الشكل 4-8).





الشكل (4-8) وحدة التغذية الهيدرو-هوائية

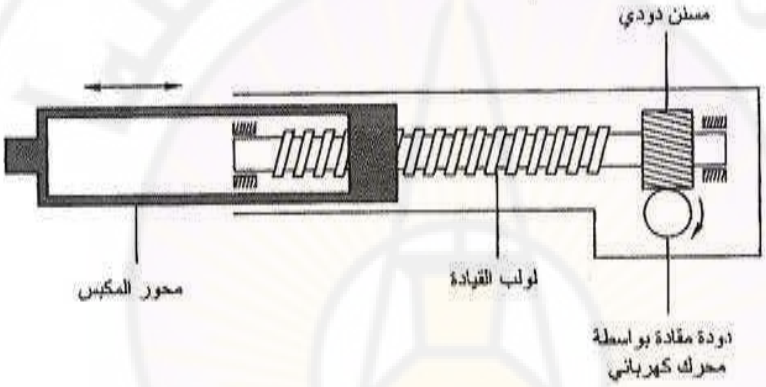
- **المؤازرات الكهربائية:**

يوجد نوعان أساسيان من تصاميم المؤازرات الخطية:

1 - المحركات الكهرميكانيكية التي يستخدم المحرك المعروف كمحرك أولي فيها وتحول هذه الحركة الدورانية إلى حركة خطية بوساطة تجهيزات ميكانيكية مناسبة (مثلاً الدودة، المسنن الدودي مع الدودة).

2 - المحركات الخطية والتي لا تحتاج إلى تحويل في الحركة.

الشكل (4-9) يوضح محركاً كهرميكانيكياً يستخدم محركاً كهربائياً لحركته الأولية ويقود المحور الملولب من خلال دودة ومسنن دودي. المحور الملولب الدوار يحرك محور المكبس في اتجاه السهم.



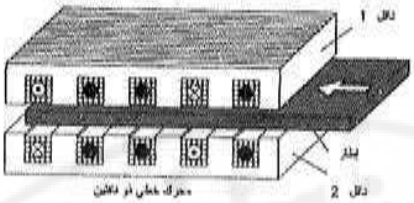
الشكل (4-9) - المحرك الكهرميكانيكي لتوليد حركة خطية

- **المحرك الخطي:**

المحركات الخطية هي مؤازرات تولد حركة مستقيمة (خطية). وتصميمها موضح في الشكل (4-10).

إن الجزء الموافق للثابت في المحرك الخطي من محرك ثلاثي الطور هو محرض طبقي بشكل أسنان المشط وملفات تيار Ac متوضعة في الفجوات. عموماً يتوضع محرضان بالتناظر أحدهما مع الآخر. إن الجزء من المحرك الخطي والذي يقوم مقام الدوار بالمحرك العادي يدعى بالإطار. وهو محصور بين المحرضين ويتألف من ناقل صلب من الألمنيوم، مثلاً. إن إطاراً من مادة مغناطيسية (قابلة للمغنطة) كالفولاذ يجعل أحد المحرضين غير ضروري لأن خطوط المغناطيسية (السيالة) للتيار

الكهربائي تقاد من خلال الفولاذ إلى القطب الأخر. الإطار الفولاذي يمكن أن يغطى أيضاً بمادة ناقلة مثل الألمنيوم.



الشكل (4-10) - المحرك الخطي

- أسلوب عمل المحرك الخطي:

إن التيار المتناوب في لفات المحرض يولد موجات مغناطيسية متحركة. هذه التحريضات تقوي تيارات إدي (الإعصارية) في الإطار. والقوة الناتجة في اتجاه حركة الموجة المتحركة تتحرض بوساطة الموجة المتحركة للمحرض وتيارات إدي.

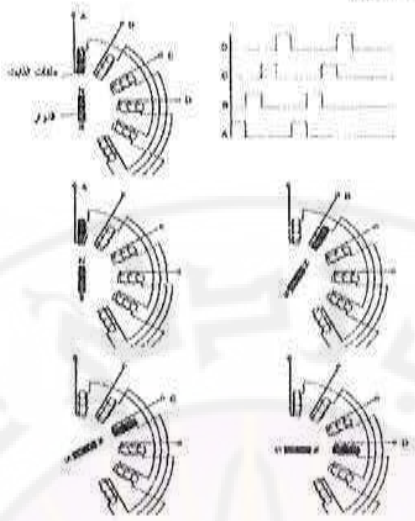
فإذا كان المحرض ثابتاً والإطار قابلاً للحركة مثلاً عند نقل مواد مسطحة، فإن الإطار يتحرك مع الموجة المتحركة. وإذا كان من جهة أخرى المحرض قابلاً للحركة والإطار ثابتاً مثلاً عند قيادة عربة الرافعة على الرافعة، فإن المحرض يتحرك بالاتجاه المعاكس لموجته المتحركة.

يمكن أن تستخدم المحركات الخطية مثلاً كمحركات لنقل المواد، للسيور الناقلة ولتحويل مسارات العربات الحديدية، بالإضافة لقيادة البوابات والنوافذ الزجاجية الكبيرة (الواجهات). وما يزال اختبار استخدامها على السكك الحديدية ذات السرعات العالية جارياً حتى الآن.

- المحرك الخطوي:

هذا العنصر أيضاً يعرف باسم المؤازر الخطوي الذي يعطي الحركة الخطوية مباشرة.

- أسلوب عمل المحرك الخطوي:

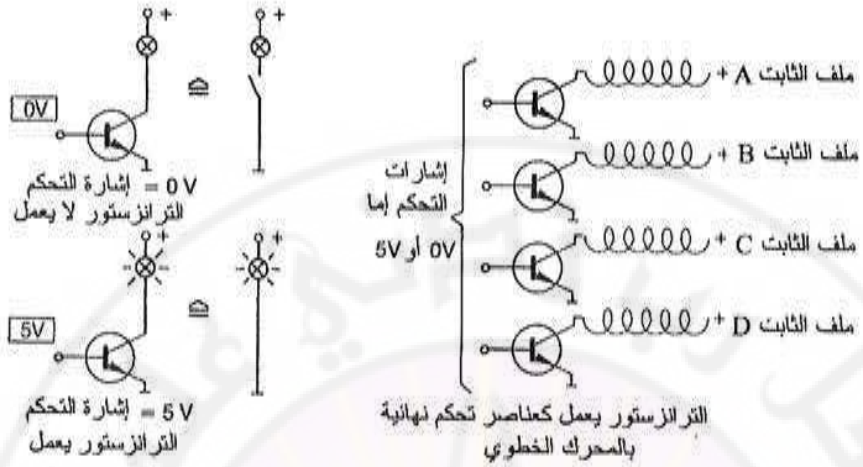


الشكل (4-11) - مبدأ تصميم المحرك الخطوي

الشكل (4-11) يوضح مبدأ تصميم المحرك الخطوي. الدوار مصنوع من مغناطيس دائم ذي اقطاب شمالية وجنوبية. وشائع الثابت تولد مجالاً مغناطيسياً أيضاً عند مرور تيار كهربائي عبرها.

وبما أن الأقطاب المتخالفة تتجاذب، فإن القطب الشمالي في الدوار يتحرك إلى الأمام باتجاه مواجهة قطب الجنوبي في الثابت. ويوجد دوماً قطب جنوبي واحد للثابت وهو على لفة الثابت والذي يمر من خلاله تيار في وقت محدد. إذا أمكن ضمان تشغيل وتوقيف الوشائع المختلفة بأمر محدد، فإن القطب الشمالي في الدوار يقابل القطب الجنوبي المتحرك على الثابت خطوة بعد خطوة. وفي كل لحظة يحدث تغير في الوشيعة وتنتج إزاحة بمقدار خطوة بزاوية ثابتة تماماً. إن العدد الكامل للتغيرات يوافق زاوية دوران كاملة (دورة كاملة).

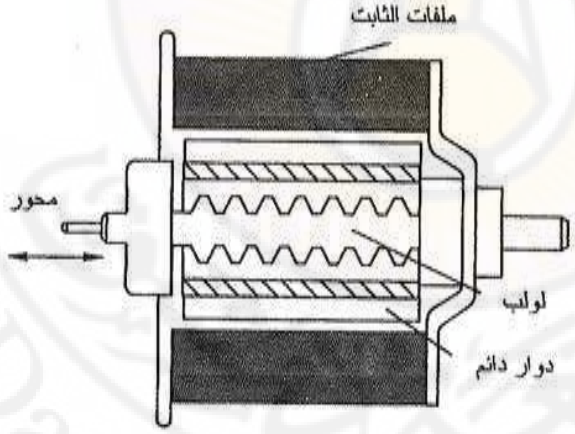
يتم تنفيذ عمليات التغير على وشائع الثابت بوساطة مفاتيح إلكترونية (مفاتيح ترانزيستورية).وهنا تنفذ الترانزيستورات وظيفة عناصر التحكم النهائية.الترانزيستورات تتلقى الأوامر للتغير بوساطة إشارات تحكم ثنائية بسيطة (الشكل 4-12).



الشكل (4-12) - الترانزيستور المستخدم كمفتاح

- استخدام المحرك الخطوي كموازر خطي:

إن المحرك الخطي موضح في الشكل (4-13) .



الشكل (4-13) - مقطع في موازر خطي

في الموازر الخطي يكون الدوار مجهزاً بلولب داخلي ليدخل معه بالتعشيق محور ملولب. كل دورة (خطوة للدوار) في المحرك الخطوي تدفع اللولب إلى الأمام

أو الخلف مسافة محددة. وتوجد هنا علاقة مبسطة بين زاوية الدوران والحركة الخطية. إن الحركة الخطية تنتج من خطوة اللولب (القودة) h مقسمة على 360° ومضروبة بزاوية الدوران α:

$$S = \frac{h}{360^{\circ}} . \alpha$$

إن المؤازر الخطي يؤمن توضعاً دقيقاً نسبياً بالاعتماد على الدقة العالية في تصميمه. وأقصر مسافة يمكن تحقيقها في كل خطوة نرمز لها « بالدقة » ويمكن تحقيق القيمة 0,05 mm. طالما أن عدد الخطوات المقطوعة يحسب عادة من المسافة المقطوعة فلا داعي لاستخدام التغذية المرتدة للإشارة لإعطاء الوضعية التي وصل إليها المحرك.

بما أن المعلومات الرقمية يمكن تحويلها مباشرة إلى حركة خطية، فإن المؤازر الخطي مناسب بشكل دقيق للاستخدام في الأنظمة الرقمية.

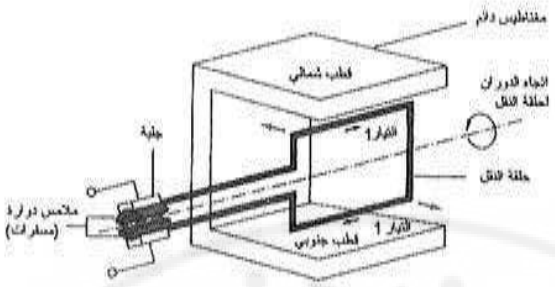
يستخدم المؤازر الخطي مثلاً لقيادة مضخات المعايرة في التحاليل الكيميائية. وعلى كل حال يمكن استخدامه في التقنية الطبية والصناعات الإلكترونية وحيثما تطلب الأمر استخدام صمامات التحكم الدقيقة لتنظيم تدفق الغازات والسوائل ولذلك تقاد به هذه الصمامات.

3-4 - توليد الحركة الدورانية (المؤازرات الكهربائية):

إن أحد أهم العناصر المؤازرة لتوليد الحركات الدورانية هو المحرك الكهربائي. ويوجد عدد من التصاميم المختلفة والتي نبرز هنا أهمها.

- محركات التيار المستمر (DC):

إن مبدأ التصميم لمحرك التيار المستمر موضح في الشكل(4-14)إن المؤازر الدوار يعمل على مبدأ هو أن القوة F تؤثر في ناقل دوار حالما يدخل في المجال المغناطيسي.



الشكل (4-14) - مبدأ محرك التيار المستمر (DC)

إذا دخلت الحلقة (الإطار) الناقلة إلى مجال مغناطيسي، فإن عزم الدوران الذي يدوّر الإطار الناقل حول محوره الأفقي ينتج بسبب التيارات المختلفة الاتجاهات بالتناسب مع الحقل المغناطيسي.

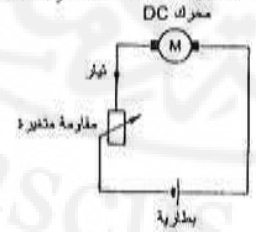
والتيار المزود إلى المحرك يجب أن يعكس لمنع الإطار الناقل من الحركة بالعكس في الاتجاه المعاكس بعد أن يدور بزاوية 180°. وهذا يحقق عن طريق وصل ملامس التوصيل ميكانيكياً إلى المحور الدوار وتزويده بالتيار عن طريق فحمات (مجمعات). وتوصيلة كهذه تدعى بالموصل (مفتاح العكس).ولكي نحقق أكبر عزم للدوران فإن المحرك يصنع عموماً من عدة إطارات ناقلة.

إن سرعة محرك DC تعتمد على الجهد المزود به ولهذا فهي تعتمد على التيار المار. ولذلك يمكن بسهولة أن نغير سرعة المحرك بتغيير جهد التغذية.

ويمكن عكس اتجاه الدوران عن طريق عكس قطبية جهد التغذية. وبالطريقة نفسها حيث يلزم عناصر تحكم نهائية بالأسطوانة الهوائية لخروج وعودة محور المكبس، فإنه يلزم عناصر تحكم نهائية لمحرك DC لقلب اتجاه الدوران.

- أمثلة على ضبط سرعة محرك DC:

يتم ضبط السرعة عن طريق مقاومة متغيرة (بوتنشيومتر) الشكل (4-15).

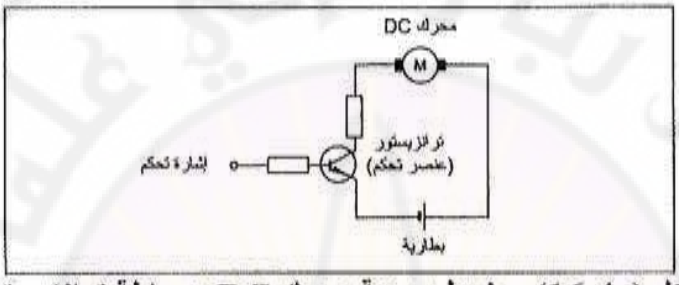


الشكل (4-15) - ضبط سرعة محرك DC بوساطة المقاومة المتغيرة

إن كلاً من تدفق التيار والسرعة يتأثران بالمقاومة المتغيرة. فكلما صغرت المقاومة المركبة، زاد تدفق التيار من خلال المحرك ولهذا تزداد السرعة. والمقاومة المتغيرة تعمل كعنصر تحكم أخير.

إن الضبط يتغير وفقاً لطول المسافة المؤثرة على المقاومة المتغيرة والتي تغير المقاومة (مثلاً تدوير قبضة الضبط). هذا النوع من ضبط السرعة أقل ملائمة للأنظمة الكهربائية أو الإلكترونية البحتة.

ضبط السرعة بوساطة الترانزيستور (الشكل 4-16).



الشكل (4-16) - ضبط سرعة محرك DC بوساطة ترانزيستور

إن مبدأ عمل الترانزيستور مشروح في بحث « الأساسيات ».

إن إشارة التحكم المنطقية توصل إلى قاعدة الترانزيستور. إذا أثر على المجمّع تيار ولهذا يتحرض تيار من خلال المحرك.

- أمثلة على عكس اتجاه الدوران في محرك DC:

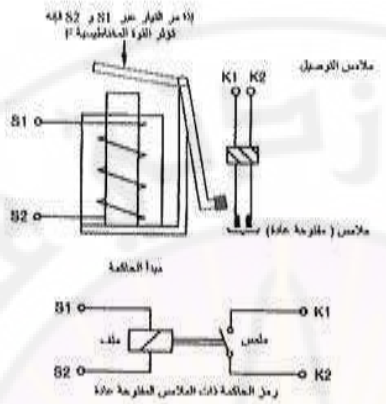
عكس اتجاه الدوران بوساطة حاكمة (ريلية).

إن أسلوب عمل الحاكمة ذات الملف موضح في الشكل (4-17).

هنا أيضاً يستغل التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي. فحالما يمر تيار من خلال الملفين، S2 و S1 فإنهما يتصرفان كمغناطيس ويجذبان الإطار والذي بدورانه يغلق الملامس من خلال ميكنزم عتلة.

إن نوع الملمس الموضح في الشكل يغلق عند مرور التيار في الملف. ونصطلح على ذلك بالملمس المفتوح في الحالة الطبيعية. والملامس التي تفتح في هذه الحالة تدعى ملامس مغلقة بالحالة الطبيعية. في الحياة العملية فإن الحاكمات تزود بواحد أو أكثر من هذا النوع من الملامس أو بمجموعة مختلطة منها. النوع الأكثر تطوراً من

الملامس هو الملمس المبدل والذي يقلب من تلامس أول مع أول ملمس إلى تلامس آخر مع ملمس آخر. الشكل (4-18) يوضح التغير في اتجاه الدوران باستخدام حاكمة مزودة بملامسين قلابين.



الشكل (4-17) - مبدأ عمل الحاكمة ذات الملف (الوشيعة)

1 - الدوران باتجاه دوران عقارب الساعة:

إن إشارة التحكم توضع على 0V وتعني أن الحاكمة محررة وأنه يمر تيار في الاتجاه الموضح بالأسهم.

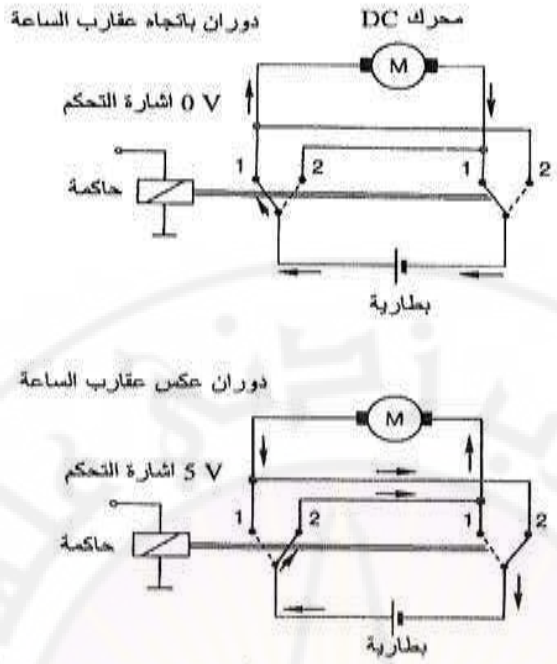
2 - الدوران باتجاه عكس عقارب الساعة:

إن إشارة التحكم توضع على 5 V، والحاكمة مسحوبة (الإطار) والتيار سيمر بالاتجاه المعاكس.

- تغيير اتجاه الدوران باستخدام ترانزيستور (الشكل 4-19).

1 - الدوران مع عقارب الساعة:

في هذا المثال تقوم الترانزيستورات بمهمة مفاتيح إلكترونية. فهي تطلق النبضات بأزواج. أثناء الدوران مع عقارب الساعة فإنإشارة التحكم y1 توضع على 0V و y2 توضع على 5V. لهذا فإن الترانزيستورين T2 و T3 متحكم بهما بشكل كامل ويمر التيار في الاتجاه الموضح بالأسهم.



الشكل (4-18) - تغيير اتجاه الدوران في محرك DC بوساطة حاكمة

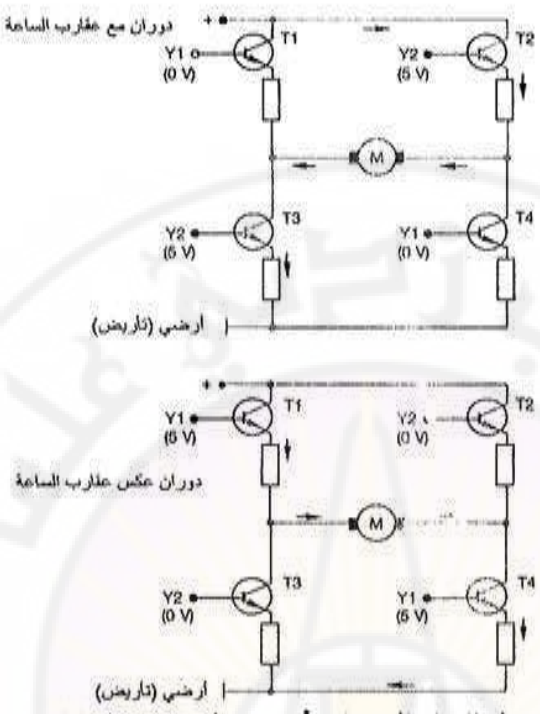
- الدوران عكس عقارب الساعة:

أثناء الدوران عكس عقارب الساعة فإنإشارة التحكم y1 توضع على 5V والإشارةy2 توضع على 0V. وهذا يعني أن الترانزيستورين T1 و T4 متحكم بهما بشكل كامل.

والتيار يمر في الاتجاه المعاكس أثناء الدوران مع عقارب الساعة وعكس عقارب الساعة.

في هذا المثال فإن الترانزيستورات تعمل كمفاتيح إلكترونية. وهي تطلق النبضات بأزواج T1 و T4 يتأثران بإشارة التحكم y1، أما T2

و T3 فبإشارة التحكم y2. إذا كانت y1 (الدوران بالاتجاه 1) فعالة T1 و T4 ستعمل. والتيار يمر في الاتجاه المبين بالأسهم التي تمر من خلال اتجاه الدوران 1 وتحدده. وإذا كانت y2 فعالة فإنه تتغير الحالات: T2 و T3 ستعمل. والتيار سيمر في الاتجاه الموضح بالأسهم واتجاه الدوران سيتغير.



الشكل (4-19) - تبديل اتجاه الدوران في محرك DC باستخدام تزانزيستورات

عملياً فإن التحكم الإلكتروني ينفذ عموماً كلا الوظيفتين(ضبط السرعة واتجاه الدوران).

- المحرك التزامني العامل بالتيار المتناوب (AC):

إن المحرك التزامني بالتيار المتناوب، وكما في المحرك بالتيار المستمر فإنه يستخدم فيه تأثير التيار الكهربائي في توليد التأثير (التحريض) المغناطيسي. إن التيار المتناوب يولّد حقلاً مغناطيسياً متناوباً. والدارات المناسبة تولد مجالاً مغناطيسياً يحيط بالجزء الثابت من المحرك.وهو يشكل الحقل الدوار. وفي تردد الجهد المزود فإن القطب الشمالي والجنوبي يتحركان حول الثابت. والمغناطيس الدائم الدوار يدور بالتزامن مع هذا الحقل الدوار. وينتج التردد التابع لحركة الدوران. وهناك إمكان تغيير السرعة فقط بتغيير التردد. وضبط السرعة أكثر تعقيداً هنا منه في حالة المحرك DC، ولهذا تستخدم المحركات التزامنية حيث لا يلزم تغيير السرعة. على كل حال

فالمحركات التزامنية قادرة على إعطاء سرعات أكبر وثابتة.

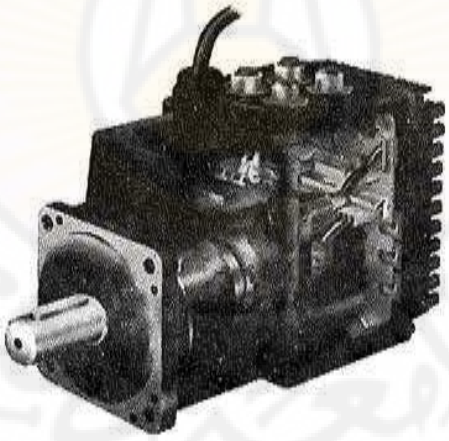
- محرك التتبع الكهربائي:

إن الخاصة الأساسية للمحركات الكهربائية المستخدمة في محركات التتبع، تعد المجال الواسع وغير المحدود (السابح) للتحكم بسرعتها مع قابلية تغيير اتجاه الدوران. وقد اتسع استخدام المحركات ذات التيار المستمر في هذا النطاق والتي تتمتع بخواص عدم محدودية نطاق التحكم بالسرعات ضمن مجال واسع وبمردود عالٍ بشكل كافٍ.

ويحقق استخدام المحرك الكهربائي القابل للتحكم ذي التيار المستمر في ميكنزمات الحركة الرئيسة في الآلات المبرمجة رقمياً إمكان اختيار سرعات القطع وفق أي رقم في الخرج حتى أثناء عملية القطع وذلك باستخدام أجهزة ذاتية الضبط، وكذلك يحقق تسهيل عملية التحكم بتبديل السرعات.

وفي المجموعات الحديثة من الآلات يستخدم في ميكنزمات الحركة الرئيسة محرك ذو المغيّر الثايرستوري.

- أنظمة ومحركات السيرفو الكهربائية:



الشكل (4-20) محرك السيرفو الكهربائي

نظراً للتطور الفني والتقني السريع في منظومات التحكم والتجهيزات الصناعية أصبحت المتطلبات الحالية لبناء منظومة تحكم تحتاج لمواصفات عالية جدا كالدقة والسرعة والوثوقية والجودة...الخ. ومن هنا نشأت أنظمة السيرفو Servo System.

والمعنى البسيط لنظام السيرفو هو نظام ملاحقة دون وجود خطأ أي إنه يقوم بملاحقة حالة الخرج عن طريق تغذية عكسية Feed Back يتم من خلالها التأكد من القيمة الحالية ثم يتم التحكم بالمحرك للوصول للقيمة المطلوبة وفق أداء مثالي.

ومحرك السيرفو:هو أحد أنواع المحركات الخاصة (special machine) وهو يستخدم في التحكم الموضعي(position control)لذلك فهو يسمى أحياناً control motor الشكل (4-20)، ولقد قامت عدة شركات بإنتاج منظومات تحكم ذات كفاءة عالية جداً ومن أهم هذه المنظومات نظام السيرفو، والذي يتكون من محرك سيرفوServo Motor و دارة قيادة Servo Drive ونظام تحكم بدارات قيادة السيرفو، حيث تدعم أنظمة التحكم القابلة للبرمجة PLC التحكم بأكثر من محور سيرفو وذلك بسهولة فائقة حيث توجد تعليمات جاهزة للتحكم بدارة قيادة السيرفو.

ويوجد نظامان: النظام الأول يأتي بمحركات تكون ميزة دارات القيادة فيها أنها تحتوي شاشة لإدخال البارامترات مباشرة وضبط النظام حسب التطبيق (مثل ضبط الانفيرتر) بالإضافة إلى إمكانية ضبطها عن طريق الكومبيوتر أو الـPLC.

وأما النظام الثانيفيمكن ضبطها بواسطة شاشة خاصة خارجية (Handheld Digital Keypad) بالإضافة للكومبيوتر أو الـPLC.

وتتميز هذه الأنظمة بالدقة العالية جداً حيث يمكن معايرتها للحصول على عدة أنماط للعمل كالموضع Position أو السرعة Speed أو العزم Torque وحتى أنها يمكن أن تعمل على نمطين بآن واحد كالموضع والسرعة معاً أو الموضع والعزم .....

إن مفاهيم التحكم بأنظمة السيرفو لم تتغير بشكل كبير خلال 50 عاماً مضت، السبب الأساسي لاستعمال أنظمة السيرفو _ وعلى العكس من أنظمة الحلقة المفتوحة _ أدى

إلى تحسين في أزمان الاستجابة العابرة، وقلل الأخطاء الحاصلة عند الاستقرار، كما قلل من الحساسية تجاه تغيرات الحمل.

تحسين أزمان الاستجابة العابرة يعني زيادة عرض مجال النظام (وذلك بسبب تصغير هذه الأزمان)، كما أنه يساعد الآلة على سرعة الاستقرار. أما تخفيض أخطاء وضع الاستقرار فهو يتعلق بدقة الآلة بشكل عام. وأخيراً تخفيض الحساسية تجاه الحمل يعني امتصاص أي اهتزازات تحصل في دخل النظام.

ومن أهم المزايا التي تدعمها أنظمة السيرفو:

1. الأداء الممتاز والمستقر للمحرك حيث إنه لا يتجاوز زمن الاستقرار للمحرك 1mS وحتى إنها تبقى مستقرة في السرعات المنخفضة كما يمكنها الانتقال في حالة اللاحمل من السرعة 3000rpm- إلى السرعة 3000rpm بزمن لا يتجاوز الـ 10mS.

2. إن عمليات التحكم يمكن تنفيذها بسهولة باستخدام توابع التحكم المبنية داخلياً ضمن نظام السيرفو.

3. تتميز منحنيات عمل هذه الأنظمة بنعومة عالية وهذا الأمر يحسن من كفاءة النظام، وهذه النعومة تفيد في حركة المنحنيات عند استخدام نظام السيرفو في مكنات الـ CNC بمحورين أو أكثر فهي تعطي نعومة فائقة.

4. في تقنية التوليف Tuning Technology يوجد نمطين للعمل حيث يتم استخدام نظريات التحكم الأقوى Robust Control لمجال واسع من التغييرات التي تحدث بسرعة عالية في عطالة الحمولة، أما في حالة التغييرات التي تحدث بسرعة بطيئة في عطالة الحمولة فيتم استخدام تقنية التوليف الآلي Auto-tuning control كما يستخدم تابع تحكم من النمط PDFF والذي يعتبر متطور عن النمط PI.

5. تدعم منافذ الاتصال RS422 / RS-485 / RS-232.

6. تتميز محركات السيرفو الحديثة بوجود مرشحات تقوم بتخميد إشارات الضجيج الناتجة عن الطنين العالي.

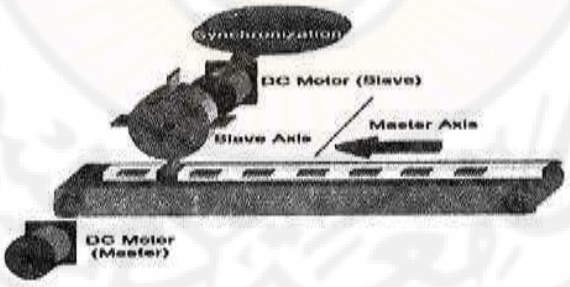
7. يوجد برنامج مساعد يتميز بالسهولة التامة، حيث إن البارامترات مصنفة ويوجد في البرنامج مخططات صندوقية للعديد من التطبيقات تبين آلية العمل بشكل واضح يمكن ضبط البارامترات من خلالها.

8. الاستجابة الفائقة للسرعة fast response بمعنى أن تصل سرعةالمحرك للقيمة المطلوبة فور توصيل المحرك بالمنبع، كما يجب أن يتوقففور فصل المنبع عن المحرك.

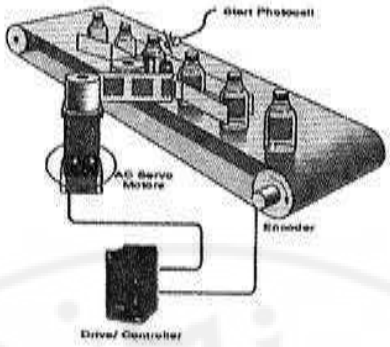
9. أن تكون العلاقة بين الجهد والسرعة علاقة خطيةوذلك من أجل تبسيط منظومة التحكم و مكوناتها و تحسين كفاءته.

10. أن يقبل المحرك تكرار عمليات الفصل والتوصيل مهما تعددت.

و من أمثلة تطبيقات هذا المحرك تحريكأجهزة الرادارواطباق استقبال الأقمار الصناعية ويستخدم أيضاً في تحريك أجنحةالطائرات وبعض أنواع أجهزة الطباعة، ومن الملاحظ أن كل هذه التطبيقات تعمل علىسرعه بطيئة جداً، لذلك فإن محركات السيرفو تتميز بسرعات بطيئة جداً.الشكل (4-21).



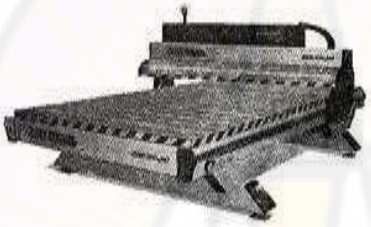
عمليات التزامن الحرجة و الدقيقة



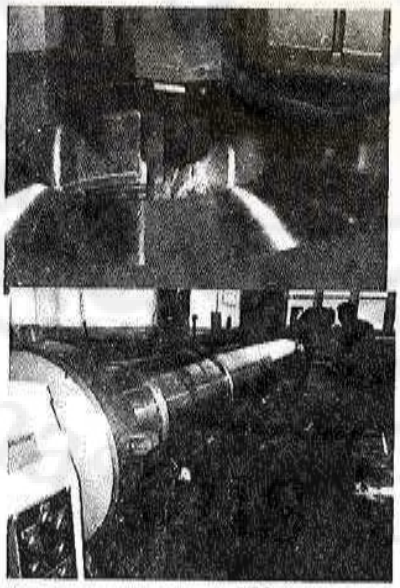
عمليات القيادة بطريقة الحلقة المغلقة

و التطبيق الأكثر استخداماً هو آلات الـ CNC المختلفة

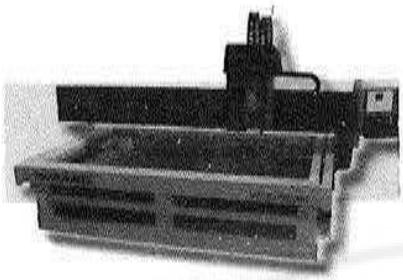
آلة قص بالليزر



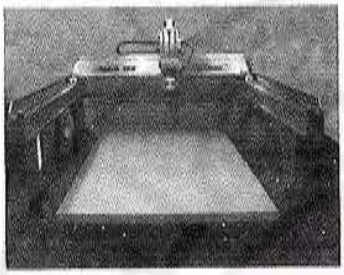
آلة تفريز CNC



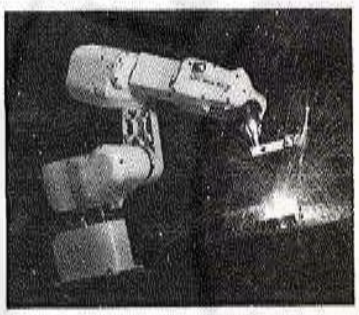
مخارط الـ CNC



آلة الحفر على الخشب CNC



آلة قص و حفر على الستيريوبور



و هناك استخدام شائع أيضاً في مجال مهم من مجالات التكنولوجيا الحديثة، ألا و هو الروبوتاتبأنواعها المختلفة الصناعية والمنزلية والخدمية والخ...

الشكل (4-21): أمثلة على استخدامات محركات السيرفو الكهربائية

- **أساسيات التحكم بالحركة من خلال أنظمة السيرفو**

عند التصميم يجب مراعاة هذه المواصفات في المحرك، فمثلا للحصول على سرعة استجابة مرتفعه يجب تخفيضقيمة عزم القصور الذاتي للعضو الدائر The (J) moment of inertia و يتم تخفيضقيمة (J) بإنقاص قطر الدوار Rotor (D) وزيادة طوله (L) و يتم ذلك بشكل أساسي في جميعمحركات السيرفو، وبخلاف ذلك هناك الكثير من تعديلات التصميم التي يقوم بها المطورونمن خلال الأبحاث بهدف الحصول على قيمه أقل ل (J).

وبشكل عام فإن محركات ال Servo تتنوع بين محركات تعمل على التيار

المستمر وأخرى تعمل على منبع التيار المتناوب،وغالبية هذه الأنواع تعتمد أسلوب ال Armature Control من أجل تحقيق التحكم بالتوضع Position Control وذلك عن طريق تغيير قيمة الجهد.

وكلا النوعين له مميزات وعيوب فمثلاً محركال DC يتميز بالعلاقات الخطية بين الجهد و السرعة وأيضا بين العزم و السرعة، لذلكفإن منظومة التحكم به أبسط وأكثر كفاءة، و لكنه أعلى سعراً ووزناً من محرك ال ACويحتاجإلى صيانة ولا يمكن استخدامه في الأماكن الخطرة وذلك بسبب الشرارة التي تحدث عند المسفرات.

ومحرك AC Servo Motorيتميز ببساطة التركيب وقوة التحمل ورخص السعرولكن يعيبه أنه من الآلات ال Highly Coupledحيث إن الزاوية بين مجالي الثابت Statorوالدوار Rotorليست 90درجه والعلاقة بين العزم والسرعة ليست علاقة خطيه وكذلك العلاقةبين الجهد والسرعة ليست خطيه كما هو مطلوب أن يكون، و لكن الأبحاث تعمل على تلافيهذه العيوب.

يمكن أن نقسم التحكم بأنظمة السيرفو بشكل عام إلى مستويين أساسيين من المشاكل، الأول يتعلق بقدرة النظام على تنفيذ الأوامر المطلوبة، بمعنى مدى تطابق الحركة الواقعية مع هذه الأوامر. المعاملات الأساسية للتحكم بالحركة الدورانية هي الموضع والسرعة والتسارع والعزم. أما المعاملات الأساسية للتحكم بالحركة الخطية فهي نفسها ولكن يستبدل العزم بالقوة. تعتبر التغذية الأمامية من أنظمة السيرفو هي الجزء المعني بهذه المشكلة، يمكن أن يعبر عن التغذية الأمامية بأنها الأوامر الداخلية الواجب تنفيذها لتتم الحركة وفقاً للحركة المطلوبة وبدون أي أخطاء، وبمعرفة دقيقة بشكل كاف لنوع المحرك وللحمل أيضاً.

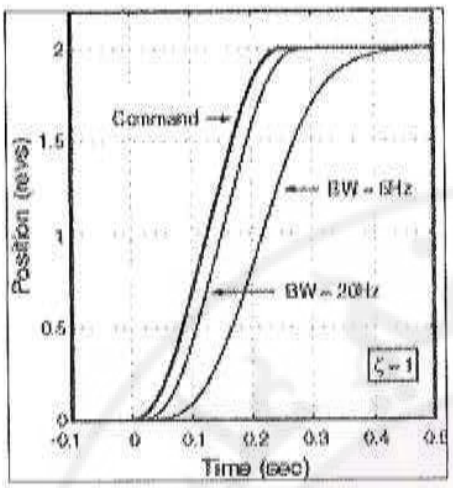
المستوى الثاني من العقبات التي تواجه أنظمة السيرفو هي منع أي اهتزازات في استجابة النظام. هذه الاهتزازات من الممكن أن تكون اهتزازات في العزم المطبق على محور المحرك لتصحيح أي خطأ أو إزاحة عن المطلوب من خلال حلقة التغذية

الأمامية. حلقات PID (وهي ما يعرف بتناسبي، تكاملي، تفاضلي بالنسبة للموضع)، وحلقات PIV (وهي ما يعرف تناسبي بالنسبة للموضع، وتكاملي تفاضلي بالنسبة للسرعة) هي التي تستعمل لمواجهة مثل هذه المشاكل. وعلى عكس أنظمة الحلقة المفتوحة تقوم أنظمة السيرفو بالتنبؤ بالأخطاء التي يمكن أن تحدث ليتم تلافيها مسبقاً من قبل النظام كما تقوم أنظمة الحلقة المغلقة بالتفاعل مع المشاكل غير المتوقعة. أيضاً أنظمة السيرفو المتكاملة تجمع بين كلا النوعين من الأنظمة ليتم تحقيق الأداء الأفضل.

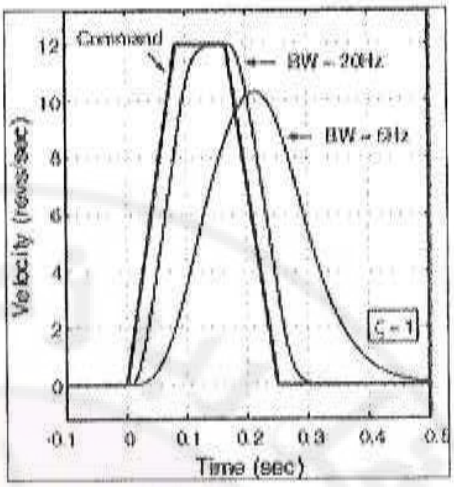
شبه منحرف الحركة:

عادة ما يتم اختبار أنظمة السيرفو بتابع الاستجابة النبضي لمراقبة استجابة النظام، بمجرد معرفة ذلك عندها يجب على المصمم أن يهتم بمعرفة أداء المحرك ضمن الحركات الواقعية، وعندها عليه أن يقرر وفقاً لمخططات السرعة، حيث إن أشهر منحيات السرعة هو شبه منحرف السرعة. هذا المنحني سيكون كافياً لحساب المتغيرات الخاصة بكل معامل من معاملات الحركة وهي السرعة والموضع والتسارع. ونظراً لازدياد الحاجة لحركة بتسارع وانخفاض تسارع سلس أكثر، تم اللجوء إلى مخططات حرف "S" ومخططات أخرى، الشكل (4-22).

في دراستنا هذه سنتعرض فقط لمنحني شبه المنحرف البسيط، حيث يحتوي هذا الاختبار على حركتين خلال ربع ثانية، بأزمان متساوية لكل من التسارع والسرعة المنتظمة والسرعة المتناقصة، والشكل التالي يظهر هذه المخططات بعد استخدام أنظمة PIV، أيضاً لاحظ كيف أن زيادة عرض المجال أدى إلى تحسين في كل من استجابة الموضع والسرعة.

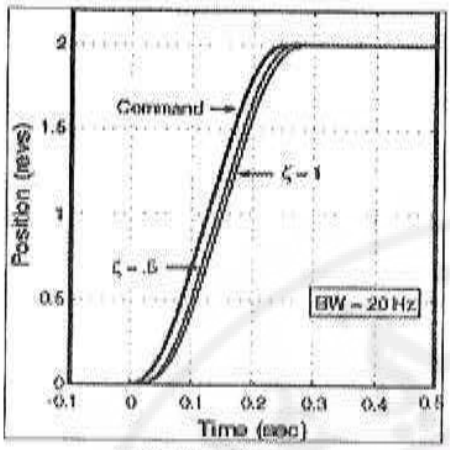


a) Position Response

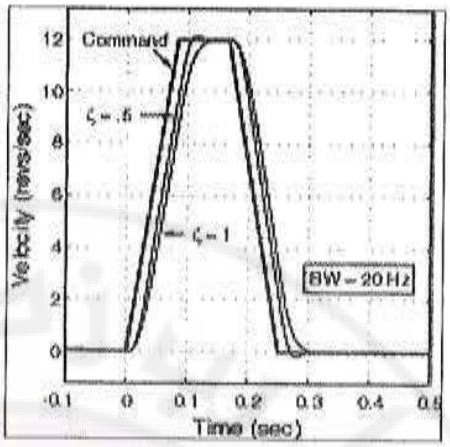


b) Velocity Response

كقاعدة يمكن أن نعتبر أن زيادة عرض المجال قدر الإمكان سيعمل أكثر على استقرار النظام وسيعطي قدرة أكبر على التنبؤ باستجابته. في حال حدوث بعض الاهتزازات فيمكن تخفيض الانحراف بزيادة عامل التخامد، الأشكال تمثل النظام عند وضع قيمة ثابتة لعرض المجال 20 Hz وتغيير قيمة عامل التخامد من 1 (التخامد الحدي) إلى 5 حيث إن الشكلين يمثلان تغيرات الموضع والسرعة بشكل دقيق، لاحظ أنه حتى عند عامل تخامد مثل 5 هناك بعد الانحرافات باستجابة النظام، حيث إن شبه منحرف الحركة لا يهتم بشكل كبير بمثل هذه الانحرافات أو الاهتزازات المرافقة. الشكل (2-4-22).



a) Position Response



b) Velocity Response

الشكل (4-22) تغيرات الموضع والسرعة في محرك السيرفو الكهربائي

أيضاً لاحظ في المخططات السابقة كمية الأخطاء في الموضع وفي السرعة، المتطلبات الأساسية لأي مخططات منع اهتزاز لمعرفة الأخطاء الحاصلة في استجابة النظام. من الواضح أنه يجب البحث عن طريقة أخرى لتحصيل أخطاء قيمتها تساوي الصفر.

التحكم بتقنية PID:

تظهر في الشكل التالي العناصر الأساسية لنظام السيرفو باستخدام معادلات لابلاس، في النظام الموضح في هذا الشكل يغلق متحكم السيرفو Servo Drive حلقة التيار حيث غالباً ما يمثل بعنصر بسيط غالباً ما يكون خطي تابع تحويله G(s). وطبعاً يملك متحكم السيرفو Servo Drive حدوداً أعظمية وأصغرية للتيار وبالتالي خطية النظام ليست دقيقة بما فيه الكفاية. بشكل عام يستقبل المحرك جهوداً تحتوي على تيارات معينة، ويتناسب عزم المحرك خطياً مع التيار وفق الثابت K_t

$$T \approx K_t I$$

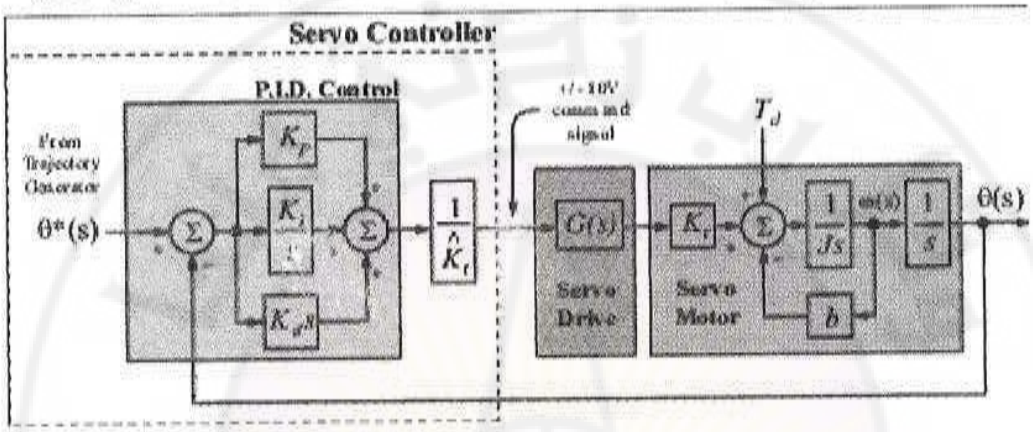
سنفترض في هذا التحليل أن منظم التيار (متحكم السيرفو السابق) والذي هو نفسه منظم العزم سيحقق لنا أقل تردد متوقع للحركة وبالتالي يكون تابع التحويل من الشكل

$$G(S) \approx 1$$

يمثل محرك السيرفو في هذا المخطط بعدة معاملات هي العطالة J، لزوجة السوائل المتوضعة ضمن المحرك b، بالإضافة إلى ثابت العزم K_t و [illegible] عطالة هي عطالة المحرك والحمل بشكل مشترك، حيث افترضنا أن الـ [illegible] المحرك بشكل وثيق،

وهذا ما سمح لنا بالتعبير عن العطالة كمجموع لكل من عطالة المحرك والحمل. أما لو كان غير ذلك فإن تمثيل المحرك سيتطلب معادلات خاصة بالحركة

يقاس الموضع $\Theta_{(s)}$ بواسطة مرمّز encoder أو محلل resolver واللذان يتصلان مباشرة بمحور المحرك، وبافتراض وجود هذه التغذية الخلفية يمكن تجنب الاهتزازات الميكانيكية. أيضاً اهتزازات محور المحرك الخارجي سوف تعطي عزماً سوف يضاف إلى العزم الأساسي المقدم من قبل المحرك ليزيد من عطالة الحركة J. الشكل (4-23).



الشكل (4-23): مخطط صندوقي للتحكم بمحرك سيرفو كهربائي

إضافة إلى قسم قيادة المحرك Servo Drive والمحرك نفسه Servo Motor هناك ما يسمى **بمتحكم السيرفو** Servo Controller والذي يتألف من قسمين أساسيين وهما **مولد الأوامر الخاصة بمسار المحرك** Trajectory Generator ومن متحكم PID.

مولد مسار المحرك:

يقوم بتوليد الأوامر المراد توجيه المحرك على أساسها والمولدة من قبل المستخدم والمشار إليها في المخطط بالرمز SΘ□□) أما **متحكم PID** فيقوم بتصحيح أوامر الموضوع إضافة إلى تقييس إشارة الخرج لتكون مناسبة للعزم المطلوب وذلك وفق المعاملوفي حال كان ثابت العزم غير معروف يقوم PID بتغيير الربح وتقييس إشارة الخرج لتكون بالشكل المناسب، لأنه غالباً ما يكون ثابت العزم غير معروف وقد استعملنا الرمز "^" للدلالة على أن هذه القيمة هي قيمة مقدرة وليست قيمة دقيقة. ولكن غالباً ما يكون التقدير دقيقاً بما فيه الكفاية.

هناك ثلاثة أنواع من الربح يجب ضبطها في متحكمات PIDوهم K_pو K_iو K_dوجميع هذه الأنواع من الربح تتعامل مع الخطأ الناتج عن الموضع كما في المعادلة:

$$error(t) = \theta^{*}(t) - \theta(t)$$

حيث خرج متحكم PIDسيكون من الشكل:

$$P.I.D.\ output(t) = K_p\left(error(t)\right) + K_i\int\left(error(t)\right)dt + K_d\frac{d}{dt}\left(error(t)\right)$$

وذلك في المجال الزمني، والآن سندرس الأساس الذي يبنى عليه اختيار كل ثابت من هذه الثوابت.

توليف حلقة PID:

هناك طريقتان رئيسيتان لاختيار ثوابت الربح في متحكمات PID، إما طريقة **التجربة والخطأ** من قبل المشغل أو طريقة **التحليل**. طريقة التجربة والخطأ تعتمد بشكل كبير على خبرة المشغل، والسيئة الرئيسية لهذه الطريقة هي أنها لا تملك أفق فيزيائي كما أنه من المستحيل فيها معرفة قيم الربح المثالي، وقد ظلت هذه الطريقة هي المستخدمة لعقود ولا تزال تستخدم في أيامنا هذه ولكن للتحكم بالأنظمة الضعيفة المستوى.

أما بالنسبة لطريقة التحليل فقد تم ابتكارها من خلال زيغلر ونيكولاس *Zieglar and Nicholas* وقد ابتكرا هذه التقنية بعد خبرة كبيرة في مجال الصناعة والتحكم، وقد افترضا هذه الفرضية لعمليات التحكم بشكل عام ولكن يمكن تطبيقها على أنظمة السيرفو، حيث اعتمدت هذه الطريقة على خطوتين أساسيتين:

الخطوة الأولى: إعطاء القيمتين K_iو K_d القيمة صفر، وتشغيل النظام بنمط الخطوة الواحدية، ومن ثم زيادة القيمة K_p حتى يبدأ محور المحرك بالاهتزاز. عند هذه النقطة تسجل قيمة K_pوتسند لقيمة جديدة هي K_0 كما يسجل تردد الاهتزاز f_0.

الخطوة الثانية: من ثم يتم استنتاج قيم الربح في نظام PID بحسب المعادلات التالية:

$$K_p = .6K_o, \quad Nm/rad$$

$$K_i = 2f_oK_p, \quad Nm/(rad\cdot\sec)$$

$$K_d = \frac{K_p}{8f_o}, \quad Nm/(rad/\sec)$$

إن العامل التناسبي يؤثر بشكل مباشر على استجابة النظام بالنسبة للموضع والخطأ الحاصل، كما يؤثر العامل التكاملي على القدرة على إرغام النظام ليكون الخطأ في حالة الاستقرار يساوي الصفر، أما العامل التفاضلي فيؤثر في تأمين رد فعل سلس على اهتزاز النظام.

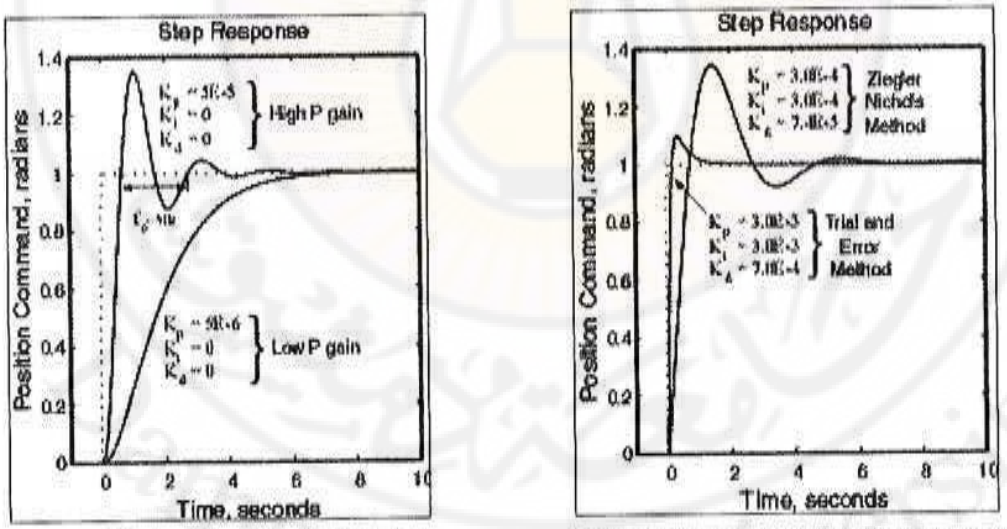
كمثال تم اختبار هذه الطريقة على محرك من انتاج شركة *Delta* نوع *compumotor BE342A* مع متحكم عام، هذا المحرك امتلكت معاملاته القيم التالية:

Motor Total Inertia J = 50E-6 kgm^2
Motor Damping b = .1E-3 Nm/(rad/sec)
Torque Constant K_t = .6 Nm/A

بمراقبة النظام واهتزازات العزم تم تنفيذ الخطوتين السابقتين:
أولاً: تمت زيادة العامل التناسبي حتى بدأ النظام بالاهتزاز، حيث K_0 = 5E-5 Nm/rad وتم الاهتزاز بتردد f_0.
ثانياً: كانت المعاملات المثالية بحسب طريقة زيغلر- نيكولاس (Z-N) كالتالي:

$$K_p = 3.0E\text{-}4 \text{ Nm/rad}$$
$$K_i = 3.0E\text{-}4 \text{ Nm/(rad/sec)}$$
$$K_d = 7.4E\text{-}5 \text{ Nm/(rad/sec)}$$

الشكل التالي *(4-24)* يظهر شكلين، الأول يظهر بدء استخدام النظام حتى يهتز الخرج، والثاني يظهر مقارنة بين طريقة زيغلر- نيكولاس وطريقة التجربة والخطأ، يظهر بوضوح أن طريقة التجربة والخطأ أعطت استجابة أسرع واهتزاز أقل، وبالتالي لا يمكننا الحكم على المعاملات الأفضل دون عمل اختبارات معمقة في البداية.



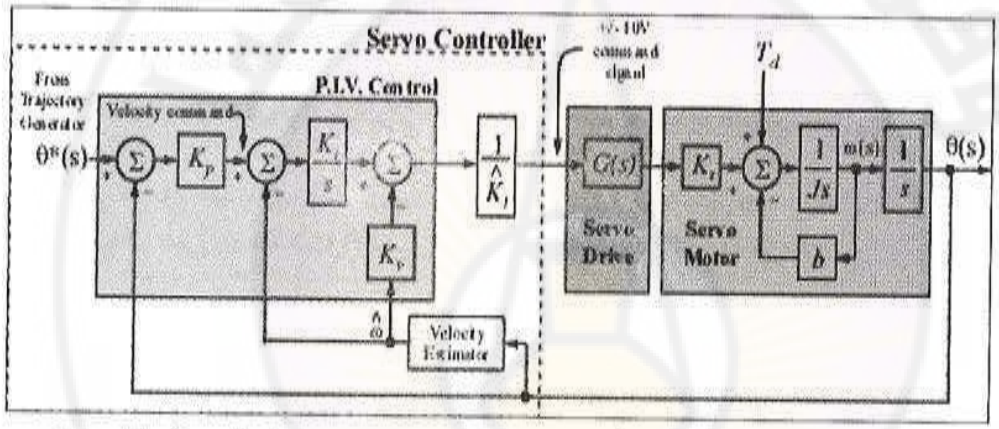
a) Determining K_o of Z-N Method b) Comparing Z-N to Trial and Error Method

الشكل (4-24): اختيار ثوابت الربح في متحكمات *PID* بأسلوبين مختلفين

كما لاحظنا من المخطط فإن النظام بطريقة زيغلر- نيكولاس استقر بعد 6 ثواني الأمر الذي يجعلها مستحيلة الاستخدام ضمن نظم التحكم بالحركة، على عكس طريقة التجربة والخطأ والتي أعطت استجابة سريعة نسبياً.

التحكم بطريقة PIV:

لكي نملك قدرة أكبر على التنبؤ باستجابة النظام نحتاج إلى طريقة بديلة، حيث تظهر طريقة PIV *الظاهرة في الشكل*(2-4-25) *حيث تحتوي بشكل أساسي على حلقة تحكم بالموضع متضمنة حلقة تنبؤ بالسرعة. بشكل مفصل أكثر، خطأ الموضع ضُرب بالمعامل* K_p *لتصبح الأوامر الداخلة أوامر تصحيح للسرعة، أما المعامل التكاملي* K_i *فيتحكم مباشرة بخطأ السرعة عوضاً عن خطأ الموضع في نظام* PID، *أيضاً استبدل المعامل التفاضلي بالمعامل* K_v *المتوضع في حلقة السرعة، لاحظ أنها جميعها تستخدم الواحدة نفسها* Nm/rad.



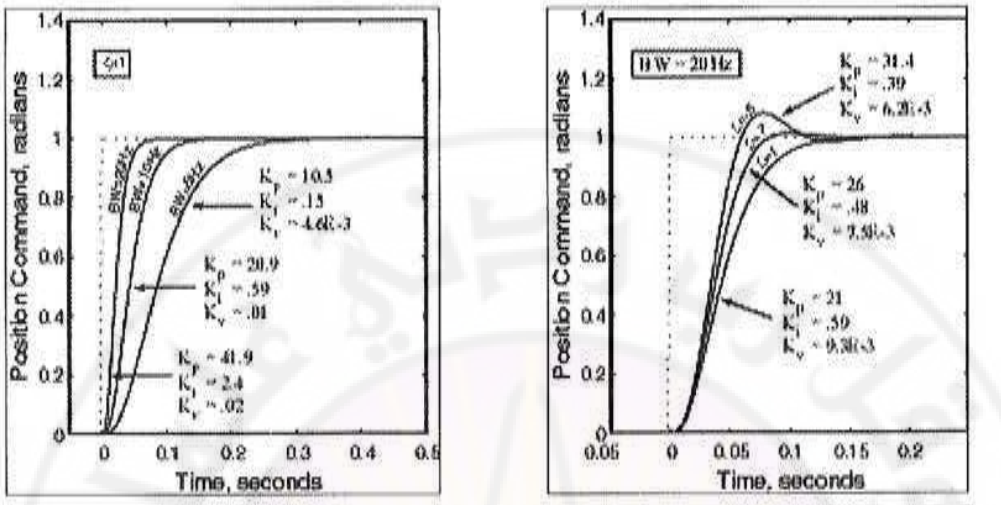
الشكل *(4-25)* المخطط الصندوقي لسلوب التحكم *PIV* بمحرك السيرفو الكهربائي

التحكم بطريقة PIV يتطلب معلومات عن سرعة المحرك، والمعبر عنها في الشكل السابق بمقدر السرعة VelocityEstimator والذي غالباً ما يكون عبارة عن مرشح بسيط، والذي يمكن أن يسبب تأخير زمني كبير والذي يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار من أجل دقة الاستجابة. عوضاً عن ذلك يمكن أن تحصل الاستجابة عن طريق مراقب سرعة Velocity Observer. هذا المراقب يتطلب مرشح ذو خصائص عديمة التأخير، من جهة أخرى أيضاً يجب أن تكون إشارة السرعة نقية قدر الإمكان.

توليف حلقة PIV:

لتوليف هذا النظام نحتاج لمعاملين فقط، الأول هو عرض مجال النظام Bandwidth (BW) والثاني هو معامل التخامد ع أيضاً نحن بحاجة إلى تقدير عطالة

النظام $\hat{J}$ ومعامل التخميد $\hat{b}$ من أجل تركيب النظام والذين يمكن أن يحصلا من خلال قيادة المحرك. الشكل التالي(4-26) يظهر استجابة النظام من أجل عدة مستويات من عرض المجال والتخميد.



a) Damping fixed(ζ=1), Bandwidth varies

b) Bandwidth fixed(BW= 20Hz), Damping varies

الشكل (4-26) استجابة النظام من أجل عدة مستويات من عرض المجال والتخميد

عند تثبيت التخامد وتغيير عرض المجال نلاحظ أن عرض المجال يتحكم مباشرة بالزمن اللازم لاستقرار النظام، كلما كان عرض المجال أكبر انخفض الزمن اللازم للاستقرار.

أما بالنسبة للتخامد فيتعلق بالاهتزازات الأولية والثانوية للنظام، تخفيض التخامد أدى إلى اهتزازات بمطالات أكبر إضافة إلى زمن استقرار أقل بمقدار قليل جداً.

يمكن حساب معاملات الربح الداخلية في نظام PIV بشكل مباشر من عرض المجال والتخامد وذلك بعد تقدير العطالة $\hat{J}$ وتخامد (الممانعة) الخاصة بالمحرك $\hat{b}$، كما أن تطبيقها أعطى سهولة كبيرة للتحكم، يمكن أن توصف معاملات الربح وفق نظام PIV وفق المعادلات التالية:

$$K_p = \frac{2\pi BW}{2\zeta + 1}, \quad 1/\sec$$

$$K_I = (2\pi BW)^2 (1 + 2\zeta)\hat{J}, \quad Nm/rad$$

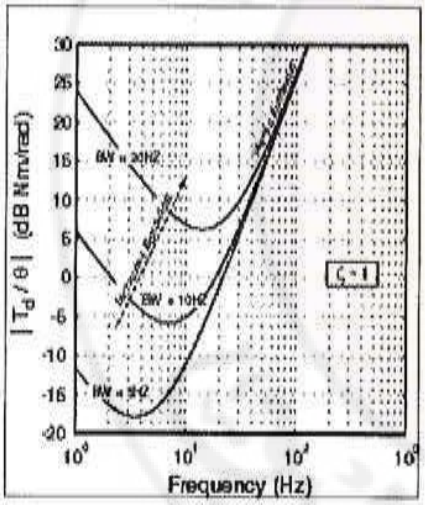
$$K_v = (2\pi BW)\left((1 + 2\zeta)\hat{J}\right) - \hat{b}, \quad Nm/(rad/\sec)$$

في الواقع لن يحتاج المستخدم لتطبيق خطوة واحدية على النظام، إلا إذا كانت هذه الخطوة صغيرة جداً لدرجة لن تؤذي النظام، حيث أن طريقة الخطوة الواحدية لدراسة وتحديد درجة استجابة النظام هي الأكثر استخداماً. ولقد استخدمت هذه الأنظمة (PID،PIV) لمنع الاهتزازات الغير متوقعة في العزوم.

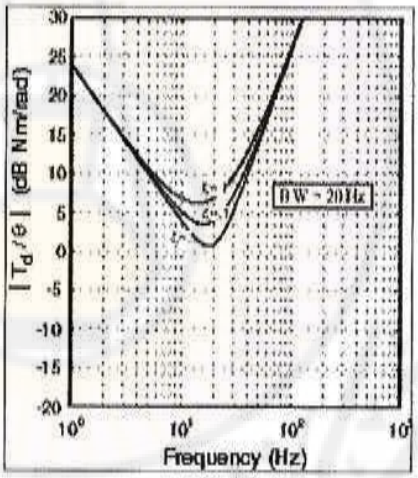
مخططات منع الاهتزازات:

لو افترضنا أن المحرك سيستقر تماماً في الموضع المطلوب مع عمل بضع اهتزازات غير معروفة، كيف يمكننا التحكم باستجابة محور المحرك؟ يجب جمع المعلومات من خلال مخططات تعبر عن استجابة المحور في حال تم تغيير معاملات ربح نظام PIV لمعرفة الاهتزازات الحاصلة في عزم المحرك، حيث إن مخططات منع الاهتزازات هي مخططات تعبر عن مدى فداحة تأثير الاهتزازات عند تردد معطى وعلى حركة محرك خاصة لمراقبة تغيرات العزم.

المخططات التالية (الشكل (4-27)) توضح هذه المخططات في حال نظام بعرض مجال متغير وتخامد ثابت، وأخرى بعرض مجال ثابت وتخامد متغير.

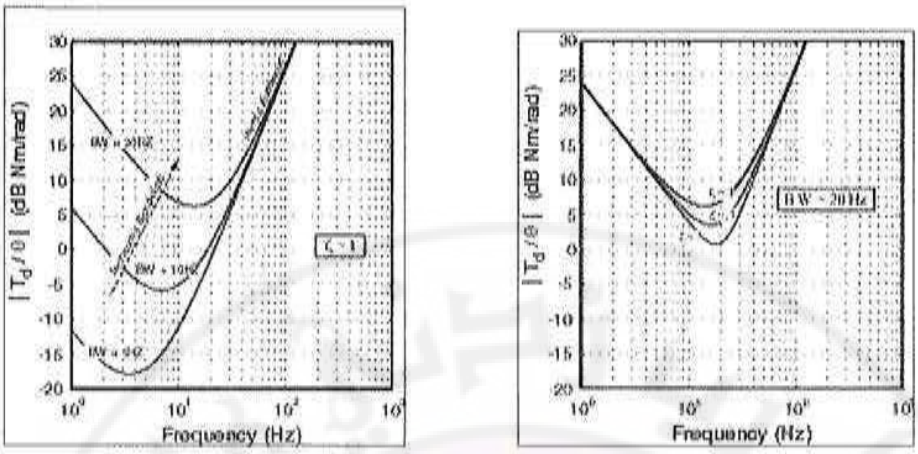


a) Constant Damping (ζ=1), Bandwidth varies



b) Constant Bandwidth (BW=20Hz), Damping varies

Damascus University



a) Constant Damping (ζ=1), Bandwidth varies b) Constant Bandwidth (BW= 20Hz), Damping varies

الشكل (4-27): استجابة المحور في حال نظام بعرض مجال متغير وتخامد ثابت، وأخرى بعرض مجال ثابت وتخامد متغير.

نلاحظ أن ربح مخططات المنع عند تردد معين يزداد بازدياد عرض المجال، ونلاحظ أنه عند ترددات عالية تكون عطالة المحرك فقط هي المؤثرة، ولذلك نرى المستخدمين يطلبون محركات بعطالة أكبر بالرغم من العزم الكبير المطلوب لتشغيل مثل هذه المحركات. أما في المخطط الثاني نلاحظ أنه عند ترددات متوسطة يتأثر الربح بتغير معامل التخامد.

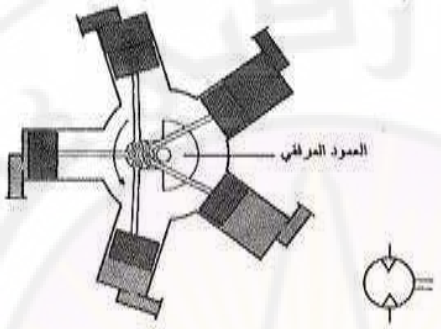
- المحركات الهوائية :

عندما نتكلم بمصطلحات عامة عن محرك، فإننا بشكل طبيعي نقصد محرك الاحتراق الداخلي، أو محركاً كهربائياً، على كل حال فإنه في الهواء المضغوط توجد أيضاً مؤازرات لتوليد الحركات الدورانية. وهذه هي تصاميم محركات الهواء المضغوط.

وهي مناسبةلأشكال الاستخدامات كلها وحتى يمكن أن تستخدم في الأوساط والشروط الشاقة وتعمل في المناطق التي فيها خوف من مخاطر الانفجار. وهنا نوضح بعض تصاميم المحركات بالهواء المضغوط .

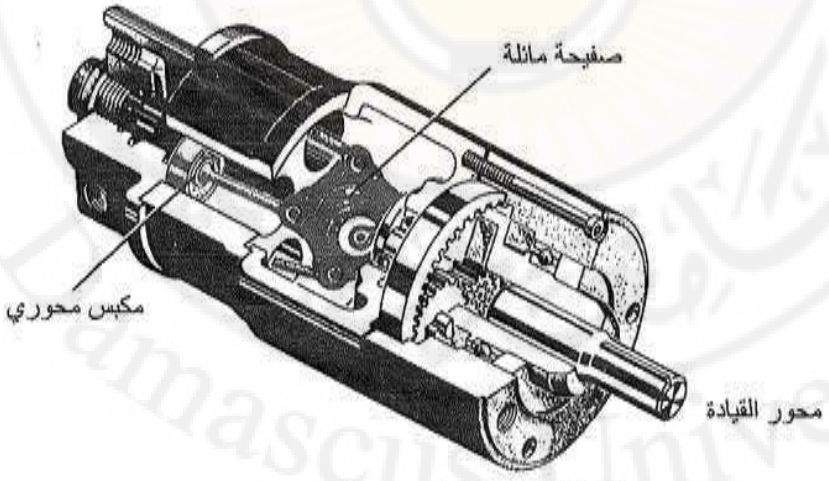
- المحرك المكبسي :

هذا النوع من التصاميم يمكن تقسيمه إلى محركات نصف قطرية ومحورية. في المحرك النصف قطري تسير المكابس ذهاباً وإياباً محركة معها عمود المرفق (الكرانك) عن طريق محاور ربط. وعلى محيط النموذج موزع عدد من الأسطوانات لضمان الدوران الناعم للمحرك. إن استطاعة المحرك تعتمد على ضغط التغذية، عدد المكابس، مساحة المكبس، شوط المكبس وسرعته (الشكل (4-28)).



الشكل (4-28)المحرك النصف قطري

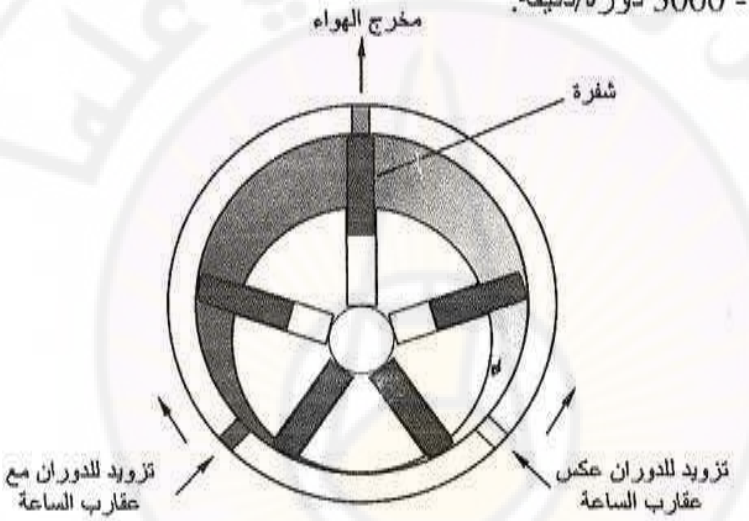
إن أسلوب عمل المحرك المحوري مشابه له في المحرك النصف قطري. في هذا النوع من المحركات، تتوضع خمس أسطوانات على محيط المحور. وحركاتها الترددية تحول من خلال صفيحة مائلة إلى حركة دورانية (الشكل 4-29). وسرعته الأعظمية نحو 500 r.P.m.



الشكل (4-29) - محرك محوري

- المحرك ذو الريش المنزلقة:

إن الجزء الدوار هنا مثبت لا مركزياً في حجرة أسطوانية. وقد زود الدوار بشقوق. والشفرات (الريش) موجهة في الشقوق بالدوار وتدفع بقوة إلى الأمام باتجاه الجدار الداخلي للأسطوانة تحت تأثير القوة النابذة. بهذه الطريقة يمكن ضمان إحكام كل حجرة على انفراد. وكميات قليلة من الهواء تضغط على الشفرات لتبعدها عن الجدار الداخلي حتى قبل أن يبدأ المحرك بالحركة. إن الشفرات تشكل حجرات عمل حيث يمكن للهواء المضغوط أن يصبح فعالاً بشكل يتناسب مع أبعاد سطح الشفرات. والهواء يدخل الحجرة الأصغر ويتمدد عندما تتوسع الحجرة (الشكل 4-30). وتتراوح السرعة ما بين 8500 - 3000 دورة/دقيقة.



الشكل (4-30) - المحرك ذو الريش (الشفرات) المنزلقة

- الموازرات الهيدروليكية (المحرك الهيدروليكي):

تزود المحركات الهيدروليكية بالسائل، وهو عموماً زيت الهيدروليك، وتحوله إلى قدرة ميكانيكية إلى المحور. إن عزم المحرك الهيدروليكي يتناسب مباشرة مع ضغط الزيت. وعدد الدورات يتناسب مباشرة مع كمية تدفق الزيت. إن استطاعة الخرج تنتج من العلاقة:

الاستطاعة = عدد الدورات × العزم

إن الاستطاعة، عدد الدورات والعزم يمكن أن يتحكم بها عن طريق تغيير ضغط الزيت والتدفق. والمحركات الهيدروليكية تقسم إلى الأنواع التالية:

* المحركات المكبسية (مثلاً المحركات المكبسية النصف قطرية والمحورية).
* المحركات المسننية(مثلاً المحركات المسننية المعشقة داخلياً وخارجياً).
* المحركات ذات الشفرات الدوارة(مثلاً المزودة داخلياً وخارجياً).

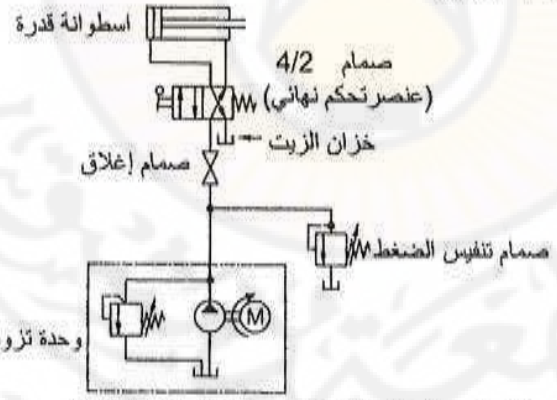
إن التصاميم ومبادىء العمل فيها مشابهة للمحركات الهوائية. وتستخدم المحركات الهيدروليكية في كافة المجالات الصناعية. فهي تستخدم مثلاً كميكنزمات تحريك للعربات المختلفة الأنواع، محركات لأسطوانات الدرفلة وأعمال درفلة الفولاذ، في بناء المكابس والصناعات الثقيلة، كمحركات قيادة في آلات حقن البلاستيك وآلات سكب المعادن تحت الضغط وفي بناء السفن كعناصر قيادة لتنفيذ الحركات الدورانية من الأنواع كافة.في البحث التالي موضح دارة قيادة المحرك الهيدروليكي.

4-4- توليد القوى الكبيرة:

هذا القسم يركز بشكل رئيس على المؤازرات الهيدروليكية وعناصر التحكم النهائية المتعلقة بها، وكما أوضحنا سابقاً فان الهيدروليك هو الأكثر ملائمة لتوليد القوى الكبيرة. إن المبادىء الفيزيائية للهيدروليك مشروحة في الفصل الأول.

- التحكم بالأسطوانات الهيدروليكية:

هنا نورد مثالاً على التحكم بأسطوانة هيدروليكية ثنائية التأثير بوساطة صمام توجيه 4/2 (الشكل 4-31).



الشكل (4-31) - التحكم بأسطوانة هيدروليكية ثنائية التأثير بوساطة صمام 4/2

- أسلوب عمل الدارة:

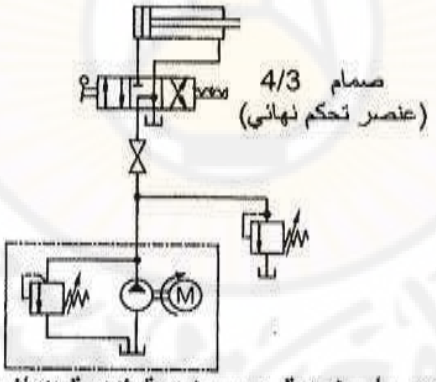
إن وحدة التغذية بالقدرة - تتألف من محرك، مضخة، صمام تنفيس ضغط (صمام أمان) وخزان وهي تولد تيار تدفق الزيت - إن الضغط في النظام الهيدروليكي

ليس بقيمة ثابتة بل يتغير مع المقاومة (مقاومة الحمل + المقاومة الداخلية). وهي قد تزداد بشكل ملموس إذا كان عنصر الطاقة تحت الحمل (محرك هيدروليكي) قد أخذ بالحركة المنتظمة.إن صمام الأمان ضروري لمنع حدوث ارتفاعات الضغط وما ينتج عنها.يستخدم صمام 4/2 مع تشغيل يدوي كعنصر تحكم أخير للأسطوانة الهيدروليكية. فإذا شغلنا الصمام يمكن للزيت أن يمر إلى الحجرة اليسارية من الأسطوانة وبالتالي يتحرك المكبس لينفذ شوط التقدم. في هذه العملية فإن الزيت يخرج من الحجرة اليمنى للأسطوانة عبر عنصر التحكم الأخير إلى خزان الزيت.

وعند إغلاق عنصر التحكم الأخير، فإن الزيت يمكن أن يضخ مرة أخرى إلى الحجرة اليمنى من الأسطوانة ويخرج الزيت عبر عنصر التحكم الأخير إلى خزان الزيت. وبالتالي ينفذ المكبس شوط العودة مرة ثانية.

عندما تتراجع الأسطوانةفإن الحلقة الدائرية الأصغر مساحةً من المكبس تصبح فعالة مما يؤدي إلى سرعة أعلى، بالنسبة لنفس معدل التدفق الحجمي للزيت. وبالتالي فإن المكبس يتراجع بسرعة أكبر.

في الشكل (4-32) موضح مثال على التحكم بأسطوانة هيدروليكية بوساطة صمام 4/3 والذي « يعيد تدوير الزيت بالوضعية المركزية » كعنصر أخير للتحكم.



الشكل (4-32) التحكم بأسطوانة هيدروليكية ثنائية التأثير بوساطة صمام 4/3 والذي « يعيد تدوير الزيت المتدفق في الوضعية المركزية »

- أسلوب عمل الدارة:

إن وظيفة الصمام 4/3 يمكن توضيحها من الوصف التالي لمخطط الدارة. حيث إن صمام الأمان يضمن عدم الزيادة السريعة للضغط في الدارة. في الشكل يقوم الصمام 4/3 بتدوير التدفق للزيت في الوضعية المركزية. في هذه الوضعية فإن الزيت المزود بوساطة وحدة التزويد بالطاقة الهيدروليكية يستطيع العودة دون أي نقص أو مقاومة إلى الخزان.

إذا حركنا صمام التحكم الأخير إلى اليمين فإن الممر سيفتح أمام تيار الزيت ليمر إلى الحجرة اليسرى من الأسطوانة الهيدروليكية. ويخرج الزيت الموجود في الحجرة اليمنى منها إلى الخزان. إن الزيت يدفع المكبس نحو اليمين طارداً أمامه الزيت الموجود في الحجرة اليمنى ليمر عبر عنصر التحكم الأخير إلى خزان الزيت. عند سحب محور عنصر التحكم الأخير نحو اليسار فإن المكبس يستطيع التراجع ثانية. إذا وضعنا أثناء شوط التقدم أو التراجع للمكبس عنصر التحكم الأخير على الوضعية المركزية فإن الزيت سوف يتدفق ويستطيع المكبس فقط أن يتحرك وفقاً للزحف الطبيعي (تسرب الزيت) حتى ولو كان هناك اضطراب في القوة الخارجية. بوساطة تسرب الزيت البطيء نستطيع أن نفهم ضياع الزيت بسبب التسربات في النظام. وعموماً في الصمام.

- التطبيق:

إن وضعية إعادة تدوير الزيت لها ميزة هي أنه أثناء الأوقات التي لا يجري فيها تنفيذ عمل بوساطة المكبس فإن تدفق الزيت الناتج بسبب المضخة يقاد مباشرة إلى الخزان غير مضغوط ودون ارتفاع بدرجة الحرارة وليس عن طريق صمام الأمان (توفير بالطاقة).

عند سحب الزيت الهيدروليكي عبر صمام الأمان فإن الزيت سوف يسخن والمضخة سوف تعمل بالضغط العالي لها (استهلاك قدرة عالي)

- التحكم بسرعة المؤازرات الهيدروليكية:

إن إمكانات التأثير في سرعة المكبس القائد في الأسطوانة الهيدروليكية هي:

- باستخدام مضختين ذواتي تدفق ثابت. بهذا الأسلوب يمكن إعطاء سرعتين.

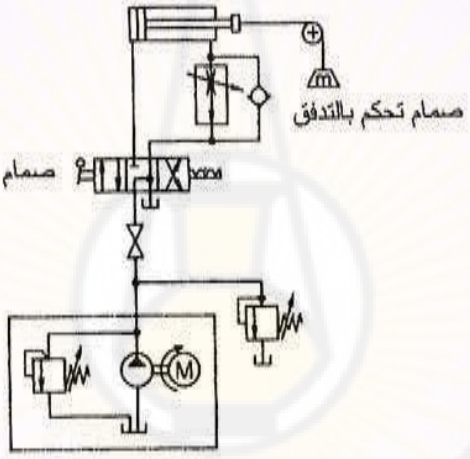
- باستخدام مضخة يمكن التحكم بخرجها.
- باستخدام التحكم بالتدفق.

- التحكم بالسرعة باستخدام صمامات التحكم بالتدفق:

ما صمام التحكم بالتدفق؟

إن صمام التحكم بالتدفق هو صمام ذو فتحة قابلة للخنق بوساطة جهاز تنظيم مدمج. بهذا الصمام الخانق يتغير المقطع العرضي لتدفق التيار، مسبباً تغيراً في معدل التدفق الحجمي للزيت (حجم / وحدة الزمن، مثلاً ليتر/دقيقة). إن جهاز التنظيم يضمن إذا تم الضبط - إن معدل التدفق الحجمي سيبقى ثابتاً بصرف النظر عن تغير ضغط الخرج والدخل ولزوجة الوسط.

التحكم بالسرعة عن طريق صمام تحكم بتدفق الخرج موضح في الشكل (4-33).



الشكل (4-33) التحكم بتدفق الخرج

- أسلوب عمل الدارة:

مع التحكم بتيار الخرج، فإن تدفق الزيت يقاد بعيداً بوساطة جهاز استهلاك ويبقى المعدل ثابتاً. إن تيار الزيت يزود بوساطة وحدة التغذية بالطاقة، وقد تمت معايرة الضغط الأعظمي للتشغيل بوساطة صمام تحديد الضغط. ويستخدم صمام 4/3 كعنصر تحكم أخير.

إذا حرضنا عنصر التحكم الأخير (حركناه إلى اليمين على المخطط)، عندئذ فإن الزيت يتدفق إلى الحجرة اليسارية للأسطوانة ويحرك المكبس نحو اليمين (خروج

محور المكبس). والزيت يسحب من الحجرة اليمنى للأسطوانة ليتدفق عبر صمام التحكم بالتدفق وعنصر التحكم الأخير إلى خزان الزيت. إن تيار الزيت المطرود يحافظ عليه ثابتاً بوساطة صمام التحكم بالتدفق فهذا يعني أننا حافظنا عليه ثابتاً ومن ثمفإن محور المكبس سوف يخرج بسرعة ثابتة.

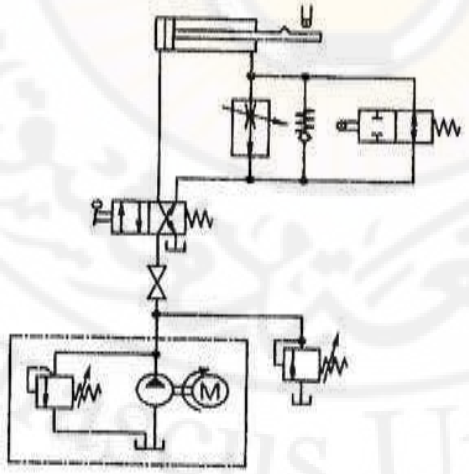
إذا عكسنا عنصر التحكم الأخير (إلى أقصى اليسار كما هو موضح على المخطط) فإن تيار الزيت يستطيع أن يمر بدون خنق عبر صمام عدم الرجوع إلى الحجرة اليمنى من الأسطوانة ويحرك المكبس نحو اليسار. وحجم الزيت من الحجرة اليسرى للأسطوانة يتدفق بعيداً عبر صمام التحكم الأخير إلى الخزان.

- تطبيقات التحكم بالسرعة:

إن التحكم بالسرعة الهيدروليكية يمكن أن نجد مثالاً عليه في كل آلات قطع المعادن حيث يلزم أن نضع مقادير تغذية مختلفة ونحافظ عليها وسرعات متعاقبة وفقاً لبرنامج التشغيل .

- دارة التغذية العرضية السريعة:

إن دارة التغذية العرضية السريعة هي توسيع للدارة التي ناقشناها للتو وتستخدم عادة في آلات قطع المعادن حيث يلزم عودة سريعة بالإضافة إلى التغذية القابلة للتعيير. مثلاً لكي نقرّب المشغولة بسرعة، ونشغلها من خلال دورة إنتاجية ثم نعود بها بحركة عرضية سريعة. الشكل (4-34).



الشكل (4-34) - دارة تغذية عرضية سريعة

- أسلوب عمل الدارة:

إن وحدة التغذية بالقدرة تغذى بتيار الزيت. ويتم تعيير ضغط العمل الأعظمي من خلال صمام الأمان.

ويستخدم صمام 4/2 كعنصر أخير. في حالة عنصر التحكم الأخير الموضح في الشكل، فإن تيار الزيت يتجه إلى الحجرة اليمنى للأسطوانة ثنائية التأثير. إن الزيت في الحجرة اليسرى يخرج ويضخ من خلال عنصر التحكم الأخير إلى خزان الزيت.

وعند تحريض عنصر التحكم الأخير، فإن السائل يسير إلى الحجرة اليسرى ويتمدد محور المكبس إلى الخارج. في العملية فإن السائل الموجود في الحجرة اليمنى للأسطوانة يتدفق من خلال الصمام 2/2 عبر الخانق للتدفق ومنه إلى عنصر التحكم الأخير ومن ثم إلى خزان الزيت (تقدم سريع). وإذا حرضت سكة التحكم الذراع الدحروجي على الصمام 2/2، فإن التدفق في الصمام 2/2 يتوقف. الآن، ويوجه الزيت من خلال صمام التحكم بالتدفق إلى الخزان. وصمام التحكم بالتدفق ينظم تدفق الزيت عند المخرج. إن معدل التدفق للزيت وبالتالي سرعة المكبس (التغذية) يمكن تحديدها بوساطة صمام التحكم بالتدفق. وإذا عكسنا عنصر التحكم الأخير ثانية فإن تيار الزيت غير المخنوق يتدفق بحرية عبر صمام عدم الرجوع إلى الحجرة اليمنى للأسطوانة.

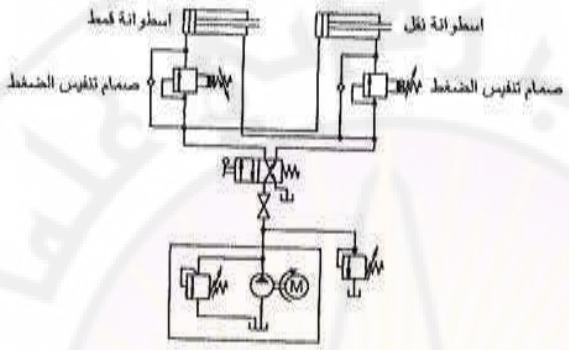
- التحكم بالضغط بشكل متتابع:

إن التحكم بالضغط بشكل متتابع مثال على كيفية التحكم بنظام ذياسطوانتين ويمكن أن يتم بوساطة عناصر هيدروليكية بحتة (الشكل4-35).

- أسلوب عمل الدارة:

في مخطط الدارة يوجد هنا نموذج وظيفي جديد. هو صمام تتابع الضغط. ويفتح صمام تتابع الضغط عند الوصول إلى ضغط محدد قابل للتعيير ويحرر التدفق باتجاه الجزء الأبعد في النظام الهيدروليكي. لهذا في حالة زيادة مقاومة الحمل فإن زيادة الضغط يمكن استخدامها كنبضة تشغيل. للوصول إلى حركة لحظية، مثلاًالصمام 4/2 يستخدم كعنصر تحكم أخير. إن وحدة التغذية بالقدرة تعطي تيار الزيت اللازم، وإن ضغط التشغيل يقلل بوساطة صمام الأمان. إذا تحرك عنصر التحكم الأخير إلى اليمين، فإن السائل يمكن أن يمر من خلال الوصلة إلى الحجرة اليسرى في أسطوانة النقل. إن المكبس يتحرك إلى اليمين ويطرد السائل من الحجرة اليمنى من خلال صمام عدم

الرجوع إلى خزان الزيت. في وضعية النهاية يزداد الضغط في الحجرة اليسرى لأسطوانة النقل ونظام خط الربط. إن صمام تتابع الضغط لأسطوانة القمط موصول إلى هذا النظام من الخطوط. وعندما يصل الضغط إلى القيمة المحددة فإن صمام تتابع الضغط يفتح ويصبح الطريق مفتوحاً لتيار الزيت إلى الحجرة اليسرى لأسطوانة القمط. والمكبس يعود إلى اليمين.



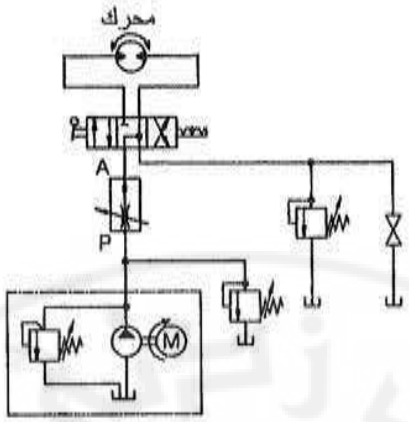
الشكل (4-36) - التحكم بالضغط بشكل متتابع

وعندما نعكس عنصر التحكم الأخير فإن مكبس أسطوانة القمط يتراجع في البداية ويطرد السائل من خلال صمام عدم الرجوع إلى الخزان. الضغط يزداد في نظام الأنابيب لأسطوانة النقل والتي عند الوصول إلى الضغط المحدد تفتح صمام تتابع الضغط الموصول بأسطوانة النقل. الآن، مكبسأسطوانة النقل قادر على التراجع. وبهذا تكون الدورة قد اكتملت ويمكن إعادة إقلاعها من جديد (الشكل 4-36).

- التحكم بسرعة أو اتجاه دوران المحرك الهيدروليكي:

- أسلوب عمل الدارة:

كما في الدارات الأخرى، فإن ما يميزها هو وحدة التزويد بالقدرة وصمام الأمان لتحديد ضغط العمل الأعظمي. إن صمام 4/3 يستخدم كعنصر تحكم أخير. إذا حركنا عنصر التحكم الأخير نحو اليمين، فإن الزيت يتدفق عبر صمام التحكم بالتدفق وعنصر التحكم الأخير إلى الحجرة اليسرى من المحرك. المحرك يدور بعكس اتجاه دوران عقارب الساعة بالسرعة المحددة بوساطة صمام التحكم بالتدفق(الخانق).



الشكل (4-37) التحكم بسرعة المحرك الهيدروليكي ودورانه واتجاهه

في الوضعية المعكوسة: إذا تحرك عنصر التحكم الأخير نحو اليسار فإن المحرك يدور باتجاه دوران عقارب الساعة.

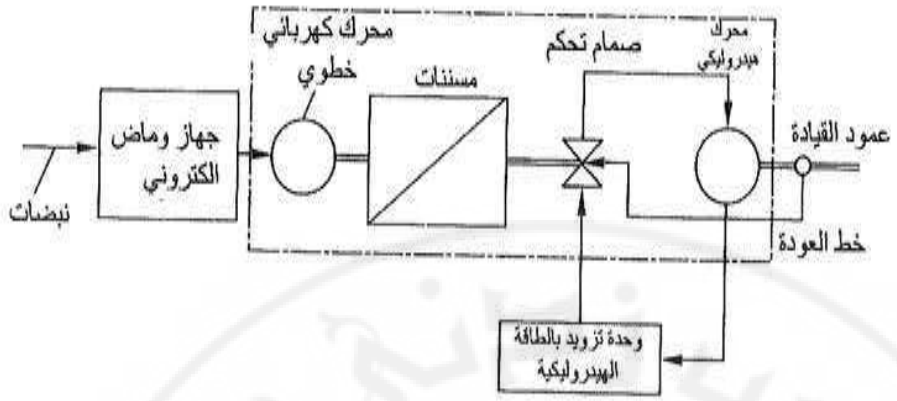
هذه الدارة يمكن تبسيطها عملياً. وغالباً من الضروري تركيب بعض مقاييس الأمان. (الشكل 4-37).

- المحرك الخطوي الكهرهيدروليكي:

هذا المحرك يعطي الجمع بين المحرك الخطوي الكهربائي والمحرك الهيدروليكي. وهو يستخدم في محركات القدرة العالية في آلات NC/CNC لقطع المعادن(انظر قسم « أنظمة التحكم »)الشكل(3-29).

إن المحرك الخطوي الكهربائي يحرك صمام تحكم هيدروليكي من خلال مسنن. وعندما يتحرك صمام التحكم، فإن تيار الزيت إلى المحرك الهيدروليكي والذي قد يزود إليه مثلاً بشكل محوري يبدأ بالتدفق، والمحرك الهيدروليكي هو محرك القدرة الحقيقي.

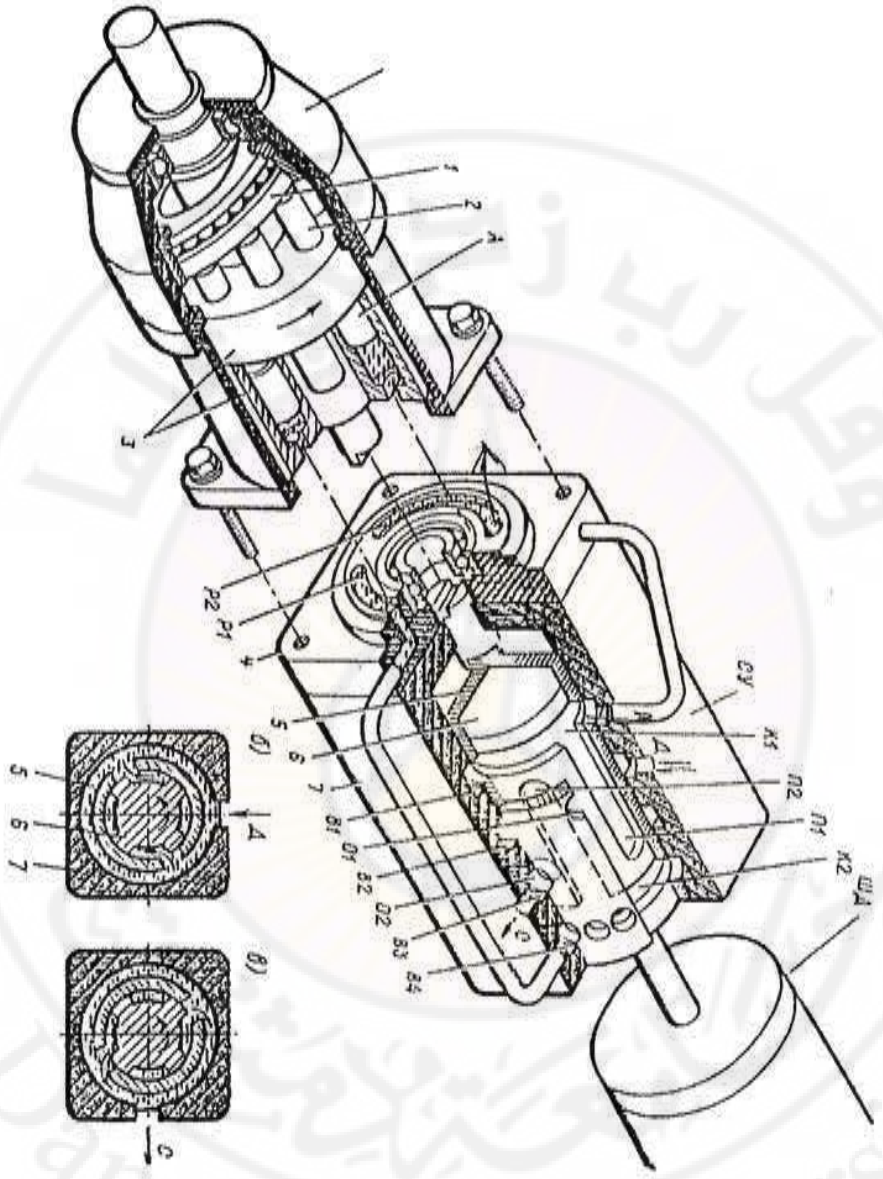
وندرس مثالاً آخر عن المحرك الكهرهيدروليكي الخطوي: بالنظر إلى أن المحركات الكهربائية الخطوية لا تعطي استطاعة كبيرة، فإن مهمة تضخيم عزم الدوران يتولاها هنا مضخم هيدروليكي. ويضخم العزم الدوار هنا على حساب استخدام طاقة تيار الزيت من المضخة. وتستخدم في الآلات المبرمجة رقمياً مضخمات العزم الهيدروليكية مع المحركات الكهربائية الخطوية ومع المحرك الهيدروليكي ذي العزم الكبير وعزم العطالة الصغير.



الشكل (4-38) مبدأ عمل محرك خطوي كهرهيدروليكي

ويعد المضخم الهيدروليكي محركاً هيدروليكياً أسطوانياً محورياً ذا تحكم تتبعي. كما في الشكل (4-39) والذي يحقق زيادة عزم الدوران، المتولد عن محرك خطوي. في الجزء الدوار 3 للمحرك الهيدروليكي تتوضع مكابس2 تستطيع الحركة باتجاه محاورها. وتحت ضغط الزيت الداخل إلى المحرك الهيدروليكي عبر الشق نصف الدائري p_1 للموزع 4. أما المكابس2 فتستند ضاغطة على الحلقة 1 في المضجع الكروي الاستنادي. الحلقة متوضعة بشكل مائل، والمحاور تنزلق على المستوى المائل الناتج عن المضجع مسببين دوران محور الدوار بالاتجاه المبين على الشكل بالسهم. وعندما يشغل المحور الوضعية (a) فإن تدفق الزيت إليه ينطلقمن الحجرة عبر الفتحة نصف الدائرية للموزع p_2 إلى الخزان وبهذا الشكل فإن كل مكبس يقوم بشوط عمل خلال نصف دورة، وفي النصف الثاني يقوم بشوط الراحة.

ولعكس اتجاه الدوران يضخ الزيت عبر المجرى p_2 ويخرج عبر المجرى p_1 ثم إلى الفتحة C ومنها إلى الخزان. ويتم التحكم بتيار الزيت بوساطة جهاز تتبع مقاد من قبل المحرك الخطوي. حيث يتصل محور المحرك مع إصبع (بلونجر) جهاز التتبع 6 حيث يوجد على الإصبع قنوات دائرية K_1 و K_2 وقنوات مستقيمة π_1 و π_2والتي تغذى عبر فتحة الدخول من المضخة Д، والأصبع موضوع في فجوة 5على شكل كأس متصلة مع محور المضخم الهيدروليكي عن طريق فرزة على شكل رأس البرغي المستقيم.



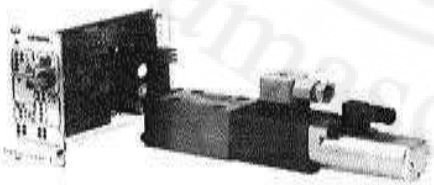
الشكل (4-39)- المضخم الهيدروليكي للعزم الدوار

الجلبة 5 متعشقة بالهيكل 7 الحاوي على قنوات B_4 و B_3 و B_2 و B_1، حيث يضخ الزيت إلى القناة (الفتحة) B_2 عن طريق القناة تحت الضغط. الفتحة B_3 تستخدم لضخ الزيت إلى الخزان (القناة C) الفتحات B_1 و B_4 متصلة مع الموزع 4 بقنوات. في الوضعية الموضحة في الشكل (39a - 4)فإن الإصبع 6 يمنع وصول الزيت إلى المضخم الهيدروليكي، وبالتالي فهو لا يعمل.

ولكن بتدوير الإصبع 6 بزاوية غير كبيرة (الشكل2-4-39_b) فإن هذا يسمح للزيت القادم من المضخة الهيدروليكية عبر القناة، الواقعة على القناة الدائرية لهيكل جهاز التتبع ومن الثقب 01 في الجلبة 5 يدخل إلى القناة π_1 في الإصبع وبعدها عبر القنوات K_1 و B_1 والموزع 4 إلى دوار المضخم الهيدروليكي مدوراً إياه بذلك الاتجاه الذي يدور به الإصبع. الزيت المطروح باتجاه الخزان من المضخم الهيدروليكي يمر عبر القناة الحلقية B_4، والمجرى π_2 في الإصبع، ثم الثقب O2 في الجلبة 5، إلى القناة B_3 والقناة C (الشكل 2-4-39_b) فإذا دار الإصبع، بشكل مستمر وبمساعدة المحرك الخطوي، فإنه في الوقت نفسه(باللحاق به) سيدور الجزء الدوار من المضخم الهيدروليكي، ومعه لولب قيادة محرك التغذية تاركاً الإصبع ليغلق ثقوب الجلبة، وحركة تيارات الزيت ستتوقف ويتوقف الجزء الدوار من المصخم الهيدروليكي على الفور. ولعكس اتجاه دوران المضخم الهيدروليكي فإنه يكفي أن نقلب اتجاه دوران المحرك الخطوي، وبالتالي يتغير اتجاه تدفق تيارات الزيت في جهاز التتبع إلى الاتجاه المعاكس.

- التحكم بالأسطوانةالهيدروليكية بوساطة صمام تناسبي:

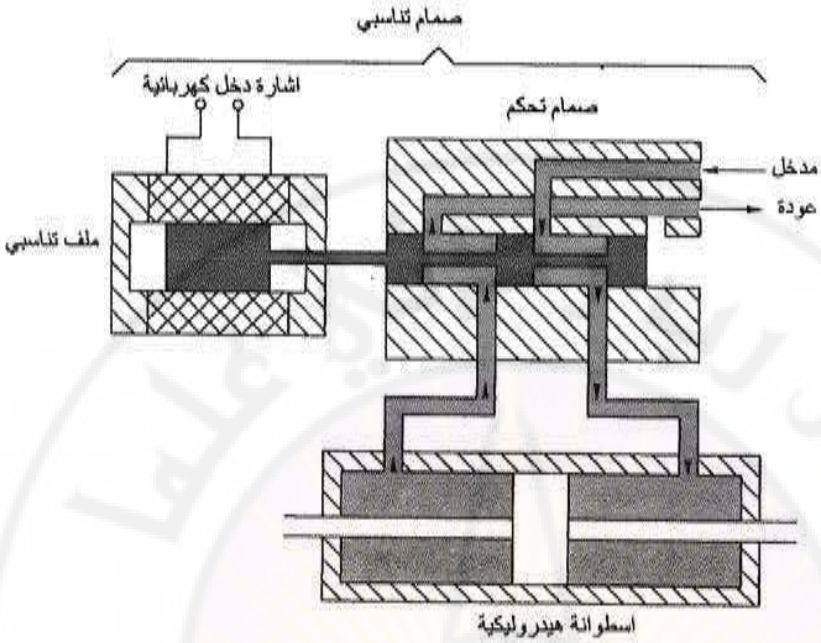
إن الصمام التناسبي هو مثال ممتاز عن فائدة تهجين الأنظمة والتي تنتج من الدمج بين عدة تقنيات. مع هذا الصمام يمكن التحكم بدقة عالية بقوى هيدروميكانيكية في خلال عدة أجزاء من الميلي ثانية.



إن مبدأ عمل الصمام التناسبي موضح في الشكل (4-40).

ويتألف الصمام التناسبي من صمام تحكم ونظام يمكنه تنفيذ ما يلي: إن معدل التدفق الحجمي عند

مخرج الصمام يمكن أن يعدل حسب التيار الكهربائي لإشارة الدخل.



الشكل (4-40) - التحكم بأسطوانة هيدروليكية بوساطة صمام تناسبي

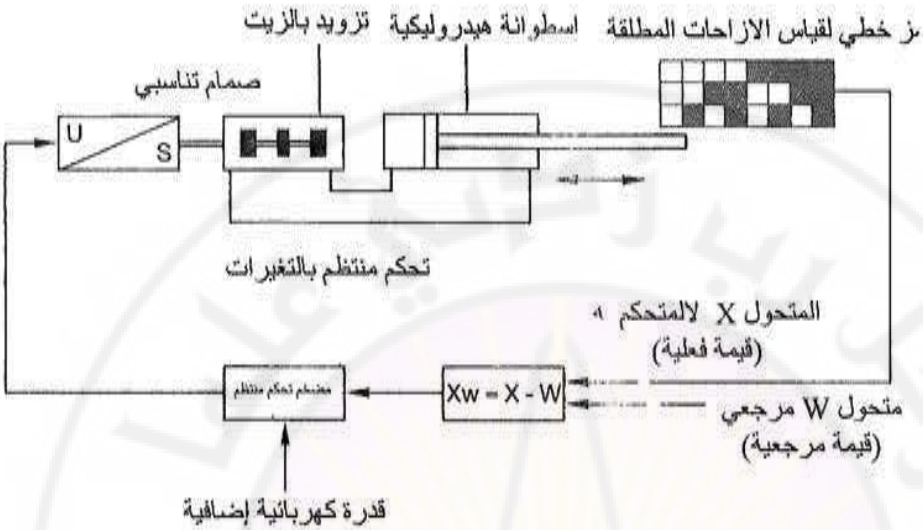
في المثال تحرّض الوشيعة التناسبية بوساطة دارة إلكترونية، تمثل المضخم التناسبي. إن الوشيعة التناسبية تحرك مكبس التحكم إلى اليمين أو اليسار عبر ملف الوشيعة وفقاً لشدة التيار. في حالة الحركة إلى اليمين، فإن مكبس التحكم للصمام يغلق قناة العودة اليسارية ويفتح القناة اليمينية. وهذا يسبب تدفق الزيت إلى أسطوانة القدرة الهيدروليكية لتعود بالعكس.

يتدفق الزيت إلى الحجرة اليسارية للأسطوانة عبر الصمام ويغادر من الحجرة اليمنى. والمكبس يتحرك نحو اليمين.

عندما يتحرك مكبس التحكم نحو اليسار، فإن محور أسطوانة القدرة يتحرك بشكل مشابه نحو اليسار إن تدفق تيار الزيت المتحكم به يتناسب في معدل التدفق والاتجاه مع تيار التحكم الكهربائي.

- مثال تطبيقي على الصمام التناسبي:

إن مبدأ جهاز التوضيع موضح في الشكل (4-41).



الشكل (4-41) - مبدأ عمل دارة تحكم كهرهيدروليكي بالتوضع

إن النظام يشكل دارة تحكم مغلقة (انظر أيضاً « مبادىء تقنية التحكم الآلي ») في بحث الأساسيات. إن جهاز الترميز الخطي الرقمي للإزاحات المطلقة يحدد تيار وضعية مكبس القدرة وكما هو موضح في فصل «الحساسات ». القيمة المقاسة (القيمة الحقيقية) والقيمة المطلوب تحقيقها (قيمة مرجعية) تغذى إلى الحاسوب الذي يحسب الفرق بين هاتين القيمتين.

فإذا تطابقت القيمة المرجعية والقيمة الحقيقية، فإنه عندئذٍ لا يتحرك مكبس القدرة لأنه لا حاجة لذلك، وهو في الوضعية الصحيحة.

وعندما يوجد فرق بين القيمة المرجعية والقيمة الفعلية (فرق التحكم XW ذو قيمة >0)، فإنه يجب القيام بضبط يعتمد على الإشارة الرياضية قبل الفرق. إن مضخم الضبط يولد إشارة تحكم للصمام التناسبي توافق قيمة الانحراف.

إن مكبس صمام التحكم يتحرك نتيجة تدفق الزيت من خلال صمام وأسطوانة القدرة. وحركة أسطوانة القدرة باتجاه القيمة المرجعية بالتدريج تؤدي إلى تقليل

الانحراف حتى وصولها في النهاية إلى الصفر. إن الإشارة الكهربائية من مضخم التحكم إلى الصمام التناسبي تشابه في وصولها إلى الصفر حركة أسطوانة القدرة. وتيار تدفق الزيت ومكبس القدرة يتحركان إلى نقطة التوازن. وفقط تعديل القيمة المرجعية أو التغير في القيمة الفعلية ينتجان بسبب الاضطراب (مثلاً تغير الحمل) مما يؤدي إلى تجدد الانحراف والضبط الموافق له.

إذا أردنا المحافظة على التوضع، فإنه تحدث حركة تذبذبية لمكبس الصمام بشكل مستمر. والحركة « للأمام » و « للخلف » المستمرة للمكبس والتي تقع ضمن مجال الميكرونات لتوازن الخطأ ذي المصدر الخارجي (مثلاً تذبذب قوى القطع، تغيرات الطول بسبب تغيرات درجة الحرارة) وذيالمصدر الداخلي (مثلاً التسرب).

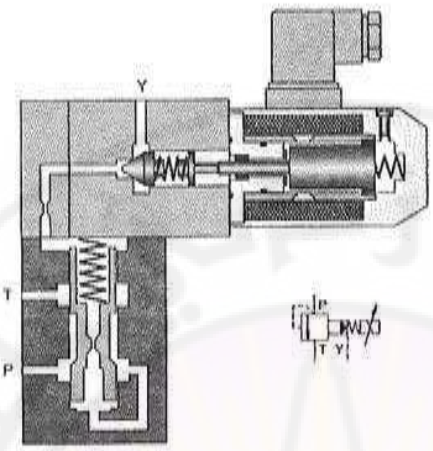
إن الخطأ الأعظمي في هذا التوضع هو بحدود 0,01 مم.

- **صمام تحرير الضغط التناسبي المفعل اتجاهياً:**

يبين الشكل (4-42) صمام تحرير ضغط ذي صمام طيار مفعل يتألف من مرحلة أولية بصمام دليل ومرحلة أساسية بقلب تحكم متحرك.

يؤثر الضغط في المنفذ p على مخروط التحكم بواسطة ثقب في قلب التحكم المتحرك. يبذل الملف الكهربائي التناسبي قوة كهربائية مضادة قابلة للعيار.

- تبقى المرحلة الأولية مغلقة، إذا كانت قوة الملف الكهربائي التناسبي أكبر من القوة المنتجة بواسطة الضغط على المنفذ p. يحمل النابض قلب التحكم المتحرك للمرحلة الأساسية على البقاء في الوضع السفلي، والتدفق يكون صفر (معدوم).
- إذا كانت القوة المبذولة من الضغط تتجاوز قوة القفل لمخروط التحكم القائد، عندها فإنه يفتح. معدل التدفق المخفض تذهب إلى الخزان عائداً من المنفذ p بواسطة المنفذ y. يسبب التدفق هبوط الضغط بواسطة التحكم بالتدفق ضمن قلب التحكم المتحرك، والذي وفقا له فإن الضغط في الطرف العلوي لقلب التحكم المتحرك يصبح أقل من الضغط على الطرف السفلي. يسبب الضغط التفاضلي قوة ناتجة. يتحرك قلب التحكم المتحرك باتجاه الأعلى حتى يعادل قوة نابض الإعادة هذه القوة. حافة التحكم للمرحلة الأساسية تفتح ولذلك فإن المنفذ p و الخزان t يتصلان. ينصرف سائل الضغط إلى الخزان عبر المنفذ t.

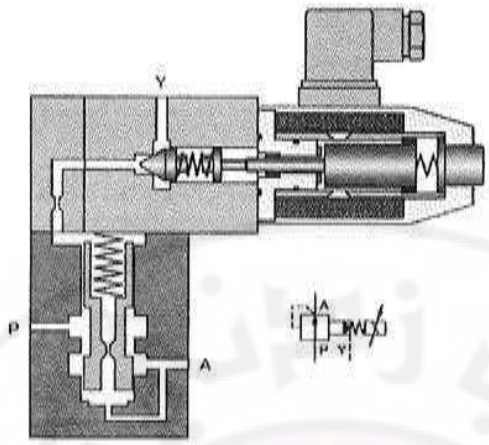


الشكل (4-42)- صمام تحرير الضغط التناسبي المفعل اتجاهياً

- **صمام التحكم بالضغط التناسبي المفعل اتجاهياً:**

يبين الشكل (4-43) صمام التحكم بالضغط ذا منفذين مفعل بصمام طيار. مرحلة التحكم الطيار تؤثر على شكل صمام دليلي والمرحلة الرئيسية على شكل قلب تحكم متحرك. يؤثر الضغط في منفذ المستهلك A على مخروط التحكم الاتجاهي عن طريق ثقب في قلب التحكم المتحرك. ويتم تأمين القوة المضادة بواسطة الملف الكهربائي التناسبي.

- إذا كان الضغط في المنفذ A أقل من القيمة المضبوطة مسبقا، فإن التحكم الاتجاهي يبقى مغلقا. ويبقى الضغط على طرفي قلب التحكم المتحرك متماثل. ويضغط النابض على قلب التحكم المتحرك للأسفل وحافة التحكم للمرحلة الأساسية تكون مفتوحة. ويكون سائل الضغط قادراً على أن يجتاز بشكل حر من المنفذ P إلى المنفذ A.
- إذا تجاوز الضغط في المنفذ A القيمة المضبوطة مسبقا، فإن مخروط التحكم يفتح ولذلك يمر التدفق ليعبر إلى المنفذ Y ويهبط الضغط من خلال التحكم بالتدفق عبر قلب التحكم المتحرك. وتنخفض القوة على الطرف العلوي لقلب التحكم المتحرك ويتحرك للأعلى. ويقل المقطع العرضي للفتحة. وكنتيجة لذلك، فإن مقاومة التدفق لحافة التحكم بين المنفذ P والمنفذ A تزداد. وينخفض الضغط في المنفذ A.



الشكل (4-43)- صمام التحكم بالضغط التناسبي المفعل اتجاهياً

- **صمام التحكم بالتدفق التناسبي:**

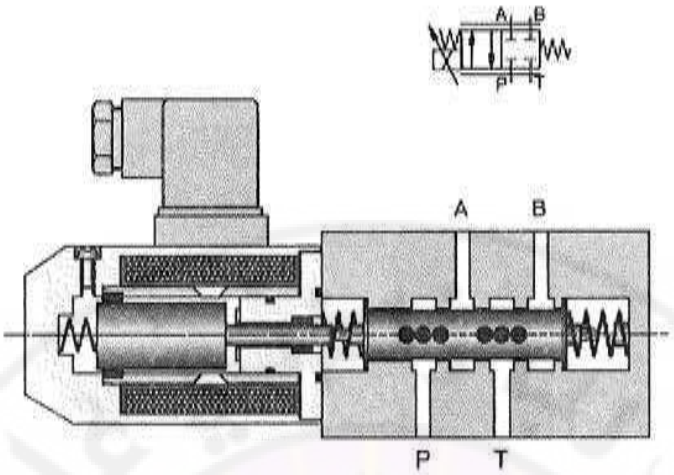
في حالة صمام التحكم بالتدفق التناسبي في النظام الهيدروليكي، فإنه يتم ضبط المقطع العرضي لمولد النبضات الكهربائي تبعا لتغيير معدل التدفق. إن صمام التحكم بالتدفق التناسبي مبني بشكل مشابه لصمام التحكم 2/2 أو لصمام 4/2.

بتفعيل صمام التحكم بالتدفق مباشرة (الشكل 4-44)، فإن الملف الكهربائي يؤثر مباشرة على قلب التحكم المتحرك.

- بتخفيض التيار المار خلال الملف الكهربائي التناسبي، فإن كلا من حافتي التحكم تغلقان.
- كلما ازداد التيار الكهربائي المار خلال الملف الكهربائي التناسبي، كلما كبرت القوة المؤثرة على قلب التحكم المتحرك. لذا تتحرك الدحروجة إلى اليمين وتفتح حواف التحكم.

التيار المار خلال الملف الكهربائي وانحراف قلب التحكم المتحرك متناسبان مع بعضهما.

Damascus University



الشكل (4-44) صمام حصر تناسبي مفعل مباشرة دون تحكم بالموقع

- **صمام التحكم بالاتجاه التناسبي المفعل مباشرة:**

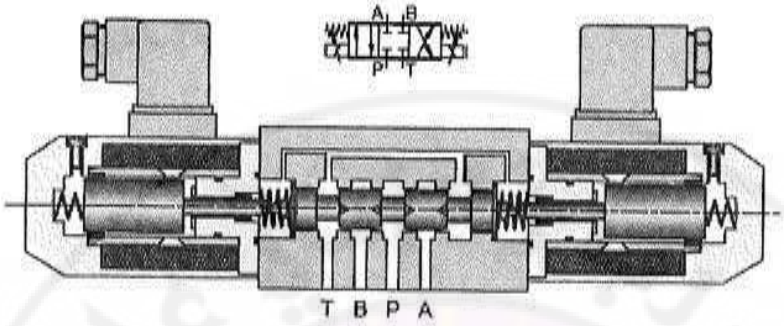
إن صمام التحكم بالاتجاه التناسبي يشبه صمام التبديل 4/3 في التصميم ويضم وظيفتين:

- تحكم بالتدفق قابل للمعايرة كهربائيا (نفس صمام التحكم بالتدفق التناسبي).
- وصل كل منفذ استهلاك إما مع P أو مع t (نفس صمام التبديل 4/3).

يبين الشكل (4-45) صمام تحكم بالاتجاه تناسبي مفعل مباشرة

- إذا كانت الإشارة الكهربائية تساوي الصفر، فإن كلاً من الملفين الكهربائيين يكونان مفصولين ويكون قلب التحكم المتحرك متمركزاً بواسطة النوابض. وحواف كلها التحكم تكون مغلقة.
- إذا تم تفعيل الصمام بفولتاج سلبي، فإن التيار يتدفق خلال الملف الكهربائي من الطرف اليميني، ينتقل قلب التحكم المتحرك إلى اليسار. والمنافذ P و Bتتصل معاً، بالإضافة إلى A و Tالتي تتصل مع بعضها أيضاً. ويكون التيار المار خلال الملف الكهربائي وانحراف قلب التحكم المتحرك تناسبي.
- وإذا تم تفعيله بفولتاج موجب، فإن التيار يتدفق من خلال الملف الكهربائي من الطرف الأيسر. ويتحرك قلب التحكم المتحرك إلى اليمين. والمنافذ P و Aتتصل معاً، بالإضافة إلى B وT التي تتصل مع بعضها أيضاً. وفي هذه الحالة التشغيلية أيضا، فإن التيار المار خلال الملف الكهربائي وانحراف قلب التحكم المتحرك يكون متناسباً الواحد مع الآخر.

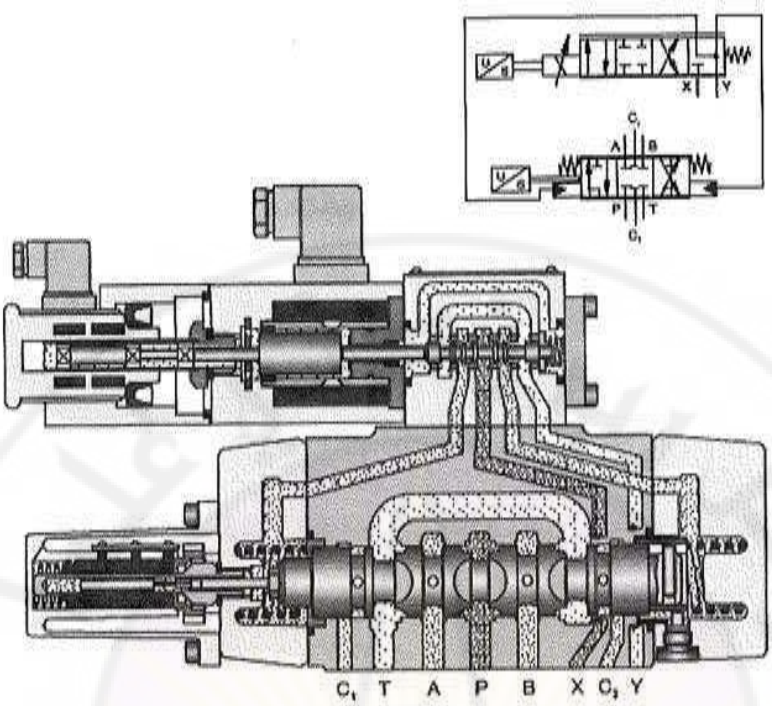
في حالة إخفاق القدرة، يتحرك قلب التحكم المتحرك إلى وضعية المنتصف وبهذا تكون حواف التحكم مغلقة كلها (موقع الأمان عند الإخفاق).



الشكل (4-45) صمام التحكم بالاتجاه التناسبي المفعل مباشرة دون تحكم بالموقع

- **صمام التحكم بالاتجاه التناسبي المفعل اتجاهيا:**

يظهر الشكل (4-46) صمام تحكم بالاتجاه تناسبي مفعل اتجاهيا. يستخدم الصمام التناسبي 4/3 للتحكمالاتجاهي.
ويستخدم هذا الصمام لتوزيع الضغط على السطوح الأمامية لقلب التحكم المتحرك، والذي وفقا له فإن قلب التحكم المتحرك للمرحلة الأساسية ينحرف وحافة التحكم تفتح. كلتا المرحلتين في الصمام الظاهرتين هنا يتم التحكم بموقعهما للحصول على دقة أكبر.
في وقت إخفاق القدرة الهيدروليكية أو الطاقة. فإن قلب التحكم المتحرك للمرحلة الأساسية يتحرك إلى وضعية المنتصف وكل حواف التحكم تغلق (موقع أمان حالة الإخفاق).



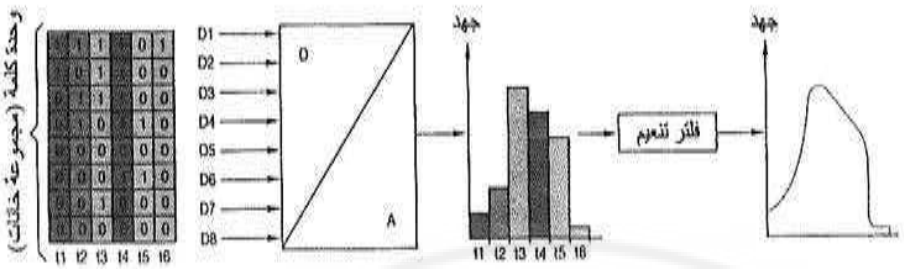
الشكل (4-46) صمام التحكم بالاتجاه تناسبي مفعل اتجاهياً

ويمكن استخدام منظمي ضغط 3/2 من أجل التحكم الاتجاهي عوضا عن صمام 4/3. يتحكم كل صمام ضغط بسطح أمامي واحد لقلب التحكم المتحرك للمرحلة الأساسية.

4-5-تحويل الإشارة ونقلها:

كما رأينا في بحث « الحساسات » فإن الإشارات تولّد عادة بشكل لا يمكن معالجته أكثر بشكل فوري، ويلزم تحويل للإشارات عندئذٍ. في الجزء من النظام والمتعلق بالمؤازرة، فإنه يتم على الأغلب تحويل الإشارات الرقمية إلى إشارات منطقية.

ومثل هذه المحولات نشير إليها باصطلاح المحولات الرقمية - التمثيلية أو D/A كاختصار (Digital/Analogue).



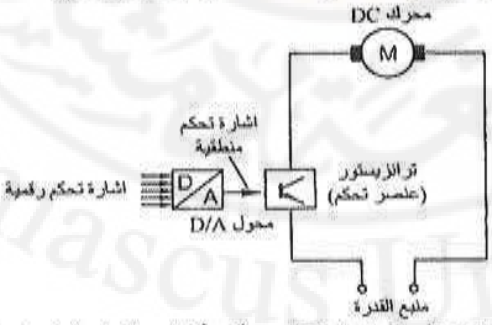
الشكل (4-47) - التحويل الرقمي - التمثيلي

الشكل (4-47) يوضح محول D/A ذا ثمانية خانات. 8 خطوط إشارة - D1) D8) متصلة إلى المدخل. وكل خط مستقل يمكن أن يبث إما إشارة(1) (يوجد فولتاج) وإما إشارة (0) (لا يوجد فولتاج أو جهد). إن المحول D/A يقرأ الإشارات المركبة من 8 خانات مزدوجة (ثنائية) في فترة زمنية قصيرة جداً ويحولها إلى قيمة جهد موافقة. هذه القيمة ترسل إلى المخرج. أثناء زمن التحويل فإن المحول D/A غير قادر على قراءة أية مجموعة إشارات أكثر. لهذا فالتعديلات في فترة هذا الزمن غير ممكنة، والخرج يبقى على آخر قيمة محولة. ولهذا يجزىء التعاقب الزمني لجهد الخرج. والتعاقب المجزىء للجهد يحول إلى تعاقب مستمر بوساطة فلاتر تنعيم محددة.

إن المحولات D/A تتصرف كدارات متكاملة. والخواص الأكثر أهمية هي عرض الكلمة (عدد خطوط الإشارة عند المدخل) وزمن التحويل.

- مثال تطبيقي:

كما رأينا سابقاً فإن سرعة المحركات DC يمكن ضبطها باستخدام ترانزيستورات كعناصر تحكم أخيرة. إشارة التحكم للترانزيستور هي إشارة تمثيلية. فإذا تلقى عنصر التحكم الأخير هذا المعطيات من نظام رقمي، فهذا تطبيق نموذجي لمحول D/A (الشكل 4-48). وهذا ما يحدث عملياً بشكل شائع.



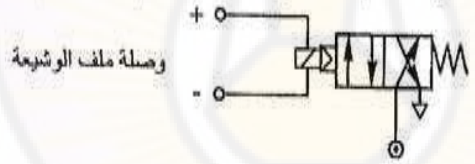
الشكل (4-48) - تحويل إشارة تحكم رقمية إلى إشارة تحكم تمثيلية

إنه من النادر في أنظمة التحكم أن تبنى هذه الأنظمة من أجزاء وعناصر من تقنية واحدة. فعلى الأغلب تكون الأنظمة كافة أنظمة هجينة، مثلاً مزيج من هندسة الهواء المضغوط والكهرباء /الإلكترونيات، الهندسة الكهربائية والهيدروليكية، ... الخ. وهذا يعني أن الجسور البينية كافة ضمن النظام، يكون فيها تحويل الإشارة يجب أن يتم من تقنية إلى أخرى.

إن وظيفة صمامات التحكم بالاتجاه كعناصر تحكم نهائية قد شرحت في الأقسام التي تتحدث عن الأسطوانات الهوائية والدارات الهيدروليكية. عملياً إن عناصر التحكم الأخيرة هذه تحتاج عادة إلى التفاعل مع إشارات التحكم الكهربائية. الصمامات الهوائية والهيدروليكية ذات التحريض عن طريق الوشيعة مصممة بشكل خاص لهذه الأنواع من التأثيرات. والمبدأ نفسه يستخدم هنا كما هو مستخدم في الحاكمة (الريلية).

إن الوشيعة المحرضة تؤثر كالملف وتحرض ميكنزم ضمن الصمام للتغيير من وضعية إلى أخرى. هذا النوع من الصمامات يرمز له بمصطلح الصمام ذي الملف.

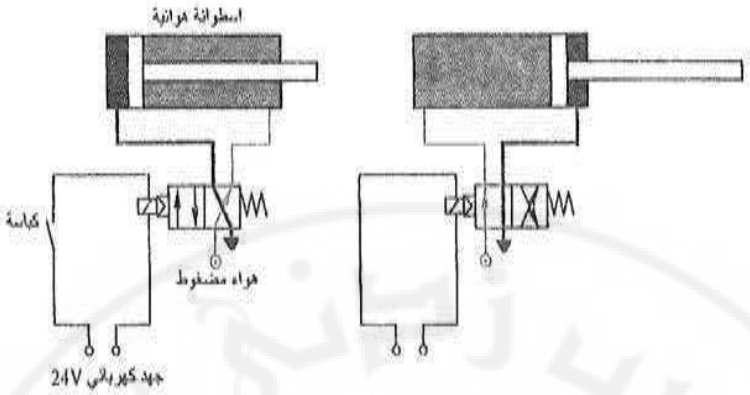
وحيث تستخدم الصمامات ذات الملف، فإننا نتكلم عن المحولات الكهروهوائية أو الكهروهيدروليكية. الشكل (4-49) يوضح رمز صمام 4/2 ذي ملف مع نابض إرجاع.



الشكل (4-49) - الصمام 4/2 ذو الملف كمحول كهروهوائي

والشكل (4-50) يوضح مثالاً مبسطاً على استخدام صمام ذي ملف. إن الزر (الكباسة) الكهربائي مثلاً يحرض الصمام مسبباً حركة الأسطوانة الهوائية لتقوم بختم المشغولة.

Damascus University



الشكل (4-50) - كباسة كهربائية تقوم بتحريض حركة أسطوانة هوائية

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الخامس
المعالجة (المعالجات)

5-1- مقدمة :

إن الإشارات المزودة بوساطة الحساسات تمكن أنظمة التشغيل والمعالجة الفرعية من بناء فكرة عن « صورة العملية » خلال لحظة زمنية محددة. في هذا السياق نشير إليها غالباً بـ « مخطط العملية ».

لهذا فإنه من الضروري عموماً الربط المنطقي بين إشارات مختلفة، وتأخيرها أو تخزينها. عموماً يصفها بعضهم في المراجع بعملية معالجة المعطيات عن الحالة أو عملية معالجة المعطيات. وهنا سنحاول التفريق بين المصطلح « عملية معالجة المعطيات » والتي يمكن أن تستخدم في التقدير الموسع من أجل معالجة أنظمة التحكم المحولة، حتى البسيطة منها.

هذا الفصل يبحث في العمليات المنطقية الأساسية، والذاكرة وزمن العمليات المستخدم في عملية معالجة المعطيات.

5-2- المعطيات مرتبطة فيما بينها:

إن مهمة وحدة المعالجة هي أن تربط المعطيات المزودة بوساطة الحساسات معاً (إشارات دخل) وفقاً للمهمة المعطاة وتمرير المعطيات (إشارة الخرج) إلى المؤازرات كنتيجة لهذا الربط. وهنا الإشارات هي على الأغلب ثنائية.

وهنا يوجد ثلاثة أنواع رئيسة للربط المنطقي: (و)، (أو)، (لا). إن الوصلات المنطقية المعقدة كالتي تحدث غالباً في الحياة العملية يمكن إرجاعها إلى هذه الوصلات الأساسية. ويعد جبربول هو الأساس الرياضي لهذه الوصلات.

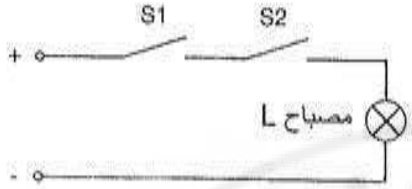
- الوصلات المنطقية من نوع (و) AND:

إن المسألة التالية تكتب بالشكل:

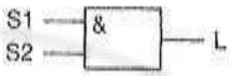
يجب أن يضيء المصباح فقط عندما يُغْلَقُ مفتاحان. والمسألة يمكن أن تحل بوساطة تشغيل كهربائي متسلسل لمفتاحين. الدارة موضحة بالشكل (5-1).

إن جدول الحالة يحتوي احتمالات وضعيات التشغيل كافة. الشكل(5-1) يوضح

الرمز النظامي للوصلة العمومية (و) ذات المدخلين. بالطبع فإن وصلات (و) يمكن أن تكون بأكثر من مدخلين.



مخطط كهربائي لوصلة - و -



رمز وصلة -و-

S1	S2	Lamp
open	open	off
open	closed	off
closed	open	off
closed	closed	on

جدول للحالات الممكنة للمثال

S1	S2	L
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

جدول الحقيقة

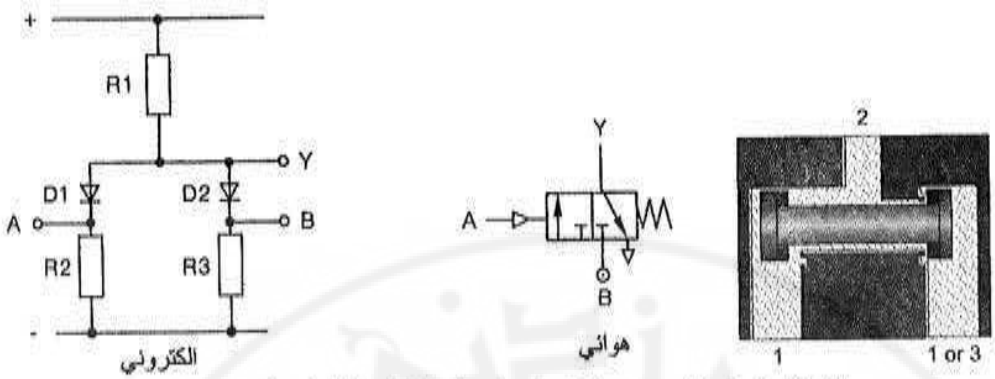
الشكل (5-1) - وصلة (و)

إن المخطط يوضح الرموز العامة ولا يعطي أي معلومات حول التجهيزات المستخدمة لوصلات (و). وبصرف النظر عن التنفيذ الكهربائي الذي تم شرحه، فإنه يوجد أساليب عمومية أخرى للتنفيذ. الشكل (5-2) يوضح حلاً الكترونياً وآخر هوائياً.

- مبدأ عمل الأسلوب الالكتروني:

تتألف الدارة من دايودين D_1 و D_2 والمقاومات. إن الدايود يؤثر كالصمام بالنسبة للتيار الكهربائي. فإذا زودنا الوصلتين A و B بالإشارة

1 (5V)، فإن الدايودين سيكونان مظلمين والوصلة y تقع تحت تأثير 5V والتي تشير أيضاً إلى إشارة1.إذا زودنا إحدى الوصلتين A أو B بإشارة 0 (0V)، فإن الدايود الموافق سيصبح ناقلاً والجهد عند الوصلة y سيهبط إلى نحو 0,7 V. وهذا يوافق الإشارة المنطقية0.



الشكل (5-2) - وصلات (و) باستخدام تقنيات أخرى

- مبدأ عمل الأسلوب الهوائي:

إن الصمام الموضح بالشكل هو صمام 3/2. وفي الوضعية المرسوم بها في الشكل فإن المأخذ y موصول مع المخرج للعادم. وهذا يوافق الإشارة 0عند y. وفقط إذا وجدت إشارة1 (يوجد ضغط أو تأثير ميكانيكي) عند المدخل A، فإن المأخذ y سيأخذ الإشارة1 ومثال آخر على الوصلة (و) موضح في الشكل (5-3).

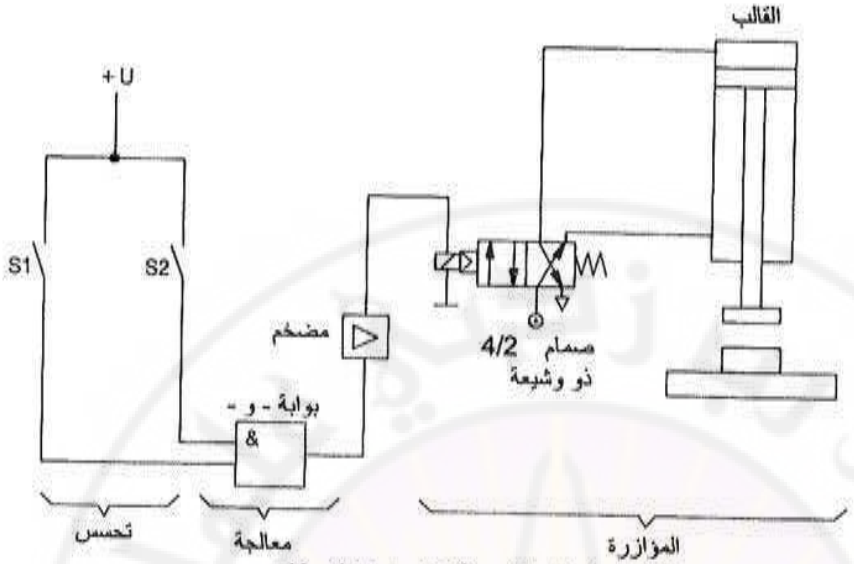
لأغراض الأمان فإناسطوانة الختم تتمدد فقط عندما يضغط العامل الزرين معاً (S_1 و S_2) بآن واحد. وهذا النظام يتألف من الأجزاء التالية:

إن قسم التحسس مؤلف من كباستين (زرين).

قسم المعالجة مؤلف من وصلة (و). وتنفيذها يتم أبعد ما يمكن عن الجهاز وبشكل معزول وغير محدد.

قسم المؤازر يتألف من مضخم، صمام 4/2 ذي ملف كعنصر تحكم أخير وأسطوانة مزدوجة التأثير. والمضخم ضروري فقط عند تنفيذ وصلة (و) إلكترونياً.

Damascus University



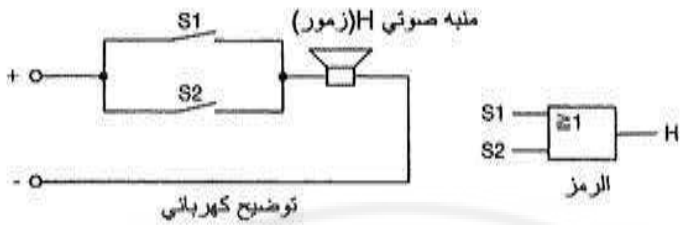
الشكل (5-3) - التحكم بجهاز ختم

- الوصلة المنطقية (أو) OR:

إن وصلة (أو) تعطي دوماً إشارة1 على المخرج إذا كانت إشارة1 موجودة هناك، في النهاية مدخل واحد. وموضح مثال هنا لتوضيح العلاقة.

جهاز إظهار الخطأ اللازم تركيبه (الشكل 5-4).

إن إشارة التنبيه ستختفي في الجهاز إذا كانت الحرارة T_1 تزيد على $100C^{\circ}$ أو إن الضغط P_1 يزيد على 20bar. مفتاحا تحديد النهاية (S_1 , S_2) يستخدمان كحساسات. المهمة المطلوبة تنفذ بوساطة التشغيل المتوازي كهربائياً للمفتاحين S_1 و S_2. وهنا أيضاً فإن جدول الحالات يصف سلوك الدارة. الشكل (2-5-4) يوضح أيضاً الرمز والجدول الحقيقي للوصلة (أو)، وكماهو الحال في جدول الحالة لمثال النموذج.



الحرارة المفتاح S1	الضغط المفتاح S2	الزمور
مفتوح	مفتوح	off
مفتوح	مغلق	on
مغلق	مفتوح	on
مغلق	مغلق	on

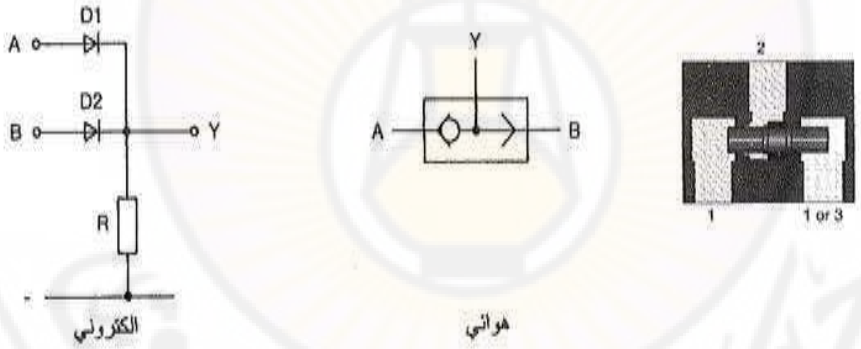
جدول للحالات الممكنة للمثال

S1	S2	H
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

جدول الحقيقة

الشكل (5-4) - الوصلة (أو)

الشكل (5-5) يوضح الحل الإلكتروني والهوائي لوصلة (أو).



الشكل (5-5) - الوصلات (أو) باستخدام تقنيات أخرى

- الأسلوب الالكتروني:

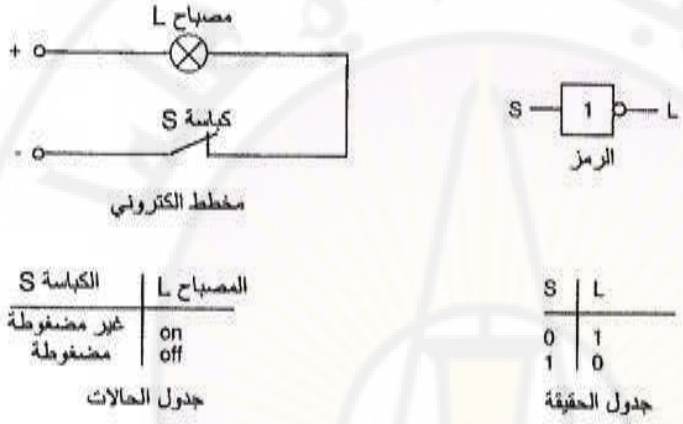
إذا زودنا الإشارة1 (5 V) إلى الوصلة Aفإن الدايود D_1 يصبح ناقلاً والوصلة y أيضاً تعطي إشارة1 لكامل 5V، ونفس التطبيق للوصلة B. فقط عند تزويد إشارة0إلى كلا الوصلتين A و Bفإن الخرج y سيحمل أيضاً الإشارة0.

- الأسلوب الهوائي:

إن الأجزاء الموضحة هنا بشكل رمزي هي صمام متردد، فإذا زودنا إحدى الوصلتين A أو B بالضغط، فإن الضغط سيتولد أيضاً عند الوصلة y.

- الوصلة المنطقية (لا) NOT:

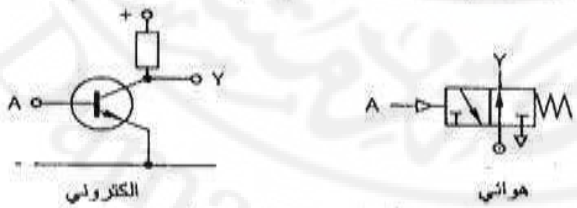
إن الوصلة المنطقية (لا) تمتلك مدخلاً واحداً فقط ومخرجاً واحداً فقط للإشارة. إن إشارة الخرج هي 1 عندما تكون إشارة الدخل0. وإشارة الخرج هي 0 عندما تكون إشارة الدخل 1. الشكل (5-6) يوضح مثالاً على الوصلة (لا) ، وجدول الحالات والترميز.



الشكل (5-6) - الوصلة (لا)

طالما إن إشارة الخرج هي دوماً عكس الحالة في إشارة الدخل. فإن الوصلة (لا) مصممة كعاكس أو مبدّل.

إن التنفيذ الالكتروني والهوائي للوصلة موضح في الشكل (5-7)



الشكل (5-7) - تنفيذ وصلة (لا) من خلال أجهزة تقنية

- **الأسلوب الالكتروني:**

إن الدارة تتالف من تزانزيستور ومقاومة. إذا طبقت إشارة1 (مثلاً 5V) على الوصلة Aفإن الترانزيستور يغلق وبصعوبة من خلال 0V ويظهر عند الوصلة y ما يميز الإشارة0. وحيث يوجد إشارة0(0V) عند الوصلة A، فإن التزانزيستور سيتوقف والإشارة1 (5V) ستظهر على الوصلة y.

- **أسلوب العمل في الحالة الهوائية:**

إن الأجزاء الهوائية موضحة رمزياً وهي صمام 3/2 مع إمكانية التدفق في الحالة الطبيعية وإذا ظهرت إشارة0عند الوصلة A، فإن الصمام هو في الوضعية الموضحة بالشكل والإشارة الهوائية 1 ستظهر عند الوصلة y. إذا ربطت الإشارة1 إلى الوصلة A، فإن الصمام سيغلق والإشارة0ستظهر عند الوصلة y.

- **الوصلات المركبة:**

في معظم التطبيقات يمكن أن تصادف تركيبات من وصلات (و، أو، لا). والمثال التالي أوردناه لتوضيح مثل هذا التطبيق.

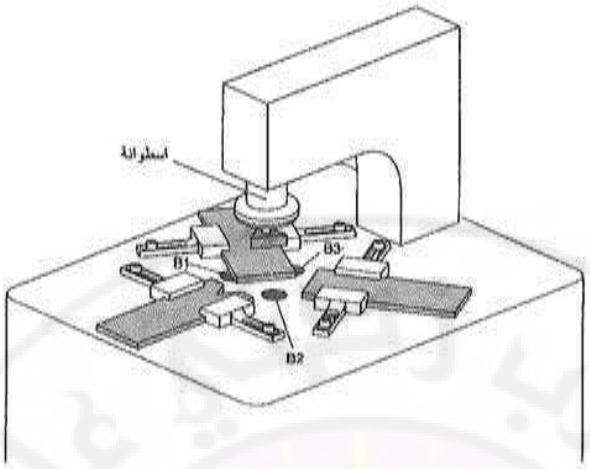
- **المسألة:**

إن جهاز الختم يمكن أن يشغل من ثلاث وضعيات. والثلمة تقطع إلى مشغولة بوساطة أسطوانة هوائية. وقد تم تركيب ثلاثة حساسات تقاربية B_1، B_2، B_3 لتحسس المشغولة. إن عملية الختم يجب أن تحرّض فقط عندما يتحرض حساسان بدقة وبآن واحد. ومخطط التوضع موضح في الشكل (5-8) ويوضح توضع التجهيزات.

- **الحل:**

في البداية يجب أن نكتب جدول التوضعات بالنسبة لإشارات الدخل B_1، B_2، B_3 وإشارات الخرج « الأسطوانة ». من أجل 3 إشارات دخل يوجد ثماني مجموعات 1/0 ممكنة. وكل الاحتمالات للمجموعات يتم إدخالها في الجدول وتلك التي ترتبط بالمشكلة منها يجب أن تختار.

هذه الخطوط تعلّم، في عمود « الأسطوانة » قد تم إدخالها بإشارة «1» الشكل(5-9) .



الشكل (2- 5-8) - مخطط توضع في جهاز الختم

وإذا تم استكمال الجدول بشكل كامل،فإنه يتم تحويله إلى مخطط منطقي. الشكل (5-10) يوضح الحل الذي يترك القرار مفتوحاً حول أي نوع من التجهيزات يجب أن يستخدم أي جزء التشغيل.

أوامر الدخل			الخرج
B1	B2	B3	Cylinder
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

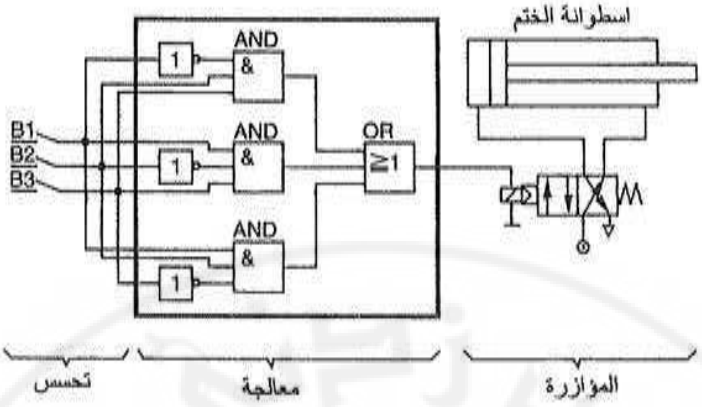
1يعني : الاسطوانة متمددة

0يعني : الاسطوانة تراجعت

1يعني : أن الحساس التقاربي محرض

0يعني : أن الحساس التقاربي غيرمحرض

الشكل (5-9) - جدول التوضعات لجهاز الختم



الشكل (5-10) - التحكم بجهاز ختم

إن قسم التشغيل يبنى على وجه الحصر من عناصر منطقية. في مثل هذه الحالة يكون الكلام عن التحكم المنطقي.

معادلات بول:

إن الربط المنطقي يمكن أن يوصف أيضاً باستخدام معادلات من جبر بول. إن العالم جورج بول قد صاغ المنطق الرمزي اعتماداً على متحولات ثنائية التكافؤ.

وعوامل الوصلات المنطقية الأساسية تبدو كما يلي:

عملية (و): $\wedge$

مثال: $y = SI \ \wedge S2$

عملية (أو): $\vee$

مثال: $y = S3 \vee S4$

عملية (لا): $-$

مثال: $y = \overline{S5}$

مثال على وصلة منطقية مركبة:

$$y = B1 \wedge B2 \vee B1 \wedge B3 \vee B3 \wedge B2$$

5-3- تخزين الإشارات والمخارج المنطقية:

إن ما يحدث في العديد من التطبيقات هو أن الإشارة المزودة من الحساسات لا تقيّم فوراً بوساطة المعالج بل تتأخر هذه العملية. وحتى ذلك يجب أن تخزن الإشارة بشكل مؤقت (ذاكرة).

- مثال من الهواء المضغوط:

في السابق كانت صمامات 4/2 تنتج بحيث تعود إلى وضعية البداية لها بوساطة قوة نابض عندما تزول القوة المؤثرة عليها. على كل حال، فإنه توجد أيضاً صمامات 4/2 والتي تحرض من الطرفين بوساطة الهواء المضغوط. مثلاً، فإن سلوك مثل هذا الصمام موضح في الشكل (5-11).



المثال 1 المثال 2

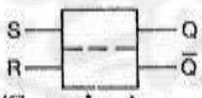
S	R	A	B	
0	1	0	1	(المثال 1)
1	0	1	0	(المثال 2)
0	0	لاتغير (ممسكة)		
1	1	غير مقبول		

الشكل (5-11) الصمام 4/2 كذاكرة إشارة

في المثال الأول فإن الوصلة S (التشغيل) تزود بإشارة0والوصلة R (إلغاء) تزود بإشارة1، الخرج A يوافق إذاالإشارة0و B يوافق الإشارة1. هذا المثال يحدد إلغاء الذاكرة.

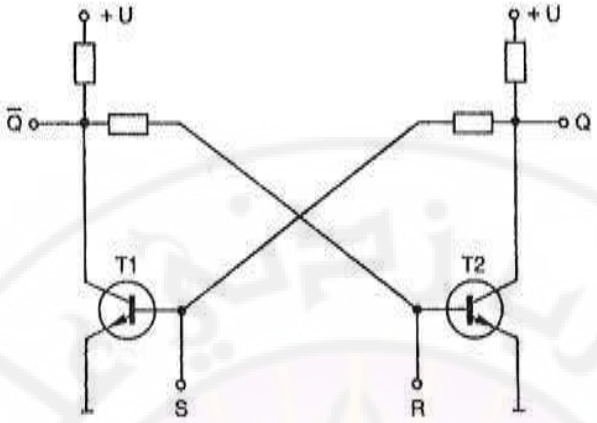
في المثال الثاني فإن الوصلة S تزود بالإشارة1 والوصلة R بإشارة 0. الخرج A عندها يوافق الإشارة1 و B يوافق إشارة 0. هذا المثال يحدد تشغيل الذاكرة.

إن الذواكر ذات الخانة الواحدة (مثلاً الذواكر التي يجب أن تقبل بدقة حالتين) يصطلح عليها باسم ذواكر الرجرجة (التغير السريع بالاتجاه أو القيمة. (الشكل 12 - 5)) يوضح رمز لذاكرة الرجرجة R/Sوالتي يمكن استخدمها في أي تقنية.



الشكل (5-12) - رمز عنصر R/S مرجرج

إن الإستخدام الإلكتروني لعنصر R/S المرجرج موضح في الشكل (2-5-13).



الشكل (5-13) - التنفيذ الإلكتروني لعنصر R/S مرجرج

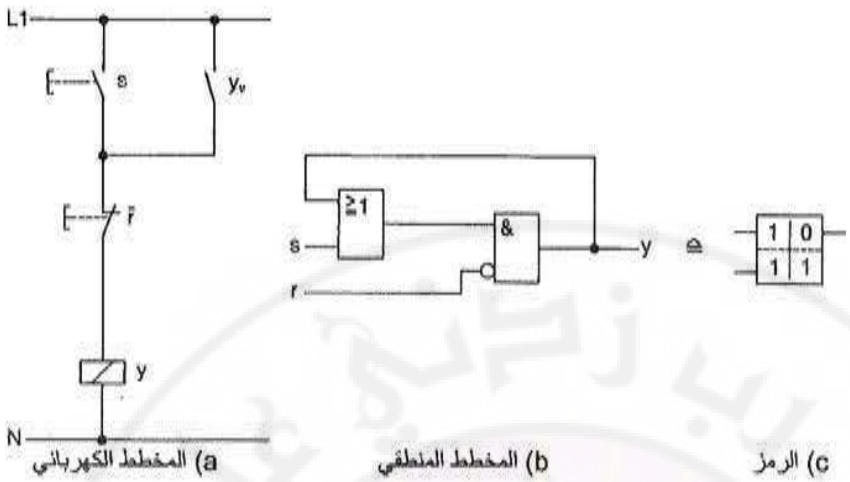
يستخدم ترانزيستوران كمفاتيح. إذا تم تزويد إشارة1 (5 v) عند الوصلة S، فإن الترانزيستور T_1 سوف يفتح من خلالها. الوصلة $\overline{Q}$ موصولة مع الأرض وتنقل إشارة0وفقاً للتحديد المطلوب. هذه الشحنة الأرضية تؤثر في مأخذ قاعدة الترانزيستور T_2 وتغلقه. لهذا السبب فإنه يوجد 5V عند الوصلة Q التي تميز الإشارة1. هذه الحالة يحافظ عليها عند وضع S على 0V. وعندما نزود الإشارة1 إلى الوصلة R فإن ظروف العمل ستنعكس. والدارة سوف تومض (تنبض)، وكما سوف نتوقع فإنه إلى الوضعية الثانية الثابتة، T_2 يصبح ناقلاً و T_1 سوف يغلق. ولهذا فإنإشارة1 ستكون عند $\overline{Q}$ وإشارة0عند Q وبسبب هذا السلوك المتبدل وفق حالتين ثابتتين فإن هذه الدارة سوف نرمز لها بالمصطلح « مرحلة التشغيل أو التحريض الثنائي الوضعيات ».

وهنا أيضاً فإن التزويد مباشرة بإشارة1 عند كل من S و R سوف يقود إلى سلوك غير محدد.

- ذاكرة الإشارة ذات السلوك المهيمن:

سيطرة إلغاء إشارة الذاكرة.

إذا تم تزويد دخلين في آن واحد « تشغيل » و « إلغاء » في هذه الدارة، فإن خرج الذاكرة المفترض هو إشارة 0. الشكل (5-14) يوضح الرمز الوظيفي، والمخطط المنطقي ومثال عن هذا النوع من الذواكر من الهندسة الكهربائية.



الشكل (5-14) - ذاكرة الإلغاء المسيطر

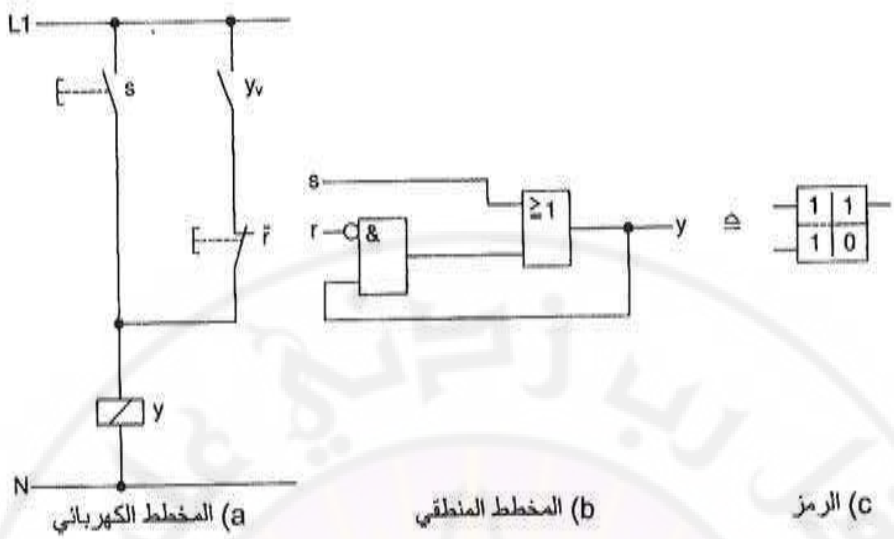
- أسلوب عمل الدارة:

إذا ضغطنا الزر Sفإن الدارة سوف تغلق وتحرض الحاكمة (y = 1) وتغلق الملمس y_v، والذي يوازي الكباسة S. إن الحاكمة هي ذاتية الإقفال. والزر S سيمكن تحريره مرة أخرى.

إن الحالة « الحاكمة محرّضة » أو « الإشارة1 = y » تبقى حتى تحريض الكباسة $\bar{r}$. وعند تحريضها فإن الحاكمة سوف يفك تحريضها بالحال والإشارةy ستصبح 0. وطالما أن الكباسة $\bar{r}$ موصولة مباشرة مع خط التزويد إلى الحاكمة. فإن الحاكمة ستبقى غير محرضة ولو كانت الكباسة S و $\bar{r}$ محرضتين على الفور.

ذاكرة التشغيل المسيطر:

في هذه الدارة فإن خرج الذاكرة يوافق إشارة1 عندما تحرض إشارات الدخل «تشغيل» و« إلغاء » فوراً. الشكل (5-15) يوضح هذه الدارة.



الشكل (5-15) - ذاكرة التشغيل المسيطر

- أسلوب عمل الدارة:

إذا حرضنا الكباسة S، فإن الحاكمة تتحرض وتغلق الملمس Y_v وعبر هذا الملمس والكباسة غير المحرضة $\bar{r}$ فإن الحاكمة تبقى مقفلة (متعشقة)

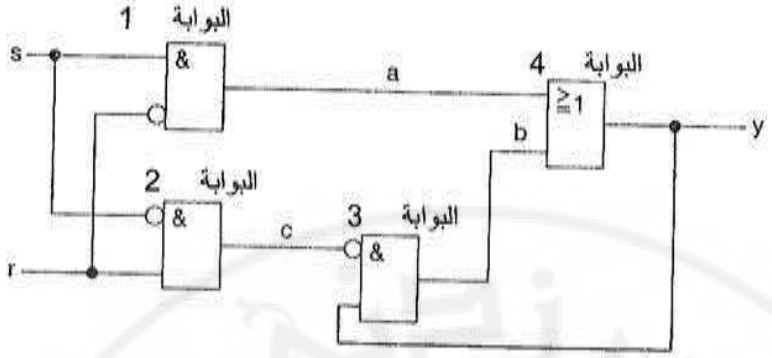
($y = 1$) حتى تحريض الكباسة $\bar{r}$.

وعند تحريض الكباستين في آن واحد، فإن الكباسة S لها الأسبقية طالما أنها على التفرعمع الكباسة $\bar{r}$ وملمس الحاكمة y_v (وصلة أو) وتسببتحريض للحاكمة ($y = 1$).

تثبيت الذاكرة، أول إشارة للوصول إلى السيطرة:

إن الإشارة الأولى وصولاً تشغل (الذاكرة) التثبيت على الوضعية المحددة وتقفل الإشارات الأخرى من اللحظة التي أصبحت فيها منطقياً الواحد. الشكل (5-16) يوضح المخطط المنطقي لتثبيت الذاكرة هذا.

Damascus University



الشكل (5-16) - تثبيت الإشارة أول إشارة للوصول إلى السيطرة

1 - أسلوب عمل الدارة:

1 - الإشارةs تصل أولاً ($r = 0$ و $S = 1$).

مع حالات الإشارة تلك فإن الوصلة (و) 1 (البوابة1) قد انتهت، الخرج من البوابة 1 يحمل الإشارة1 ولهذا فإن الدخل للبوابة (أو) 4 ($a = S \wedge \bar{r}$). والخرج y للبوابة (أو) لذلك سوف يصبح 1 ($y = a \vee b$).

الإشارة y هي إشارة دخل للبوابة (و) 3. الدخل الثاني لهذه البوابة (و) هو خرج البوابة (و) 2. هذا الدخل هو 0عند هذه النقطة في الوقت طالما أن الحالة $r \wedge \bar{s}$ هي غير كاملة. الخرج b من البوابة 3 يصبح 1 طالما أن $b = \bar{c} \wedge y$ مطبق، ولهذا فإن الدخل الثاني الآن a للبوابة (أو) هو أيضاً 1. إذا كانت الإشارةS هي الآن تبقى 1 أيضاً (سلوك القفل).

وفقط عندما نضع إشارةr للإلغاء فإن الحالة $c = r \wedge \bar{s}$ ستكتمل. الحالة $b = \bar{c} \wedge y$ على كل حال لن تكمتل أكثر منها. ولهذا السبب فإنالإشارةy تشغل على 0.

2 - الإشارةr تصل أولاً ($S = 0$ و $r = 1$).

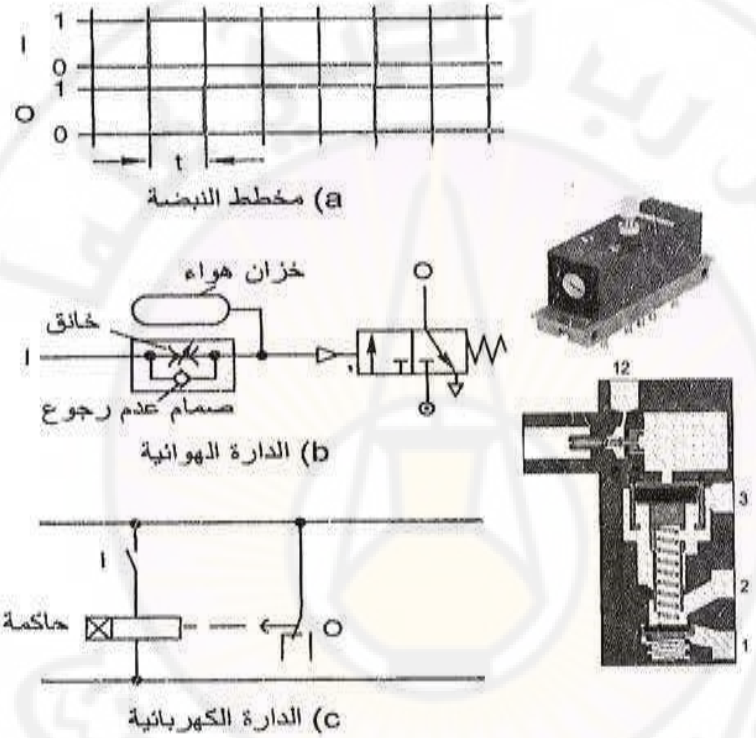
إن الوصلة (و) للبوابة 2 تكتمل عند الشرط $r \wedge \bar{s}$. وبما أن $c = 1$ والوصلة (و) للبوابة 3 غير مكتملة، لهذا فإن الدخل b للبوابة (أو) هو0.

طالما أن $r = 1$ و $S = 0$فإن الشرط $S \wedge \bar{r}$ للبوابة 1 غير مكتمل. والخرج a أو الدخل a للبوابة (أو) يبقى 0.

الدخلان للبوابة (أو) هما الآن 0. لهذا فإنy الآن تستمر بحمل الإشارة0.

5-4- زمن العمل (زمن العناصر مع تأخير التشغيل):

إن الإشارة المزودة إلى مدخل المؤقت لا تظهر عند المخرج حتى يمر زمن التأخير المحدد. فإذا تغيرت إشارة الدخل، فإن الخرج سوف يعمل بدون تأخير زمني. الشكل (5-17) يوضح مخطط النبضة والتعبير عنها هوائياً وكهربائياً.



الشكل (5-17) زمن الاستجابة مع تأخير الإقلاع (التشغيل)

أسلوب عمل الدارة الهوائية:

إن الدارة تتألف من صمام 3/2 كعنصر منطقي. إن إشارة الدخل تزود إلى مدخل التحريض لصمام التحكم بالاتجاه عبر مجموعة من تجهيزات تحديد الزمن، والمؤلفة من صمام تحكم بالتدفق وحيد الاتجاه وخزان الهواء.

وحيث يوجد تشغيل (او انتقال) من إشارة0إلى إشارة1. فإن هواء التحكم يمر

عبر صمام التحكم بالتدفق وحيد الاتجاه، ومن خلال قسم التحكم بالتدفق في الحقيقةوطالما أن صمام عدم الرجوع مغلق. فإن ذلك سيستغرق زمناً محدداً، حسب مقدار ضبط الخانق وحجم خزان الهواء. قبل أن يرتفع الضغط عند مدخل صمام التحكم بالاتجاه إلى القيمة التي تمكنه من العودة.

وعندما تتغير إشارة التحكم، فإن الهواء يستطيع الهروب بسرعة من خزان الهواء عبر صمام عدم الرجوع. وبالنتيجة فإنإشارة الخرج سوف تتغير على الأغلب بسرعة إشارة التحكم بالدخل نفسها.

- المؤقتات ذات تأخير زمن التدفق:

إذا انعكست إشارة الدخل عند المستوى 1. فإن الخرج ينعكس بشكل مشابه بدون زمن تأخير. وإذا أعطينا إشارة الدخل عندئذٍ بشكل معكوس إلى المستوى 0، فإن الخرج عندئذٍ ينعكس بعد زمن التأخير.

الشكل (5-18_a) - يوضح مخطط النبضة، في دارة هوائية وكهربائية.

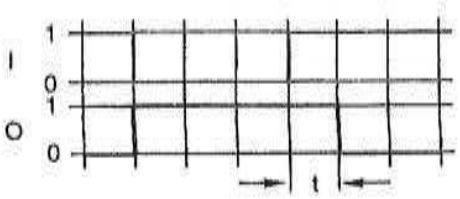
إن المبدأ في تشغيل الدارة مشابه للدارات ذات زمن تأخير التشغيل ويمكن أن يفهم بسهولة من مخططات الدارة.

إن الأجزاء في الدارة الهوائية (صمام تحكم بالتدفق أحادي الاتجاه، خزان الهواء وصمام التحكم بالاتجاه) هي بشكل عام تجمع في نموذج نظامي واحد. ومع هذا النموذج يمكن أن نضع أزمنة تأخير حتى 5 ثواني.

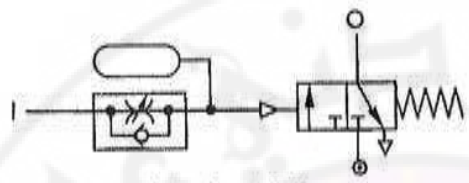
- مثال على التطبيق:

في الجزء التالي سوف نجري اختباراً لفحص العناصر الوظيفية اللازمة لجزء التشغيل والتقنية المستخدمة لتنفيذها. ونستخدم مسألة تحكم بسيطة هنا كمثال.

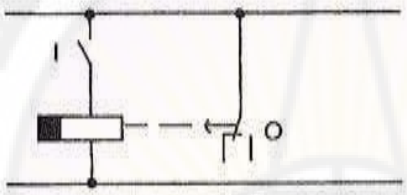
Damascus University



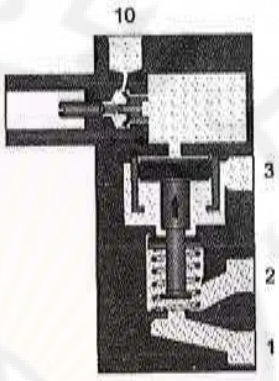
a) مخطط النبضة



b) الدارة الهوائية



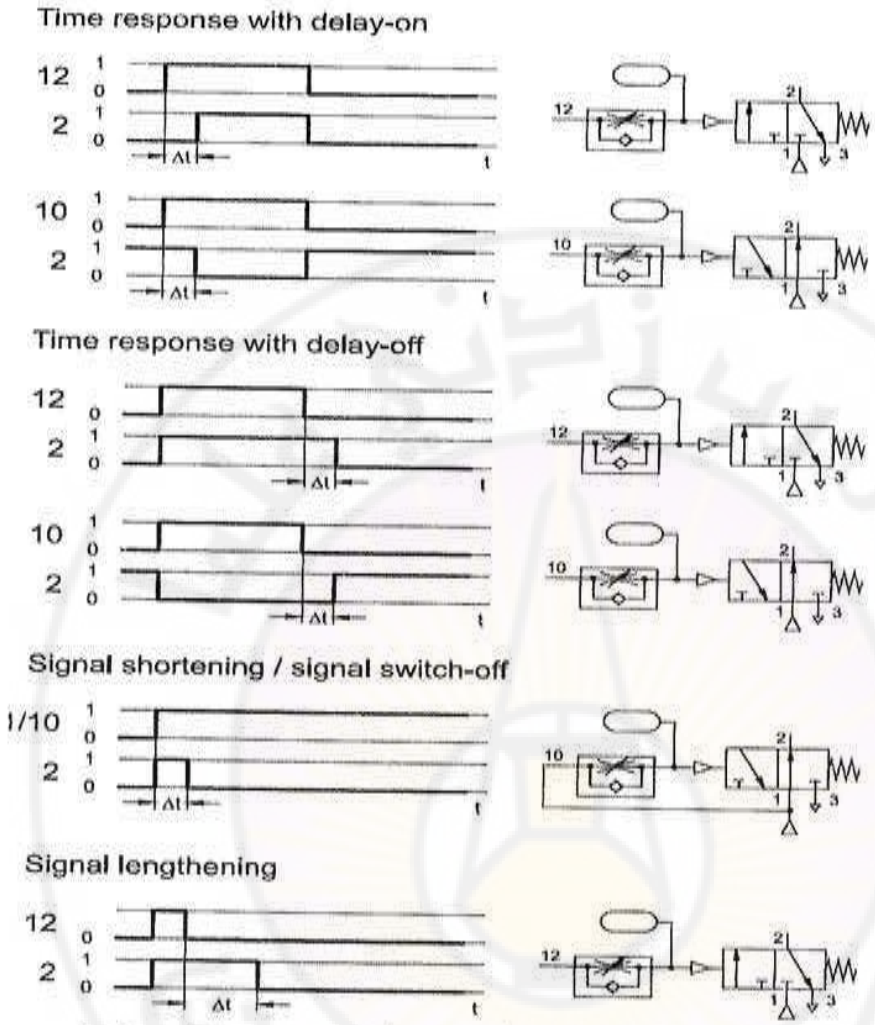
c) الدارة الكهربائية



الشكل (5-18_a) - زمن الاستجابة مع تأخير بزمن التوقف.

- **زمن استجابة الدارات ذات صمامات التأخير الزمني:**

يوضح الشكل (5-18_b) سلوك الدارات المزودة بصمامات تأخير زمني مختلفة الأنواع.



الشكل (5-18_b)- زمن استجابة الدارات ذات صمامات التأخير الزمني.

5-5- طرق التحكم بآلة برشمة:

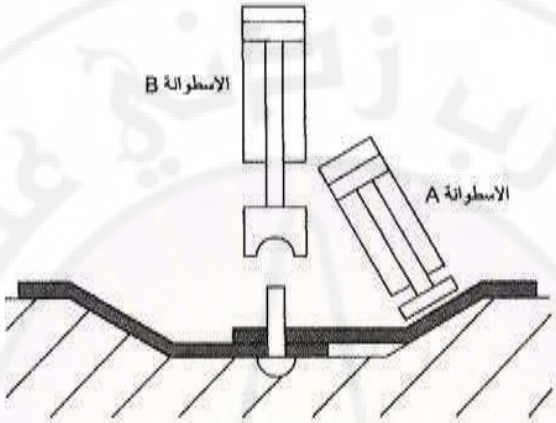
-الحل المنطقي:

الشكل (15-19) يوضح مقطعاً لتوضع جهاز البرشمة. إن الفترة اللازمة تحدد في -البداية حرفياً. ومن الضروري الإشارة هنا إلى أنه يوجد عدة أساليب لوصف المهمة التحكمية. والأساليب الأكثر أهمية مذكورة في المقطع التالي:

في الوضعية الابتدائية لإقلاع أسطوانة البرشمة B وأسطوانة القمط A تكون الأسطوانتان متراجعتين. إن الفترة تبدأ بإشارة إقلاع والتي يمكن أن تأتي من كباسة

مثلاً. أولاً تقمط أسطوانة القمط المشغولة. وعندها تتمدد أسطوانة البرشمة، تبرشم الجزأين معاً ثم تتراجع ثانية. وبالحال لحظة عودة أسطوانة البرشمة فإنأسطوانة القمط تفلت المشغولة. ويمكن أن تبدأ الدورة مرة ثانية من جديد.

إن أقصر وأوضح أسلوب لصياغة المسألة وأبعادها هو أن نختصر فترات الحركة في شكل جدول.

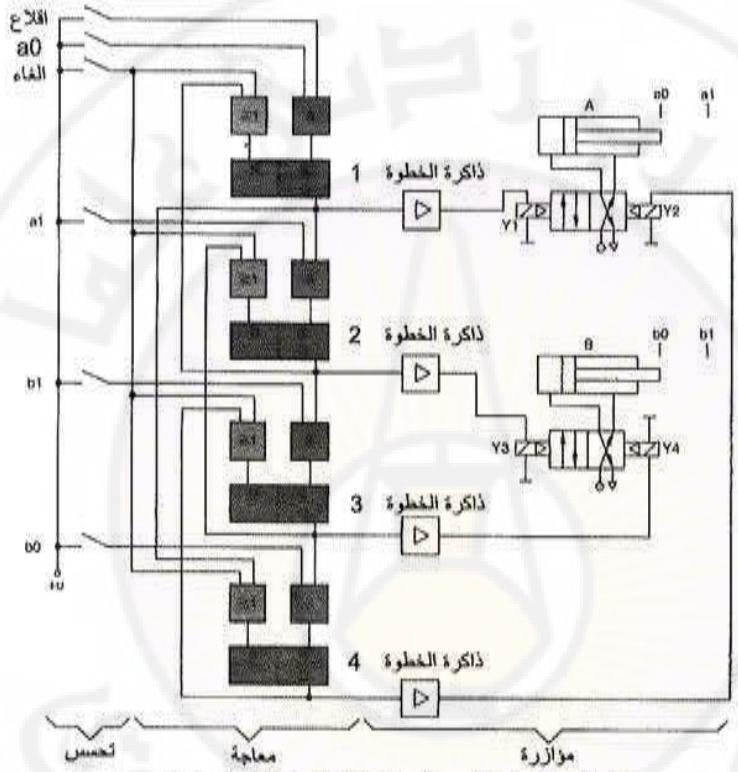


الشكل (5-19) - مقطع في توضعات جهاز البرشمة

الخطوة	الأمر	
	الشكل المختصر	الشكل المفصل
1	A+	الأسطوانةA تتمدد
2	B+	الأسطوانةB تتمدد
3	B-	الأسطوانةB تراجع
4	A-	الأسطوانةA تتراجع

وعملية التحكم هذه تتالف من أربع مراحل. في كل حالة، المرحلة اللاحقة لن تبدأ حتى تتحقق شروط محددة. وقسم المعالجة (التشغيل) لا يحتوي فقط على عناصر منطقية بل على ذواكر الخطوة أيضاً وفي المخطط التالي موضح مهمة التحكم مع رموز لإعطاء الوظائف المنطقية الإفرادية (مثلاً و، أو، لا، ذاكرة) وبشكل مفصل جداً ومغلق جداً للحل النهائي. هذا المخطط يشار إليه بالمخطط المنطقي. هذا النوع من وصف التمارين موضح في الشكل (5-20).

في قسم الحساس موضح فقط تصميم الإشارة وليس الحساسات نفسها. إذا تراجعت الأسطوانةA إلى a0 يعبر عنها منطقياً بالرقم 1. وإذا تمددت الأسطوانةA إلى a1 فنرمز لها منطقياً بالرمز 1. وهذا يطبق وفقاً للأسطوانةB وبالتوافق معها. صمامات 4/2 تحرض من كلا الطرفين وتستخدم كعناصر تحكم أخيرة.



الشكل (5-20) - المخطط المنطقي لجهاز برشمة

- وصف العملية:

إن الدورة الإنتاجية كاملة يمكن أن تقسم إلى أربع مراحل (خطوات)، وكل خطوة مزودة بذاكرة في قسم المعالجة والذي يفترض هنا أن يحدد مهمة ذاكرة الخطوة. في وضعية الإقلاع الابتدائية، هذه الذواكر ملغاة. المخارج Q تأخذ الإشارة 0.

الخطوة 1:

إذا كانت إشارة الإقلاع هي الرمز المنطقي 1 و ao هو الرمز المنطقي 1

(الأسطوانةA متراجعة)، شرط وضع ذاكرة الخطوة الأولى قد تم إنجازه والخرج Q يصبح الرمز المنطقي 1. عنصر التحكم الأخير للأسطوانةA يحرض من خلال y1، الأسطوانةA تتمدد (تقمط). إشارة الخرج Q من ذاكرة الخطوة 1 هي في الوقت نفسه شرط ضروري لتشغيل ذاكرة الخطوة 2.

- الخطوة 2:

عندما تمددت الأسطوانةA، فإنa1 يصبح أيضاً الرمز المنطقي 1. وهذا ينهي الشرط (و) لتشغيل الذاكرة 2. الخرج Q وإشارة التحكم y3 يصبحان الرمز المنطقي 1. إن عنصر التحكم الأخير للأسطوانةB يحرض والأسطوانةB سوف تتمدد (برشمة). إشارة الخرج Q لذاكرة الخطوة 2 تلغي ذاكرة الخطوة 1 من خلال وظيفة (أو). يجب أن نتذكر الحقيقة التي توضح أن عنصر التحكم الأخير A مغلق ولذلك لا يحدث أي حركة عند هذه اللحظة الزمنية. طالما أن الأسطوانة B قد تمددت فقد دخلت الخطوة 3(b1 = 1).

- الخطوة 3:

في الخطوة 3فإنالأسطوانةB تتراجع مرة ثانية عبر y4(البرشمة قد تمت). الخطوة 2 قد ألغيت.

- الخطوة 4:

عندما تقترب من نقطة نهاية الشوط الخلفي. فإنالإشارةbo تصبح الرمز المنطقي 1 وتحرض الخطوة 4 التي تؤثر من خلال y2 لذلك فالأسطوانةA تتراجع أيضاً مرة ثانية (افلات). وعندما يتم هذا فإن الفترة قد أنجزت ويمكن تكرار الدورة مرة ثانية.

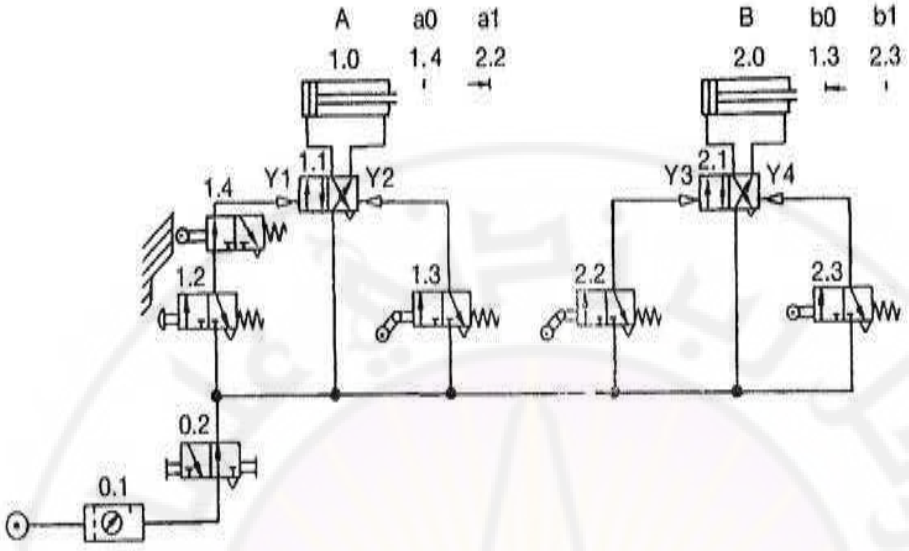
إن عدداً من الأساليب التقنية لتحقيق مسألة التحكم هذه موضحة في الحلول الممكنة التالية:

- الحل الهوائي باستخدام صمامات التحكم بالاتجاه:

أسلوب عمل الدارة:

إن عملية الإلغاء المرسومة على المخطط المنطقي غير موجودة على المخطط الهوائي. هذه الدارة تحتوي صمامي 3/2 (1.3 و 2.2) مع نموذج إضافي للتأثير. مثلاً من خلال كتلة دوارة بدحروج. وهذا جهاز ميكانيكي يجعل من الممكن توليد إشارة قصيرة النبضة. بهذا الأسلوب يمكن إلغاء إشارة على الفور عندما لا يلزم أن تستمر

أكثر من ذلك (الشكل 5-21).



الشكل (5-21) - مخطط هوائي لجهاز برشمة

إن نظام التحكم مزود بالهواء المضغوط عبر وحدة خدمة (0.1) وصمام رئيس ثنائي الوضعيات (0.2).

- الخطوة 1:

إذا كانت الأسطوانة (A) 1.0 في وضعية الإقلاع (وضعية النهاية الخلفية)، الصمام 1.4 مثبت في الوضعية الموضحة في الشكل (a 0 = 1)

إذا صدرت الآن إشارة الإقلاع من خلال تحريض الصمام 1.2، فإن إشارة التحكم y1 تصبح الرمز المنطقي 1.

- الخطوة 2:

عندما تكون y1 = 1فإن عنصر التحكم الأخير 1.1 سوف يعطي القدرة للأسطوانة (A) 1.0 لتتمدد الأسطوانة(+A). وقبل الوصول إلى نقطة النهاية الأمامية بقليل (a1)، فإن مفتاح تحديد نهاية الشوط 2.2 يتحرض ويتحرر ثانية عند الوصول إلى نقطة النهاية. هذه النبضة (y3) كافية لعكس عمل عنصر التحكم الأخير 2.1 مسببة تمدد الأسطوانة (B) 2.0 والتي تعطي القدرة (+B).

- الخطوة 3:

عند الوصول إلى نقطة النهاية الأمامية (b1)، فإن مفتاح تحديد نهاية الشوط 2.3 سوف يتحرض، عنصر التحكم الأخير 2.1 ينعكس بتأثير y4 = 1 مسببة تراجع الأسطوانة 2.0(B) مرة ثانية بشكل فوري(-B)

- الخطوة 4:

قبل الوصول إلى نقطة النهاية بقليل (bo)، فهي تحرض مفتاح تحديد نهاية الشوط 1.3 مولدة نبضة y 2 = 1 والتي تعكس عمل عنصر التحكم الأخير إلى الخلف باتجاه الوضعية الموضحة على الشكل. الآن الأسطوانة 1.0 يمكن أيضاً أن تعود إلى نقطة النهائية الخلفية (- A).

عندئذ فالفترة (عملية البرشمة) قد تمت ويمكن أن تعاد العملية بإشارة إقلاع 1.2.

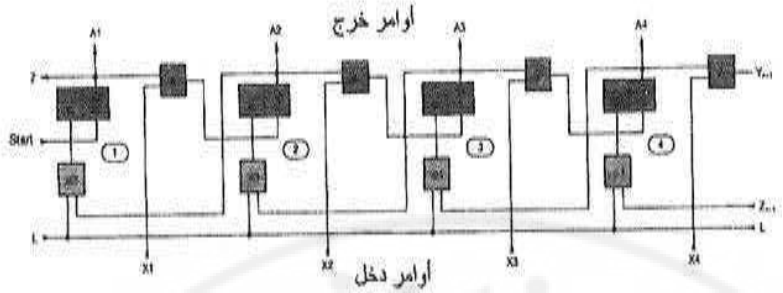
- الحل الهوائي باستخدام منظم التتابع:

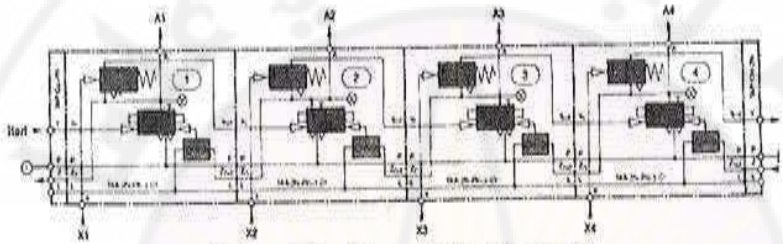
موضح في المثال أن قسم المعالجة والمتعلق بالتحكم بالتتابعات مبني من عدد من المراحل وكل منها تحتوي عناصر التشغيل نفسها. وكل مرحلة إفرادية مركبة من عنصر (و) وعنصر (أو) وذاكرة.

ولكي نقلل تكاليف تصميم وتركيب أجهزة التحكم بالتتابعات من هذا النوع. فقد تم تطوير نماذج نظامية تعمل بالهواء المضغوط وتم فيها الربط بشكل متكامل بين عناصر التشغيل الثلاثة المذكورة. هذه النماذج النظامية تدعى « منظمات التتابعات » ويمكن ربط أي عدد من هذه النماذج مع بعضها لتشكل المنظم الرئيس للتتابعات (للسلسلة) لحل مشاكل التحكم المعقدة من طراز التحكم بالتتابعات.

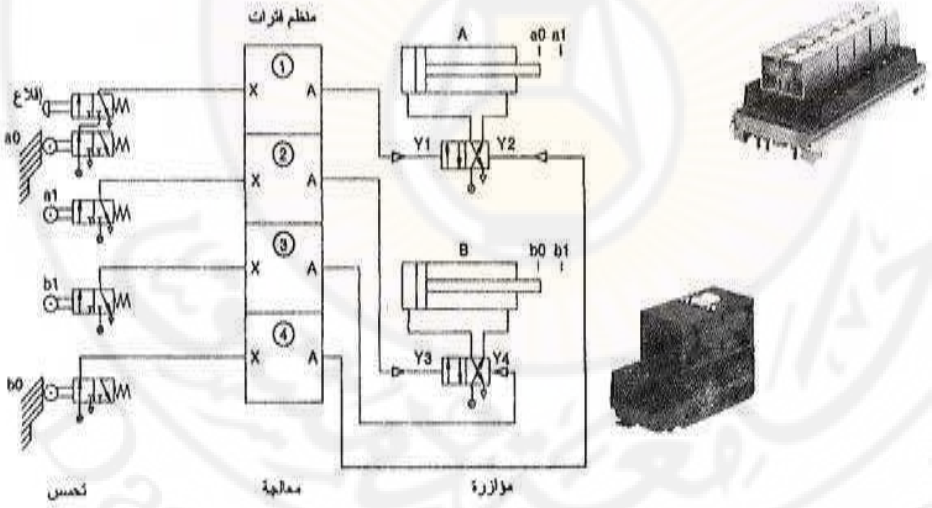
الشكل (5-22) يوضح وصلة من أربعة منظمات للخطوات.

إن التحكم بجهاز البرشمة باستخدام منظم التتابع قد تم تنفيذه كما هو موضح بالشكل (5-23).





الشكل (5-22) - منظم تتابع هوائي

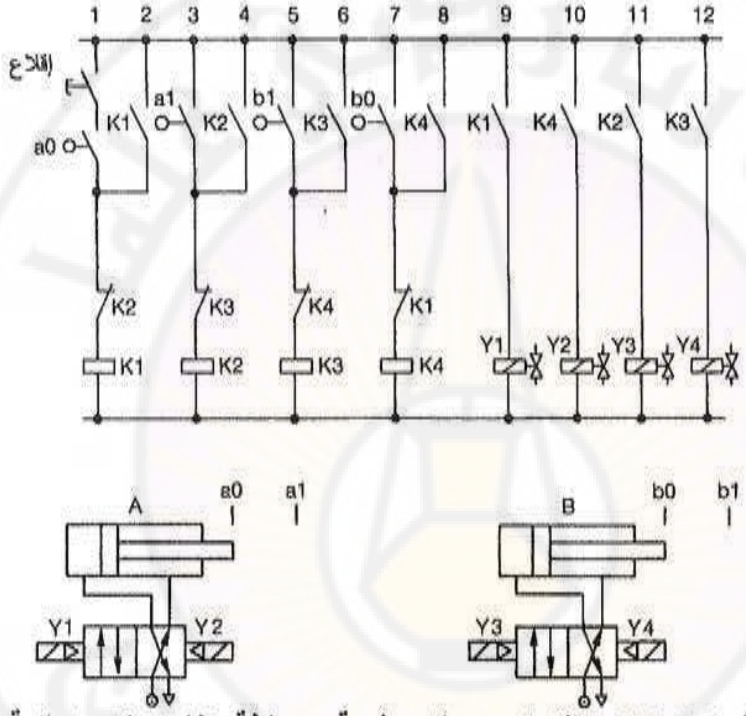


الشكل (5-23) - التحكم بجهاز البرشمة بوساطة منظم التتابع

- الحل الكهرهوائي:

في بحث « المؤازرات » يستخدم الصمام 4/2 ذو الملف لمهمة محول

كهرهوائي. مع عنصر التشغيل هذا، فإنه من الممكن حل مشكلة التحكم باستخدام تقنية التهجين، مثلاً يمكن أن يكون التحسس والمعالجة كهربائيين بحتين وقسم المؤازرة هوائي بحت أو هيدروليكي. ووصلات الربط ما بين التقنيتين هي صمامات ذات الملف والتي تحول إشارات التحكم الكهربائي إلى إشارات تحكم هوائية. الشكل (5-24) يوضح دارة كهرهوائية لحل مشكلة التحكم «بجهاز البرشمة».



الشكل (5-24) - التحكم بجهاز برشمة بوساطة عناصر كهرهوائية

- أسلوب عمل الدارة:

الخطوة 1:

إذا ضغطت كباسة الإقلاع وكانت ao =1 منطقياً، فإن الحاكمة سوف تتحرض وتغلق الملمس K1 في طريق التيار 2 (ذاكرة) وبالتالي يمكن إفلات الكباسة مرة ثانية. ملف الصمام y1 يحرض في طريق التيار 9 والأسطوانةA تتمدد.

الخطوة 2:

عند الوصول إلى وضعية النهاية a1، فإن مفتاح تحديد نهاية الشوط a1 يغلق

والحاكمة K2 تغلق في طريق التيار 3. الملمس K2 يحرر الحاكمة k1 في طريق التيار 1 ولهذا فإن ملف الصمام y1 يتحرر أيضاً. الملمس بالحاكمة 2 يمسك مغلقاً في طريق التيار 4 وملف الصمام y3 يغلق في طريق التيار 11 والأسطوانة B تتمدد.

الخطوة 3:

عندما تصل الأسطوانةb إلى وضعية النهاية b1، فالحاكمة K3 تغلق في طريق التيار 5 وتمسك. الحاكمة K2 غير محرضة في طريق التيار 3 وملف الصمام y4 يغلق في طريق التيار 12، مسبباً تراجع الأسطوانة B مرة ثانية.

الخطوة 4:

عندما تتراجع الأسطوانة (bo) فإن الحاكمة K4 تتحرض وتمسك. الحاكمة K4 تسبب إغلاق ملف الصمام y2 في طريق التيار 10 والأسطوانةA تتراجع. بهذا تكتمل الدورة الإنتاجية ويمكن تكرارها ثانية.

- الحل باستخدام نظام تحكم خطوي:

إن نظام التحكم الخطوي هو تحكم بالفترات حيث يتم فيه إعطاء الفترات الضرورية لخطوات التشغيل وإشارات الخرج بوساطة منظم الفترات. وبخلاف نظام التحكم بالفترات حيث إن منظم الفترات مبني من سلسلة من العناصر النظامية ويتحكم بعدد من خطوات التشغيل وفقاً لعدد العناصر النظامية، فإن نظام التحكم بالخطوات مركب من عنصر نظامي واحد والذي هو قادر على التحكم بعدد ثابت من خطوات التشغيل وفقاً لتصميمه، مثلاً 10 أو 20 خطوة تشغيل. إن منظم الفترات هو عداد هوائي - ميكانيكي مطور والذي يعمل بأنصاف خطوات (الشكل 5-25) إن محور العداد موصول مع فوهات دوارة تغذى محورياً والتي تطلق إشارات خرج إلى فوهات المجمّع على الثابت. عندما يعمل منظم الفترات فإنه يتحقق تقسيم واضح بين خطوات التشغيل بحيث إن معرفة إشارات الإقلاعيحرض النصف الأول من خطوة العداد. ومتابعة مسير إشارة المعرفة يسبب تشغيل منظم الفترات بخطوة واحدة للأمام. عند هذه النقطة فإن الفوهة الدوارة تتركز بين فوهات المجمع. والجزء الأخير من الإشارة يسبب النصف الثاني من الخطوة. وعندها فقط يمكن إعطاء خرج جديد. إن خاصية إشارة الخرج المقسمة تعطى فقط لكل خطوة تشغيل، وكل الخروج الأخرى تنفّس ولا تؤثر.

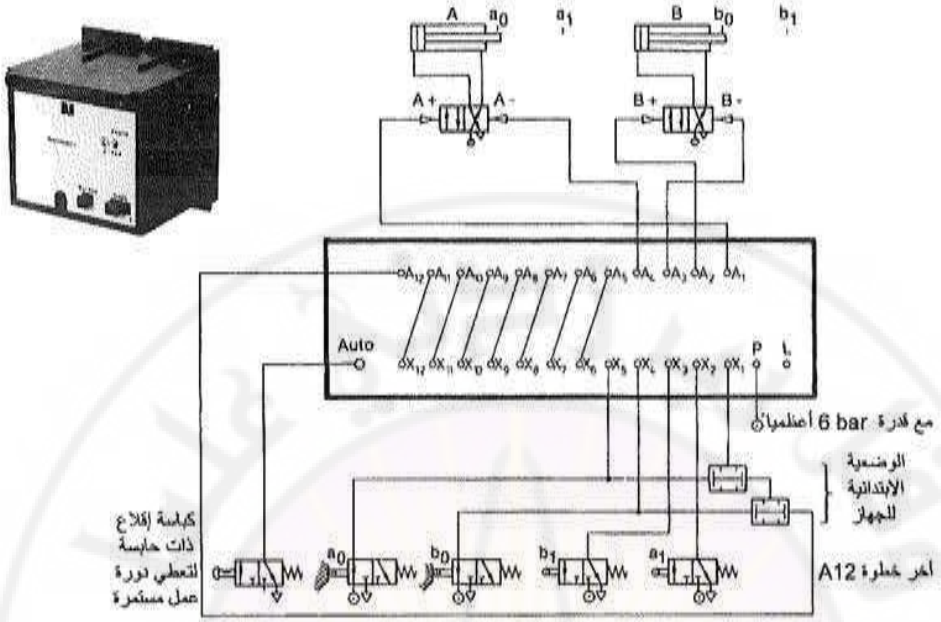


الشكل (5-25) - منظم فترات خطوي هوائي

إن نظام التحكم الخطوي مبرمج بوساطة إشارات خرج بسيطة مقسمة إلى المؤازرات الموافقة وإشارات المعرفة إلى الحساسات المناسبة أو عناصر التحكم المناسبة.

إن تشكيلة واسعة من الفترات يمكن برمجتها بوساطة حرية التقسيم لإشارات الدخل والخرج إلى منظم الفترات. الشكل (5-26) يوضح الحل لمشكلة التحكم «بجهاز البرشمة» باستخدام منظم فترات خطوي.

في التحكم بالفترات لجهاز البرشمة فإن كل فترة خطوة فرعية تعتمد على تنفيذ الخطوة السابقة. مثلاً، من الضروري للأسطوانةA أن تنفذ حركة إلى الأمام قبل الأسطوانة B التي يجب أن تتمدد. إن المعلومات حول إن الحركات التي أنجزت كاملة تمرر إلى قسم المعالجة عبر الإشارات a0 و a1 و b0، b1. لهذا فإن نظام التحكم بالفترات يشغل بأسلوب الاعتماد على الشوط أو الاعتماد على المهمة. إن المواصفة القياسية DIN تحدد مثل هذا النظام تحت اسم « نظام التحكم بالفترات اعتماداً على العملية».



الشكل (5-26) - التحكم بجهاز البرشمة باستخدام منظم الفترات الخطوي

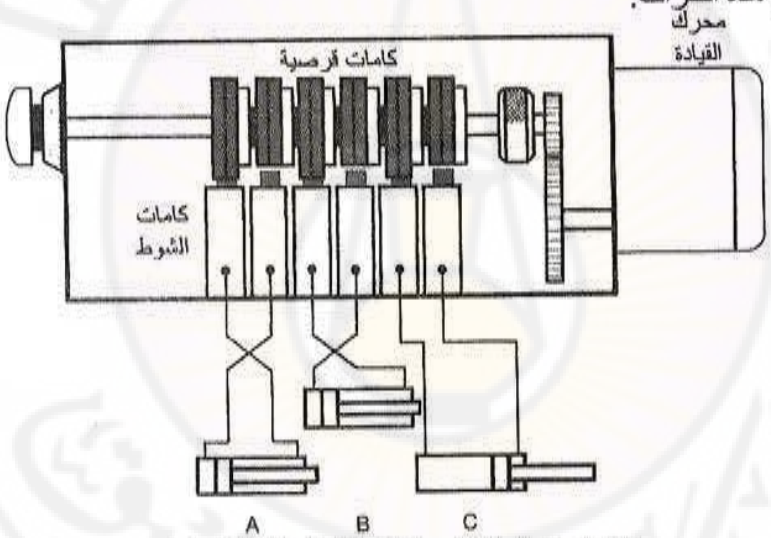
حيث يبدأ تشغيل الجهاز بضغط كباسة الإقلاع فيدخل الهواء المضغوط من فتحة Auto حيث يغذى للدارة وبسبب كون الحساس a0 محرضاً لأنه في بداية الشوط للأسطوانةA وكذلك الحساس b0 الذي هو بداية الشوط للأسطوانة B وكونهما متصلين مع بوابتي AND مما يحتم كون مدخليهما الأخرين محرضين من طرف الفتحة A12 مما يحرض المدخل X1 والذي بدوره يحرض المخرج A1، والذي يحرض الملف A+ فتنطلق الأسطوانةA إلى الأمام حتى تحرض حساس نهاية الشوط a1، والذي بدوره يحرض المدخل X2 والذي يحرض أيضاً الفتحة A2 مما يحرض الملف B+ فتنطلق الأسطوانة B إلى تحريض حساس نهاية الشوط b1، مما يحرض الفتحة X3 وبالتالي تحرض بدورها الفتحة A3 مما يحرض الملف B- والذي بدوره يعيد الصمام لوضعية البداية ويرجع الأسطوانةB إلى تحريض حساس بداية الشوط b0، والذي بدوره يحرض كل من الفتحة X4 والبوابة AND السفلية مما يحرض الفتحة A4 والتي تعيد الأسطوانةA لتحرض حساس بداية الشوط، والذي بدوره يحرض كل من الفتحة X5 والتي تحرض الفتحة A5 لتتابع الإشارة مرورها حتى الفتحة A12 لتغلق الدارة مع بوابة And السفلية. وكذلك يحرض الفتحة X1 والتي تحرض الفتحة A1 لتحرض بدورها الملف A+ ليحرض الأسطوانةA من جديد لدورة جديدة وهكذا.

ويمكن ربط عدة أجهزة منظم فترات خطوية على التسلسل بربط الوصلات عن طريق الفتحة A ليكرر عملية جديدة وهكذا لربط دارات أكبر من المرسومة بالشكل. ويغذى الجهاز بالضغط من الفتحة P. ويتم إلغاء الاشارات كاملة عن طريق ضغط كباسة تغذي المدخل L بالهواء فيفعّل بدوره إلغاء الاشارات على كل المداخل للجهاز.

- **نظام التحكم ذي الخطوات المؤقتة زمنياً:**

في بعض الحالات ليس من الضروري لمثل هذه المعرفة أن تعطى حول المهمات التي قد تم تنفيذها. مثل هذه الخطوات يمكن عادة أن يتحكم بها باسلوب الاعتماد على الزمن بشكل صافٍ، مثلاً إن الحركات الإفرادية والمهمات وعليه الخطوة الفرعية يمكن أن تحرض من خلال فترات زمنية محددة. والمواصفة DIN تصف هذا النوع من الأنظمة باسم « نظام التحكم بالخطوات اعتماداً على الزمن ».

الشكل (27 - 5) يوضح مؤقتاً زمنياً كوحدة تحكم مركزية والتي يمكن أن تستخدم لتحقيق مثل هذه الفترات.



الشكل (5-27) - الفترات المؤقتة زمنياً

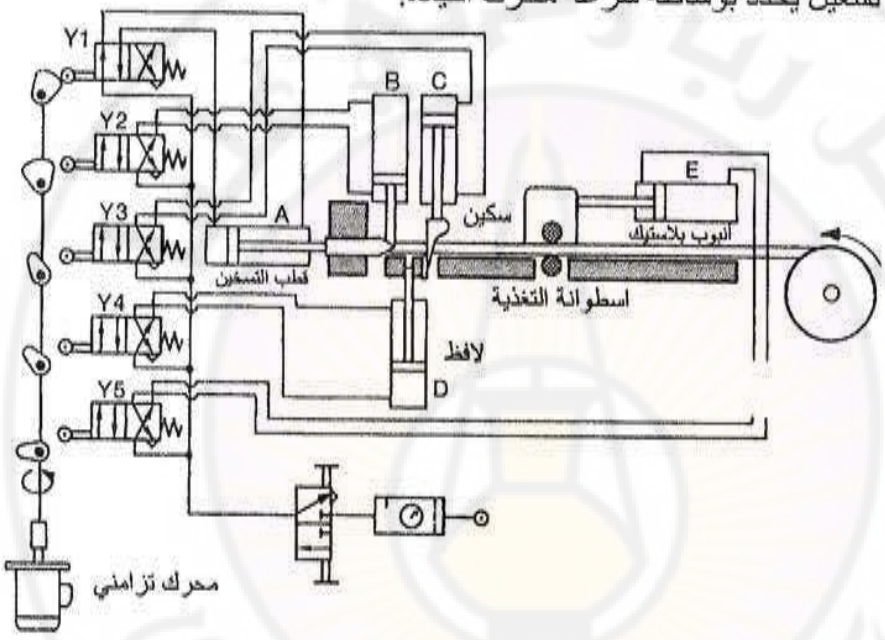
إن الأقراص اللامركزية (الكامات) في صمامات التشغيل مركبة على عمود يقاد بوساطة محرك وبروفيل الكامة يحدد متى وبأي تردد يجب أن يحرض الصمام المناسب. وسرعة المحرك تحدد زمن الدورة للخطوة المنفذة.

الشكل (5-28) يحدد مثالاً على تطبيق نظام تحكم ذي خطوات مؤقتة زمنياً.

هذا المثال يركز على آلة لقطع الأنابيب البلاستيكية وتوسيع أحد أطرافها. وتستخدم فيها

خمس أسطوانات (A - E) هوائية ثنائية التأثير كموازرات. إن دورة التشغيل تتم بالأوامر « احمل (بشكل مقابل) »، «أدخل »، « تغذية لالكترود التسخين وتسخين الأنبوب » و « إقطع والفظ ».

إن صمام 4/2 ذا نابض إرجاع (y5 - y1) مركب على أسطوانة، والتحريض ينفذ من خلال كامات المحرك المتزامن. وفي لحظة تأثير الكامة وانتهاء التأثير، فإن الصمام في الأسطوانة الموافقة لها يعود إلى وضعية بداية الإقلاع. إن زمن الدورة لدورة تشغيل يحدد بوساطة سرعة محرك القيادة.



الشكل (5-28) مخطط يوضح تحكم مبرمج بآلة خاصة

5-6- البرنامج:

لقد تم التوضيح بأن مشكلات التحكم كافة يمكن أن تحل بالتجميع الصحيح للوظائف الأساسية (و، أو، لا، الذاكرة والزمن ضمن جزء التشغيل من النظام).

إن قسم التشغيل وحتى الآن قد تم تحليله ولكنه لم يطوَّر بشكل فعلي لمهمات خاصة محددة مسبقاً. إنه من السهل أن نرى أن التطوير الشامل ستكون مشكلاته معقدة جداً. ويمكننا أن نحقق هذا الهدف عندما نقسم الوظيفة الكاملة إلى مهمات منطقية جزئية.

لهذا فإن مهمة الأمر يمكن القول إنها قد رسمت لتحتوي عدداً من المهمات

الإفرادية. إن المصطلح «برنامج» والذي هو قريب من الاستخدام اليومي يوضح بدقة معنى مهمات التشغيل أو تعليماتها: إن البرنامج يحتوي أسلوب حل مشكلة مقسمة إلى خطوات جزئية. وعندما نتاكد فقط من أن البرنامج الذي تم تطويره سوف يلبي الاحتياجات كافة والتي تحولت إلى أدوات فعلية.

المكونات الأساسية المناسبة (النظامية) تجمع مع بعضها ويتخذ القرار حول كيفية ربطها مع بعضها (توصيلها)، كهربائياً أو إلكترونياً أو بوساطة خراطيم هواء مضغوط. وهنا توجد أمامك النتيجة النهائية بشكل معالج موصل سلكياً أو بأنابيب. وعادة لا يوجد إمكانية أكثر لرؤية الفرق بين الوظائف « تطوير البرنامج » و « بناء وتوصيل العناصر ». على كل حال فإنه من الضروري المحافظة على اختلاف بالمفاهيم بينها. كل العناصر المرنية المستخدمة في المعالجة مثل الأجهزة، الأنابيب، وحدات التوصيل، .... الخ. مصممة كعناصر صلبة. ومن جهة أخرى فإن المرن هنا هو البرنامج في نظام التحكم، والنتيجة في اعتبارات المصمم. والنظم المستخدمة في ترتيب المكونات الملحقة. لهذا فهذه تكافىء العناصر الصلبة والمرنة.

وقد أشرنا سابقاً إلى أن أسلوب الفترات في حل المسألة، مثلاً العناصر (التعليمات) المرنة المعطاة من قبل العناصر الصلبة، غير فعالة بشكل مستقل بالمقارنة مع أساليب التطوير المختلفة: تخطيط التركيب، الاختبار والصيانة. وقد جرت محاولة لاستخدام المعارف المحصلة في معالجة المعطيات لتحقيق فصل واضح بين العناصر الصلبة والعناصر المرنة (المعلومات).

- نظام معالجة المعطيات الصلب ذي الإمكانات المرنة:

إن النتيجة كانت « نظام معالجة صلباً ذا مواصفات مرنة » والتي هي نفسها في وضعية الربط المناسب للعناصر الأساسية في كل مرحلة من المهمة. إن المعطيات حول ماذا، متى، وكيف ستربط الأجزاء مع بعضها أو تقارن مع بعضها وحول نتيجة هذه الوصلة الواجب تحضيرها متوضعة في ذاكرة خاصة مزودة إلى ذاكرة البرنامج.

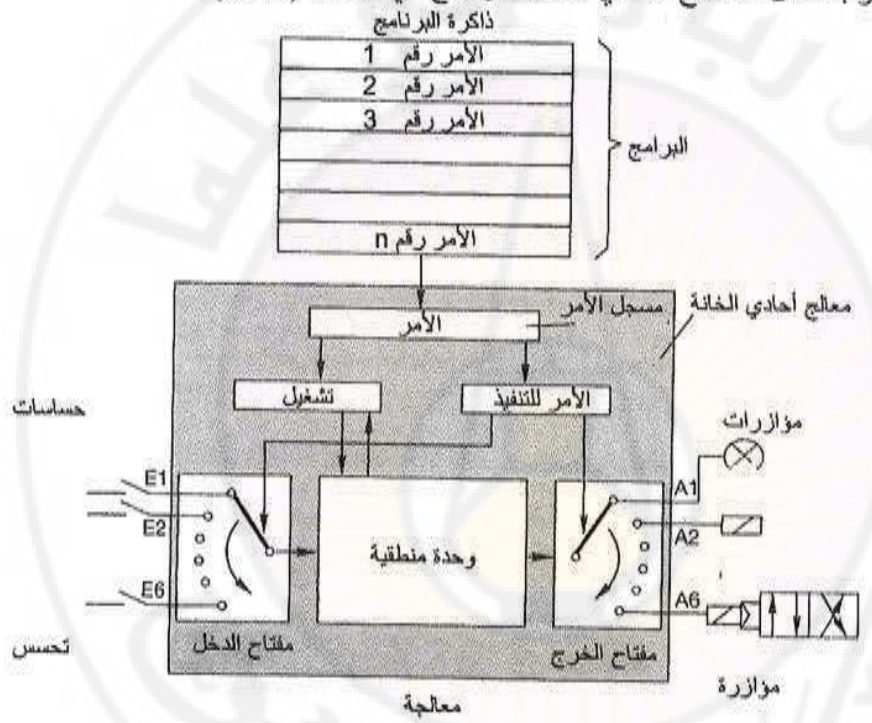
إن مهندس التصميم قادر الآن على إدخال هذه التعليمات إلى ذاكرة هذا البرنامج باستخدام معادلات المهمات الموزعة. لهذا فهو مستقل بشكل كامل عن عناصر المعالجة الصلبة ويمكنه أن يركز اهتمامهعلى تطوير البرنامج.

5-7- معالج ذي خانة واحدة بسيطة إلى معالج كلمات معقد:

إن المعالج الإلكتروني أحادي الخانة المستخدم في تقنية التحكم والذي طور في نهاية الستينات،وكانت الغاية المطلوبة في استخدامه كبديل عن التحكم بالحاكمة التي كانت تستخدم بشكل واسع في ذلك الحين

ولكي يكون اقتصادياً فإن مثل هذا المعالج يجب أن يكون إلكترونياً، إن مبدأ عمل المعالج أحادي الخانة هو مبدأ مماثل للمعالجات ذات البرمجة الحرة كافة.

أسلوب عمل المعالج أحادي الخانة موضح في الشكل (5-29):



الشكل (5-29) - المعالج أحادي الخانة

إن الأوامر المختلفة في البرنامج مخزنة في ذاكرة البرنامج وفق الأمر المناسب. والأسلوب الذي تصل فيه هذه الأوامر من ذاكرة البرنامج وترتيب هذه الذاكرة وتنظيمها قد تم التعامل معهم في البحث «العناصر المرنة أو البرمجية ». عندما يقلع البرنامج فإن أول أمر في ذاكرة البرنامج يتم التعامل معه من خلاله. لهذا الهدف فإن البرنامج ينقل من ذاكرة البرنامج إلى مخزن (أوامر). وهذا يقسم

إلى جزأي عناصر معلومات (معطيات)، جزء التشغيل وجزء التعامل مع العناوين. إن جزء التشغيل يحتوي تحديد المعطيات والذي يجب أن نحصل على عملياته المنطقية. وجزء التشغيل يحتوي أيضاً قسم التعامل مع العناوين والحاوي وصفاً للمعطيات القادمة بشكل إشارات من الحساس المستخدم لتحقيق «منطقياً » وصلة أو من المؤازرات التي يجب أن تمرر إليها النتائج المنطقية.

هذه المعطيات تستخدم لتشغيل مفتاح الدخل للتبديل إلى الحساس الصحيح ومفتاح الخرج للتبديل إلى المؤازر المناسب. إن قسم التعامل مع العناوين يشار إليه أيضاً بقسم العناوين.

في المثال التالي تنفذ وصلة (و) المنطقية باستخدام معالج مبرمج بحرية.

وبرنامج حل هذه المسألة يمكن أن يظهر كما يلي:

	العمليـة	الأمـر
1. الأمر	AND	11
2. الأمر	AND	12
3. الأمر	=	01

والمعالج يعالج خطوة بعد خطوة .

الخطوة 1 :

إن الأمر الأول يمرر إلى مسجل الأوامر. وقسم التشغيل « يخبر » الوحدة المنطقية أنه يجب تنفيذ وصلة (و). قسم التعامل مع العناوين

« يخبر » مفتاح تبديل الدخل أنه يجب أن يفترض الوضعية I1 وبالتالي فإن حساس المعطيات يتصل مع I1 (0 أو 1) والذي يمكن أن يمرر إلى الوحدة المنطقية. إن الوحدة المنطقية تختزن هذه المعلومة. وبهذا الشكل فإنه تم التعامل من خلال أول أمر.

الخطوة 2:

الخطوة الثانية (و I2) تمرر إلى مسجل الأوامر. إن قسم التشغيل «يخبر» الوحدة المنطقية أنه يجب تنفيذ وصلة (و). قسم التعامل مع العناوين « يخبر » مفتاح تبديل الدخل أنه يجب أن يفترض الوضعية I2 وبالتالي حساس المعطيات المرتبط مع I2 يمكن أن يمرر إلى الوحدة المنطقية. والوحدة المنطقية تربط هذه المعطيات مع تلك

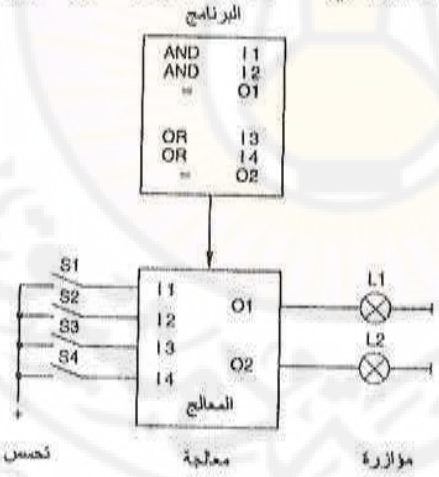
التي تم تخزينها في الخطوة 1 وبعدها تخزن هذه النتيجة في الذاكرة. وبهذا يكون الأمر الثاني قد تم.

الخطوة 3:

الأمر الثالث يمرر إلى مسجل الأوامر. قسم التشغيل « يخبر » الوحدة المنطقية أن نتيجة الوصل بين الخطوة 1 والخطوة 2 يجب أن تعطى خرجاً إلى المؤازر. قسم التعامل مع العناوين « يخبر » مفتاح تبديل الخرج أنه يجب أن يفترض الوضعية O1 وبالتالي فإن نتيجة الوصلة يمكن أن تعطى خرجاً إلى المؤازر المتصل إلى O1. وبهذا يكون الأمر الثالث قد نفذ والبرنامج قد اكتمل.

بالطبع يمكن تنفيذ العديد من الوصلات المختلفة مع تنوع أقسام التعامل مع العناوين. ولهذا فإن الأوامر للوصلات المنطقية اللاحقة تضاف ببساطة إلى البرامج الموجودة. وهنا أيضاً نعطي مثالاً عملياً:

الوصلات المنطقية المعروفة يجب أن تنفذ باستخدام معالج ذي برمجة حرة. أربعة أزرار (S1-S4) موصلة مع المعالج لتؤثر كحساسات ومصباحين L1 و L2 كمؤازرين « والدخول » المعروفة الآن للمعالج غير موضحة بشكل أكبر على مخطط التوصيل. لهذا فإن الترتيب المبين في الشكل (5-30) يعطي مايلي:



الشكل (5-30) -تنفيذ وظيفة (و) و (أو) بوساطة معالج ذي برمجة حرة

إن البرنامج يصف أن الدخول I1 و I2 وبالتالي الحساسات S1 و S2 مربوطة على شكل وصلة (و)، والنتيجة تمرر إلى O1 وبعدها إلى المصباح. الدخول S3 و

S4 مربوطة على شكل وصلة (و) والنتيجة تمرر إلى O2. الوصلة الناتجة عن الحساسات والمؤازرات لاتعطي معلومات أكثر عن وظيفة الدارة. فقط البرنامج هو الذي يصف. ويجب أن نأخذ فكرة مهمة من هذا وهي أن وظيفة الدارة يمكن أن تبدل بتبديل البرنامج فقط. وقد أوردنا أمثلة أكثر في البحث المتعلق بالمعلوماتية «العناصر المرنة للمعلومات».

إن التطور السريع للإلكترونيات قد أعطى النتيجة القائلة بأنه يمكن تخزين وظائف أساسية أكثر وأكثر (وظائف ترانزيستورية) في مساحة أقل وأقل. في عملية المعالجة ظهرت إلى الوجود معالجات تدعى الواحدة منها رقاقة معالجة. في هذا المعالج الجديد قد خزنت وحدات الوظائف كافة في مكان مفرد. والمعالجات من هذا النوع من التصاميم تدعى « المعالجات الصغرية أو الميكروبروسيسور ». وأسلوب عملها من حيث المبدأ مماثل لتلك المعالجات الأحادية الخانة.

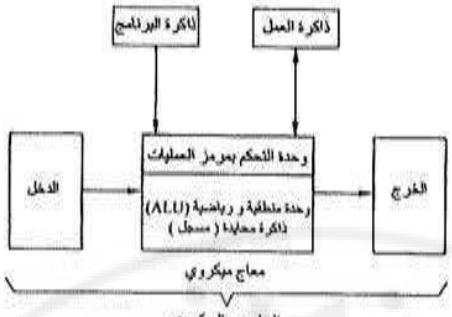
ويجب أن نتذكر الخصائص المهمة التالية:

- عرض الكلمة 32 و 16، 8 حرف.
- مجموعة تعليمات مكثفة.
- إمكانيات وقدرات حسابية.
- معالجة سريعة.

- المعالج الصغري والحاسوب الميكروي:

كما أوضحنا سابقاً، فإن المعالجع الأحادي الخانة، مثل المعالج الصغري يجب أن يرمز وينفذ أوامر مفردة. في حالة المعالج أحادي الخانة، فهذا يعني عموماً تشغيل وصلات منطقية. وفي المعالجات الصغرية توجد أيضاً مهمات مكثفة مثل الحسابات.

ولجعل المعالج الصغري قادراً على تنفيذ مثل هذه المهمات فإنه يلزمه وحدات محيطية مثل ذاكرة البرنامج، ذاكرة التشغيل ووحدات إدخال وإخراج. والجمع لكل هذه التجهيزات اللازمة لتنفيذ هذه المهمات هو تصميم « حاسوب ميكروي » ويقع على عاتقه معالج صغري قادر فقط على تنفيذ خطوة عمل (تنفيذ أمر). المعالج الصغري ومكوناته موضحين في الشكل (5-31).



الشكل (5-31) - العناصر الموجودة في حاسوب ميكروي

وهذا مخطط عام جداً وهو لا يوضح ما إذا كان للتطبيقات التقنية أم التجارية للحاسوب. إن وحدات الدخل والخرج هي العناصر التي تتغير بشكل ملموس في هذه الأنواع المختلفة من التطبيقات.

في إحدى الحالات تكون المعطيات هي دخل إلى الحاسوب من وثائق الفواتير والخرج عند نهاية المعالجة هو بشكل وثائق مطبوعة بشكل كتب. ومن جهة أخرى فإن الإشارات المزودة من قبل الحساسات هي دخل وإشارات الخرج الموافقة لها محضرة للمؤازرات.

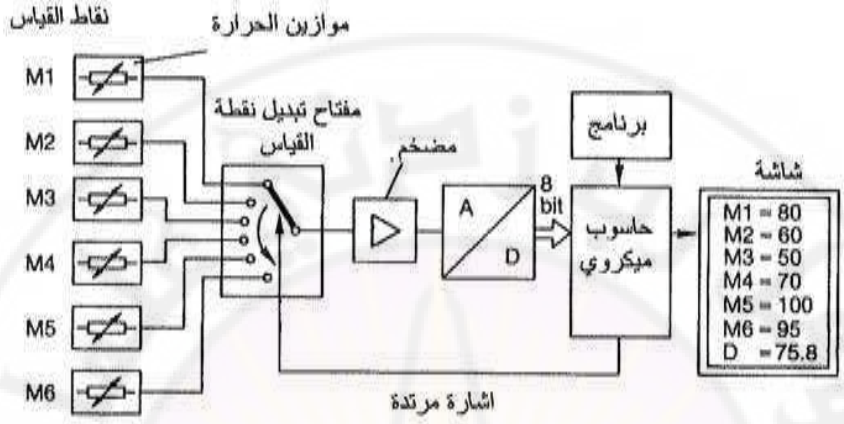
إن نوع الاستخدام المتضمن يقرر أيضاً كيف يمكن أن يصمم الحاسوب. في لحظة ما نحن نتعامل مع حاسوب شخصي وفي لحظة أخرى نتعامل مع جهاز تحكم منطقي مبرمج أو جهاز تحكم CNC.

هذه الأنظمة مشروحة في البحث التالي. على كل حال وفي كل الحالات فإن «قلب » النظام هو المعالج، يمكن أن يكون هو نفسه للجميع، ونوع معالجة المعلومات وأسلوبها أيضاً هو نفسه. ولهذا السبب فإنه من الممكن مواءمة النظام نفسه لوظائف مختلفة.

إن الحاسوب الشخصي مثلاً يمكن أن يستخدم للتطبيقات التجارية و / أو التقنية. بالطبع فالحواسب المفصلة خصيصاً لتطبيقات محددة مثل جهاز تحكم منطقي مبرمج هي عموماً أرقى بكثير من الحواسب الشخصية بالنظر إليها من حيث التركيب، والصيانة والقدرات.

- مثال على تطبيق لاستخدام الحاسوب الميكروي:

إن الحاسوب الميكروي الواجب استخدامه لبناء جهاز قياس وإظهار لحجرة فرن. كافة عناصر التشغيل المستخدمة لهذا الغرض موصوفة في الفصول السابقة. الشكل (5-32).



الشكل (5-32) - جهاز لقياس درجة الحرارة والتقييم باستخدام حاسوب ميكروي

إن درجة الحرارة تقاس بوساطة مقاييس حرارة في عدة نقاط مختلفة في حجرة الفرن.كل مقياس حراري يغذى بتيار كهربائي ثابت مما يعني أن كل حساس يعطي جهداً يتناسب مع قيمة المقاومة المحددة بوساطة الحرارة. إن الحساسات الستة مزودة بشكل إفرادي بحيث يعمل في كل وضعية واحد منها إلى مضخم وذلك وفقاً للوضعية التي يأخذها مفتاح تبديل نقطة القياس (متعدد الوضعيات)، والمضخم يوائم عندئذٍ على معدل جهد دخل إلى محول A/D. إن المحول A/D يجعل من الممكن الحصول على معطيات ذات ثماني خانات رقمية وفقاً لجهد الدخل.

والمعطيات ذات الخانات الثماني تمرر إلى حاسوب ميكروي.

إن البرنامج يتألف من تعليمات التشغيل التالية للحاسب الميكروي:

1- تشغيل مفتاح تبديل نقطة القياس على الوضعية 1.

2- قراءة درجة الحرارة عند نقطة القياس 1.

3- تحضير قيمة القياس وتخزينها.

4- إظهار قيمة القياس 1 على الشاشة (اللوحة).

5- تحويل مفتاح تبديل نقطة القياس إلى الوضعية 2.
6- قراءة درجة الحرارة عند نقطة القياس 2.
7- تحضير قيمة القياس وتخزينها.
8- إظهار القيمة المقاسة 2 على الشاشة.

والخطوات نفسها تنفذ لنقاط القياس 6-3 والقيم المقاسة 6-3. وطالما أن نقاط القياس كافة قد استنفذت، فإن الحاسوب سوف يحسب ويظهر على الشاشة المعدل الوسطي لكل القيم المقاسة. وعندئذٍ تبدأ دورة جديدة مع التعليمة 1 ودورة تحسس جديدة سوف تنطلق من جديد.

Damascus University

الفصل السادس
البرامج

6-1- مقدمة:

في بحث « المعالجة » أوضحنا أن تعليمات التشغيل (البرنامج) ضرورية للمعالجة التي يقوم بها المعالج. هذا البرنامج مصمم بصفة «برنامج» بالمعنى الأضيق لهذه الكلمة.

وإذا أردنا التعميم فإن الفعاليات كلها المنفذة في هذا المجال من تحديد مشكلة التحكم إلى البرنامج المنفذ يمكن توحيدها تحت اصطلاح «برنامج». ويدخل هنا إلى جانب الأمور الأخرى، مشكلة وصف شكل النموذج المطلوب برمجته والبرنامج، نص البرنامج والروابط. هذه الفعاليات تطبق على الأغلب على الأنظمة ذات البرمجة الحرة وتنطبق أيضاً على الأنظمة الهوائية التقليدية، الميكانيكية والهدروليكية.

هذا البحث مخصص للتعامل مع « البرنامج » المتعامل مع هذه المواضيع ويقدم ذاكرة البرنامج ولغات البرمجة المختلفة.

6-2- الحركة وفترات التشغيل الموصوفة:

نفرض أنه يجب حل المسألة التالية باستخدام الحاسوب:

طائرة تطير برحلة جوية طولها 1200 Km من ميونيخ إلى بودابست وتعود ثانية في 4 ساعات من ظروف الطيران. كم ستطول مدة التحليق في الطلعة الثانية بالسرعة نفسها عندما تكون سرعة دفع الرياح 100 Km/h أثناء رحلة الذهاب والرياح المعاكسة بالسرعة نفسها أثناء رحلة العودة يجب أن تؤخذ بالحسبان؟

إنه لايوجد حاسوب في العالم يمكنه حل مثل هذه المسألة بهذا الشكل الفعلي. لهذا فإن الحاسوب غير قادر على المساعدة في البحث عن الحل الصحيح. ولذلك فمن الضروري تقسيم المهمة إلى خطوات أولية، إلى عمليات حسابية والتي يستطيع الحاسوب عندئذٍ أن يحلها. إن المسألة تقسم منطقياً إلى أربعة أقسام (أوامر):

1- حساب سرعة الطائرة VA=1200/4 (Km/h)

2- حساب زمن رحلة الذهاب TO=600/(VA+100) (h)

3- حساب زمن رحلة العودة TR=600/(VA-100) (h)

4- حساب الزمن الكلي TT=TO+TR (h)

باستخدام القيم الأكثر اختلافاً، فإن الحاسوب ينفذ هذه الحسابات دون تعب، وكما هو لازم في العادة، وبسرعة أكبر مما يستطيع القيام به الإنسان العادي.

كما في هذه المسألة العامة فإن المستلزمات اللازمة لأفضل حل للتحكم هي التحليل الدقيق والتقسيم المفيد ذو المغزى إلى وظائف فرعية

إن الرموز الهندسية المرسومة تؤمن وسيلة مفيدة وواضحة لشرح المهمات الفرعية ووصلاتها المنطقية. عموماً، فإن المخططات الانسيابية (لشرح البرنامج) تستخدم لتحديد فترات الحركة. ويجب استخدام رموز نظامية لضمان أن أي شخص. مهتم بحل المهمة التحكمية سوف يكون قادراً على فهمها. إن الرموز النظامية الأكثر أهمية موضحة في القسم التالي.

- المخطط الانسيابي للبرنامج PFC (وفق DIN66001):

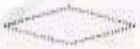
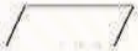
إن PFC هو الأسلوب الأوسع انتشاراً للتعبير عن العمليات المنطقية المستخدمة في التطبيقات التجارية والتقنية. والرموز الأكثر أهمية ومعانيها موضحة في الشكل (6-1).

- مثال:

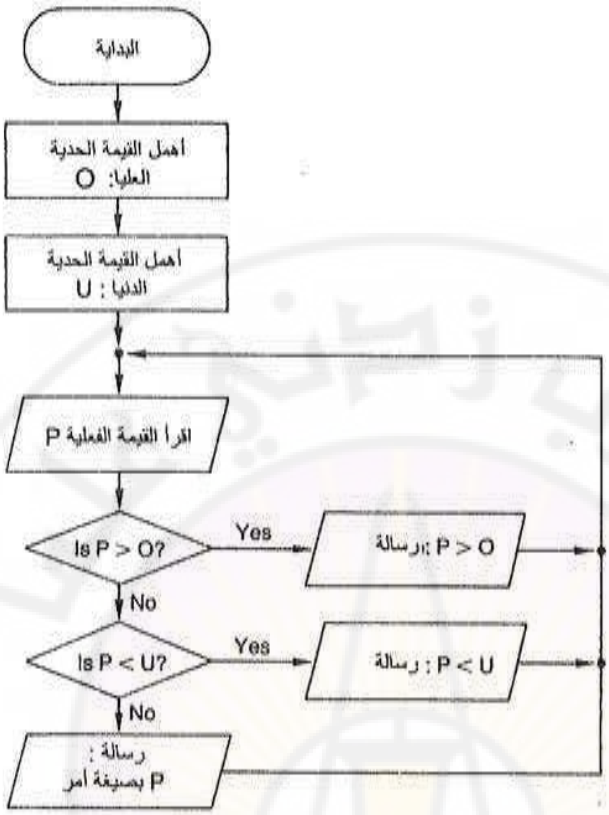
يجب إجراء اختبار في جهاز لتحديد قيمة الضغط في حدود قيم معينة. إذا كانت هذه هي الحالة فإن رسالة « لكي يكون الضغط » يجب أن تكتب. إذا ازدادت القيمة العظمى عن الحد الأعلى فإن رسالة «الضغط 0> » هي الخرج، وإذا هبط الضغط تحت الحد الأدنى للضغط، فإن الرسالة « الضغط U> » هي الخرج. الشكل (6-2).

- مخطط العمليات (FUP) (وفق DIN40719 ، الجزء 6):

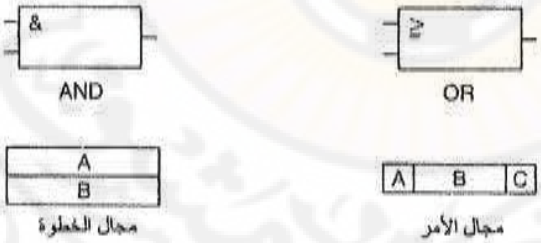
إن مخطط العمليات هو الأسلوب النموذجي للتعبير عن مسائل التحكم. ومخطط العمليات مناسب تماماً للتعبير عن التحكم بالفترات. إنه لايشير إلى الصياغة التقنية. الشكل (6-1) الرموز الأكثر أهمية.

المعنى	الرمز
البداية مثلاً ابدأ أو توقف	
تشغيل عمومي مثلاً حساب، مقارنة ، إرسال	
فروع	
دخل أو خرج	
برامج فرعية	
وصلة	
سهم لتوضيح اتجاه سير البرنامج	

الشكل (6-1) الرموز الأكثر أهمية في المخطط الانسيابي للبرنامج (وفقاً للمواصفة DIN 66001)



الشكل (6-2) - مثال على المخطط الانسيابي لبرنامج



الشكل (6-3) الرموز الأساسية لمخطط العمليات

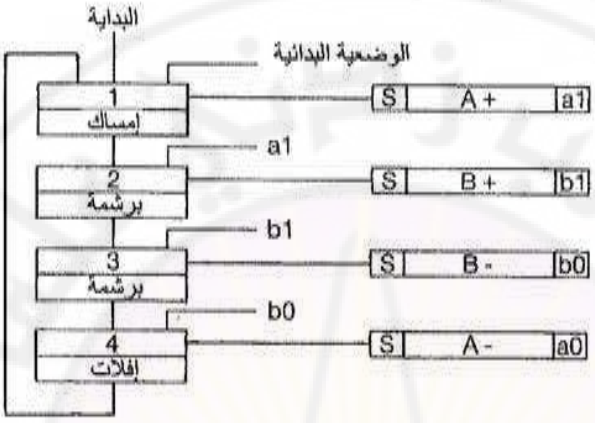
إن حقل الخطوات يشتمل على مجالين. رقم الخطوة موجود في المجال A، والنص المختار بشكل حر يكتب في المجال B.

حقل الأوامر يشمل ثلاثة مجالات. المجال A يحتوي معلومات حول نوع الأمر، مثلاً S لإدخال (الإمساك)، المجال B هو تأثير الأمر، مثلاً أسطوانة الإمساك تتقدم

(+A)، والمجال C يحتوي حالة التشغيل (إقلاع).

- مثال على مخطط العمليات (FUP):

إن عملية البرشمة من البحث المذكور « المعالجة »، انظر الشكل (6-19) وحتى الشكل (6-26).



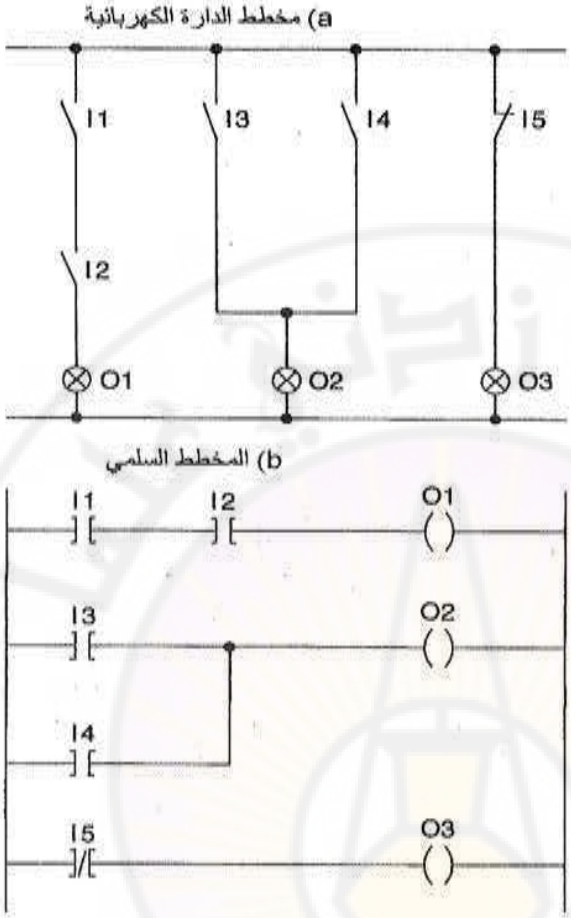
الشكل (6-4) - مخطط العمليات لجهاز البرشمة.

- المخطط السلّمي:

يستخدم المخطط السلّمي لوصف دارات الحاكمات. لأنه يوضح كل جزء من دارة التحكم على خط أفقي مفرد. والهدف منه تأكيد الفروع المختلفة وفترات التشغيل الناتجة عن العمليات.

إن المخطط السلّمي يشبه السلّم حيث يوجد فيه جانبان شاقوليان يكون فيهما اليساري متصلاً مع منبع الجهد واليميني منهما متصل مع الأرض. وبين هذين الخطين ثبتت مسارات التيار الأفقية (درجة السلّم) والتي تمثل الفروع المختلفة لدارة نظام التحكم. الرموز تعبّر عن الحساسات المختلفة التي يجب أن تدخل على هذه المسارات في اللحظة المناسبة. والمؤازر مرسوم على نهاية الطرف الأيمن للمسار الموافق.

إن الرموز الشائعة محددة في المواصفة DIN 19226 وموضحة في الشكل(6-5). يوضح المخطط مثالاً على مخطط سلّمي للوصلات المنطقية الثلاث الأساسية (و، أو، لا).



الشكل (5-6) - مثال على مخطط سلّمي

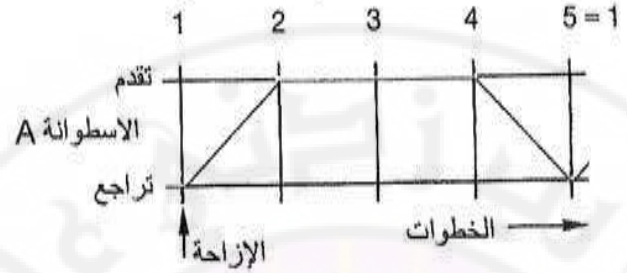
- مخططات فترات الحركة:

إن مخططات فترات الحركة تستخدم لتوضيح أنظمة التحكم الميكانيكية، الهوائية، الهيدروليكية والكهربائية أو الأنظمة المركبة.

وهنا يوجد تحديد بين مخططات فترات الحركة ومخططات التحكم. وطالما أن حالات عناصر القدرة ووحدات المهمات الخاصة موضحة في مخطط الحركة، فإن مخطط التحكم يعطي المعلومات حول حالة عناصر التحكم المنفردة. وعند الجمع بينها فإن هذه المخططات تسمى مخطط الوظائف أو مخطط الحالات.

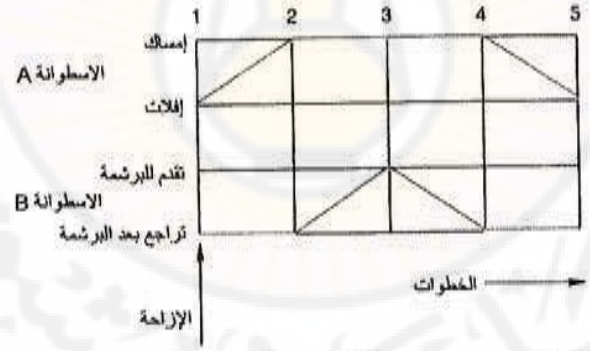
- مخطط الإزاحة الخطوية (مرحلة الإزاحة):

هذا المخطط يوضح فترة تشغيل المؤازر. والإزاحة مسجلة هنا بالنسبة إلى زمن الخطوة. فإذا كان نظام التحكم يشتمل على عدة مؤازرات. فإنها توضح بالأسلوب نفسه وترسم الواحد تحت الأخر. وعلاقاتها المتبادلة يمكن أن تقرأ من خلال مقارنة الخطوات. والمثال يوضح التحكم بأسطوانة (الشكل 6-6).



الشكل (6-6) مثال على مخطط إزاحة خطوية (مرحلة الإزاحة)

ما بين الخطوة 1 والخطوة 2 تسير الأسطوانة (يخرج محور المكبس) من الوضعية الخلفية إلى الوضعية الأمامية. والوضعية الأمامية نصل إليها عند الخطوة 2. من الخطوة 4 تتراجع الأسطوانة ثانية لتصل إلى نقطة النهاية الخلفية عند الخطوة 5. إن مخطط مرحلة الإزاحة يوضح بمثال آخر، مثلاً جهاز البرشمة، الشكل (6-7).



الشكل (6-7) - مخطط مرحلة الإزاحة لجهاز برشمة

- المخطط المنطقي:

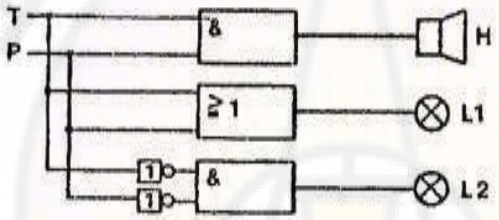
عندما تتألف مهمة التحكم بشكل رئيس من تحكم منطقي، فإنه من المفيد اختيار طريقة للتعبير باستخدام الرموز المنطقية وفقاً للمواصفة DIN 40700، إن الرموز

المعطاة للوصلات المنطقية الأساسية (و، أو، لا) والمرجرج موضحة في الشكل (5-1) والشكل (5-4) والشكل (5-6).

- مثال:

المطلوب رسم المخطط المنطقي لجهاز اظهار قيمة التحديد. في العملية يجب إظهار قيمتين مهمتين للتحديد فإذا كانت هاتان القيمتان زائدتين، فإنه يجب تسجيل قيمة حدية. القيم هي درجة الحرارة عند الحد T وقيمة الضغط عند الحد P.

عندما تكون القيمتان دون القيم الحدية، فإن المصباح الأخضر L2 يوضح هذه الحالة. وإذا ارتفعت إحدى القيمتين عن الحد المسموح به فإن المصباح الأحمر L1 سيضيء. وإذا ارتفعت كلتا القيمتين عن القيمة الحدية لهما فإن الزمور سوف يعمل أيضاً للإنذار. الشكل (8- 6) يوضح المخطط المنطقي لذلك.



الشكل (6-8) - المخطط المنطقي لجهاز تحديد قيمتين حديتين

3- 6 - تحويل موديل البرنامج إلى برنامج:

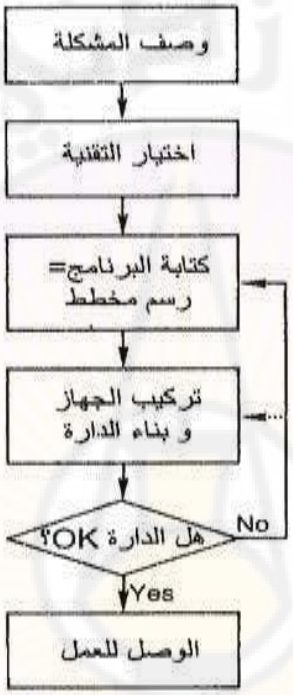
عند وصف مهمة التحكم بمساعدة أسلوب مناسب للتعبير، فإن الطور التالي للتطوير سوف يبدأ.

الآن، من الضروري لتقرير كيف سنشكل نظام التحكم: ربط عناصر التشغيل مع بعضها في دارة، مثلاً بوساطة الربط ببرنامج داخلي محدد، من خلال برنامج في ذاكرة البرامج، مثلاً البرمجة الحرة.

- تطوير نظام تحكم مبرمج في برنامج داخلي:

في البداية يجب اختيار التقنية المناسبة. فإذا كان لدينا مثلاً تقنية كهرهوائية فإن مهندسي تطوير البرامج يحتاجون لرسم مخطط دارة كهرهوائية اعتماداً على موديل البرمجة. وعندما ينجز مخطط الدارة بشكل كامل، فإنه تحدث عملية بناء البرنامج. أولاً

تلزم العناصر، الموصولة والمنشأة مع بعضها بعضاً. بعدئذٍ تتم عملية اختبار الوظيفة، في حال القصور، فإن دارة البرنامج الثابت يجب أن تفحص للبحث عن الأجزاء المعطلة والمكسورة أو الوصلات المفككة. فإذا لم نجد أي خطأ فيجب فحص الدارة نفسها للبحث عن الأخطاء المنطقية أو التصميمية. هذه العملية (انظر المخطط الانسيابي للبرنامجPFC) يجب أن تنجز حتى يتم تشغيل الدارة.عندئذٍ يمكن وضع النظام ككل في حالة التشغيل.



الشكل (6-9) - تطوير نظام ذي برنامج داخلي

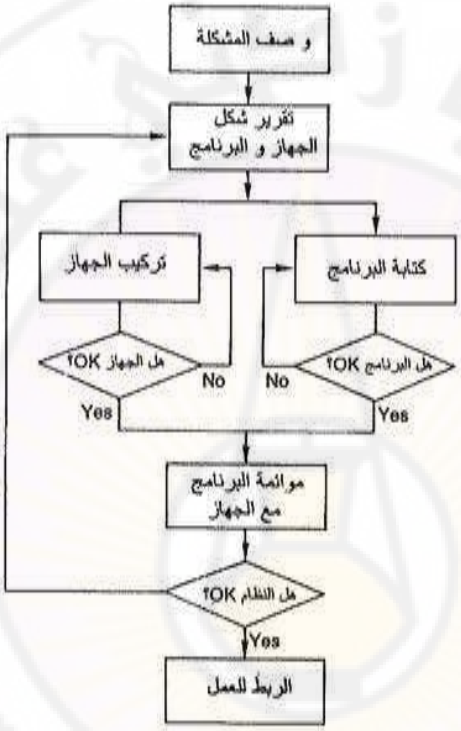
-توجيهات لتطوير الدارة واختبار الوظائف:

إنه من النادر أن يمكن استخدام الحدس بشكل كامل عند تطوير دارة. فهذا ممكن فقط من خلال خبرة معقولة واستخدام تحكم مباشر تماماً بالمهمة. عموماً، من الضروري استخدام تقنيات خاصة لتصميم مخططات دارة قادر؛ على التعامل مع التقنيات كافة. أساليب التصاميم هذه تجعل من الممكن تنفيذ خطة محددة عند تصميم مخططات دارة. في بعض الأحيان يكون من المفيد استخدام أساليب لتصميم الحدسي والعلمي مجتمعة.

وتستخدم أجهزة القياس المناسبة في بناء دارة التحكم بدارة ما وفي اختبار الوظائف.

- تطوير نظام تحكم ذي برمجة حرة:

عندما نقرر حل استخدام ذاكرة برنامج فإن هذا القرار يجب أن يأخذ بالحسبان الحاسوب المناسب. مثلاً حول البرنامج أو دارة البرنامج. وعندما نتخذ القرار حول النظام، فإن تطوير البرنامج ودارة البرنامج يجب أن ينفذ بشكل منفصل. الشكل (10-6).



الشكل (6-10) - تطوير نظام ذي برمجة حرة

- تطوير البرنامج:

يجب أن نحول موديل البرنامج إلى برنامج يعمل على الحاسوب. بالطريقة نفسها فإنه ما من أحد يقرر كيف سيعمل البرنامج الداخلي مباشرة على التعامل مع الحديد الملحوم (الدارة) ولكن في البداية سوف ينتظر مخطط تصميم الدارة، وهنا أيضاً فإن البرنامج سوف يكتب أولاً على الورق. وموديل البرنامج يجب أن يكون كافياً بشكل جيد لبنية البرنامج الأساسي حتى يمكن تقديره. إن بنية البرنامج تدقق عندئذٍ خطوة بخطوة، لتنتج نماذج نظامية مستقلة أو مقاطع برنامج. وهذه يجب أن تطور بحيث تنتج وحدات

نظامية يمكن اختبارها بشكل مستقل. وحتى انتهاء التطوير لهذا القسم من البرنامج فإن موديل هذه البنية للبرنامج سوف يحول إلى برنامج. في هذه العملية، فإن الأجزاء المنطقية من البرنامج توصف باستخدام تعليمات لغة البرمجة المستخدمة.

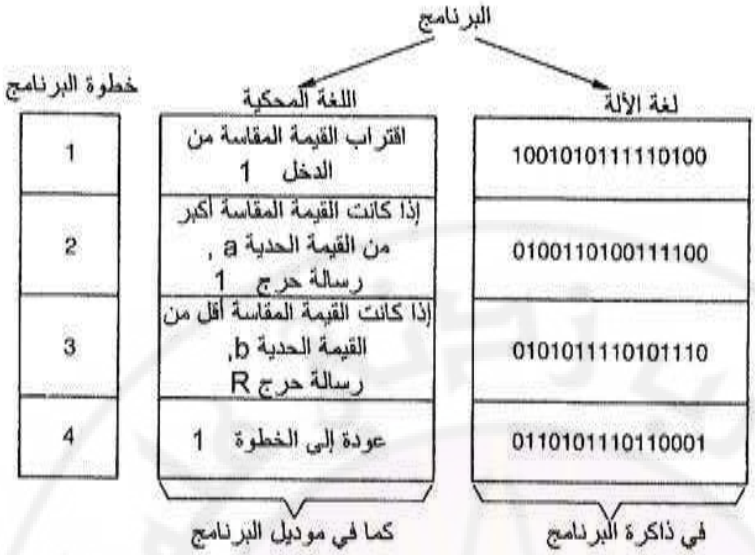
أما اليوم فهذه العملية الهندسية نشير إليها بإصطلاح « هندسة البرمجة». والبرنامج الذي تم إيجاده بهذه الطريقة يجب أن يحول الآن إلى ذاكرة البرامج. إن الأسلوب الذي حققنا بموجبه هذه العملية يعتمد على نظام الحاسوب. مع بعض الأنظمة، فإن شكل المحادثة في البرمجة ممكن من خلال لوحة الأزرار والشاشة. بعض الأنظمة الأخرى تبرمج باستخدام أجهزة برمجة خاصة. إن أنظمة تطوير محطة البرمجة وتطوير البرنامج متوفرة عادة لهذه الغاية. وبعض الأمثلة سنوردها في البحث اللاحق.

غالباً فإن الأنظمة كافة تمتلك مزايا فحص واختبار. إن لغة الخطأ الشكلية (أخطاء في قواعد لغة البرمجة) تذكر في الدخل. مثلاً عندما نكتب كلمة «PRINTT» بدلاً من كلمة الأمر «PRINT» يتم اكتشافها.محررات النصوص العلمية (أنظمة إدخال النصوص) تستخدم عادة لإدخال الأوامر.

إن الأخطاء المنطقية في بنية البرنامج يمكن أن ترصد فقط أثناء سير البرنامج أو أثناء الاختبار. وبرامج إظهار الأخطاء (المنقحات) يمكن أن تستخدم لتصحيح الخطأ المكتشف. وهذه يمكن أن تستخدم مثلاً لاختبار البرامج في وضعية خطوة تشغيل مفردة. وبشكل متناوب يمكن إظهار الذواكر المهمة ومحتويات السجل.

6-4- ذاكرة البرنامج:

إن ذواكر البرنامج التي تستخدم اليوم في تقنية التحكم على الأغلب هي وسط تخزين إلكتروني. والشريط المثقب ما زال يستخدم في بعض التطبيقات. وكما في المعالج الميكروي فإن الذواكر الإلكترونية هي دارات ذات مستوى عال من التكامل. والذواكر ما تزال تبنى من عدة آلاف من مرجرجات الوظائف. في البحث الثاني قد أوضحنا أن المعطيات المستخدمة في المعالجات الرقمية تصاغ بشكل مجموعات منطقية من خانات 0-1. وحتى ذاكرة البرنامج مرتبة بشكل تكون فيه كل تعليمة في البرنامج مرتبة في الذاكرة بشكل مجموعة من الخانات. الشكل (6-11) يوضح كيف أن برنامجاً مصاغاً بلغة عامية يعود فيظهر في ذاكرة البرنامج. إن البرنامج المرتب في الذاكرة يصاغ كلغة آلة أثناء معالجته بوساطة الحاسوب بهذا الشكل.



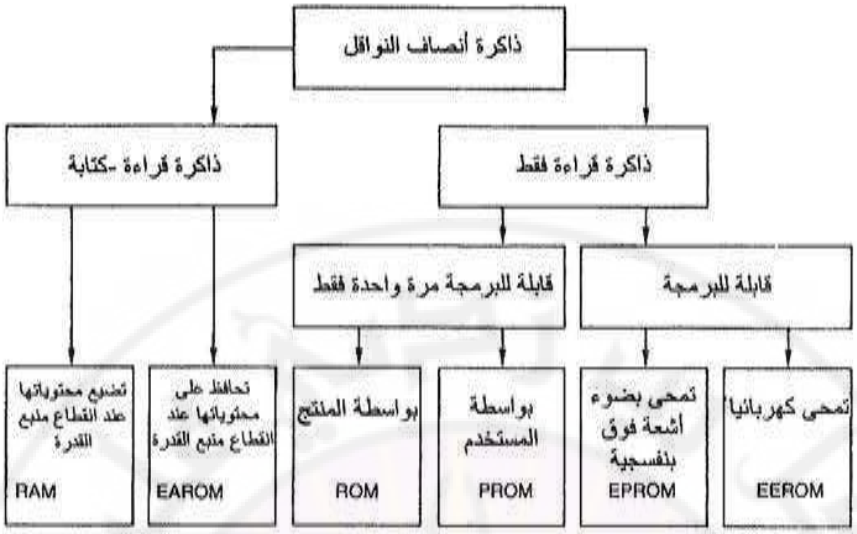
الشكل (6-11) - مقارنة بين لغة الآلة واللغة العامية (المحكية)

إن البرنامج المصاغ باللغة المحكية (العامية) يجب أن يترجم إلى برنامج آخر مفهوم من قبل نظام الحاسوب. إن الترجمة هي مسؤولية المبرمجين. وتتوفر من أجلهم أنظمة برامج.

على كل حال فإنالحاسوب يعمل داخلياً بلغة الآلة. برامج الترجمة تقوم بترجمة برنامج الحاسوب (كما لو أنها دخل) إلى لغة الآلة. هذه البرامج مكاملة إلى برامج تشغيل الحواسب. وهذا الموضوع نتعامل معه في البحث اللاحق.

إن عملية تعبئة ذاكرة البرنامج بالتعليمات تدعى « الكتابة ». المعالج «يوصّل» التعليمات من الذاكرة، وهذه العملية تدعى « القراءة». والذواكر يمكن تقسيمها إلى أنواع مختلفة وفقاً لاستخدامها هل هو للكتابة أم للقراءة. (الشكل 6-12).

Damascus University



الشكل (6-12) - ترتيب ذاكرة نصف الناقل

والأشكال الأكثر أهمية للذواكر هي:

- **ذاكرة القراءة - والكتابة:** إن محتوى هذه الذاكرة يمكن أن يقرأ و / أو يعدل. والذواكر من هذا الطراز يمكن أن تقسم إلى مجموعتين. ذواكر قراءة - كتابة والتي تضيع معطياتها عند انقطاع جهد التغذية وتدعى ذواكر RAM، والذواكر التي لايتأثر محتواها بتغير أو انقطاع جهد التغذية وتدعى ذواكر EAROM.

- **ذاكرة القراءة فقط:** هذا النوع يظهر أن المعطيات في هذا النوع من الذواكر يمكن فقط أن تقرأ. يمكن أن تستغرب مافائدة استخدام ذاكرة تستطيع القراءة فقط. إن ذواكر القراءة فقط تحمّل خارج مكان استخدامها في نظام الحاسوب وعندئذٍتحمّل إلى النظاء . هنا محتوى الذاكرة مثلاً هو برنامج يمكن فقط أن يُقرأ. وهذا يشير إلى برامج كثيرة الاستخدام بدون قابلية للتغيير .

ويوجد ذواكر قراءة فقط تبرمج مرة واحدة فقط وذواكر أخرى يمكن محو محتواها وإعادة برمجتها بعدئذٍ. إن الذواكر التي يمكن أن تبرمج مرة واحدة فقط تبرمج مباشرة من قبل المنتج وفقاً لتعليمات المستخدم أو حتى يمكن برمجتها من قبل المستخدم مباشرة. الذواكر المبرمجة من قبل المنتج تدعى ROM، وتلك التي تبرمج من قبل

المستخدم تدعى PROM.

إن ذواكر قراءة فقط القابلة للبرمجة تصنف وفقاً لأساليب عملها في المحو إلى ذواكر قابلة للمحو بوساطة الأشعة لضوء فوق بنفسجي وذواكر قابلة للمحو الكترونياً (EEROM).

معظم أنظمة الحاسوب عموماً تحتوي مجموعات من ذواكر قراءة - كتابة وذواكر قراءة فقط.

- معاني المصطلحات:

RAM - ذاكرة ذات نمو عشوائي.

ROM - ذاكرة قراءة فقط.

PROM - ذاكرة ROM قابلة للبرمجة.

EPROM - ذاكرة PROM قابلة لإعادة المحو.

EAROM - ذاكرة ROM قابلة للتغيير إلكترونياً.

EEROM - ذاكرة ROM قابلة للمحو كهربائياً.

- **المزايا:** إن المزايا المهمة للذواكر من نصف الناقل هي:
  - سعة الذاكرة.
  - طول الكلمة.
  - زمن النمو (الزيادة).

إن سعة الذاكرة تشير إلى عدد الكلمات التي يمكن تخزينها. والكلمة تساوي 8 خانات أو حروف. وبما أن القيم العددية لهذا الجزء من المعلومات كبيرة جداً بشكل عام، فإننا حالياً نستخدم الرمز K (كيلو). بدلاً من 1024 كلمة نكتب 1Kbyte (كيلو

بايت). فإذا كان مثلاً ذاكرة EPROM ذات سعة 4069 كلمة فهذا يعني أنه يمكننا التعبير عنها بذاكرة EPROM ذات 4 كيلوبايت أو باختصار 4K EPROM. إن طول الكلمة هو عدد الحروف التي يمكن جمعها لإعطاء وحدة كلمة منطقية والتي مثلاً يمكن أن تؤخذ في أمر أو تعليمة. مثلاً 8 حروف. زمن النمو هو الزمن الذي يمر قبل أن يصل الأمر من الذاكرة إلى المعالج.

5-6- لغات البرمجة:

- **لغة المجمع:**

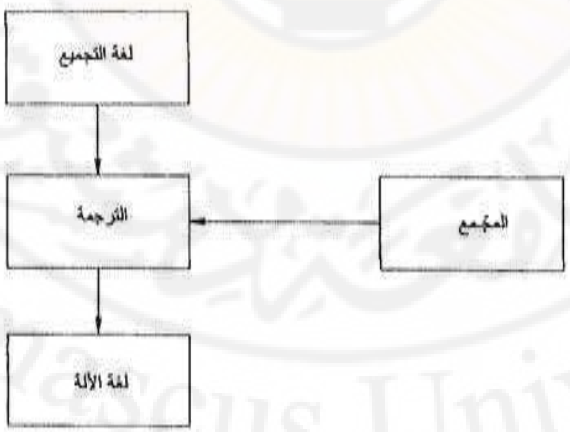
كما أوضحنا في القسم السابق فإن البرنامج يخزن في ذاكرة البرنامج بشكل عدة مجموعات من خانات 0-1. ويمكن تصور كيفية كتابة البرنامج مباشرة برموز الآلة. على كل حال، لايمكن القيام بذلك عملياً طالما أن ذلك سيسبب جهداً كبيراً لايمكن تبريره. ويجب أن نتخيل أن كل وضعية تخزين منفصلة (مرجرج) يجب أن تعطى الرقم 1 أو 0. في برنامج صغير مثلاً عملية جمع عددين عشريين، فإن هذا سوف يجعل من الضروري أن نبرمج عدة مئات من وضعيات التخزين (الذواكر). والاحتمال القوي للوقوع في الخطأ هنا كبير جداً بالطبع. وأيضاً نجد أنه من الصعب جداً قراءة مثل هذه البرامج.

بالرغم من ذلك فإن أول حاسوب كان من الواجب برمجته فقط برموز الآلة هذه. على كل حال ومنذ 30 سنة مضت فإن اختصاصيي الحاسوب قد وجدوا أساليب برمجة أسهل. والنتيجة كانت هي البرمجة بالرموز، مثلاً كل أمر له اسم رمزي محدد يوافق اللغة المحكية. مثال، إن أمر الإضافة يعطى الرمز أو الاصطلاح ADD. هذا الاسم أسهل بكثير للتذكر. أما الشكل الفعلي لهذا الرمز في الآلة يمكن أن يبدو كما يلي:
ADD #1001100110101100 (الإضافة)لذلك من الأسهل على المبرمج أن يكتب برنامجه بالشكل الرمزي. ومن السهل أيضاً أكثر عملية توثيق هذه البرامج وجعلها مقروءة من قبل المستخدمين الآخرين. إن برنامج جمع ثلاثة أعداد والتي تكتب بهذه الطريقة يمكن أن يبدو بالشكل التالي:

Program text	Comment
START : LDA	Load the 1st addend
SUM 1	Ad the 2nd
ADD	Add the addend
SUM 2	Store the 3rd
ADD	result addend
SUM 3	
END : STR	
RES	

وعادة نضيف ملاحظات توضيحية على نص البرنامج والتي على كل حال لاتدخل كمعطيات مع البرنامج إلى ذاكرة البرنامج. لهذا فهي ليست جزءاً من البرنامج الفعلي. في اللغة التقنية فإن لغة البرمجة هذه نشير إليها باصطلاح لغة أسيمبلير أو لغة المجمّع. وهي تشير بوضوح لما شرحنا سابقاً أن البرنامج الرمزي كنص يجب أن يترجم إلى رموز الآلة. هذه المهمة تنفذ بوساطة برنامج ترجمة. وعندما يكتمل نص البرنامج فإن المبرمج يستدعي برنامج الترجمة هذا ويعطي له عنوان نص البرنامج. برنامج الترجمة عادة ينجز مهمته بسرعة عالية جداً وهو قادر على إعلام البرنامج عن الأخطاء الشكلية بدقة.

إن برامج الترجمة التي تترجم لغة المجمّع إلى رموز الآلة تدعى المجمعات (الشكل 6-13).



الشكل (6-13) - ترجمة برنامج من لغة المجمّع (أسيمبلر) إلى رموز الآلة

- لغات برمجة التوضع - الآلة:

إن لغة المجمّع ورموز الآلة مترابطة دوماً وتكون فعالة فقط لنوع محدد من المعالجات. واستخدام معالج مختلف سوف يتطلب لغة مختلفة. والاختلاف يمكن إيجاده في تسمية المختصرات، مثلاً فكل منتج يستخدم لغة مجمّع خاصة به. لهذا فإن لغة المجمّع تعتمد على الحاسوب ولذلك فنحن نسميها لغة التوضع - الآلة.

وبالرغم من أن لغة المجمّع تعكس تقدماً ملحوظاً في البرمجة، فإن حل المسائل مازال معقداً جداً. وكل أمر في لغة المجمّع يشير إلى أمر أساسي أو ميكروي، مثلاً فهي تحتوي أصغر وظيفة فرعية والتي يستطيع الحاسوب أن ينفذها. مثلاً الجمع أو الطرح وحتى عمليات الضرب والتقسيم تتطلب عدة أوامر ميكروية طالما ان العمليات الحسابية يجب أن تخفض للجمع.

وسيكون من المفيد جداً لمستخدم الحاسوب الذي عليه يترتب كثيراً حل المسائل الحسابية أن يصيغ هذه المسائل في أسلوب يعود إليه من محاولات الأيام الأولى والتي جرت لتطوير لغات البرمجة التي كانت قادرة على مجابهة مثل هذه المتطلبات.

بهذا الأسلوب فقط طورت لغات برمجة ذات مستوى أعلى والتي لم تعد تتلاءم مع تقديم الأوامر الميكروية للحاسوب في أسئلة فحسب بل وتلبي متطلبات المستخدم. إن لغات فورتران وألغول قد طورت للتطبيقات التقنية والعلمية. مثلاً

- لغة البرمجة التوضع - التطبيق:

إن لغة البرمجة التي تدعم المستخدم في صياغة مهماته نشير إليها اصطلاحاً بلغة البرمجة التوضع - التطبيق.

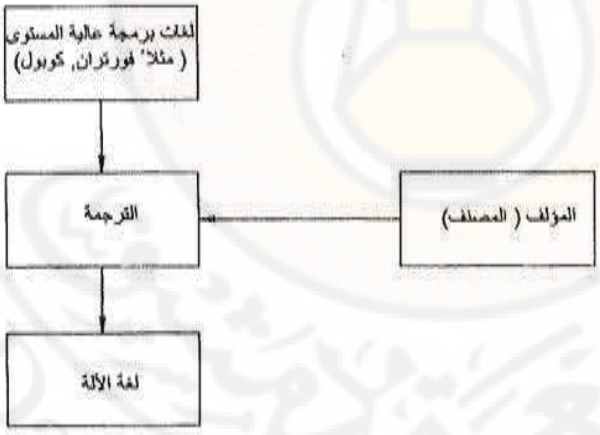
في المثال التالي نصوغ مثالاً من الهندسة بمساعدة لغة فورتران.

إن نصف القطر r لدائرة هو قيمة معطاة. المحيط c والمساحة a للدائرة يجب أن يحسبا.

- الحل بوساطة لغة فورتران:

Programming text	Comment
READ R	Read radius
H=R*3.1416	Calculate auxiliary value
C+H*2.0	Calculate Circumference
A=H*R	Calculate surface area
WRITE R,C,A	Output radius, circumference and surface area

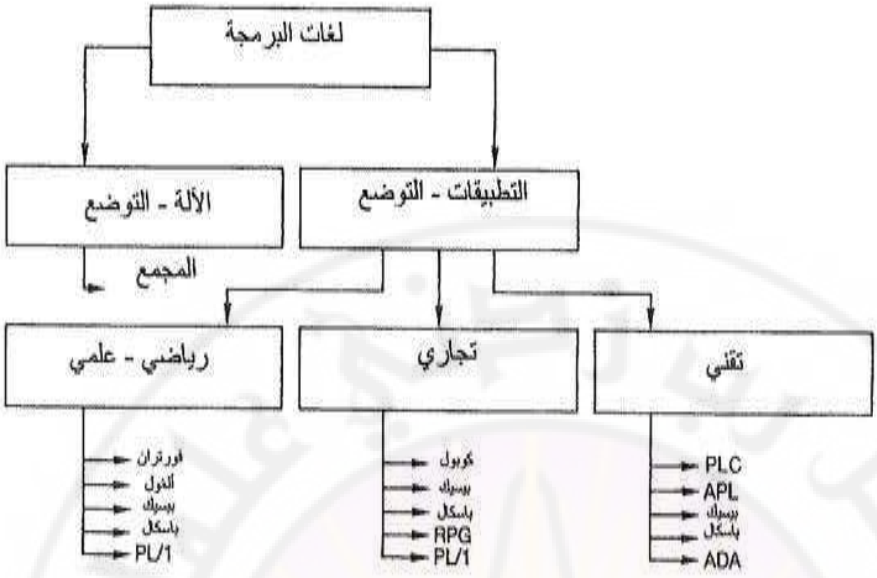
والحل بمساعدة لغة المجمّع سيكون اكثر تعقيداً بكثير. سيكون من الضروري استخدام ما لايقل عن عشر أو عشرين مرة للرقم في أوامر لغة المجمّع. وهنا أيضاً يلزم ترجمة البرنامج لكي نصلح برنامج الآلة. إن برامج الترجمة التي تترجم لغات البرمجة التوضع - التطبيق إلى رموز الآلة تدعى بالمؤلفات (الشكل 14- 6).



الشكل (6-14) ترجمة برنامج من لغة برمجة ذات مستوى أعلى إلى رموز الآلة

كما في مجالات الحساب والعلوم. فقد كانت وطورت عدة لغات برمجة للاستخدامات التقنية والتجارية.

الشكل (6-15) يوضح اختيار لغات التوضع - التطبيق.



الشكل (6-15) - تقسيم لغات البرمجة

في البحث اللاحق والذي يقدم الأنواع المختلفة لأنظمة التحكم، فإن لغات البرمجة الأكثر أهمية لتقنية التحكم قد تم التعامل معها

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السابع
أنظمة التحكم الآلي

7-1- مبادئ أنظمة التحكم وأنواعها:

التحكم الآلي في العمليات عند إنتاج ما هو المحصلة النهائية لأوامر التحكم أو حركات التحكم للمحافظة على استمرارية العملية خلال الفترة المحددة لها وتحت الشروط والظروف المتوقعة بدون أي تدخل من الإنسان.

عند قطع المعادن، نحتاج إلى تدخل خارجي أثناء تشغيل القطع لإجراء تغيرات في سرعة المحور، التغذية الطولية والعرضية للعربات والطاولات، وضعية البرج الحامل للأداة، التزويد بسوائل القطع (سوائل التبريد) ...الخ ومثل هذه المتغيرات في العملية تدعى البارامترات المتحكم بها أو القابلة للتحكم في العملية، ويجب الحفاظ عليها ثابتة أو متغيرة وفق قاعدة أو علاقة محددة. وكلما قل عدد البارامترات المتحكم بها زادت بساطة نظام التحكم بها. فمثلاً في الإنتاج الكمي (مؤشر العمليات المرتبطة مع بعضها i = 1، أي آلة واحدة، عملية واحدة)، وعدد المتحولات المتحكم بها محدود ولأن تأثير ثوابت التحكم في الآلة هو بعدد المراحل نفسه أو الحركات المتكررة، فإن التحكم بثوابت العملية يمكن تحقيقه بوسائل آلية بسيطة. في الإنتاج الكمي الكبير (i=2-40 أي تغيرات المنتج تختلف بشكل تناسبي)، حيث تتغير عندها متحولات الإنتاج وقيمها أثناء العمليات وبعدها وهذا يستدعي استخدام وسائل تحكم أكثر تعقيداً.

ويكون نظام التحكم الآلي مفيداً فقط عندما يقدم درجة الدقة المطلوبة، والإنتاجية والاقتصادية المتوقعة. مثلاً كلفة إنتاج واحدة المنتج يجب أن تكون أقل منها فيما لو استخدمنا نظام التحكم اليدوي بالعملية.

أنظمة التحكم العصرية قادرة على القيام بحركات دقيقة لعناصر التشغيل في الآلة، وتصل حتى أجزاء من الميكرومتر، مسببةً حركات سريعة للتحكم بأسلوب أسرع مما يقوم به الإنسان، والقيام بحركات متعددة وفورية للتحكم، مما يجعلها رخيصة، ذات تصميم بسيط، وجاهزة للضبط، ومرنة وسهلة الاستخدام.

ولهذا فإن التحكم بالعمليات سيجد تطبيقات أوسع في مجال إنتاج القطع، واقتصادية تسوغ استخدام النظام الأفضل ووسائل الأتمتة الملائمين لكل جزء من

العملية ولكل نوع من المنتجات.

وأنظمة التحكم الآلي يمكن تصنيفها وفق العديد من الخصائص إلى عدة نماذج، اعتماداً على طريقة الاستخدام. ومقياس الاستخدام هذا قد يكون درجة المركزية، أسلوب تطبيق التحكم (العملية)، استخدام التغذية المرتدة، نوع حامل برنامج التحكم ... الخ. يمكن جعل نظام التحكم مركزياً، أو لامركزياً، أو مختلطاً.

نظام التحكم المركزي يحتوي مركز قيادة، يدعى الجهاز (الوحدة) الرئيس لتشكيل إشارة التحكم أو إنتاج حركة التحكم، أي للتحكم بآلة أو خط أتوماتيكي. الآلة الأتوماتيكية يمكن أن يُتحكم بها عن طريق محور ذي حدبات (كامات) كمثال على هذا النظام للتحكم. والحدبات موصولة بالتماس مع العربات، ملحقات أو أجهزة لتحميل القطع غير المشغلة وتنزيل القطع المشغلة. وبتماس فوري (لحظي) مع الحدبات (المحولات) تكون الأذرع (السقاطات)، أي عناصر التأثير تستخدم غالباً لتضخيم الإشارة الضعيفة القادمة من الحدبات لتعطيها بشكل إزاحة أكبر للعناصر المتحكم بها (الإزحات أكبر من مقدار صعود بروفيل الحدبة أو هبوطه). وطور الحركة في الآلة يكتمل إذا أتم محور الحدبات دورة كاملة، وبالتالي سيخرج منتج واحد. كل حدبة رئيسة تتحكم بعنصر مرتبط بها (عامل) يشكل وحدة التنفيذ اللازمة للقيام بالعمل المطلوب بالتوافق مع إشارة التحكم أو الحركة القادمة من الحدبة. وكلما زاد عدد عناصر العمل أو الميكنزمات المتحكم بها،تطلب الأمر عدداً أكبر من الحدبات، الأذرع وعناصر التأثير الأخرى المرتبطة ميكانيكياً مع عمود الحدبات.

بعض أنظمة التحكم تستخدم عناصر تحكم رئيسة وتقوم بعملية التحكم حسب أسلوب الآلة المتحكم بها من حدبة. وأنظمة التحكم هذه بسيطة التصميم والاستخدام. ولكن هنا لابد من وجود مراقبة خارجية من قبل الإنسان. لأن الآلة لن تقف عن العمل في حال حدوث اختلال في العمل، مثلاً: في حال انكسار الحد القاطع من الأداة فإن السطح المشغل من المشغولة الخام سوف يتشوه وقد ينكسر حامل الأداة والآلة ماتزال تعمل تنفيذاً لإشارة التحكم القادمة لها من الحدبة الرئيسة. في أنظمة التحكم الآلي، فإن عامل ضبط أدوات القطع الواحد يستطيع مراقبة فقط 6-4 آلات ويكون قادراً على ضبط عمل هذه الآلات والتدخل في الوقت المناسب لإصلاح أي عيب قد يظهر. ولهذا فإن كل آلة في الخط الأتوماتيكي يجب أن تحتوي قفلاً داخلياً لإيقاف الآلة في حال

الخلل وذلك عن طريق إلغاء إشارة التحكم القادمة إليها من عنصر التحكم، والتي إذا لم تحذف فإنها ستسبب تعطل الآلة كاملة أو حدوث خلل في الخط الأتوماتيكي: مثلاً عندما تأتي إشارةالإقلاع للعمل والمشغولة لم تأخذ بعد مكانها الصحيح في الظرف.

أما نظام التحكم اللامركزي، كما هو واضح من اسمه فهو لايحوي مركز قيادة أو عنصر تحكم رئيس. ولهذا فالنظام يعتمد على محولات ضبط المسار (مفاتيح حدية) ومحددات شوط ميكانيكية للقيام بعملية التحكم في فترة زمنية محددة (ولهذا السبب فإن هذا النظام يدعى نظام التحكم ذا الفترات المحددة). ويتميز هذا النظام بتحديد وضعيات النهايات للعناصر المتحكم بها عن طريق محولات ومحددات توقيف حدية توضع بحيث أن العنصر المتحكم به لن يستطيع البدء بتنفيذ العملية اللاحقة قبل إنهاء العملية التي يقوم بها. ولكن بسبب كون المحولات ومحددات نهاية الشوط مثبتة في منطقة عمل الآلة فهي معرضة لتأثيرات سوائل القطع، الرايش المعدني، ذرات الغبار المتطايرة ... الخ فإن هذا النظام غير عملي بسبب أعطاله بين الفينة والأخرى وتخلخل عمل أجهزة التحكم فيه.

نظام التحكم المختلط يعتمد على أساليب التحكم بالآلة المذكورة سابقاً، ويأخذ مزايا نظام التحكم المركزي ونظام التحكم ذي الفترات المحددة. فهو يؤمن قفلاً داخلياً في حال حدوث أعطال ويوقف الخط في حال، مثلاً قفز المخرطة المبرمجة عن عملية خراطة معينة. ونظام التحكم قد يكون بعمل مستمر أو متقطع، وذلك وفقاً لنظام التحكم بالمؤازرات الميكانيكية في المخرطة أو الآلة. ففي نظام التحكم المستمر، تكون إشارة التحكم إلى ميكنزم المؤازرة هي تابع زمني ثابت وإشارة تحكم، أي كلما حافظنا على استمرارية دوران عمود الحدبات فإن الحدبة سوف تتحكم عن طريق سقاطتها بمؤازر العربة لتقوم بالحركة المطلوبة منها.

وفي نظام التحكم المتقطع، تصل إشارة التحكم بالمؤازر المطلوب (العنصر المتحكم به) بشكل نبضة كل فترة زمنية محددة. فعلى سبيل المثال، عندما تصل الإشارة لتحريك طاولة العمل في المجلخة الأفقية، فإن مكبس القدرة في المؤازر الهيدروليكي يتلقى إشارة تحكم: إما نبضة واحدة أو نبضات محفزة لكل اتجاه من اتجاهي حركة الطاولة التي تستطيع القيام بهما. ومما لاغنى عنه في حالة التنظيم الذاتي لسلسلة من العمليات هو استخدام التغذية المرتدة (وهي أن يستقبل النظام المعلومات

الواردة إليه من حساسات عند نهايات أو أماكن عمل الدارة والميكنزمات المتخصصة به والقيام بتحويلها إلى إشارات ذات أشكال قابلة للمقارنة مع قيم البارامترات المدخلة والمدروسة لتحقيق العملية). وبوجود التغذية المرتدة أو عدم وجودها بين نقطة التحكم والعملية المجراة يمكن أن يصنف نوعان للتحكم: أنظمة تحكم ذات حلقة مفتوحة، وأنظمة تحكم ذات حلقة مغلقة.

نظام التحكم ذو الحلقة المفتوحة تكون فيه إشارة التحكم المتحكمة بالخرج مستقلة عن الخرج نفسه. وبكلمات أخرى، هذا النظام لايلحظ التبدلات في البارامترات المتحكم بها بسبب انقطاع الاتصال للتغذية المرتدة في منتصف الطريق بين عنصر الآلة المتحكم به وأبعاد المشغولة، أو شكلها أو أي بارامترات قابلة للتحكم بها كمثال فإن اهتراء حجر الجلخ سوف يسبب زيادة في قطر المشغولة بعد انتهاء التشغيل عن القيمة المطلوبة، لكنَّ نظام التحكم ذا الحلقة المفتوحة لن يقوم بإجراء تعويض لاهتراء الحجر وذلك بتحريك كتلة الرأس بمقدار الاهتراء آلياً، وبالتالي سيستمر الحجر بالتجليخ حتى يتمكن العامل من ملحوظة اختلاف الأبعاد ليقوم هو بتحريك الرأس الحامل لتعويض مقدار الاهتراء.

نظام التحكم ذو الحلقة المغلقة يكون فيه مقدار إشارة التحكم بالخرج يعتمد على الخرج نفسه وهو يقوم بالتغذية المرتدة وتشغيل الأجهزة المسؤولة عن إصلاح قيمة الخرج حتى الوصول بها إلى المقدار المطلوب. وهذه الأنظمة تعرف أيضاً بأنظمة التحكم الآلي ذات التغذية المرتدة. حيث يكون المتغير المتحكم به هو وضع ميكانيكي أو زمن مشتق من الوضعية، مثل السرعة أو التسارع وأنظمة التحكم ذات التغذية المرتدة تدعى « ميكنزم مؤازرة ».

في أنظمة التحكم ذات التغذية المرتدة، فإن كل عنصر ينوب عن تابع يجب تحقيقه بعملية التحكم.

وتتألف من جهاز قياس الدخل، جهاز قياس الخرج ومقدار التغذية المرتدة، ومقارن ليقارن البارمترات الناتجة مع القيم المحددة. ونتيجة هذه المقارنة تعني الانحراف، الذي ندعوه « الخطأ » ويضخم بجهاز تحكم ويستخدم لتحريك عنصر القدرة. وعنصر القدرة بدوره يضخم إشارة الخطأ ليعطي مقداراً أكبر من القدرة للخرج أو الحمل (العنصر المتحكم به) لتقليل الفرق بين الدخل والخرج.

أنظمة التحكم المستخدمة حالياً يمكن أن تصنف وفقاً لنوع التحكم الذي تقوم به أيضاً إلى:

1 - أنظمة التحكم بالتنظيم (بالعملية): والتي مهمتها الحفاظ على القيمة المتحكم بها ثابتة، رغم اختلاف ظروف العملية الأخرى. كمثال: الحمل على الحد القاطع أثناء الخراطة يعتمد على مقدار التغذية.

سرعة القطع وعمقه بالمحافظة على الحمل ثابتاً، فإن النظام يسمح بالتحكم بالتغذية بينما تكون السرعة ذات قيمة مفروضة. وبما أن عمق القطع أثناء تشغيل المشغولات يتغير، فإنه بأسلوب مماثل يقوم نظام التحكم بالمنظم بتغيير التغذية ليضمن إنهاء السطح المطلوب من المنتج المصنّع.

2 - أنظمة التحكم بالبرنامج: حيث تختلف الكمية المتحكم بها وفقاً لحالة محددة.كمثال، عند تغير الحمل فإن جساءة (متانة) القطعة تختلف مع اختلاف طولها.

3 - أنظمة التحكم المثالية أو المتكيفة: هو ابتكار جديد يهدف إلى تحسين العملية بوساطة تحسس ظروف العمل وتحويلها إلى معلومات للتحكم لتستطيع العملية متابعة دورتها تحت أفضل الظروف لأعلى إنتاجية. فإذا كان المتحول المتحكم به هو الكفاءة، مثلاً في محرك الاحتراق الداخلي فإن تحسين تغذية الوقود والهواء سيؤدي إلى دوران أعظمي لعمود المرفق مع أقل استهلاك للوقود.

4 - نظام التحكم الهوائي (بالتشغيل): يسمح بالتغير في الكمية المتحكم بها وفقاً للتغير في إشارة التحكم، والحالات التي لا يمكن أن نتوقع فيها التغيرات المحتملة. كمثال: اهتراء حجر الجلخ يحدد من قبل جهاز آلي يدعى الضابط، ولكن العامل هو من سيقوم بإجراء التعديل اللازم لتعويض اهتراء الحجر.

في آلات النسخ الهيدروليكية والكهربائية، إن العملية تعتمد بشكل أساسي على نظام التحكم الهوائي، والتي تقوم فيها العربة المنزلقة للناسخ بالحركات وفقاً للشكل الموجود على الطبعة أو الرسم الرئيس للجزء المشغل. وبتبديل الطبعة أو الرسم الرئيس يتبدل برنامج حركات سقاطة المخرطة (أو طاولة الفارزة)، لتتمكن الآلة من قطع سطوح مختلفة أكثر تعقيداً. أنظمة التحكم الآلي مع الضوابط الأتوماتيكية تسمح بإجراء التصحيح على الانحرافات الناتجة عن العملية المفروضة والتحكم بمتغيرات العملية وفقاً لبرنامج تحكم ليمكن من إنجاز العملية تحت الشروط المثالية، محققاً أيضاً

اقتصادية ومرونة بإنتاجية عالية.

ووفقاً لنوع حامل برنامج التحكم فإن الجهاز الحاوي قوانين حركة أجزاء الآلة المقادة له أنواع هي:

a) أنظمة التحكم بالحدبات (الكامات) المركبة على محاور.
b) أنظمة التحكم بالمصدات (أو مفاتيح التشغيل).
c) أنظمة التحكم بوساطة الطبعة (لتحديد المسار مثلاً).
d) التحكم بوساطة اللوحة المثقبة.
e) التحكم بوساطة الحاسوب المفرد العملية.
f) التحكم بوساطة الحاسوب الشخصي.
g) التحكم بوساطة أجهزة التحكم المنطقي المبرمجة PLC.
h) التحكم بوساطة حاسوب العملية.
i) التحكم بوساطة أنظمة التحكم الرقمي NC والتي تخزن فيها المعلومات على بطاقات مثقبة أو كاسيت أو طنبور ... الخ.
j) التحكم بوساطة أنظمة CNC.

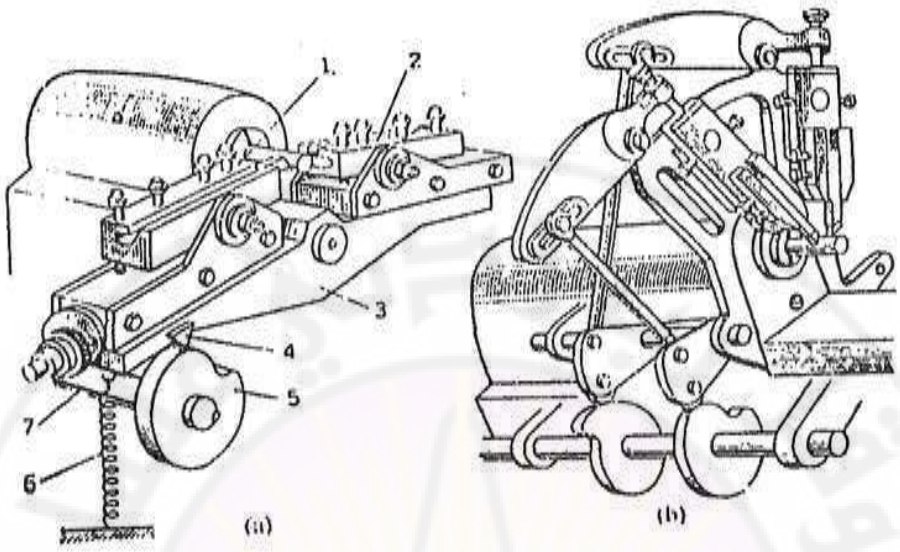
2-7- التحكم بالحدبات (الكامات):

أنظمة التحكم بالحدبات هي عادة أنظمة تحكم مركزية بنموذج الحلقة المفتوحة والتي يكون فيها برنامج التحكم (فترات الحركات) محدداً بوساطة مشابهات ميكانيكية مثل الحدبات، الطنابير، المتحكمات الرئيسة ... الخ.

في التحكم بالكامات فإن الجهاز التنفيذي هو الحدبة المستخدمة ليس فقط لإعطاء إشارة التحكم بل أيضاً لتحديد حركة التحكم، ومن خلال عنصر الربط (السقاطة) قيادة ميكنزم العمل.

الحدبة تصنع عادة من صفيحة أو أسطوانة تنقل الحركة إلى السقاطة بوساطة حوافها أو مجرى محفور على السطح. في التصميم العملي للحدبة، فإن السقاطة يجب أن تدرس في عدة نقاط افتراضية من الوضعيات المحددة، طالما أن القائد (الحدبة) تشغل عدة نقاط متتالية من التوضعات. أو أن تصل إلى عدة وضعيات محددة بزمن وصول القائد إلى أوضاع جزئية. فإذا كان يلزم فقط قوة صغيرة فإنه يمكن استخدام تماس انزلاقي منقول، أو تماس بدحروج. والحدبة تؤثر في السقاطة بصدمات تعطي الحركة المطلوبة للعنصر المقاد. واعتماداً على تصميم النقل، فإن السقاطة قد

تستخدم لنقل الحركة انزلاقياً كما في (الشكل 7-1_a) وحركة بالصدم كما في (الشكل 7-1_b) (أو حركة متارجحة للسقاطة).



الشكل (7-1)- نظام تحكم بالحدبات
a) ذو حركة انزلاقية للسقاطة: 1-العربة الأمامية. 2 العربة الخلفية. 3 ذراع متارجح.
4- السقاطة. 5- الحدبة. 6- نابض. 7- عمود الحدبات. b) ذو حركة متارجحة للسقاطة.

إن شكل بروفيل (مقطع) الحدبة يحدد موقع السقاطة بالنسبة إلى محور الحدبة. فحيث يكون خط الميل في الحدبة منتظماً (لاتوجد إزاحة زاوية) فإن وضعية السقاطة وعندئذٍ العربة أو أي عنصر تشغيل تبقى ثابتة. الإزاحة الزاوية للحدبة (تدويرها) تبدل وضعية السقاطة من أخفض نقطة سقوط إلى أعلى نقطة ارتفاع. وبالتالي يترجم شكل بروفيل الحدبة إلى برنامج الحركات المطلوبة للعنصر المتحكم به. ويمكن حساب العلاقات المتبادلة بين شكل الحدبات ووضعيات السقاطة من خلال قوانين الميكانيك التطبيقي وآلات قطع المعادن.

في التصميم العملي للحدبات يجب الأخذ بالحسبان عند تحقيق بروفيلات الحدبات تخفيف زمن العطالة (الزمن الميت) إلى أقل حدوده. فشكل الحدبة يحدد نوع الحركة (منتظمة، متسارعة، متباطئة...) للعنصر المتحكم به وللسقاطة بينما بروفيل الحدبة يحدد الإزاحة. وتصنع الحدبات عادة من الفولاذ المقسى، وتصنع بدقة للحصول على

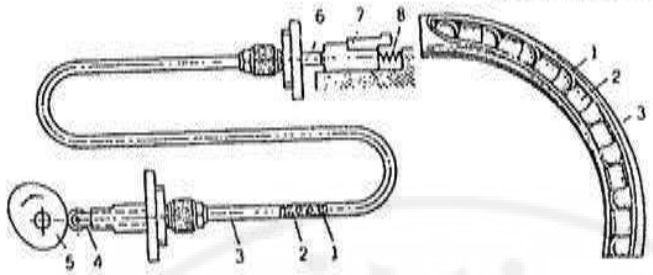
سطح ناعم أملس لتحقيق تماس ناعم وتقليل الضجيج. وتستخدم النوابض وأثقال التعادل لضمان تحقيق التماس بين الحدبة والسقاطة. وفي حالات الآلات السريعة، فإن أي تشوهات في بروفيل الحدبات تقود إلى أضرار كبيرة.

إن نظام التحكم بوساطة الحدبات يستخدم عدداً كبيراً من عناصر الربط (أذرع، القطاعات الدائرية، الجرائد المسننة والدوافع) ولذلك فهي تتطلب زمناً طويلاً للضبط. ومن الضروري تزييتها وتشحيمها بانتظام، طالما أن الحدبة ستعمل تحت الاحتكاك وتحت أحمال كبيرة. وبغياب التغذية المرتدة، فإنه تتولد الحاجة إلى الضبط والفحص المنتظم للأجزاء وتدخل الإنسان لعمليات التدقيق لضبط أداء الآلة. وبالتالي لن يسمح للعامل الفني أن يراقب أكثر من 6-2 آلات من هذا النوع. ومن ميزاتها أن هذا النظام عملي وقادر على تحقيق أصعب أنواع الأشكال ضمن الفترات الزمنية المحددة.

أنظمة التحكم بالحدبات تستخدم بشكل واسع في الإنتاج الكمي وبالدفعات حيث يمكن إعادة ضبط الآلة لتتناسب مع العديد من أشكال المنتجات بتبديل المسافات على الأذرع دونما حاجة لتبديل الحدبات أو باستبدال محور الحدبات بمحور جديد مصنّع سلفاً لهذه الغاية. ووجد هذا النظام من التحكم بالحدبات استخداماً واسعاً في آلات الخراطة البرجية وفي أنواع أخرى من الآلات في عمليات قطع المعادن.

وعملية وصل عنصر الربط بالحدبات لتقود الميكنزمات المقادة تختلف من آلة لأخرى. ففي الشكل (7-2) موضح ميكنزم ربط نموذج الكريات والمطور بإشراف البروفيسور ج.شوموان في مدرسة موسكو التقنية العليا. ويتألف من أنبوب نحاسي 3 محمل بكريات مشحمة 1 وتتناوب مع جلب فاصلة (فواصل) 2، وسقاطة 4 توضع بتماس مع الحدبة 5. ودوران الحدبة سيسبب إزاحة للكريات والجلب ضمن الأنبوب لتنتقل إلى طرفه الأخر بشكل إزاحة للدافع، ليؤثر في المؤازر أو عنصر التشغيل 7 في الآلة. ويختلف عن الوصلة بنموذج الذراع بأن هذا الأنبوب لايزيد مقدار الإشارة المنقولة من الحدبة. والنابض 8 يستخدم لتحقيق قوة التماس وهذا الميكنزم بسيط التصميم وعملي عند الاستخدام إذ يسمح بنقل الحركات إلى العنصر المتحكم به بطريقة أكثر ملاءمة للظروف. وعلى كل حال يجب ألا يقل قطر الأنبوب عند انحنائه عن ستة أضعاف قطر الكرية. ودقة الإزاحة هي 0.05-0.1mm وعنصر الربط هذا يمكن أن يستخدم كوصلة متعددة الأهداف، وعادة يشحم بشحم كثيف ولهذا فهو أقل عرضة

للاهتراء، ويسمح بنقل قوى كبيرة.

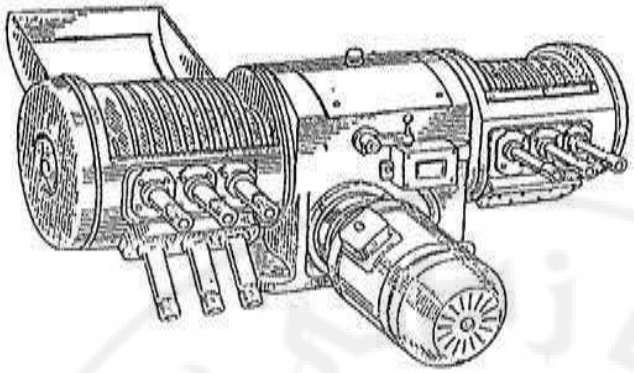


الشكل (7-2) - ميكنزم وصل بنموذج الكرية

أما في التحكم بوساطة الطنبور فإن برنامج التحكم يمكن أن يوضع بوساطة حدبات كما في حالة التحكم بالحدبة الرئيسة، أو بوساطة مفاتيح كما في الطنبور ذي الملامس أو المتحكم الآلي الرئيس. حدبة التحكم الرئيسة تقاد عادة بمحرك منفصل، وأحياناً قد تربط مع الجزء الدوار في المخرطة بمسنن. في المتحكم الرئيس الموضح بالشكل (7-3) يوجد مجموعتان من الحدبات القابلة للتبديل تداران بمحرك ذي مخفض سرعة. والحدبات (المصدات) متوضعة هنا بشكل يتوافق مع مخطط الزمن للآلة الأتوماتيكية أو مجموعة الخط. وكل حدبة تبث إشارة التحكم إلى وحدة التحكم المرتبطة بها في مجموعة الآلة الأتوماتيكية باستخدام ميكنزم وصل بنموذج الكرية. المتحكم الرئيس مرتبط مع فاصل واصل للأمان ومفتاح ميكروي ليفصل الحركة في حال زيادة الحمل. وإعادة ضبط المتحكم الرئيس هي عملية تستغرق 10 دقائق وهي كافية لتبديل مجموعة من الحدبات بأخرى جديدة.

وعندما تكون حلقات التحكم متعددة ومعقدة (في آلات النقل) فإنه يستخدم متحكمات بمفاتيح كهربائية بشكل طنبور وعليه المصدات. والطنبور يأخذ حركته إما من محرك مستقل وإما أن يعشق مع الجزء المتحرك في المخرطة.

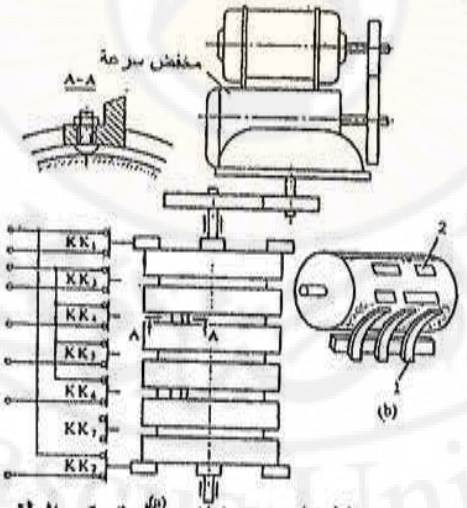
Damascus University



الشكل (7-3)- متحكم رئيس يستخدم مع ميكنزم الوصل بنموذج الكرية

المتحكم الموضح في الشكل (7-4_a) عبارة عن طنبور يحوي مصدات مثبتة بشقوق تقابل الحدبات (وهي هنا مفاتيح كهربائية) حيث بالتصادم معها تغلق الملامس kk_1 - kk_7، والتي تقوم بعملية وصل / قطع لدارة التحكم في الميكنزم المتحكم به.

وللتحكم بعمليات بسيطة، يستخدم طنبور التحكم اللاكهربائي الموضح بالشكل (7-4_b). حيث يتألف من طنبور من مادة عازلة مثبت عليه شرائح نحاسية 2 متصلة كهربائياً، وتقوم بالتلامس مع ملامس كهربائية صفيحية نابضية 1. وإغلاق الملمس 1 يغلق دارة ميكنزم الموازر الفرعي المرتبط بها.

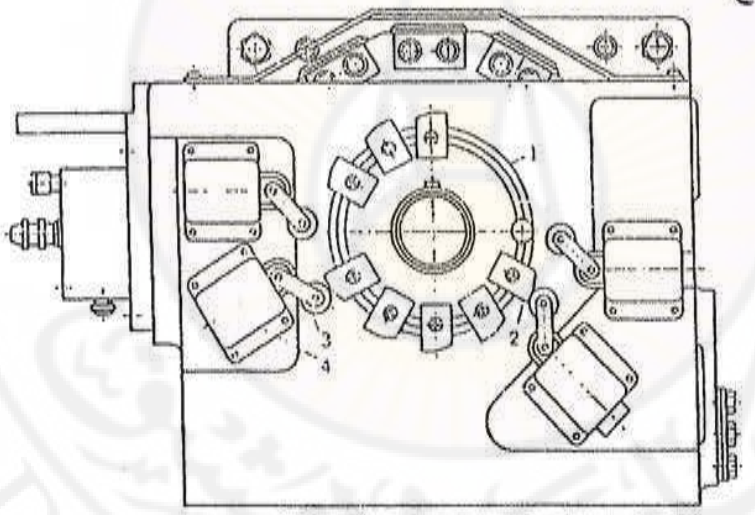


الشكل (7-4) - المتحكم الطنبوري
a) طنبور الملامس الكهربائية. b) طنبور التحكم اللاكهربائي.

3-7 - التحكم بالمصدات الميكانيكية:

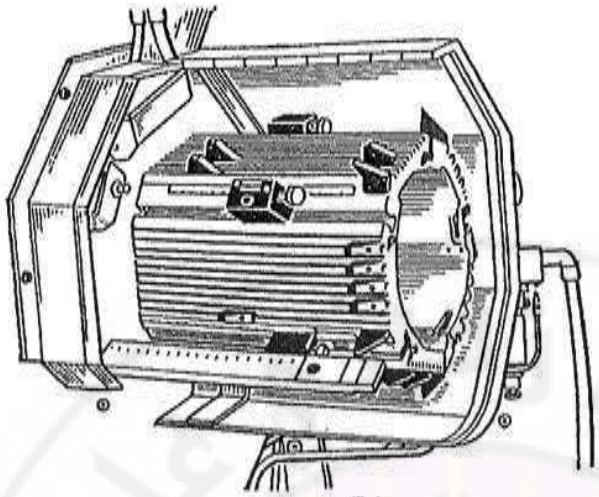
في التحكم بوساطة المصدات الميكانيكية، فإن حامل البرنامج هو المصد الذي يعطي المعلومات للآلة عن التوضع. لذا فإن برنامج حركات الآلة يعبر عنه بوساطة المصدات الميكانيكية، الأقفال الداخلية، المفاتيح الحدية، الحاكمات ... الخ. وتثبت المصدات في شقوق محفورة في طاولة العمل للفارزة، المجلخة وآلات النقل، في عربات المخارط الأتوماتيكية وغيرها من آلات التشغيل بحيث تؤثر في مفتاح حدي للتحسس مثبت على الأجزاء الثابتة للآلة.

في الشكل (7-5) موضح طريقة التحكم بأحد أطوار عملية التفريز. حيث عملية تفريز مشغولة بشكل كامل يتم إنجازها بعد دورة كاملة للصفيحة 1 والحاوية العدد اللازم من المصدات المثبتة في المجاري الخاصة. وكل مصد يؤثر في ذراع 3 في مفتاح محدد 4 والذي يقوم عندئذٍ بإرسالإشارة تحكم، مثلاً: للتغيير من السرعة العالية إلى السرعة النظامية وبالعكس. أو لتوقيف حركة الطاولة أو المحور، لتحرير المشغولة، ... الخ.



(a)

Damascus University



(b)

الشكل (7-5) - التحكم بوساطة المصدات الميكانيكية
a) مستوية. b) على أسطوانة مفرغة.

وهذا النظام بسيط ورخيص ومرن. ويسمح بالضبط السريع. وهو اختيار جيد لتطبيقات التحكم عن بعد. وهو على كل حال نظام تحكم بنظام الحلقة المفتوحة ولهذا فلا يمكن استخدامه للتحكم بعدة ميكانزمات مؤازرة في الوقت نفسه وهو معقول الاستخدام عند كون عناصر التحكم متعددة، مثلاً طاولات التزويد في آلات النقل، الأقفال الداخلية، أجهزة الإنذار في خطوط النقل الآلية. ويمكن استخدامه بنجاح لمكننة وأتمتة عمليات التفريز، الثقب، وغيرها من عمليات التشغيل.

7-4- التحكم بوساطة الطبعة:

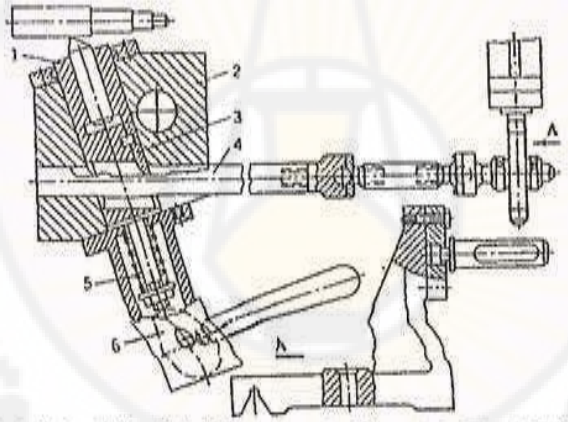
أنظمة التحكم بوساطة الطبعة عبارة عن ميكنزمات مؤازرة تعتمد فيها حركة العنصر المتحكم به على شكل بروفيل وأبعاد الطبعة الرئيسة والتي تقوم هنا بدور حامل برنامج التحكم. ويوجد منها في الاستخدام وحدات ميكانيكية، هيدروليكية، كهرميكانيكية، كهرهيدروليكية، هيدروهوائية مؤازرة ناسخة.

في الأنظمة المؤازرة الميكانيكية، تكون الطبعة الرئيسة كقاعدة، ثابتة التثبيت مع العنصر المتحكم به في الآلة لتتمكن من القيام بعمليتي التحكم والقيادة في آن واحد. وأثناء عملية تشغيل الطبعة (بروفيلها)، فإن الطبعة ستكون تحت أحمال ثقيلة. ولهذا السبب فهي تصنع من فولاذ عالي المواصفات، مقسى ليلبي متطلبات القساوة، الجساءة، المتانة والدقة.

في نظام الإحداثيات المستقيمة (المستوية أو الفراغية) فإن عنصر العمل يوضع ليقوم بحركات مستقيمة على طول محورين أو ثلاثة محاور متعامدة. إن ميكنزم القيادة في الآلة يسبب لها الحركة على طول محور واحد، والطبعة على طول المحور الأخر وأحياناً على طول محورين متعامدين.وفي مثل هذا النظام فإن الأحمال الثقيلة والتآكل. يخففان بالتدريج من دقة التحكم ولهذا تتأثر بالتالي بإزاحات الطبعة ونوعية هذه الإزاحات.

في ميكنزمات الموازرة غير الميكانيكية، تختلف مهمة الطبعة نوعاً ما عن التحكم. حيث يقوم محرك خاص بإنجاز مهمة القيادة. وبالتالي فالطبعة هنا غير معرضة للأحمال الثقيلة ولهذا فقد تصنع من البلاستيك أو الفولاذ الذي لا يتطلب تقسية سطحية.

إن وحدة النسخ قد تصمم أثناء بناء الآلة وقد تصمم على حدة وتضاف إلى الآلة بربطها معها. وهنا اخترنا من بين الأشكال الكثيرة لوحدات التشغيل الميكانيكي للنسخ النموذج الموضح في الشكل (7-6) حيث سنتعرف على عملية نسخ البروفيل.



الشكل (7-6) - التحكم بوساطة الطبعة الميكانيكية

يحرك حامل أداة القطع ليتم توضيعه - مع الجسم 2 لوحدة الخراطة، وتوضع الريشة مائلة بزاوية °15 مع المشغولة (العمود المتدرج) لتتمكن الآلة من قطع نهايات السطوح للعمود بشكل متعامد مع محور العمود. التماس ما بين القلم (السقاطة) 3 والطبعة 4 يتم تحقيقه بوساطة النابض 5. عندما تنزلق العربة إلى الأمام باتجاه غراب الرأس، فإن القلم سيقطع أول تدريجة في العمود. وعندما تنجز العملية فإن السقاطة تبدل

وضعيتها حسب الشكل المنسوخ ناقلة الحركة أيضاً للأداة القاطعة لتصنع التدريجة الثانية، حدبة القيادة 6 تستخدم لفصل التماس بين السقاطة والطبعة لإعادة الأداة القاطعة إلى وضعيتها البدائية. ودقة التحكم في الطول هنا هي 0.2mm ± والتحكم بالقطر ± 0.05mm.

ويمكن تقليل الاهتراء هنا باستبدال الدليل الانزلاقي بآخر كروي، وكذلك مع أن الاحتكاك التدحرجي أقل من الاحتكاك الانزلاقي حيث إنه لا يسمح أثناء قطع تدريجات سطوح العمود لأن تكون متعامدة مع محوره. فإن التحكم بوساطة الطبعة يسمح بتشغيل الأعمدة بوساطة الطبعة وإعطاء العديد من السطوح المعقدة المقاطع (المخروطية، المائلة، الأعمدة المتدرجة، ... الخ) وحتى مسافة 5mm كفرق بين سطحين متجاورين بالأقطار وحتى فرق 30mm بالأقطار بين بداية العمود المتدرج ونهايته.

وميزات ميكنزمات المؤازرة الهيدروليكية هي إمكانية استخدامها لعدة أغراض، ولمجال واسع من التحكم، ضبط سريع ومريح، قوى دخل صغيرة وقوى خرج كبيرة، دقة عالية عند نسخ السطوح عن الطبعة.

إن برنامج حركات وحدة الراسمة يعبر عنه بالطبعة، والناقل والسقاطة. أي: راسمة صمام المؤازر ومضخم القدرة الهيدروليكي (صمام مباشر) والعنصر المتحكم به (بالمؤازرة) في هذه الحالة هو الأسطوانة الهيدروليكية ذات الحركة المباشرة. وبالعودة إلى نظام المحاور الإحداثية، فإن العناصر المتحكم بها قد توضع لتؤدي حركات مستقيمة على طول محور واحدٍ وعلى طول محورين أو ثلاثة متعامدين فيما بينهم، وعليه فإن المؤازرات الهيدروليكية تصنف على أساس أنها أنظمة مؤازرة وحيدة، ثنائية، ثلاثية المحاور.

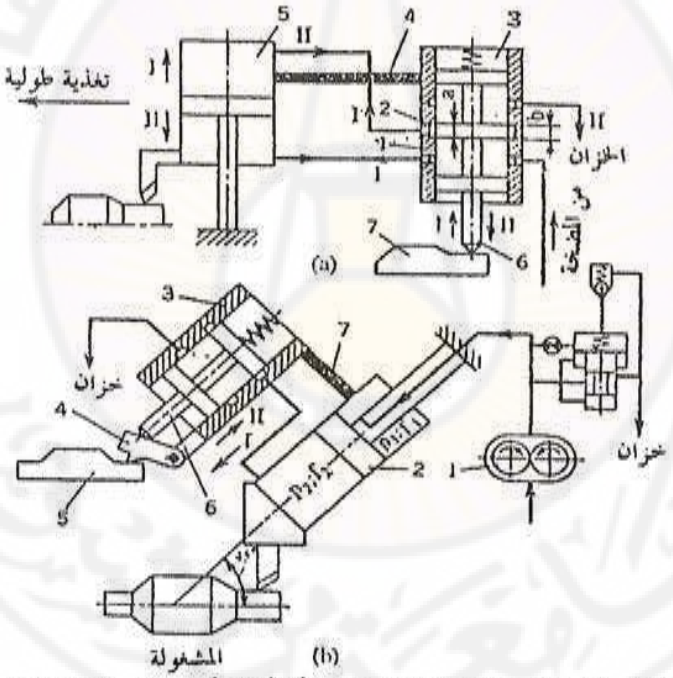
أنظمة المؤازرة تستخدم أسطوانات مؤازرة هي صمامات بسيطة أو تفاضلية ذات محور ثابت أو أسطوانة مثبتة. وصمام المؤازر قد يكون ذا مجرى واحد، اثنين وأربعة وذلك وفقاً لعدد المداخل التي يستخدمها في أغراض التحكم.

في الشكل (7-7_a) موضح نظام مؤازرة وحيد المحاور ذو أسطوانة متحركة ليقوم بالحركة العرضية لحامل الأداة القاطعة وفقاً لشكل الطبعة.

الحركة الطولية (الحركة الرئيسة) للوحدة المتحكم بها تستمد من المحرك الرئيس للآلة. وبارتفاع السقاطة (الراسمة) 6 بتأثير الطبعة 7. فإن الزيت يمر عبر

المدخل 1 للصمام ذي التيار المباشر 3 ليدخل الحجرة العلوية من أسطوانة المؤازر 5، مسبباً لها ولأداة القطع الحركة باتجاه الأعلى.

وعليه فإن الزيت سيخرج بتأثير الضغط من الحجرة السفلية ليسير إلى الصمام 3 منضماً إلى تيار الزيت المغذى إليه من المضخة(التيارI) وبسقوط الراسمة حسب الشكل على الطبعة، فإن الزيت القادم من المضخة يدخل الحجرة السفلية للأسطوانة5 مسبباً نزولها ومعها أداة القطع للأسفل. وسيفيض الزيت من الحجرة العلوية من خلال المدخل 2 للصمام 3 ويغذى مباشرة إلى الخزان (التيار II). وعندماتتحرك الراسمة في المستوي الأفقي فوق الطبعة 7، فإن مكبس الصمام سيغلق المنافذ 1 و2 والتغذية العرضية لأداة القطع ستتوقف. السقاطة وأصبع المكبس المنزلق مضغوطين بنابض، والعربة مع جسم الصمام مربوطين بجساءة عن طريق الدعامة 4.



الشكل (7-7)- مخططات تصميمية لأنظمة مؤازر هيدروليكي
a) مع صمام مؤازر ثنائي المداخل. b) مع صمام مؤازر وحيد المداخل.

والإغلاق غير الكامل للمداخل سيخل بتوازن النظام وتعطي إشارة عن وجود

خطأ، والذي عادة يصحح بإزاحة معينة لإعادة الضبط.

إن عملية قطع الوجه الجانبي للمشغولة بزاوية قائمة على محوره (في المحاور المتدرجة ... الخ) وهذا يتطلب ضبط الراسمة المنزلقة لتصنع زاوية محددة مع محور المشغولة. وقد وجد أنه بوضع الراسمة تميل بزاوية 45° مع محور المشغولة. فإننا نحصل على نتائج أفضل.

في الشكل (7-7_b) موضح مخطط وحدة ناسخة هيدروليكية (عربة منزلقة) تستخدم صمامات مؤازرة وحيدة المدخل والتي أحدها ذو أسطوانة متحركة حيث تستخدم مضخة مسننية 1 للتزويد بالزيت إلى النظام الذي يتألف من صمام مؤازر ذي مكبس انزلاقي مع أسطوانة2 متصلة مع حامل أداة القطع، وصمام تحكم مباشر بالتدفق 3 مع مزلقة (سقاطة) 4. يجري التيار عبر فتحة في مكبس الأسطوانة المنزلق، ويسقط الزيت في الحجرة السفلية من الأسطوانة وينساب إلى الصمام 3 ومنه إلى الخزان. وبهبوط السقاطة 4 وفق بروفيل الطبعة، فإن الأصبع، المدفوع بنابض يتحرك للأسفل ويقطع مجرى الزيت إلى الصمام 3 من الأسطوانة 2 (من حجرتها السفلية). والضغط الزائد للزيت في الحجرة السفلية يسبب حركة الأسطوانة وأداة القطع إلى الأمام باتجاه المشغولة. وبارتفاع السقاطة للأعلى، يفتح مجرى تدفق الزيت والذي يتدفق من خلاله الزيت من الحجرة السفلية للأسطوانة مباشرة باتجاه الخزان. ويهبط الضغط مسبباً حركة الأسطوانة وأداة القطع باتجاه الأعلى. جسم الصمام 3 مثبت بجساءة إلى جسم العربة المنزلقة بالوصلة 7 ولهذا تتحرك العربة بأسلوب حركة الصمام نفسه3 المنزلق. أي تسقط العربة بخطوط العمل نفسها من حيث الشكل.

إن العربة الهيدروليكية المنزلقة مفيدة في تشغيل الأشكال المتدرجة وذات الأشكال المعقدة. وحتى طول 900 mm طولاً، ومجال الحركة العرضية للراسمة يصل حتى 110 mm. والنظام المستخدم في جهاز القيادة المؤازر ثنائي المحاور يتصف بأن سقاطة الراسمة أو الطبعة تتحكم بحركات أداة القطع على طول محورين متعامدين تبادليين. وبكلمات أخرى فالتغير في التغذية العرضية S_c يستلزم تغيراً في التغذية الطولية S_l للعربة. ويوضح التغير في التغذية بقانون محدد، مثلاً للطبعات في المخارط الناسخة، يوصف التغير بالعلاقة:

$$S_c + S_\ell = const \qquad (7-1)$$

وفي بعض أنواع المخارط الناسخة النصف آلية المطورة، فإن التغير في التغذية هو بشكل قطعي ويتم التحكم به بوساطة منظم السرعات.

ونسبة التغذية العرضية إلى التغذية الطولية توجد من المعادلة:

$$S_t / S_e = \tan\beta \qquad (7-2)$$

حيث: B: هو انحدار المنحني على الطبعة بالنسبة لمحور المشغولة.

والتغذية الناتجة S_r تعطى بالعلاقة:

$$S_r = \sqrt{S_t^2 + S_e^2}$$

ومنه فإن التغذية الناتجة مستقلة عن الميل (الانحدار) لمنحني الطبعة. وتكون التغذية صغيرة عندما تنسخ الوحدة الهيدروليكية بروفيلات قليلة الميل. وعند تشغيل محاور متدرجة الأقطار فإنه من المهم أن تكون التغذية العرضية أصغر من التغذية الطولية. وتبلغ دقة ميكنزمات المؤازرة الهيدروليكية بحدود ± 0.02 mm.

أنظمة المؤازرة الكهرميكانيكية، تستخدم في صناعة الطبعات بشكل واسع. ويستخدم النموذج الاحتكاكي وحساسات الجسور التحريضية اللاتلامسية والمحرضة من قبل الطبعة. وإشارات الحساس، والتي عادة تضخم مسبقاً، تستخدم للتحكم في ميكنزمات التحريض (الفاصل واصل الكهرمغناطيسي، المحركات الكهربائية) والتي بدورانها تبدأ حركة التغذية في المخرطة. والعديد من المخارط وآلات قطع المعادن تستخدم المحولات التحريضية اللاتلامسية، التي تسمح باستخدام ضغط تماس بين الراسمة والطبعة ذي قيمة صغيرة جداً لتحقيق حركات دقيقة للأداة وفقاً لشكل بروفيل الطبعة. والمحول يتألف من وشيعتين (ملفين) بينهما إطار مشدود بنابض ومتصل مع الراسمة. الملفات الأولية متصلة على التسلسل وتعمل بتيار متناوب، أما الملفات الثانوية فموصولة على التعاكس. عندما يكون الإطار متوضعاً في المركز، فإن خرج الحساس يكون فيه فرق الجهد معدوماً. وتحريك الراسمة سوف يحرك الإطار عن وضعه المركزي مما ينتج عنه إشارة خرج ذات طور وقيمة تيار. وعندها تضخم الإشارة وتستخدم للتحكم في ميكنزم التحريض.

أنظمة المؤازرة الكهرهيدروليكية للنسخ من الطبعات وتشمل التقاطاً كهربائياً

مضخماً بوساطة الطبعة، ومحول الإشارة الكهرهيدروليكي (عبارة عن وشيعة وصمام هيدروليكي)، وميكنزم تحريض هيدروليكي، ثلاث ملتقطات وضيعة تثبت بتماس اهتزازي على أجزاء المخرطة التي تؤدي عملية التغذية.

في الحياة العملية أيضاً يوجد وحدات نسخ كهرهوائية وكهرهيدروليكية والتي تنتقل فيها إشارة المحول الهوائي أولاً إلى محور الإشارة الذي خرجه يكون بشكل إشارة كهربائية أو هيدروليكية وبعدها تستخدم للتحكم بمؤازر محدد.

وظهرت مؤخراً آلات قطع معادن تحتوي وحدة نسخ بالتصوير حيث تقوم بقراءة البرنامج للعنصر المتحكم به من رسم دقيق للقطعة المطلوب نسخها. ولكن عملية صنع الرسم الدقيق على كل حال ظهر أنها أصعب من الطبعة وأكثر هدراً للعمل. ولهذا السبب فإن استخدامات هذا الأسلوب ما زالت محدودة.

7-5- التحكم بوساطة اللوحة المثقبة:

وهي تعد من حوامل البرنامج الداخلية والتي تمتاز عن الحوامل الخارجية بما يلي: إمكان إدخال المعلومات (مجموعة البرامج) مباشرة على الآلة في مكان العمل، إمكان مراقبة البرنامج بسرعة وبنظرة واحدة للوحة، وإمكان التصحيح للمعلومات المدخلة أثناء استعمالها للتحكم في التجهيزات.

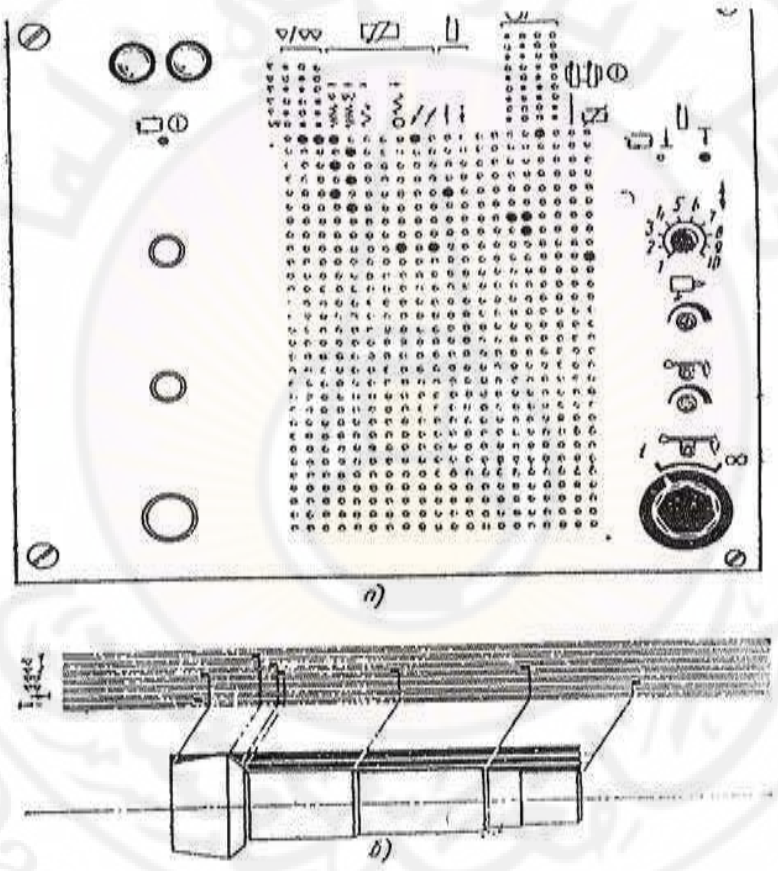
أما عيوبها فهي: سعتها القليلة، عدم إمكانية حفظ المعلومات(البرامج) بعد استخدامها وإعادة ضبط الآلة لمنتج جديد.

على الشكل (7-8) موضح لوحة مثقبة للتحكم بآلة مبرمجة من هذا النوع ومخطط توضع الكامات على مساطر المخرطة والتي تثبت على فرش المخرطة. حيث تؤثر هذه الكامات في مفتاح الملامس والذي يتحرك مع العربة.

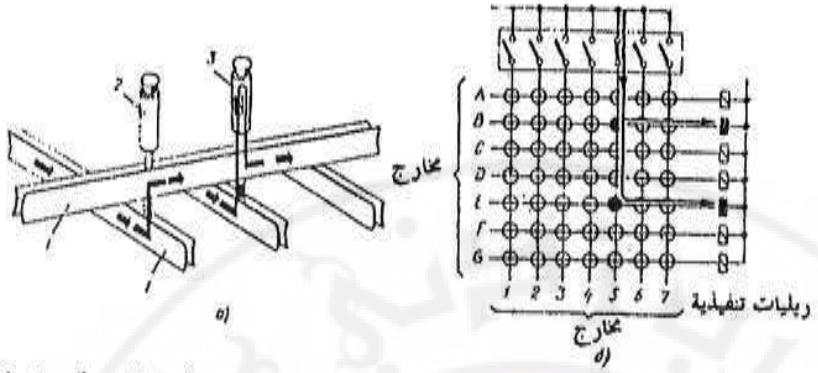
نظام التشغيل (عدد دورات المحور الرئيس، التغذية) والأمر للحركة السريعة تعطى في الوضعيات النهائية للوحة القيادة (المثقبة). والانتقال من نظام عمل إلى نظام آخر يتم عن طريق الكامات.

في أبسط حالة تنفذ الوحة المثقبة وفق مخطط المصفوفات. حيث توضع الصمامات الثنائية (الدايود) في الثقوب أو في لوحة (الهيكل). وكل مدخل (سطر) يوافق مجموعة أوامر تنفيذية محددة، والتي تعطى بإدخال المسمار (الدايود) في الثقب (الشكل 7-9).

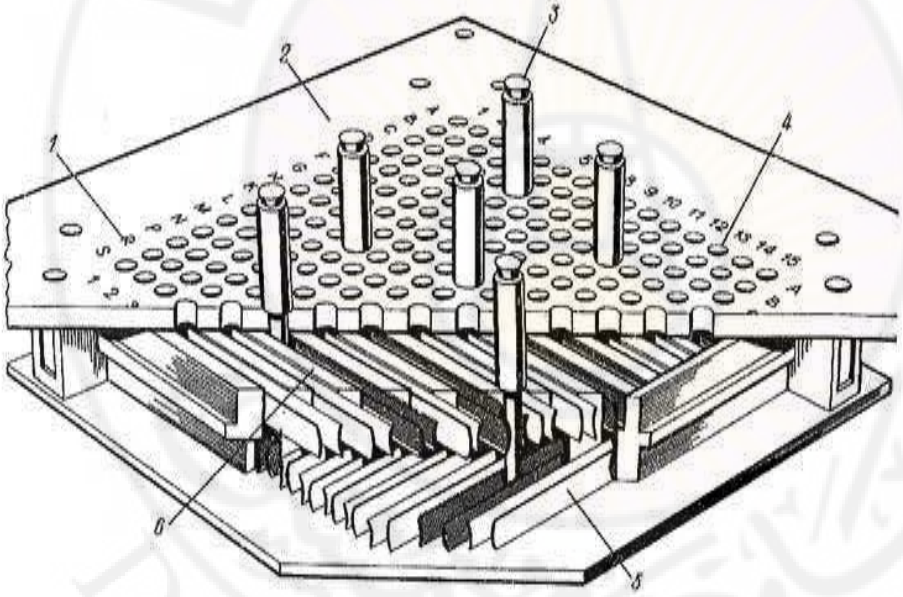
وعند كل تغذية نبضة تحكم فإن دارة العد والتوزيع تشغل السطر الذي يليه على لوحة المسامير، وتفصل السطر السابق. نبضات التحكم يمكن أن تتشكل بوصول الإشارة عن نهاية مرحلة دورة عمل ميكنزم التنفيذ (الشكل (7-9_b) وتم توضيح التحكم بإغلاق المفتاح). الثقوب يمكن أن تنفذ مع صمام ثنائي ضوئي وبدونه حيث يختلف أسلوب تنفيذ اللوحات المثقبة. ولتقليل مساحة اللوحة المثقبة يمكن أن تنفذ مع قضبان توصيل متوضعة على عدة طبقات (الشكل (7-10) والشكل (7-11)).



الشكل (7-8) a) لوحة القيادة المثقبة. b) مخطط تركيب الكامات في مساطر المخرطة.

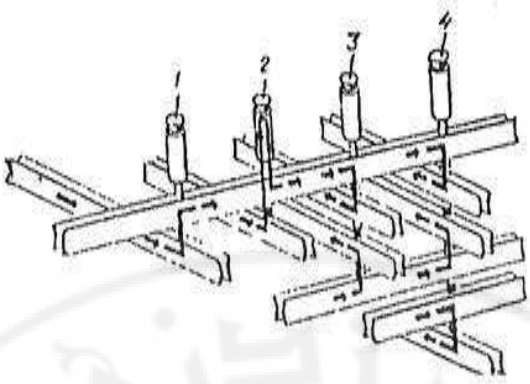


الشكل (7-9) a - مخطط التوضع الثنائي الطبقات للملامس في اللوحة المثقبة.
δ) مرور الإنارة وفق المصفوفة. 1- ملامس. 2- مسمار لإغلاق الدارة. 3- مسمار ذو صمام ثنائي ضوئي.



الشكل (7-10) - لوحة مثقبة ثنائية الطبقات

Damascus University



الشكل (7-11) مخطط توضع ملامس سداسية الطبقات في اللوحة المثقبة
1-مسمار قصير (لطبقتين) بدون صمام ضوئي. 2- كذلك لكن مع صمام ضوئي 3- مسمار لأربع طبقات 4- مسمار لست طبقات.

ولذلك فإن الثقوب لها أطوال مختلفة. وللمجموعات النظامية من الثقوب والقضبان التلامسية (الإطارات) تستخدم كذلك المسامير والإطارات المستخدمة في أجهزة الاتصالات الهاتفية، وعموماً فهذا النوع من أجهزة البرمجة ينتمي إلى أنظمة إدخال البرامج يدوياً.

حيث في الشكل (7-10) يتم إدخال المعلومات عن طريق وضع المسمار في الثقب الموافق. حيث على الجزء الوجهي 2 موضح العنوان 1 ورقم السطر. المسمار 3 يوضع في الثقب الموافق 4 من اللوحة وبضغطه للأسفل يتم وصل الإطارات العلوي 6 مع السفلي 5 والذي بذلك يحدد الدارة المناسبة ويغلقها ليعمل عنصر التنفيذ عن طريق الريلية الخاصة به. بهذا الشكل فإن كل سطر يوافق مجموعة أوامر تنفيذية محددة، والتي تعطى بوضع المسمار بالثقب الموافق. وفي عملية تشغيل هذا الأمر يتم العد بالتسلسل على السطور. وفي بعض الأجهزة المتطورة من هذا النوع قد يزود المسمار بصمام ثنائي ضوئي. وفي حالة كون لوحة التحكم منفذة على شكل أسطوانة مفرغة من الداخل. فإن المعلومات تنقل عند دوران الأسطوانة عن طريق تأثير المسامير على رأس يحمل مجموعة مفاتيح ميكروية تعمل حسب البرنامج المحدد لها.

7-6- الحاسوب المفرد اللوحة:

إن العناصر الأكثر أهمية في نظام الحاسوب الميكروي قد تم شرحها للتو في البحث « المعالجة » السابق شرحه. والنظام الذي ركبت فيه هذه العناصر [illegible] اصر

نظامية على لوحة إلكترونية يوصف بحاسوب مفرد اللوحة.

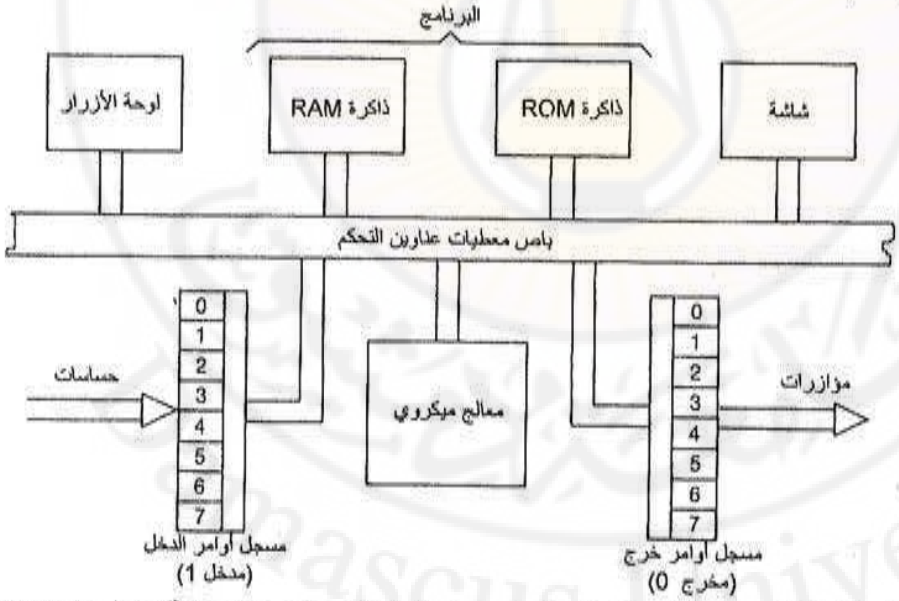
الشكل (7-12) يوضح نظام حاسوب مفرد اللوحة مع وحدات دخل وخرج مناسبة لحل مسائل التحكم.

- المعالج الميكروي:

إن وحدة المعالجة المركزية هي المعالج الميكروي والذي يوجه التحكم بالفترات كافة ضمن النظام بالتوافق مع البرنامج المخزن في ذاكرة البرنامج. إن مبدأ عمله مشروح في بحث « المعالجة ».

- الذواكر (ROM و RAM):

إن ذاكرة ROM لا تضيع محتوياتها حتى ولو فصلنا خط الجهد. وفي النظام الموضح هنا فإن ذاكرة ROM تحتوي برنامجاً والتي تسمح له بإدخال المعطيات من خلال لوحة الأزرار وتعرض هذه المعطيات على الشاشة هذا البرنامج هو نوع من«نظام التشغيل المصغر » ويدعى « برنامج العرض» أو باختصار « العرض » أما ذاكرة RAM (والتي تضيع محتوياتها عند فصل الجهد) فهي مزودة لتقبّل البرامج التي قد طورت حديثاً. مثلاً برامج مخصصة لحل وظائف تحكم محددة.



الشكل (7-12) - مخطط صندوقي لحاسوب مفرد اللوحة مع إمكانية ربط حساسات ومؤازرات

- لوحة الأزرار والعرض:

هذه الوحدات تمكّن المستخدم من إدخال المعطيات، البرامج المناسبة، إلى ذاكرة RAM وإلى عرض المدخلات (المعطيات).

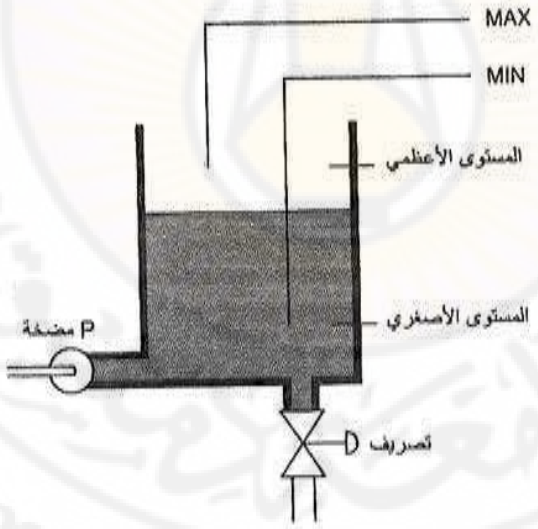
- مسجل الدخل والخرج:

إن الإشارات المزدوجة التكافؤ من العملية (الحساسات) يمكن أن تقرأ من خلال هذه الوحدات أو الخرج إلى العملية (المؤازرات). المسجلات من هذا النوع والتي تناسب خصوصاً إشارة الدخل والخرج تعرف أيضاً « بالمآخذ ».

إن وحدات النظام مربوطة مع بعضها من خلال نظام أنبوب موصل وبوساطته تستطيع الاتصال الواحدة مع الأخرى. « الأنبوب الموصل » هو اصطلاح لنظام خطوط مربوط معه عدة عناصر أنظمة على التوازي. على كل حال فقط وحدتان مربوطتان قادرتان على الاتصال مع بعضهما بعضاً في أي لحظة.

- مثال تطبيقي مبسط:

إن الحاسوب الميكروي اللازم استخدامه للتحكم بالمستوى الثنائي في خزان موضح في الشكل (7-13).



الشكل (7-13) - التحكم بمستويي سائل في خزان

إن مستوى السائل يجب المحافظة عليه ثابتاً ضمن الحدود المحددة. لهذا الهدف، ركب حساسان (للمستوى الأعظمي والأصغري) واللذان يحددان المحددين الأعلى

والأدنى. إن محرك المضخة يعمل عند وصول السائل إلى المستوى الأدنى له (max = 0 , min = 0) ويطفئ المحرك عند وصول السائل إلى المستوى الأعظمي (max = 1 , min = 1) وإذا كان السائل يقع بين الحدين (max = 0 , min = 1)، فإن المحرك يحافظ على وضعية تيار التشغيل له.

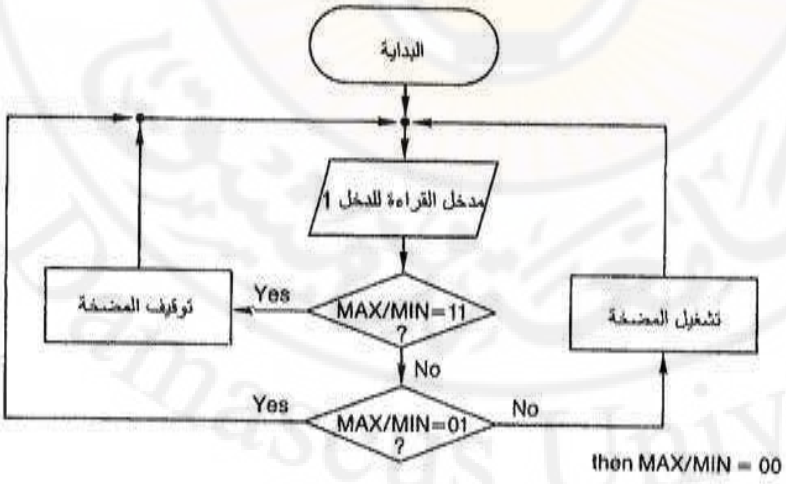
إن المستوى الثابت يضطرب عندما يطوف السائل من أحد الجوانب.

هذه المتطلبات موضحة بجدول الحقائق. P - تعبر عن حالة التيار، PN - حالة الضخ اللازمة.

Max	Min	P	PN
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

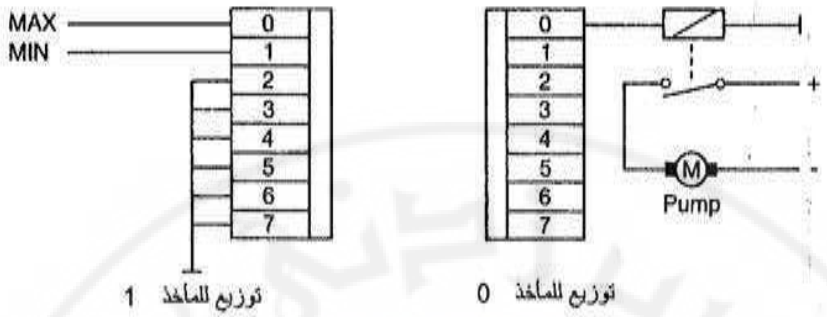
إن المخطط الانسيابي للبرنامج والذي يمكن استخدامه كنمط برمجة يمكن تطويره من ذلك الجدول.

المخطط الانسيابي للبرنامج موضح في الشكل (7-14).



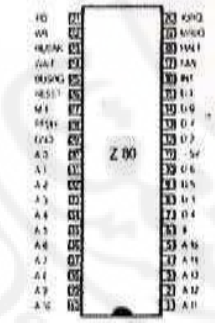
الشكل (7-14) - المخطط الانسيابي لبرنامج التحكم بمستويي سائل في خزان

والأن نحدد المآخذ التي ستربط إليها الحساسات والمؤازر كما في الشكل(7-15).



الشكل (7-15) - توضعات مآخذ الدخول والخروج إلى جهاز التحكم بمستوى السائل في خزان

أما الأن فنحول نمط البرمجة إلى برنامج. لهذا من الضروري للتعلميات (الأوامر) أن تصاغ برموز الآلة. ولكي يمكن القيام بذلك فإنه من الضروري معرفة نوع المعالج الميكروي المستخدم. والمعالج الميكروي المشهور Z80 هو المستخدم في هذا المثال، ومع تعليمات المعالج الميكروي Z80 فإن البرنامج يبدو بالشكل الست عشري المختصر:



microprocessor

Address	Command	Description
0001 0002	DB 10	Port I (Address 10) to the accumulator
0003 0004	FE 00	Compare accu = 0000 0000
0005 0006 0007	CA 14 00	If accu = 0000 0000 jump to address 14
0008 0009	FE 01	If accu does not = 0000 0000 jump to address 00
000A 000B 000C	C2 00 00	If accu does not = 0000 0001 jump to address 00
000D 000E	3E 00	Load 0000 0000 into accu
000F 0010	D3 11	Bring accu to port O (address 11)
0011 0012 0013	C3 00 00	Jump to address 00
0014 0015	3E 01	Load 0000 0001 into accu
0016 0017	D3 11	Bring accu to port O (address 11)
0018 0019 001A	C3 00 00	Jump to address 00

إن نظام العد الست عشري يعتمد على الرقم 16. ومثل النظام العشري، فإن النظام الست عشري يستخدم الأرقام من 9 - 0، بالإضافة إلى الحروف من A - F والتي تعبر عن الكسور العشرية 10 إلى 15. هذه العناوين والأوامر تُدخل باستخدام لوحة الأزرار التي تشتمل على الأرقام العشرية F - 0 والأزرار الخاصة المختلفة. إن العنوان المدخل للتوّ والمعطيات المحتواة فيه يمكن أن تقرأ من شاشة ذات ستة أرقام.

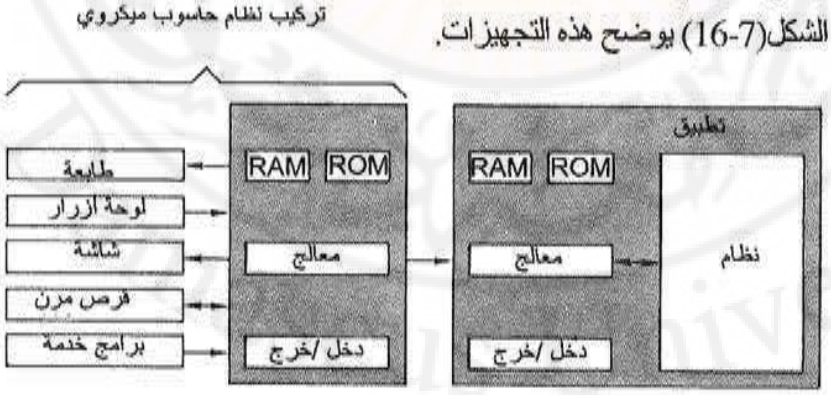
وبما أن البرنامج قد طور واختبر، فإنه هنا في الحقيقة لا ضرورة لمتابعة الاستخدام للوحة الأزرار والشاشة. لهذا فإن هذه المكونات يمكن الآن أن نفصلها عن النظام. ولا حاجة لإعادة وصلها حتى يصبح تدقيق البرنامج ضرورياً.

وتعد فكرة نقل البرنامج المكتمل من ذاكرة RAM إلى ذاكرة تستطيع المحافظة على محتوياتها حتى ولو انقطع جهد التغذية عن الدارة فكرة جيدة. وهنا يجب أن نستخدم ذاكرة EPROM. وإذا نقلنا البرنامج بوساطة المبرمج من RAM إلى EPROMفإن ذاكرة RAM على لوحة الحاسب الشخصي يمكن استبدالها بذاكرة EPROM.

واذا كان من الضروري لتطوير أنظمة الحواسب الميكروية استخدام برامج مكثفة، فإن إدخال البرامج في رموز الآلة كفترات بأرقام ست عشرية يعد معقداً جداً، وصعباً للقراءة وتوثيق المعلومات وتخزينها وصعب الاختبار.

وتستخدم الأنظمة الحاوية تجهيزات تطوير الحاسب الشخصي التي تمكّن بسهولة من تطوير برنامج حتى في لغات البرمجة الأعلى مستوى.

الشكل(7-16) يوضح هذه التجهيزات.



الشكل (7-16) - نظام تطوير حاسب ميكروي

إن العناصر المهمة في مثل أنظمة التطوير هذه هي برامج الخدمة مثل منقح النصوص والمترجمات.

الوحدات التالية تعد أقل عدد من الأجهزة الطرفية اللازمة لتكميل هذه الأنظمة:

- لوحة أزرار آلة كاتبة.
- شاشة.
- طابعة.
- مخزن دعم (قرص مرن، مخزن قرص صلب).

مبدئياً توجد طريقتان لتطوير البرنامج لنظام التحكم باستخدام نظام التطوير:

1 - نظام التطوير مربوط مع الجهاز ليتم التحكم به بحيث إن التطوير يمكن أن يتم عند الآلة تحت الظروف الحقيقية.

2 - نظام التطوير مثبت بعيداً عن الجهاز الذي يجب التحكم به. في هذه الحالة فإن الجهاز يجب أن يكون محاكى جزئياً أو كلياً أو حتى يجب أن يكون النظام مربوطاً إلى الجهاز من وقت لآخر.

وعندما ينجز البرنامج، فإن التطوير يحتوي تخيلاً دقيقاً للبرنامج والدارة. مثلاً حجم الذاكرة، عدد خطوات الدخل وعدد الخروج والبرنامج كلها مجهزة. إن نظام الحاسوب الميكروي المحدد بهذه الطريقة يمكن أن يستخدم إما كدارة مطبوعة(شروط الزبون) وإما حتى يمكن أن تجمع مع بعضها باستخدام نماذج نظامية متوفرة.

7-7- الحاسوب الشخصي:

إن الحاسوب الشخصي لا يعد تطويراً جديداً للغاية في عائلة الحواسب ولكنه ببساطة يعبر عن مرحلة أكثر تطوراً للحواسب أحادية اللوحة. وقد تطور الحاسوب الشخصي بصورة تقريبية كما يلي:

- الجمع بين الحاسوب أحادي اللوحة ومنبع القدرة في صندوق واحدة.
- استبدل المفتاح البسيط أو الدخل الست عشري بلوحة أزرار تشبه الآلة الكاتبة.
- استبدل المصباح الدايودي أو الإظهار السباعي الخانات (الأجزاء) بشاشة ذات 25 خطاً و 40 أو 80 حرفاً/سطر.

- تخزين خارجي ضخم للبرامج أو المعطيات (مسجل كاسيت أو قرص مرن).
- إمكانيات الربط مع طابعة أو أجهزة طرفية أخرى.
- مترجم مبرمج للغة مبرمجة ذات مستوى عالٍ هي BASIC.

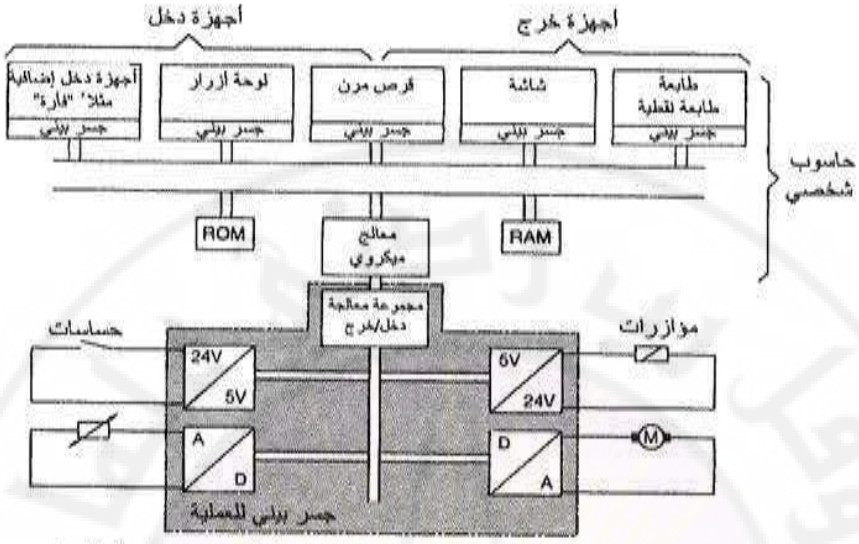
إن نظام الحاسوب الميكروي بهذه المواصفات يعطى (وبدون تردد) الاسم «حاسب شخصي». وبسبب هبوط أسعار أنصاف النواقل فقد أدى ذلك إلى استخدام الحواسب الميكروية بشكل أوسع في مجالات التطبيقات وبالإضافة إلى ذلك في المجال التجاري. وبالرغم من أن المعالجات الميكروية والحواسب أحادية اللوحة قد طورت في البداية لأهداف التحكم، فإن الاسم بحد ذاته قد وجه الاهتمام بها إلى التطبيقات التجارية. لهذا السبب فإن الناس اليوم يرتابون من فكرة أنه قد يكون هناك سوء استخدام للحواسب الشخصية عندما تستخدم لأغراض التحكم.

- الحاسب الشخصي في تقنية التحكم:

كيف يمكن أن نوفر الحاسب الشخصي بشكل كافٍ في عالم تقنية التحكم؟

لربط أي جهاز طرفي مع معالج ميكروي فإن ذلك يجب أن يتم عبر وصلة تكيُّف مناسبة، فإن مهايأة الدخل/الخرج لإشارات الدخل أو إشارات الخرج يجب أن تتم أيضاً للتحكم الطرفي. وكما أوضحنا سابقاً فإن العمل قد تم في مجال تقنية التحكم بتغيير أشكال الإشارة ومستويات الإشارة. مثلاً، للإشارات المنطقية والإشارات الثنائية التكافؤ(0V:هي إشارة0، 24 V: هي إشارة1) إن الحاسوب الميكروي يعمل على جهد داخلي ذي معدل 5 V و 0 V لهذا فإنه يجب أن تستخدم هنا عملية المهايأة.

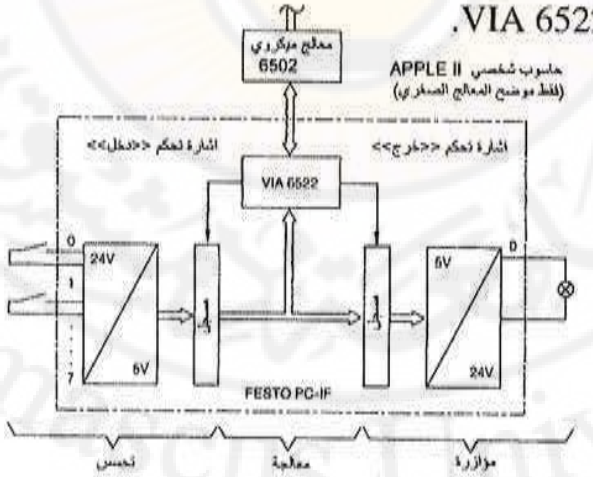
الشكل (7-17) يوضح المخطط الصندوقي لحاسوب شخصي ومهايأته إلى طرفيات معالجة للحاسوب.



الشكل (7-17) - تجميع حاسوب شخصي مع طرفيات معالجة للحاسوب

ويوجد أساليب كثيرة مختلفة لبناء مثل هذه الدارة المهايأة. وفي الأسفل نختبر مثالاً محدداً بتفصيل أكثر.

الشكل (7-18) يوضح دارة مهايء لحاسب شخصي من نوع APPLE11 ذي المعالج الميكروي من نوع 6502. إن الجسر البيني المركزي النظامي هو جسر بيني مبرمج من نوع VIA 6522.



الشكل (7-18) - دارة مهايء ذي جسر بيني عمومي مهايء (VIA 6522)

هذا المهايء النظامي يمكن أن يبرمج بحيث إنه تقرأ المعطيات بوساطة الطرفيات أو تمرر إلى هذه الطرفيات.

- حل مسألة تحكم في لغة البرمجة BASIC:

طالما أنه قد تمت المهايأة إلى مستوى الجهد داخل الحاسوب، فإن إشارات الدخل تخزن بشكل مؤقت في مسجل الدخل قبل أن تقرأ بوساطة المعالج الميكروي.

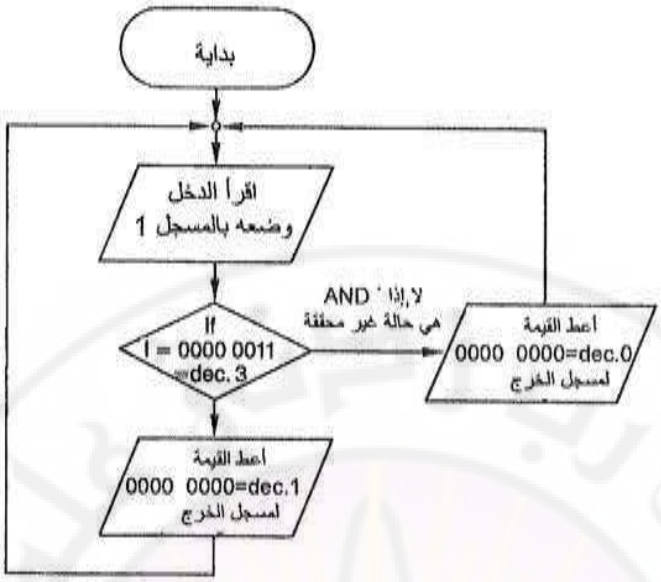
إن المعطيات التي يرسلها المعالج الميكروي والتي ترسل إلى المؤازرات تخزن مؤقتاً في مسجل الخرج. عندئذٍ فإن الإشارات تحول وتضخم قبل أن تمر إلى المؤازرات.

لهذا الشكل للدارة، فإنه يجب كتابة برنامج صغير بلغة BASIC للبرمجة معها يمكن أن تبعث إشارة (و).

وللبدء معها فإنه من الضروري افتراض أن وصلات الدخل والخرج تربط الحساسات والمؤازرات التي يجب أن توصل. إن خاصية الدارة الموضحة هي أنها تحتوي 8 دخول (7-0) و 8 خروج (7-0) على أطرافها (قارن مع الشكل (7-7)).

إن المفتاحين متصلان إلى الدخول 0 و 1. والمصباح المتصل مع الخرج 0 يستخدم بصفة مؤازر.

والمعالج هو فقط القادر على قراءة المداخل الثمانية بالوقت نفسه. وحالات المداخل الثمانية (إما 0 أو 1) تعطي رقماً مزدوجاً ثماني الخانات ثنائي التكافؤ. إن الوصلة (و) تنفذ عندما تكون مجموعة الدخل لها الرقم 00000011 (3 خانات عشرية). في الحالات كافة الأخرى فهذا غير محقق. وإذا لزم أن يضيء المصباح فإن القيمة 00000001 (العشري 1) يجب أن تكتب في مسجل الخرج.
عند هذه النقطة فإن المخطط الانسيابي للبرنامج يمكن أن يوضح بالشكل (7-19).



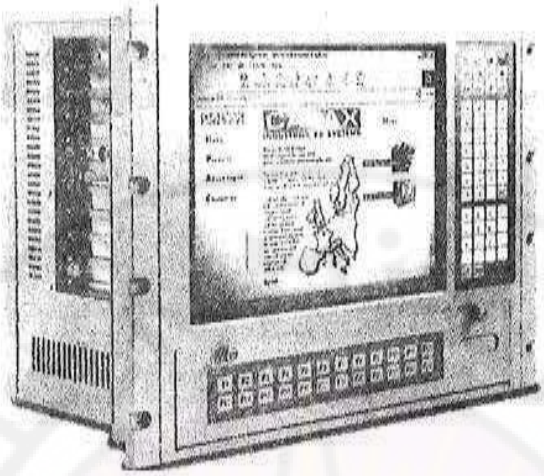
الشكل (7-19) - المخطط الانسيابي لبرنامج يحدد الوصلة المنطقية (و)

مع أمر البيسيك «POKE»، فإن المعطيات تكتب في المسجل أو فراغات الذاكرة. وتقرأ بوساطة الأمر «PEEK». إن VIA 6522 يقسّم العناوين 49324 و 49327 و 49315 ضمن النظام APPLE. لهذا فإن برنامج BASIC يبدو كمايلي:

Command	Comment
10 POKE 49324,206:POKE 49315,0	Set VIA to input
20 I=PEEK (49327)	Read input register to I
30 IF I=3 THEN GOTO 70	If AND-connection fulfilled continue in line 70
	AND-condition not fulfilled
40 POKE 49324,238:POKE 49315,255	Set VIA to output
50 POKE 49327,0	Give 0 to O-register
60 GOTO 10	Jump to start
70 POKE 49324,238:POKE 49315,255	Set VIA to output
80 POKE 49327,1	Give 1 to O-register
90 GOTO 10	Jump to start

إذا قارنا نظام الحاسوب الشخصي مع نظام حاسوب ميكروي مطور، فسوف نكتشف

عناصر نظام متشابهة وبالتالي يمكن استخدام الحاسوب الشخصي كنظام مطور لمهمات خاصة (الشكل 7-19_a).

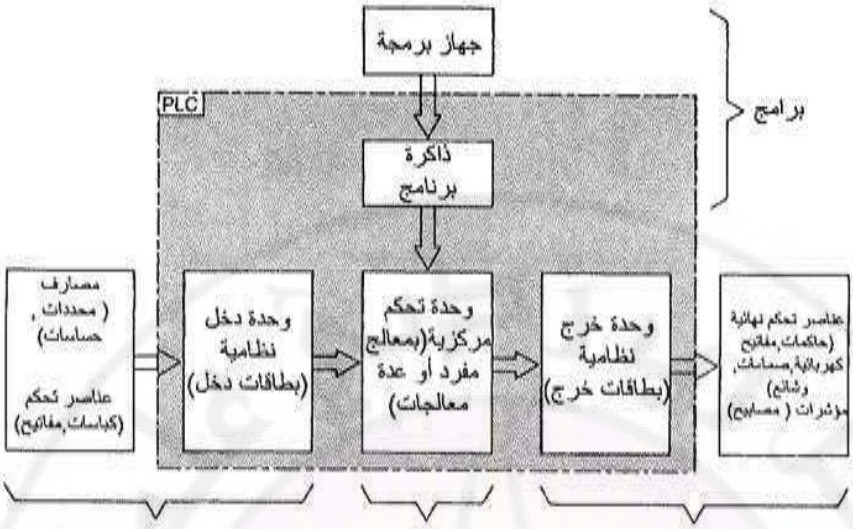


الشكل (7-19_a) - حاسوب صناعي مطور من حاسوب شخصي

7-8- أجهزة التحكم المنطقية القابلة للبرمجة (PLC):

هي انظمة تستخدم الحساسات لتحديد ظروف العمل المحيطة بها والتأثير في هذه الظروف من خلال المؤازرات وفقاً لبرنامج مخزن.

تستخدم أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (PLC) في العمليات التي يجب أن تعالج فيها الإشارات الثنائية التكافؤ. لقد دخلت دارات (PLC) إلى الأسواق في بداية السبعينات لتحل محل دارات الحاكمات. ومنذ ذلك الوقت استمر تطوير هذه الدارات مدعوماً بالتقدم الحاصل في مجال الإلكترونيات الميكروية. ولهذا السبب فإن الدارات الحديثة هي أنظمة ذات قدرات أكبر بكثير من تلك الأنظمة المسماة عندئذٍ PLC. لهذا فإن المصطلح «PLC» والمصطلح حاسب العملية، والحاسوب الميكروي ... الخ. ذات معان تتراكب مع بعضها وتشترك بالكثير من المعاني. فنياً هذه الأنظمة من المستحيل أن تفصل أحدها عن الأخر. وبالإضافة إلى ذلك وكما نوضح في هذا الكتاب فإنه توجد الأمور الكثيرة التشابه في وظائف هذه الأنظمة. وهذه الوظائف هي التي نسعى إلى فهمها. ولا يعنينا هنا تحديد الفروق الدقيقة بين المصطلحات بشكل كبير. في الشكل (7-20) نوضح العلاقة الوظيفية بين الوحدات الوظيفية المختلفة في نظام PLC.



الشكل (7-20) - نظام وحدة تحكم منطقي مبرمجة

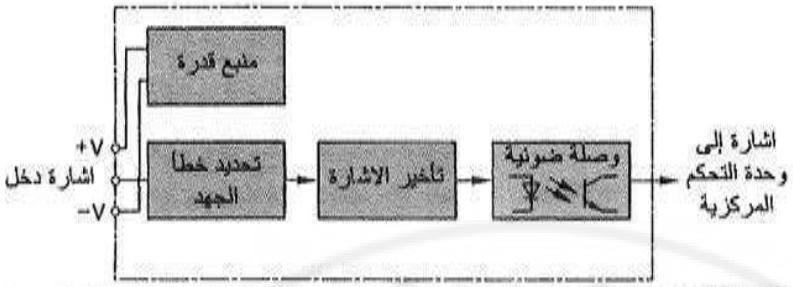
إن إشارات الدخل القادمة من الحساسات تمرر إلى وحدة التحكم المركزية من خلال عناصر دخل نظامية. والإشارات المتولدة عن وحدة التحكم المركزية تحضر بوساطة عناصر الخرج النظامية وتمرر إلى المؤازرات. والبرنامج مكتوب باستخدام جهاز برمجة خارجي ومحوّل إلى ذاكرة البرنامج. (إن إشارات الدخل في البرنامج تختلف وفقاً لنوع نظام PLC).

- الحساسات تربط مع نظام PLC بواسطة (عناصر الدخل النظامية):

إن مبدأ بناء هذه الوحدات النظامية هو نتيجة للمتطلبات التالية اللازم توفرها في طرف الدخل:

- الحماية من ضياع الإشارة بسبب زيادة الجهد أو الجهد غير الصحيح
- التقليل من نبضات التشويش اللحظية.
- إمكانية الوصل مع حساسات قابلة للتأثر (أزرار ،مفاتيح)ومقلعات.
- تقدير حالات الخطأ.

وهي تعتمد على المنتجين حيث بعضهم يحقق تلك المتطلبات كافة والآخرون يحققون بعضاً منها فقط. الشكل (7-21) يوضح مبدأ بناء وحدة دخل نظامية.



الشكل (7-21) - مخطط صندوقي لوحدة دخل نظامية

إن الوحدة النظامية تحتوي خصيصة تحديد خطأ الجهد والتي تتحرض عندما يزداد جهد الدخل عن قيم تسامح محددة. دارة القدح ذات إشارة التأخير (المضافة) (تفتح في فترات محددة) تضمن أن ذروات التشويش اللحظي قد قلصت. منبع الجهد الموجب والسالب(V - و V +) يزود إلى مآخذ الدخل ليمكن وصل حساسات مختلفة الأشكال.

إن الوصلات الضوئية تفصل الدارات الداخلية والخارجية وبالتالي فإن التشويش لن يكون قادراً على التسلل إلى PLC من خلال خطوط النقل.

إن وحدات الدخل النظامية تحتوي مظهرات ضوئية (غالباً دايودات ضوئية LED) والتي توضح فيما إذا كانت الإشارة1 أو الإشارة 0 هي الموجودة عند المدخل.

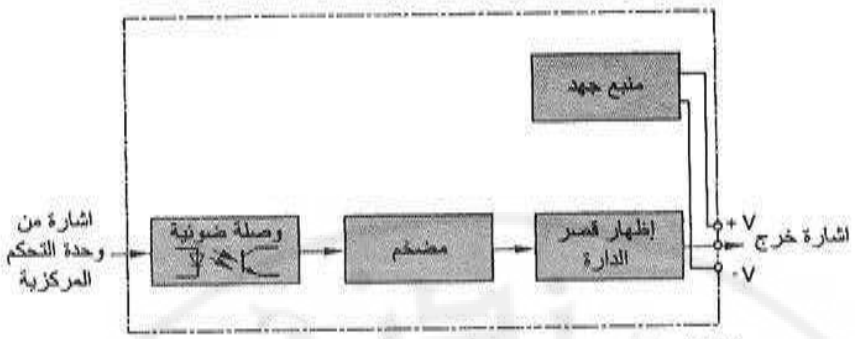
- المؤازرات بوساطة أنظمة PLC تربط مع (وحدات الخرج النظامية):

إن طرف الخرج يجب أن يحقق الشروط التالية:

- تضخيم إشارة الخرج.
- الحماية ضد دارات القصر.

الشكل (7-22) يوضح مبدأ بناء وحدات الخرج النظامية.

Damascus University



الشكل (7-22) - مخطط صندوقي لوحدة خرج نظامية

وهنا أيضاً تستخدم الوصلات الضوئية (البصرية) لتفصل الدارات الداخلية عن الدارات الخارجية لكي نضمن أنه لا يصل تشويش عبر الوصلات الناقلة. إن إشارات الخرج تحتاج إلى تضخيم لذلك فإن عناصر التحكم النهائية والمؤازرات والتي تتطلب تياراً إضافياً يمكن وصلها مباشرة إلى النظام. وتوجد ثلاث طرائق لحماية إشارات الخرج من إمكانية حدوث قصر الدارة وهي:

- الحماية بوساطة فاصمة (فيوز) أمان.
- مخارج ذات مواصفات مقاومة لقصر الدارة (حماية لحظية).
- الدعم بمخارج مقاومة لقصر الدارة.

إن حالة الإشارة للمخارج يمكن أن تفهم أيضاً من المؤشرات.

- المعالجة بنظام PLC تتم عن طريق (وحدة المعالجة المركزية):

إن أنظمة PLC الأولى كانت تتألف من معالج أحادي الإشارة (الخانة). أما الآن فإن أنظمة PLC العصرية تمتلك عدة معالجات متعددة الخانات بشكل مستقل. لهذا وبالإضافة إلى عمليات المقارنة المنطقية، فإنه من الممكن تنفيذ عمليات الحساب، العدّ وعمليات التوقيت. وباستخدام معالجات قوية، فإنه من الممكن تزويد نظام PLC بالقدرات الموجودة فقط في حواسب العمليات. مثلاً تعدد المهمات والذي يجعل إمكانية معالجة عدة برامج مستقلة عن بعضها ممكناً في نظام PLC وفي آن واحد. بالطبع فإن المعالج بقي على حاله من حيث إنه قادر على معالجة أمر بعد الأخر. على كل حال وبسبب سرعات المعالجة الكبيرة جداً وبرامج التشغيل المعقدة، فإنه أصبح من الممكن

تزويد المستخدم بانطباع لكنه موجود فعلاً وهو أن عدة معالجات تعمل في آن واحد.

على الأغلب فإن أنظمة PLC كافة تقدم وظائف مهمة مثل اتخاذ الأوامر، عدادات ومؤقتات. والأمرات هي ذواكر أحادية الخانة والتي تخزن فيها حالات الإشارة وحالات البرنامج بشكل مؤقت إذا لم تكن لازمة حتى الوصول إلى أواخر دورة البرنامج. إن معظم مهمات التحكم تتطلب عمليات العدّ والتوقيت. لذلك فإن العدادات والمؤقتات تساعد المستخدم على برمجة مثل تلك المهمات.

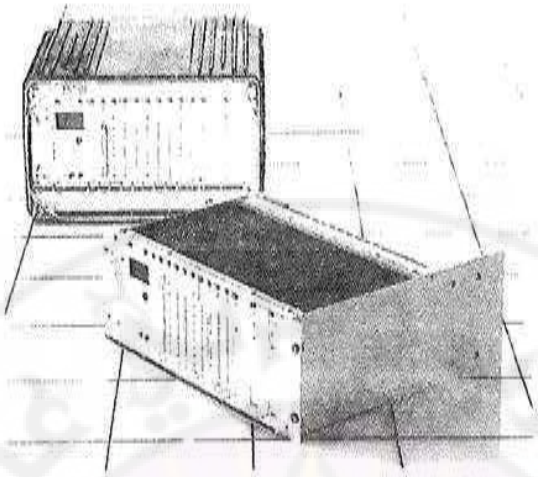
في معظم أنظمة PLC من الممكن معالجة عدة خانات بالوقت نفسه. مثلاً 8 خانات (وحتى خانة واحدة مثل إشارة الحساس)، وهذه معروفة بمعالجة الكلمة. لهذا لدينا المقدرة على وصل جهاز محول A/D إلى نظام PLC وبالتالي يمكننا تقييم الإشارات المنطقية المزودة من العملية.

إن أنظمة PLC المريحة تمتلك جسوراً بينية بوساطتها تكون قادرة على الاتصال مع أنظمة ذات مستوى أعلى (مثلاً حواسب التحكم) أو للربط مع أنظمة ذات مواصفات مشابهة (مثلاً أنظمة PLC أخرى).

- تصاميم أنظمة PLC (التقنية):

تتوفر أنظمة PLC لمهمات التحكم الصغيرة والمتوسطة والكبيرة. إن العدد اللازم من المداخل والمخارج مثلاً مجموع الحساسات والمؤازرات كافة وقدرة ذاكرة البرنامج اللازمة تحدد بشكل عام ما إذا كانت مهمة التحكم المطلوب تصميمها كبيرة أم صغيرة. ولتحديد نوعية أنظمة PLC المطابقة للشروط فإنه تقدم على العموم الأنظمة النظامية. ومن ثمفإن المستخدم هنا سيكون في وضعية القدرة على تقدير النظام الأكثر ملاءمة لمتطلباته وبنفسه.

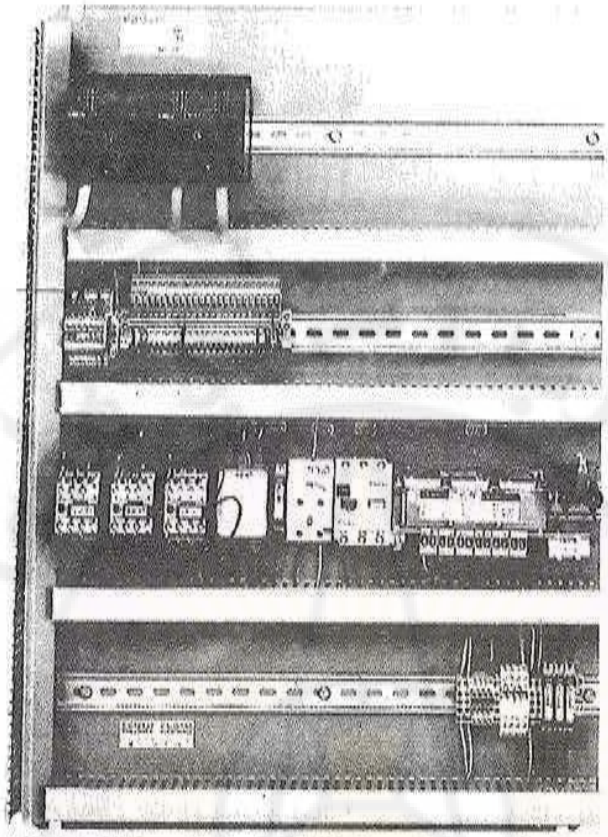
إن وحدات الدخل والخرج يمكن توفرها كوحدات مكثفة(مصغرة) أو كلوحات إلكترونية توصل بوساطة مآخذ محددة نظامية. وعموماً تحتوي 8 أو 16 مدخلاً/مخرجاً. ويلزم ربط عدد من هذه الوحدات النظامية مع بعضها، وعددها يعتمد على حجم مهمة التحكم. الشكل (7-23) يوضح مثالاً عن نظام PLC.



الشكل (7-23) - نظام PLC ذو وحدات نظامية مسحوبة للتوضيح

هذا الجهاز مصنوع من بطاقات إلكترونية ذات مقاييس نظامية تثبت في مأخذ خاصة. الهيكل الأساسي يؤمن الفراغ اللازم لاحتواء الوحدات النظامية كافة للنظام ومنبع التزويد بالطاقة. 8 مأخذ للبطاقات مزودة بالجهاز لتؤمن مكاناً للوحدات النظامية دخل/خرج وكل واحدة منها تحتوي 16 دخلاً/خرجاً، لتعطي وصلات I/O سعة تصل إلى 128. وإذا كان هذا العدد غير كافٍ، فإنه يمكن تركيب أربعة هياكل تجمع مع بعضها لتشكيل نظام يزيد عليه عدد دخل/خرج إلى نحو 512 على الأكثر. إن سعة ذاكرة البرنامج يمكن أن تستوعب برنامجاً حتى 16 كيلو بايت. مثلاً حتى 16000 أمر يمكن أن تبرمج فيه. وارتفعت مجدداً لرتبة الميغابايت، لهذا فإن هذا النظام للتحكم يمكن أن يشكل الاستخدام الأمثل لمهمات التحكم المتوسط وحتى الكبير.

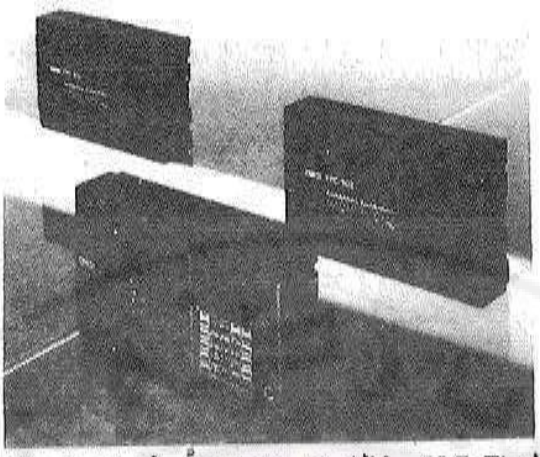
Damascus University



الشكل (7-24) - خزانة تحكم تحتوي نظام PLC

والهيكل مخصص للاستخدام في ظروف صناعية شديدة التلوث: غبار، أوساخ، ماء وزيت وهذا كله لن يؤثر في قدرة نظام PLC على العمل. والأنواع الأخرى من الهياكل (سكك التركيب) قابلة للتجميع وربط نظام PLCإلى أنظمة أخرى (خزائن التحكم).الشكل (7-24) يوضح نظام PLC مركب في خزانة تحكم.

والشكل (7-25) يوضح تصميماً اختيارياً لنظام PLC. وهنا نرى أن الأجزاء النظامية من النظام مرتبة بحيث تشكل وحدات نظامية مصغّرة والتي مكن تجميعها وبسهولة لتشكيل نظام التشغيل ذي تحكم PLC. ويمكن تركيب معالج ت نظاميه يمكن أن تستخدم أيضاً في هذا النظام عندما نريد حل مشكلة الزمن ال ي، مثلاً. توضح الصورة شكلاً لمعالجين نظاميين وجزأي I/O نظاميين بط 32 مدخلاً و 32 مخرجاً إليه. وهذا النظام ملائم للتطبيقات الصغيرة و ياس.



الشكل (7-25) - نظام PLC مصغّر ذو تصميم نظامي

إن دارة معظم أجهزة PLC بسيطة جداً على الأغلب. وإن تركيب نظام PLC لا يتطلب أي معرفة متخصصة بالإلكترونيات. وهذا بدقة ما يتطلبه مطورو أنظمة PLC في مهماتهم. هذه الإلكترونيات متوضعة في « صندوق أسود » يتوضع في مكان ما خلف الجهاز أو الآلة.

بالإضافة إلى التجهيزات المشروحة والتي تبقى في النظام المطلوب التحكم به بعد الوصل، فإن بعض العناصر يجب أن تبقى لأنها ضرورية أو تساعد خلال مرحلة التطوير. وهذه تشكل مدخلاً إلى البحث اللاحق.

- البرامج لأنظمة PLC:

في هذا القسم نبحث أنماط البرمجة الأكثر ملاءمة ولغات البرمجة الأكثر شيوعاً للاستخدام في أنظمة PLC.

أي نوع من أنماط البرمجة يجب أن يستخدم، مثلاً: ما المسألة التي يجب وصفها؟

إن الجواب الوحيد الذي يمكن إعطاؤه بالحقيقة على هذا السؤال هو أنه يوجد غالباً عدة احتمالات ممكنة وتختلف بالمردود النهائي والقرار حول أي منها هو الأنسب للحصول على أسلوب بسيط يعتمد على أية تقنية يكون المستخدم أكثر معرفة بها. ولهذا السبب سنحدد هنا بعض النقاط الرئيسة. وكل شخص يجب عليه أن يحدد بنفسه الخيار الأكثر ملاءمة له.

في كلمات عامة، يمكن القول إنه من الصعب وصف مسألة منطقية باستخدام

مخطط خطوات الإزاحة أو التحكم بالفترة باستخدام معادلات بول. ومن جهة أخرى، فمن الأنسب استخدام مخطط خطوات الإزاحة أو مخطط الوظائف لوصف فترة التحكم والمخطط المنطقي أو معادلات بول لوصف منطقية التحكم.

وفي بعض الأحيان يمكن أن نستخدم مجموعة من نماذج عديدة المواصفات. في قسم « البرامج » موضح بعض الأمثلة التطبيقية. ونورد أمثلة أكثر في الأقسام اللاحقة.

لائحة التخصيص (عناوين ال PLC):

تؤسس لائحة التخصيص للوصلات مابين الحساسات/المؤازرات والمداخل/المخارج. ويكتب في اللائحة أيضاً أسماء الحساسات/المؤازرات حسب المعنى المقصود منها في الجهاز وتستخدم في مسألة تحديد تأثيراتها ضمن جهاز PLC والتي تدرج في اللائحة أيضاً. ويوضح الجدول التالي مثالاً عن هذه اللائحة حيث:

- **العمود 1: ترميز الحساسات/المؤازرات:** الترميز الدقيق للحساسات الموصولة مع المداخل/المخارج تدرج هنا. الترميز يؤخذ من توصيف المشكلة ومعطى اصطلاحاً شفهياً(مثال مفتاح قلاب S3).
- **العمود 2: الرمز المختصر:** الترميزات المختصرة (وتعرف ايضاً برموز الملاحظات، العناوين المرمزة) للحساسات والمؤازرات المستخدمة ضمن لغة البرمجة. إن اختيارها يتم بحرية لكن يجب على كل حال أن تكون معقولة وتوافق متطلبات لغة البرمجة من حيث عدم الغموض والكتابة الاملائية الصحيحة (مثال S3 للتعبير عن "مفتاح قلاب 3 ").
- **العمود 3: عناوين PLC:** تكتب عناوين**PLC**من رموز المداخل/المخارج وأرقام العناوين التي تحدد من خلال موقع المربط على سوكة الوصل ورقمه (مثال I002).
- **العمود 4: معنى، تأثير الاشارات:** توجد ملحوظة هنا حول معنى الاشارات الثنائية للمداخل والمخارج. فقبل كتابة البرنامج، فإن العناوين واصطلاحات المعلومات للمداخل والمخارج يجب أن تذكر لمنع الالتباس.

إن لائحة التخصيصهي جزء من وثائق ال PLC وهي وثيقة هامة للتعديلات، والاختبارات وخدمة البرنامج والصيانة.

وتفسير الرموز والمصطلحات أو توثيق عناوين PLC تستخدم في برنامج PLC.

هذه الرموز المختصرة مع عناوين PLC تختصر أيضاً لتشكل مايعرف ب "قائمة التخصيص".

ALLOCATION LIST

Designation of sensors/actuators	Short code	PLC addresses	meaning/ effect of the signals
Start button S1	Start	I000	1=Start
Change-over switch S2 (manual/automatic)	S2	I001	1=Automatic
Change-over switch S3 (continuous/inching)	S3	I002	1=Inch
Push button S4	S4	I003	1=Inch
Push button S5 (magazine cylinder)	S5Mcyl	I004	1=Cylinder movement
Push button S6 (Ejector cylinder)	S6Ecyl	I005	1=Cylinder movement
Push button S7 Emergency stop	Emergency Stop	I006	1=Off
Limit switch B1	LS1.1	I010	1=Magazine cylinder retracted
Limit switch B2	LS1.2	I011	1=Magazine cylinder extended
Limit switch B3	LS2.1	I012	1=Ejector cylinder retracted
Limit switch B4	LS2.2	I013	1=Ejector cylinder extended
Pressure switch B7	PS1	I017	1=Pressure 5bar

لائحة التخصيص، عناوين PLC

أي لغة برمجة تستخدم غالباً مع أنظمة PLC؟:

إن لغات البرمجة الأكثر شيوعاً هي المخطط السلّمي، مخطط الوظائف (المهمات) واللوائح التوضيحية.

أ- المخطط السلّمي (LDR):

من الممكن إدخال نمط المخطط السلمي مباشرة إلى جهاز PLC على شكل برنامج. وهنا يتألف جهاز البرمجة من لوحة أزرار مطبوع على أزرارها رموز المخطط السلّمي وشاشة إظهار خطوط بيانية. لهذا فإن الرموز تنقل من نمط البرمجة إلى الشاشة. وعندما تكتمل يحدث الترجمة إلى لغة الآلة وتنتقل إلى ذاكرة البرنامج.

إن لغة البرمجة هذه هي وسيلة برمجة ممتازة للمصمم الخبير في تقنية الحاكمات.

ب- مخطط الوظائف (FCH):

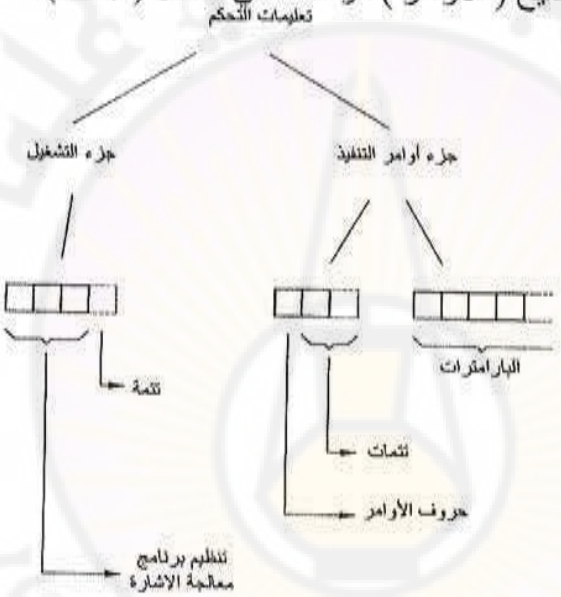
لبرمجة مخطط الوظائف فإن المبرمج يكون تحت تصرفه كجزء من أداة البرمجة هذه مفاتيح إدخال تُظهر رموز مخطط الوظائف. إن المهمة الموصوفة على

شكل مخطط الوظائف تُدخل إلى جهاز PLC على شكل مخططات (خطوط بيانية) ومن ثم تترجم.

ج- لائحة التوضيح (STL):

إن لغة البرمجة هذه تمتلك خاصية تخزين الأوامر والتي بمساعدتها من الممكن برمجة الوصلات المنطقية والفترات كافة. إن الأوامر الموضحة تتألف من أوامر مستقلة أو خطوط التوضيح مجهزة بتعليقات. وهذا يجعل البرنامج أسهل للفهم وقابلاً لإيجاد الأخطاء منه بسهولة.

إن بنية التوضيح (الأوامر) موضحة في الشكل (7-26).

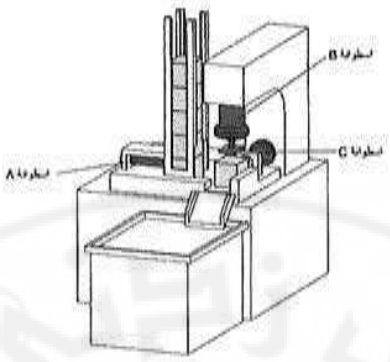


الشكل (7-26) - تعليمات التحكم وفقاً للمواصفة القياسية DIN 19239

مثال على استخدام لغات البرمجة LDR و FCH و STL:

- تحديد المهمة:

يوضح الشكل (7-27) - مقطعاً توضيحياً لجهاز ختامة. تقاد المشغولات من مخزن التغذية بوساطة قوة الجاذبية إلى آلة الختامة وتمسك بوساطة الأسطوانةA. عندئذٍ فإن المشغولة تختم بوساطة أسطوانةB. وعندما تنتهي هذه العملية فإن الأجزاء المشغلة تلفظ بوساطة الأسطوانةC.



الشكل (7-27) - مخطط توضيحي لجهاز ختامة

- الفترة بالتفصيل:

الخطوة 0: تغذية وقمط المشغولة. وإذا تابعنا الضغط على زر الإقلاع وحالة الإقلاع قد أنجزت (الوضعية الابتدائية)، فإن الملف (الوشيعة) سوف يتحرض ليحرك الأسطوانةA.

الخطوة 1: إنزال الختامة. عندما تصل الأسطوانةA إلى نقطة نهاية الشوط - والتي نعلم بها عن طريق مفتاح تحديد نهاية الشوط a1 - فإن الملف يتحرض لتغذية الأسطوانةB.

الخطوة 2: تراجع الختامة. عند الوصول إلى مفتاح تحديد نهاية الشوط b1 على الأسطوانةB (الأسطوانةB قد تمددت)، فإن ملف الصمام المحرك للأسطوانةA يتحرض والأسطوانةA تتراجع.

الخطوة 3: إفلات المشغولة: عندما تصل الأسطوانةB إلى وضعية البدء ويتحرض مفتاح تحديد نهاية الشوط b0 فإن ملف الصمام للأسطوانةA سوف يفصل عن العمل (يتوقف).

الخطوة 4: لفظ المشغولة المختومة. عندما تصل الأسطوانةA إلى وضعية النهاية ويتحرض مفتاح تحديد نهاية الشوط a0، فإن ملف الصمام للأسطوانةC يتلقى إشارة تشغيل « تقدم ».

الخطوة 5: الوضعية الابتدائية لجهاز الختامة. بما أن الأسطوانةC قد تمددت بشكل كامل وتحرض مفتاح تحديد نهاية الشوط C1. فإن ملف الصمام للأسطوانةC

سوف يعمل على وضعية « إلغاء » وتلغى الفترة إلى الخطوة 0.

للتأكد من أن البرنامج المطلوب كتابته « متكامل » مع «الحساسات » الموصولة معه « والمؤازرات » أيضاً. فإنه من الضروري معرفة أي حساس متصل مع مأخذ الدخل وأي مؤازر متصل مع مأخذ الخرج. إن القائمة التي تعطي المعلومات هذه نسميها « قائمة التفاصيل ». وقائمة التفاصيل (أو الحصص) تنشأ لكي تحدد الوصلات بين الدارة والبرنامج، ولائحة التفاصيل (الحصص) هنا هي:

قائمة حصص الدخل		قائمة حصص الخرج	
الحساس	الدخل	المؤازر	الخرج
زر الإقلاع	I 0	الأسطوانةA	O1.0
مفتاح تحديد نهاية الشوط a0	I 1	الأسطوانةB	O1.1
مفتاح تحديد نهاية الشوط a1	I 2	الأسطوانةC	O1.2
مفتاح تحديد نهاية الشوط b0	I 3		
مفتاح تحديد نهاية الشوط b1	I 4		
مفتاح تحديد نهاية الشوط C0	I 5		
مفتاح تحديد نهاية الشوط C1	I 6		

اللائحة التوضيحية:

إن اللائحة التوضيحية يمكن كتابتها بسهولة باستخدام المعطيات المحتواة بالوصف الفعلي بالتفصيل ومن لوائح الحصص. وهي موضحة في الشكل (7-28).

Damascus University

```
+-------------------------------------------------------------------+
| FESTO FPC-404/610/08                                    PAGE 001  |
| STAMPING PROGRAM  0.00        VERSION 01    DATE: 22.02.86        |
+-------------------------------------------------------------------+

          INSTRUCTION                COMMENT
=====================================================================
0000 PROGRAM STAMPING  0.0 V 01
---------------------------------------------------------------------
0001 STEP 0                          " FEED-CLAMP

0002 IF              I 0             " START BUTTON
0003       AND       I 1             " LIMIT SWITCH A0
0004       AND       I 3             " LIMIT SWITCH B0
0005       AND       I 5             " LIMIT SWITCH C0
0006 THEN  SET       O 1.0           " SOLENOID VALVE CYL.A
---------------------------------------------------------------------
0007 STEP 1                          " STAMP

0008 IF              I 2             " LIMIT SWITCH A1
0009 THEN SET        O 1.1           " SOLENOID VALVE CYL.B
---------------------------------------------------------------------
0010 STEP 2                          " STAMP FINISH

0011 IF              I 4             " LIMIT SWITCH B1
0012 THEN RESET      O 1.1           " SOLENOID VALVE CYL.B
---------------------------------------------------------------------
0013 STEP 3                          " UNCLAMP

0014 IF              I 5             " LIMIT SWITCH B0
0015 THEN RESET      O 1.0           " SOLENOID VALVE CYL.A
---------------------------------------------------------------------
0016 STEP 4                          " EJECT

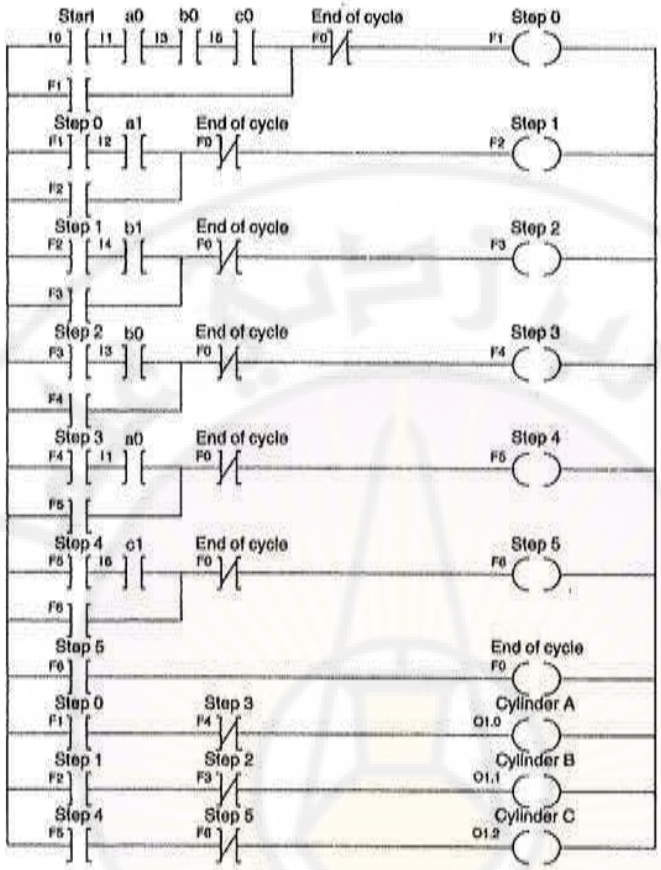
0017 IF              I 1             " LIMIT SWITCH A0
0018 THEN SET        O 1.2           " SOLENOID VALVE CYL.C
---------------------------------------------------------------------
0019 STEP 5                          " RETURN

0020 IF              I 6             " LIMIT SWITCH C1
0021 THEN RESET      O 1.2           " SOLENOID VALVE CYL.C
0022      JUMP TO    S 0             " PROGRAM END
```

الشكل (7-28) - اللائحة التوضيحية لجهاز الختامة.

المخطط السلّمي:

إن نمط البرمجة بالمخطط السلمي يبدو كما في الشكل (7-29).



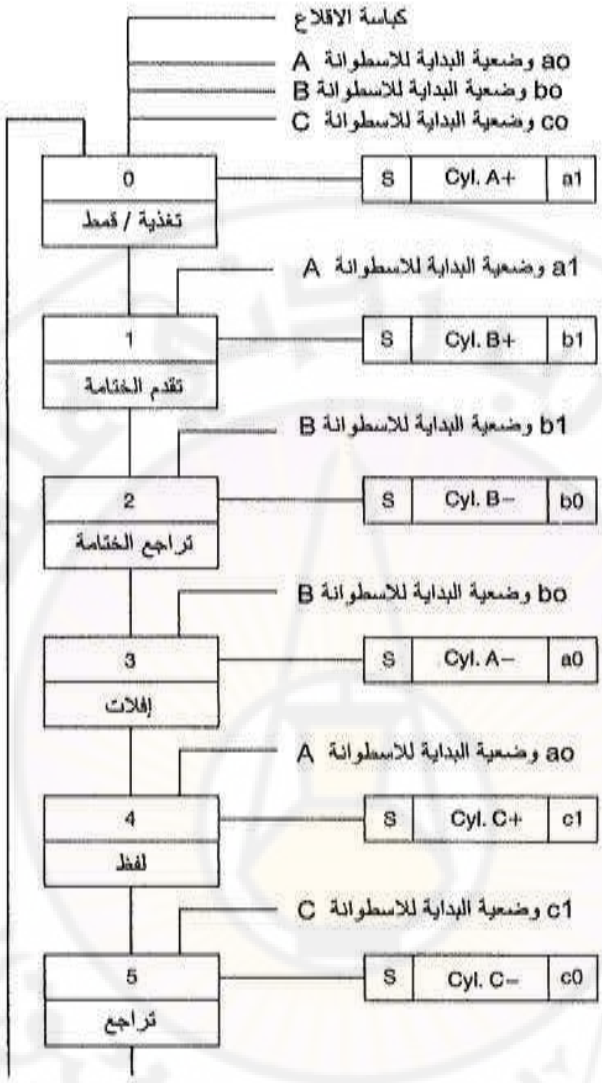
الشكل (7-29) - المخطط السلّمي لجهاز الختامة

- مخطط الوظائف:

إن نمط البرمجة وفق مخطط الوظائف موضح في الشكل (7-30).

وبالإضافة إلى لغات البرمجة الثلاث لأجهزة التحكم PLC تلك، تستخدم لغات برمجة أخرى مثل Basic ولغة Assembler في اشكال خاصة محددة لمهمات برمجة التحكم.

إن لغة Basic هي لغة برمجة شائعة الاستخدام والتي تستخدم في العديد من مراكز التدريب وتستخدم بشكل واسع. أما لغة Assembler فتستخدم مع أجهزة PLC حيث يجب أن تحل مشكلات صعبة للتحكم بالزمن - والمسائل الحدية للتحكم.



الشكل (7-30) مخطط الوظائف

د- لغة البرمجةGRAFCET (مخططات انتقالات خطوات المهام):

هي نمط مطور من مخطط الوظائف تم اعتماده في الدول الأوربية مؤخراً كنمط جديد لبرمجة أجهزة PLC.

1- بالمقارنة مع مخطط الوظائف نجد للوهلة الأولى أن اللغتين متقاربتين لكن

بالتدقيق ملياً في غرافسيت نجد أنها أكثر تطوراً منها وأكثر تبسيطاً، حيث تم الآن التغلب على المشاكل البنيوية لمخطط الوظائف، والعديد من وضعيات التشغيل فيها أصبحت أكثر معيارية ونظامية من ذي قبل.

2- لماذا المواصفة الجديدة؟

ما من أحد يود المضي في كتابة مواصفة جديدة لمجرد التسلية. ومايدفعه لذلك هو:

1- عدم الوضوح أو التشويش أو تداخل النصوص ضمن المواصفة الواحدة.

2- نقص، أو عدم نظامية محتوى المواصفة.

3- عولمة مضمون فعالية المواصفة.

مع التغير من المواصفة DIN 40719، الجزء 6،"مخططات تتابع الخطوات"، إلى المواصفة DIN EN 60848، "GRAFCET"، يظهر شيء واحد بشكل فوري – كنتيجة لهذا التصميم: مجال تغطية فعالية المواصفات. فمخطط الخطوات كان مواصفة ألمانية، لكن GRAFCET تغطي كل أوروبا. ومنشؤها الأوربي يمكن معرفته من الاسم كذلك. فكلمة GRAFCET هي مختصرات للمصطلحات الفرنسية:

GRAphe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tape **T**ransition.

وتترجم إلى الإنكليزية بما معناه:

Step Transition Function Charts.

وبالعربية تعني: مخططات انتقالات خطوات المهام.

عند مقارنة المواصفات القديمة مع الجديدة يصبح هذا مفهوماً، مثلاً هي فقط عدة أسهم تستخدم بدلاً من كمية كبيرة من الأحرف للأوامر. وبالتالي تم تقليل كمية كبيرة من الحروف لشرح مهمة محددة. وهذا هو الحال أيضاً للحروف المستخدمة لتحديد ردود الأفعال مع كل الرموز الخاصة بها. والرمز العام "أمر التخزين" يوصف الآن بدقة بمهمة بسيطة، وبخطوة قريبة بشكل كاف لبرنامج PLC. وبهذا يتضح كم هو مقدار التبسيط المحقق.

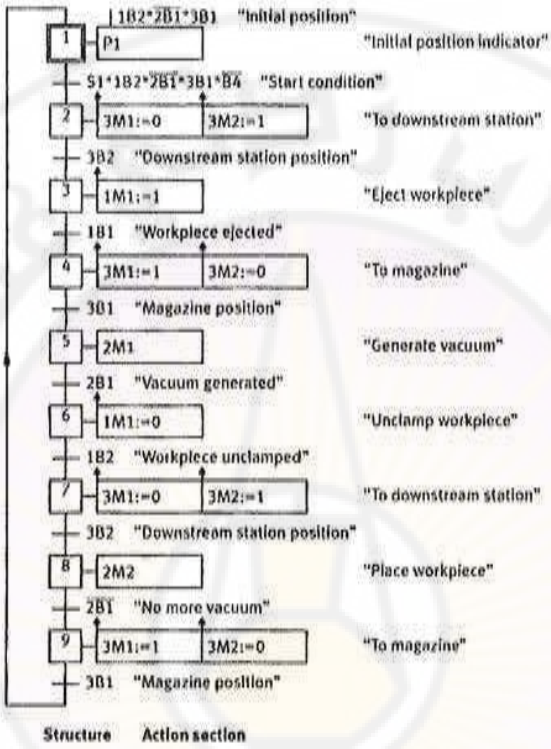
المستويات الهرمية اللازمة للتحديد الدقيق ذيبنية المهام الدقيقة. وكذلك لوضعيات التشغيل كافة وحتى الوصول إلى توقف الطوارىء، حيث سنرى لاحقاً بوضوح في المواصفة DIN 40719 ، الجزء 6. ولكن هذه موجودة أيضاً في GRAFCET. وهذا ليس نتيجة لتضارب الآراء لمؤلفي المواصفات القياسية، ولكنها تطوير فرعي جديد في حقل تقنية الأتمتة. وكما استعرضنا في التطبيقات العملية، كلما تطورت الآلة، كلما ازدادت تعليمات تشغيلها وهرميتها. وبالتالي يتم سد الثغرات في عملية التوصيف القياسي.

3-بنية GRAFCET:

بشكل أساسي، إن GRAFCET تصف مجالين لعملية التحكم وفقاً لقواعد ثابتة:

- الأعمال التي يجب أن تنفذ (الأوامر).
- التسلسل الذي ستنفذ وفقاً له.

GRAFCET – والتي نرمز لها أيضاً بمخطط GRAFCET – تقسم لهذا السبب إلى جزأين. بنية تتابع التنفيذ زمنياً، والعملية تقسم إلى خطوات تنفيذية.



GRAFCET للعملية التي تقسم المشغولات والتغذية إلى خطوات انتاج.
المخطط لايحدد بدقة تفصيلية أي من الأعمال يجب أن تنفذ. وهذا متضمن في قسم التأثير. في المثال الموضح أعلاه، هذه عبارة عن صناديق تقع على يمين الخطوات، وكذلك الشروط التنفيذية تقع مابين الخطوات.

المبدأ الأساسي لGRAFCET:

1- الفترات مقسمة إلى خطوات متناوبة: * خطوة
*وشروط

2- خطوة واحدة فقط فعالة في أي لحظة تنفيذ.
3- يمكن ربط أي عدد من الأوامر إلى الخطوات.

4- يمكن ربط الخطوات بأقواس ودمجها مع بعضها لاحقاً كما يلي:
- تقسيم لأقواس بديلة.
- الربط مع أقواس فرعية.
وهنا يجب ملحوظة الخطوة الأولى في هذه الحالة.

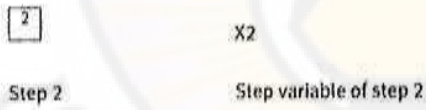
4-التعبير تخطيطياً عن العناصر:

1-4 الخطوات: تقسم المهامإلىخطوات.وكل خطوة يعبر عنها بصندوق، ويفضل الشكل المربع للصناديق. يجب أن يكتب حرف دليلي يظهر في منتصف أعلى الصندوق في مجال الكتابة. الخطوة قد تكون فعالة – إذا كانت تنفذ حالياً. أو غير فعالة.



أمثلة على الخطوات

حالة الخطوة يمكن التعبير عنها وإظهارها بواسطة متحول الخطوة. متحول الخطوة هو متحول بولياني وله القيمة 1 (الخطوة فعالة) أو 0 (الخطوة غير فعالة).



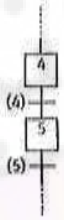
أمثلة عن الخطوة وعلم الخطوة

1-1-4 الخطوة الابتدائية: كل فترة من الخطوات لها خطوة ابتدائية. تميز الخطوة الابتدائية وضعية الإقلاع للمتحكم. التحكم يتبع فوراً تشغيل المتحكم ضمن خطوته الابتدائية. الخطوة الابتدائية يمكن تمييزها من خلال إطارها المزدوج. الخطوة 1 موضحة كخطوة ابتدائية في المثال.

مثال عن خطوة ابتدائية

2-4 الانتقالات وشروط الانتقالات: الانتقال هو الوصلة من خطوة إلى الخطوة التي تليها. يعبر عن الانتقال بخط متعامد مع الوصلة مابين خطوتين.

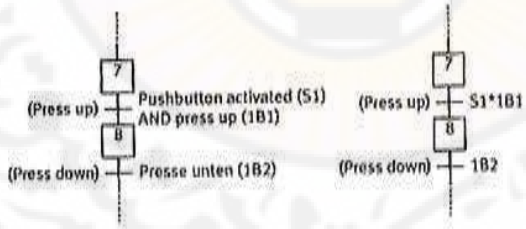
استثناء: في حالة الرجوع، يمكن أن يكون الانتقال أيضاً متوضعاً على خط تنفيذ أفقيإذا كان ذلك ضرورياً للتوضيح.



مثال على بنية فترة تتألف من خطوات وانتقالات

يمكن الترميز للانتقال على نقطة الانتقال. ولكي نتجنب التشويش، فإنه يجب أن يتوضع الرمز على يسار النقطة ويحاط بقوسين دائريين.

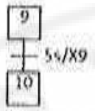
ولكل انتقال يوجد شرط انتقال. شرط الانتقال هو رمز منطقي والذي قد يأخذ القيمة 1 (حقيقي) أو 0 (كاذب). إذا تم تنفيذ الانتقال، نضمن الانتقال إلى الخطوة التالية. ويظهر شرط الانتقال على يمين الانتقال.



أمثلة على شروط الانتقال

ملحوظة: تستخدم النجمة (*) في شروط الانتقال للتعبير عن وظيفة AND، وإشارة (+) للتعبير عن وظيفة OR. وظيفة النفي يعبر عنها بخط مستقيم صغير فوق الرمز المعبر عن اسم المتحول.

إذا كان يجب استمرار العملية مع الخطوة التالية بعد مرور زمن محدد، يستخدم شرط الانتقال المتعلق بالزمن للتعبير عن ذلك. شرط الانتقال يتضمن مدة وحالة الوظيفة الفعالة، والذين نفصل بينهما بواسطة خط مائل.



مثال عن تنفيذ خطوة لمدة محددة من الزمن.

في المثال المذكور هنا، X9 هو متحول الخطوة للخطوة 9، وهو يعبر عن الحالة البوليانية للخطوة 9.

شرط الانتقال هو 5 ثواني حقيقية بعد تفعيل الخطوة 9، والتي اعتماداً عليها تفعل الخطوة 10 ويلغى تفعيل الخطوة 9. شرط الانتقال يصبح كاذباً فور إنهاء تنفيذ الخطوة. زمن التفعيل للخطوة 9 هو بالتالي 5 ثواني.

قاعدة هامة:

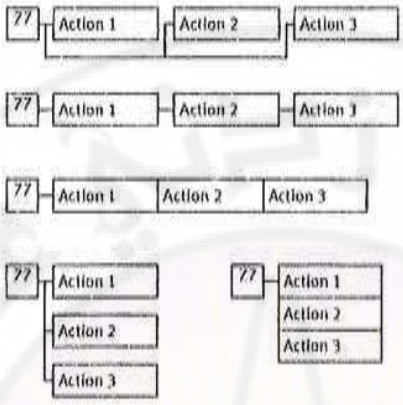
الخطوات والانتقالات يجب أن تتتالى دوماً لكي يتم كتابة بنية مخطط التتابع الخالي من الأخطاء.

3-4 التنفيذ: يمكن تخصيص أمر تنفيذي واحد أو أكثر لكل خطوة. وهي تنفذ حينما تكون الخطوة فعالة.

التنفيذ يعبر عنه بمستطيل ذي علاقة محددة يتناسب حجمه معها. المواصفة القياسية تنصح باستخدام نفس ارتفاع المربع نفسه لكل من التنفيذ ورموز الخطوة.

التنفيذ قد يعبر عنه بعدة أشكال. سلوك التنفيذ لأمر يعبر عنه بواسطة لواحق مناسبة.

إذا تم تخصيص عدة أوامر تنفيذية لخطوة واحدة، يمكن التعبير عنها تخطيطياً بطرق مختلفة. لاحظ: الأمر الذي تظهر فيه الأوامر التنفيذية لايعبر عن زمن التنفيذ.

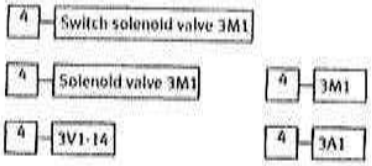


أمثلة عن التعبير عن الخطوات ذات عدة أوامر تنفيذية.

تختلف الأوامر التنفيذية بالأسلوب الذي تنفذ من خلاله. يمكن التمييز مابين نوعين من التنفيذ:

1- التنفيذ المستمر، يتم من خلال مدة زمنية محددة. ويلغى التنفيذ أوتوماتيكياً فور انتهاء زمن التنفيذ.
2- الأوامر المخزنة، تنفذ مرة فقط عند نقطة زمنية محددة. الإدخال الدقيق للنقطة من حيث الزمن هو أمر أساسي لهذه النهاية! يجب إدراج أمر إضافي ليلغي الأمر الأول.

1-3-4 التنفيذ (التأثير) المستمر: التنفيذ المستمر يعني أن القيمة 1(حقيقي مثلاً) هي المخصصة لمتحول ما طالما أن الخطوة المرافقة هي فعالة. المتحول يأخذ القيمة 0 (كاذب مثلاً) حالما تصبح الخطوة غير مفعلة.
التعبير ضمن مستطيل التفعيل ممكن بعدة طرق. النص يمكن أن يأخذ شكل أمر أو تعليمة. على كل حال، يمكن أن ندخل اسم المتحول مباشرة ايضاً.

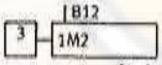


أمثلة على التنفيذ المستمر

الأوامر الموضحة أعلاه تصف السلوك نفسه:

- المحرك يفعل حالما تنفذ الخطوة 4.
- إذا كان يجب استخدام تحكم كهرهوائي، يجب إدخال رمز الملف الكهربائي (3M1).
- إذا لزم استخدام تحكم هوائي حصراً، يجب إدخال رمز الصمام الهوائي من خلال رقم منفذ التحكم به ورمز الصمام (3V1-14).
- إذا كان التخطيط يجب أن ينفذ دون الإشارة إلى أي تقنية محددة، يمكن إدخال رمز المحرك أيضاً (3A1).

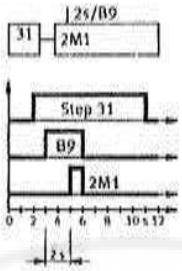
4-3-2التنفيذ المستمر مع شرط تحديد: المتحول الموصوف في الأمر يخصص فقط بالقيمة 1 (حقيقي) طالما كانت الخطوة المرافقة فعالة وشرط التحديد محقق. إذا لم يتحقق شرط التحديد، فإن المتحول يخصص بالقيمة 0 (كاذب).



مثال عن التنفيذ المستمر مع شرط تحديد

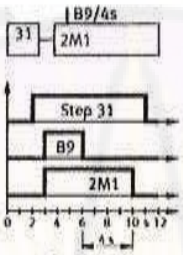
لمثالنا، هذا يعني: إذا كانت الخطوة 3 فعالة وشرط التحديد B12 محقق فإن القيمة 1 تخصص للمتحول 1M2. في الأحوال الأخرى كلها، المتحول 1M2 يأخذ القيمة 0.

4-3-3 التنفيذ المستمر مع شرط تخصيص بتابعية الزمن: الزمن الذي يظهر على يسار المتحول يبدأ بارتفاع حافة المتحول. التأثير ينفذ بعد مرور الزمن المحدد. ويتوافق السلوك مع وظيفة تأخير الإقلاع.



مثال عن التأثير المستمر مع شرط تخصيص بتابعية الزمن

الزمن الذي يظهر على اليمين يبدأ من لحظة نزول حافة المتحول، ويمدد استمرارية التأثير. وكما هو واضح فإن الخطوة تبقى فعالة. السلوك يوافق وظيفة تأخير التوقف.

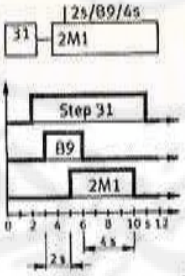


مثال عن التأثير المستمر مع شرط تخصيص بتابعية الزمن

ملحوظة: إن مخططات التوقيت الموضحة هنا ليست جزءاً من نظام تحكم GRAFCET. وهي هنا فقط للتوضيح أكثر عن الأوامر وشرحها.

الزمن الذي يظهر هنا على اليسار يبدأ برفع حافة المتحول المحدد. الزمن الذي يظهر على اليمين يبدأ بسقوط حافة المتحول، ويمدد استمرارية التأثير. وكما رأينا فالخطوة يجب أن تبقى فعالة.

السلوك الموافق لوظيفة تأخير الإقلاع مع وظيفة إضافية لتأخير التوقف.



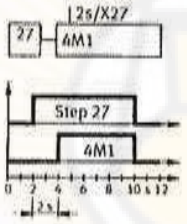
مثال عن التنفيذ الفعال مع شروط تحديد متعلقة بالزمن

وينطبق على هذا المثال مايلي:

- إذا كانت الخطوة 31 فعالة وإذا كانت قيمة شرط التحديد B9 قد تغيرت من 0 إلى 1، فإنه قد بدأ زمن التأخير لمدة 2 ثانية.
- بعد مرور 2 ثانية، فإنه تخصص القيمة 1 للمتحول 2M1.
- إذا كانت قيمة شرط التحديد B9 قد تبدلت من 1 إلى 0، فإن المتحول 2M1 يحمل القيمة 1 لمدة 4 ثواني.

ملحوظة: إن مخططات التوقيت الموضحة هنا ليست جزءاً من نظام تحكم GRAFCET. وهي مدرجة هنا فقط لغرض التوضيح أكثر وتوضح شروط التحديد بتابعية الزمن.

4-3-4 التأثير المستمر المؤخر: إذا كان يجب تنفيذ أمر يجب أن يتم بنمط التأخير الزمني، فإنه يمكن تخصيص شرط أمر مستمر التأثير مع مواصفات زمنية. الزمن، وذلك كتحول الخطوة للخطوة الفعالة، تحدد كشروط تخصيص. إن شرط التخصيص لاينفذ حتى يمر زمن محدد والمتحول المحدد في التأثير يأخذ القيمة 1.

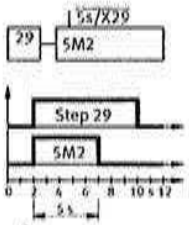


مثال عن تأخير أمر مستمر مع مخطط زمني.

ويطبق على المثال مايلي: إذا كانت الخطوة 27 فعالة (في حالة متحول الحالة للخطوة X27 له القيمة 1)، فإن التأثير ينفذ بعد مرور زمن 2 ثانية: القيمة 1مخصصة للمتحول 4M1. هذا التخصيص ينفذ طالما كانت الخطوة 27 فعالة.

ملحوظة: مخططات الزمن الموضحة هنا ليست جزءاً من نظام تحكم GRAFCET. وهي هنا فقط للتوضيح أكثر وشرح الوامر المؤخرة زمنياً.

5-3-4 التأثير المستمر المحدود زمنياً: تأثير محدود ينتج من نفي شرط تأخير زمن التأثير.



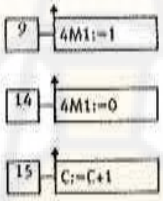
مثال على تأثير مستمر محدد زمنياً مع مخطط التوقيت.

ينطبق على المثال مايلي: إذا كانت الخطوة 29 فعالة، فإن التأثير الموضح ينفذ لمدة زمنية محددة بمقدار 5 ثواني. إذا كانت الخطوة المرافقة فعالة لمدة أقل من 5 ثواني، فإن التأثير ينفذ أيضاً لمدة زمنية أقصر بما يوافق ذلك.

ملحوظة: إن مخططات التوقيت الموضحة هنا ليست جزءاً من نظام تحكم GRAFCET. وهي هنا فقط للتوضيح والشرح الأفضل للتأثير المحدد زمنياً.

6-3-4 التأثير المخزن حتى تفعيل الخطوة: حتى هذه اللحظة فإن الخطوة المرافقة مفعلة، القيمة المحددة في الأمر مخصصة للمتحول. قيمة المتحول تخزن في الذاكرة حتى يكتب فوقها من قبل أمر آخر.

بما أن القيمة مخصصة عندما تفعل الخطوة، مثلاً عند ارتفاع حافة الإشارة لمتحول الخطوة،فإن الأمر يحدد بواسطة سهم متجه للأعلى.



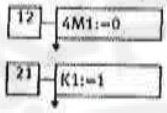
أمثلة على الأوامر المخزنة حتى تفعيل الخطوة.

للأمثلة الموضحة هنا، هذا يعني أن:

- حالما تصبح الخطوة 9 فعالة،فإن القيمة 1 تخصص لوشيعة الملف 4M1. وعندما لاتعد الخطوة 9 فعالة، فإن المتحول 4M1 يحافظ على القيمة 1 حتى محي هذه القيمة من كتابة أمر آخر.
- عندما تصبح الخطوة 14 فعالة، فإن القيمة 0 تخصص لوشيعة الملف 4M1. المتحول 4M1 يحافظ على القيمة 0 حتى تمحى قيمة المتحول من كتابة خطوة أخرى.

- عندما تصبح الخطوة 15 فعالة، فإن قيمة المتحول C تزداد مرة واحدة بالمقدار الدقيق 1.

7-3-4 التأثير المخزن حتى إلغاء تفعيل الخطوة: عند اللحظة التي يلغى فيها تفعيل الخطوة، فإن القيمة المخصصة في الأمر تخصص للمتحول. قيمة المتحول تخزن في الذاكرة حتى تمحى من قبل أمر آخر.
بسبب حقيقة أن القيمة مخصصة عند إلغاء تفعيل الخطوة، مثلاً عندما يحدث سقوط حافة الإشارة لمتحول الخطوة، التأثير يحدد بواسطة سهم متجه للأسفل.



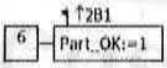
مثال على أمر مخزن حتى إلغاء تفعيل الخطوة.

للمثال الموضح هنا هذا يعني أن:

- عندما تصبح الخطوة 12 فعالة، لايحدث أي شيء.
- عندما تصبح الخطوة 12 غير فعالة، فإن القيمة 0 تخصص للمتحول 4M1. المتحول يحافظ على هذه القيمة حتى يمحى المتحول 4M1 في أمر آخر.
- عندما تصبح الخطوة 21 فعالة، لايحدث اي شيء.
- عندما تصبح الخطوة 21 غير فعالة، تعطى القيمة 1 للمتحول K1. المتحول يحافظ على هذه القيمة حتى يمحى المتحول K1 في أمر آخر.

ملحوظة هامة: فيما يتعلق بتطبيق GRAFCET: الأمر المخزن حتى إلغاء تفعيل الخطوة يمكن أن يوظف فقط من خلال PLC أو PC.

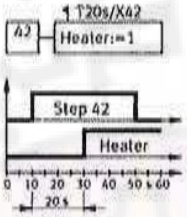
8-3-4 أمر مخزن حتى حدوث حدث محدد: القيمة المحددة مخصصة فقط للمتحول الموصوف في الأمر إذا كانت الخطوة مفعلة، وإذا حدث ارتفاع حافة عند لحظة التعبير عن الحدث.
الرمز، الذي يبدو كالعلم، هو سهم يتجه إلى الجانب. وهي ترمز إلى أن التأثير لن ينفذ من الذاكرة حتى حدوث حدث محدد. السهم المتجه للأعلى يوضح أن الأمر سوف ينفذ في حالة رفع شارة جانبية للحدث.



مثال على أمر مخزن حتى حدوث حدث محدد.

للمثال الموضح هنا، هذا يعني أن: إذا كانت الخطوة 6 فعالة، وإذا كانت قيمة المتحول 2B1 قد تغيرت من 0 إلى 1، فإن الأمر المعروض قد نفذ: متحول الجزء _OK قد خصص بالقيمة 1. المتحول يحافظ على قيمته حتى يمحى من قبل أمر آخر.
يمكن أن ينفذ أمر أيضاً فور كون المتحول ذو قيمة كاذبة. سقوط حافة الحدث أو حالة التخصيص المعروضة بسهم متجه نحو الأسفل.

9-3-4 الأمر المؤخر المخزن: إذا كان الزمن محدداً كحدث يقوم بتفعيل عملية تخزين، ينتج لدينا أمر مؤخر مخزن. السهم المتجه للأعلى على المتحول يصف حافة الصعود، مثال، نهاية فترة زمنية محددة



مثال على أمر مؤخر مخزن حتى حدوث حدث محدد.

للمثال الموضح هنا، هذا يعني أن: إذا كانت الخطوة 42 فعالة، فإن الأمر المعبر عنها ينفذ بعد مرور 20 ثانية: القيمة 1 تخصص لمتحول السخان. المتحول يحافظ على قيمته حتى يمحى من قبل أمر آخر.
ملحوظة: مخططات التوقيت الموضحة هنا ليست جزءاً من نظام تحكم GRAFCET. وهي هنا فقط للتوضيح وشرح الأمر المؤخر.

5. التمثيل التخطيطي لبنيات تتابع الخطوات

يمكن توليد ثلاثة أشكال رئيسية لبنيات تتابع الخطوات عن طريق الدمج بين الخطوات والانتقالات.

- التتابع المنتظم (التتابع الخطي).
- تفريعة التتابع (تفريعات بديلة).
- تقسيم التتابع (التفريعات المتوازية).

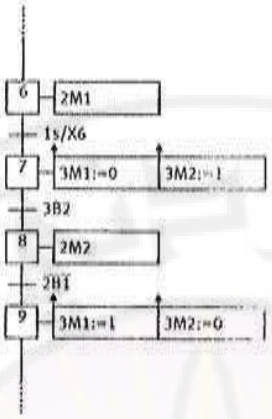
الخطوات والانتقالات يجب أن تتابع دوماً بالتناوب، بغض النظر عن نوع بنية التتابع المستخدمة. بنيات التتابع تعالج من الأعلى إلى الأسفل.

5-1 التتابع المنتظم:

إن التتابع المنتظم هو سلسلة من الخطوات والتي فيها:

- كل خطوة لها انتقال واحد فقط فرعي، ماعدا آخر خطوة.

- كل خطوة لها انتقال تسلسلي واحد فقط، والذي يمكن بواسطة خطوة وحيدة ضمن تسلسل الخطوات النظامي، ماعدا أول خطوة.



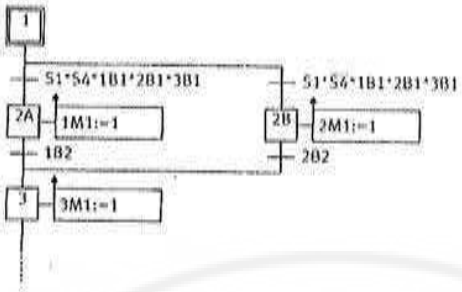
مثال على التتابع الخطي.

ملحوظة: التتابعات الفرعية بعد التفريعة قد تمتلك أزمنة امتداد مختلفة. التتابع الفرعي يمكن أن يقلل إلى انتقال وحيد فقط (بالقفز فوق الخطوات). ولهذا السبب، فإن تفريعة بديلة تبدأ دوماً وتنتهي بانتقال.

الخطوات يمكن أن ترقم كما نريد.

2-5 التفريعة البديلة:

في حالة التفريعة البديلة، يمكن أن يتبع الخطوة انتقالين أو أكثر. التتابع الفرعي الذي يكون شرط انتقاله ينفذ أولاً يفعل ويعالج أولاً. وبسبب حقيقة أنه يجب اختيار التتابع الفرعي بدقة في حالة التفريعة البديلة، فإن شروط الانتقالات المختلفة يجب أن تنفذ بشكل حصري ومحدد.

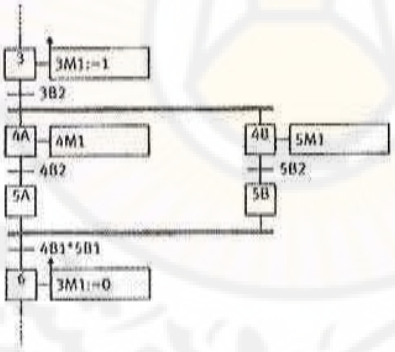


مثال على التفريعة البديلة.

التتابعات الفرعية بعد التفريعة يمكن أن تتمتع بمدد مختلفة. التتابع الفرعي يمكن أن يقلل إلى انتقال واحد (القفز فوق الخطوات). لهذا السبب، يمكن أن يبدأ فرع بديل وينتهي بانتقال.

الخطوات يمكن أن ترقم كما يلزم.

3-5 التفريع الموازي: في حالة التفريع الموازي، تكون حالة تنفيذ انتقال وحيد تقود إلى تفعيل عدة فترات (خطوات) فرعية. الخطوات الفرعية تبدأ فوراً، لكنها تعالج بشكل مستقل الواحدة عن الأخرى.



مثال عن التفريع الموازي.

الخطوات الفرعية تدمج ثانية إلى الخطوة الأولية بأسلوب متزامن. وهنا يمكن ألايتم الانتقال إلى الخطوة التالية الواردة بعد خطين متوازيين (الخطوة 6 في

المثال السابق) حتى يتم معالجة كافة الخطوات المندرجة ضمن الخطين المتوازيين بالكامل. ويجب تحقيق شرط انتقال عام إلى هذه النهاية.

الخطوات يمكن أن ترقم كما يلزم.

4-5 العودة والقفزات: تعالج الخطوات عادة بشكل دوري، وهذا يولد حلقة. يجب أن نرسم خط من النهاية إلى البداية في الأعلى للتعبير عن بنية الحلقة. بسبب حقيقة أن هذا الاتجاه معاكس لاتجاه تنفيذ الخطوات العادي، مثلاً من الأعلى إلى الأسفل، فيجب رسم سهم عليه.



مثال على العودة في بنية الخطوة.

إذا لزم أن نقاطع وصلة تشغيل في GRAFCET حيث تكون GRAFCET شديدة التعقيد أو أنها تمتد لعدة صفحات، فإن التعبير عن الخطوة الهدف ورقم الصفحة التي ستظهر عليها يجب أن نكتبها عند نقطة القطع.

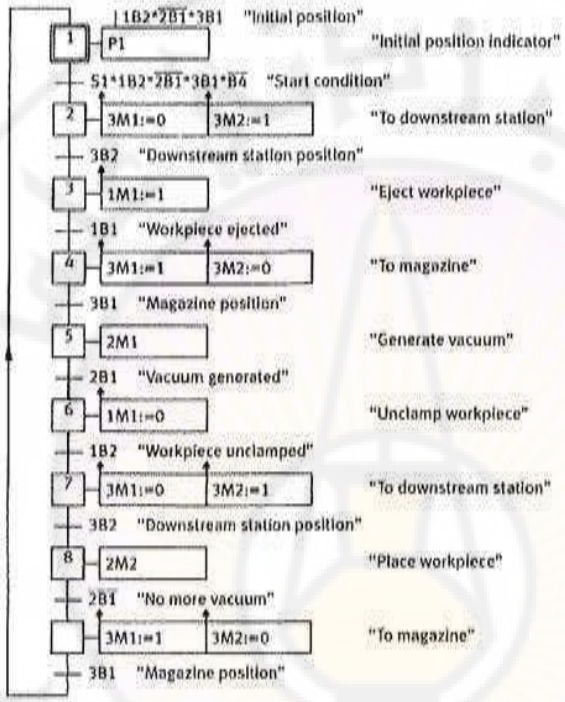


مثال على نقطة القطع في بنية الخطوات.

ولايلزم تصميم خاص للخطوة 10 على الصفحة 2. على كل حال، ينصح بادراج تنبيه على شكل ملحوظة.

5-5 الملحوظات: الشروحات التي تجعل من GRAFCET أسهل للفهم يمكن أن ندخلها حيثما لزم الأمر. وتظهر الملحوظات مكتوبة بين قوسين صغيرين.

مثال: إن خطوات عمل محطة التوزيع المكتوبة في برنامج محطة فيستو التعليمية MPS® (نظام الانتاج القياسي) يمكن أن توصف مع العناصر الأساسية لـGRAFCET.



GRAFCET لمحطة التوزيع (نظام الانتاج القياسي)MPS®

كما يظهر من الانتقال مابين الخطوات 1 و 2، المتحول يمكن أن يستخدم أيضاً كشرط انتقال. على كل حال، يجب أن نضمن أن المتحول هو التيار. قارن هذا الانتقال مع الانتقال الموجود في المثال الموجود في المثال في الفقرة 3 مابين الخطوتين 1و2.

6. هيكلة GRAFCET:

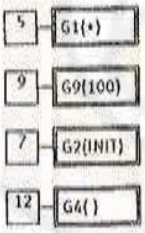
المواصفة أخذت عناصر جديدة في الاعتبار لوصف نظم التحكم، والتي تتضمن أيضاً المدخل إلى مستويات الهرمية. مستويات الهرمية تلزم للتحديد الدقيق للعناصر الدقيقة لسلوك التحكم، ولوضعيات التشغيل ولوظيفة توقف الطوارىء الموجودة في أنظمة التحكم المعقدة.

إذا استخدمت مستويات هرمية مختلفة، فإنGRAFCET تجزأ إلى عدة أجزاء والتي تدعى الغرافسيتات الفرعية. كل GRAFCET فرعي يخصص باسم يسبق بحرف G.

عناصر البناء الأساسية تتضمن:

- تعليمات الأمر
- خطوات الاحتواء
- الخطوات الماكروية

1-6 تعليمات الأمر: إن GRAFCET الرئيسي يقود GRAFCET الفرعي بما نسميه تعليمات الأوامر. تعليمة الأمر تربط مع خطوة ويعبر عنها بمربع مزدوج خطوط الإطار. الخطوات المقادة بتعليمات أمر تظهر ضمن أقواس متوسطة.



أمثلة على تعليمات الأوامر.

التطبيقات النموذجية تتضمن:

- توقف الطوارىء.
- اختيار وضعية التشغيل.

يوجد أربعة أنواع من تعليمات الأمر. وهذه التعليمات موصوفة بمساعدة أمثلة:

- تعليمة أمر لGRAFCET فرعي لحالة تيارها (أمر تجميد): عندما تصبح الخطوة 5 فعالة، GRAFCET الفرعي G1 يجمد إلى حالته اللحظية لمدة تبقى طالما بقيت الخطوة 5 فعالة.
- تعليمة أمر لGRAFCET فرعي لحالة توضيح: عندما تصبح الخطوة 9 فعالة، الخطوة 100 تفعّل في الGRAFCET الفرعي G9، والخطوات الأخرى كافة في G9 يلغى تفعيلها. في بنية ذات تفريعة موازية، يمكن إلزام عدة خطوات أيضاً بتعليمات أمر. والتنويه المستخدم في هذه الحالة هنا هو كالتالي: G9{100,200,300}. إذا فعلت الGRAFCET الفرعية بهذا الأمر، فإنها لاتستلزم خطوة ابتدائية.
- تعليمة أمر لGRAFCET فرعية إلى وضعيتها الابتدائية: عندما تصبح الخطوة 7 فعالة، فإن الGRAFCET الفرعي G2 يقلع. فقط الخطوة التي تعرف كخطوة ابتدائية هي التي تفعّل. وكل الخطوات الأخرى في G2 يلغى تفعيلها.
- تعليمة أمر لGRAFCET فرعي إلى الحالة الفارغة: عندما تصبح الخطوة 12 مفعّلة، فإنGRAFCET الفرعية G4 تحدد على حالة الفراغ ولاتفعّل أي خطوة. وهذا يعني أن الخطوات كافة في G4 هي غير مفعّلة.

مثال تطبيقي على تعليمات الأمر:

تستخدم GRAFCET لوصف أداء التحكم بمحطة التوزيع MPS® والتي قسمت إلى ثلاث GRAFCET فرعية:

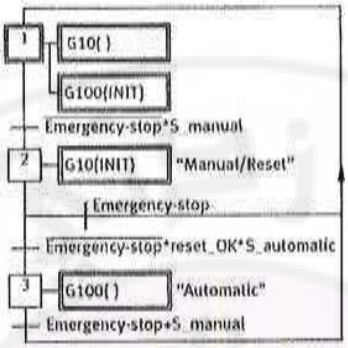
G1: GRAFCET فرعية لتعليمات التشغيل (المستوى الهرمي الأعلى).

G10: GRAFCET فرعي للتشغيل الأوتوماتيكي (أدنى مستوى هرمي).

G100: GRAFCET فرعي لوضعية ضبط/يدوي (أدنى مستوى هرمي).

تعليمات الأمر موجودة فقط في المستوى الهرمي الأعلى.

المستوى الهرمي الأدنى يتضمن G10 (GRAFCET فرعي للتشغيل الأوتوماتيكي) و G100 (GRAFCET فرعي لوضعية ضبط/يدوي).
ملحوظة: الاصطلاحات G1, G10,G100 تم اختيارها اعتباطياً. فقط الحرف G هو إلزامي.



G1: Sub-GRAFCET for operating modes (upper hierarchical level)

GRAFCET فرعي رئيسي لمحطة التوزيع MPS®

الGRAFCET الثلاثة تقلع بنفس الوقت.
تقلع G1 كافة الغرافسيتات الأخرى اثناء خطوة الابتداء 1، حيث تنفذ تعليمتا أمر:

- G10، وضعية الأوتوماتيك، هي غير مفعلة تحت تأثير تعليمة أمر طالما كانت G1 في الخطوة 1.
- G100، أمر الضبط، يقاد إلى خطوته الابتدائية بقوة تعليمة أمر. وتنفذ G100 خطوتها الابتدائية حتى يتم تفعيل الخطوة 1 في G1.

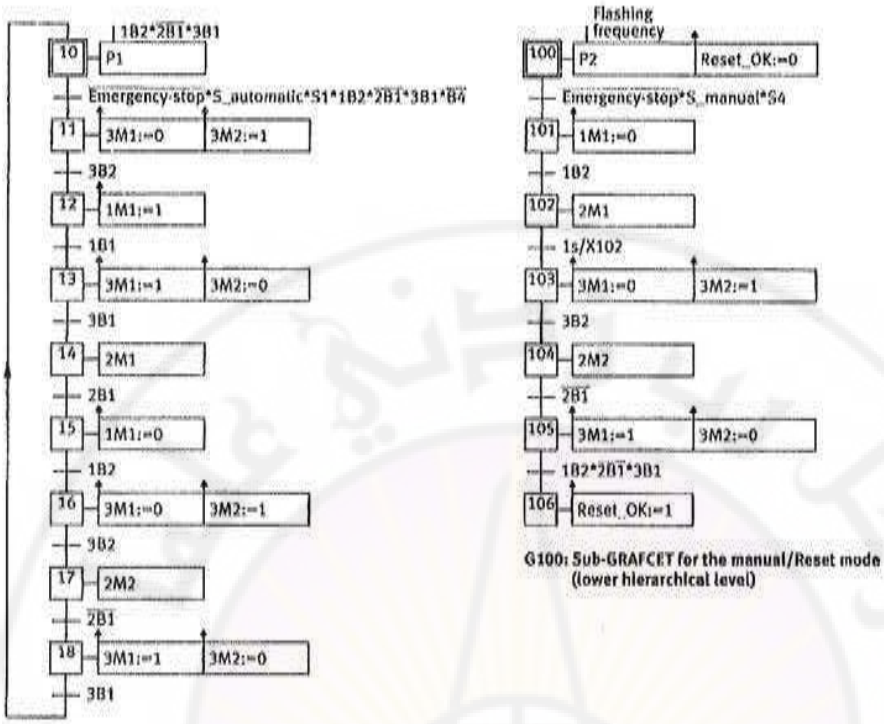
بعد تحرير أمر توقف الطوارىء واختيار وضعية التشغيل اليدوي، فإنG1 تتابع إلى الخطوة 2، والتي منها تعطي تعليمة أمر:

- G10، التنفيذ الأوتوماتيكي، يؤمر إلى خطوته الابتدائية. ويبقى هناك طالما بقيت الخطوة 2 مفعّلة في G1.
- لايوجد بعد ذلك أية تعليمات أمر للGRAFCET الفرعي G100 في الخطوة 2 من G1. وبعدها فإنG100 لم يعد لها ارتباط بتعليمات الأمر. ولذلك

فالتتابع العادي ل G100 يتم تمكينه. والمحطة يمكن أن يتم ضبطها.

إذا تم التعبير عن التنفيذ الناجح لأوامر الضبط بمتحول الضبط OK، وإذا كان في الوقت نفسه لم يتم تفعيل أمر توقف الطوارىء وتم اختيار وضعية التشغيل الأوتوماتيكي، فإنG1 تتابع التقدم نحو الخطوة 3.
يفعّل الأمر في الخطوة 2، وتعود G1 إلى خطوتها الابتدائية، مثلاً الخطوة 1.
تعليمة أمر تم إدراجها أيضاً في الخطوة 3 من G1:

- G100، هي أمر الضبط، تم إلغاء تفعيله بقوة تعليمة أمر. وهنا لن تنفذ أي من الخطوات المذكورة في G100. وتبقى G100غير مفعّلة طالما بقيت الخطوة غير مفعّلة طالما بقيت الخطوة 3 فعالة.
- لاتوجد تعليمات أمر أخرى للGRAFCET الفرعي G10 يلي ذلك مرتبطة بتعليمة أمر. والتتابع العادي ل G10 يتم تمكينه.



الـ GRAFCET الفرعي لمحطة التوزيع MPS®.

2-6 خطوات الاحتواء: تعطي خطوات الاحتواء خيارات إضافية لتشكيل بنية الغرافسيتات. إن خطوات الاحتواء يعبر عنها بمثمّن (مثمّن الزوايا والأضلاع).



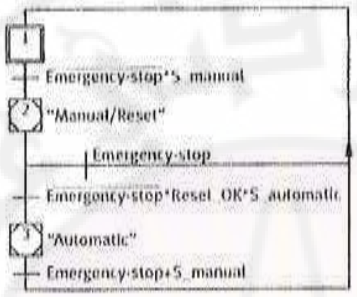
مثال عن خطوة احتواء.

الرمز يوضح أن الخطوة 12 تحتوي على خطوات إضافية.

خطوة الاحتواء أدخلت إلى GRAFCET كخطوة عادية طبيعية. وتظهر خطوات الاحتواء في GRAFCET فرعية وتزود بإطارات. رقم الخطوة لخطوة الاحتواء يدرج في الحافة العليا لاطار GRAFCET الفرعي، ومعنى

الخطوة على الطرف السفلي. الخطوة التي تفعّل مع خطوة الاحتواء، يشار إليها بعلامة نجمة. الخطوات المعنية تنفذ فقط عندما تكون خطوات الاحتواء المتعلقة بها فعالة.

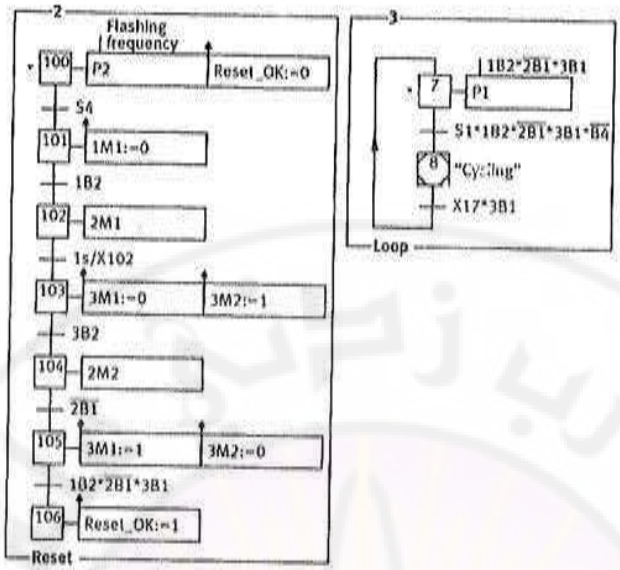
GRAFCET لمحطة التوزيع MPS® مع الخطوات المتعلقة بها موضحة في الشكل التالي:



GRAFCET رئيسي مع خطوات الاحتواء لمحطة التوزيع MPS®.

- الخطوات المحتواة في الخطوة 2 يعبر عنها في الاطار 2 (إلغاء).
- الخطوات المحتواة في الخطوة 3 يعبر عنها في الاطار 3 (حلقة).

Damascus University

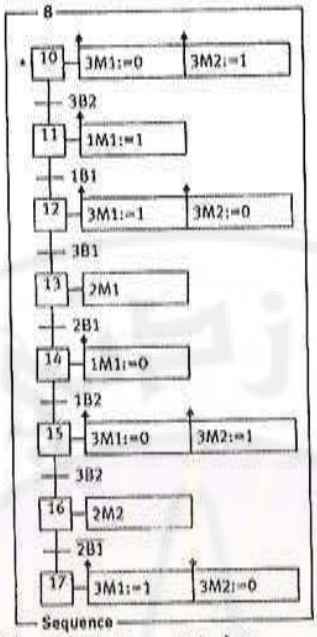


GRAFCET فرعي مع خطوات محتواة لمحطة التوزيع MPS®.

GRAFCET الفرعية 3، "حلقة" تتضمن أيضاً خطوة إحتواء (الخطوة 8).

- الخطوات المحتواة في الخطوة 8 يعبر عنها في الاطار 8 (التتابع).

الخطوة 8 يمكن أن تفعل بالخط X17 في الانتقال بعد الخطوة 8، إذا كانت الخطوات المحتواة في الخطوة 8 قد تمت معالجتها. لذلك فإن أوامر الخطوة 8 قد تشبه خطوة ماكروية، ويمكن أيضاً التعبير عنها كما سبق.



GRAFCET فرعي مع خطوات محتواة لمحطة التوزيع MPS®.

3-6 الخطوات الماكروية:

الخطوات الماكروية تناسب خصوصاً للبناء الدقيق لنظام تحكم. إن بنية فرعية واحدة من GRAFCET يمكن أن تلخص بخطوة ماكروية. وهذا مايجعل من GRAFCET ذات مقاطع أكثر وضوحاً. الخطوات الماكروية لاتولد هرميات مختلفة الأشكال.

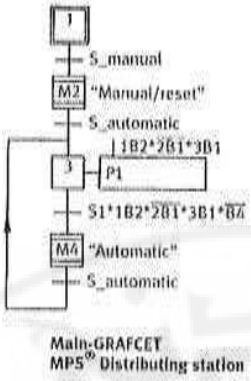
تميز الخطوات الماكروية بواسطة خط أفقي مزدوج على رمز الخطوة.ورمز الخطوة الماكروية يبدأ بالحرف M (من ماكرو).



مثال عن الخطوة الماكروية.

الخطوة M4 تعبر عن GRAFCET فرعية. والخطوة الماكروية لايمكن أن تفعّل مالم يتم معالجة بنية GRAFCET التي تحتوي عليها بالكامل.

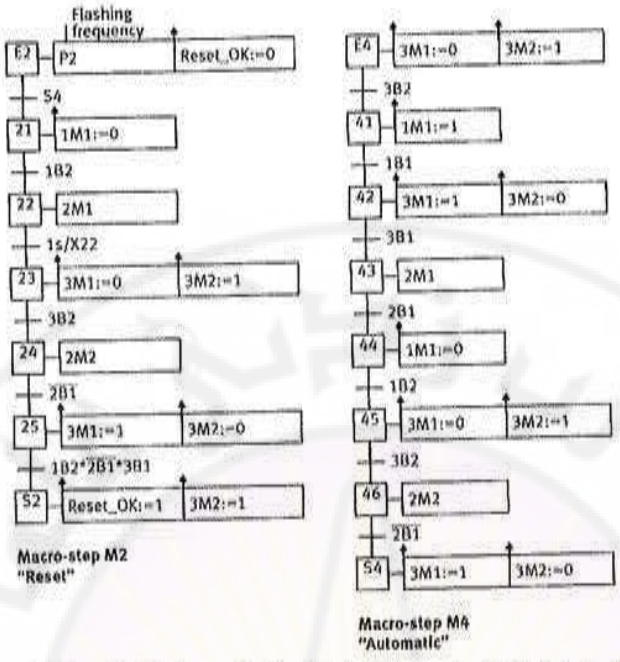
قواعد تسمية الخطوات الماكروية يمكن توضيحها من خلال مثال. المثال يتضمن GRAFCET مع خطوتين ماكرويتين، وتحديداً M2 و M4.



مثال عن GRAFCET مع خطوات ماكروية.

بالنظر إلى المثال، الخطوة الأولى لها نفس التصميم كخطوة ماكروية، لكنها تبدأ بحرف E الذي أخذناه من اللغة الفرنسية من كلمة "Entrée" (المدخل). الخطوة الأخيرة تمتلك أيضاً نفس الرمز كخطوة ماكروية، ولكنها تحتوي البداية بحرف S المشتق من كلمة بالفرنسية أيضاً هي "Sortie" (المخرج). والخطوات مابينهما يمكن تسميتها كما نريد.

إذا تم تنفيذ GRAFCET من خلال خطوات ماكروية، فالخطوة ، 3 لايمكن تفعيلها حتى تفعّل الخطوة S2 الموضحة في المخطط الانفجاري، والمتحول S_automatic (كشرط انتقال) يأخذ القيمة 1.



المخطط الانفجاري للخطوات الماكروية M2 و M4.

- أنظمة أجهزة تطوير البرنامج:

إن التطوير المنطقي وكتابة برنامج PLCممكنان باستخدام الأجهزة التالية. وهذه الأجهزة سيعتمد تنفيذها على المصنعين وعلى درجة تعقيد PLC.

- تنظيم ذاكرة PLC:

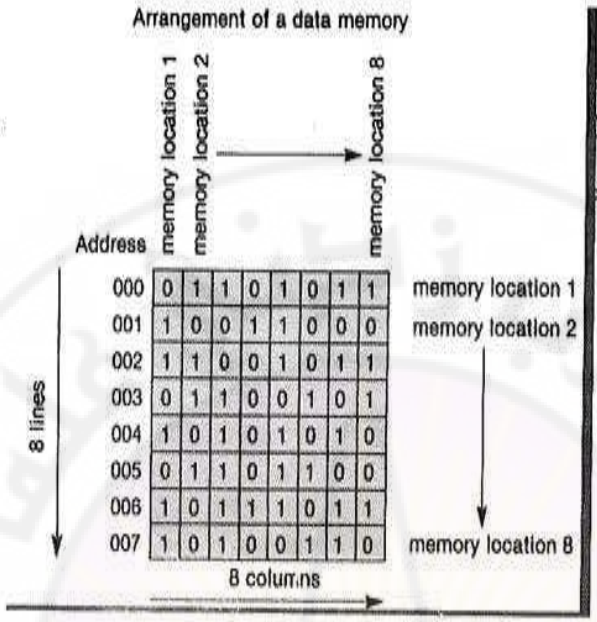
إن المعطيات الثنائية غير اللازمة في زمن ما يجب أن توضع في مخزن مؤقت لاستخدامها فيما بعد إذا لزم الأمر. وتخزن أوامر البرنامج والنتائج المحصلة في ذاكرة البرنامج (ذاكرة القراءة – الكتابة، RAM). والبرامج والمعطيات التي يجب ألا تتغير، تخزن في ذاكرة قراءة فقط (ROM).

ولتنظيم معطيات الذاكرة فإن معطيات الذاكرة تقسم إلى مجموعات ذواكر من 8 خلايا وكل منها تحتوي على 8 مناطق ذاكرة. كل منطقة ذاكرة يمكن أن تحمل أصغر كمية من المعطيات (1 bit, 0 or 1=). إن خلية الذاكرة تحمل حرفاً مؤلفاً من 8 bits، مثلاً 1 byte. ووضع خلية ذاكرة على 1 أو

موقع ذاكرة مفردة

()يشار إ

يشار إلي



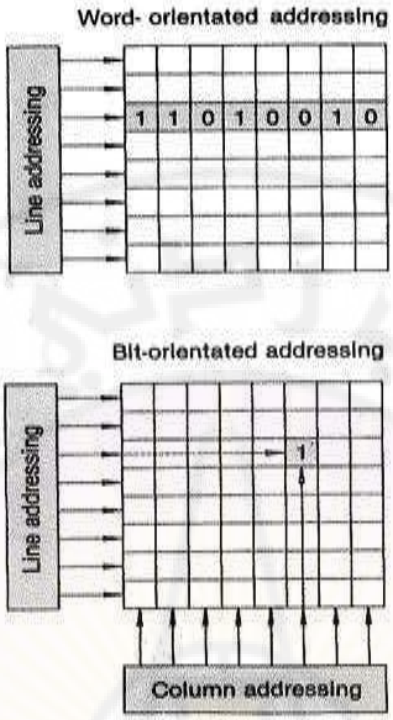
تنظيم ذاكرة PLC

عنونة الذاكرة: يتم التمييز بين نوعين من العنونة لقراءة وكتابة مواقع الذاكرة والخطوط.

العنونة وفق توضع الكلمة: يتم التعامل مع خلية الذاكرة (معطيات الكلمة = عدة خانات) العنونة تحدد خصائص السطر.

العنونة وفق توضع الخانة: للوصول إلى موقع ذاكرة مفردة. والعنونة تحدد خصائص السطر والعمود.

ملحوظة: تستخدم ذواكر RAM في PLC كذواكر عمل. ويمكن كتابتها وقراءتها بالعدد الذي نريده من المرات. بينما ذواكر ROM يمكن قراءتها فقط.



تنظيم ذاكرة PLC

وحدة البرمجة:

إن المبرمج يستخدم لإدخال فترات الأوامر أو التعليمات إلى ذاكرة البرنامج. بالإضافة إلى « إدخال البرنامج » صيغة التشغيل هذه، فإن المبرمجين يزودون بصيغ تشغيل أكثر، والتي تساعد في اختبار البرامج المساعدة. ومن النادر أن نجد أي برنامج قد تم كتابته واختباره يعمل بشكل مباشر بدون مشكلات.

في اختبار صيغة تشغيل برنامج ما، مثلاً يجب أن يمر من خلال تعليمات بوساطة تعليمات أحادية الخطوات. فإن حالات الدخل والخرج يمكن اختبارها عندئذ بعد كل تعليمة تم تنفيذها وقبل السماح بتنفيذ التعليمة التالية. إن تعليمة التشغيل المحاكي توفر إمكان اختبار البرنامج بدون تعريض المؤازرات للقدرة. وإشارات الدخل والخرج تحاكي بوساطة المبرمج. وهذا مفيد جداً للأنظمة التي يمكن أن تسبب فيها البرامج الخاطئة أضراراً للمؤازرات بسبب التصادم فيما بينهما.

إن ذاكرة البرنامج يمكن إما أن تكون متوضعة في جهاز PLC وإما خارجاً في المبرمج. في المراحل الأولى كان المبرمج مثبتاً بشكل مغلق مع جهاز PLC ومتصلاً معه بوساطة كبل توصيل. بهذه الحالة نحن نتكلم عن البرمجة « بخط واحد ». والذواكر المستخدمة هي عادة من نوع RAM والتي تكون محمية حتى في حالة انقطاع التيار بوساطة بطاريات احتياطية.

في المرحلة الثانية فإن الذاكرة تبرمج خارج جهاز PLC. وعندها تسحب من PLC وتوضع بشكل منعزل في المبرمج. عموماً تستخدم هنا ذواكر من نوع EPROM و EAROM. وهذه يمكن فصلها عن المبرمج بعد البرمجة بدون مخاطر ضياع المعطيات وتركب في جهاز PLC.

إن المبرمج يستخدم من قبل مهندس البرامج في مراحل التطوير كافة (البرمجة، التوصيل والتوثيق).لهذا فإن المبرمج لا يستخدم فقط لإدخال البرامج إلى الذاكرة ولكن أيضاً يؤدي دوراً هاماً في وظيفة الاختبار.الشكل (7-31) يوضح المبرمج ذا التصميم الأحدث.



الشكل (7-31) - جهاز البرمجة في PLC

- الطابعات وأجهزة تخزين المعطيات:

لا تقل أهمية ما سبق عما نجده في البرنامج القابل للتشغيل، ألا وهو توثيق البرنامج،دونهفإن إمكان الحفاظ على البرنامج وكفاءة إيجاد الأخطاء وتلافيها ستكونان مستحيلتين دونه. إن الخبرة تظهر أنه في عالم PLC يكون غالباً من الضروري إجراء تعديلات وإضافات بسبب مهمات تغيير الشروط.

إن الطابعات تستخدم للحصول على نسخة كاملة عن البرنامج بكامل عناصره. أجهزة التخزين (الكاسيت، القرص المرن) تولّد نسخة مقروءة بوساطة الآلة عن البرنامج - نسخة احتياطية - بحيث إنه في حالة الخطأ أو ضياع المعطيات فإنه يمكن

تحضير برنامج جديد وبسرعة. إن معظم المبرمجات لها خواص الربط الإضافي _ جسور بينية) والتي من خلالها يمكن تنفيذ تبادل المعطيات مع أجهزة التخزين.

- المآخذ:

إن أنظمة الأجهزة هذه تستخدم أيضاً للتوثيق ويمكن مثلاً تنفيذ الوصلة بين المبرمج والألة الرئيسة. إن الألة الرئيسة مثلاً تقوم بمهمة نقل الحصص (المهمات) المكتوبة في جداول الحصص إلى البرنامج.

وهي قابلة لإضافة عناوين وتعليقات، وتخزين المعطيات المتعلقة بالتوثيق كافة.

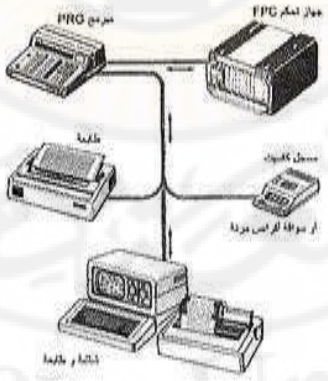
- الحاسوب الشخصي:

إن الحاسوب الشخصي المستخدم حالياً بشكل واسع يحتوي عموماً العناصر الأكثر أهمية من دارة محطات البرمجة PLC المريحة.

وبعض منتجي PLC يقدمون أنظمة برامج بحيث يمكن استخدام حاسوب شخصي لمهمتي برمجة وجهاز تسجيل في PLC.

مع هذافإنه من الممكن كتابة برامج على شكل لوائح وظائف، وفي بعض الأحيان أساليب برمجة بيانية مثل المخطط السلّمي ومخطط الوظائف يمكن استخدامها. لهذا فإنه حيثما توفر حاسوب شخصي فإنه من الممكن استخدامه في حالات كثيرة جداً من قبل المستخدمين.

إن العناصر الأكثر أهمية في النظام المذكور موضحة في الشكل (7-32).



الشكل (7-32) - عناصر النظام في PLC

9-7 - حاسوب العملية:

إن حاسوب العملية مبني من عناصر مشابهة لتلك المستخدمة في نظام الحاسوب الميكروي. مع اختلاف في أن هذه العناصر ذات قدرة أكبر بكثير مع افتراض سرعة المعالجة وسعة الذاكرة. إن أنظمة التشغيل الداعمة هي أيضاً ذات قدرة أكبر، مما يعني أنه يمكن معالجة عدة مهمات تحكمية على التوازي. لهذا السبب فإن حاسوب العملية يستخدم في الأماكن التي يلزم فيها حل مسائل تحكم مكثف ومعقدة ومهمات تحكم آلي. في مثل هذه الحالات فإنه يمتلك وظيفة التحكم بعملية كاملة (مثل محطة القدرة الكهربائية) والتي يحدث فيها عدد كبير من العمليات الفرعية. وغالباً تستخدم عدة أنظمة تحكم أصغر والتي توصل فرعياً إلى حاسوب العملية. في مثل هذه الحالات فإن حاسوب العملية يلعب دور الحاسوب الرئيس الموجه.

10-7 - جهاز التحكم الرقمي NC:

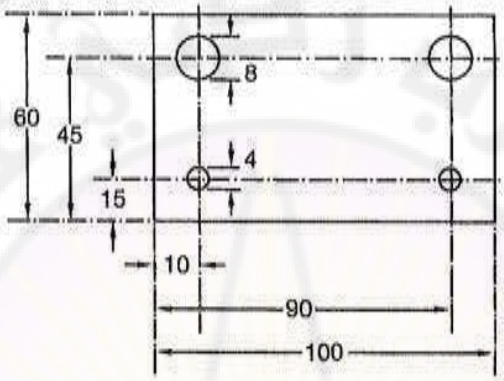
إن أنظمة التحكم الرقمي تستخدم بالإضافة لما ذكر سابقاً للتحكم بآلات قطع المعادن. إن الرمز NC يعني « التحكم الرقمي » ويعني أن الآلة يتحكم بها رقمياً، مثلاً من خلال إدخال قيم عددية.

إن الخامة أو المشغولة قبل التشغيل تشغل باستخدام آلات قطع المعادن وفقاً لمعطيات محددة في الرسوم التقنية ومعلومات التشغيل التقنية الأخرى. وتستخدم آلات ثنائية، ثلاثية ومتعددة المحاور اعتماداً على شكل المشغولة. وعلى تقنية التشغيل. وآلة قطع المعادن الثنائية المحاور قد تكون مخرطة ذات تحكم رقمي (NC) مثلاً. أما الفارزة فتعد آلة قطع معادن ثلاثية المحاور.

في حالات الآلات ذات التحكم الرقمي (NC)فإن الحساسات والموازرات توصل إلى المعالج من قبل المنتجين. المستخدم (المبرمج) يحتاج إلى معرفة مبدأ التشغيل والعلاقات الداخلية بين جهاز التحكم والآلة.

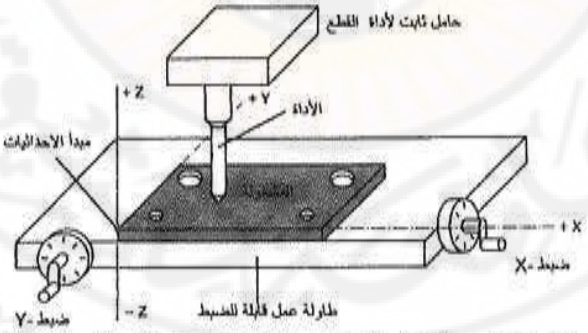
- تشغيل مشغولة وفقاً لرسوم تقنية:

في البداية موضح كيفية تشغيل المشغولة على آلة الثقب التقليدية. إن الرسم التقني موضح في الشكل (7-33) ويعد النمط الأكثر أهمية بالنسبة لعملية التشغيل. وهو يوضح أين يجب أن نقوم بعملية ثقب المشغولة وبأية مقاييس يجب أن تكون هذه الثقوب. بالإضافة إلى ذلك فإن العامل الماهر يحتاج لمعرفة نوع المعدن المصنوع منه المشغولة لكي يتمكن من اختيار الريشة المناسبة ومقادير التغذية أثناء التشغل.



الشكل (7-33) - الرسم التقني لإحدى المشغولات

إن آلة الثقب مجهزة بطاولة عمل يمكن ضبطها وفق اتجاهين. وإن الضبط يمكن تنفيذه عن طريق لولبي قيادة (دولاب يدوي) والقيمة المطلوبة يمكن قراءتها على التدريج. الآلة موضحة على الشكل(7-34)



الشكل (7-34) - العمل اليدوي لثقب مشغولة على آلة الثقب

- العمليات:

الخطوة 1:

تتحرك الطاولة إلى النقطة المرجعية (نقطة البداية). ترسل الآن قيم نقطة البداية إلى الحاسوب وتقرأ الآن القيمة صفر من كلا التدريجين. المثقب متوضع فوق نقطة البداية.

الخطوة 2:

توضع المشغولة الآن على طاولة التشغيل في أي وضعية مطلوبة وتثبت.

الخطوة 3:

تحدد نقطة 0 للمشغولة. وهي الحافة المرجعية والتي يفضل بدء القياس منها. تتوضع الريشة على هذه النقطة. إن نقطة الصفر للمشغولة يمكن تخيلها كنقطة بداية في جملة محاور متعامدة. المحور y هو أحد اتجاهات حركة الطاولة، المحور χ هو اتجاه الحركة الآخر. إن الأبعاد على الرسم تشير بشكل مشابه إلى تلك النقطة. لهذا فمن السهل الآن تحريك طاولة العمل إلى أي نقطة حيث يجب تنفيذ الثقب. ويجب القيام بالتعديلات في حال الضرورة.

الخطوة 4:

التشغيل قد تم. إن فترة التشغيل يجب أن توصف بالتفصيل. هذا الوصف يجب أن يحل بالكامل محل الرسم التقني. ويجب أن يكون أي شخص آخر قادراً على تنفيذ دورة العمل هذه باستخدام هذا الوصف.

- تشغيل مشغولة وفق برنامج محدد:

وصف فترة التشغيل:

1 - قمط الريشة 1.

2 - ضع x بالمقدار 10 و y على المقدار 15.

3 - اثقب بسرعة قطع 2.

4 - ضع x على 90.

5 - اثقب بسرعة قطع 2.

6 - فك الريشة 1، واقمط الريشة 2.

7 - ضع y على 45.
8 - اثقب بسرعة قطع 1.
9 - ضع x على 10.
11 - انتهى، يمكن سحب المشغولة.

يمكننا أن نرى أنه ليس فقط معطيات التمركز لازمة بل وأيضاً المعلومات حول الأداة (ريشة) الواجب استخدامها وحول سرعة القطع اللازمة لكي يمكن تشغيل المشغولة بدون مشكلات. عادة فإن المعطيات التقنية (السرعة، التغذية) تكون مدرجة في صفحة معطيات الأداة. رقم الأداة، السرعة، التغذية واتجاه الدوران تشكل وحدة واحدة. وقيمة واحدة من المعطيات ما زالت خارجاً متروكة، على كل حال هي سرعة التغذية. فهذا القرار متروك للمستخدم. إذا كانت العملية يجب أن تتم لاحقاً بشكل أوتوماتيكي فإن هذه المعلومة يجب ألا تهمل.

إن معطيات التوضع تؤخذ عادة مرجعياً بالنسبة لنقطة بداية جملة المحاور. في هذه الحالة فهذه عادة تمثل نقطة تقاطع الخطوط المرجعية (خطوط مستويات الأساس) للأبعاد على الرسم. إن معلومات التوضع لهذا السبب تعطى بالشكل المطلق (تبرمج باستخدام الأبعاد المطلقة). هذه المعلومات يمكن أيضاً أن تعطى بالنسبة للوضعية اللحظية والتي تدخل كقيمة على محور x وتضاف عليها قيمة جديدة للوضعية التالية لها. وهذه تدعى معطيات التوضع النسبية.

إن الوصف النموذجي للأبعاد النسبية تبدو كما يلي (المعطيات الأخرى كافة متروكة في الوقت الحاضر).

1. ضع x + 10 و y + 15.
2. ضع x + 80.
3. ضع y + 30.
4. ضع x - 80.

إن الأسلوب الأكثر ملاءمة يعتمد في الأغلب على مقاييس الرسم. في بعض الأحيان قد يختلط تحديد الأبعاد المطلقة والأبعاد النسبية معاً كمعطيات توضع. وعندها بالطبع يلزم وصف نوع المعطيات بشكل سؤال.

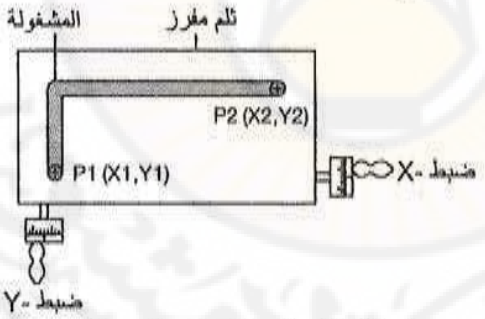
في المثال: متى تحدث عملية تشغيل المشغولة؟

هذا يحدث فقط عند أربع نقاط مختلفة: بين نقطتين، فقط وضعية تشغيل واحدة قد وصلناها. ولا توجد قاعدة محددة لتحديد كيفية الوصول إلى هذه الوضعية. لهذا لا تحدث أي تغيرات على المشغولة بعد أول عملية ثقب، والطاولة تتحرك وفق خط منكسر إلى نقطة تنفيذ الثقب الثاني، وهذا يشار إليه باصطلاح « من نقطة إلى نقطة » بالتحكم.

- التحكم البسيط بخط مستقيم:

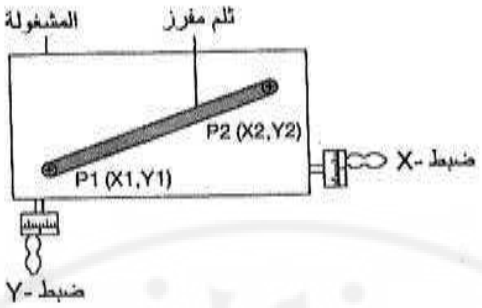
إن الحالة هنا تختلف تماماً. إذا كان كما في الشكل (7-35) الواجب تنفيذ ثلم بالتفريز في مشغولة. فإن الأداة المستخدمة هنا هي ريشة التفريز (مقطع التفريز). وطاولة العمل قد تكون نفسها المستخدمة في مثال الثقب والمشغولة يجب أن تكون على تماس دائم من النقطة 1 إلى النقطة 2 وتنفيذ المسير على خط منكسر بالطبع هنا أمر محظور. هنا على كل حال يمكن حل المسألة بسهولة طالما أن مسارات التشغيل تكون موازية دوماً لأحد المحاور الاثنين. توضع الأداة على نقطة البداية P1. من هنا فقط على قيمة y المحددة على y2 والقيمة x إلى القيمة الجديدة x2 . وهذا تحكم بسيط بخط مستقيم.

- التحكم على امتداد خط مستقيم:



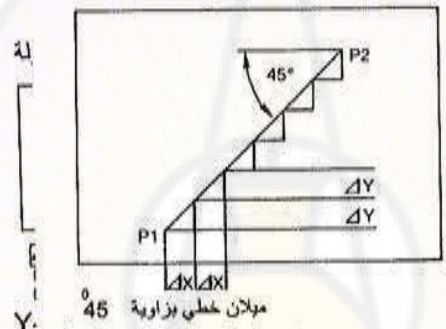
الشكل (7-35) - مسار الأداة وفق التحكم البسيط على طول خط مستقيم

في المثال التالي (الشكل 7-36) يجب تفريز ثلم مائل من النقطة 1 إلى النقطة 2.



الشكل (7-36) - مسار الأداة في التحكم على امتداد خط مستقيم

إن الحل البسيط هنا هو المسار المنكسر والذي يجب على كل حال حسابه بدقة (الشكل 7-37).

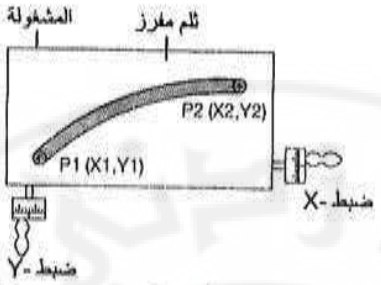


الشكل (7-37) - الاستيفاء في التحكم وفق امتدادخط مستقيم

دون القيام بعمليات حسابية كبيرة من الممكن أن نرى أنه يمكنك الوصول إلى نقطة الهدف (النقطة 2) عندما تحرك الأداة في البداية بالمقدار Δx وبعدها وبالمقدار نفسه Δy وبعد ذلك وبالقيم نفسها مرة أخرى Δx، ... الخ . إذا جعلت الاختلافات Δx و Δy صغيرة جداً، فإن الخط المنكسر لن يمكن ملاحظته أكثر، والاختلاف الحاصل عن القيمة المثالية يبقى ضمن حدود التسامح. إذا كان المسار المطلوب لا يقل عن 45° فإن القيم Δx و Δy ستتغير وفق تدرج خطي. هذه القيم يجب حسابها عندئذ. في حالة نظام التحكم الآلي يقوم الحاسوب بهذه المهمة. إن التحكم وفق خط مستقيم موضح في هذا المثال ويشير إلى التحكم على امتداد خط مستقيم.

- التحكم بالمحيط (خط منحني):

المسار العشوائي من النقطة 1 إلى النقطة 2 موضح في الشكل (7-38).



الشكل (7-38) - مسار الأداة في التحكم وفق المحيط المنحني

وهنا أيضاً التزايد في الاتجاه χ والاتجاه y (Δy، Δx) يجب أن يعطى. على كل حال فإن حساب مساراتها قد يكون أعقد إذا كانت المنحنيات المطلوب قطعها (انتقالها) لا يمكن وصفها بوساطة معادلات هندسية بسيطة. وهنا يجري الكلام عن التحكم بالمنحنيات.

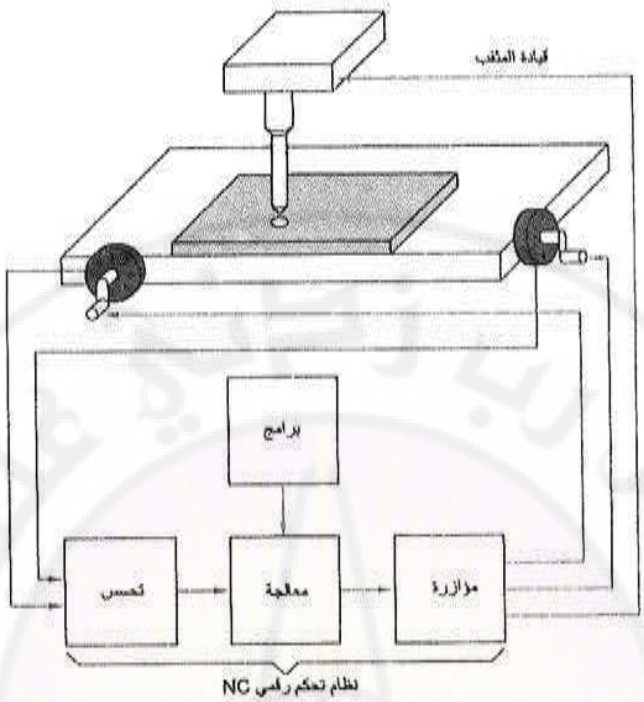
إن التحكم بالمنحنيات يمكن أن يتم عموماً بالانتقال وفق أقواس. والأقواس القطعية عادة تكون نادرة جداً. إن الأشكال المعقدة يجب أن تترجم إلى مسار بخط مستقيم عن طريق نقاط توجيه. وهنا يلزم محطة برمجة لهذا الغرض.

- أتمتة آلة مثقب (تثقيب):

الشكل (7-39) يوضح شكلاً تخطيطياً يوضح كيفية أتمتة آلة مثقب (تثقيب).

وهنا تستبدل التدريجات بأنظمة قياس إزاحات تزايدي أو مطلق كالتي شرحناها في فصل «الحساسات». وتستخدم مؤازرات مناسبة مكان المقود اليدوي. واليوم يشكل استخدام محركات التيار المستمر DC الاستخدام الأوسع (للضبط الدقيق والبسيط) للمحاور كافة والمحرك الرئيس القائد.

وقد شرحناسابقاً أنه يوجد أسلوبان مختلفان لتوضيح مسار الأداة أو رأس الآلة المنزلق، وهما القياس بالأبعاد المتزايدة أو القياس بالأبعاد المطلقة. ووفقاً لهذا فإنمهمات التحكم الفرعية « حركة الرأس المنزلق للآلة » يتم حلها بشكل مستقل.



الشكل (7-39) - آتمتة آلة مثقب (تثقيب)

- نظام التحكم المتزايد:

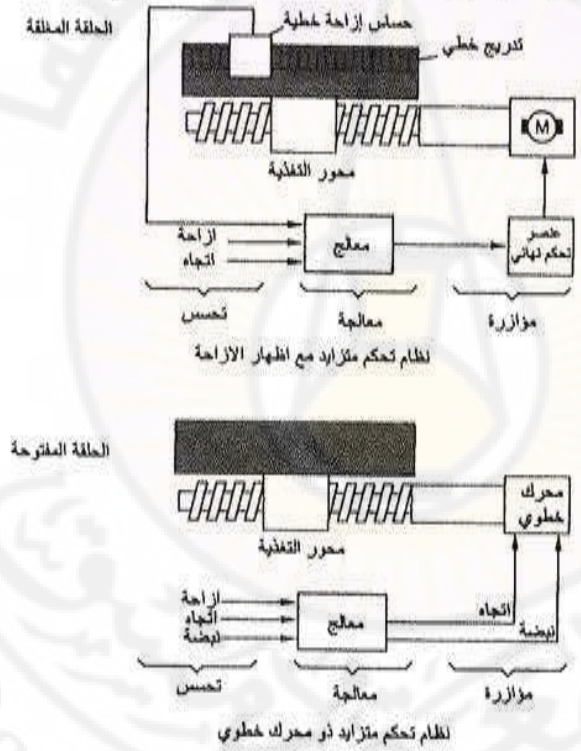
في الشكل (7-40) موضح نوعان من أنظمة التحكم المتزايد.

في حالة نظام التحكم المتزايد ذي المرمز للإزاحات المتزايدة فإن المعالج يحتوي عداداً وهو يقوم بتعداد النبضات الواردة إليه من حساس الإزاحة الخطية. والنبضة تتوافق مع أصغر وحدة إزاحة قابلة للقياس. إن المسافة التي يجب قطعها واتجاه الحركة يمرران إلى المعالج بصفة قيم مرجعية. ومن هذه المعطيات يشكل المعالج إشارة تحكم بعنصر التحكم الأخير بمحرك القيادة. فإذا كانت القيمة غير مطابقة فإن المحرك يجب عليه أن يتابع الدوران. وعندما يتطابقان فإن المعالج يرسل إشارة التوقف إلى عنصر التحكم الأخير.

ويكون قد وصل إلى نقطة الإزاحة الصحيحة. وعند إعطاء قيمة مرجعية جديدة فإنهذا المعالج يبدأ بالعمل من جديد.

وفي حالة التحكم المتزايد بوساطة محرك خطوي كموازر، فإنه لا توجد معرفة

حول وضعية الإزاحة. وبدلاً من النبضات من حساس الإزاحة الخطي، فإن النبضة تعطى مباشرة إلى المعالج. والمعالج الآن يرسل النبضات إلى المحرك الخطوي حتى يصبح عداد النبضات قابلاً للمقارنة مع قيمة الإزاحة المرجعية. وعندما يدور المحرك الخطوي بزاوية محددة بدقة للدوران لكل خطوة، فإن كل وضعية يمكن الوصول إليها بسهولة عن طريق الانزلاق. لهذا فإن نظام الإزاحة الخطية غير ضروري في أنظمة التحكم باستخدام محرك خطوي. ومن الضروري أن يقف الانزلاق بسرعة كافية. ومن الفرملة يجب أن يؤخذ بالحسبان، مثلاً قبل الوصول إلى وضعية النهاية، فإن سرعة التيار يجب أن تقلل وفقاً للفجوة المتبقية. وهذا لا يطبق على المحركات الخطوية. لهذا فإن سرعات محددة جداً يمكن تحقيقها اعتماداً على التصميم.

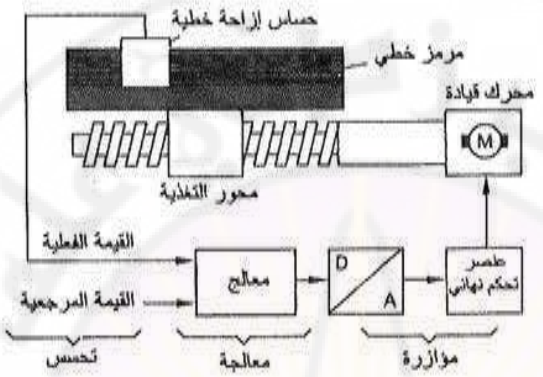


الشكل (7-40) - أنظمة التحكم المتزايد

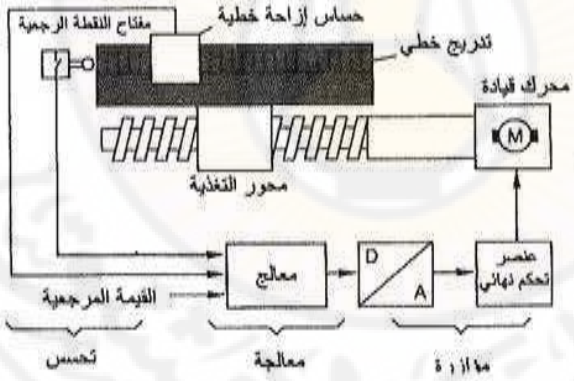
- أنظمة التحكم المطلق:

وهنا أيضاً يوجد نموذجان مختلفان موضحان في الشكل (7-41).

في حالة نظام التحكم المطلق ذي المرمز للإزاحات المطلقة مثل المرمز الزاوي أو المرمز الخطي، فإن الوضعية المطلقة (القيمة الفعلية) للانزلاق هي قيمة معروفة في أي وقت معطى. يتلقى المعالج هذه القيمة والقيمة المرجعية. ويشكل الفرق الحسابي بين القيمتين. وكلما كبر الفرق زاد تغير الانزلاق عن الوضعية النموذجية. إن الفرق محدد كقيمة عددية على مخرج المعالج. بعد التحويل A/D.



نظام تحكم مطلق ذو مرمز ازاحة مطلقة



الشكل (7-41) - أنظمة التحكم المطلق

إن الاختلاف يحدد على شكل قيمة منطقية والتي بمقدارها يحرض المحرك القائد من خلال عنصر التحكم الأخير (مثال عنصر التحكم الأخير الترانزيستوري). لهذا فإن السرعة تتناسب مع الفرق. فكلما زاد الانحراف عن القيمة المرجعية، فإن عدد الدورات سيزداد. ومن ثمفإن سرعة ضبط الانزلاق سوف تزداد. وإذ لم يظهر انحراف

أكثر من ذلك فإن الفرق سيكون 0. مثلاً سيتوقف المحرك. وهذا أيضاً يشكل مشكلة هي أن المحرك له حدان أعظمي وأصغري. وعند السرعة الصغرى فإن العزم سيصبح صغيراً بحيث إن الأداة القاطعة ستفشل بتنفيذ العمل (ستعمل باضطراب).

في نظام التحكم المطلق المجهز بمرمز إزاحات متزايدة، فإن مفتاح تحديد نهاية الشوط (حدبة تحديد النقطة المرجعية) يثبت على نقطة نهاية الانزلاق. وعندما تقطع الآلة، فإن الجزء المنزلق سوف يتحرك إلى نقطة النهاية هذه وعند هذه النقطة فإن العداد للإزاحات المتزايدة الموجود في المعالج سوف يبرمج على قيمة النقطة المرجعية.وكل إزاحة إضافية للمنزلق تسجل بوساطة هذا العداد بحيث إنه عند أي زمن معطى تكون القيمة المطلقة للوضعية معلومة بالأسلوب السابق نفسه. ومبدأ التشغيل عندئذٍ هو نفسه هناك. إن التحكم بالإزاحة المطلقة بوساطة مرمز الإزاحات المتزايدة هو الأكثر استخداماً اليوم.

- برامج أنظمة التحكم الرقمي (NC):

كما في أنظمة التحكم PLC، فإنه من الضروري كتابة نمط برنامج دقيق لأنظمة التحكم NC قبل أن نكتب البرنامج.

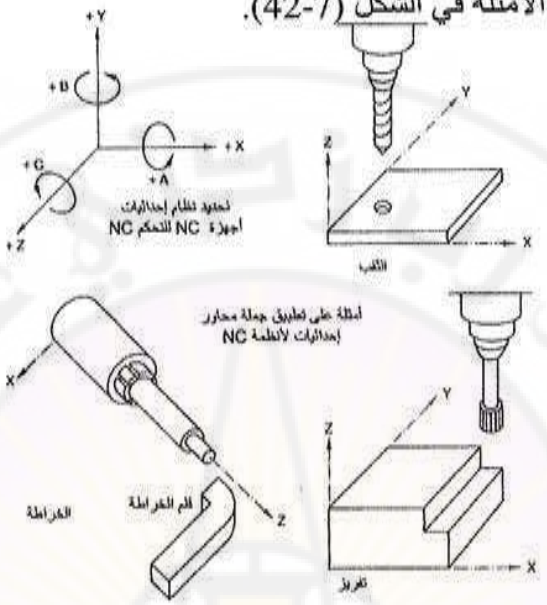
كيف يمكن أن يبدو نمط البرمجة المستخدم في أنظمة التحكم NC؟

يجب أن نعلم الآلة عن أي الحركات التي يجب أن تنفذ. ولهذا الهدف فإن معطيات الإزاحة يجب أن تحضر بالاعتماد على الرسوم التقنية للمشغولة. بالإضافة لذلك فإن الآلة يجب أن تعلم عند أي نقطة من الزمن وباي أداة قطع يجب أن تنفذ عملية التشغيل. وكذلك سرعة تغذية الأداة وسرعة القطع التي يجب أن تتوفر. هذه المعطيات تجمع مع بعضها لتشكل معطيات التشغيل، وبعض الوظائف الإضافية المحددة يجب أن تبرمج أيضاً مثل عملية استخدام سوائل التبريد.

هذه المعطيات كافة تبدو مهمة بشكل واضح لإنجاز عمليات التشغيل المعروفة للمشغولات. وهي تجمع أثناء تحضير العمل في المعامل لإيجاد خطة العمل التي يمكن للعامل الماهر أن يستخدمها أثناء العمل على الآلة. وخطة العمل المعروفة هذه هي نمط برمجة ممتاز. على كل حال إن خطط العمل للتشغيل اليدوي لا يمكن تحويلها كقاعدة إلى برنامج لتشغيل آلة NC.

وللتأكد من أنه لا يوجد غموض في وصف معطيات الإزاحة(x,y,z)، فإنه هناك

اتفاقاً حول استخدام نظام المحاور الإحداثية المتعامدة (الديكارتية) في أنظمة الحكم NC. وهذه التحديدات موضحة بشكل تخطيطي في الشكل (7-42). وتستخدم مستويات مختلفة من أنظمة جمل الإحداثيات مطبقة في آلات معالجة مختلفة الأنواع. وقد أوضحت بعض الأمثلة في الشكل (7-42).



الشكل (7-42) - نظام جمل الإحداثيات في آلة NC

إن الأوامر في بنية مجموعة NC تتألف من حروف ترميز وأشكال. وبنية البرنامج في العموم مثل جمل كلامية تحتوي عدداً من التعليمات يمكن صياغتها. وكل جملة تحتوي رقماً لها.إن المثال التالي يوضح برنامج NC لآلة ثقب أتوماتيكية:

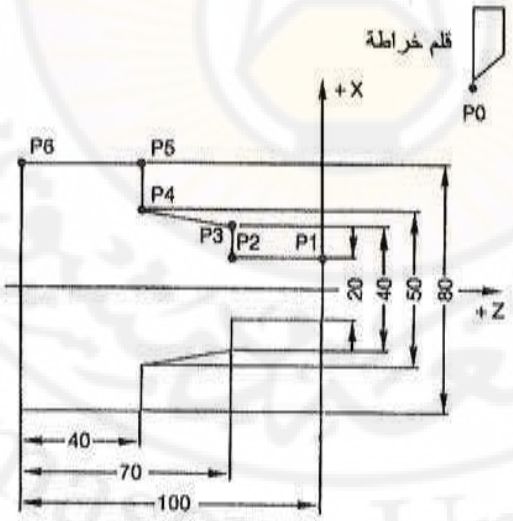
Sent. No.	Displace-ment condition	Displacement data X	Y	Z	Switching data Feed	Speed (r.p.m.)	Tool	Addi-tion
N 001	G 00	X 10	Y 15	Z 2	F 1000	S 55	T 01	M 09
N 002				Z 0				
N 003		X 90		Z 2				
N 004				Z 0				
N 005			Y 45	Z 2	F 500	S 30	T 02	
N 006				Z 0				
N 007		X 10		Z 2				
N 008				Z 0				
N 009		X 0	Y 0					M 30

إذا قارنا الجمل المختلفة مع الوصف الحرفي للمهمة، فإن تفاصيل معطيات الإزاحة سوف تتحدث عن نفسها.

إن شروط الإزاحة معطاة بحرف ترميز هو G. إن شرط الإزاحة G00 مبرمج في جملة رقم 1، وهي تصف سلوك التحكم من نقطة إلى نقطة. هذه المعطيات كذلك قابلة للتطبيق على جمل أخرى. لذلك فهي لا تتطلب تكرارها. أما التغذية فتوصف بحرف هو F، أما الرقم الذي يليه فهو رمز رقمي أو عنوان بحيث يجب أن يحدد مقدار سرعة التغذية الحقيقية. أما سرعة القطع فهي معطاة بالرمز S ورقم رمزي. ورمز الأداة القاطعة هو T. والرقم الذي يليه مثلاً 01 في البرنامج يشير إلى أن الريشة يجب أن تسحب من المخزن 1. أما الوظيفة الإضافية M09 فهي تشير إلى أنه يجب استعمال سائل التبريد. الرمز M30 يشير إلى نهاية البرنامج.

ونأخذ مثالاً لبرنامج NC لمخرطة يجب أن نصفه بالمثال التالي. إن المشغولة المطلوب خراطتها موضحة في الشكل (7-43).

يفترض هنا أن المشغولة قد أنجزت خراطتها التخشينية، لذلك فإنه من الضروري فقط كتابة برنامج خراطة الإنهاء.



الشكل (7-43) مخطط تقني لقطعة مخروطة

- البرنامج:

Sent. No.	Displace-ment condition	Displacement data X	Y	Z	Switching data Feed	Speed (r.p.m.)	Tool	Addi-tion
N 001	G 01	X 20		Z 100	F 1500	S 60	T 03	M 09
N 002	G 91			Z -30				
N 003		X +20						
N 004		X +10		Z -30				
N 005		X +30						
N 006				Z -40				M 30

إن سلوك مسار التحكم مبرمج في الجملة الأولى ذات شرط الإزاحة Go1. والمخرطة مبرمجة على النظام المطلق للعد للمحاور Xzo و Z100. إن شرط الإزاحة G91 للجملة الثانية يحدد العنونة النسبية (إحداثيات)، مثلاً قيم المحاور X و Z يجب أن تضاف إلى القيم السابقة. وعندما تكون قيمة χ مفترضة، فإنه يجب ملحوظة أن القطر بدلاً من نصف القطر هو المخطط.

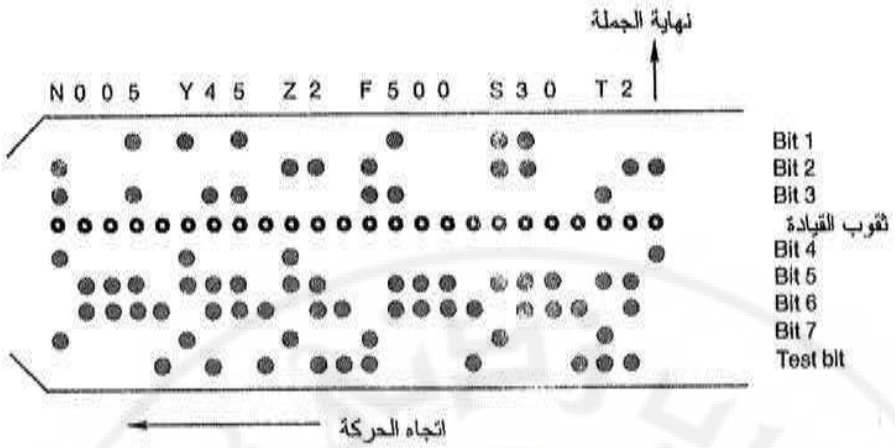
- ذاكرة البرنامج في أنظمة التحكم NC:

إن برامج NC الموضحة في الأمثلة السابقة يجب أن توضع بالطبع في مخازن معطيات مناسبة وبشكل قابل للقراءة من قبل الآلة. إن مخزن المعطيات التقليدي لأنظمة التحكم NC هو الشريط المثقب. وكل حرف مستقل في نصف البرنامج والذي يظهر في شكل مكتوب وواضح يحول إلى مجوعة من 7 خانات للرمزين 1/0 ويثقب على الشريط ليأخذ مجموعة ثقوب وفراغات (ثقب = 1، فراغ = 0).

وعملية التحويل هذه مصممة للترميز. واجتماع مجموعات الثقوب كافة هذه يشير إلى الحرف المكتوب بشكل رمزي.

وقد أوردنا هنا بعض التوصيات للرموز التي تشير إلى حروف محددة. والتوصيات لهذا النوع من تقنية NC موجودة في المواصفات القياسية EIA و Iso (DIN 66024).

ولإعطاء مثال على هذا، فإن الشكل (7-44) يوضح الجملة الخامسة من برنامج مهمة التثقيب على شكل شريط مثقب وفقاً لرموز مواصفات**ISO**.



الشكل (7-44) - مثال عن ترميز برنامج NC على شريط مثقب

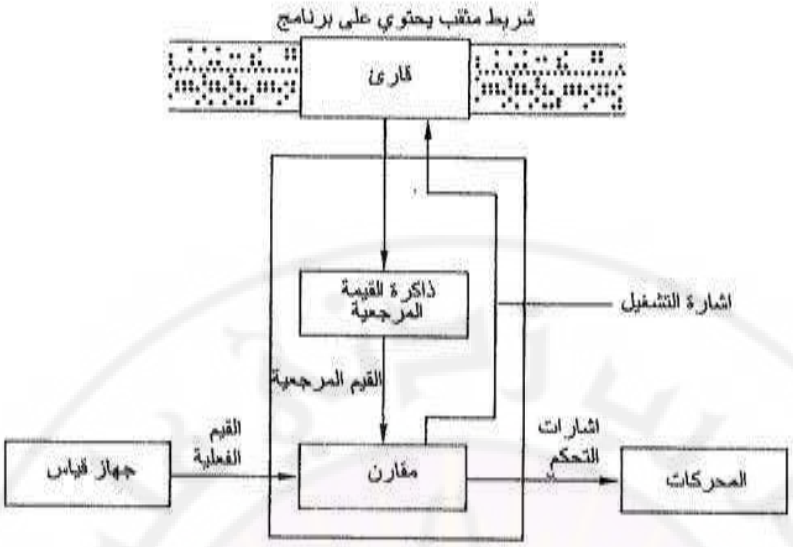
كل حرف مؤلف من سبع خانات معطيات وخانة اختيار. إن خانة الاختيار لها الرمز المنطقي 1 (ثقب) عندما يكون عدد خانات المعطيات فردياً (عدد الثقوب). لذلك فإن المجموع الكلي للثقوب في أي حرف يكون دوماً زوجياً. وعندما يختبر الشريط المثقب للتأكد من أنه قد تم ترقيمه، فإن الأخطاء الناتجة عن عطب الشريط أو الأوساخ يمكن أن تدخل بالعد أيضاً، هذه الأساليب للاختبار يمكن أن تسمى أيضاً الاختبارات التشابهية.

وعلى الرغم من ضعفها في ظروف التلوث الصناعي، فإن الشريط المثقب ما يزال مفضلاً من قبل بعض المستخدمين، على كل حال فإنه تستخدم هنا أيضاًوسائط تخزين عصرية مثل الأقراص المرنة ويزداد استخدامها أكثر فأكثر. ومن الممكن أيضاً استخدام حاسوب شخصي اقتصادي كمحطة تطوير وتوثيق البرنامج NC.

- أسلوب تشغيل نظام التحكم NC:

كيف يقوم قسم المعالجة في آلة NC بتقييم جمل البرنامج؟.

كدليل، يُوضح في الشكل (7-45) مخططاً صندوقياً لنظام تحكم NC بسيط.



الشكل (7-45) - مقارنة بين القيمة المرجعية والقيمة الحقيقية في نظام تحكم NC

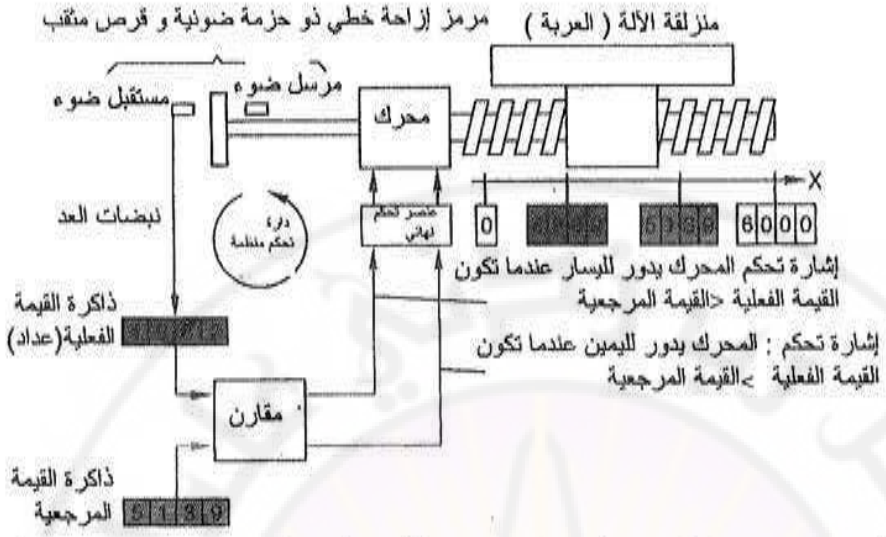
إن آلة NC مزودة بقارىء الشريط المثقب والذي يحتوي برنامج تشغيل مشغولة محددة. بعد بدء البرنامج،فإن المعالج يقرأ الجملة الأولى، الإزاحات المختلفة ومعطيات التشغيل مكتوبة بشكل قيمة مرجعية من الذاكرة المجهزة.

يلي ذلك معالجة الأوامر. المقارن يقارن القيم المرجعية الجديدة مع قيم التيار المزودة بوساطة أجهزة القياس، القيم الفعلية (مثلاً التوضع اللحظي لمحركات قيادة المحور X والمحور Z).

فإذا كان هناك اختلاف بين القيم المرجعية والقيم الفعلية، فإن المقارن يولد إشارات مناسبة لعنصر التحكم الأخير بالمحركات. وتلغى هذه الإشارات فقط عند تطابق القيم الفعلية مع القيم المرجعية.

والآن يقوم المقارن بطلب جملة جديدة من قاريء الشريط المثقب لمعالجتها. هذه الجملة تقيّم بالأسلوب نفسه الموصوف. قراءة /معالجة يتم تكرارها حتى تتم معالجة آخر جملة.

ولإعطاء مثال عن مقارنة القيم الفعلية / القيم المرجعية. فإن الشكل (2-7-46) يوضح ضبط المحور X في آلة NC.



الشكل (7-46) - دارة تحكم أتوماتيكي بسيطة (تنظيم) لتوضع القسم المنزلق في الآلة

إذا تحرك القسم المنزلق من وضعيته اللحظية (القيمة الفعلية) إلى وضعية جديدة (قيمة مرجعية). فإنه تتم المقارنة المستمرة للقيمة المرجعية المخزنة في ذاكرة القيمة المرجعية مع القيمة الفعلية المزودة من قبل جهاز القياس والتي قد خرجت. ويحدد المقارن الفرق بين القيمة الحقيقية والقيمة الفعلية ويعطي إشارة تحكم إلى عنصر التحكم الأخير للمحرك وفقاً للقيمة الحسابية الناتجة.

يتحرك المحرك باتجاه دوران عقارب الساعة عندما تكون القيمة الفعلية أكبر من القيمة المرجعية والتي تقود إلى حركة منزلقة الآلة إلى اليسار.

عدد دورات المحرك والتي تتناسب مع إزاحة المحور X للمنزلقة تعدُّ في ذاكرة القيم الفعلية من خلال جهاز قياسوالذي هو في المثال عبارة عن مرسل ضوء وقرص مثقب مركب على محور المحرك.

إن حركة المنزلقة بوساطة محرك القيادة تقود إلى تقليل الفرق بين القيمة الفعلية/القيمة المرجعية. وإذا كان هذا الفرق مساوياً للصفر، فإن القيمتين متطابقتان والمقارن يعطي إشارة التحكم 0 والمحرك يتوقف.

- لغات البرمجة ذات المستوى الأعلى لأنظمة NC:

إن نوع البرمجة الموضح لهذه النقطة هو تابعية الآلة. وهو يوافق لغة أسيمبلر. وتطبيقات برامج التوقيع هذه والتي تعالج فترة صياغة عامة يمكن تشكيلها. وهي أيضاً مطورة لأنظمة التحكم NC.

بعض أوامر لغة البرمجة APT لأنظمة NC(أداة البرمجة المتقدمة) مشروحة بمساعدة مثال توضيحي.

إن APT يمكن أن تستخدم عدة مئات من الأوامر والتي يمكن أن تقسم إلى ثلاث مجموعات رئيسة:

أوامر هندسية، أوامر حركية وأوامر مساعدة.

- الأوامر الهندسية:

في نظام محاور NC كل نقطة تحدد بدقة من خلال جملة المحاور X و y و Z. في أداة البرمجة المتقدمة (APT) يمكن تحديد كل نقطة بالرموز، مثلاً تحديد النقطة X=15,7 و y = 25 و Z = 13 يكون:

P1 = Point/15,7 و 25,13

لهذا فإن متحولات الطرف الأيسر من المساواة يمكن اختيارها بحريّة. المسافات من نقطة إلى أخرى تحدد كما يلي:

S5 = Line /P2 , P3

P2 و P3 يجب أن تحدد مسبقاً.

ويمكن أيضاً تحديد النقاط كتقاطع مسافتين، كما في المثال التالي:

P1 = Piont/iNT OF L6 , L8

والدائرة يمكن أن نحددها بالطريقة التالية:

CIRCLE1 = CIRCLE/ CENTER , POINT , RADIUS, 5.8

CIRCLE2 = CIRCLE/ P4 , P5 , P6

في المثال الأول تحدد الدائرة بتحديد المركز ونصف القطر.

وفي المثال الثاني تحدد الدائرة بتحديد ثلاث نقاط على المحيط.

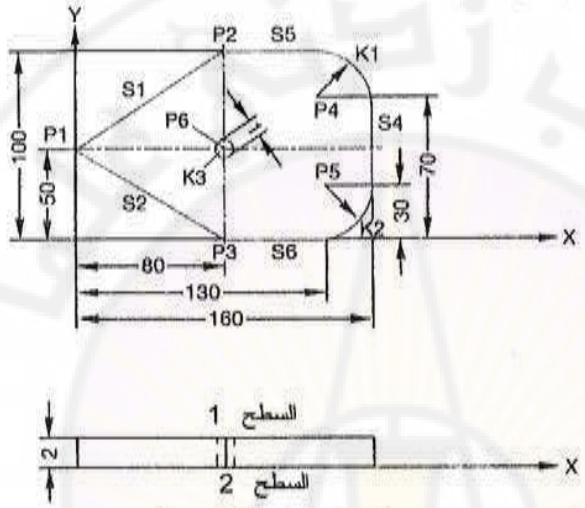
السطح المستوي المحدد بثلاث نقاط واقعة فيه، مثال

SURFACE 1 = PLANE/ P1 K P2 , P3

وطريقة أخرى لتحديد المستوي هي بتحديد نقطة على المستوي ومستوي آخر يقع موازياً للمستوي الأول. مثلاً:

SURFACE2 = PLANE/P1 , PARLEL , SURFACE 1

إن الأبعاد الهندسية للمشغولة الموضحة في الرسم التقني يمكن وصفها بشكل كامل باستخدام هذه الأوامر التقنية.



الشكل (7-47) - رسم تقني لمشغولة في نظام محاور NC

مثال: المشغولة الموضحة على الشكل (7-47) يجب أن نرسمها باستخدام الأوامر التقنية في APT.

```
P1 = POINT/0.0,50.0,0.0
P2 = POINT/80.0,100.0,0.0
P3 = POINT/80.0,0.0,0.0
P4 = POINT/130.0,70.0,0.0
P5 = POINT/130.0,30.0,0.0
P6 = POINT/80.0,50.0,0.0
S1 = LINE/P1,P2
S2 = LINE/P1,P3
K1 = CIRCLE/CENTER,P4,RADIUS,30.0
K2 = CIRCLE/CENTER,P5,RADIUS,30.0
K3 = CIRCLE/CENTER,P6,RADIUS,0.5
S5 = LINE/P2,LEFT,TANTO,K1
S6 = LINE/P3,RIGHT,TANTO,K2
S4 = LINE/LEFT,TANTO,K2,RIGHT,TANTO,K1
SURFACE1 = PLANE/P1,P2,P3
SURFACE2 = PLANE/0.0,0.0,-2
```

الأوامر اللازمة لتحديد المسارات S6 و S5 و S4 من المماس إلى الدوائر K1 و K2 وهي لهذا السبب معطاة بالوظائف الإضافية TANTO و RIGHT و LEFT. الخط S5 يبدأ من النقطة P2 ويشكل المماس اليساري (LEFT) إلى (TANTO) الدائرة K1.

- أوامر الحركة:

هذه الأوامر ضرورية لوصف المسار الذي يجب أن تسلكه الأدوات القاطعة. ويوجد فرق بين التحكم من نقطة إلى نقطة (PTP) والتحكم بالمسار. إن أوامر التحكم من نقطة إلى نقطة هي كما يلي:

GOTO وصف مطلق للنقطة التي يجب الاقتراب منها.

GODTLA وصف نسبي للنقطة التي يجب الاقتراب منها.

مثال: للانتقال من النقطة (2,5,10) إلى النقطة (8,10,20) نستخدم الأمرين التاليين:

إما 10,20,GOTO/8

وأما /6,5,10GODTLA

إن عملية التثقيب في مثالنا تبرمج كما يلي:

```
GOTO/P6
GODTLA/0.0,0.0,-2,5
GODTLA / 0.0,0.0, 2,5
```

إن مسار التحكم يبرمج بالأوامر التالية:

GOFWD (go Forwards) GOLFT (go Left) GODown (go Down)

GOBACK (go back) GORGT (go Right) Goup (go up)

فهذه الأوامر يمكن مثلاً، برمجة حركة أداة القطع حسب البروفيل في المثال المعطى:

```
GOTO/S1,TO,SURFACE1,TO,S2      Go to start point P1
GOFWD/S1,PAST,S5               Go along line S1 to S5
GOFWD/S5,TANTO,K1              Go along line S5 to K1
GOFWD/K1,TANTO,K2              Go from K1 via S4 to K2
GOFWD/K2,PAST,S6               Go from K2 via S6 to S2
GOFWD/S2,PAST,S1               Go along line S2 to S1
```

- الأوامر المساعدة:

إن الوظائف التشغيلية تبرمج باستخدام الأوامر من المجموعة تلك

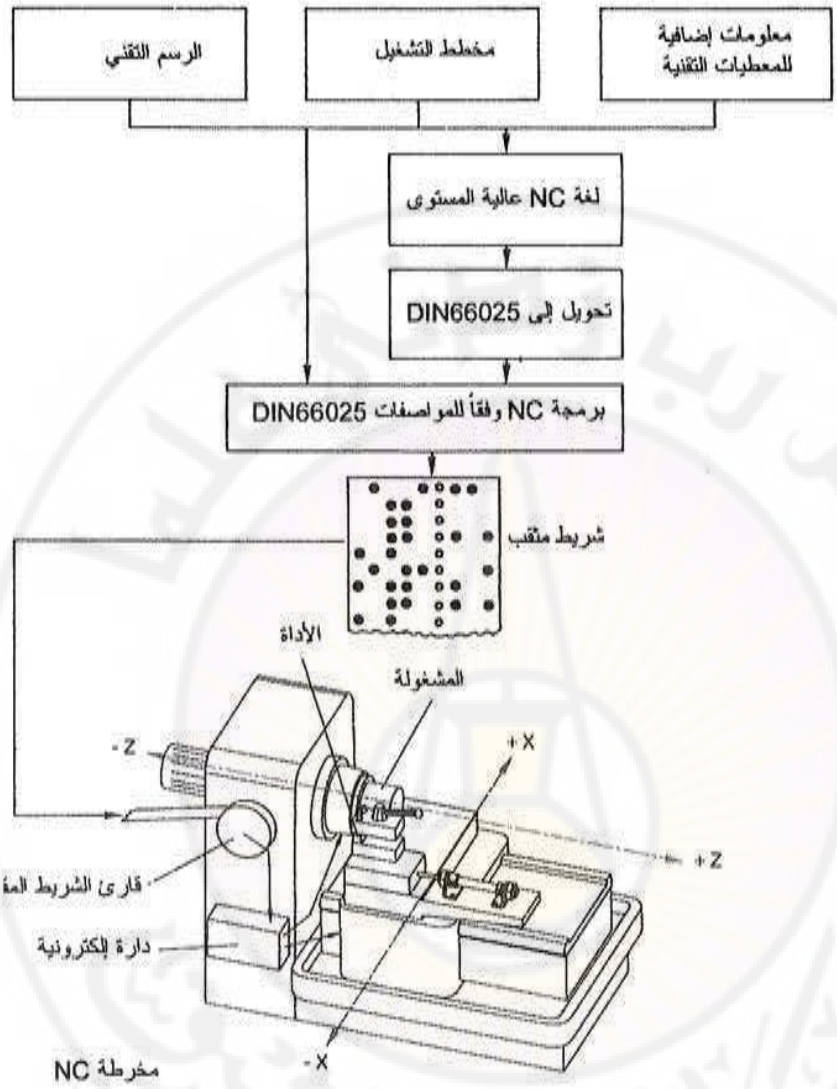
مثال:

MACHIN	تحدد الأداة.
FEDRAT	تحدد سرعة التغذية.
COOLNT	تشغيل السائل المبرّد.
CUTTER	قطر أداة القطع.
PARTNO	رقم المشغولة.
FINI	نهاية البرنامج.

أما لغات البرمجة ذات التطبيقات العملية في البرمجة NC فهي EXAPT و ADAPT وAUTOSPOT. هذه اللغات مؤلفة بأسلوب مشابه لأسلوب APT وبشكل جزئي تكتب بأسلوبها نفسه.

إن برنامج NC المكتوب بطريقة تطبيقية يجب بالطبع أن يترجم إلى لغة الآلة ويكتب على شريط مثقب.

الشكل (7-48) يوضح مرة ثانية مسار المعطيات من الرسم التقني إلى آلة NC.



الشكل (7-48) - مسار المعطيات من نمط البرمجة إلى آلة NC

7-11 - نظام التحكم الرقمي بالحاسوب (CNC):

إن البرنامج المطلوب لمهمة تشغيل محددة في آلة NC يوضع كما رأينا على شريط مثقب. هذا الشريط المثقب يجب أن يقرأ بشكل منفصل لكل عملية تشغيل مستقلة للمشغولة المطلوب تشغيلها.

إن قراءة الشريط المثقب هي عملية نصف ميكانيكية وهذا يسبب له مقداراً محدداً من الاهتراء والذي يقود عموماً إلى الأخطاء.

ومع تطور أنظمة CNC (التحكم الرقمي بالحاسوب)، صار بالإمكان وسط مختلف الوسائط التغلب على تلك العيوب وبالإضافة إلى ذلك إيجاد ميزات كثيرة.

إن نظام CNC يحتوي حاسبه الخاص المركب على أساس تقنية الحواسب الميكروية. إن ذاكرة أنصاف النواقل تستخدم هنا كذاكرة برنامج. وفي الحقيقة يتوفر أيضاً مع هذا النظام الشريط المثقب. على كل حال، فهو يلزم فقط عند نقل البرنامج إلى ذاكرة أنصاف النواقل.

بالإضافة إلى تقنية إدخال البرنامج هذه، فإن أنظمة CNC تعطي إمكانية نقل البرامج مباشرة من الحواسب الخارجية عبر الجسور البينية المناسبة.

بالإضافة إلى ذلك. فإن معظم أنظمة التحكم CNC مجهزة بلوحة أزرار وشاشة تجعل من الممكن البرمجة مباشرة على الآلة. وهذا ما نسميه البرمجة في الورشة.

إن لوحة الأزرار والشاشة تقدم أيضاً إمكانية إدخال وتحسين البرامج في الموقع.

وهذه ميزة حاسمة عند مقارنة أنظمة NC مع أنظمة CNC حيث يتم التوفير بشكل واضح في زمن التطوير والإضافات.

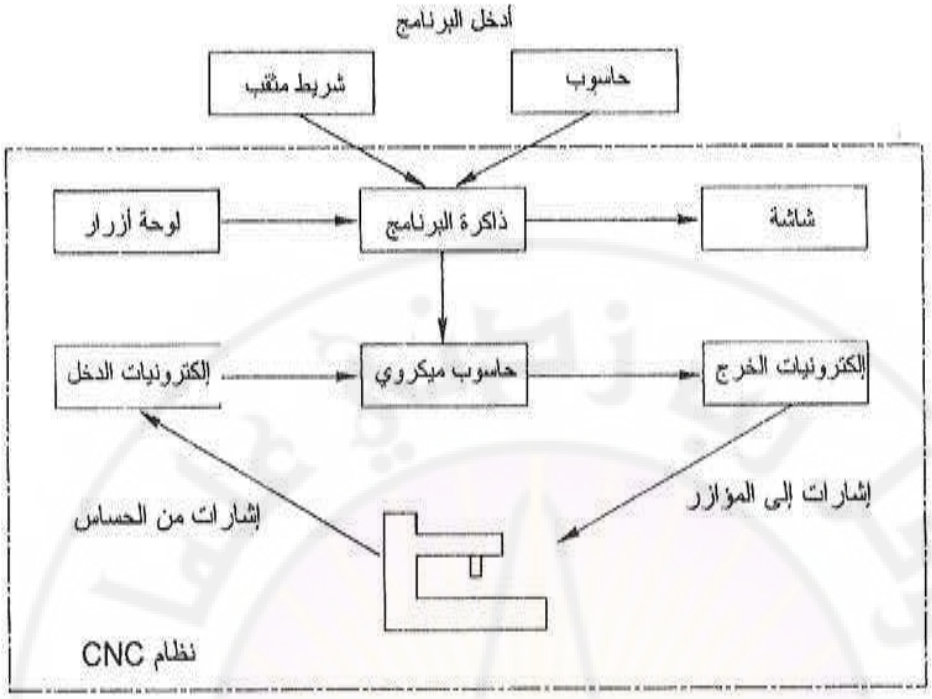
باستخدام الحواسب الميكروية من السهل برمجة عمليات الحسابات المعقدة والكثيرة التكرار واللازمة لتشغيل المنحنيات المعقدة.

إن سرعات القطع والتغذية يمكن أن تحدد بالمزايا الأفضل. والحاسوب يمكنه اختبار وإعطاء القيم باستمرار ولهذا يحدد قيم المعايرة الأفضل.

إن أنظمة الاختبار المتكامل والتحليل والتي يمكنها فقط بمعونة الحواسب الميكروية أن تضمن قدرات عالية في أنظمة CNC. وشاشات أنظمة التحكم تظهر بنفسها وتكتب الأخطاء المحددة بشكل مستقل عن المستخدم.

أما لغات البرمجة فتوافق بشكل جزئي لتلك المدروسة في نظام NC لكن وبالحقيقية تلائم متطلبات المنتجين.

إن أهم عناصر نظام CNC موضحة في الشكل (7-49):



الشكل (7-49) - عناصر نظام CNC

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثامن
الشبكات

8-1 - مقدمة:

في تقنية التحكم يصمم نظام شبكات ربط عندما يلزم ربط عناصر تحكم مختلفة مع بعضها وتبادل المعلومات.

إن وظيفة تحكم مكثف من المنطقي تقسيمها إلى عدة وظائف فرعية، حيث يمكن ضمان حل كل وظيفة تحكم فرعية بوساطة نظام تحكم محدد، مثلاً PLC أو نظام NC. لهذا فإن الشبكة تنتج من عدة أنظمة تحكم مختلفة على الأغلب والتي توصل مع بعضها بعضاً.

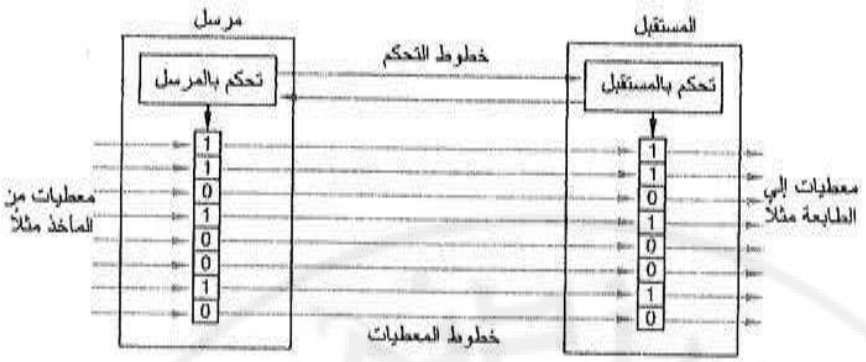
إن النماذج المختلفة لنقل المعطيات بين عناصر الشبكة والأساليب المختلفة لوصل الشبكات سوف نبحثها في هذا الفصل.

8-2- كيف ترسل المعطيات: الإرسالالمتوازي للمعطيات في اتجاه واحد:

يوضح الشكل (8-1) مبدأ هذا النموذج من النقل. وكل خانة معطيات لها خط النقل الخاص بها. المعطيات مثلاً حرف هجائي أو رقم ينقل بشكل خانات متوازية من المرسل (مثلاً مدخل المعطيات) إلى المستقبل (مثلاً الطابعة).

وتلزم بعض خطوط التحكم الإضافية لضمان التزامن بين المرسل والمستقبل. وعبر خطوط التحكم هذه، فإن الطابعة تبلّغ مدخل المعطيات فيما إذا كانت جاهزة لاستقبال الحرف، ومدخل المعطيات يبلغ الطابعة أن الحرف قد أرسل.

إن الأسلوب الذي يتم فيه التزامن ليس نظامياً ولكن النظام قد طور عن طريق شركات التصنيع الإلكترونية. لهذا فإنه حيث تستخدم الجسور البينية المتوازية تلك فإننا نكون في الحديث أيضاً عن الجسور البينية المصنعة من قبل هذه الشركات.

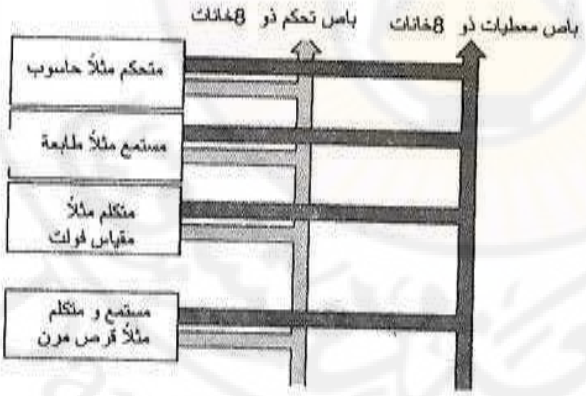


الشكل (8-1) - مبدأ نقل المعطيات المتوازي.

المسافة بين المرسل والمستقبل قد لاتزيد على 8 أمتار على الأكثر لأن خطوط النقل قد تتشابك ويحدث عطب في الإشارة. إن سرعة البث تعتمد بشكل رئيس على الدارة وقد تصل نظرياً إلى 1m byte/sec، (1 مليون حرف / ثانية) (على كل حال فإن الخط يمكن أن يكون فقط بطول متر واحد).

- النقل (البث) المتوازي في عدة اتجاهات:

إذا تطلب الأمر وصل عدة أجهزة مع بعضها بعضاً حسب مبدأ النقل المتوازي، فإن دقة محاور مسار المعطيات ضرورية في هذه الحالة (الشكل 8-2).



الشكل (8-2) - بنية أنبوب IEC

إن الجهاز يقسم إلى أربع مجموعات:

- متكلمات قابلة للإرسال فقط، مثلاً محولات.

- مستمعات قابلة للاستقبال فقط، مثلاً طابعات.
- متكلمات / مستمعات يمكنها أن ترسل وتستقبل، مثلاً أقراص مرنة.
- ضوابط (وحدات تحكم) بمحاور تبادل المعطيات، مثلاً الحواسب.

كل جهاز يمتلك عنوان محدد. يقرر المتحكم بين أي جهازين يجب أن يتم تبادل المعطيات.

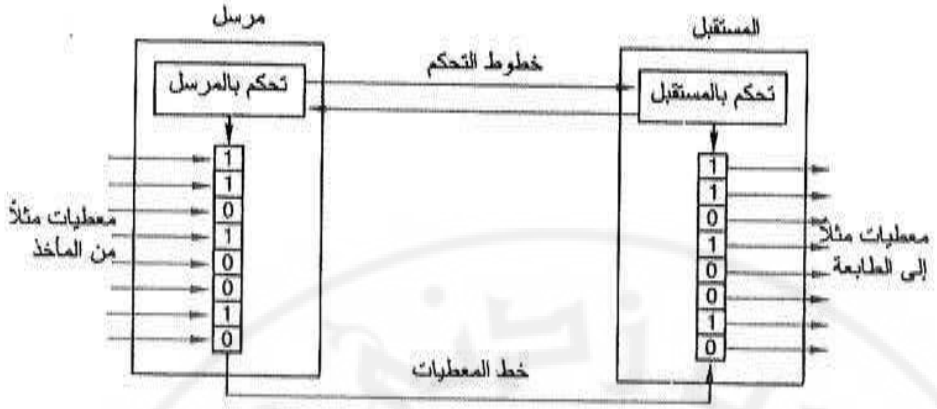
وهناك مواصفتان نظاميتان تصفان كيف يعمل الجسر البيني: المواصفة IEC-625 والمواصفة IEEE-488. إن عدد المعطيات وخطوط التحكم يحدد بالمواصفة بعدد 8 لكل منها. ويمكن وصل 30 جهازاً إلى الأنبوب، إن نظام الخطوط الكامل قد يكون أطول من 20m. وسرعة البث الأعظمية ما بين 500-250 كيلوبايت/ثانية.

على العموم يمكن القول إن سرعة البث النسبية (عدة مئات آلاف الحروف / ثانية) يمكن تحقيقها بالجسر البيني المتوازي. على كل حال، إن طول البث محدد بعدة أمتار.

- النقل المتتالي للمعطيات:

إن المبدأ موضح في الشكل (8-3). ويتوفر خط واحد فقط لنقل المعطيات المتتالي. وهذا يعني أن قطعة معطيات من 8 خانات، مثلاً يجب أن ترسل خانة خانة من مسجل الإرسال عبر خط المعطيات إلى مسجل الاستقبال. لهذافإننا نتكلم عن نقل حروف متتالٍ. ويوجد تحديد هنا بين نقل المعطيات المتزامن وغير المتزامن. مع نقل المعطيات غير المتزامن، فإن المعطيات يمكن أن ترسل في أي لحظة، ويتم استرداد النبضة من خلال حرف البدء وحرف التوقيف. أما في العملية المتزامنة، فإن المرسل والمستقبل لهما زمن النبضة نفسها عند ترتيبهما. وهنا يلزم خطوط التحكم.

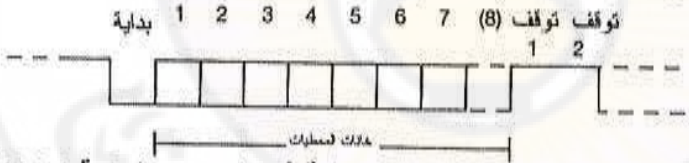
إن المواصفات الوظيفية، الكهربائية والميكانيكية لبث المعطيات المتتالي يمكن أن نجدها أيضاً في المواصفات القياسية. والأشكال الأكثر استخداماً للمواصفات القياسية هي الجسور البينية V.24 و RS232 (وهذه الجسور البينية على الأغلب متطابقة). بهذه الطريقة فإنه يتم ضمان أن أجهزة المنتجين المختلفة يمكنها أن تتبادل المعطيات. إن الجسر البيني V.24 هو جسر بيني غير متزامن.



الشكل (8-3) - مبدأ النقل المتتالي للمعطيات

إن عدم التزامن يحقق من خلال إشارات جاهزة. والمرسل مثلاً يمرر فقط المعطيات إلى المستقبل عندما يكون المستقبل قد أنجز إرسال إشارته عن جاهزيته للاستقبال.

وفترة الإرسال للمعطيات الحرفية تحدد شكل المعطيات(الشكل (8-4)). قبل إرسال أول حرف معطيات، يرسل حرف (خانة) البدء والذي يكون على وضعية مستوى الصفر المنطقي. بعدها، ترسل سبعة أو ثمانية أحرف معطيات، والأول منها ذو القيمة الأقل يأتي في البداية. بعدها يرسل حرف (خانة) اختبار (حرف التساوي). للإنهاء، يرسل حرف أو حرفان (خانتين) للتوقف.



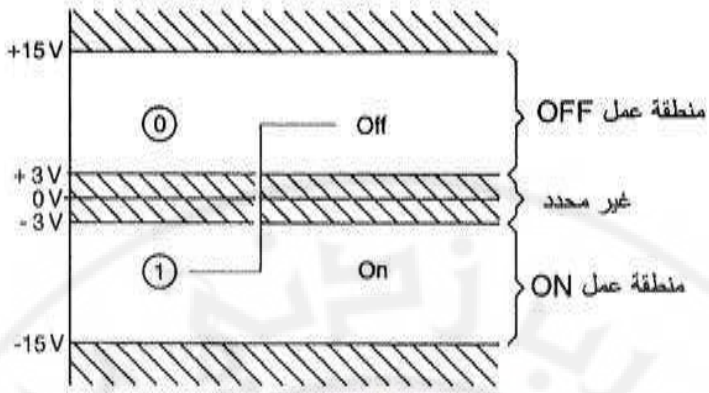
الشكل (8-4) - شكل المعطيات المتتالية في الجسور البينية V.24

إن سرعات البث قابلة للاختيار بحرية ضمن مجال عمل محدد. والمرسل والمستقبل يجب أن يوضعا على السرعة نفسها. وسرعة البث يرمز لها أيضاً بمصطلح البود، ومعدلات البود المعروفة هي: 75، 110، 135، 150، 300، 1200، 2400، 4800، 9600، 19200 حرف/ ثانية (بود).

إن الخصائص الكهربائية تحدد مستوى الإشارة (الشكل 8-5). إذا كان جهد الإشارة على خط المعطيات مقابل لإشارة الأرضي أكبر من 3V وكان:

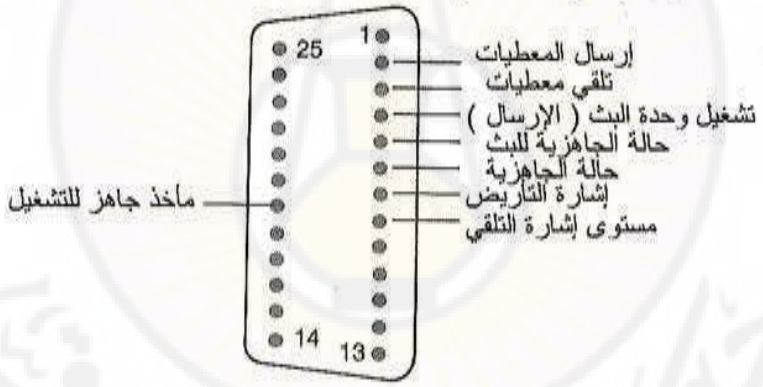
a) سالباً، حالة الإشارة «واحد» مطبقة، وفق الحرف الثنائي «1» (حالة تأشير).

b) موجباً، حالة الإشارة «صفر» مطبقة، وفق الحرف الثنائي «0» (حالة فراغ).



الشكل (8-5) - مستوى الإشارة في الجسر البيني V.24

إن حالة الإشارة غير محددة في معدل البث 3V+ إلى 3V-. والوصل لخطوط الجسر البيني بين جهازين يتم بوساطة مأخذ ذي 25 خطاً. الشكل (8-6) يوضح مأخذ V.24 ذا خطوط الإشارات الأكثر أهمية.



الشكل (8-6) - مأخذ ذو 25 خطاً للجسر البيني V.24 مع الإشارات الأكثر أهمية

- الجسر البيني ذو حلقة التيار 20mA (TTy):

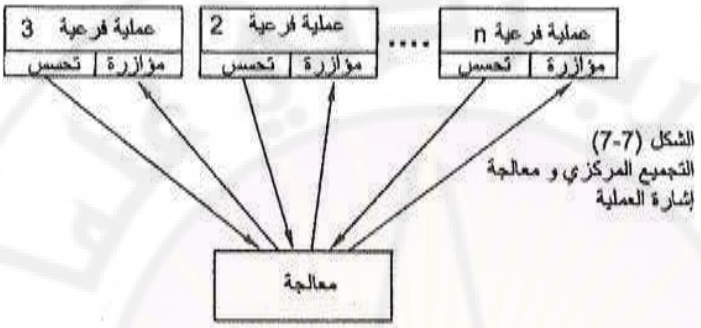
هو واحد من أقدم الجسور البينية المتتالية. ويستخدم لقيادة طابعات التلكس (المبرقة TTy). ويحدث الإرسال على طول زوج من خطوط المرسل والمستقبل، الإشارة المنطقية 0 ترسل من خلال تيار 20mA، والإشارة المنطقية 1 من خلال قطع هذا التيار.

إن الخواص التشغيلية للجسر البيني V.24 يمكن أن تتطابق مع الجسر البيني ذي

حلقة التيار 20mA.

8-3- الأنظمة اللامركزية:

في الماضي كان أميز للزبون الجمع مابين تجميع العمليات كافة والمعالجة المركزية للإشارات. وكانت المعالجات وعناصر التحكم تجمع في خزانة تحكم مركزية. الشكل (8-7) يوضح مخطط مثل هذا النظام.

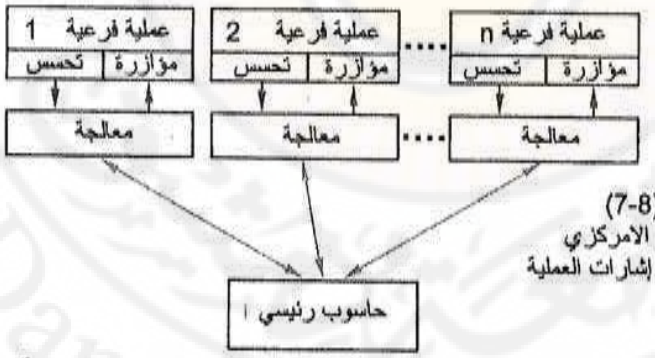


الشكل (7-7)
التجميع المركزي و معالجة
إشارة العملية

الشكل (8-7)- التجميع المركزي ومعالجة إشارة العملية

أما في أنظمة الأتمتة العصرية، فإن مهمات التحكم المكثفة يمكن أن تحل بشكل فعال أكثر إذا تم توزيع هذه المهمات على أنظمة مستقلة ذات اكتفاء ذاتي.

البنية اللامركزية موضحة في الشكل (8-8).



الشكل (8-7)
التجميع الامركزي
و توليد إشارات العملية

الشكل (8-8)- التجميع اللامركزي وتوليد إشارات العملية

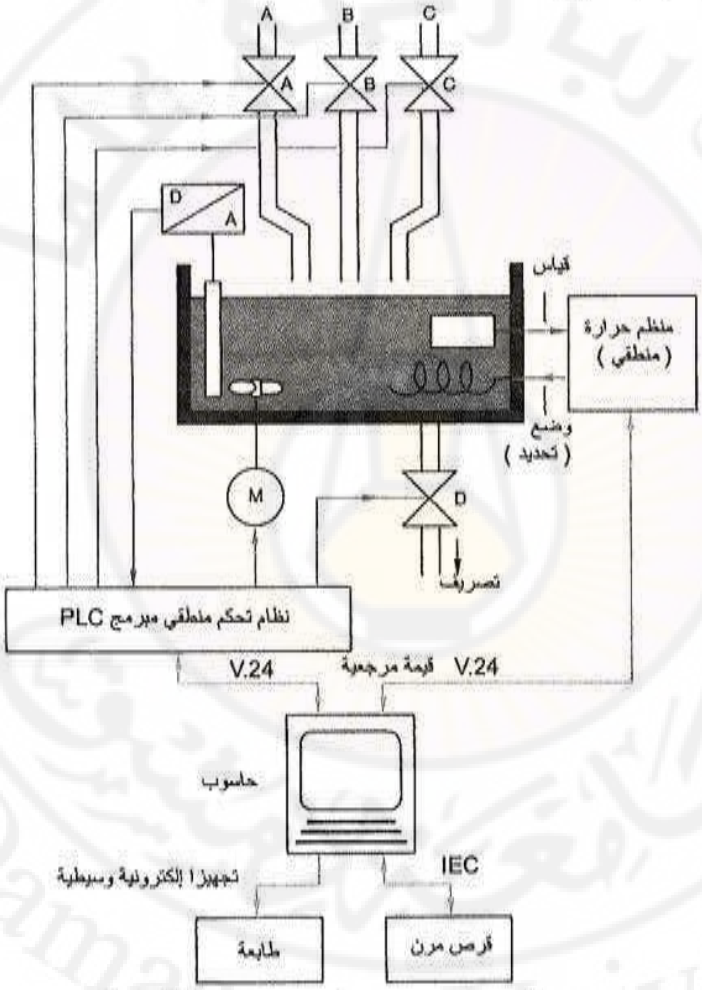
إن أقسام التحسس، الموازرة والمعالجة في الأنظمة الفرعية توصل إلى حاسوب مركزي وهو يقوم بتقييم الإشارات المطبقة من قبل كل عملية فرعية ويرسل إشارات

التحكم بالاتجاه المعاكس.

هذه الأنظمة الفرعية يمكن تنفيذها بعدة طرائق، مثلاً PLC أو حاسوب مفرد اللوحة يجب أن تستخدم كأنظمة تحكم للعمليات الفرعية. حاسوب العملية، حاسوب شخصي أو لوحة رئيسة يمكن استخدامها كحاسوب مركزي.

8-4- مثال تطبيقي:

الشكل (8-9) يوضح مثالاً على مهمة تحكم بسيطة من تقنية التحكم الكيميائي كمثال على الربط بشبكة بين أنظمة مختلفة.



الشكل (8-9) - مجموعة خلط السائل كمثال على شبكة أنظمة تحكم مختلفة

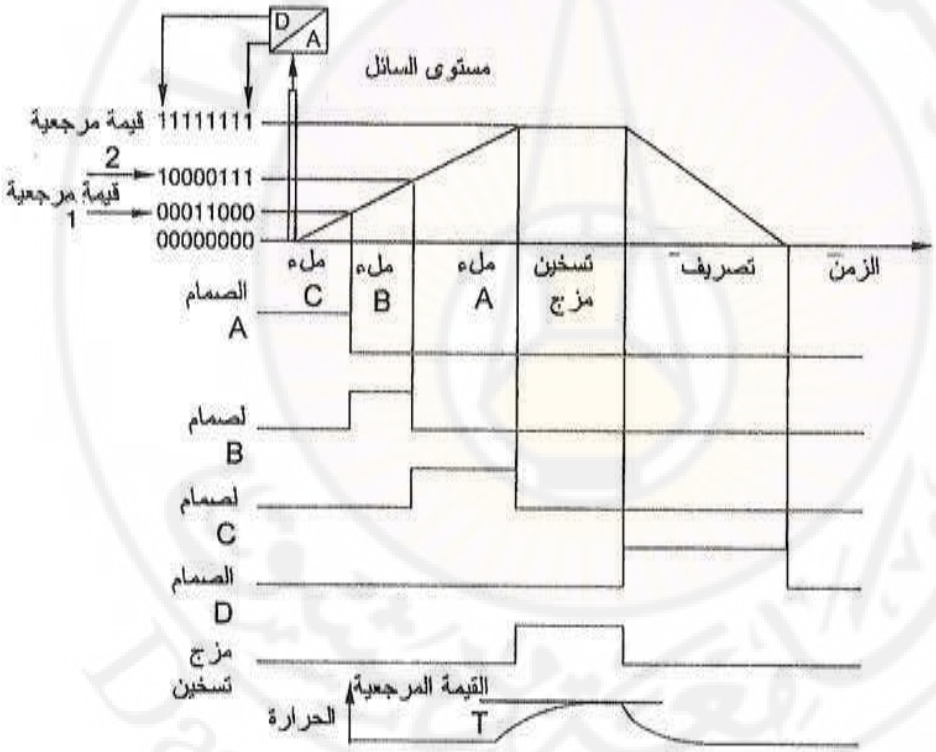
في مجموعة خلط السوائل، ثلاثة سوائل مختلفة (B,C و A) تمزج بنسب

محددة. التعبئة تتم من خلال ثلاثة صمامات (A و B,C)، والتصريف من خلال صمام واحد (D). قبل سحب الخليط يتم تسخينه إلى درجة حرارة مرجعية محددة مسبقاً هي (T).

إن جهاز PLC مسؤول عن التحكم بالصمامات والمزيج، ودرجة حرارة المزيج يتم ضبطها إلى درجة الحرارة المرجعية بوساطة تأثير جهاز تحكم ثنائي الخطوات.

الكمبيوتر المسيطر يحضر القيم المرجعية للمزيج ودرجة حرارة الخلط ومسؤول عن توجيه جهاز PLC والمنظم. بالإضافة إلى ذلك فإن الحاسوب له وظيفة تخزين معطيات التشغيل وإخراجها إلى الطابعة لتوثيقها.

الشكل (8-10) يوضح مخططاً لتوضيح عملية التحكم هذه.



الشكل (8-10) - مخطط الفترات لمجموعة مزج السائل

إن القيمة المرجعية 1 و 2 التي تحدد نسبة المزيج تأتيها من الحاسوب إلى PLC. والآن جهاز PLC يتحكم بفترة الاستمرار. أولاً، يفتح الصمام A، والسائل A

يسيل الآن إلى الخزان. معدل منسوب السائل الآن يزداد حتى القيمة المحددة بالقيمة المرجعية 1 والتي وصلها الآن.

مستوى السائل في الخزان يحدد بوساطة وسائل منطقية باستخدام مسبار القياس السعوي ويحول إلى قيم ذات أرقام بثماني خانات. في جهاز PLC هذه القيمة تقارن مع القيمة المرجعية المخزنة. فإذا كانت القيمة المرجعية والقيمة الحقيقية متطابقتين، فإن الصمام A يغلق ويفتح الصمام B.

بعدها يسيل السائل B حتى الوصول إلى القيمة المرجعية 2. وعندها يغلق الصمام B ويفتح الصمام C. السائل C يسيل حتى الوصول إلى القيمة العظمى (الخزان ممتلئ)، القيم المرجعية 1و2 تحددان نسبة الخليط A:B:C.

عند الوصول إلى المستوى الأعظمي للسائل، فإن محرك المزج يعمل ويعطي إشارة إلى الحاسوب والذي بدوره يشغل منظم الحرارة. إن المنظم يضبط درجة الحرارة إلى القيمة المرجعية ويعلم الحاسوب عند الوصول إلى القيمة المرجعية.

بعدها يطلب الحاسوب من جهاز PLC إيقاف محرك المزج وفتح صمام التنفيس D للتفريغ. وعندما يفرغ الخزان، فإن الدورة تكون قد اكتملت. وتبدأ الآن دورة جديدة بالقيم المرجعية نفسها أو بقيم أخرى معدلة. إن توصيل المعطيات بين منظم PLC والحاسوب ينفذ عن طريق جسور بينية متتالية من نوع V.24: الحواسب والطابعات تتصل من خلال جسور بينية متوازية. والحاسوب والقرص المرن من خلال جسر بيني متوازٍ IEC.

5-8- بنية الشبكة:

يوجد عدة أشكال مختلفة لربط الحاسوب المركزي إلى العناصر المستقلة (المستخدمين) في الشبكة.

في المثال التطبيقي يوجد توصيلة بين الحاسوب والمستخدم (PLC)1 ووصلة أخرى بين الحاسوب والمستخدم الثاني 2 (المنظم). إن بنية الشبكة من هذا النوع نسميها الشبكة النجمية الشكل. إذا كان هناك عدة مستخدمين متوضعين بشكل مستقل الواحد عن الآخر ومتصلين معاً بهذا الأسلوب. فإنه ينتج نظام معقد من الكوابل والتي تسيء بسرعة إلى المزايا البينية اللامركزية لنظام التحكم. لهذا السبب، فقد طورت بنيات شبكات أكثر ملاءمة لمثل هذه الظروف.

- البنية الحلقية:

في هذا النوع من البنيات فإن الحاسوب يرسل عدداً محدداً من المعطيات (مثلاً قيمة مرجعية) على الجزء الأول من الدارة. المستقبل 1 يستقبل هذه المعطيات ويفحصها. فإذا كانت ملائمة له، يقيّمها. وإذا لم تكن ملائمة يمرر هذه المعطيات.

فهذه الطريقة تمرر المعطيات من مستخدم إلى آخر إلى أن تصل إلى المستخدم الذي تلزمه وتلائمه هذه المعطيات.

وبهذا الأسلوب من الممكن تمرير المعطيات عبر مسافات كبيرة، على كل حال فإن هذا الأسلوب له عيب وهو أن النظام بكامله سوف يتوقف في حالة فشل (عطل) مستخدم واحد من بين المستخدمين كلهم. الشكل (8-11).

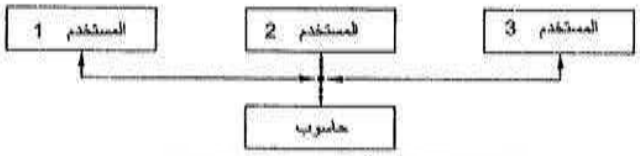


الشكل (8-11) - شبكة حلقية

- الشبكات النجمية الشكل:

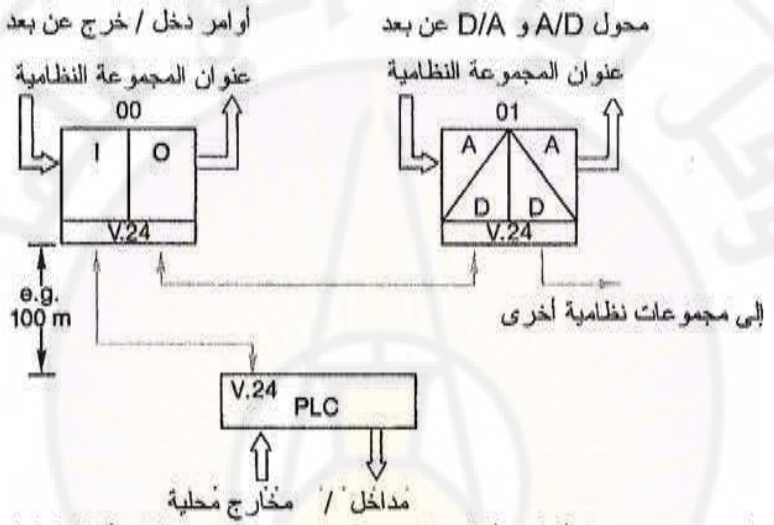
إن المستخدم في هذه الشبكة متصل على خط مواز لخط آخر. بهذا الأسلوب أيضاً، فإن كل مستخدم يحتاج إلى اختبار فيما إذا كانت المعطيات المحررة بوساطة الحاسوب تلائمه أم لا. إن طول الخط محدود في هذا النظام، وإذا لزم الأمر يمكن وصل مضخمات معه.

إن فشل أحد المستخدمين لايؤثر في قابلية عمل المستخدمين الآخرين. الشكل (8-12). وفي عدة تركيبات، مثلاً في محطات الطاقة وتجهيزات المعالجة الكيميائية، يوجد مسافات كبيرة بين لوحة التحكم، الضوابط، نقاط القياس ونقاط التحكم.



الشكل (8-12) - الشبكة النجمية الشكل

الشكل (8-13) يوضح بنية لنظام ذي شكل مبسط.



الشكل (8-13) - بنية شبكة لجهاز PLC مع وحدات نظامية للتشغيل من بعد

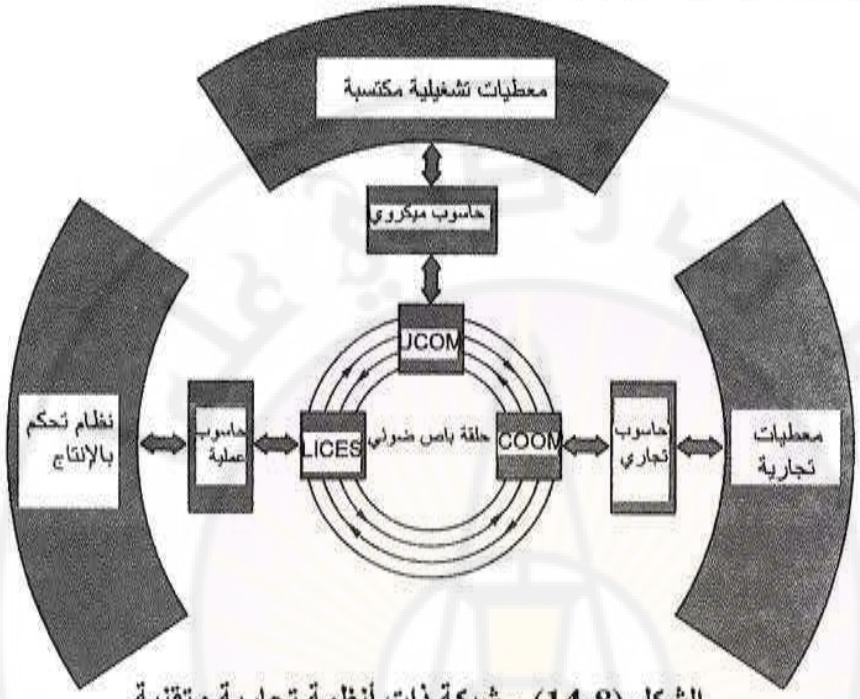
في هذا المثال فإنPLC متصل مع وحدات نظامية دخل / خرج عن بعد ومحول منطقي - رقمي. إن شركة فيستو تنتج أنظمة PC-IFS ذات وحدات نظامية مختلفة حتى عدد 16 يمكن وصلها على التتالي في شبكة بهذا الأسلوب.

كل وحدة نظامية تعطى عنواناً فعالاً فقط للوحدة النظامية التي يمكن لجهاز PLC عبرها إرسال المعطيات أو استقبال معطيات عبرها من الوحدة النظامية.

إن القواعد التي يتم تبادل المعطيات وفقاً لها بين المستخدمين للشبكة، يمكن الرمز لها بمصطلح « بروتوكول نقل المعطيات ». ويوجد أساليب عديدة مختلفة، والتي تحتاجها عدة نقاط لم نبحثها هنا.

8-6- مثال على توصيل شبكة لعملية: (استخدام حواسيب تجارية وتقنية):

الشكل (8-14) يوضح شكلاً تخطيطياً عن كيفية ترتيب مناطق التحكم بالإنتاج الفرعية، الحصول على معطيات الإنتاج والحصول على المعطيات التجارية لكي نتمكن من نمذجة الاتصال بين الواحد والآخر.



الشكل (8-14) - شبكة ذات أنظمة تجارية وتقنية

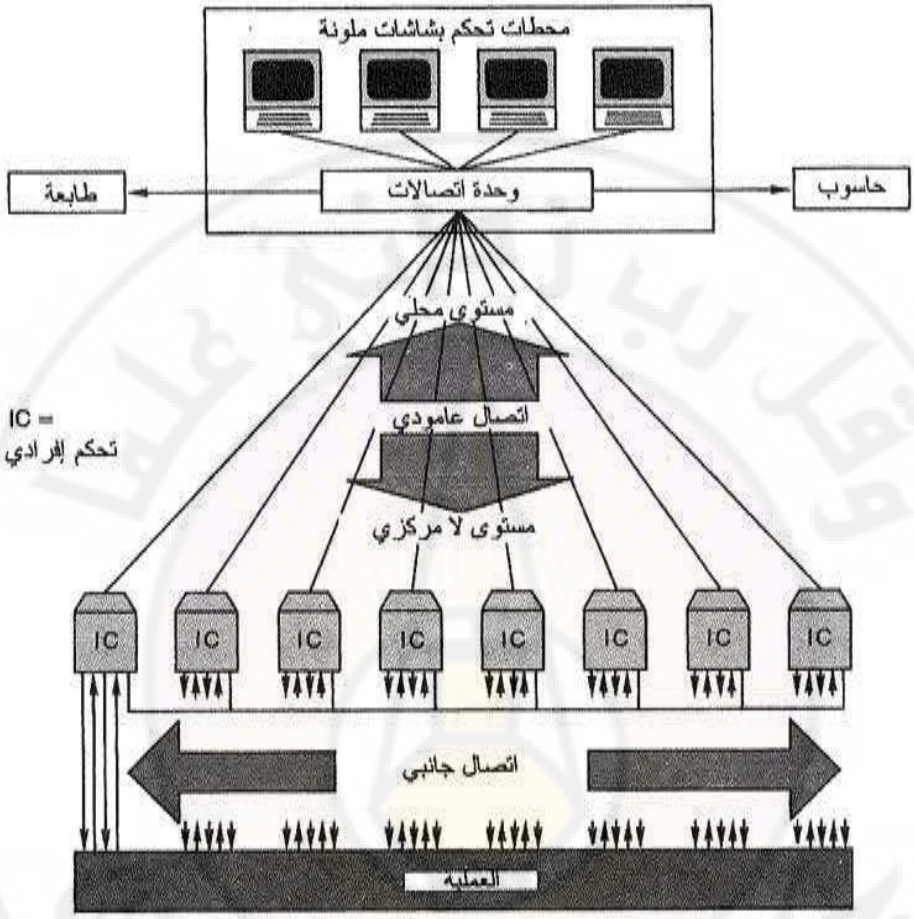
- تقنية نظام المراقبة:

باستخدام هذه التقنية، فإنه من الممكن تطوير نظام أتمتة مبني على أساس دارة وبرنامج بشكل نظامي. إن البرنامج يجب أن يكون نظامياً إلى حد كبير بحيث يمكن ربطه مع عمليات صناعية مختلفة. والربط يتم مع أنظمة موجودة فعلاً ولهذا فإن توسيع هذه الأنظمة يجب أن يكون قابلاً للتنفيذ. الشكل (8-15).

إن عمليات (مهام) مهمات النظام توزع إلى عدة مناطق وظيفية:

- مجال التأثير مع أجهزة تحكم إضافية (ضوابط تنظيم) متصلة مباشرة إلى العملية بوساطة جهاز تشغيل PLC مستقل.
- مناطق عمليات فرعية لمعالجة المعطيات ومجموعة تحكم بالإضافة إلى مناطق التحكم المستقلة ومهمات التحكم المستقلة.

• مناطق التحكم بالعملية حيث تتجمع المعطيات المكتسبة ومن مناطق يحدث فيها التحكم بالعملية، التشغيل والنمذجة.

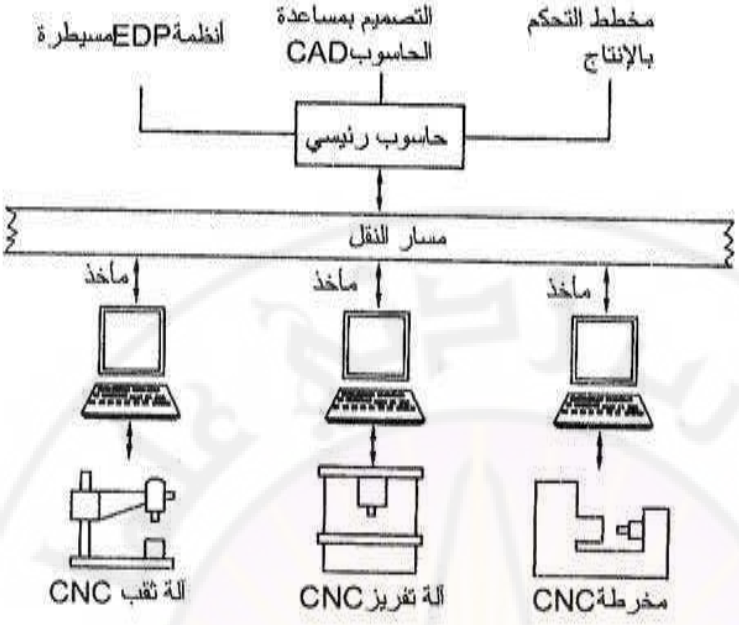


الشكل (8-15) - تقنية نظام المراقبة

- شبكات DNC:

إن أنظمة التحكم NC و CNC قد وردت في الفصل الخاص «أنظمة التحكم ». وهنا أيضاًفإن الشبكات تلعب دوراً أساسياً. إن آلات CNC متصلة مع بعضها لتشكل شبكة وتخضع لسيطرة الحاسوب. إن المصطلح المعروف لهذه التقنية هو DNC (التحكم الرقمي المباشر).

الشكل (8-16) يوضح شبكة DNC.



الشكل (8-16) - شبكة DNC

إن آلات CNC المستقلة توصل إلى مرابط نظامية أو مآخذ والتي بدورها متصلة مع نظام التحكم إلى حاسوب الإنتاج المركزي.

إن حاسوب الإنتاج يحتوي البرامج والمعطيات للمشغولات كافة المطلوب تشغيلها. وهو يوزع وظائف الإنتاج على آلات التشغيل المختلفة وفقاً لجدول (برنامج). إن آلة CNC يمكنها إعطاء معلومات بالاتجاه المعاكس عن معطيات التشغيل المحددة (مثلاً الأخطاء، معلومات الصيانة، الأعطال) إلى حاسوب الإنتاج.

إن حاسوب الإنتاج يوصل عادة إلى شبكة السيطرة. الوصلات تتم عبر هذه الشبكة إلى أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب، خط الإنتاج وأنظمة التحكم وأيضاً إلى أنظمة EDP.

Damascus University

الفصل التاسع
تقنيـــة المنـاولـــة

9-1- مقدمة:

إن كل تبديل في توضع المشغولة يتطلب عملية مناولة. ومهما يكن الجزء سواء أمشغولة أم أداة قطع. ولفظ الجزء المشغل بشكل خاطئ يمكن أن يتم بحركة الأسطوانة، مثلاً: قلب، تدوير وخراطة الجزء، يحتاج إلى استخدام تجهيزات أكثر تعقيداً يستخدم فيها عدة أسطوانات ومحركات. بعض وظائف المناولة والعناصر اللازمة لذلك سوف نستعرضها في هذا البحث.

9-2- ما هي المناولة (المناولة الصناعية):

إن المصطلح العصري لتقنية المناولة هو « المناولة الصناعية » أو ببساطة «المناولة». هذا المصطلح يشمل أجهزة القمط البسيطة، أجهزة المناولة الأكثر تعقيداً وهكذا حتى الوصول إلى الروبوتات الصناعية والتي نبحثها في البحث القادم.

إن العنصر الأفضل والأسرع في المناولة هو الذراع البشرية. وضمن تحديداتها الفيزيائية (وزن، أبعاد)، وتتوفر فيها الإمكانات كافة مثل القمط، التوزيع، الترتيب، التغذية، التوضيع، الإمساك، التشغيل، السحب، النقل ... إلخ. على كل حال فإننا سوف نصل بسرعة إلى تلك الحدود التي يمكن التغلب عليها فقط بمساعدة الميكانيك.

وبخلاف الذراع البشرية، فإن جهاز المناولة الميكانيكي قادر فقط على أداء عدد محدد جداً من العمليات. لهذا السبب فإنه يلزم عدة أجهزة مناولة عادة في عملية المناولة الأوتوماتيكية.

ليس من الضروري تنفيذ نسخة كاملة عن الذراع البشرية، ومن أجل الجهاز الميكانيكي هناك تحديدات أكثر أو أقل بالنسبة للشكل، القياس، مواد التركيب وخصائص المشغولة المحددة والمطلوب مناولتها.

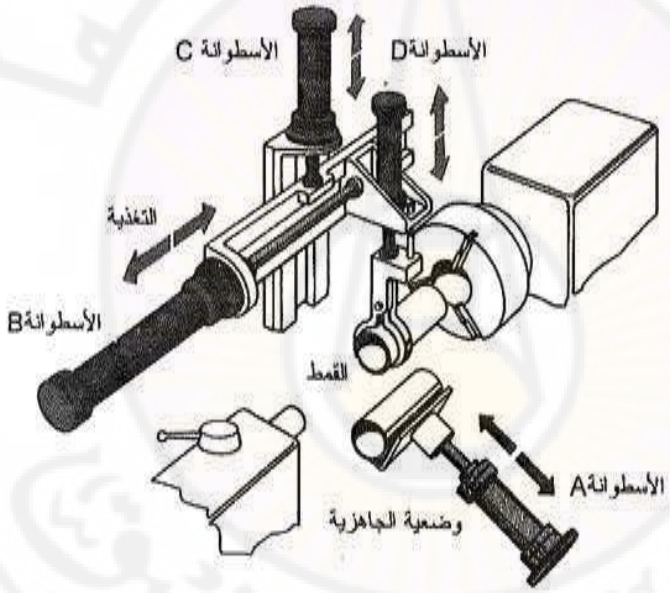
9-3- أمثلة تطبيقية:

جهاز التغذية لمخرطة موضح في الشكل (9-1). هذا الجهاز مصنوع من أربعة أسطوانات هوائية ومخصص لإدخال الأجزاء (المشغولات) الواحد تلو الآخر إلى

ظرف الإمساك للمخرطة لخراطتها.

الأسطوانةA (التحضير) تفصل الأجزاء المطلوب خراطتها وتتولى عملية التوزيع، إلى وضعية الجاهزية للتشغيل. إن الجزء المطلوب خراطته يؤخذ إلى المحور المركزي للآلة (محور المراكز) وهذه الوضعية يمكن أن تنفذ من قبل الأسطوانةD(القمط). الأسطوانات B و C (التغذية) لإدخال المشغولة إلى ظرف الإمساك وتحركها ثانية بعد التشغيل.

وبعد ذلك، فإن الجزء الذي أنجزت خراطته قد يسقط أو يتم التقاطه أيضاً بوساطة عنصر المناولة (الأسطوانة المقابلة A) ويمرر إلى وضعية التوضع الصحيح.



الشكل (9-1) - جهاز التغذية لمخرطة

إن جهاز PLC يناسب كنظام تحكم بوحدة التغذية. ويجب كتابة برنامج لذلك.

أولاً، المهمات الفرعية « تمرير المشغولة إلى آلة التشغيل »

و« سحب المشغولة من آلة التشغيل » يجب أن تحلل. ولكي يكون من الممكن حل هذه المهمات، فإنه يجب تبادل المعلومات بين PLC و آلة التشغيل (MT). الشكل (9-2) يوضح إشارات الجسر البيني الضرورية.



الشكل (9-2) - جسر بيني بين PLC و آلة التشغيل

وهذه الوظائف الفرعية يمكن وصفها بالتفصيل كما يلي:

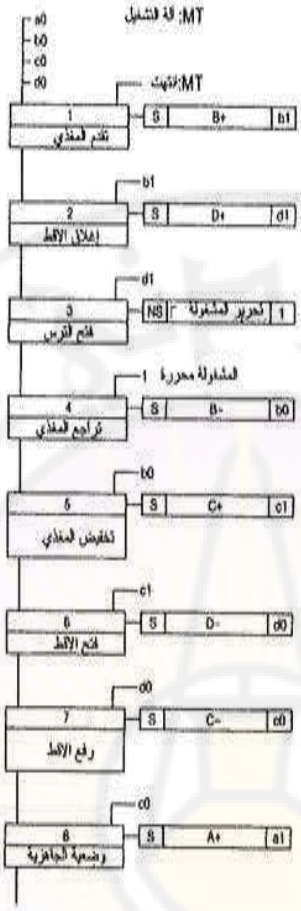
سحب المشغولة من آلة التشغيل (MT):

- إن آلة التشغيل (MT) تخبر PLC أن المشغولة قد أنجزت وبإمكانه سحبها (إشارة « آلة التشغيل أنجزت العمل »).
- يتحرك اللاقط باتجاه آلة التشغيل ويقمط المشغولة. يخبر PLC آلة التشغيل بتحرير المشغولة (إشارة « حرر المشغولة »).
- آلة التشغيل تحرر المشغولة وتجيب بالإشارة « المشغولة حررت ».
- اللاقط يمكنه الآن أن يتقدم مبتعداً عن آلة التشغيل مع المشغولة.

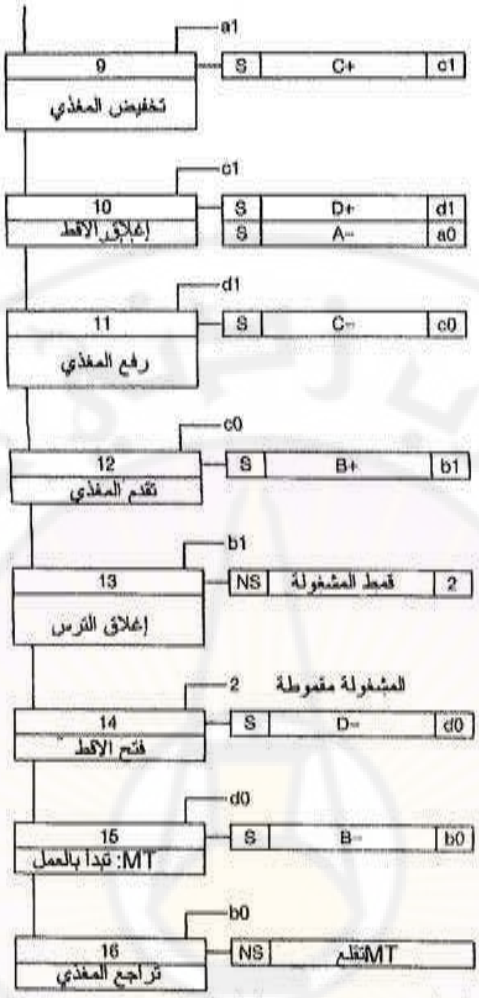
نقل المشغولة إلى آلة التشغيل:

- اللاقط يتقدم مع المشغولة إلى آلة التشغيل ويطلب منها أن تقمط (إشارة«اقمط المشغولة »).
- آلة التشغيل تقمط المشغولة وتجيب بالإشارة « المشغولة ممسوكة ».
- اللاقط يفتح ويتراجع عن الآلة.
- طالما أن اللاقط قد غادر منطقة القمط، فإن جهاز PLC يخبر بأن آلة التشغيل يمكنها أن تبدأ بالتشغيل (إشارة « إقلاع آلة التشغيل»).

إن مخطط العمليات في الشكل (9-3) يوضح الدورة المحددة (سحب المشغولة الجاهزة وإدخال مشغولة جديدة للتشغيل) بالشكل المفصل.



الشكل (3-9) - مخطط الوظائف لجهاز التغذية



الشكل (9-3) - مخطط الوظائف لجهاز التغذية

ولكي يمكن أن نطور منه برنامجاً لجهاز PLC يكون قابلاً للعمل، فإنه من الضروري ربط مداخل PLC إلى حساسات ومخارج PLC إلى المؤازرات. الشكل(9-4) يوضح قوانم التوزيع الدقيق.

Damascus University

```
I FESTO FPC-404/STD/GD                                    PAGE 001 I
I MACHINE ALLOCATION LISTING      VERSION 01    DATE: 11.03.86 I

          INSTRUCTION                    COMMENT
=============================================================
0000 ALLOCATION LISTING MACHINE  V 01
0001                  I 1.0      " LIMIT SWITCH A0
0002                  I 1.1      " LIMIT SWITCH A1
0003                  I 1.2      " B0 HOR. FEED BACK
0004                  I 1.3      " B1 HOR. FEED FORWARD
0005                  I 1.4      " C0 VERT. FEED UP
0006                  I 1.5      " C1 VERT. FEED DOWN
0007                  I 1.6      " D0 GRIPPER OPEN
0008                  I 1.7      " D1 GRIPPER CLOSED
0009
0010                  I 2.0      " MT WORKPIECE CLAMPED
0011                  I 2.1      " MT WORKPIECE RELEASED
0012                  I 2.2      " MT FINISHED
0013
0014                  O 1.0      " CYL.A PREPARE
0015                  O 1.1      " CYL.B HOR. FEED
0016                  O 1.2      " CYL.C VERT. FEED
0017                  O 1.3      " CYL.D GRIP
0018                  O 1.4      " MT CLAMP WORKPIECE
0019                  O 1.5      " MT RELEASE WORKPIECE
0020                  O 1.6      " MT START
```

الشكل (9-4) - لائحة توزيع المداخل والمخارج لوحدة التغذية

مخطط الفترات للبرنامج لوحدة التغذية موضح في الشكل (9-5).

```
I FESTO FPC-404/STD/GD                                    PAGE 001 I
I MACHINE PROGRAM  0.00          VERSION 01    DATE: 11.03.86 I

          INSTRUCTION                    COMMENT
=============================================================
0000 PROGRAM MACHINE   0.0 V 01
-------------------------------------------------------------
0001 STEP 1
0002 IF                  I 1.0      " LIMIT SWITCH A0
0003        AND          I 1.2      " B0 HOR. FEED BACK
0004        AND          I 1.4      " C0 VERT. FEED UP
0005        AND          I 1.6      " D0 GRIPPER OPEN
0006        AND          I 2.2      " MT FINISHED
0007 THEN   SET          O 1.1      " CYL.B HOR. FEED
0008        RESET        O 1.6      " MT START
-------------------------------------------------------------
0009 STEP 2
0010 IF                  I 1.3      " B1 HOR. FEED FORWARD
0011 THEN SET            O 1.3      " CYL.D GRIP
-------------------------------------------------------------
0012 STEP 3
0013 IF                  I 1.7      " D1 GRIPPER CLOSED
0014 THEN SET            O 1.5      " MT RELEASE WORKPIECE
-------------------------------------------------------------
0015 STEP 4
0016 IF                  I 2.1      " MT WORKPIECE RELEASED
0017 THEN RESET          O 1.1      " CYL.B HOR. FEED
0018      RESET          O 1.5      " MT RELEASE WORKPIECE
-------------------------------------------------------------
0019 STEP 5
0020 IF                  I 1.2      " B0 HOR. FEED BACK
0021 THEN SET            O 1.2      " CYL.C VERT. FEED
-------------------------------------------------------------
0022 STEP 6
0023 IF                  I 1.5      " C1 VERT. FEED DOWN
0024 THEN RESET          O 1.3      " CYL.D GRIP
-------------------------------------------------------------
0025 STEP 7
0026 IF                  I 1.6      " D0 GRIPPER OPEN
0027 THEN RESET          O 1.2      " CYL.C VERT. FEED
-------------------------------------------------------------
0028 STEP 8
0029 IF                  I 1.4      " C0 VERT. FEED UP
0030 THEN SET            O 1.0      " CYL.A PREPARE
-------------------------------------------------------------
0031 STEP 9
0032 IF                  I 1.1      " LIMIT SWITCH A1
0033 THEN SET            O 1.2      " CYL.C VERT. FEED
-------------------------------------------------------------
0034 STEP 10
0035 IF                  I 1.5      " C1 VERT. FEED DOWN
0036 THEN SET            O 1.3      " CYL.D GRIP
0037      RESET          O 1.0      " CYL.A PREPARE
-------------------------------------------------------------
0038 STEP 11
0039 IF                  I 1.7      " D1 GRIPPER CLOSED
0040 THEN RESET          O 1.2      " CYL.C VERT. FEED
-------------------------------------------------------------
0041 STEP 12
```

الشكل (9-5) - برنامج PLC لوحدة التغذية (الجزء 1)

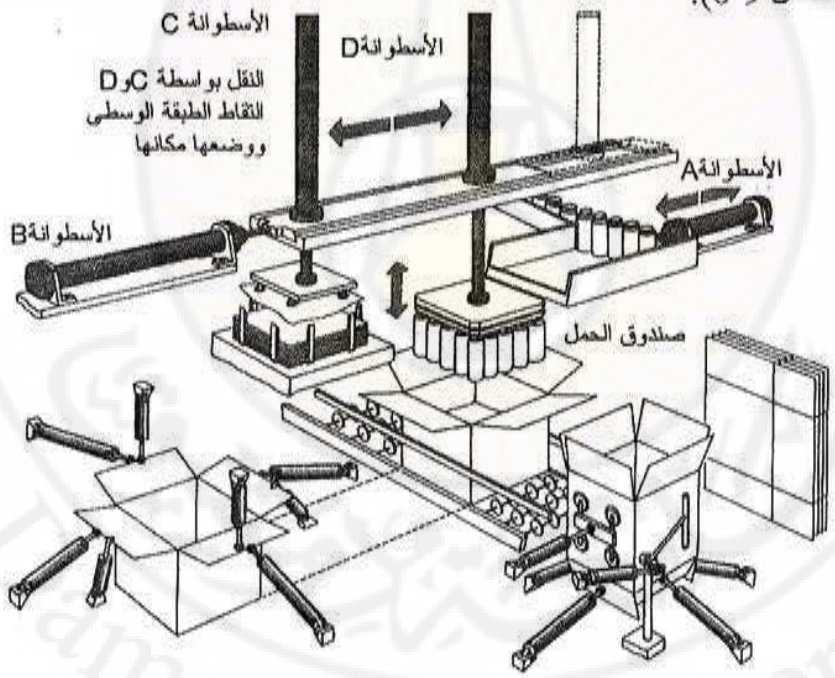
```
+-------------------------------------------------------------------------+
I FESTO FPC-404/STD/GD                                        PAGE 002 I
I MACHINE PROGRAM  0.00          VERSION 01    DATE: 11.03.06 I
+-------------------------------------------------------------------------+

          INSTRUCTION                    COMMENT
=========================================================================
0042 IF              I 1.4        " CO VERT. FEED UP
0043 THEN SET        O 1.1        " CYL.D HOR. FEED
-------------------------------------------------------------------------
0044 STEP 13
0045 IF              I 1.3        " BI HOR. FEED FORWARD
0046 THEN SET        O 1.4        " MT CLAMP WORKPIECE
-------------------------------------------------------------------------
0047 STEP 14
0048 IF              I 2.0        " MT WORKPIECE CLAMPED
0049 THEN RESET      O 1.3        " CYL.D GRIP
0050      RESET      O 1.4        " MT CLAMP WORKPIECE
-------------------------------------------------------------------------
0051 STEP 15
0052 IF              I 1.4        " BO GRIPPER OPEN
0053 THEN RESET      O 1.1        " CYL.D HOR. FEED
-------------------------------------------------------------------------
0054 STEP 16
0055 IF              I 1.2        " BO HOR. FEED BACK
0056 THEN SET        O 1.4        " MT START
0057      JUMP TO    S 1
0058      PBE
```

الشكل (9-5_a) - برنامج PLC لوحدة تغذية (الجزء 2)

- مثال من تقنية التعليب:

إن ترتيب وتغذية الأجزاء لإدخالها في العلب. يتضمن طبقة متوسطة، مع وحدة تغذية (الشكل 9-6).



الشكل (9-6) - ترتيب الأجزاء وتغذيتها لإدخالها في العلب بما فيه طبقة متوسطة باستخدام وحدة تغذية

باستخدام آلة الإدخال هذه، يمكن تنفيذ عمليات أخرى بالوقت نفسه مع التغذية أو بشكل لاحق إن الأجزاء المختلفة والمغذاة عبر السير الناقل ترفع بشكل مستقل وبعد ذلك ترتب في صفوف بوساطة الأسطوانةA، وفقاً لنموذج محدد. وتنقل الأجزاء بوساطة جهاز رفع وفقاً لهذا النموذج أيضاً.

إن الحركة الأفقية لوحدة التغذية تولد بوساطة أسطوانةB. الحركة الشاقولية بوساطة أسطوانات C و D. في الوضعية الموضحة في الشكل، تلتقط الأجزاء بجهاز رفع وتُدخل إلى الصندوق عن طريق تقدم محورالأسطوانة D. بالوقت نفسه، يتقدم محورالأسطوانة C أيضاً وتلتقط اللوح المربع والذي يستخدم كطبقة متوسطة لأنه يجب أن نضع طبقتين من الأجزاء المصنعة. وحالما تراجع محور الأسطوانة C حاملاً الطبقة المتوسطة، فإن الجهاز يتحرك عن طريق تقدم محورالأسطوانة B. في وضعية النهاية للأسطوانة C والتي هي فوق الصندوق والأسطوانة D فوق نقطة تجميع الأجزاء.

عندما يتقدم محورالأسطوانة C، تُدخل الطبقة المتوسطة والطبقة الثانية من الأجزاء يتم رفعها بوساطة الأسطوانة D. وعندما يتراجع محورالأسطوانة B فإن الوضعية المرسومة يتم الوصول إليها مرة ثانية ويتم إدخال الطبقة الثانية من الأجزاء إلى الصندوق. عندها وعندما يتقدم محورالأسطوانة B مرة ثانية، يتم توضيع طبقة متوسطة على الصف الثاني من الأجزاء وتلتقط الأجزاء اللاحقة.

وعندما تتراجع الأسطوانات C و D للمرة الثانية، فإن الصندوق يغلق ويرسل. وفقط عند جلب صندوق جديد (فارغ) إلى وضعية البدء تبدأ دورة تعبئة جديدة.

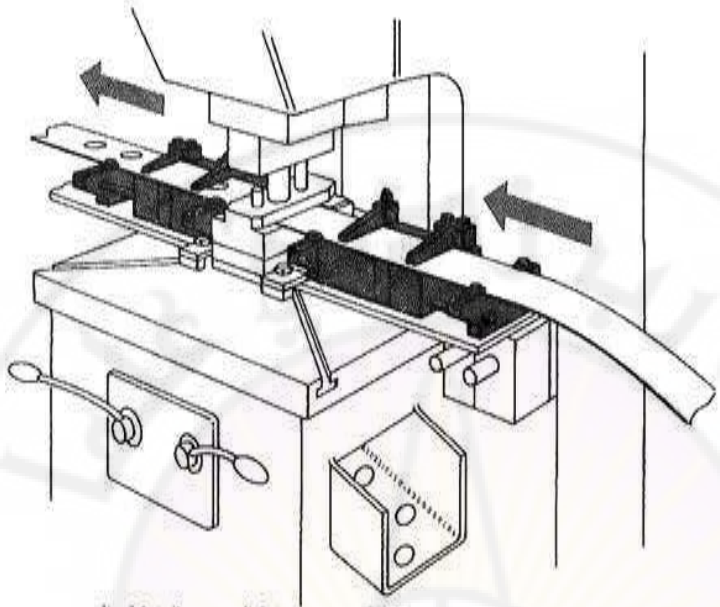
إن وظائف التغذية تنجز بوساطة آلة التعبئة هذه وتشمل دورات ترتيب، فصل وإدخال (تعبئة).

9-4- وظائف المناولة الخطية المقسمة:

إن التقسيم الخطي هو الأسلوب الأكثر ملاءمة في الحالات حيث يجب معالجة مواد شريطية أو قضبانية الشكل في مراحل منفصلة على طول محورها الطولي. ونوضح مثالاً عن التقسيم الخطي في الشكل

(9-7). تقوم الآلة بفتح ثقوب على صفيحة شريطية الشكل من المعدن على مسافات محددة. بعد كل عملية تثقيب، فإن الشريط المعدني (السريدة) يُدفع على طوله بمسافة

محددة ويقمط من جديد. إن القمط والدفع يتمان عن طريق وحدة تغذية هوائية. ووحدة التغذية هذه هي عنصر مناولة مصغر مصنع خصيصاً لتنفيذ وظائف من هذا النوع.



الشكل (9-7) - التقسيم الخطي بوساطة وحدة تغذية

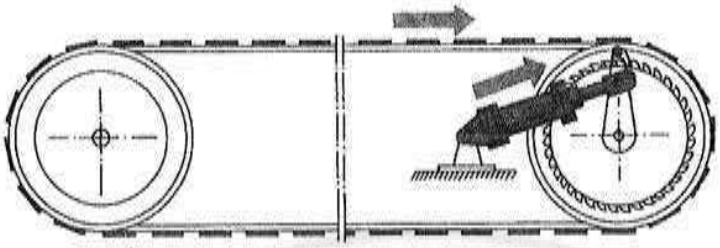
إن حركة التقسيم للسير الناقل يمكن أن نسميها التقسيم الخطي. والأجهزة المناسبة لقيادة مثل هذا السير هي إما المحركات أو الأسطوانات الهوائية ذات إمكانية تحويل شوط الأسطوانة إلى حركة دورانية (ترس وسقاطة).

مثال 1:

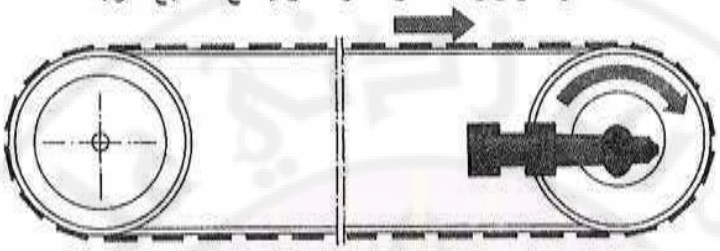
محرك القيادة والتقسيم لسير ناقل ذيأسطوانة هوائية كمؤازر (الشكل (9-8)).

مثال 2:

محرك القيادة والتقسيم لسير ناقل ذي محرك مؤازرة كهربائي كمؤازر ومولد إزاحة دورانية كحساس (الشكل (9-9)).

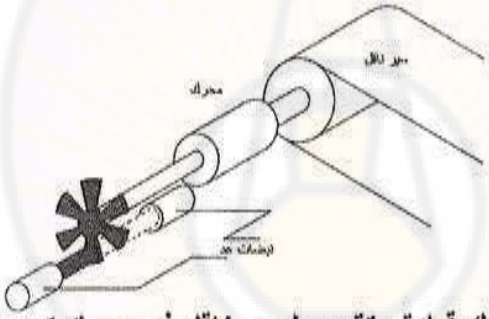


محرك ترس وسقاطة ذو اسطوانة هوائية مع مضاجع متأرجحة



محرك ذو اسطوانة دوارة تتحرك بوساطة وصلة دولاب حذافة

الشكل (9-8) - التقسيم الخطي بوساطة سير ناقل

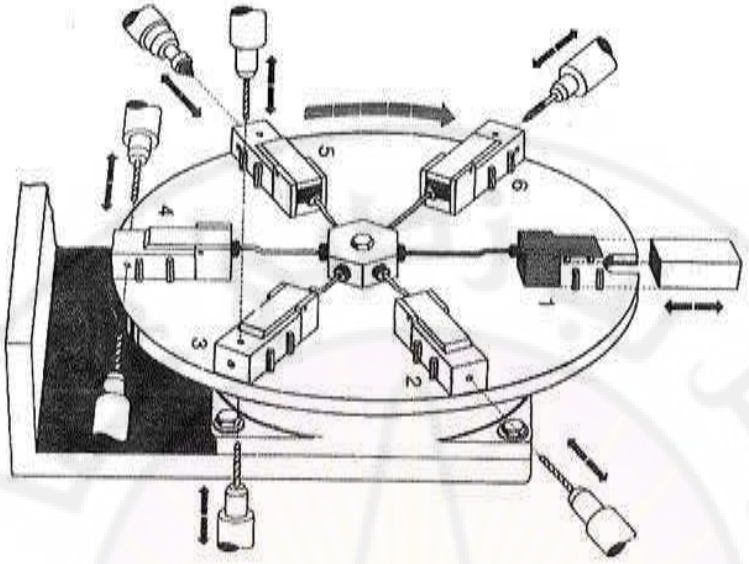


الشكل (9-9) - محرك قيادة وتقسيم لسير ناقل ذو محرك كهربائي ودولاب عداد

9-5- وظيفة المناولة - التقسيم الدوراني:

التقسيم الدوراني يستخدم عندما يطلب تنفيذ عدة عمليات تشغيل على المشغولة. ويجب أن تغذى المشغولة مرة واحدة وتبقى في هذه الوضعية حتى انتهاء عملية التشغيل. وحامل المشغولات المستخدم في هذه الحالة هو طاولة التقسيم الدوارة. فهي تلتقط على الأقل قطعتين. إن فترة التشغيل يمكن تنفيذها في وضعية تثبيت واحدة للمشغولة دونما حاجة إلى تكرار عمليات قمط وإفلات المشغولة. وبالتالي فلا توجد هنا حاجة لتكرار الترتيب في الدورة. التغذية ولفظ المنتج الجاهز محددة هنا بآخر محطة تقسيم دوراني، وبالتالي فإن عدد وظائف التشغيل هنا غير محدد.

نوضح مثالاً على تشغيل مشغولة على طاولة تقسيم دورانية مثبتة شاقولياً في الشكل (9-10).



الشكل (9-10) - التقسيم بوساطة طاولة التقسيم الدوارة (شاقولياً)

وكل مشغولة تشغل بشكل مستقل هنا في ست محطات:

المحطة 1: إدخال المشغولة وسحبها.

المحطة 2: ثقب الوجه الأمامي.

المحطة 3: ثقب السطح والقاعدة.

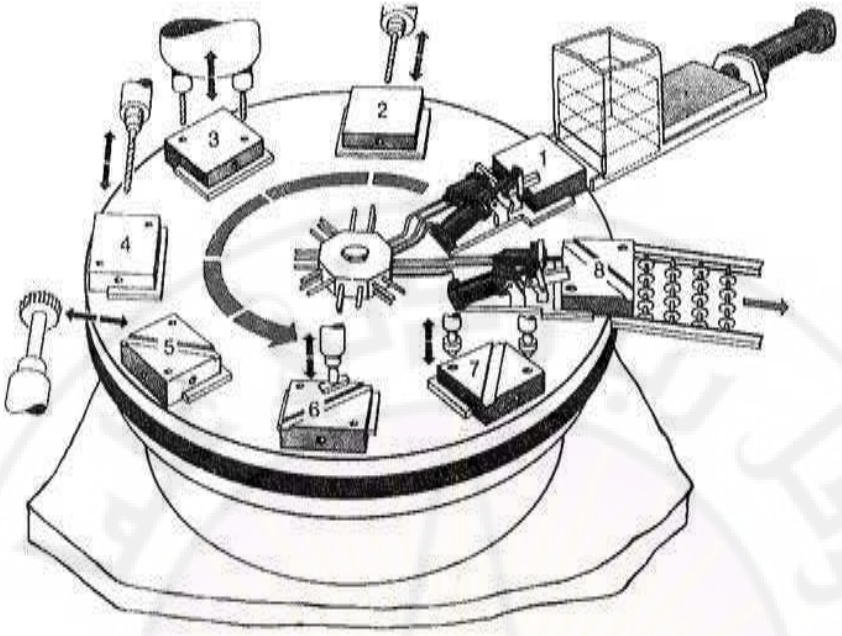
المحطة 4: ثقب الجانبين بزاوية قائمة إلى القمة والقاعدة.

المحطة 5: تخويش الثقب المثقوب في الوجه الأمامي.

المحطة 6: فتح قلووظ في الثقب المفتوح في الوجه الأمامي.

ونورد مثالاً على تشغيل مشغولة على طاولة تقسيم دوارة أفقية في الشكل(9-11).

Damascus University



الشكل (9-11) - التقسيم الدوراني بوساطة طاولة تقسيم دوارة (أفقية)

إن طاولة التقسيم الدوارة هذه لها 8 محطات. المحطات من 2 إلى 7 هي محطات التشغيل، والأمثلة الموضحة تعكس أمثلة مبسطة لعمليات التشغيل المختلفة الممكن تنفيذها. المحطة 1 هي محطة التغذية، المحطة 8 هي محطة اللفظ.

إن طاولة التقسيم الدوارة تقاد إما بمحرك كهربائي ذي قيادة خاصة، أو بمحركات خطوية أو بوساطة وحدات تقسيم دوارة هوائية.

Damascus University

الفصل العاشر
الروبوتـات الصناعيــة

10-1 - مقدمة (ما الروبوت؟):

تخيل الإنسان العادي أفكاراً تصورها حول الروبوتات. فتخيل آلة تشبه الإنسان وقادرة على التحرك بشكل مستقل. لكن ماذا ستكون أفكار إنسان منذ 150 سنة مضت إذا رأى سيارة اليوم؟.

هذا البحث لايركز على الروبوتات المصممة لتشبه الإنسان، لكن سنبحث أكثر في الآلات التي صب فيها الانسان المعلومات المجمعة لديه كافة، والخبرات في تقنية الأتمتة وجمعها فيه.

ولكي نميز هذه الآلات عن المصطلح العام للروبوتات، فإنها تشير عموماً إلى المناولات القابلة للبرمجة بشكل حر أو إلى الروبوتات الصناعية.

10-2- مدخل إلى الروبوت الصناعي:

إن بعض الخصائص المهمة التي تميز الروبوت الصناعي عن الآلات الأخرى هي كما يلي:

- الروبوت الصناعي قابل للبرمجة بحرّية.
- يمكن أن ينفذ مهمات مختلفة.
- يمتلك حرية الحركة في الأبعاد الثلاثة للفراغ.
- مزود بلواقط أو أدوات قطع.

مع أنه أكثر مرونة بكثير، فإن الروبوت الصناعي ينفذ مهمات متشابهة لمناولة الأجهزة الموصوفة في الأبحاث المختلفة. ويمكن للروبوتات أن تقدم مساعدات أكبر لتخليص الناس من الأعمال الثقيلة، التكرارية والمؤذية.

أي مهمات يمكن أن يؤديها الروبوت الصناعي؟.

في مجال المناولة:

- ترتيب الأجزاء.

- مناولة الأجزاء المنتقاة وغير المنتقاة.
- مناولة الأجزاء في الحركة.
- توزيع العمليات.

في مجال تشغيل المشغولات:

- توضيع الأدوات القاطعة والمشغولات.
- تحريك الأدوات القاطعة على طول خطوط التشغيل.

في مجال التجميع:

- القمط، التوجيه وتجميع المشغولات.

- تصنيف الروبوتات الصناعية:

يمكن تمييز فرق عام بين نوعين من أصناف الروبوتات: روبوت الالتقاط - التوضيع البسيط والروبوت الذكي.

في حالة الروبوت البسيط التقاط - توضيع فإن فترات الحركة ممكنة على أساس الحركة من نقطة إلى نقطة. وهو يستخدم عموماً في الأماكن التي يجب أن تنقل فيها الأجزاء من نقطة إلى أخرى، مثلاً تحريك المشغولة من المخزن وتوضيعها على السير الناقل (التقاط - وتوضيع).

- الروبوت الصناعي الذكي:

هذا الروبوت فيه ذاكرة برنامج أكبر ويمكن أن يحسب ويتخذ القرارات. ويمكن برمجة أي مسار ضمن مجال التاثير للروبوت.

- بنية الروبوت الصناعي:

إن الروبوت الصناعي مؤلف من عدة أنظمة فرعية تؤثر بعضها في البعض الأخر. ويمكن أن يوجد فيه الأنظمة الفرعية التالية:

- الحركية.
- المؤازرات (المحركات والمناولات).
- الحساسات.

- المعالجات.
- البرنامج.
- الشبكات (أنظمة متعددة المعالجات ، أنظمة السيطرة).

3-10 - الأنظمة الحركية (ما هي عناصر الحركة فيه؟):

إن الحركة قسم من الفيزياء (الميكانيك) يبحث في حركة الأجسام. وهو لايبحث في القوى المتولدة.

وحيث نبحث في الروبوت الصناعي، فإنه يمكن التمييز بين نوعين أساسيين من الحركة:

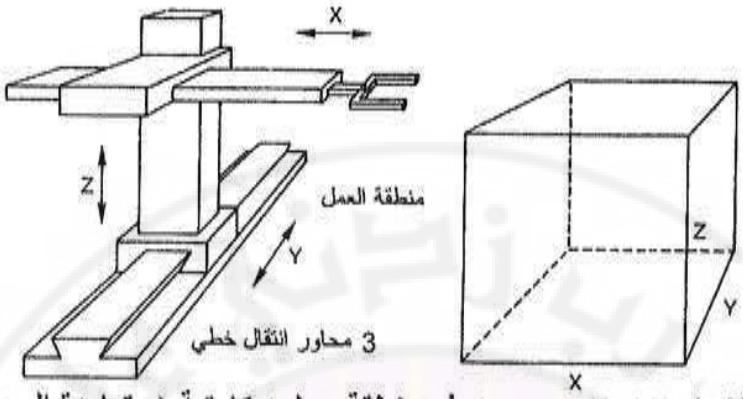
- حركة دورانية (دوران).
- حركة خطية (انسحاب).

إن البنية الميكانيكية للروبوت الصناعي تعتمد على هذه الحركات الأساسية. مثلاً: روبوتات تحتوي حركة واحدة أو حركتين انسحابيتين على طول المحاور و/أو حركة دورانية حول المحاور. إذا امتلك الروبوت محاور حركة أكثر، فإنه أكثر حركية ويمكن عندئذٍ القول إن الروبوت يمتلك عدة درجات حرية حسب عدد محاور حركاته.

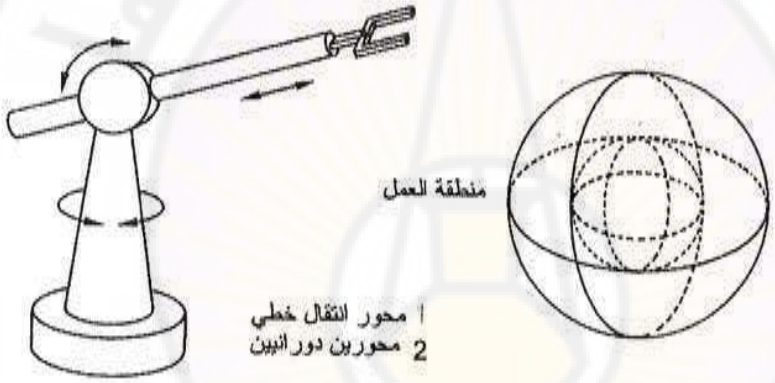
والروبوت الصناعي الأكثر شهرة يتألف من اجتماع 3 محاور حركة أساسية (ثلاث درجات حرية). حركة المحور الرئيس مصممة كحركة كبيرة.

ولكي يتمكن الروبوت الصناعي مثلاً من التقاط مشغولة فإنه يجب أن يحتوي مناولاً مركباً على نهاية حلقة الحركة (الحلقة الحركية). وهو يجب أن يكون قادراً على الحركة لكي يستطيع أن يتوضع بنفسه باتجاه الجسم. وحركة المناول أيضاً مصممة كحركة صغيرة. والمناول يحتوي عادة عدة درجات حرية.

الأشكال (10-1) وحتى (10-4) توضح أربعة أمثلة عن أشكال الروبوت الصناعي ذي 3 درجات حرية.

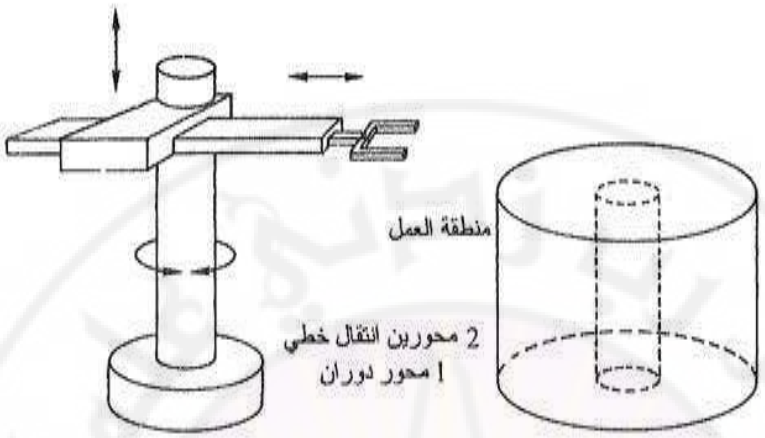


الشكل (10-1) - روبوت ذو منطقة عمل ديكارتية (متعامدة المحاور)

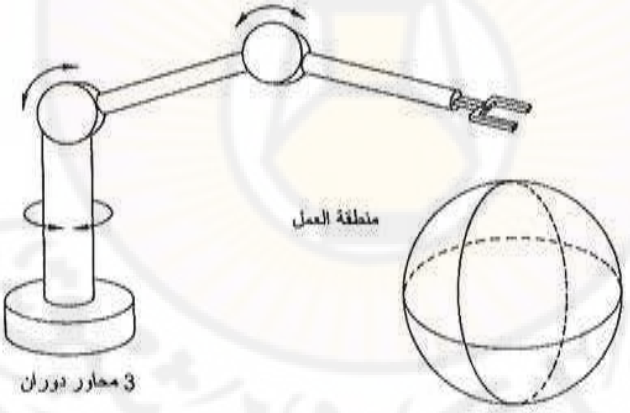


الشكل (10-2) - روبوت ذو منطقة عمل كروية (كرة مجوفة)

Damascus University



الشكل (10-3) - روبوت ذو منطقة عمل أسطوانية (أسطوانة مجوفة)



الشكل (10-4) - روبوت ذو منطقة عمل كروية (كرة مصمتة)

4-10- المؤازرات (المؤازرة) (أنظمة قيادة محاور الحركة):

هذه الأنظمة قد تكون هوائية، هيدروليكية أو كهربائية أو مختلطة. إن المحركات الهوائية ذات كلفة قليلة نسبياً وسهلة الصيانة. وتصميم هذه الأنظمة سهل. والمحاور إما أن تتحرك مباشرة بوساطة أسطوانة هوائية أو بوساطة محركات هوائية.

وبسبب قابلية الهواء المضغوط للانضغاط فإن التوضع الدقيق وسرعة ضغط أذرع الروبوت الصناعي تعد عمليات صعبة التحقيق. لهذا السبب فإن الأنظمة الهوائية للقيادة تستخدم عادة للتحكم بأسلوب من نقطة إلى نقطة (انظر بحث « أنظمة التحكم »).

أما أنظمة القيادة الهيدروليكية فهي دقيقة نسبياً ولكن أكثر كلفة من مثيلاتها الهوائية. وعادة تلزم وحدات هيدروليك مستقلة. واستخدام الصمامات التناسبية، يمكننا من تحقيق الضبط الدقيق للسرعات وأي نقطة يجب الوصول إليها. إن المحركات الهيدروليكية تولّد قوى وعزوم كبيرة. وأنظمة القيادة الكهربائية تركب باستخدام محركات كهربائية مختلفة الأنواع من حيث التصميم.

والمحركات الأكثر أهمية هي محركات المؤازرة DC والمحركات الخطوية. ومبدأ تشغيل هذه المحركات قد شرح في بحث « المؤازرة (المؤازرات) ».

ويمكن تحقيق زمن رد فعل قصير باستخدام محرك DC، وتأمين اقتراب سريع وفرملة بشكل كاف.

إن عدد الدورات / دقيقة يمكن التحكم به بسهولة باستخدام عناصر التحكم الترانزيستورية أو الثايرستورية (منظمات التيار المستمر).

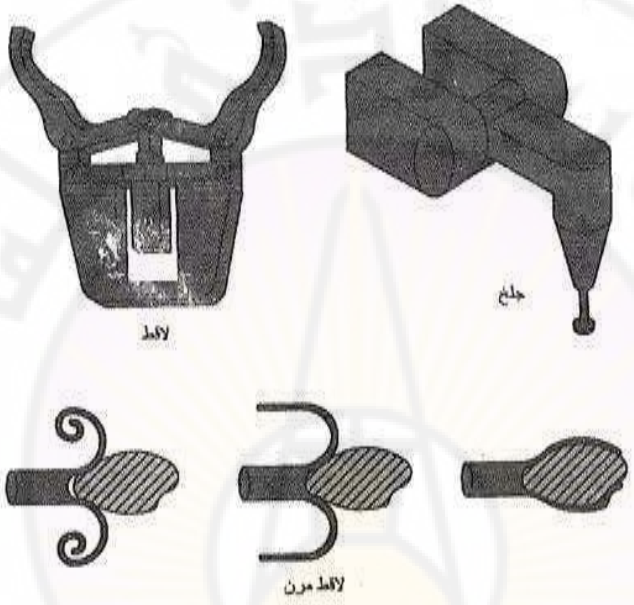
وإن محركات القيادة للمحاور المختلفة مربوطة مع أنظمة قيادة عالية دقة التأثير. مع هذه الأنظمة يمكن تحقيق دقة تكرار (حتى +/-0.4mm) في التوضع وتحقيق سرعات عالية (حتى 1m/sec).

أما المحركات الخطوية فهي قادرة على التوضع الدقيق للمحور القائد بدون أن تلزم معلومات من الحساس.

- اللواقط:

إن اللاقط أو المؤثر هو « ذراع » الروبوت الصناعي الذي يتبادل التأثير مع الجسم المطلوب مناولته. وتوجد نماذج مختلفة جداً من التصاميم المنفذة والتي تلائم الوظائف المختلفة للروبوت الصناعي(المناولة، التجميع، تشغيل المشغولة). إن مرونة هذا العنصر الأخير في حلقة الحركة تحدد فعالية النظام بكامله.

الشكل (10-5) - يوضح بعض اللواقط .



الشكل (10-5) - لواقط مختلفة

10-5- الحساسات (التحسس):

لكي يكون قادراً على العمل، فإن الروبوت الصناعي يتطلب أولاً معلومات ومعطيات عن الوسط المحيط، مثل وضعية الأجسام المطلوب مناولتها ومحيط هذه الأجسام (ما يحيط بها). ومن جهة ثانية معطيات حول العمليات الداخلية والحالات الداخلية، مثلاً: وضعية الربط، السرعة الزاوية والعزوم.

لذلك فإن المعطيات المطلوبة عن العملية يفترض أن تكون بأشكال مختلفة. وتستخدم المعطيات الثنائية التكافؤ في تحديد القيم الحدية أو في تحسس حالات التشغيل المنطقية، المعطيات المنطقية في تحديد الحالات الداخلية للروبوت الصناعي. لذلك

يجب أن تكون هذه المعطيات المنطقية محولة إلى الشكل العددي (الرقمي).

إن الحساسات اللازمة لتحديد معطيات العملية يمكن أن تقسم إلى الأصناف التالية:

- حساسات لتحديد الوضعية، معطيات سرعة وتسارع نظام محاور الروبوت الصناعي.
- حساسات قوة لتحديد القوى الخارجية والعزوم.
- حساس مجالات التلامس لفحص التلامس (مع المواد) وحواف المواد.
- حساسات لاتلامسية، مبدأت لفحص الوضعية والإظهار الدقيق للأجسام.
- حساسات بصرية لتحديد النموذج والتوضع، إظهار منطقة عمل الروبوت الصناعي.

ـ حساسات التوضع، السرعة والتسارع:

للتحكم في فترات الروبوتات الصناعية على طول المحاور المختلفة، تلزم الحساسات التي تقيس زاوية إزاحة الوصلة، وسرعتها وتسارعها.

هذه القيم المقاسة تحدد باستخدام المقاومات المتغيرة، مقاييس الدورات ومحولات الإزاحة المتزايدة والتي تربط مع المؤازرات على وصلات الروبوت الصناعي. وبما أن المقاومات المتغيرة ومقاييس عدد الدورات تعطي إشارات منطقية، فإن هذه الإشارات يجب أن تحول إلى الشكل العددي بوساطة محولات A/D قبل أن تعالج بوساطة قسم المعالجة.

وإذا لم يكن هناك قياس مباشر للسرعة أو الإزاحة فإن هذه المعطيات يمكن أن نحصل عليها بأسلوب آخر وهو فرق الزمن بين إشارات قياس الإزاحات. على أي حال هذه المعطيات تلزم لحسابات الإزاحة الثلاثية الأبعاد الدقيقة.

ـ حساسات القوة:

في عدة مهمات تجميع، مثل قمط المشغولات، إدخال البراغي وشدها، يوجد تأثير متبادل داخلي بين اللاقط والمشغولة والوسط المحيط. التوضع غير الدقيق للمشغولات وتغيرات التسامح تسبب قوى تصادم ورد فعل وعزوم تزداد مؤثرة في كل من ذراع (لاقط) الروبوت والمشغولة. بصرف النظر عن زيادة التحميل على

وصلات الروبوت، فقد يحدث تشوه في اللاقط والمشغولة.

هذه التأثيرات الداخلية المتبادلة تحدد بوساطة حساسات لكي نضمن أن عملية التجميع نتحكم بها بأفضل أسلوب ممكن لضمان تجنب حدوث الأضرار.

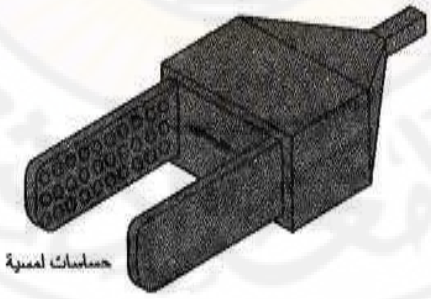
حساسات القوة يمكن أن تقسم إلى ثلاث مجموعات:

- حساسات قوة الإمساك.
- حساسات القوة لفحص القوى والعزوم المؤثرة في الذراع ووصلات التأثير.
- حساسات القوة لفحص القوى والعزوم المؤثرة في الأجسام المطلوب مناولتها وأجهزة تناولها.

لقد تم شرح بعض أساليب قياس القوة في بحث « التحسس (الحساسات) ». البلورات الكهربائية الإجهادية ومقاييس الشد تستخدم بشكل جزئي في تقنية الروبوت كحساسات قياس.

- حساسات مجالات التلامس:

يستخدم حساس مجالات التلامس لفحص التماس الحاصل بين فكوك الإمساك والأجسام المطلوب مناولتها. بالإضافة إلى فحص حواف المشغولة، فهي تناسب أيضاً لإيجاد وضعيات الإمساك الصحيحة أو لتحديد متى يكون الجسم الممسوك بعيداً عن مركز الفكوك. وهنا تتحقق تغطية عالية بوضع الحساسات في مجال تقارب مغلق الواحد مع الآخر (الشكل 10-6).



الشكل (10-6) لاقط ذو حساس مجال تلامس

- المبدآت (الحساسات اللاتلامسية):

تنتمي المبدآت إلى مجموعة الحساسات اللاتلامسية. وتستخدم في توضيع اللاقط

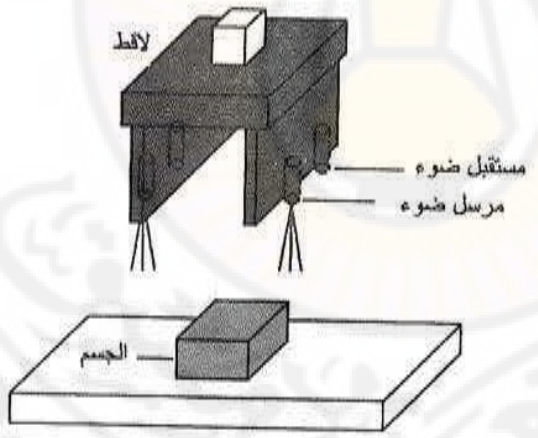
مباشرة في المنطقة التي يوجد فيها الجسم المطلوب مناولته(1-25cm).وهي تساعد عمليات البحث، فحص المشغولات ومراقبة وإظهار المشغولات. إن التقنيات الأكثر أهمية والتي يعتمد عليها هي المباديء المستعرضة في بحث «الحساسات (التحسس)»:

- الأشعة تحت الحمراء.
- الأمواج الفوق صوتية.
- الليزرات.

بهذه الأساليب يتحسس الأجسام بوساطة قياس الإشارات المرسلة. من الفرق بين زمن إرسالالإشارة وزمن استقبال الصدى، يمكن أن يحدد المسافة التي يبعد فيها الجسم عنه وطبيعة سطحه أيضاً. إذا تحرك الحساس فإن حواف الجسم يمكن أن يتحسسها من عدة جوانب. (الشكل (10-7)).

- الحساسات البصرية:

إن المعطيات البصرية حول الأجسام الثلاثية الأبعاد ضمن مساحة العمل يتم الحصول عليها بوساطة الحساسات البصرية. هذه المعطيات تقيّم ضمن نظام معالجة صور فرعي في قسم المعالجة.



الشكل (10-7) - حساس تقاربي ذو إشارات ضوئية مقاسة

ويمكن تنفيذ المهمات التالية باستخدام هذه المعطيات:

- تحديد هوية المشغولات وأجزاء التجميع.
- تحديد وضعية وتوضع الأجسام المطلوب مناولتها.

- فحص ومركزة شكل المشغولة (مثلاً في ثقب مقلوظ).
- إظهار عملية التشغيل.
- ضبط الجودة.

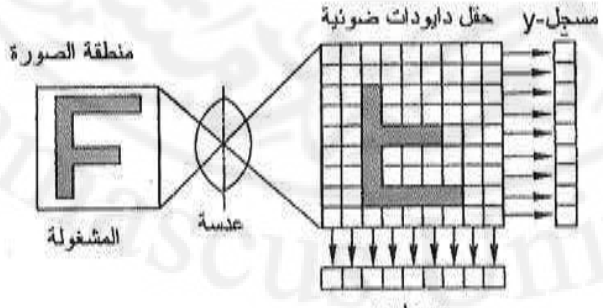
إن أنظمة الحساسات البصرية يمكن أن تقسم إلى أربعة مجموعات

- **الخلايا الكهرضوئية:** إن الحساسات البصرية من هذا النوع تتألف من دايودات ضوئية مستقلة (مبادئ عملها شرحت في بحث «التحسس (الحساسات) ». كل دايود ضوئي يؤلف عنصر مسح ينفذ العمليات المنطقية 1(ضوء) أو 0 (ظلام). وتستخدم وفقاً لمبدأ الحاجز الضوئي.

- **خطوط الدايود الضوئي (الكاميراالخطية):** في خطوط الدايود الضوئي رتبت من 30 وحتى 1700 خلية كهرضوئية بخط مستقيم (لتمثيل الشكل خطياً). وعناصر أنصاف النواقل هذه لها قدرة جيدة على الإظهار. والجسم المطلوب إظهاره يسقط شكله على خط دايود ضوئي باستخدام نظام عدسات بصرية مربوطة في سلاسل متتالية.

وبسبب كون الدايودات الضوئية مرتبة في خطوط فإنه يمكن الحصول فقط على صور (خطوط) أحادية البعد.

- **حقول الدايودات الضوئية (الكاميرا الإحداثية « كاميرا المصفوفة»):** هنا ترتب الدايودات الضوئية على المستوي (سطور وأعمدة). والنتيجة هي مجال دايودات ضوئية أو مصفوفة دايودات ضوئية. مثل هذه المصفوفات قد تتألف من عدة آلاف من عناصر الخطوط والأعمدة. وتمكننا من الحصول على صورة للجسم على شبكة ضوء – ظلام (الشكل (10-8)).



الشكل (10-8) - إظهار الصورة بوساطة حقول الدايودات الضوئية

- **الكاميرا التلفزيونية:**

أفضل نظام حساس بصري معروف هو كاميرا التلفزيون. إن الصورة تسقط على طبقة تحويل عبر نظام الكاميرا البصري. وطبقة التحويل تتألف من عدد كبير من عناصر ذواكر أنصاف نواقل شفافة (مكثفات) مرتبة الواحدة تلو الأخرى والتي يتم شحنها بالتناسب مع الضوءالساقط عليهاإن طبقة التحويل ذات 625خطاً (ستاندر التلفزيون) يتم مسحها بوساطة حزمة إلكترونات. بالإضافة إلى القيم السوداء والقيم البيضاء، فإن هذه العملية قادرة على فحص القيم الرمادية والتي يقع مجال إشارتها في حدود الإشارة من 0 إلى 1. وبعض أنظمة الإظهار يمكنها التمييز بين عدة درجات للرمادي.

6-10 - المعالجة (المعالجات):

إن قسم المعالجة (المعالجات) في الروبوت الصناعي يلتقط إشارات التحسس من عدة حساسات قياس مختلفة ويعالجها وفقاً لبرنامج محدد ويعطيها إلى عناصر التحكم الأخيرة على شكل إشارات تحكم بمحاور القيادة واللاقط.

بهذا الأسلوب فإن اللاقط يمكن أن يشغل أي وضعية ضمن ساحة العمل الثلاثية الأبعاد للروبوت الصناعي وبالتالي تنفيذ عملية المناولة. وكما في أنظمة التحكم NC/CNC يتم التمييز هنا بين أنظمة التحكم من نقطة إلى نقطة وأنظمة الحواف (البروفيل).

في حالة أنظمة التحكم من نقطة إلى نقطة فإن نقطتي البدء والإنتهاء ليستا الوحيدتين بل أيضاً المسار بين النقاط في الفراغ هو محدد أيضاً. وحيث تُعتمد الحركات الثلاثية الأبعاد فإنه من الممكن تحديد المكان سلفاً، والسرعة والتسارع.

إن النظام الهوائي أو الكهربائي يمكن استخدامه كمعالج على كل حال فإن أنظمة التحكم الإلكتروني المبرمجة بحرّية هي المفضلة في معظم الروبوتات الصناعية. ويمكن أن نتصور أنه تستخدم أجهزة PLC أو CNC للتحكم أو حتى حاسوب مفرد اللوحة أو حاسوب شخصي. وأنظمة الحواسيب الميكروية المستقلة والمبرمجة بأسلوب مشابه لأنظمة CNC قد أثبتت فعاليتها أيضاً.

إن أساليب البرمجة المختلفة سنشرحها في الفقرة اللاحقة.

10-7- البرنامج:

يوجد بعض المصاعب في كتابة برامج الروبوت الصناعي والتي لا تتوافق مع أنظمة التحكم CNC أو الأنواع الأخرى من أنظمة التحكم. وليس من السهل كتابة برنامج بدون الروبوت لأنه من المستحيل تخيل الحركات الثلاثية الأبعاد وعمليات المناولة للروبوت وبحيث تظهر تضاريس وتوضعات المشغولة. لهذا السبب فإن أساليب البرمجة التي تستخدم بشكل عام تجمع الروبوت ككل أو جزئياً مع عملية البرمجة.

- أسلوب التعليم للبرمجة:

هذا هو الأسلوب الأكثر استخداماً في الوقت الحالي للبرمجة. يستخدم المبرمج هنا قبضة متحركة هي قبضة المبرمج مع مفتاح وظائف لكل محور واتجاه حركة. بضغط هذه المفاتيح يمكن أن تحرك المحاور المختلفة بفترات حتى يصل اللاقط إلى النقطة المحددة افتراضياً. عندئذٍ تخزن هذه النقطة بضغط زر آخر للوظائف.

بهذه الطريقة يمكن برمجة عدد من النقاط الثلاثية الأبعاد وتأثيرات اللاقط (مثلاً القمط، الإفلات) يتذكر الروبوت هذه النقاط ويصل إليها بشكل مستقل عن طريق تعليمة التشغيل الأوتوماتيكي، والمحاور المقادة من قبل المعالج تصل فوراً إلى النقاط المبرمجة عبر أقصر الطرق.

- البرمجة النصية:

إن البرمجة النصية هي البرمجة بلغة ذات مستوى أعلى. وكما أوضحنا في أنواع أخرى من المسائل، فإن العمليات والمعطيات توصف بشكل رمزي (رموز). هذه البرمجة تنفذ دون الروبوت، مثلاً فإن الحركات المبرمجة لايمكن أن تنفذ بشكل فوري، لهذا فإن المبرمج يواجه المسألة بحيث كيف يجب أن يصف الوضعية والتوضع لمسارات الحركات. وهذا يمكن تنفيذه فقط بتحديد المحاور.

ولكي يمكن تحديد قيم المحاور الدقيقة هذه، فإن المبرمج سوف يتوجب عليه أولاً أن يقيس التوضع والتوجيه وبالتالي فهي عملية شاقة وتستهلك الزمن الكثير.

لهذا السبب فإن البرمجة النصية المباشرة لاتستخدم عادة لوحدها بل يضاف إليها البرمجة بأسلوب التعليم.

- البرمجة النصية والبرمجة بأسلوب التعليم:

عند الجمع بين هاتين العمليتين، فإن بنية البرنامج الأساسي، ستبقى تفتقد إلى بعض المعطيات المهمة. والتي تنفذ خارج الخط، مثلاً بدون الروبوت. كل الحركات ووظائف اللاقط قد تم إيرادها في بنية البرنامج الأساسي هذه. والفجوات تملأ عندئذٍ على الخط باستخدام عملية البرمجة بالتعليم.

إن بنية برنامج باللغة المحكية (العامية) يمكن مثلاً أن تبدو كما يلي:

الخطوة 1: اذهب إلى الوضعية P1.

الخطوة 2: افتح اللاقط.

الخطوة 3: ارتفع للأعلى 10 cm.

الخطوة 4: اذهب إلى الوضعية p2.

الخطوة 5: انزل للأسفل 10 cm.

الخطوة 6: أغلق اللاقط.

الخطوة 7: اذهب إلى الوضعية P3.

الخطوة 8: افتح اللاقط.

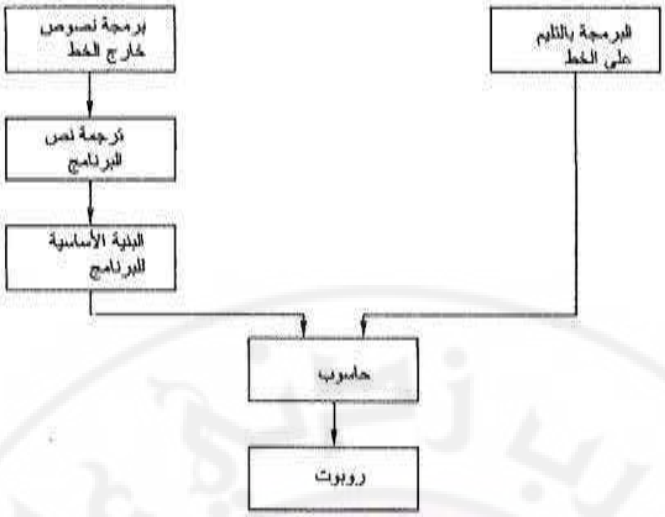
إن بنية البرنامج الأساسية هذه تترجم وتنقل إلى ذاكرة الروبوت. على كل حال، فإن إحداثيات النقاط P1 وP2 وP3 قد ضاعت.

باستخدام عملية التعليم، فهذه النقاط نصل إليها ثانية الآن، والروبوت سوف يعطى المعلومات التالية: هذه هي الوضعية 1.

هذه هي الوضعية 2.

هذه هي الوضعية 3.

الشكل (10-9) يوضح الأسلوب للبرمجة بشكل تخطيطي.



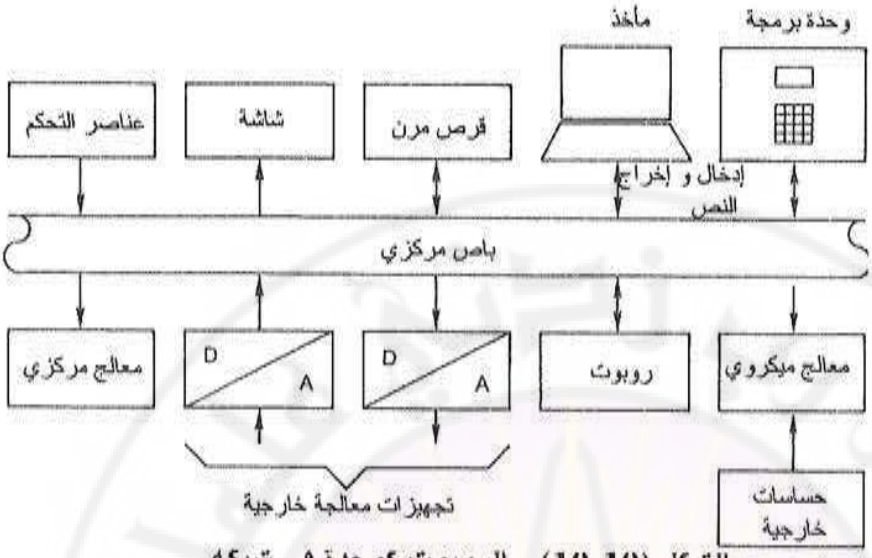
الشكل (10-9) - الجمع بين البرمجة النصية والبرمجة بأسلوب التعليم في الروبوتات الصناعية

10-8 - الشبكات:

إن مناطق القيادة والمعالجة الميكانيكية للروبوت يمكن أن نراها كوحدة واحدة. وهذه الوحدة يمكن أن نراها كجزء من نظام السيطرة. ووحدة الروبوت هذه تتصل عبر جسر بيني إلى نظام منظومة حزمة والتي يتصل معها أيضاً الحاسوب الرئيس.

والأجهزة الطرفية المخصصة للمساعدة على تنفيذ البرنامج تتصل أيضاً مع الحزمة المركزية (الشكل (10-10)) .

Damascus University



الشكل (10-10) - الروبوت كوحدة في شبكه

أمثلة على الأجهزة الطرفية:

- جسر بيني لمخرج D/A للتحكم بأجهزة الإنتاج الخارجية.
- جسر بيني لمخرج A/D للتوجيه والتزامن مع جهاز الإنتاج الخارجي.
- حساسات.
- مأخذ لمدخل ومخرج النص.
- عناصر التشغيل، مظهرات (مؤشرات).

وتدعم البرمجة بما يلي:

- وحدة برمجة ذات مفاتيح وظائف وإظهار حروف وأرقام.
- مأخذ.
- مخزن خارجي (قرص مرن، قرص صلب).

- الأنظمة المتعددة المعالجات:

لقد أشرنا إلى أن قسم المعالجة في الروبوت في هذه الأيام هو عادة نظام حاسوب

ميكروي. في حالة العمليات المعقدة مثل تلك التي تلزم للتحكم بالإزاحات، فإنه من الأنسب تنفيذها على عمليات مختلفة. لهذا من الممكن مثلاً لتخصيص معالج ميكروي مستقل لكل محور ليكون عندها مسؤولاً كلياً عن التحكم بهذا المحور.

إن توجيه المعالجات الميكروية كافة يتم بوساطة نظام حاسوب مسيطر والذي من حيث المبدأ يمكن أن يكون أيضاً معالجاً ميكروياً. الشكل (10-11).



الشكل (10-11) - نظام متعدد المعالجات للروبوت

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الحادي عشر
مفاهيم عامة عن مكننة وأتمتة الإنتاج

تتم مكننة الإنتاج باستعمال آليات (ميكنزمات) وآلات أكثر كمالية والغرض من المكننة هو إحلال الآليات والآلات محل العمل اليدوي. ولمكننة الأعمال المجهدة والصعبة أهمية خاصة، لأنها تؤدي إلى تحرير عدد كبير من الأشخاص من القيام بالعمل اليدوي.

ويمكن الحصول على أحسن النتائج مما يسمى بالمكننة الشاملة، أي مكننة جميع الأعمال المرتبطة ببعضها، بما في ذلك المراحل الإعدادية لعملية الإنتاج. والمكننة الشاملة تعني إيجاد منظومة كاملة من الآلات التي تشمل كل العملية الإنتاجية.

والمكننة الشاملة تخلق الظروف المناسبة لتطبيق التحكم الآلي (الأتمتة) الشامل والذي سيدور الحديث عنه فيما بعد.

والمرحلة التالية للتطور الفني هي الأتمتة التي تعد أكثر تفوقاً إذا ما قورنت بالمكننة.

ففي هذه المرحلة تنقل مهمات التحكم والمراقبة كلياً أو جزئياً إلى أجهزة تعمل بدون تدخل الإنسان مباشرة وباستمرار. وفي المعدات الأتوماتيكية لايتبقى على الإنسان إلا أن يقوم بعمليات الإقلاع(التشغيل) والضبط وكذلك المراقبة الخارجية واختبار عمل الأجهزة الآلية.

ويتلخص جوهر الأتمتة في أن العملية الإنتاجية تنفذ بأقل قدر ممكن من الجهد الفيزيائي للإنسان. وبفضل ذلك يتسنى لعامل واحد أو لعدد من العمال تشغيل عدد كبير من الآلات والآليات المختلفة.

وأكثر أنواع الأتمتة فعالية وكمالاً، هي الأتمتة الشاملة لمحطة إنتاجية بأكملها أو لمجموعة من الآلات والآليات أو لمؤسسة إنتاجية كاملة. وعند ذلك يطبق التحكم الأوتوماتيكي على جميع العمليات بما في ذلك عمليات المراقبة والوقاية والضبط والتحكم.

ومن المظاهر الأساسية للأتمتة الشاملة مركزية المراقبة والتحكم بالمعدات من مركز تحكم واحد. وفي هذه الحالة يطبق التحكم الآلي على العمليات التكنولوجية الأساسية وعلى العمليات الإعدادية (مثل عمليات النقل والشحن وما شابه ذلك).

ومن أمثلة التحكم الأوتوماتيكي الشامل نجد خط الإنتاج المتسلسل الذي يجمع مجموعة كاملة من الآلات الأوتوماتيكية المرتبطة فيما بينها بوسائل نقل أوتوماتيكية، تنقل المشغولة بسرعة معينة سبق تحديدها. ويقوم بخدمة هذا الخط شخص واحد من مركز (لوحة) تحكم خاص مزود بأجهزة قياس وحساب ومصابيح بيان وأجهزة تحكم.

بيد أن هذا لايعني أن الخط الأوتوماتيكي هو أقصى ما يمكن التوصل إليه في أتمتة العمليات الإنتاجية.فالتطوير التالي للأتمتة يتلخص في إنشاء ورشات أومصانعاوتوماتيكية ينحصرفيها دور الإنسان في ملحوظة عمل الآلات وفي التحكم المركزي بها.

وعند تطبيق مثل هذا الانتاج الأوتوماتيكي تتحرك المواد والمثبتات والأجزاء والوحدات المجمعة والمنتوجات الجاهزة بدون اشتراك العمال خلال كل العملية التقنية بدأ من مخزن المواد وحتى تسليم المنتوجات الجاهزة.

وفي أثناء العمل يشغل العمال أماكنهم عند مناطق التحكم والمراقبة فقط. كما يقوم عمال الضبط بإجراء التغيير الدوري لأدوات القطع الواجب شحذها أو غير الصالحة للاستعمال، وكذلك لإصلاح العيوب الناشئة في أثناء التشغيل.

وفي المصانع العادية يقوم عدد كبير من العمال بمراقبة جودة المنتجات أما في حالة الإنتاج الأوتوماتيكي وخاصة الإنتاج الأوتوماتيكي الشامل، فتكاد تنقل مهمات مراقبة جودة الإنتاج إلى الأجهزة الأوتوماتيكية كلياً.

ومن هنا نستنتج أن أتمتة العمليات الإنتاجية عبارة عن مجموعة الإجراءات والأعمال التي تؤدي إلى تقليل أو التخلص التام من تدخل الإنسان مباشرة في تنفيذ هذه العملية الإنتاجية أو تلك، أو في التحكم بالآلة أو الآلية أو الجهاز أو في مؤسسة صناعية كاملة.

إلا أن هذا ليس إلا أحد جوانب الموضوع. فتطبيق الأتمتة لايؤدي إلى تحرير العاملين من المجهود البدني وتقليل عددهم اللازم للإنتاج فحسب، بل ويحقق سرعة ودقة ووفراً ليس بإمكان الإنسان تحقيقها.

وخلاصة القول. إن الأجهزة الأوتوماتيكية تحقق بالمقارنة مع مثيلاتها غير الأوتوماتيكية، عدداً من المميزات الفنية الاقتصادية، وتزيد من ضمان العمليات الإنتاجية واستمرارها.

ويجدر بالذكر أن سمات التطور المعاصر لاتجعل من الأتمتة أمراً ملائماً فحسب، بل وضرورياً أيضاً.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثاني عشر
خصـائص المكننـة والأتمتـة

يمكن أن تقاس المكننة بمقدار استخدام الطاقة غير الحية (قدرة واستجراراً) لتحويلها إلى عمل أو عملية إنتاجية. حيث يكون الإشراف المباشر والمراقبة فقط يقعان على عاتق الإنسان بشكل كامل. وهذا يهدف أولاً لتخفيض قيمة اليد العاملة، وتحسين ظروف العمل ونوعية المنتجات وزيادة الإنتاجية. والهدف هنا هو تحويل الجهد الإنساني فقط لأعمال التحكم وضبط الجودة وضبط الآلات.

الأتمتة هي استخدام الطاقة غير الحية (قدرة واستجراراً) لتحويلها إلى عمل أو عملية إنتاجية دون تدخل مباشر من الإنسان. والغاية من الأتمتة هي الاستخدام الأفضل للموارد المتوفرة. من مواد أولية ونقود وآلات. وهذا التقليص لمشاركة الإنسان لايعني بأي شكل من الأشكال الاستغناء عنه مطلقاً. بل نحول طاقاته لعمليات المراقبة الدقيقة والضبط وتقليل إمكانية التفاوت عن الأبعاد المطلوبة من العملية (بتعديل الضبط) وتبديل أداة القطع في الآلة المؤتمتة. وذلك لمنع التفاوت في المنتجات. وبوجود الأتمتة فليس من الضروري أن ينغمس العامل مباشرة في عملية التصنيع لكل جزء وعنصر من المنتج. وهذا يسمح لعامل واحد بقيادة عدة آلات مؤتمتة أو مخارط برجية مثلاً. ومع الأتمتة يُتطلب من العامل متطلبات أكثر تعقيداً من السابق حيث تصعب المهمات والمتطلبات. ويصبح التشديد على مشاركة الإنسان في الصيانة الفنية للآلات المؤتمتة وتحليل العمليات. ومع هذا التبدل في طبيعة مهمات العامل فإن مضمون مهارته سينحصر الآن في مهارته المتغيرة باضطراد وسرعة حيث يتطلب من العامل الآن المهارة في ضبط أدوات القطع، مثلاً يصبح إنساناً ضابطاً أو مركباً للأدوات القاطعة.

في الآلات الأوتوماتيكية المصنعة وفقاً لقياس معين، فإن الخطوات المساعدة والعمليات المساعدة، مثلاً ضبط الأبعاد أو قياس أبعاد العنصر قيد التصنيع وعمليات التصحيح واستبدال أدوات القطع فهي كقاعدة غير مؤتمتة. وفي هذا المجال فإن مهندسي الإنتاج مكلفون بالتخطيط لتحاشي انغماس العمال في هذه العمليات أيضاً من خلال أتمتة عملية مشاركة الإنسان في الخطوات الثانوية والعمليات الثانوية.

في المقاييس الوطنية (الستاندرات) يتم تقدير التموين الكمي والنوعي لمعدل

المكننة أو الأتمتة والتقدير الكمي لمصادر المكننة أو الأتمتة لنوع جزئي أو لحالة ما أو لصنف ما.

مع الإشارة إلى النوع فإن هذا يكون جزئياً أو كلياً أولكل وحدة بذاتها. ويكون تكاملها مباشراً أو ثانوياً باتجاه الأتمتة أو المكننة. في المكننة والأتمتة الجزئية يستبدل بجزء من طاقة الإنسان ذلك الجزء من القدرة غير الحية لإنجاز العملية أو العمليات بما في ذلك التحكم بالمكننة والأتمتة.

أما في المكننة والأتمتة الكلية فإن تأثير الإنسان يستبدل به الطاقة غير الحية لإنجاز العملية أو العمليات في المكننة وللتحكم وإنجاز العملية أو العمليات في الأتمتة.

إن مكننة وحدة مفردة أو أتمتتها تطبق جزئياً أو كلياً لمكننة أو أتمتة العناصر الأولية لعملية أو مجموعة عمليات تشمل التحكم في المكننة وتشمل ذلك في الأتمتة. مثلاً تحميل وتنزيل الأجزاء في الخراطة يمكن أن يمكنن ويؤتمت. أو واحدة من العمليات الخمس المستخدمة في تصنيع الأجزاء يمكن إنجازه آلياً ... الخ. وتكامل المكننة أو الأتمتة يمكن إنجازه جزئياً أو كلياً بشكل ممكنن أو مؤتمت لواحد أو أكثر من العناصر الأولية لعملية ما أو مجموعة من العمليات بما في ذلك التحكم بالمكننة والتحكم بالأتمتة.

إن عملية مكننة الخطوات الأولية كافة وأتمتتها أو العمليات الإنهائية بشكل تكاملي كامل للمكننة أو الأتمتة تتألف مثلاً من: عملية الإنتاج حيث فيها العمليات الخمس ممكننة وتنجز بشكل أوتوماتيكي كامل. إن مكننة أو أتمتة أجزاء من العمليات الأولية أو العمليات العادية في مرحلة الإنتاج يمكن إنجازها بشكل تكاملي جزئي للمكننة أو الأتمتة. مثال، ثلاث من العمليات الخمس الإنتاجية يمكن أن تؤتمت أو تمكنن. ولهذا يبدو من الممكن القيام بتحسين أنظمة أقرب ما يمكن عملياً من الأنظمة الممكننة أو المؤتمتة بشكل تكاملي كامل.

المكننة والأتمتة يتم إنجازها عادة بالتدريج ولهذا السبب فالمكننة والأتمتة الأولية والثانوية تكون شكلاً مقبولاً هنا. هذا التحول يعني مكننة أوأتمتةعملية أو مجموعة العمليات التي يتم فيها توظيف القدرة الإنسانية للحصول على تحكم بالعملية وإنجازها. ومؤخراً صارت المكننة والأتمتة للعمليات أو مجموعة العمليات للحصول على العملية (إنجازها) والتحكم الذي يتطلب أولاً توظيف كل من الطاقة البشرية والقدرة غير الحية

في المكننة أو تنحصر فقط في قدرة النظام غير الحي في الأتمتة. مثلاً التحكم الآلي في المخرطة يستخدم لتحقيق تدقيق درجة الدقة وتحقيق فترة صيانة أطول.

إن التطور في الصناعة صار ممكناً ليس بسبب المكننة والأتمتة الأوليين فحسب بل وبسبب المكننة والأتمتة الثانويين. حيث تركزت أبحاث الباحثين والعمال المنفذين ونتائج تعميمها على تحسين أداء أنظمة الإنتاج الممكننة والمؤتمتة.

بالمقاييس المتعارف عليها حالياً تقسم درجة المكننة أو الأتمتة إلى أرقام تحدد هويتها من 1-10 حيث:

1 - يحدد عملية مفردة.

2 - عملية كاملة.

3 - مجموعة عمليات منجزة في قسم عمل معين.

4 - مجموعة عمليات منجزة في ورشة (ضمن نظام لأقسام العمل)

5 - مجموعة عمليات منجزة ضمن ورشات محددة.

6 - مجموعة عمليات منجزة ضمن مجموعة منظمة (في مجموعة ورشات).

7 - مجموعة عمليات منجزة ضمن مجموعة شركات إنتاجية أو مؤسسات بحث إنتاجي (ضمن نظام مصانع مفردة).

8 - مجموعة عمليات منجزة ضمن منطقة اقتصادية (في نظام شركات محددة ومؤسسات في مناطق جغرافية محددة).

9 - نظام عمليات منجزة في قطاع صناعي (في نظام مناطق اقتصادية).

10 - نظام إنتاج منجز بوساطة مجمعات دول صناعية (في نظام قطاعات صناعية).

في ظروف الإنتاج الممكنن والمؤتمت يمكن على الأغلب تقسيم الوقت الكلي اللازم لإنجاز عملية ما بين طول الفترة (T_{mach}) التي يتم خلالها إنجاز العملية دون مساعدة العامل والوقت (T_{man}) الذي تتم خلاله مساعدة العامل في إنجاز العملية. إن النسبة بين زمن التشغيل إلى الزمن الكلي للعملية تدعى معامل المكننة:

$$K = \frac{Tmach}{(T_{mach} + T_{man})} = \frac{T_{mach}}{T_{piece}} \qquad (12\text{-}1)$$

حيث: T_{mach} - يتضمن زمن التشغيل وأحياناً الوقت المساعد، مثلاً: الاقتراب السريع للأداة إلى الجزء المشغل على مخرطة آلية (وهو مرور مساعد) أو التغذية وقمط المحور في جهاز التلقيم الآلي (وهو خطوة مساعدة) والزمن الأقل المحقق بالخطوات المساعدة والمرور المساعد يعني زيادة كفاءة الآلة.

يزداد معامل المكننة بتقليل الزمن اليدوي المصروف على جلخ الأداة القاطعة وتبديلها وتركيبها وضبطها وزمن إصلاح وتركيب الميكنزمات على الآلة وتحميل المادة الأولية أو المقاطع وإزالتها عن الآلة ومناولة الأجزاء المنجزة والمطلوبة ولتنظيف الآلة في النهاية ...الخ.

ولتقدير مستوى المكننة أو الأتمتة تستخدم مؤشرات أساسية. هذه المؤشرات في حالة المكننة والأتمتة تستخدم مؤشرات أساسية. وهذه المؤشرات في حالة المكننة والأتمتة للعمليات تصنف تحت الصنف 1 (عملية مفردة) وحتى الصنف 3 (مجموعة عمليات منجزة في قسم إنتاج)، وهي مؤشر الزمن للعمل الفعلي d_1أو مؤشر الزمن لإنجاز العملية d_p، الذي يمكن حسابه باستخدام المعادلات التالية:

في المكننة:

$$d_1 = \frac{\sum T_N^{mach}}{\sum T_{piece}} \qquad (12\text{-}2)$$

$$d_p = \frac{\sum T^{mach}}{\sum T_{piece}}$$

في الأتمتة:

$$d_l = \frac{\sum T_N^{aut}}{\sum T_{piece}}$$

$$d_p = \frac{\sum T^{aut}}{\sum T_{piece}} \qquad (12\text{-}3)$$

حيث:

$\sum T_N^{mach}$ = زمن التشغيل الكلي ولايدخل فيه الزمن اليدوي في المكننة، (h)min.

$\sum T_N^{aut}$ = زمن التشغيل الكلي ولايدخل فيه الزمن اليدوي في الأتمتة،(h)min.

$\sum T^{mach}$ = زمن التشغيل الكلي في المكننة، (h) min.

$\sum T^{aut}$ = زمن التشغيل الكلي في الأتمتة، (h) min.

$\sum T_{piece}$ = زمن التشغيل الكلي لإنجاز قطعة واحدة، (h) min.

أما بالنسبة لدرجات المكننة والأتمتة من 4 إلى 10فإن الحسابات باستخدام مؤشرات الزمن تصبح مرهقة، ولهذا يستخدم مفهوم حجم العمل المنجز. والمعادلات في هذه الحالة تأخذ الشكل:

$$\Omega^{mech} = \frac{\sum E^{mech}}{(\sum E^{mech} + \sum E^{man})}$$

$$\Omega^{aut} = \frac{\sum E^{aut}}{(\sum E^{aut} + \sum E^{man})} \qquad (12\text{-}4)$$

حيث:

$\sum E^{mech}$ = كل العمل المفيد للآلة في المكننة، KW.h

$\sum E^{aut}$ = كل العمل المفيد للآلة في الأتمتة، KW.h

$\sum E^{man}$ = كل العمل اليدوي المفيد، KW.h

إن صفات المكننة والأتمتة يمكن أن تصنّف درجة تطبيق الأتمتة أو المكننة على العملية، واعتماداً على قيمة مؤشر المكننة أو الأتمتة. حيث يمكن أن نلحظ 8 درجات للمكننة والأتمتة (بالجدول12- !).

الجدول 12-1 - درجات المكننة والأتمتة

مؤشر الأساس	وصف الدرجة	الرقم
0,00	صفر	0
0,01 - 0,25	منخفض	1
0,25 - 0,45	ثانوي	2
0,45 - 0,60	متوسط	3
0,60 - 0,75	أعلى من المتوسط	4
0,75 - 0,90	متقدم	5
0,90 - 0,99	عالي	6
1,0	كامل	7

ولتحقيق السهولة فإن المعلومات عن درجة ونوع المكننة والأتمتة ومستواهما لتوصيف جزء من الإنتاج تعطى حالياً بوساطة رموز معينة. لنفترض أتمتة وحدة واحدة في عملية يمكن إظهارها في مخزن بيع الآلات بوساطة مؤشر أساسي لمستوى الأتمتة هو 0,32. فهذا الموديل الموصوف يمكن شرح تركيبه كالتالي: درجة الأتمتة التي يحددها مخزن بيع الآلات توصف بالرقم 3 (من الجدول 12-1) ونوع الأتمتة المطبقة يظهر بالحرف (Automation)A، المؤشر الأساسي لمستوى الأتمتة 0,32

(يقع بين الرقمين 0,25 و 0,45) من الجدول 1 ويرمز إلى الدرجة (ثانوي) من الأتمتة ذات الرقم 2 . وبالتالي فموديل المعلومات (الرمز) الموافق لها يأخذ الشكل 3A2.

الآن لنأخذ الموديل 3IM3 والذي سيقرأ كما يلي: العملية في قسم العمل 3 تندرج تحت المكننة المتكاملة (IM(Integral Mechanization والتي درجتها تصنف وفق الرقم 3. مثلاً مؤشرها الرئيس ينحصر بين 0,45 و 0,60 وباستخدام المؤشرات الاقتصادية لكفاءة المكننة والأتمتة يمكن تقدير النوع الأفضل للمكننة والأتمتة ودرجته وصنفه.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثالث عشر

المزايا التقنية والاقتصادية للمكننة والأتمتة

13-1 - مقدمة:

إن المغزى الرئيس من زيادة كفاءة الإنتاج والمكننة والأتمتة هو التزويد الثابت بمنتج أفضل نوعيةً وأكثر إنتاجيةً وتقديم تخفيضٍ مرضٍ لكلفة الإنتاج. ويجب استخدام المكننة والأتمتة في الحالات التالية:

- عندما تكون عملية التحكم غير ممكنة عملياً بمقدرة الإنسان بسبب تعقيدها أو سرعة هذه العملية. أو أن تكون عملية التحكم ضارة بالإنسان أو بحياته (مثلاً حين العمل في مناطق تتطلب التعامل مع مواد مشعة). وفي هذه الحالة يتم تمويل عمليات المكننة والأتمتة من صندوق منع الحوادث.

- حيث عمليات المكننة والأتمتة أكثر اقتصادية وعملية، تحت شروط خاصة للإنتاج. في هذه الحالة يمول الصندوق من مصادر جانبية مثل ارتفاع الدخل الناتج عن تحسين نوعية المنتجات. وتخفيض نسبة المرتجعات وزيادة الإنتاجية.

والعوامل المحددة لدرجة المكننة والأتمتة هي الكلفة الأولية وإمكانية التصنيع تحت شروط إنتاج محددة. هذه المتطلبات المطلوب تحقيقها عند المكننة والأتمتة يجب أن تحقق درجة الدقة المطلوبة ونوعية المكننة والأتمتة في تشغيل القطع وتجميعها.

وتخفيض كلفة الإنتاج مقابل العمليات التقليدية وتطبيقات التجميع. واستعادة رأس المال المستثمر ضمن الفترة المحددة.

إن المكننة والأتمتة تدعى نسبية إذا كان التصميم للمنتج المصنَّع قد وضع بشكل قابل للتصنيع ويسمح باستخدام الطرائق العصرية. ويجب أن تحقق إمكان إنتاج تصميم المنتج وتصحيحه حيث تتجلى قابلية التصنيع في تقليل كلفة الإنتاج والزمن اللازم للتشغيل وعمليات الإنتاج. وقابلية التصحيح تظهر أهميتها من خلال تخفيض الكلفة والزمن اللازم للصيانة الفنية والتصليح. وفترة قابلية التصنيع على كل حال أكبر بكثير مما ذكرنا. فهي تشمل عدداً من المتطلبات لجعل المكننة والأتمتة ذات كفاءة وهذه المتطلبات تشمل:

أ - قابلية أكبر للتوحيد القياسي واستخدام أجزاء نظامية وأجزاء كاملة أو

أنصافها. حيث إن استخدام أجزاء نظامية ومجمعة يساعد في تخفيض زمن الإنتاج ويوفر جهود التصميم أكثر ويسمح بظهور صناعات كمية بطرائق إنتاج عصرية، وتقنيات حديثة. وإنتاج قطع أكثر تبادلية وأكثر قابلية للتصنيع، واستخدام أدوات وقطع ثانوية إضافية. واستخدام قطع مصنعة آلياً بشكل كامل حيث تسمح هذه الطريقة باستخدام المكننة والأتمتة بحيث تحقق دخلاً اقتصادياً أعلى وأقل عرضة لضياع الزمن وإعادة ضبط أدوات القطع وتركيبها. إن استخدام قطع وأجهزة نظامية يسمح بإمكانية استبدالها مما يبسّط الصيانة الفنية والإصلاح اللازم لها. ومقدار النفع الكمي للقطع النظامية في المنتج هو مُعامل نظامية المنتج المحسوب كنسبة العدد الكلي للأجزاء والقطع غير المعتبرة كوحدات مجمعة إلى العدد الكلي للقطع والأجزاء الداخلة في عملية تصنيع المنتج. وكلما زاد هذا المعامل فهذا يعني عدداً أكبر من القطع النظامية المستخدمة في المنتج وبالتالي تصميماً أجود للمنتج القابل للتشغيل.

وعملية توحيد الأجزاء ضمن خطة أو قطاع صناعي تقود إلى تقليل اختلافات تصميم الأجزاء وتسمح باستخدام الطرائق العصرية التي طورت لاستخدامها في الصناعة والتي جربت وأدخلت في الإنتاج الكمي. إن التقنيات النظامية المستخدمة اعتماداً على تجهيزات عالية الإنتاجية وأدوات مناسبة تجعل الظروف مناسبة للاسترداد السريع لرأس المال الموظف في المكننة والأتمتة وبمعالجة منطقية أيضاً نجد معامل التوحيد القياسي الواصف لاستمرارية التصميم للأجزاء والأجزاء المجمعة في عملية الإنتاج. وكلما زاد هذا المعامل كان التصميم المقترح للإنتاج أجود.

إن عملية تبسيط الأجزاء المجمعة والأجزاء تحسن قابلية التصنيع ضمن خطة أو عدة خطط إنتاجية في قطاع صناعي مفترض. واستخدام تصاميم موافقة للمقاييس الموحدة أو مبسطة أو موحدة المواصفات يسمح للتصنيع والاستخدام بإدخال عناصر نظامية ونصف منجزة وقطع جاهزة للتشغيل والاستفادة منها بطرائق عصرية وذلك للتخفيض الجزئي للعمل وكثافة

التشغيل للعملية ويقلل من مقدار متطلبات المكننة والأتمتة اللازمة. مثلاً: تعطي تخفيض في الكلفة ليس فقط للتشغيل بل وللأدوات اللازمة، وعملية ضبط الموجهات ووضع أدوات القطع والمثبتات والأشياء المتممة: ويبدو أنه من الأصلح المحافظة على الشكل بوضع آمن وقابل للتناول. ويملك سطوح دليلية مناسبة ومحاور لتسمح بتحسين نوعية السطوح المنهاة كسطوح مرجعية للدخول في عملية التصنيع.

ب - التوحيد القياسي يعطي إمكان أكبر لتصميم عناصر الأجزاء. فكلما زاد عدد العناصر الأساسية (براغي، ثقوب، مجاري، أخاديد أو سطوح مسننة) قل عدد أنواع ومقاييس أدوات القطع والقياس المستخدمة في العملية، وقلت تغيرات حالات الإنتاج. وبهذه الطريقة تزداد الإنتاجية وبساطة حالات التحكم المتوفرة لتعطي تحكماً فعالاً مؤتمتاً للعمليات بكلفة أصغرية. وكمية العناصر القياسية المستخدمة للتصنيع توصف بمعامل التوحيد الذي هو نسبة عدد الأنواع والمقاييس المذكورة الموحدة في العناصر المصممة إلى العدد الكلي للعناصر المستخدمة في جزء من المنتج.

جـ - التوحيد القياسي يزيد إمكان استخدام المواد في العملية التصنيعية. والاختيار القليل التفاوت للمواد المطلوبة للتصنيع لايقلل مقدار المخازن، والتزويد بالمواد الأولية فحسب بل ويسهل عملية التصنيع للأجزاء لأنه في ظروف قطع المعادن لاتحدث تلك التغييرات كما هو عادة باختلاف عمليات تشغيل الأجزاء. وهذا أيضاً يبسط عملية التحكم بالآلة، ويقلل الزمن المطلوب من عمليات التحكم وهذا يعطي ظروفاً أنسب للاسترداد السريع لرأس المال الموظف لأتمتة التحكم. ودرجة الاستخدام لمادة معطاة لإنتاج ما توصف بمعامل الاستخدام أو معامل التطبيق الذي هو نسبة كتلة المادة المستخدمة إلى كتلة المنتج الكلية. وكلما زاد المعامل كان التصميم المقترح أجود للتصنيع. وهذه المواد يجب أن تكون رخيصة ووفيرة الموارد وقابلة للاستخدام.

د - يزيد بشكل كبير إمكانية استخدام الطرائق المتطورة النظامية للتشغيل، التجميع، التحكم، الاختبار، الصيانة والإصلاح. فالمنتجات المصممة وفق المقاييس النظامية والأجهزة الموحدة والنظامية تسمح بإنتاجها وصيانتها باستخدام الطرائق المتطورة نفسها أو ما يشابهها وزيادة انتاجها تعني إمكانية ادخال رأس مال أكبر لاستخدام تكنولوجيا أحدث.

قابلية تكييف التصميم للإنتاج يمكن تحديدها أيضاً من معاملات قابلية التصنيع اعتماداً على عمليات نظامية. وعمليات متكاملة وأساليب قيّمة. وتحدد نتيجة قابلية التصميم للإنتاج من مستويات قابلية التكييف اعتماداً على العمل المبذول K_l وخصوصية الكلفة K_s للعملية:

$$K_l = 1 - \frac{T_l}{T_{ref}}$$

(13-1)

$$K_s = 1 - \frac{C_s}{C_{ref}}$$

حيث:

T_l = العمل المبذول على المنتج، معدل الزمن h.

T_{ref} = المؤشر المرجعي للعمل المبذول، معدل الزمن h.

C_s = كلفة إنتاج وحدة المنتج.

C_{ref}= المؤشر المرجعي للكلفة.

إن كلفة وحدة المنتج تختلف عن الكلفة الأولية للمنتج حيث إن الورشة المنتجة تضيف على السعر فقط الأمور المتصلة مباشرة مع عملية الإنتاج. مثلاً كلفة الصيانة، الطاقة، اهتراء، أدوات القطع، المثبتات، مواد التنظيف، سوائل القطع (تزييت - تبريد) ... الخ.

يمكن تطبيق المكننة والأتمتة فقط عندما يكون تصميم المنتج قابلاً للإنتاج. فعمليات الإنتاج يمكن مكننتها بدون تغيير العملية من حيث التخطيط إذا كانت المكننة ستؤدي إلى خفض متطلبات اليد العاملة فيها ولا تتطلب دفع رأس مال كبير لذلك.

سنوضح ذلك بالمثال التالي:

قسم إنتاج يوظف 200 عامل لتشغيل 100 مخرطة في واردیتین. للدخول في مكننة بسيطة (مثلاً عمليات التحميل) ليستطيع عامل واحد تشغيل مخرطتين. عندئذ يلزم لتشغيل 100 مخرطة فقط 50 عاملاً بالواردية. أي 100 عامل في واردیتین. والتخفيض في القوة العاملة هنا ينتج عنه زيادة في خفض كلفة الإنتاج.

وعند استخدام الأتمتة يتم أيضاً اختصار للقوة العاملة اللازمة إلى النصف أي 25 عاملاً لتوضيع أدوات القطع في الوردية أو 50 عامل تركيب بالواردیتین لتخديم 100 مخرطةفي واردیتین. في هذه الحالة (الأتمتة) سيكون التوفير في كلفة الإنتاج أقل من السابقة لأن أجرة عامل تركيب أدوات القطع أعلى بـ 1,5مرة من العامل العادي غير الماهر.

وجدنا أن المعامل الاقتصادي في المكننة والأتمتة المتكاملة يمكن زيادته عند تحسين العملية باستخدام تكنولوجيا متطورة ثمينة. لهذا عند إنتاج دحاريج للمضاجع الكروية العمومية تستخدم مخارط أتوماتيكية متعددة المحاور حيث يستخدم فيها ادوات قطع شكلها هو الشكل النهائي للدحروج وتقطع الدحاريج مباشرة من العمود الممسوك بالظرف. إنتاجية الآلة الأتوماتيكية في الواردية الواحدة ستصبح 5000 - 4000 قطعة. ويخدم عامل تركيب أدوات القطع 4 آلات من هذا النوع، وبالتالي إنتاجية الواردية الواحدة ستصبح 20000 قطعة. وعندها فإن تقنية الإنتاج المطورة هنا تشمل اسلوب التشوه اللدن الناتج عن الآلة التي يتشكل فيها الدحروج بين أسطوانتين دوارتين إحداهما ذات سطح ناعم والأخرى تحتوي أطاريف تشكيل للدحروج وتنعيم سطوح المقطع بعد قطعه من الظرف الماسك للمحور. وإنتاجية هذه الآلة تصل إلى 50000 قطعة في الواردية. وبساطة هذه الآلة تسمح حالياً لعامل تركيب أدوات قطع واحد بخدمة 8 - 6 آلات في آن واحد. مما يزيد إنتاجية الواردية إلى 400000 - 300000 قطعة. ولكن لا نستطيع القول حالياً إن آلة متطورة بهذا الشكل يمكن أن تسترد كلفتها العالية بسرعة.

في الإنتاج الكمي وبكميات كبيرة فإن التكنولوجيا العصرية تسمح عادة باستخدام الأتمتة المتكاملة في خطوط الإنتاج، المخازن وحتى في كل الخطط المعتمدة على برامج أتمتة وحدات تكاملية كاملة وفقاً لخطط موضوعة أو بالتنظيم الذاتي. في الإنتاج الكمي وباستخدام عمليات نظامية أو متكاملة فإن التطبيقات الأتوماتيكية هي عبارة عن خطوط مؤتمتة بشكل كامل، آلات أتوماتيكية ومخارط معيارية.

مثلاً: باستخدام وحدات قياسية يسمح لنا باستبدال أجزاء منها بأخرى عند الضرورة أو تبديلها كلها أو إعادة ضبطها عند تبديل مواصفات المنتج.

في الإنتاج بالدفعات من السهل والمفيد استخدام تجهيزات ممكننة أو مؤتمتة. فمثلاً إن آلات قطع المعادن المبرمجة رقمياً تسمح بزيادة سرعة وسهولة إعادة ضبطها وتبديل أدوات القطع.

13-2- نظرية كفاءة الآلة الأتوماتيكية:

هي نظرية طورها البروفيسور ج .أ . شوموان. والتي وفقاً لها يتضمن زمن الدورة الإنتاجية T لآلة قطع معادن أتوماتيكية كل من زمن التشغيل t_w وزمن ضائع t_i:

$$T = t_w + t_i \qquad (13\text{-}2)$$

وكفاءة الدورة مثلاً هي الخرج في الدورة Q_c (قطعة/ثانية) تحدد بالمعادلة:

$$Q_c = 1/T = 1/(t_w + t_i) \qquad (13\text{-}3)$$

في الآلة الأتوماتيكية مع أو بدون زمن ضائع ($t_i = 0$):

$$Q_c = 1/t_w = K \qquad (13\text{-}4)$$

مثلاً: كفاءة الآلة الأتوماتيكية بدون زمن ضائع تكون أعلى. وهذا ما يعرف بالكفاءة التكنولوجية ويرمز لها بـ K. نبدل في (6) فنجد:

$$Q_c = \frac{1}{(t_w + t_i)} = \frac{1}{(1/k + t_i)} = \frac{K}{(1 + K.t_i)} \qquad (13\text{-}5)$$

وبفرض $\eta = 1/(1+k.t_i)$ (معامل كفاءة الآلة الأتوماتيكية):

$$Q_c = K \cdot \eta \qquad (13\text{-}6)$$

$$\eta = \frac{1}{(1 + k.t_i)} = \frac{Q_c}{k} = \frac{t_w}{T} \qquad (13\text{-}7)$$

مثلاً: η نسبة الخرج في دورة إنتاجية إلى الكفاءة التكنولوجية، أو نسبة زمن التشغيل إلى الزمن الكلي للدورة.

مثال: معطى لدينا $t_w = 8$ sec و $t_i = 2$ sec أوجد k و Q_c و η.

قطعة/ثانية $$k = \frac{1}{t_w} = \frac{1}{8} = 0{,}125$$

قطعة/ثانية $$Q_c = \frac{1}{(t_w + t_i)} = \frac{1}{(8+2)} = 0{,}1$$

$$\eta = \frac{Q_c}{k} = \frac{0{,}1}{0{,}125} = 0{,}8$$

وبالتالي فإن80% من زمن التشغيل هو زمن عمل و20% زمن ضائع.

والآن نأخذ بالحسبان ضياع الوقت t_L من أجل تركيب أداة القطع، الضبط، التنظيف، مناولة القطع المشغلة ونقلها للمستودعات، وكذلك الوقت الضائع الآخر فيمكن لنا عندئذٍ الوصول إلى الكفاءة الفعلية لآلة قطع المعادن الأتوماتيكية:

$$Q_a = \frac{1}{(t_w + t_i + t_L)} \qquad (13\text{-}8)$$

والآلة الأتوماتيكية يجب أن تضبط بحيث يتم تجنب العمليات الثانوية أو تقليلها. مثلاً تركيب أداة القطع، فإذا كان يجب تحميل أبعاد المنتج المصنَّع فيجب أن يكون $L \pm IT_1$ (السالب من التفاوت هو لتشغيل المحاور والتفاوت الموجب لتشغيل الثقوب) فإن الآلة يجب أن تعيّر على البعد L_m مع تسامح يحدد مقدار اهتراء الأداة Δ_{tool} حتى بعد انتهاء التشغيل:

$$L_m = L_{(max)}^{min} \pm \frac{IT_1}{2} \mathrm{m} \frac{\Delta_{tool}}{2} \qquad (13\text{-}9)$$

القيم المحددة بين قوسين تستخدم لتحديد L_m عند إجراء الثقوب.

وعند ضبط الآلة فإن عامل تركيب الأداة يجب ان يستخدم أداة قياسعمومية (مقياس حساس) مع قيمة التدريج (عامل التقسيم) الأصغر بـ 6 مرات من تفاوت التشغيل للعنصر المشغل.

التفاوت It_{adj} بتدريج المقياس الحساس وطوله L_{adj} يمكن إيجادها باستخدام العلاقات:

$$IT_{adj} = IT_{piece} - 6\sigma(1+\frac{1}{\sqrt{m}}) \qquad (13\text{-}9)$$

$$L_{adj} = L_m \pm \frac{IT_{adj}}{2} \qquad (13\text{-}10)$$

حيث:

It_{adj} = تفاوت العنصر.

σ = الانزياح النظامي عن البعد المطلوب.

m = الكمية التي تعتمد على انزياح شكل منحني التوزع وعلى عدد مرات القياس المجراة عند ضبط الآلة.

مثال: يطلب تشغيل محور قطره $20^{-0,2}$ mm ويجب إعادة ضبط الأداة عندما يبلغ الاهتراء فيها مقدار 0,20 mm. ويتم هنا إجراء القياسات بوساطة ميكرومتر ذي عامل التدريج 0,01 مم أو بياكوليس دقيق بدقة 0,02 مم. وبفرض $\sigma = 0,01$ و $m = 9$.

يجب تعيير الآلة على البعد:

$$D_m = 19,8 + (0,2/2) - (0,02/2) = 19,89 \text{ mm}$$

$$It_{adj} = 0,2 - 6 \cdot 0,01 [\ 1 + (1/3\ ) = 0,2 - 0,08 = 0,12 \text{ mm}$$

ومع التوزيع المنتظم للإزاحات فإن مقياس عامل تركيب الأدوات يجب أن يضبط على البعد: $19,89 \pm 0,06$ mm

وبالفحص الدقيق للمتطلبات السابقة نجد أنه من الضروري اللجوء لعملية المكننة والأتمتة التي وحدها تضمن نوعية جيدة للمنتج. وزيادة [illegible] بتكلفة قليلة.

إن الأتمتة المتكاملة ممكنة التطبيق فقط في حالة الإنتاج المتطور جداً والمعتمد على تكنولوجيا متطورة ونظام تحكم معقد واستخدام أجهزة تحكم موثوقة وتجهيزات إنتاج موثوقة أيضاً. واستخدام أنظمة الإنتاج العصرية يمكن أن نحققه من خلال تطوير عناصر الإنتاج كافة بما فيها من وحدات الإنتاج ذات التغذية الذاتية والآلات ذات الرؤوس العمومية وتطوير ميكنزمات النقل لتحريك المشغولات من منطقة عمل لأخرى بأساليب مختلفة.

ولهذا فإن تجهيز مجموعة أتوماتيكية متعددة المناطق، وأنظمة لتناول الأجزاء والمواد والتغذية وأنظمة للتحكم بالآلة والضبط الذاتي وفحص المنتجات والتحكم بالجودة. وقد بذلت جهود أكبر لجعل أداء الآلة ضمن مجال أوسع من حالات القطع بدون الحاجة للضبط وتقليل الضجيج وتحسين الدقة. يمكن بناء آلات قطع معادن كثيرة الأنواع للإنتاج الكمي من قطع نظامية. وهذا ما يدعى بمبدأ البناء وفق المجموعات. ونظام كهذا يجمع بين المرونة وإمكانية التطبيق بإنتاجية عالية. واختيار القطع يجب أن يعتمد على اقتصاديتها في أمور مثل تركيب أدوات القطع، الكلفة، الحجم، عدد ودرجة تعقيد العمليات اللازمة، ومقدار تغييرات التصميم المطلوبة.

هذا ويمكن تطبيق مبادىء وأنواع مختلفة للتحكم الآلي لتحسين عمليات التشغيل. حيث أثناء تشغيل المنتج فإنالتحكم الآلي يتحسس ظروف التشغيل، كالقوى، درجة حرارة حافة أداة القطع، معدل اهتراء الأداة ودرجة إنهاء السطح. وتحويل هذه المعطيات إلى تغذية وتحكم بالتغذية لتتمكن الآلة من القطع تحت ظروف مثالية ولإنتاجية أعلى. والجمع مع مقدار كاف من الأتمتة يعني أنظمة تحكم آلي يتوقع منها زيادة كفاءة عمليات تشغيل المعادن.

فعلى سبيل المثال وعندما تستخدم الآلات المبرمجة رقمياً بدلاً من الآلات العمومية يمكن تحقيق عدة مكاسب منها: اختصار زمن التحضير للعملية الإنتاجية بمقدار % 75 - 50، واختصار زمن الدورة الإنتاجية نفسها إلى %60 - 50، الاقتصاد في مصاريف تصميم الأدوات الإنتاجية وتحضيرها بمقدار %85 - 30، زيادة إنتاجية العمل على حساب اختصار الأعمال التكميلية زمنياً وزمن التشغيل الأساسي على الآلة وغيرها. (مثلاً في حال أتمتة عملية تحديد إحداثيات المشغولة تزداد إنتاجية العمل وسطياً بمقدار %20 - 15).

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الرابع عشر
الأتمتــة والمكننــة الإنتاجيــة

1-14 - مقدمـة:

المقصود من الأتمتة والمكننة الإنتاجية هو تطوير المعدات وإدخال تغييرات على تصاميم المكنات وآلات تشغيل المعادن بالقطع يكون من شأنها رفع مستواها الفني وإنتاجيتها وعمر تشغيلها في بعض الأحيان. وذلك للوصول إلى عملية إنتاجية مبرمجة وذات خواص فنية تلائم الخواص المتعارف عليها في المواصفات القياسية الدولية وتحسينها وتخفيف الجهد الإنساني وتدخله في العملية الإنتاجية لما فيه من خطورة على الإنسان نفسه وعلى دقة العملية الإنتاجية من جهة أخرى وتخفيف الكلفة الإنتاجية إلى أدنى حدٍ ممكن وذلك من خلال زيادة كمية الإنتاج وتخفيف عدد المنتجات المرفوضة بسبب عدم ملاءمتها للشروط المفروضة على المنتجات.

جوهر التطوير واتجاهاته الأساسية:

يعد تطوير المعدات المستعملة واحداً من أهم اتجاهات مكننة العمليات الإنتاجية وأتمتتها. وإجراء التطوير لا يعد ملائماً من وجهة النظر الاقتصادية، إلا إذا كانت تكاليفه الإنتاجية تعوض خلال سنتين أو ثلاث، وإذا زادت إنتاجية الآلة بنتيجة التطوير بمقدار 30% - 20 وكانت الآلة ستستعمل لمدة لا تقل عن خمس سنوات. ومن الملائم جداً تطوير آلات التشغيل بالقطع سواءً العامة منها أو الخاصة أثناء الصيانة الشاملة الأولى.

وتطوير معدات تشغيل المعادن بالقطع يؤدي إلى:

آ - ازدياد إنتاجية الآلات نظراً لاختصار زمن تشغيل الأجزاء، وبالذات الزمن الأساسي (زمن تشغيل الآلة) الذي تُزال خلاله من الأجزاء (المشغولات) طبقات من المعدن، والزمن الإعدادي أي الزمن اللازم لتركيب المشغولة وضبطها وتثبيتها، وتقريب أداة القطع وإبعادها وضبط الآلة ... إلخ.

ب - توسيع الإمكانات التكنولوجية للآلات بغية التعويض عن الآلات التي يفتقر المصنع لوجودها.

جـ - مكننة عملية التشغيل وأتمتتها.

وفي أثناء إجراء التطوير يجب السعي إلى زيادة عمر تشغيل آلات التشغيل بالقطع والآلات الأخرى وجعل ظروف العمل أكثر أماناً.

في المخطط المرفق نوضح أهم الاتجاهات الأساسية لتطوير آلات تشغيل المعادن بالقطع.



وسنقوم فيما يلي بشرح موجز لعناصر هذا المخطط:

14-2- التطوير بغية اختصار الزمن الأساسي (زمن المكنة):

تتطور تصاميم الأدوات القاطعة وأشكالها بشكل مستمر في العالم. الأمر الذي يساعد في زيادة السرعات واستعمال تغذيات أكبر، غير أنه ما تزال حتى الآن آلات ذات سرعات منخفضة لعمود الدوران وقدرات منخفضة أيضاً. ناهيك عن أن جساءة وحداتها لا تسمح باستخدام أدوات قطع حديثة.

ويجري التطوير بغية زيادة سرعات آلات التشغيل بالقطع والآلات الأخرى على نطاق واسع جداً. وهذا النوع من التطوير كثيراً ما يجري في تلك الحالات التي يكون فيها من الضروري زيادة سرعة القطع، وفي الوقت نفسه زيادة جساءة آلات التشغيل بالقطع ومقاومتها للاهتزازات.

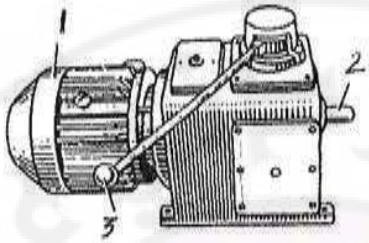
وفي الحالات المماثلة يجري حساب خاص لتعيين أقصى سرعة مسموح بها لدوران المسننات والأعمدة المحملة بشكل أشد من غيرها. ويمكن التوصل إلى الجساءة اللازمة للمعدات ومقاومتها للاهتزازات بطرائق مختلفة مثل مواءمة الموجهات بعناية وضبط كراسي التحميل.

ولزيادة قدرة آلة التشغيل بالقطع تستبدل بالسيور المسطحة سيورٌ ذات مقطع بشكل V، مع الاحتفاظ بمكان تثبيت المحرك الكهربائي وعرض البكرة المقودة وقطرها. ولكن ينبغي في هذه الحالة، تركيب المحرك الكهربائي على لوح متحرك أو على منزلقات حتى يمكنها التحكم بمقدار شد السيور.

وزيادة سرعات المعدات الصناعية تتطلب تحسين نظام التزييت، وقد أظهرت التجارب أن استعمال التزييت الدائري (دارة تزييت) مع بعض الأجزاء الأخرى، كالمعالجة الحرارية وتشطيب الرقبات الارتكازية لعمود الدوران وسطوح اللقم التي تترافق معها، يمكّن من زيادة سرعة عمود الدوران إلى 1500 rev/min - 1200 حتى في تلك الحالات التي يكون فيها عمود الدوران مركباً على كراسي تحميل انزلاقية، أما إذا استبدلت كراسي التحميل الانزلاقية بكراسي تحميل دحروجية، فيمكن الحصول على سرعات أعلى وعند تطوير آلات التشغيل بالقطع ذات التصميم القديم والتي لا يمكن جعل علب سرعاتها سريعة الحركة، تركب علب سرعات ملحقة.

يظهر في الشكل (14-1) صندوق سرعات ملحق حيث يوجد فيه مخفض

سرعات موصول بمحرك كهربائي 1 ويستخدم الذراع 3 للتحكم بتشغيل وإيقاف وتغيير التروس في صندوق السرعات. وعلى عمود الخرج 2 مركب بكرة متصلة بهذا العمود بوساطة خابور. وهكذا فإن مخفض السرعات يرتبط بآلة التشغيل بالقطع بوساطة وسيلة نقل حركة بالسيور.

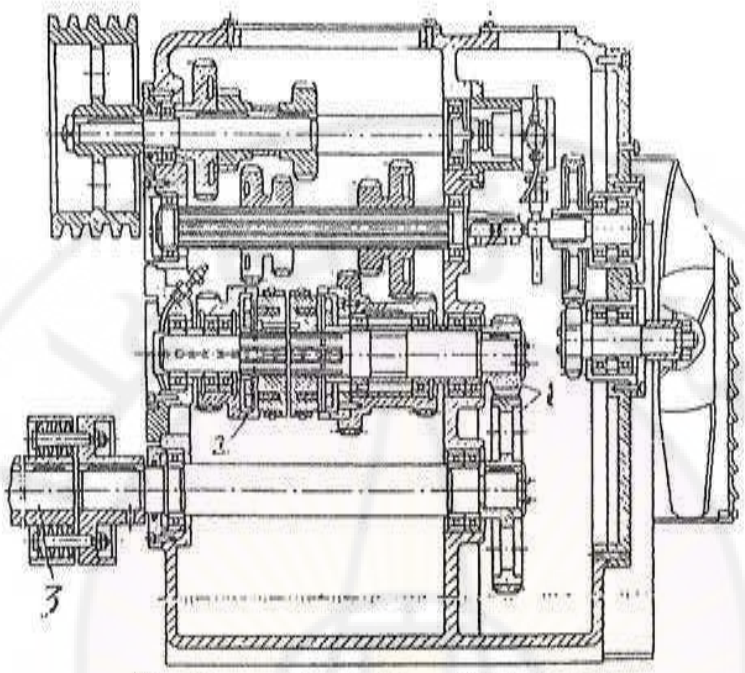


الشكل (14-1) - صندوق سرعات ملحق

ويتم تشغيل حركة آلة التشغيل بالقطع وإيقافها المحتوية على صندوق سرعات ملحق بوساطة لوحة أزرار مركبة على الآلة، وبغية اختصار الزمن اللازم لإيقاف آلات التشغيل بالقطع، تحتوي صناديق السرعات الملحقة على أجهزة للفرملة الكهربائية وقارنات.

ويجري الشوط العكسي لآلة التشغيل بالقطع، بعكس حركة المحرك الكهربائي. وفي آلات القشط الطولية تصنع علب السرعات النمطية لعكس الحركة ذات قارنات كهرطيسية لنقل قدرات قدرها 4,5 - 7 - 10 - 14 كيلو واط. وفي أحد أنواع هذه العلب يؤدي عمود السرعات النهائي 125 - 180 - 250 - 350 دورة/دقيقة و 390 دورة/دقيقة في أثناء الحركة (الشوط) العكسية. وتصل سرعة دوران هذا العمود في نوع آخر من تلك العلب إلى 355 - 500 - 710 - 1000 دورة/دقيقة وإلى 1090 دورة/دقيقة، في أثناء الشوط العكسي.

وللحصول على أعداد مختلفة للدورات تستبدل التروس 1 في صندوق السرعات لعكس الحركة المبينة في الشكل (14-2) أما الحركة الأمامية والعكسية لعمود السرعات النهائي 3 الموصل مباشرة بعمود آلة التشغيل بالقطع فتتم بوساطة قارنات كهرطيسية 2 ذات أقراص احتكاكية.



الشكل (14-2) - صندوق عكس حركة مطوّر

14-3- التطوير بغية اختصار الزمن الإعدادي (المساعد):

يستهلك الزمن الإعدادي على تركيب المشغولة وضبطها وتثبيتها، أي على إجراء عمليات تتكرر كل مرة عند تشغيل كل جزء. وكذلك على تركيب وضبط وتثبيت عدة القطع واستبدالها قبل كل مرحلة جديدة وعلى ضبط آليات الآلة وتشغيلها وإيقافها. ويعتمد الزمن اللازم لتركيب وضبط وتثبيت ونزع الأجزاء على وزنها وتصاميم الأجهزة.

إذا طرحنا الزمن الكلي للتشغيل من الزمن الإعدادي، يتضح أن 40% - 15 فقط من زمن التشغيل يستهلك على التشغيل الإنتاجي للآلة. لهذا فإن اختصار الزمن الإعدادي بالذات سيؤدي إلى مضاعفة إنتاجية العمل.

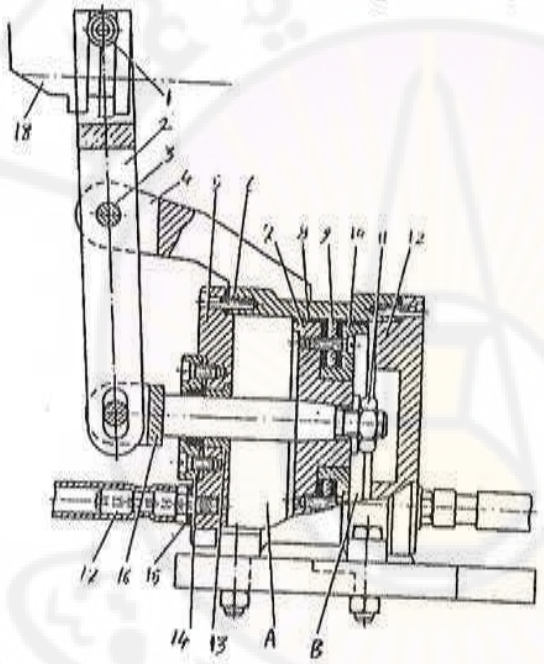
ويمكن اختصار الزمن الإعدادي قبل كل شيء، باستعمال أجهزة تثبيت آلية وسريعة الحركة، وهذه الأجهزة قد تكون هوائية أو هيدروليكية أو هيدروهوائية أو

ميكانيكية أو كهربائية أو مغناطيسية أو مختلطة. واستعمال هذه الأجهزة غالباً ما يؤدي إلى إمكانية تغيير تصميم وحدات آلة التشغيل بالقطع.

وسنورد فيما يلي بعض أمثلة هذا النوع من تطوير المعدات الصناعية.

يزود العديد من أنواع المخارط البرجية ذات التصميم القديم بمعدات تثبيت زناقية ذات وسائل إدارة يدوية. والعمل بمثل هذه الوسائل يتطلب بذل مجهود فيزيائي كبير من قبل العامل، كما يستهلك زمناً إعدادياً طويلاً. ويمكن التخلص من هذه العيوب باستعمال وحدات هوائية.

في الشكل (14-3) موضح تركيب وسيلة إدارة مركبة في مخرطة برجية.



الشكل (14-3) - وسيلة إدارة هوائية لتثبيت المشغولات

حيث في هذا الجهاز يوجد داخل الأسطوانة، مكبس مؤلف من قرص 7 ومانعتين 8، وبطانة 9 وجلبة 10 والمكبس يجمع بوساطة مسامير تثبيت، كما أنه مثبت بجساءة مع محوره 16 بوساطة الصامولة 11. ويمر محور المكبس من خلال الجلبة 13 المثبتة بالجدار الأمامي 5 للأسطوانة. وفي هذا المكان يوجد صندوق حشو مؤلف من بطانة حشو 15 وغطاء 14. ويتم ضمان إحكام الحشوة بربط الغطاء بالبراغي.

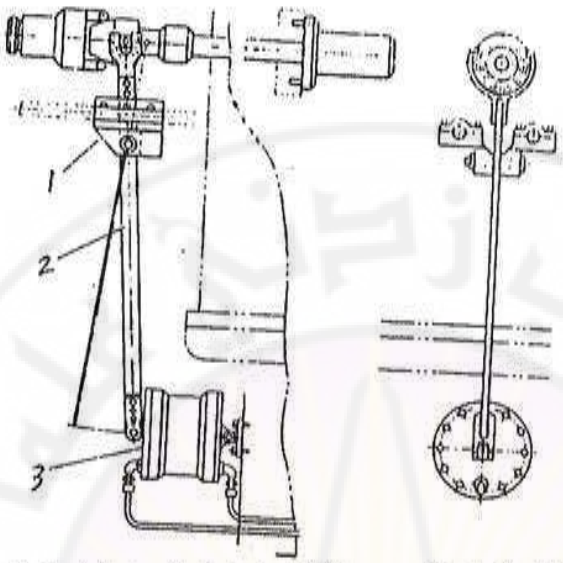
وتوصل الأسطوانة بصنبور الدخل (صمام) بوساطة أنابيب 17، مركبتين على الجدارين الأمامي 5 والخلفي 12. وعند وصول الهواء المضغوط إلى الحجرة (A) بالأسطوانة، يتحرك المكبس باتجاه اليمين ويضغط محور المكبس على الجزء السفلي للذراع 2 الذي يدور حول المحور 3 المثبت في الحامل 4. عند ذلك ينحرف الجزء العلوي للذراع 2 الذي يصنع بشكل شوكة باتجاه اليسار ويقوم بمساعدة مفصلين 1 (أسطوانتين) يدوران بحرّية على محاور، بإزاحة قارنة وسيلة التثبيت 18 باتجاه اليسار وتضغط القارنة على كلابات. والكلابات بدورها تضغط على زناق وسيلة التثبيت من خلال ماسورة موضوعة في فتحة عمود الدوران.

وعند وصول الهواء المضغوط إلى الحجرة (B) بالأسطوانة، يحركالذراع القارنة 18 باتجاه اليمين، وتتخلص الماسورة من الضغط، وبهذا يمكن نزع المشغولة.

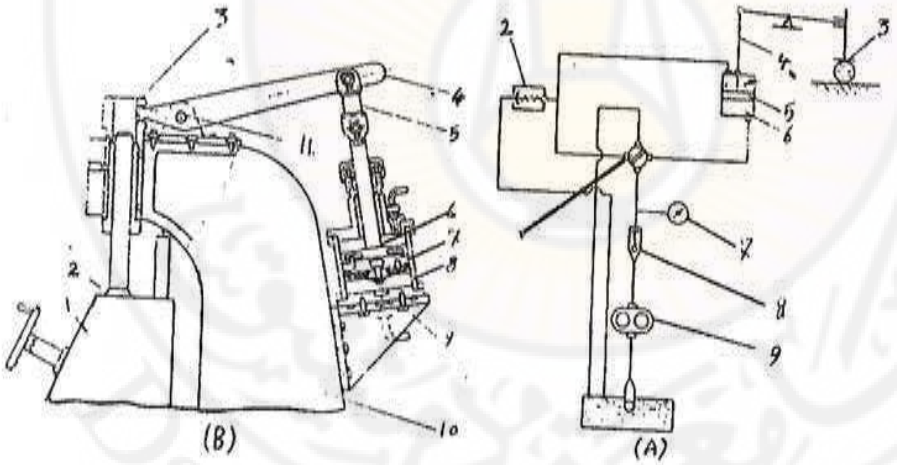
ويوضح الشكل (14-4) وسيلة إدارة هوائية من الطراز الهزاز (المتأرجح) مثبتة على فرش مخرطة برجية. وتصميم الأسطوانة3 في هذه الحالة لا يختلف عن تصميم الأسطوانة الموضحة بالشكل (14-3).

وعند تحرك محور المكبس 3 يتأرجح المحور ويدور الذراع 2 الذي يتأرجح حول محور مثبت في الحامل 1 والمثبت بدوره بقوة في هيكل غراب الرأس بالآلة. ويقوم الذراع بوساطة جزئه العلوي المصنوع على هيئة شوكة بإزاحة قارنة وسيلة التثبيت في الاتجاه المحوري. أما في آلات القطع القديمة، فيجري تثبيت المشغولات يدوياً، الأمر الذي يتطلب جهداً كبيراً، ويحتاج إلى زمن إعدادي طويل وعند التطوير تزود هذه الآلات بماسك هيدروليكي.

ونورد في الشكل (14-5_A) رسماً تخطيطياً لهذا الماسك.



الشكل (14-4) - وسيلة إدارة هوائية من الطراز الهزاز



الشكل (14-5) - تطوير آلة قطع

وتبعاً لهذا الرسم التخطيطي تدفع المضخة 9 الزيت المار من خلال الصمام المخفض 8 والصمام المنزلق 1 إلى التويف السفلي للأسطوانة 6، ويؤثر الزيت في المكبس 5 ويدفعه

للأعلى. عند ذلك تمسك المشغولة بوساطة الفك 3 وذلك بمساعدة مجموعة من الأذرع 4.

ويتم التحكم في ضغط الزيت وبالتالي في قوة المسك (تثبيت المشغولة) بوساطة الصمام 8. ولقراءة مقدار الضغط يستعمل مقياس الضغط 7 ولتحرير المشغولة يحول الصمام المنزلق 1 إلى وضع آخر. وبهذا ينفتح مجرى يسيل الزيت خلاله من المضخة إلى الحيّز العلوي للأسطوانة 6. والزيت المندفع إلى هذا الحيز (الحجرة) يقوم بتحريك المكبس إلى أسفل عند ذلك تتحرك الأذرع 4 في الاتجاه المعاكس. وللتحكم في المكبس المنزلق يركب على الفراش صنبور خاص.

ولزيادة عمر تشغيل المضخة تحتوي الدارة الهيدروليكية صمام تفريغ (استرخاء) 2 يستعمل لتقليل الضغط في حجرة الأسطوانة حتى 1 كغ/سم^2. وهذا الضغط يكفي لرفع الفك وتحرير المشغولة.

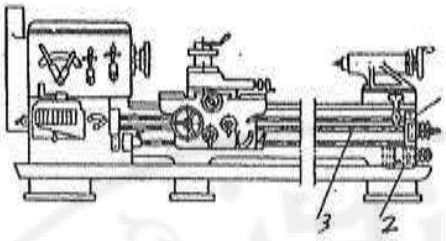
وفي الشكل (B_5-14) يرد تصميم الماسك الهيدروليكي. ومن الشكل يتضح أن الأسطوانة الهيدروليكية 8 تثبت على حامل 9 مثبت بدوره بجساءة في فرش الآلة 10. وبداخل الأسطوانة يتحرك مكبس 7 مرتبط بمحور المكبس، مع العلم بأن المكبس يحتوي أساور مانعة للتسرب ومحور المكبس بدوره يوصل بوساطة حلقة مفصلية 5 بالمحور 4 الذي يتأرجح حول المحور 11 المثبت في الحامل. وينتهي الجزء الأيسر للذراع بجزء كروي مركب على قناة القميص 3. والقميص الذي يمكن أن يتحرك في اتجاه محوره، يرتبط بصامولة يمر خلالها لولب 2.

والجهاز يعمل كما يلي: عندما يتحرك المكبس 7 إلى أعلى، يدور الذراع الثنائي الأكتاف مما يؤدي إلى تحرك الماسورة والصامولة واللولب إلى أسفل. عند ذلك يضغط الفك 1 على المشغولة. ويتم تحرير المشغولة بإنزال المكبس ورفع اللولب 2.

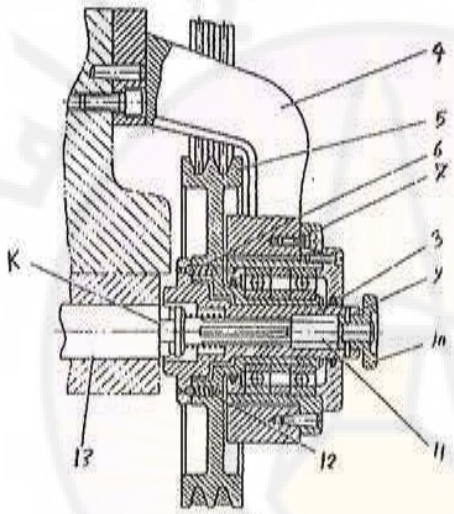
وتزود المخارط عند تطويرها بآليات لتسريع حركة الراسمات. ومن الملائم إلى حدٍ كبير جداً إدخال هذه الآليات في تركيب آلات التشغيل بالقطع الضخمة التي تعطى فيها الحركة السريعة للراسمة عند تنفيذ الأشواط الطويلة، وفراً ملحوظاً في الزمن الإعدادي اللازم، وتخفف من جهد العامل.

وقد أوردنا في الشكل (6-14) تصميم آلية الحركة السريعة لراسمة آلة خراطة وقطع القلاووظ (ارتفاع الذنبات 300 مم والمسافة بينهما 4000 مم) ويتضح من الشكل أن الآلية التي تعطي الحركة السريعة لعمود السحب 3 تركب على الحامل 1 المثبت في

فرش الآلة ويركب على الجهة الخلفية للفرش محرك كهربائي 2. ومن هذا المحرك تنتقل الحركة بمساعدة وسيلة نقل حركة بالسيور إلى البكرة 5 (الشكل 14-6_B) ومن هذه البكرة إلى الجلبة 8.



(A)



(B)

الشكل (14-6) - آلية الحركة السريعة للراسمة

وترتبط الجلبة بالبكرة بوساطة الكريات، التي تدخل تحت تأثير الجلب 12 في فتحات موجودة على شفة الجلبة. وهذا النوع من الارتباط يمنع كسر الآلية في حالة فصل وسيلة إدارة التغذية أو حتى آلية الحركة السريعة للراسمة. ذلك لأن الكريات تخرج من الفتحة الموجودة على شفة الجلبة وتبدأ البكرة في الدوران بدون حمل.

وتركب البكرة على كراسي تحميل كريات موضوعة في إطار 7. والإطار يثبت بوساطة خابور دليلي وبراغي على الحامل 4.

والدوران السريع ينتقل من الجلبة 8 عبر الأصبع 11 على عمود السحب 13. ويرتبط الأصبع 11 بالجلبة بوساطة الوتد 9. وتحتوي الجلبة بدورها نتوءاً خابورياً

(K) يدخل في شق موجود بطرف عمود التغذية. ويمكن فصل تعشيق الأصبع مع عمود التغذية بتحريك الأصبع باتجاه اليمين بوساطة الزر 10. عند ذلك يخرج الخابور 9 من الشق الموجود على طرف الجلبة. وتبعاً لقواعد الأمن الصناعي ينبغي بعد تركيب الآلية، تغطيتها وتغطية المحرك الكهربائية بأغلفة واقية. ومن الضروري توصيل زر المحرك الكهربائي للآلية بمفتاح كهربائي لا يسمح بتشغيل آلية الحركة السريعة إلا عندما تكون الدودة الساقطة (نتوء التعشيق) للراسمة مفصولة. وبمساعدة هذه الآلية تحصل راسمة الآلة على حركة تصل سرعتها إلى 3 م/دقيقة.

14-4- التطوير بغية توسيع الإمكانيات التكنولوجية للمعدات:

تتطلب التكنولوجيا الحديثة لبناء الآلات وجود آلات تشغيل بالقطع عالية الإنتاجية. وبتطوير المعدات القديمة يتسنى في بعض الحالات الحصول على تلك الآلة اللازمة للإنتاج والتي لا تنتجها المصانع، أو الحصول على آلة لا يعطي حجم الإنتاج مبرراً لشراء أخرى جديدة مثلها. وتوسيع الإمكانيات التكنولوجية لآلات التشغيل بالقطع يجب أن يؤدي في الوقت نفسه إلى زيادة إنتاجيتها. وتكون نتائج توسيع الإمكانيات التكنولوجية أشد فعالية، إذا كان التوسيع شاملاً أي إذا لم يكن التوسيع يمس فقط المعدات القديمة بل ويمس أيضاً تكنولوجية التشغيل وأدوات القطع والمثبتات. ويؤدي هذا النوع من التطوير بالإضافة إلى الزيادة في الإنتاجية، إلى رفع جودة التشغيل للأجزاء.

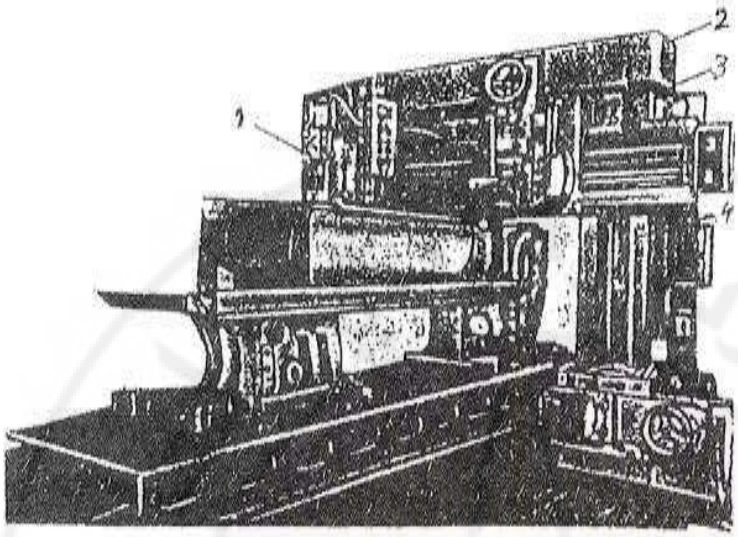
ويمكن إجراء تطوير المعدات في اتجاهين أساسيين:

أ - بغية توسيع الإمكانات التكنولوجية.

ب - لتغيير مجال استعمال آلات التشغيل بالقطع.

وبنتيجة إجراء التطوير من النوع الأول، تصبح جميع مهمات الآلة أكثر فعالية، ولكن لا تتغير طبيعتها. ويمكن دراسة تطوير المقشطة الطولية (الشكل 14-7) كمثال لهذا النوع من التطوير. ففي هذه المقشطة توجد بطانات 4 ارتفاعها 250 مم بين الجزء السفلي للعارضة غير المتحركة 2 والجزء العلوي للعمود 3. وقد مكّن هذا من تشغيل أجزاء أكبر ارتفاعاً بالقياس إلى الآلات السابقة بما في ذلك تشغيل موجهات الفرشات.

ومن البديهي أن مثل هذا النوع من التطوير يعد ملائماً حتى إذاكانت هذه المعدات جديدة نوعاً ما.



الشكل (14-7) - تطوير آلة القشط الطولية (الروبوتيز)

أما التطوير من النوع الثاني والذي يغير من طبيعة المهمات الأساسية لآلة التشغيل بالقطع فيعد فعالاً بشكل خاص إذا طبق على الآلات القديمة فيزيائياً ومعنوياً(*). فعلى سبيل المثال تحول المقاشط الطولية القديمة عند التطوير إلى آلات تجليخ. في هذه الحالة يركب رأس التجليخ 1 على عارضة المقاشط بدلاً من الراسمات.

14-5 - التطوير بغية أتمتة عمليات التشغيل بالقطع:

إن أتمتة المخارط والآلات النصف أوتوماتيكية عملية مهمة سواءاً من حيث تطوير آلات جديدة أوتوماتيكية أم من حيث إنتاج خطوط إنتاج أوتوماتيكية. وتساعد على زيادة معامل استخدام التجهيزات، وتقليل الزمن الضائع بتكثيف عمليات التشغيل في عدة حالات.

وهنا سوف نركز البحث على أتمتة آلات قطع المعادن العمودية. إن دورة التشغيل لآلة قطع المعادن تتألف من دورات منفصلة لمحركات أجزائها. وهذا قد يسبب أداء حركات ترددية، مستقيمة، دورانية أو منحنية لكي تتمكن الآلة من أداء مهماتها.

(*) تعد الآلات والات قطع المعادن متآكلة معنوياً إذا فقدت قيمتها بسبب ظهور آلات جديدة أكثر تقدماً بحيث ينبغي استبدالها مع أنها لم تتآكل بعد .

في مجال آلات القطع فإن الدورات التالية هي الأكثر شيوعاً: شوط عمل - عودة سريعة (شوط)0 توقيف وشوط عمل سريع للأمام - عودة سريعة - توقف.

أتمتة الدورة تتطلب أن تجهز الآلة بالميكنزمات والأجهزة التي تمكنها من العمل بشكل كامل أوتوماتيكياً من خلال العمليات الإنتاجية والعمليات المساعدة، مثلاً للإقلاع والعمل والتوقف بدون تدخل الإنسان كوسيط. والميكنزمات الأكثر استخداماً للتأثير في الآلة وتحريكها أوتوماتيكياً وفق الدورة المحددة يمكن أن تكون ميكانيكية، كهرميكانيكية، هوائية أو هيدروليكية أو باجتماع ميكنزمات مختلفة مما ذكر سابقاً.

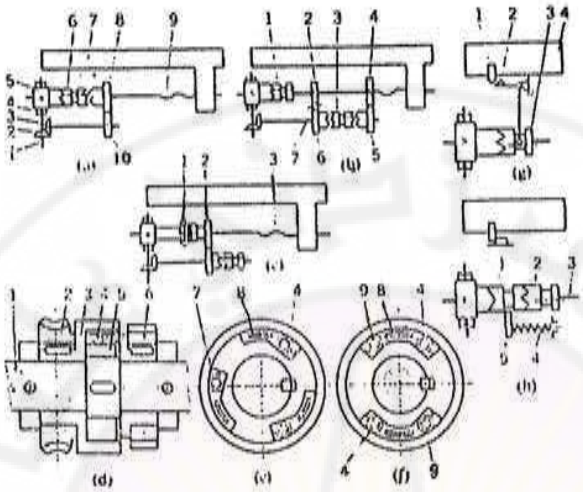
آ - الميكنزمات الميكانيكية:

إن ميكنزم القيادة الميكانيكي الموضح في الشكل (14-8_a) هو مثال لجهاز قيادة ميكانيكي أوتوماتيكي مستخدم في آلة إنتاج مؤتمتة.

المخطط التصميمي الذي يستخدم برغي القيادة 9 لتحريك عنصر العمل 7 أثناء شوط العمل حيث البرغي يدور بوساطة المحور 3 المربوط مع المحرك الكهربائي من خلال مسنن دودي ودودة 4 و 5. المسنن الدودي 4 مثبت بخابور على نهاية اللولب 9 ويتعشق معه بوساطة فك القارنة 6 أثناء الحركة السريعة (البطيئة)، البرغي 9 يقاد أيضاً بوساطة المحور 3 والآن من خلال مسننات مخروطية 1 و 2 والمسننات العدلة 8 و 10، والمسنن 8 يدخل بالتعشيق مع اللولب بمساعدة القارنة 6 التي تحرض عن طريق مصدات - كامة.

إن محركات التغذية الميكانيكية هذه تستخدم في أتمتة شوط العمل - عودة سريعة - توقيف دورة الحركة.

وللتقدم السريع الأوتوماتيكي - شوط العمل - عودة سريعة - توقيف دورة الحركة فإن التصميم المشار إليه سابقاً يزود بميكنزم عكس الحركة (الشكل 14-8_b).



الشكل (14-8) - مخطط لتصاميم محركات قيادة ميكانيكية مؤتمتة

اللولب يأخذ الدوران السريع من خلال المسننات المتعشقة 5 و 4 أو 6و7و2. الحركة المباشرة والمعكوسة تنتج بوساطة فك القارنة 3 وشوط العمل بوساطة الفاصل واصل 1. وبسبب تعقيد ميكنزم التبديل المسنني فإن التصميم المقترح في المخطط كمحرك قيادة سيكون أكثر تعقيداً. وهذا يمكن تبسيطه بشكل أكبر باستبدال القارنة الفكية للتغذية بفاصل واصل (قارنة)1للدوران الزائد(الشكل14-8_c)عندما يبدأ المسنن 2 بالدوران أثناء الحركة السريعة للأمام فإن القارنة تفك التعشيق للمسنن الدودي عن اللولب القائد 3.

إن قارنات السرعة العالية تسمح بإنجاز الحركة السريعة باتجاه واحد فقط طالما أن التعشيق يتم وفق هذا الاتجاه وتكون حرة الدوران في الاتجاه الأخر. خلال شوط الحركة (العمل) المحور 1 (الشكل 14-8_b) يقوم بدوران عكس اتجاه دوران عقارب الساعة بوساطة المسنن الدودي 2 المثبت على جزعة الجسم 3 للقارنة الحرة الدوران على المحور عندما يدور بأحد الاتجاهين وتتعشق مع العمود بوساطة الدحاريج (الأسطوانات) 4 المتوضعة في الشقوق الإسفينية الشكل للقرص 5. لتدور بالاتجاه الأخر، أثناء شوط العمل فإن الدوران عكس عقارب الساعة يدفع الدحاريج الأسطوانية

إلى الحافة المتضيقة لشقوق القرص 5 معشقاً المحور مع القارنة ليمكنها من القيام بالتغذية القائدة لإنجاز شوط العمل.

أثناء الحركة السريعة فإن المحور 1 سوف يسبب الدوران عكس عقارب الساعة بوساطة المسنن 6 وبالتالي فإن الدحاريج سوف تبدأ بالانزياح إلى الطرف الأوسع من شقوق القرص 5 ولن يؤخر الدوران السريع للمحور والذي في هذه الحالة سيدور بسرعة أكبر من الدوران البطيء لجسم القارنة 3. الدوران السريع للعمود في الاتجاه الأخر سيكون مستحيلاً للتنفيذ بسبب انحباس الدحاريج في شقوق القرص.

القارنة ذات السرعات العالية في كلا الاتجاهين تمكّن العمود من الدوران السريع في كلا الاتجاهين. وتختلف عن الموديل السابق في أن المسنن السريع الدوران، مثبت على جزعة العمود الأجوف الذي ينزلق على المحور 1. نتوءات القيادة 8 للعمود الأجوف مزودة للدخول في شقوق القرص. عندما يدور المسنن 6 عكس عقارب الساعة، فإن النتوءات 8 ستقود القرص والعمود. وبالتالي فإن كل الميكنزم سيعمل بالضبط بعد عمل القارنة السابقة. وعندما يدور المسنن مع عقارب الساعة فإن العمود المجوف سيدور قليلاً حول المحور 1 ونتوءات القيادة فيه ستدفع الدحاريج 4 خارجةً من الشقوق إلى الطرف الأوسع من شقوق القرص وتسبب دوران القرص مانعاً الدحاريج 4 من الانحباس والنوابض ستبقى منضغطة.

مع أن القارنة تسمح بالدوران في كلا الاتجاهين فإنها تحدد الشوط العامل في أحد الاتجاهين فقط. فإذا وضع ميكنزم عكس التغذية قبل القارنة فإن هذه القارنة سوف تضمن الحركة في اتجاهي نقل حركة العمل. في هذه الحالة فالقرص

(الشكل F_8-14) له حافتان كالشقوق متوضعتان بالتناظر. أثناء حركة العمل (شوط العمل عكس عقارب الساعة) فإن الدحاريج 4 المتوضعة بين القرص والهيكل الذي يدور بوساطة مسنن دودي والدحاريج 9 تدفع بالنتوءات القائدة إلى الطرف الأوسع من الشق وبالانعكاس إلى اتجاه عقارب الساعة فإن الدحاريج 9 ستتوضع طالما كانت الدحاريج 4 مرفوعة إلى الطرف الأوسع من الشق. وبهذه الطريقة فإن شوط العمل في كلا الاتجاهين سيتحقق. وأثناء الحركة السريعة عكس عقارب الساعة فإن الدحاريج 9 تدفع للحركة بوساطة نتوءات القيادة للعمود المجوف والدحاريج 4 بوساطة الاحتكاك. وعلى العكس خلال الدوران السريع مع عقارب الساعة فالدحاريج 4 ستطرد للخارج

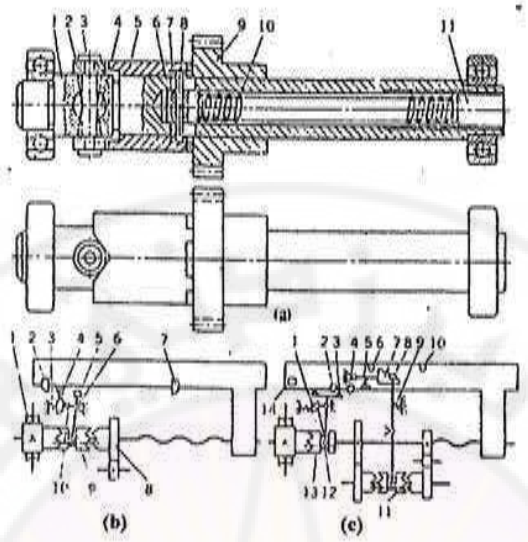
بوساطة نتوءات القيادة للعمود الأجوف بينما الدحاريج 9 بالاحتكاك. وبهذه الطريقة فالقارنة أثناء الدوران السريع قادرة على الفصل في كلا الاتجاهين.

الأنظمة الميكانيكية ذات قارنات السرعة الزائدة غير قادرة على أي حال على إعطاء دقة عالية لإزاحة أجزاء الميكنزم، ويمكن أن تستخدم فقط حيث تمتاز عملية التشغيل بالاستمرارية مثلاً التفريز المستمر حيث يسمح بذلك.

في الشكل (14-8_g) موضح عنصر عامل 4 ذو مصد 1 مثبت عليه، حيث يسمح لعنصر العمل للتوقف في الوضع المطلوب. بالحركة مع العنصر العامل فإن المصد بتأثيره في الذراع 2 يسبب انفصال القارنة 3 بالتدريج. وفي نهاية الحركة فإن قوة الفصل تنقل فقط بوساطة أسنان القارنة 3 بالتدريج. وفي نهاية الحركة فإن قوة الفصل تنقل فقط بوساطة أسنان القارنة وهذا يسبب اهتراءها السريع. ودقة توقيف الحركة هي 0,7 - 0,5 مم.

ميكنزم التوقف الأوتوماتيكي المشغل بوساطة نهاية ثابتة للتوقف موضح في الشكل (14-8_h).

القارنة 1 تنزلق على المحور 3 لتتعشق أسنانها المستقيمة مع القارنة ذات المسنن الدودي بأحد جانبيها ومع أسنان القارنة 2 المثبتة بخابور على العمود من الجانب الآخر. النابض 4 يستخدم لقيادة الشوكة 5 وليضغط على القارنة 1 مقابل تلك ذات المسنن الدودي. عندما تقبض النهاية الجاسئة للمصد على عنصر العمل فإن القارنة 1 وبسبب وجود السطح المائل لأسنانها ستحرك أسنان القارنة نحو اليمين. وإذا استمر المسنن الدودي بالدوران فإن القارنة 1 ستتحرك لليسار لتتعشق ثانية مع قارنة المسنن الدودي تحت تأثير النابض 4. وحتى هذا الوقت فإن القارنة 1 قد تعشقت مع القارنة 2وبالتالي فإن دوران العمود يتوقف. وميزة هذا الميكنزم هي في أنه يحدث عدم التعشيق في مرحلة عدم التحميل. في الشكل (14-9_a) موضح شكل لميكنزم توقف أوتوماتيكي.



الشكل (14-9) - ميكنزمات توقف أوتوماتيكي
a) للتوقف الأوتوماتيكي. b) كذلك. c) للضبط الأوتوماتيكي لدورة التشغيل

حيث فيه ومن خلال شوط العمل فإن المحور 1 يدور بوساطة المسنن 9 أسنان المسنن تدخل بالتعشيق مع أسنان القارنة 5 ومن الطرف الآخر حيث يوجد شقوق بشكل (V) محفورة لتحمل الدحاريج 2 الدائرة حول المحور 3 الذي يخترق ثقباً في مفصلة 4. ولكلا الدحروجين مع المجاري (V) للقارنة 5، التماس بجانب واحد يضعف عمل الميكنزم. القارنة 5 تدخل في تماس مؤالف مع الدحروجين 2 بوساطة النابض 10 الذي يحرك الأصبع 6 المرتبط مع الحلقة 7 من خلال المحور 8. الحلقة تستخدم لنقل قوة النابض 10 إلى القارنة 5 والمسنن 9 إلى اليمين بالدوران بزاوية 180° فإن القارنة 5 تعود إلى وضعيتها الابتدائية. بينما يبقى المسنن حيث هو أسنان القارنة 5 تفك التعشيق من أسنان المسنن وتتوقف حركة العمل. الأصبع 11 يستخدم لضبط قوة النابض 10.

مخطط الميكنزم المخصص للأداء الأوتوماتيكي لشوط العمل - عودة سريعة - توقيف حلقة الحركة، موضح في الشكل (14-9_b) لبدء الحلقة فإن أسنان القارنة 9تنقل يدوياً لتعشق مع المسنن الدودي 1 في نهاية شوط العمل، تضغط الكامة 7 على الذراع 5 الذي يدور حول المحور الثابت 6. وبسبب الفتحة (الفراغ) بين كتلة الذراع

والقارنة 9فإن الكتلة 10 تتأرجح مع الذراع إلى سطح الصفيحة المتذبذبة 4 قبل أن يفك تعشيق القارنة من المسنن الدودي. الصفيحة المتأرجحة 4 عندئذٍ تدور بتأثير النابض 3 فاصلة تعشيق القارنة 9 من المسنن الدودي ومعشقة إياها مع مسنن السرعات العالية 8. الصفيحة المتأرجحة 4 والنابض 3مهمتها التبديل إلى وضعية الحياد. في نهاية الحركة السريعة فإن الكامة 2 تدوّر الذراع 5 بالاتجاه المعاكس وتفك تعشيق القارنة 9 من المسنن 8.

مخطط الميكنزم المستخدم لأتمتة حركة التقدم السريع - شوط العمل - عودة سريعة - توقيف الحلقة، موضح في الشكل (-14-9_c) وفيه القارنة 13 تستخدم للتبديل إلى شوط العمل، القارنة 11 للتبديل إلى عكس الحركة وتوقيف الحركة السريعة للتقدم. لبدء الحلقة (مع شوط عمل محذوف) القارنة 11 تحرك يدوياً بقبضة دوارة نحو اليسار. بتأثير النابض 9 فإن الذراع 8 يسبب الدوران لليمين وإلغاء الحركة السريعة للأمام. والقطاع المدرج 7 يستخدم عندئذٍ لوضع الذراع في وضعه المطلوب. عند نهاية الحركة السريعة للتقدم فإن الكامة 6 تضغط على القطاع 7 وتقوده للأسفل ضاغطة النابض 5. الذراع 8 المحرض بوساطة النابض 9 يدور حول مفصله ويمسك بالتدريجة التي تليها على القطاع المدرج. ويفك تعشيق القارنة 11. في الوقت نفسه فالكامة 2 تدور الذراع 3 التي تلامس قارنة تغذية العمل 13. التبديل إلى الشوط العامل يتم بوساطة الكامة ذات الدلرف الحاد المرفوعة بنابض 1 والتي تضغط على الكتلة 12 للذراع 3. عند نهاية شوط العمل فإن الكامة 4 تسبب دوران الذراع 3 بالاتجاه المعاكس وتوقف حركة العمل. وفي الوقتنفسه فالكامة 10 تولد ضغطاً على القطاع المدرج 7 الذي يهبط إلى الأسفل محرراً الذراع 8 الذي يدور عكس عقارب الساعة محركاً الكامة 11 إلى اليمين وبذلك يبدل الميكنزم إلى وضعية شوط العودة السريعة. وعند نهاية شوط العودة السريعة فالكامة 14 تسبب دوران الذراع مع عقارب الساعة وبذلك تقطع حركة العمود السريعة.

ومن المفيد أن نذكر هنا أنه للحصول على دقة عالية عند تحويل الحركة الدورانية إلى خطية فإنه في اغلب محركات الآلات ذات التحكم الرقمي المبرمج ولتحويل الحركة الدورانية إلى حركة خطية تستخدم وصلة « الصامولة ذات الكريات - اللولب » كما في الشكل (14-10) حيث في هيكل الوصلة إلى جانب الصامولة تم

توضيع كريات من خلائط الفولاذ والتي تتحرك في حيز مغلق محصور بين الصامولة واللولب في قناة تشكل حلقة مغلقة وتسمح بإجراء عملية شد للصامولة (معايرة) بحيث يقلص الخلوص في الوصلة. وعملية الشد في غياب الكريات ستولد قوى احتكاك تعيق دوران اللولب بحرية.



الشكل (14-10) - الصامولة ذات الكريات (لجمل النقل لولب - صامولة)
a - هيكل الجملة، b - كريات

في الوصلة ذات الكريات تدور الكريات مع إمكانية عودتها لمكانها نفسه من خلال القناة العائدة المصنوعة في جسم الصامولة لتشكل دورة مغلقة للكريات. وبالتالي تكون الضياعات هنا غير كبيرة. ولكن لتحقيق عملية شد متوازن على طول الصامولة وتقليل الخلوص، فإن الصامولة يجب أن تكون مصنوعة بدقة عالية.

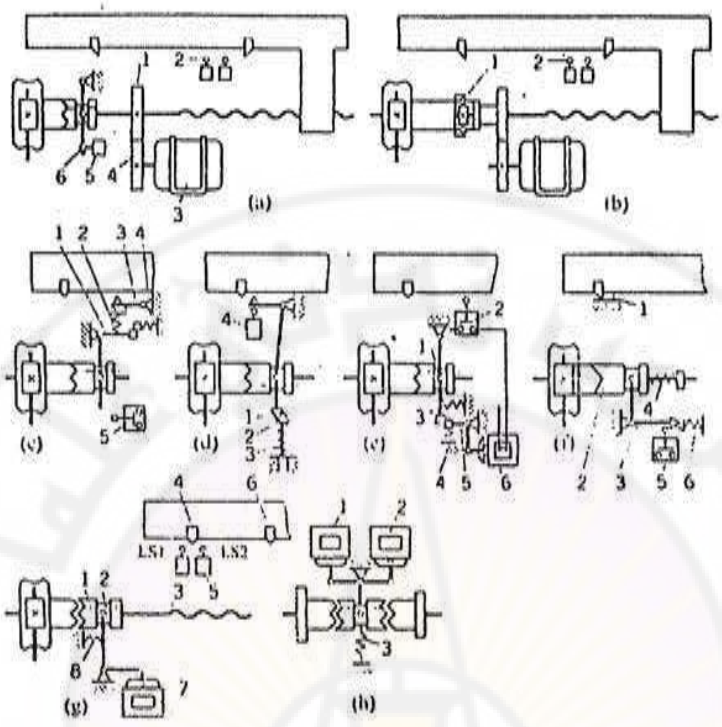
ب - الأجهزة الكهرميكانيكية:

إن الأنظمة الكهرميكانيكية المستخدمة لأغراض أتمتة آلات قطع المعادن تعتمد بالأساس على أجهزة ميكانيكية مشابهة لتلك التي بحثت سابقاً.

المحركات الكهرميكانيكية بشكلها المبسط موضحة في الشكل (14-11_a) ونأخذها كمثال لشرح مثل هذه الأجهزة. إن الدوران السريع للولب يحقق عن طريق محرك ابتدائي كهربائي 3 وجملة نقل مسننية 1 - 4. واتجاه الحركة السريعة يمكن عكسه بوساطة عكس اتجاه دوران المحرك. وحركة الإقلاع، عكس الاتجاه والتوقف للحركة السريعة يتم التحكم بها عن طريق مفاتيح تحديد 2 تشغل بوساطة محددات نهاية مثبتة على عنصر العمل في الآلة. وإقلاع الحركة السريعة مرتبط مع توقيف شوط العمل. وشوط العمل يبدأ عندما يؤثر ذراع ميكنزم القارنة 6 في مفتاح التحديد 5الذي يتحكم بمحرك السرعة العالية.

إن تصميم محرك كهرميكانيكي هو أمر بسيط نسبياً، بسبب أن المحرك الكهربائي يستخدم للحركة السريعة لعنصر التشغيل في الآلة، سامحاً للمحرك بالقيادة بوساطة ميكنزم نقل حركة ميكانيكي بسيط، وسامحاً بعكس الاتجاه. واستخدام محرك عالي السرعة يبسط أيضاً نظام التحكم طالما أن عدد مراحل التبديل يتأثر بعدد المفاتيح.

ويمكن تحقيق تحسين أكبر في القيادة من خلال استخدام قارنة سرعات عالية 1 (الشكل 14-11_b) في هذه الحالة فإن تصميم المحرك يعطي إمكانية التحكم من خلال تشغيل وتوقيف شوط العمل اعتماداً على المفاتيح الضرورية التي تؤثر في المفاتيح 2 التي تتحكم بالمحرك الذي يعطي الحركة السريعة.



الشكل (14-11) - محركات قيادة أوتوماتيكية كهرميكانيكية

الجهاز الكهرميكانيكي الموضح في الشكل (14-11_c) وجد أنه مفيد للتوقيف الأوتوماتيكي (اللحظي) للعنصر العامل. القارنة تُفصل عن العمل بتأثير النابض 2 الذي يحرف الذراع 1 عندما تعشق القارنة فإن الذراع يثبت في مكانه بوساطة المصد3. عند نهاية شوط العمل فإن تدفق التغذية لعنصر العمل يسبب دوران المصد وانضغاط النابض 4 محرراً الذراع الذي ينحرف بوساطة النابض 2 مسبباً توقف ميكنزم التغذية. مفتاح التحديد يستخدم لإعطاء إشارة للمحرك ليبدأ بالحركة السريعة لعنصر العمل.

شكل آخر للتوقف الأوتوماتيكي موضح في الشكل (14-11_d) حيث إزاحة الذراع تسبب ضغط الكامة 1 على النابض 3 وتحرك البلونجر (الأصبع) 2 إلى الأسفل. فعندما يجتاز تحدب الكامة الحافة الحادة للأصبع 2 ونابض هذا الأصبع ذو

السطح المائل يؤثر في الكامة التي تدوّر الذراع نحو اليمين. مفتاح النهاية 4 يستخدم لإعطاء إشارة للقارنة لتتعشق وتسبب الحركة السريعة لعنصر العمل.

حيث يكون الربط المباشر لنهاية عنصر العمل مع الميكنزم معقداً وبالتالي غير عملي، فإنه يستخدم نظام إرسال أوامر كهربائي. كما في الحالة السابقة، فإن الذراع 1 (الشكل 14-11_c) المحمل بالنابض 3 يميل إلى حذف شوط العمل. الذراع الدوار يُحمل مرفوعاً بوساطة النابض 4 يستخدم بالتالي لقفل الذراع 3 في وضعيته. عند نهاية شوط العمل فإن مصدات النهاية تشغل بإغلاق التماسات لمفتاح التحديد 2 ودارة التنفيذ تحرض المغناطيس الكهربائي 6 والذي يدوّر الذراع الدوار محرراً الذراع 3.

إن أنظمة التوقف الفوري تعطي دقة توقف لحركة عنصر العمل ضمن مجال 0,12 - 1,15 mm والتي تصلح لمجالات تسامح توافق حركات التغذية الطويلة.

وتصميم آخر للتوقف الأوتوماتيكي مع الراحة التامة ومفتاح تحديد موضح في الشكل (14-11_f). عندما يصل عنصر العمل إلى المصد الثابت فإن شوط العمل ينتهي لكن المسنن الدودي يستمر بالدوران. السطح المائل للقارنة يتعشق مع المسنن الدودي ليزيد الضغط على السطوح المائلة للقابض 2 ويحركها نحو اليمين. إزاحة القابض تسبب دوران الذراع 3. الكتلة الحادة الطرف للذراع تؤثر في الطرف الخارجي للأصبع، وتحرك الأصبع ضاغطاً النابض نحو اليمين. وعندما تنزلق قمة كتلة الذراع أمام قمة كتلة الأصبع فإن النابض 4 يحرك الأصبع نحو اليسار ضاغطاً باتجاه سطح الذراع مسبباً دورانه مع عقارب الساعة. والقارنة تفصل التعشيق مع المسنن الدودي. مفتاح التحديد 5 يستخدم للتحكم بالمحرك الكهربائي للحركة السريعة لعنصر العمل. ودقة حركة التوقف تقع ما بين 0.06 mm - 0.05.

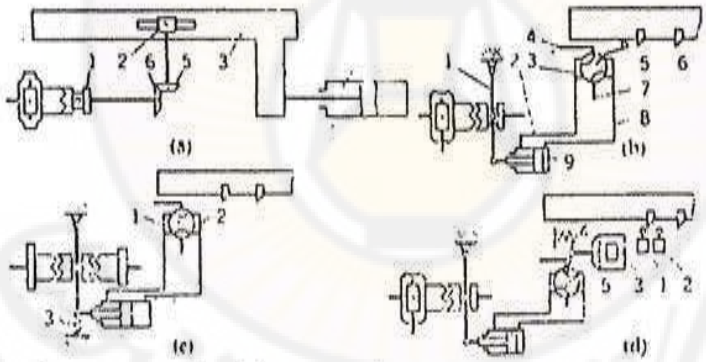
الشكل (14-11_g) يعرض تصميماً آخر للقيادة الكهرميكانيكية. الذراع 2 الذي يقود القارنة 1موصول مع إطار مغناطيسي كهربائي. القارنة تفصل عن التعشيق بوساطة مغناطيس كهربائي وتعشق بوساطة النابض 8. الحاكمة (الريلية) تجعل الدارة تغذي تياراً كهربائياً إلى ملف المغناطيسي الكهربائي. خلال الحركة السريعة لتقدم عنصر العمل فإن القارنة 1 تفصل عن التعشيق. في نهاية الحركة السريعة فإن مصد النهاية 4 يفتح الملامس لمفتاح التحديد 3 (LS1) مغلقاً تغذية دارة الريلية التي

توقف تحريض المغناطيس الكهربائي. النابض 8 يقود القارنة 1 للتعشيق لتبدأ شوط العمل. وعند نهاية هذا الشوط فإن مصد النهاية 6 يغلق ملامس مفتاح التحديد 5 (LS2) الذي يغلق تغذية الدارة للمغناطيس الكهربائي المتحكم بقارنة التغذية.

والشكل (h_11-14) يوضح تصميماً قد يكون مفيداً للتحكم بقارنة ثنائية الاتجاه. حيث تقاد القارنة بوساطة مغناطيسين كهربائيين 1 و 2. النابض 3 يستخدم لنقل القارنة إلى وضعية الحياد والمغناطيس الكهربائي إلى وضعية عدم التحريض. المغناطيس الكهربائي 1 يتحكم بشوط العمل، المغناطيس الكهربائي 2 يتحكم بالحركة السريعة لعنصر العمل.

جـ - الميكنزمات الهوائية:

في الشكل (12-14) وضح بعض التصميمات لميكنزمات تغذية ميكاهوائية (ميكانيكية - هوائية) وكهرهوائية (كهربائية - هوائية) مستخدمة في تطبيقات الآلات الأوتوماتيكية.



الشكل (12-14) - محركات هوائية مستخدمة في آلات القطع الأوتوماتيكية

في الشكل (a_12-14) موضح مخطط عنصر عمل في آلة تعمل بالهواء المضغوط (عربة ، طاولة ... الخ) المسنن والجريدة المسننة 2 يستخدم لإعطاء شوط العمل لعنصر العمل 3 والأسطوانة الهوائية 4 تعطي الحركة السريعة. أثناء الحركة السريعة فإن المسنن 2 والمسننات المخروطية 5 و 6 سوف تدور. القارنة 1 تفك التعشيق للمسنن الدودي لتمنع إعاقتها لدوران العنصر العامل المتصل مع الجريدة

المسننة.

في المحرك الهوائي الموضح بالشكل (14-12_b) فإن المصد 5 يزيد الضغط على الذراع للصمام الدوار 3 وبالتالي يصبح الصمام مفتوحاً ليسمح للهواء المضغوط بالمرور من خط التغذية 7 إلى الخط 8 وبعد ذلك إلى الحجرة اليمنى للأسطوانة9. مكبس الأسطوانة يتحرك لليسار مسبباً تعشيق القارنة. عند نهاية شوط العمل فإن المصد 6 يحرك ذراع الصمام الدوار نحو الأسفل أي بالاتجاه المعاكس. خط التغذية 7 يتصل عندئذٍ مع الخط 2 الذي من خلاله يمر الهواء إلى الحجرة اليسرى للأسطوانة9 محركاً المكبس نحو الخلف لاغياً تعشيق القارنة. وعندئذٍ فإن الهواء يفلت نحو الجو من الأسطوانة عبر المجاري 4 و 8.

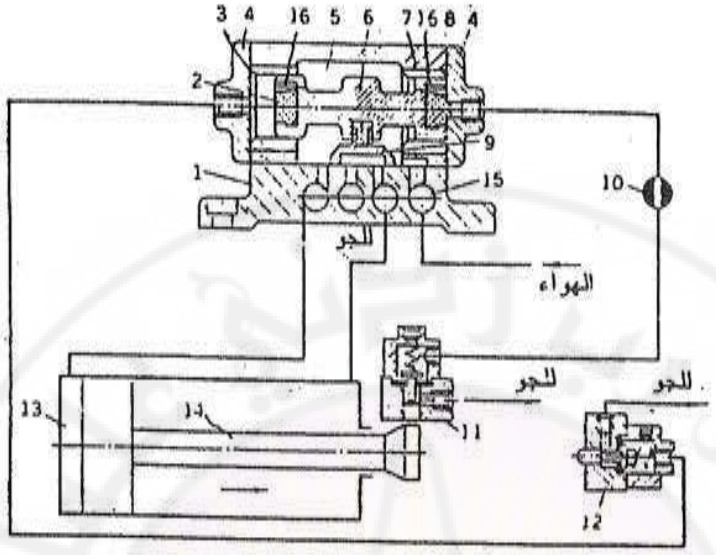
في الشكل (14-12_c) موضح مخطط لمحرك تغذية هوائي ذي قارنة ثنائية الاتجاه. يمكن أن يستفاد منه لتحقيق أهداف آلات القطع الأوتوماتيكية. فعندما يكون الصمام في الوضعية المركزية فإن كلا المجريين 1 و 2 والحجرتين اليمينية واليسارية الموافقتين لهما من أسطوانة هوائية تتصل مع المحيط. النابض 3 يستخدم لنقل القارنة إلى وضعية الحياد.

التصميم الموضح للمحرك الكهروهوائي الظاهر في الشكل (14-12_d) فيه المغناطيس الكهربائي 3 يستخدم لتحريك الصمام الدوار 5 في اتجاه والنابض 4 في الاتجاه الآخر. الدارة المتحرضة تغلق بوساطة تأثير مصدات النهايات المثبتة على عنصر العمل على مفاتيح التحديد 1 و 2.

إلى جانب الأنظمة الميكاهوائية والكهروهوائية في قيادة الآلات، فإنه تستخدم محركات تقاد بشكل مستقل بوساطة الهواء.

وفي الشكل (14-13) موضح ميكنزم محرك هوائي نموذجي.

ويشمل صمام طيار لتوجيه التدفق 1 لتوزيع الهواء المضغوط بين الحجرتين اليمنى واليسرى من أسطوانة هوائية 13 وصمامين مزدوجي الاتجاه هوائيين 11 و 12. المحور 14 متصل مع عنصر العمل للآلة ليقوم بحركة ترددية. يزود الهواء المضغوط من خلال المدخل 15 إلى الحجرة 5 لصمام طيار. من هذه الحجرة يدخل الهواء عبر ثقوب التنفيس 16 الموجودة في الغاطس 6 إلى الحجرات 3 المشكلة بين الغطاء 4 والسطوح الداخلية للجلب 7 المضغوطة في الفراغ 8.

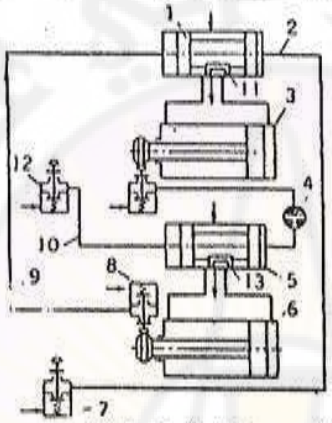


الشكل (14-13) - مخطط محرك هوائي

بسبب الضغط العالي في الحجرة 3فإن الغاطس، والبكرة 9 يتحركان نحو اليمين ولهذا فإن البكرة 9 تغلق وتفتح المداخل التي يمر منهاالهواءالمضغوط إلى إحدى حجر الأسطوانة الهوائية 13. عندما يتحرك المحور 14 إلى اليمين فإنه يضغط على صمام المفتاح 12 الذي يفتح الغطاء 4 (الطرف اليساري) للحجرة لينفس الهواء إلى الجو. من الحجرة 5 يمر الهواء إلى الغطاء الأيمن 4 عندما يكون مفتاح التحكم بالمجرى 11 مغلقاً، وكل من الغاطس والبكرة يتحركان نحو أقصى اليسار. والمحور ومكبس أسطوانة الهواء سيعودان. الحشوة المطاطية 2 تغطي الثقب المركزي في الغطاء 4 مانعة الهواء من الانفلات إلى الجو والصمام 10 يستخدم لتوقيف المحرك.

إن التصميم المشروح أعلاه يسمح باستخدام صمام تدفق وحيد الاتجاه لقيادة عدة أجزاء من الآلة والتي لا ترتبط فيما بينها حركياً. وهو يتطلب على كل حال عدة مفاتيح تحديد للتحكم بالممر. والأنظمة التي تستخدم الربط الداخلي للمحركات أخذت تنتشر في التحكم الأوتوماتيكي لعدة آلات. محاور المحركات 3 و 6 (الشكل 14-14) مربوطة مع عناصر العمل لآلة (غير موضحة بالشكل)، حيث حركة هذا الأخير سوف تترجم إلى حركة أجزاء الآلة. عند وضع الصمام 4 في وضعية «الإقلاع» فإن الهواء المضغوط سوف يصل إلى الصمام 5 (المؤازر) حيث يحرك البكرة 13 التي بحركتها

تسبب حركة عنصر العمل نحو اليسار. في نهاية الشوط فإن المحور سيؤثر في مفتاح تحديد نهاية الشوط 7 الذي سيفتح الطريق لتيار الهواء للمرور من خلال الممر 2 إلى صمام التوجيه 1. الهواء سوف يقود البكرة 11 نحو اليسار مسبباً حركة محور الأسطوانة المؤازرة 3 نحو اليسار أيضاً. في نهاية الشوط فإن فلنشة المحور سوف تضغط على صمام التحكم بالممر 12 (صمام نهاية الشوط) وتسمح للهواء الضغوط بالمرور من خلال الممر 10 إلى صمام التوجيه (التحكم) 5 مسبباً حركة البكرة 13 والسماح للهواء بالمرور إلى الحجرة اليسرى من الأسطوانة 6.



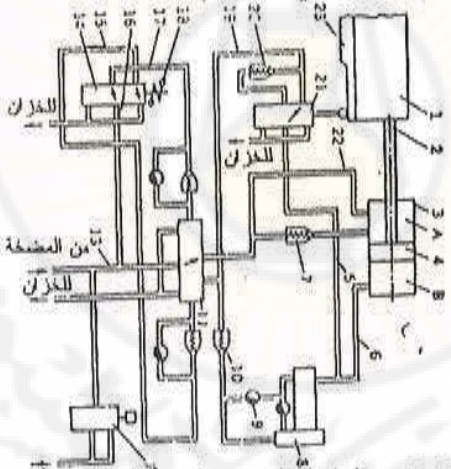
الشكل (14-14) - مخطط محركات قوة مثبتة مع محرك داخلي الربط
(الأسهم تشير إلى تزويد الهواء المضغوط)

وهذا سوف يسبب حركة المحور وعنصر الحركة نحو اليمين. في نهاية الشوط فإن المحور سوف يضغط على صمام نهاية الشوط 8 الذي يسمح للهواء بالمرور من خلال المجرى 9 إلى صمام التوجيه. البلونجر والبكرة 11 سيتحركان عندئذٍ نحو اليمين مسببان حركة مكبس الأسطوانة ومحوره المتصل مع عنصر العمل في الاتجاه نفسه والدورة سوف تتكرر أوتوماتيكياً حتى يوضع الصمام 4 في وضعية « التوقف ».

د - الميكنزمات الهيدروليكية:

إن ميكنزمات القيادة الهيدروليكية، الهيدروهوائية والكهرهيدروليكية وجدت استخداماً واسعاً في أتمتة آلات التشغيل بسبب طول عمر استخدامها، مرونتها، التزييت الذاتي فيها لأجزائها، ثبات الحركة واستخدامها لمصدات تخميد وعناصر كهربائية وتجهيزات .. إلخ. إن النظام الهيدروليكي الموضح في الشكل (14-15) قد وجد أهمية وفوائد في أتمتة التقدم السريع - شوط العمل - العودة السريعة.

يضخ الزيت عبر أنبوب التغذية 13 إلى صمام التغذية المباشرة 11. بضغط زر «الإقلاع» تتحرض الوشيعة التي تتحكم بقلب صمام التدفق 14 إلى الوضعية التي يتصل فيها الأنبوب 16 مع الأنبوب 17، وكذلك الأنبوب 15 مع خط الخزان. عندما يتحرك قلب الصمام 11 إلى أقصى اليمين فإن سائل التشغيل يضخ إلى الحجرة A من الأسطوانة الهيدروليكية 3 من ميكنزم القيادة. بما أن قلب صمام التوجيه 21 في أعلى وضعية والتي عندها يضخ السائل من الأسطوانة3 (الحجرة B). وهو حر الانسياب من خلال الأنبوب 19 من خلال هذا الصمام ويضخ مباشرة إلى الخزان. مكبس القوة 4 مع العمود 2 يسبب الحركة السريعة لطاولة العمل 1 نحو اليمين. وتستمر طاولة العمل بالحركة حتى يضغط النتوء الموجود في العمود 23 المثبت على الطاولة على أصبع الصمام 21 باتجاه الأسفل. وبما أن الاتصال بين الأنبوب 19 والأنبوب 5 مقطوع حالياً، فإن السائل الهيدروليكي يمكن أن يتدفق من الحجرة B في الأسطوانة الهيدروليكية 3 متقدماً إلى الخزان فقط من خلال صمام خانق 9 مع منظم 8 وصمام عدم رجوع 10 وصمام توجيه التدفق 11. الطاولة تتحرك ببطء نحو اليمين وسرعة التغذية يُتحكم بها بتغيير مقطع التدفق في الصمام الخانق.



الشكل(14-15) - الدارة الهيدروليكية لدارة آلة مؤتمتة

عند نهاية شوط العمل فإن المصد (غير موضح بالشكل) المثبت على طاولة المخرطة يحرض محول ضبط المسار الذي يفرمل الوشيعة 18 المحرضة للدارة.

إن نابض صمام التحكم بالتدفق 14 يحرك محور الملف نحو الأعلى ويمر السائل الهيدروليكي تحت تأثير الضغط عبر الخط 15 نحو الحجرة اليمنى المتصلة مع خط

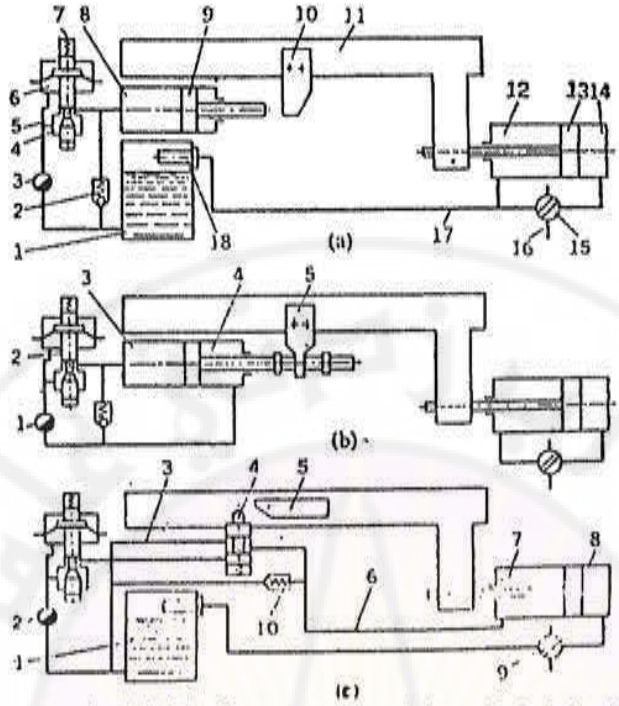
الخزان. أصبع الصمام 11 يتحرك الآن نحو اليسار وسائل العمل يتدفق عبر الخط 19 من خلال صمام عدم الرجوع 20، الصمام 21، الخط 5 و 6 إلى الحجرة B في الأسطوانة الهيدروليكية 3. سائل العمل يدفع خارج الحجرة A ويتدفق عبر الخط 22 وصمام التوجيه 11 متجهاً نحو الخزان. وعندما تصل الطاولة إلى الوضعية الابتدائية فإن المكبس الذي يتحرك الآن نحو اليسار يفتح الطريق للسائل الهيدروليكي من الحجرة B عبر صمام عدم الرجوع 7 وصمام التوجيه 11 إلى الخزان. عندئذٍ فالنظام فارغ من السائل وحركة الطاولة تتخامد وتبقى المضخة بحالة عمل. أثناء شوط العمل فإن السائل الزائد أثناء الضخ يذهب للخزان من خلال صمام التنفيس 12.

إن ميزة المحركات الهيدروهوائية تتلخص في بساطتها، غياب مجموعة الضخ وقوة الخرج الأكبر التي يمكن الحصول عليها على عنصر العمل.

في الشكل (14-16_a)الأسطوانة الهوائية (الموازر) 13 تستخدم للتأثير في كلا شوطي العمل والسريع لعنصر العمل 11

للتأثير بحركة تقدم سريع، فإن الهواء المضغوط عبر الممر 16 يوجه بوساطة الصمام 15 لى الحجرة 14 من أسطوانة الهواء حيث يقود المكبس والمحور المربوط مع عنصر العمل بالآلة نحو اليسار. عند نهاية شوط التقدم السريع فإن المصد 10 يدخل بتماس مع محور الأسطوانة الهيدروليكية 9 وعندما يعود عنصر العمل 11 للحركة فإن مكبس الأسطوانة الهيدروليكية يدفع الزيت ليخرج من الحجرة 8 متقدماً للأمام باتجاه الصمام الخانق (المخفض) 4 عبر الخط 5 وعبر الخانق 3 إلى الخزان 1. معدل تدفق الزيت وتبعاً لذلك سرعة التغذية تنظم بتبديل مساحة التدفق في الخانق 3.

صمام التخفيض 4 يركب للحصول على سرعة تغذية ثابتة بغض النظر عن المقاومة الممانعة لعنصر العمل. الضغط في الحجرة 8 وفي حجرة صمام التخفيض يبدل حسب المقاومة. ضغط التيار في صمام التخفيض يصحح ويثبت بربط قناة بين الصمام وحجرة الغشاء 6.



الشكل (14-16) - دارات هيدروهوائية لآلة قطع أوتوماتيكية

والغشاء مربوط مع أصبع (بلونجر) صمام التخفيض 4. وعندما يرتفع الضغط في الحجرة 6فإن الغشاء يرفع الأصبع للأعلى مصغراً مقطع التدفق خانقاً تيار الزيت مسبباً هبوط الضغط. وعلى العكس عندما يهبط الضغط في الحجرة 6 إلى حدود القيمة المحددة فإن النابض 7 يضغط الأصبع نحو الأسفل موسعاً مقطع التدفق وبالتالي يزداد ضغط التيار في صمام التخفيض. لبدء شوط العودة السريعة فإن الهواء المضغوط يوجه بوساطة الصمام 15 إلى الحجرة 12 من أسطوانة الهواء. وعلى الفور يوجه الهواء عبر الممر 17 وكاتم صوت العادم 18 إلى الخزان 1 الذي يخرج منه الزيت بتأثير تلك القوة متجهاً عبر صمام عدم الرجوع 2إلى الحجرة 8 من الأسطوانة الهيدروليكية. كاتم الصوت 18 يستخدم لمنع إزباد الزيت.

كذلك شاع استخدام الدارة الهيدروليكية الموضحة في الشكل (14-16_b) حيث ينطلق تيار الزيت من الحجرة الخلفية 3 للأسطوانة الهيدروليكية إلى الحجرة الأمامية 4. سرعة التغذية يُتحكم بها أيضاً بوساطة الخانق 1 الذي يمكن أن يكون بشكل خانق تنظيم السرعة المثبت مع صمام التخفيض 2. مكبس الأسطوانة يعود بوساطة المصد 5

المثبت على عنصر العمل في الآلة. وعندما يكون شوط العمل صغيراً بالمقارنة مع الإزاحة الكلية لعنصر العمل في الآلة فإن كلا التصميمين السابقين يمكن أن يستخدما أسطوانة هيدروليكية قصيرة. وهذا يبسط العمل ويقلل كلفة إنتاجهما. كلا التصميمين متكافئان بشكل عام واختيار أحدهما يعتمد على خصائص التصميم والتوضع التبادلي لعناصر القيادة.

وعندما يكون طول شوط العمل مساوياً تقريباً لمجمل إزاحة عنصر العمل في الآلة فإن الدارة الهيدروهوائية الموضحة في الشكل (c_16-14) يمكن أن تكون مفيدة في هذه الحالة. أثناء حركة التقدم فإن الهواء المضغوط يوجه بوساطة الصمام 9 ويعطى إلى الأسطوانة الهيدروهوائية إلى حجرتها اليمنى 8. حجرتها اليسرى مملوءة بالزيت. أثناء الحركة السريعة يضخ الزيت من الحجرة 7 ويرسل عبر الخط 6 إلى صمام التوجيه الهيدروليكي 4 والخط 3 إلى الخزان 1. عند نهاية الحركة السريعة فإن المصد 5 المثبت على عنصر العمل في الآلة يضغط محور الصمام الهيدروليكي 4 ويغلق الدخل إلى الأنبوب 3. ويضخ الزيت عندئذٍ من خلال صمام التخفيض وصمام الخانق 2 ويرسل مباشرة إلى الأمام باتجاه الخزان 1 أثناء حركة العودة السريعة فإن الهواء المضغوط يوجه بوساطة الصمام 9 إلى الخزان 1 الذي يضخ منه الزيت إلى الحجرة من الأسطوانة عبر صمام عدم الرجوع 10. المحركات الهيدروهوائية وجدت استعمالاً واسعاً في آلات التفريز والثقب. وقد نشأت خبرة عملية لا بأس بها عند استخدام ميكنزمات قيادة من هذا النوع في آلات تصنيع المسننات، المخارط الأوتوماتيكية(البرجية) وآلات القطع الأوتوماتيكية الأخرى.

وسندرس بعض الأمثلة العملية على أتمتة عمليات تشغيل المعادن الأساسية.

1- الخراطة الأوتوماتيكية:

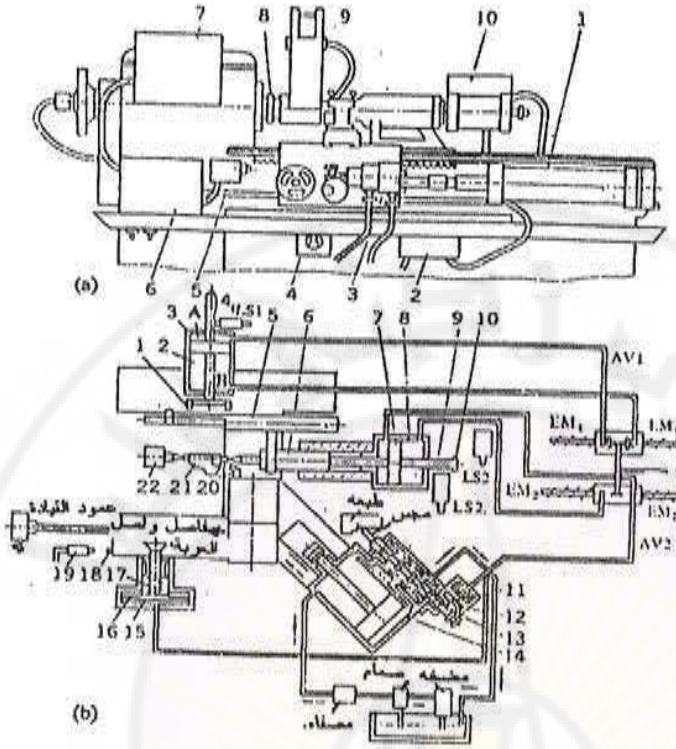
تشكل المخارط نحو 30% من الإنتاج الكلي لآلات قطع المعادن. وأتمتة هذه الآلات بالتالي هو أمر ذو أهمية بالغة في مجال تحسين فعالية آلات قطع المعادن والذي ينعكس على زيادة كفاءة الخراطة.

واعتماداً على إحصاءات العديد من الأبحاث في المعاهد المختصة [illegible] 20% فقط من زمن التشغيل الكلي هو زمن القطع الفعلي أما الباقي فهو [illegible] مساعد، أي الزمن المصروف على الأعمال المساعدة بما فيها التحميل، [illegible] الضبط .. الخ.

وأتمتة عمليات التحميل، التلقيم، القمط والفك وكذلك حلقة الحركة المتضمنة في عملية الخراطة نفسها قد تساعد على تقليل الزمن المساعد وزيادة كفاءة المخارط الأوتوماتيكية.

في الشكل (a_17-14) معطى منظر عام لمخرطة أوتوماتيكية. وفيه الأسطوانة الهيدروهوائية 1 تستخدم لتعطي أشواط التشغيل والشوط العاطل للعربة. يغذى الزيت من الخزان 2 إلى النظام. والأسطوانة الهوائية 3 تستخدم لبدء تغذية التشغيل (الطولية) للعربة.الخانق 4 يستخدم للتحكم بالتغذية العرضية. مفتاح التحديد 5 والقارنة الكهرمغناطيسية 6 تستخدم لتوضيع وقمط المشغولات التي تغذى بوساطة جهاز التحميل الأوتوماتيكي 9 وتدوّر الحاضن 8. وتزود المخرطة الأوتوماتيكية بلوحة تحكم 7.

في الشكل (b_17-14) موضح مخطط لمخرطة أوتوماتيكية. بتشغيل المخرطة يتحرض المغناطيس الكهربائي EM1 الذي يحرف قلب الصمام الهوائي AV1 إلى الوضعية حيث يزود الهواء المضغوط من الخزان الرئيس إلى الحجرة A بالأسطوانة2 والتي ثبت محور مكبسها مع اللاقط 1 المخصص لتسليم المشغولة 21 إلى خط مراكز المخرطة. وعندما تشغُل المشغولة الوضعية المذكورة فإن محدد نهاية 4 مثبت على النهاية الأخرى لمحور الأسطوانة يضغط على مفتاح التحديد LS1 الذي يحرض مغناطيساً كهربائياً EM2، قلب الصمام الهوائي AV2 يشغل الوضعية التي يزود فيها الهواء المضغوط من الخزان لى حجرة الأسطوانة 8. وبسبب إزاحة المكبس 7 فإن غراب الذيل 6 يثبت المشغولة في مركزها وعلى الفور يفلت الهواء إلى الجو من الأسطوانة وصمام التوجيه الهوائي 11 الذي يقود وحدة النسخ 14 والحجرة الغشائية الهوائية 15 التي تتحكم بقارنة احتكاكية.



الشكل (14-17) - مخطط تصميمي لمخرطة أوتوماتيكية

وعندما تكون المشغولة مثبتة بين المراكز ومحدد النهاية والمركب على الطرف الأخر من محور الأسطوانة 8 يدخل بتماس مع المفتاح محدد النهاية LS2 ويحرض المغناطيس الكهربائي EM1 الذي يبدل وضعية قلب الصمام الهوائي AV1 وبالتالي فإن الهواء الذي يدخل الآن للحجرة B من الأسطوانة 3. وبالنتيجة فإن اللاقط 1 يعود إلى وضعيته الابتدائية تحت المخزن والذي تغذى منه المشغولة التالية إلى وضعية الالتقاط. محدد النهاية 4 يتراجع عن المفتاح محدد النهاية الذي يفرمل دارة المحرك الكهربائي EM2 ويشغل المحرك الرئيس (المحرك الكهربائي) للمخرطة.

وتدور المشغولة مع الترس القائد 22 ويبدأ القطع بوساطة القلم 20 المثبت على وحدة النسخ الهيدروليكية 14. وعند إنجاز عملية الخراطة فإن محدد النهاية 18 المثبت على العربة يدخل بتماس مع المفتاح الميكروي 19 الذي يقطع تغذية المحرك الرئيس

الكهربائية ويتخامد دوران المحور الرئيس.

المغناطيس الكهربائي EM2 يبدل وضعية قلب الصمام الهوائي AV2 وبالتالي فإن الهواء المضغوط يغذى على الفور إلى الأسطوانة8 في الحجرة B منها والحجرات الهوائية 11 و 15 والذراع 13 المنحرف بوساطة الغشاء 12 يشغل صمام التوجيه الهوائي لوحدة النسخ الهيدروليكية 14 التي ترتد من القطعة المشغلة إلى وضعيتها البدائية. مخروط القارنة الاحتكاكية يُفك من التعشيق بتأثير النابض 17 المضغوط من قبل الغشاء 16 وتتخامد بالتالي حركة العربة. غراب الذيل يعود أيضاً لمكانه وتسقط المشغولة الجاهزة على السير الناقل وتؤخذ إلى صندوق التخزين. ومكبس الأسطوانة8 يعود إلى الوضعية الابتدائية ومحصلة القوى تؤثر في العربة المنزلقة لتحركها إلى أقصى اليمين. محدد النهاية 9 يتراجع عن مفتاح التحديد السفلي LS2 عندما يدخل المصد 10 بتماس مع مفتاح تحديد النهاية العلوي LS2 الذي يحرض المغناطيس الكهربائي EM1 وتكرر الدورة.

2- التفريز الأوتوماتيكي:

كما في المخارط الأوتوماتيكية فإن آلات التفريز تستعمل بكثرة أيضاً في مجال أعمال قطع المعادن. والهدف الرئيس في برنامج التحديث والتطوير هو أتمتة دورة الحركة في عملية التفريز.

إن عملية التفريز تتألف من اقتراب سريع - شوط العمل (القطع) - عودة سريعة - توقف الحركات.

في الشكل (14-18_a) موضح مخطط لفارزة أوتوماتيكية فيها محرك إضافي 4 مثبت على الطرف الأيمن من الطاولة ومربوط من خلال مخفض سرعة أحادي الخطوة مع لولب القيادة للتغذية الطولية للطاولة. وميكنزم القيادة هذا يحقق حركة لطاولة التشغيل بسرعة 3,5 m/min. ولا يعيق تحريك الطاولة يدوياً.



الشكل (14-18) - مخطط تصميمي لآلة تفريز أوتوماتيكية

حركة العمل (شوط العمل) تولد بوساطة محرك كهرهوائي. حيث يوجه الهواء المضغوط بوساطة صمام التحكم الهوائي إلى الحجرة اليمنى للأسطوانة الهوائية. محور المكبس يتحرك نحو اليسار (الشكل 14-18_b) ضاغطاً النابض وبوساطة المسنن 2 يدور المصد التدحرجي 3 الذي يؤدي إلى تعشيق قارنة التغذية 9 (الشكل 14-18_a).

وفي نهاية شوط العمل، فإن جهازاً كهربائياً محدداً يؤثر في صمام الهواء الذي يحرر الهواء من الأسطوانة. والنابض يعيد محور المكبس إلى الوضعية الابتدائية فاصلاً تعشيق القارنة. القبضة 1 المثبتة على المصد التدحرجي 3 تستخدم لتغذية قارنة القيادة اليدوية.

إن دورة حركة الطاولة يمكن ملاحظتها بالاطلاع على الشكل (14-18_a) حيث تيار الهواء المضغوط من الخزان يقطع بوساطة صمام التحكم الهوائي الموجه، وبالتالي فهو لن يصل إلى المؤازر القائد لقارنة التغذية، إن سطح التغذية للقارنة يفصل عن التعشيق (الوضعية I) والمحرك الكربائي 4 الذي يستخدم للاقتراب السريع سوف يقود

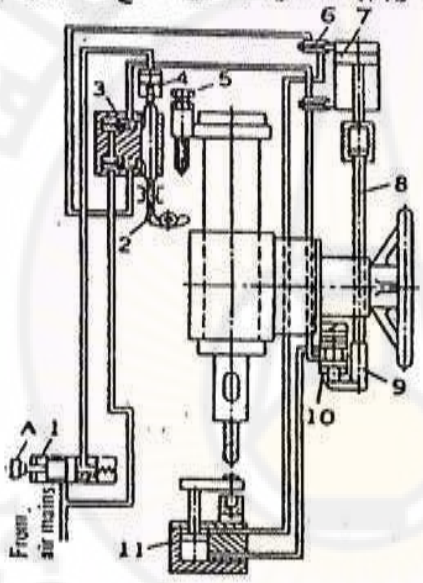
المشغولة أمام أداة القطع حتى يدخل مصد التوقيف 5 (الوضعية II) بتماس مع المصد التدحرجي لمفتاح تحديد نهاية الشوط 6 الذي يبدل حركة الطاولة من الحركة السريعة إلى حركة العمل، أي يفصل المحرك الكهربائي وينقل سطح القارنة إلى التعشيق. صندوق التغذية المسننية تستخدم لبدء شوط العمل. وهي تعمل بالأسلوب التالي: حين التماس بين مصد النهاية والمصد التدحرجي لمحدد ضبط المسار، فإن المغناطيس الكهربائي يتحرض ومحوره يفتحصمام التوجيه الهوائي 8 الذي يغذي مؤازر الأسطوانة الهوائية لقارنة التغذية 7. ومحورها يتحرك نحو اليمين وعبر الذراع يقود القارنة إلى وضعية التعشيق. في نهاية شوط العمل فإن مصد النهاية 3 (الوضعية III) يحرض مفتاح التحديد 2 الذي يفك تحريض المغناطيس الكهربائي لصمام الهواء ويعطي إشارة إلى الأسطوانة الهوائية المؤازرة لتفك تعشيق قارنة التغذية والتي تؤدي إلى تخامد حركة الطاولة من محرك التغذية.

3 - التثقيب الأوتوماتيكي:

أثناء عملية التثقيب يصرف الوقت الإضافي أو الزمن المساعد بجزئه الأكبر على عملية تشغيل وتوقيف الآلة ، تبديل السرعة والتغذية، وعلى الحركات البطيئة. ويمكن تقليل الزمن المساعد من خلال أتمتة التحكم بالآلة، زيادة سرعات الحركات البطيئة، أي الاقتراب السريع للريشة باتجاه المشغولة، التبديل الأوتوماتيكي أو الحذف لشوط العمل، العودة السريعة للريشة في آلات الثقب، فإن حركات القطع تولد عن طريق المحور الرئيس، بينما تكون المشغولة ثابتة ولهذا فإن أتمتة دورة حركة المحور الرئيس هي من أول الأهداف.

في آلة الثقب الموضحة في الشكل (14-19)، كل الحركات أوتوماتيكية فيه عدا تبديل المشغولة، وتوضيع المشغولة وإقلاع الآلة.بعد تثبيت المشغولة التالية على المثبت فإن المثقب سيدور بضغط الزر A للصمام الهوائي 1 ليسمح للهواء المضغوط بالمرور من الخزان إلى الحجرة العلوية من الأسطوانة الهوائية 4 التي يحرك محورها الصمام الهوائي المزدوج الممرات 3. فعندئذٍ يتدفق الهواء المضغوط من خلال الخانق 6 إلى الحجرة العلوية لكل من الأسطوانات 7 و 11، محور الأسطوانة الهوائية 11 يحرك فك الملزمة ويقمط المشغولة. بينما محور الأسطوانة 7 يتحرك للأسفل حتى يلامس رأسه

الجريدة المسننة 8. فعندئذٍ يتحرك للأسفل مع الجريدة المسننة ومن خلال مسنن معشق معها مشكلاً جملة نقل من نوع مسنن - جريدة مسننة تنقل الحركة السريعة إلى العمود المجوف وتبعاً لذلك إلى المحور الرئيس محققاً اقتراباً سريعاً باتجاه المشغولة. عند توقف حركة المحور فإن الجريدة المسننة تقوم بتنفيذ شوط العمل المغذى من محرك المثقب. بعد إنجاز الثقب فإن محور النهاية 5 يضغط الذراع 2 الذي يحرض صمام التوجيه الهوائي المزدوج الممرات 3. الهواء في الحجرات العليا من الأسطوانات 7 و11 سوف يفلت إلى الجو والهواء الوارد من الخزان سيجري إلى الحجرة السفلية للأسطوانة7. الحركة باتجاه الأعلى لمحور الأسطوانة 7 سوف تسبب حركة للأعلى أيضاً لكل من الجريدة المسننة ويليها العمود المجوف مع المحور الرئيس.

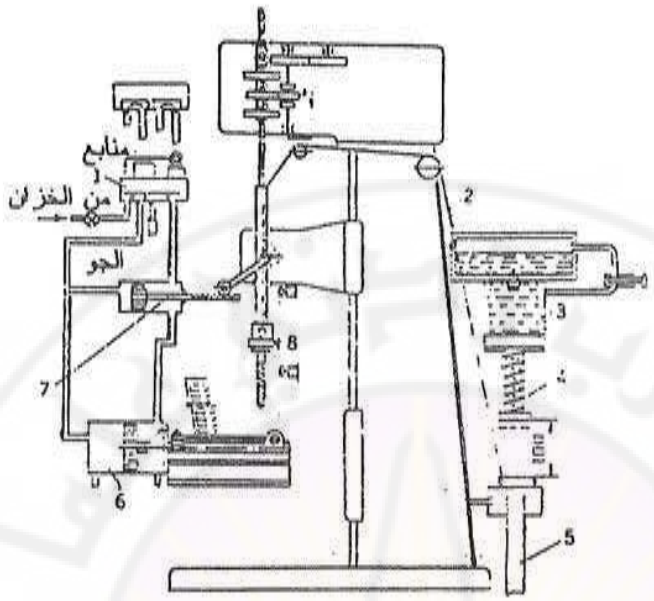


الشكل (14-19) - مخطط تصميمي لآلة تثقيب أوتوماتيكية

وتغير القدرة على شوط العمل سيولد بوساطة الجريدة المسننة. في نهاية الشوط سيقوم محدد النهاية 9 على الجريدة المسننة 8 برفع قلب صمام التنفيس 10 مما يسمح بقبول الهواء من الخزان إلى حجرة الأسطوانة الهوائية 11 التي تفك قمط المشغولة. وبذلك تكون دورة الثقب قد أنجزت.

في الشكل (14-20) موضح آلة تثقيب عمودية أوتوماتيكية والتي فيها ليس فقط

دورة الثقب مؤتمتة بل وعملية التحميل أيضاً.



الشكل (14-20) - مخطط تصميمي لمثقب عمودي أوتوماتيكي

يزود الهواء المضغوط من الخزان إلى صمام توجيه هوائي 1 والذي يقوده بعد ذلك إلى الحجرة اليسرى من الأسطوانات الهوائية 6 و 7. وبالنتيجة فإن مكابس الأسطوانات ومحاورها تتحرك نحو اليمين. محققة اقتراباً سريعاً للريشة إلى المشغولة، ومناولة مخزن التغذية بالمشغولات إلى منطقة العمل وإلى المثبت. الاقتراب السريع للريشة من المشغولة يتم عندما يدخل الأصبع 5 المربوط مع المحور الرئيس بوساطة السلك 2 بتماس مع محور الفرامل الهيدروليكي 3 والربط مع المكبح الهيدروليكي يضمن حركة بطيئة للريشة، وبكلمات أخرى تغذية عمل بطيئة.

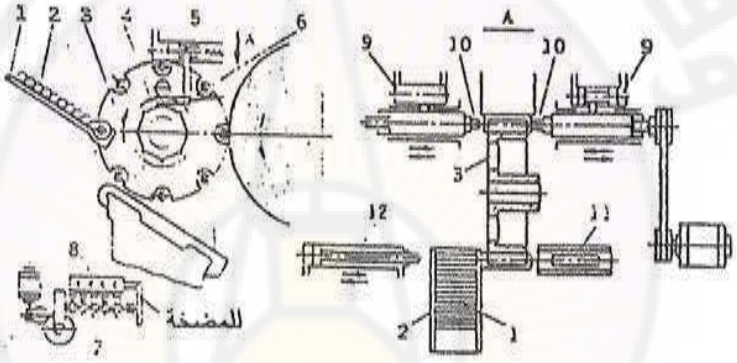
في نهاية الثقب فالكامة 8 تضغط مفتاح الصمام الهوائي 1 الذي يوجه الهواء حالياً إلى الحجرات اليمينية للأسطوانات 6 و 7 بينما يحرر الهواء في الحجرات اليسارية إلى الجو. وهذا سيسبب عودة سريعة للمحور الرئيس إلى الوضعية الابتدائية (حتى تلامس الكامة 8 مفتاح التحديد العلوي) وفك القمط للمشغولة. النابض 4 سوف يحرك مكبس المكبح الهيدروليكي للأسفل.

آلة الثقب الأوتوماتيكية هذه يمكن استخدامها لتشغيل أجزاء مختلفة في مخزن والمثبت يستبدل ومفاتيح تحديد نهايات الأشطواط ونهايات التوضع تحدد وفق نقاط محددة.

4 - التجليخ الأوتوماتيكي:

في آلات التجليخ، تعد الخطوات المساعدة والعمليات التي يطلب أتمتتها على الأغلب هي المناولة، وتوضيع المشغولات وقمطها ضمن منطقة العمل، سحب المشغولة الجاهزة من مكان التشغيل، والحركات الأساسية والثانوية لأجزاء الآلة.

في الشكل (14-21) موضح مخطط لعملية تجليخ أوتوماتيكية باستخدام أقراص تجليخ المشغولة 2 المطلوب تجليخها على مخزن 1 والذي تغذى منه بوساطة محور منزلق لأسطوانة هيدروليكية 12 إلى حزوز على أسطوانة دوارة 3.



الشكل (14-21) - مخطط تصميمي لجلاخة دورانية أوتوماتيكية

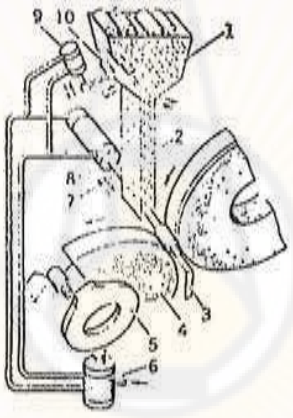
الأسطوانة المحززة تدور دوراناً متقطعاً بوساطة أسطوانة هيدروليكية 5 من خلال سقاطة 6 ودولاب مسنن 4 وتسلم المشغولة إلى المراكز 10 التي يقود كل منها محرك، بينما الأسطوانة ثابتة. مكابس الأسطوانات 9 تحرك المراكز. لتثبيت المشغولة في مكانها عند انتهاء التشغيل، يتراجع كلا المركزين وتدفع المشغولة الجاهزة خارج شق الأسطوانة المحززة الحاملة لها إلى المجرى الناقل 11 وتغذى بعدئذٍ إلى المخزن (الصندوق).

ميكنزم القيادة (القائد الرئيس) 8 يستخدم لقيادة الدورة الأوتوماتيكية لحركة الآلة. فقد جهز القائد الرئيس بمحرك منفصل وصندوق سرعة تتألف من زوج دودي

ومسننات قابلة للتبديل ليعطوه سرعة ثابتة. السرعة (دورة/دقيقة) لعمود الكامات فيه 7توافق عدد الحركات الأوتوماتيكية للآلة. عمود الكامات يقود صمامات التوجيه للتيار الهيدروليكي المزودة بالزيت للأسطوانات الهيدروليكية بفترات جزئية. القائد الرئيس 8 قد يزود بالسائل الهيدروليكي من خزان الآلة أو من وحدة هيدروليك منفصلة.

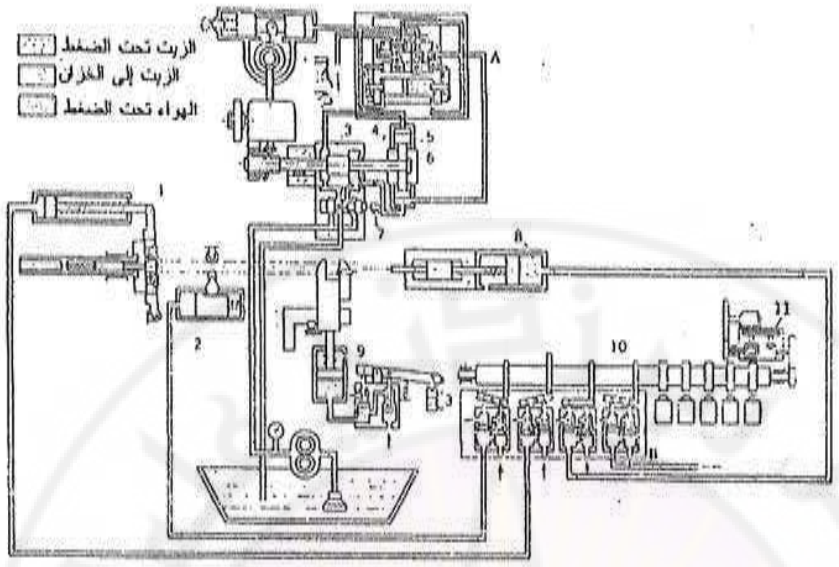
الجلاخات العديمة المراكز صممت كآلات نصف أوتوماتيكية جاهزة من تلقاء نفسها للأتمتة. والهدف الرئيس هو لتجهيزها بتجهيزات التحميل الأوتوماتيكي والتنزيل للمشغولات.

في الشكل (14-22) موضح شكل تصميمي لآلة تجليخ عديمة المراكز. المشغولات في وضعية التشغيل تسقط إلى خزان 1 ذي ريشة مزج 10 معلقة مع محور أسطوانة 9 وتهدف لتحديد ارتفاع القذف. ومن المخزن تدخل المشغولات إلى قناة شاقولية 2 وتغذى بتأثير الجاذبية في شفرة استناد.



الشكل (14-22) - مخطط تصميمي لجلاخة أوتوماتيكية عديمة المراكز

المنزلقة 7 المربوطة مع محور الأسطوانة الهوائية 8، والمقادة بوساطة الكامة 5 والصمام الطيار 6، تغذى المشغولات إلى منطقة العمل (المساحة بين أقراص الجلخ). القرص القائد 4 يحرك المشغولة الجاهزة.



الشكل (14-23) - مخطط تصميمي لجلاخة أسطوانية أوتوماتيكية

وفي الشكل (14-23) موضح مخطط لتصميم آلة تجليخ أسطوانية أكثر تعقيداً. مكوناتها الأساسية تشمل ميكنزم للتجليخ الداخلي أو الجلخ الغاطس، محول نبضي النموذج A مخصص لتعويض اهتراء الحجر، ترس يعمل بالهواء 1، كتلة تثبيت الحجر مع أسطوانة هوائية 2، غراب الذيل مع أسطوانة هوائية 8، جهاز التقاط وتوضيع 9 لتخديم جهاز القياس ومحول كهرميكانيكي، قائد رئيس (عمود كامات) 10، وقائد رئيس محرك 11. دورة التشغيل (التجليخ) تشغل بتأثير عمود الكامات 10 والصمامات الهيدروليكية B. الأسطوانة الهيدروليكية 3 تستخدم لتعطي التقدم السريع لحجر الجلخ إلى المشغولة بوساطة محورها 6. في نهاية الحركة السريعة، فإن رأس المحور يؤثر في الحافة 5 التي تحرك المكبس 4 للأعلى نتيجة حركة القطع لحجر التجليخ. وعندما ينجز جلخ المشغولة إلى الأبعاد المحددة فإن المغناطيس 7 يشغل الصمام الهيدروليكي B الذي يعيد الحافة 5 وقرص الجلخ إلى الوضعية الابتدائية.

الفصل الخامس عشر

أتمتـة عمليـات مراقبـة المنتجـات

15-1- مقدمـة:

إن عملية الأتمتة تحرر الإنسان من مهمة التحكم اليدوي. مثلاً تحرره من ضرورة القيام بأعمال محدودة في مراحل جزئية لكي تعطي تشغيل للآلة يتوافق مع الظروف الإنتاجية. فالتحكم الآلي لا يزيد فقط من كفاءة الآلة من خلال أداء عملية التحكم بسرعة وأكثر دقة مما يقوم به الإنسان ولا يقود هذا التحكم الآلي عدة عمليات من جهاز تحكم واحد من مركز قيادة فحسب، بل ويحسن من دقة الإنتاج من خلال أوامر أكثر ضبطاً زمنياً وتناسقاً إلى ميكنزمات التحكم وبجهد وحركة ثابتين.

إن نظام أو جهاز التحكم بأي آلة أو تجهيزات أو أجزاء كهربائية عن بعد من خلال سلك أو دارة لاسلكية يدعى « التحكم عن بعد ». القياس عن بعد هو عملية قياس مقادير مختلفة عن بعد بوساطة بث إشارة مناسبة كهربائياً، أو بوساطة طرق أخرى معروفة. وكلاً من نظامي القياس عن بعد والتحكم عن بعد يستخدم بشكل واسع في تطبيقات التحكم الصناعي.

التحكم الآلي هو تطبيق لنظام مؤلف من تجهيزات خاصة وأجهزة تحكم تستخدم طرق الأتمتة وتدعى أيضاً أجهزة التحكم الآلي. يتم تجميع عدة أجهزة تحكم وأدوات في التحكم بالآلة، ضبط جودة الإنتاج (قياس أبعاد وضبط الثقوب) وعملية الإظهار (أثناء عملية تصحيح البارامترات الثابتة).

في الشكل (15-1) موضح مبادئ التحكم الآلي والضبط الأوتوماتيكي أو القياس حيث في التحكم الآلي المطبق على الجسم المتحكم به 1 تنجز عملية التحكم بوساطة محرك مؤازر 2 والذي يشغل بعدها بشكل مباشر أو عن طريق عنصر تقويم لإشارة الخرج من عنصر حساس 4.



الشكل (15-1)– مخطط صندوقي لأنظمة التحكم الآلي

وهذا الحساس يبث إشارة الخرج فقط بعد أن تصله إشارة من نقطة التماس 5. مثلاً: بعد تغيير الكمية التي وضع الحساس خصيصاً لقياس تغيراتها.

أما في القياس الآلي فإن الأتمتة تعني تطبيق عملياته بشكل معكوس. حيث يعطي الجسم المدروس أو المقاس التغير في أبعاده وهو ينقل كإشارة لعنصر التحسس 7 إلى عنصر معترض 8 مهمته تضخيم الإشارة (أو تقويمها) قبل إرسالها إلى المحرك المؤازر 9 الذي يستخدم للتحكم . والإشارة قد ترسل أيضاً إلى مؤشر 10 في جهاز القياس.

فإذا كانت عملية القياس مثلاً لتحديد نقطة التصلب فإن نظام القياس الآلي يستخدم تجهيزات إضافية تربط بعد النظام السابق ذكره. ومن مكونات كل آلة يوجد جهاز تحكم أولي يتألف من عنصر تحسس(باعث) وغالباً عنصر تحويل (جهاز معالجة الإشارة) وعنصر مؤازر (محرك مثلاً).

إن زيادة الإنتاجية وجودة المنتجات يتطلب إجراء تحسينات على العمليات الإنتاجية نفسها، التجهيزات ومراقبة المنتجات. والغاية الرئيسة لعمليات مراقبة الإنتاج هي التقليل والحد من المرتجعات وتحسين نوعية المنتج.

ويمكن تصنيف عمليات المراقبة وفقاً لعدة فرضيات تقنية وتنظيمية مثل:

1 - الهدف، قياس الأبعاد الخطية ومراقبة الأشكال، وضبط خشونة السطح غير النظامية، المراقبة الفيزيامیكانيكية والتحليل الكيميائي، ضبط الوصلات والتسامحات، ضبط درجة الإنهاء ... إلخ.

2 - عدد المنتجات، الفحص الكامل والجزئي للنماذج.

3 - عدد مراحل الضبط، من الضبط خطوة - خطوة وحتى الضبط الآلي والضبط في نقطة النهاية.

4 - مستوى الأتمتة، يدوي، ممكنن وضبط أوتوماتيكي.

5 - اختراق للعملية، سواء أداخل العملية، أم بالتلازم مع العملية وحتى بعد نهاية العملية.

6 - طريقة القياس، مباشرة، غير مباشرة وقياس مختلط.

وفي هذا المجال لن نخوض كثيراً في خصائص هذه العمليات، بل سنكتفي بشرح عملية الضبط الممكننة والمؤتمتة بشكل عام.

بالرغم من التطور الهائل الذي حصل في مجال بناء الآلات، فإن عمليات المنتجات مازال أكثرها يدوياً. وتقريباً فإن عدد عمال ضبط المنتجات لا تشكل نسبتهم قياساً إلى عدد العمال الكلي أكثر من 17-20% من العاملين في هذا المجال. لكن بالرغم من كلفة تجهيزات الضبط الكثيرة فإنها ما زالت قاصرة عن تامين الضمان الكامل لمنتج موحد النوعيات. وهذا ما يجعل أتمتة عملية الضبط أثناء التشغيل وضبط الجودة ضرورة ملحّة.

إن خطوط الإنتاج ذات المواصفات الفنية العالية تسمح بتكثيف أتمتة عمليات الضبط. وهذا يضمن إنتاجية عالية ونوعية جيدة للمنتجات، ويقلل نسبة المرتجعات والذي يعود بالنهاية بتخفيض أكبر على الكلفة الكلية ويوسع كفاءات أداء الآلة الإنتاجية وخطوط النقل.

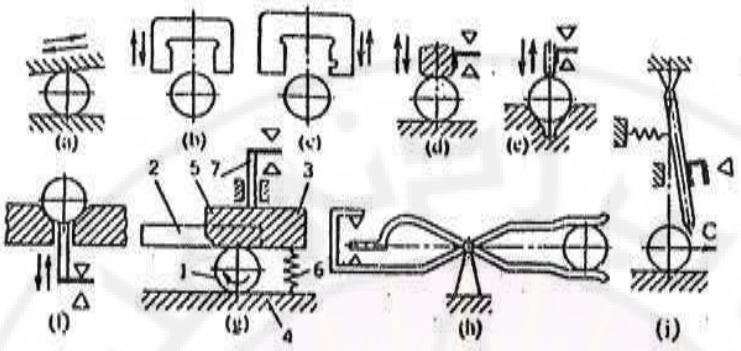
2-15 - ضبط الأبعاد الخارجية:

في الشكل (15-2) موضح طرائق القياس الأوتوماتيكي للأبعاد الخارجية باستخدام مقياس حواف (الشكل 15-2_a) مقاييس حواف متحركة مفردة ومزدوجة النهايات (الشكل 15-2_b,c) ورؤوس قياس متحركة

(الشكل 15-2_d,e,f) ذات حواف قفل مختلفة، أو صفائح ... إلخ (بالشكل 15-2_g) معطى مخطط مقياس القطر الخارجي المشغل بتأثير دافع 2 مربوط مع المفصلة 5 إلى فك التحسس 3 الذي يستخدم لتدوير المشغولة 1 بالنسبة إلى نقطة الاختبار (المحور).

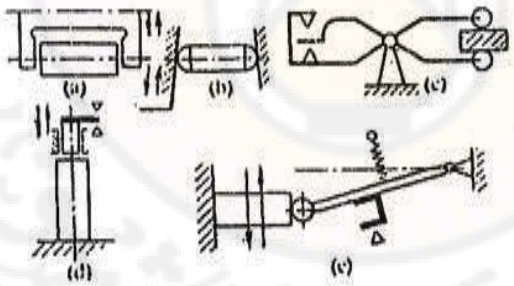
إن اختلافات الأبعاد يتم تحسسها عن طريق فك التحسس 3 الذي يضغط على المشغولة المقاسة بالنابض، السطح 4في هذه الحالة هو للقفل والتثبيت. وفي الشكل

(h-2-15) يقاس عن طريق حساسين بشكل فكوك بينما ما تزال القطعة قيد التشغيل. وفي (الشكل I_2-15) موضح طريق قياس القطر الخارجي لمشغولة متحركة بمساعدة نقطة اختبار منحرفة أو محور قياس.



الشكل (2-15) - أساليب ضبط الأقطار الخارجية

وميزة هذه الطريقة هي في أنها تسمح بقياس مشغولات مختلفة الأقطار. وفي (الشكل 15-3) موضح طريقة لضبط أطوال وارتفاعات يكون فيها التأثير متولداً عن a) مقياس ذي حواف، b) مقياس مخروطي، c) فكوك تحسس بشكل مقص، d) رأس قياس متحرك e) محور أو نقطة اختبار منحرفة.

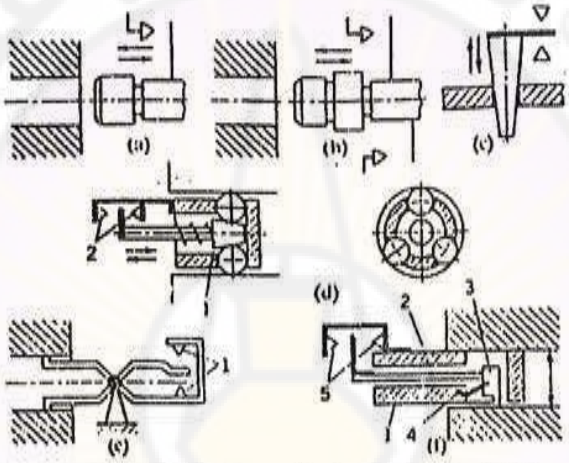


الشكل (3-15) - أساليب ضبط الأطوال والارتفاعات

15-3- ضبط الأبعاد الداخلية:

في الشكل (15-4) موضح أساليب القياس الأوتوماتيكي للأبعاد الداخلية. قياس الثقوب بمقاييس مفردة ومزدوجة النهايات (الحدود) موضح في الأشكال (a,b_4-15) وبمقاييس مخروطية في (الشكل 15-4_c) وفي (الشكل15-4_d)

موضح نموذج مطور للمقياس المخروطي حيث يتألف من نواة مخروطية 1 تحشر بين ثلاث كريات قابلة للابتعاد عن بعضها. واعتماداً على القطر الداخلي للثقب المقاس فإن النواة قابلة للحركة ضمن مجال مضبوط بوساطة ملامس ثابتة 2. (الشكل 15-4_e) يوضح مخطط لمقياس مؤتمت للقطر الداخلي ذي ملامس قياس 1. في المخطط الموضح في (الشكل 15-4_f) يتم ضبط الثقب المدروس بقياس القطر الداخلي بوساطة المسمار 1 المحتوي مجرى بنزلق ضمنه كتلة القياس 3 المدفوعة من النابض 4 وإزاحة الكتلة اعتماداً على قطر الثقب المدروس تنقل الحركة من خلال المحور 2 إلى ملمس القياس.



الشكل (15-4) - أساليب ضبط القطر الداخلي

15-4 - القياس على الخط (أثناء التشغيل):

إن عملية الأتمتة قد خطت خطوة للأمام عند إدخال عملية القياس على الخط (أو أثناء التشغيل) لضبط أبعاد المشغولات، حيث يتم الحصول على المعلومات أو القيم المقاسة أثناء تنفيذ عملية التشغيل. أكثر من ذلك، فهذا النوع من الضبط والذي يعمل فيه مكان التشغيل كمكان لموضع القياس حيث نتائج الضبط نستخدم فوراً وبشكل أوتوماتيكي لضبط التسامحات في الآلة بشكل ضمني أو ذاتي بوساطة أجهزة أوتوماتيكية.

إن متطلبات الضبط في أثناء التشغيل ومتطلبات ضبط الجودة تو فق أتمتة وسائل القياس والضبط. وهذه هي أجهزة ضبط وقياس مخصصة لتقر ... بل ال... كات

الهادفة إلى الحصول على البارامترات الفعلية للقطعة، إجراء القياسات أثناء التشغيل، مقايسة القطعة عن طريق مقارنة الانحرافات عن الأبعاد الاسمية. والتحكم بظروف التشغيل لتجهيزات الإنتاج.

والأجزاء الرئيسة لتركيبة الضبط الأوتوماتيكي أثناء التشغيل موضحة في (الشكل 15-5) حيث كل صندوق في المخطط يعني المهمة التي يجب إنجازها من قبل جهاز الضبط. العوامل التي تحدد اختيار أجهزة الضبط والقياس هي دقة القطع المقاسة، أشكالها، وأبعادها، عدد المتغيرات المضبوطة ومتطلبات الإنتاجية والاقتصادية.



الشكل (15-5) - الأجزاء الأساسية لنظام ضبط أوتوماتيكي على الخط

وطالما أن كل أسلوب للقياس يوصف بوساطة خطأ القياس الخاص به، والعامل المحدد في اختيار الأسلوب الصحيح وجهاز القياس هو علاقة خطأ قياس تسامح المشغولة. وعلى الأغلب ينصح بألا يزيد خطأ القياس على 1/15 - 1/10 من تسامح المشغولة والنسب قد تزاد أحياناً إلى 1/6 وأدوات الضبط والقياس في الأجهزة قد تعتمد على الطريقة المباشرة أو غير المباشرة للقياس أو استخدام كلا الطريقتين مجتمعتين.

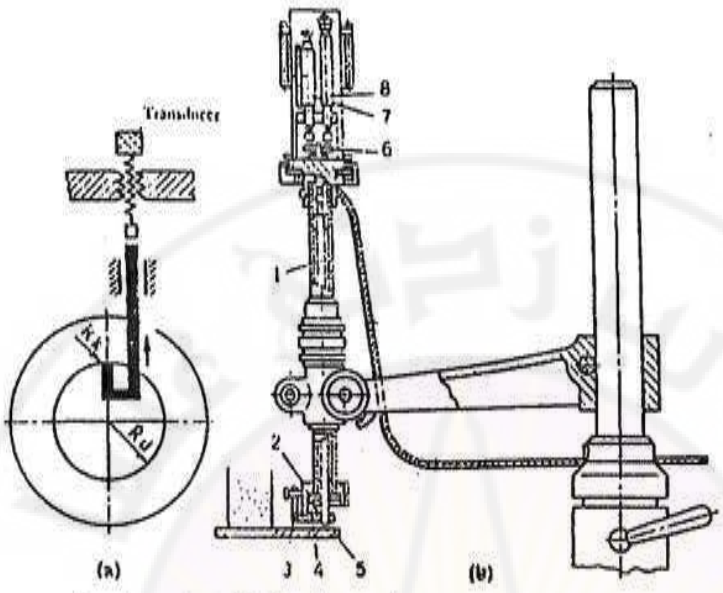
مع الطريقة المباشرة فإن رأس التحسس يوضع في تماس متوائم مع سطح القطعة المدروس. وعندما تشغل المشغولة حتى البعد المطلوب فإن المقياس يعطي إشارة إلى جهاز التحكم لتوقيف الآلة أو تبديل تعليمات التشغيل.

الضبط المعتمد على الأسلوب غير المباشر للقياس يستخدم عادة أجهزة عديمة التماس. والخاصية التي تحدد نهاية التشغيل في هذه الحالة هي التغذية أو شوط أجزاء آلة التشغيل الحاملة لأداة القطع، والمتحكم بها عن طريق مصد نهاية الشوط وليس الأبعاد المحددة للقطعة المشغلة. في الأسلوب المختلط فإن كلاً من وضعية أداة القطع ومقياس القطعة المشغلة تضبط في آن واحد. إن الضبط الأوتوماتيكي على الخط يجعل المجال أوسع لاستخدام أجهزة بدون حركة أذرع.

إن محصلة القوى هي الجزء الأساسي في الجهاز المستخدم للقياس على الخط لقطع صغيرة الحجم. وعند تشغيل تلك الأجزاء فإن منطقة عمل الآلة تؤخذ عادة مزدحمة أو تعطي مكاناً ضيقاً جداً لإدخال رؤوس التحسس (المحولات) إلى جوار القطعة المشغلة. إن الذراع الصغير، الخفيف الوزن ذو المفصل يسمح بأخذ نتائج القياس إلى خارج منطقة العمل إلى مكان أكثر ملائمة. ومن أجل المتانة وعمر الخدمة الأكبر يصنع رأس محور التحسس من خليطة قاسية.

15-5 - أجهزة القياس في نقطة واحدة والعديمة الأذرع:

في (الشكل 15-6_a) موضح مقياس لضبط الثقب. بما أن الثقب يوسع خلال عملية الثقب فإن المجس يتحرك بالاتجاه الموضح بالسهم ويغلق الدارة بملامسة ملمس المحول الذي يعطي إشارة إلى جهاز التحكم لتغيير السرعة أو لتوقيف آلة القطع. إن بساطة القياس هي من صفات هذه الأجهزة. وقياس الخطأ يتم بسبب الإزاحة الأفقية والشاقولية للمشغولة وبشكل نصف القيمة. أجهزة التماس بنقطة واحدة تستخدم أيضاً لضبط ارتفاع القطع المشغلة على المجلخة الأفقية ذات الطاولة الدوارة. ومثل هذا الجهاز موضح في (الشكل 15-6_b) يوضع بتماس مع الجسم 2 من خلال رأس التحسس المتوسط والموقف بوساطة الجسم 2 من نوابض مسطحة 4 من خلال الصفيحة 6 المثبتة على نهايتها العلوية. وعندما تصل أبعاد القطعة المجلوخة إلى القيمة المطلوبة فإنها تحرض المحول 8 من ملامسه وتوقف الآلة.



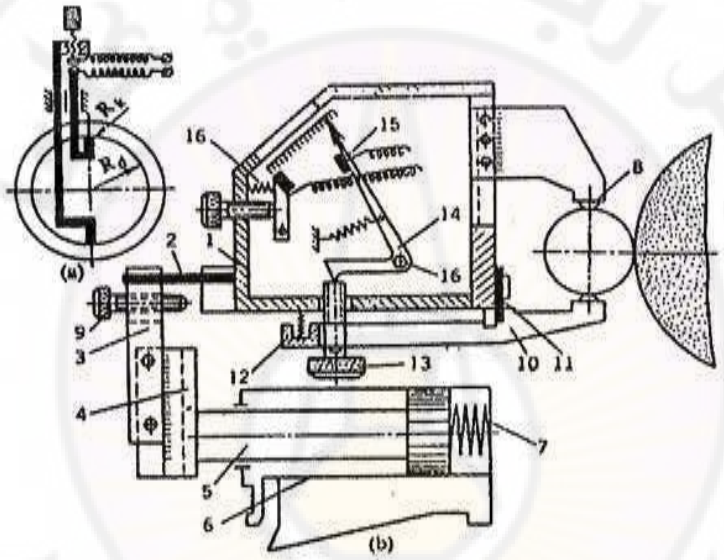
الشكل (15-6) - جهاز قياس ذو نقطة تماس واحدة

15-6- أجهزة القياس مزدوجة نقاط التماس:

لا تستخدم محصلة قوى وتعطي قياسات دقيقة حتى عندما تغير المشغولة موضعها أثناء عملية التشغيل. وكما في أجهزة الضبط وحيدة نقطة التماس فإن هذه الأجهزة يمكن أن تستخدم لضبط الثقوب. ونهايتا التحسس فيها تتحركان شاقولياً إذا زادت أبعاد الثقب وتعطيان إشارة إلى جهاز التحكم ليوقف الآلة عند وصول أبعاد الثقب إلى القيمة المحددة(الشكل15-7_a).

في (الشكل 15-7_b) موضح حساس مزدوج النقاط لضبط أبعاد الأعمدة أثناء التشغيل. الهيكل 1 يثبت بوساطة نابض مسطح عريض 2 مثبت على الصفيحة 3 المكيفة لتتحرك شاقولياً على امتداد المجرى في الكتلة 4 المثبتة على المحور 5 لأسطوانة هيدروليكية، عندما يغذى الزيت إلى الحجرة اليسرى من الأسطوانة، فإن المكبس سيتحرك محركاً عنصر التحسس إلى وضعية العمل. مثلاً إلى أمام القطعة المشغلة. النابض 7 يستخدم لإرجاع عنصر التحسس طالما أن حركة الحساس مرنة،

وفك القياس الثابت 8 يُحمل للتماس مع المشغولة مع إهمال الاهتزازات وتشوه المشغولة الحاصلين أثناء التشغيل، إن لولب الاختبار 9 يستخدم لتقييد انحراف (انضغاط النابض) حاملاً معه محول القياس (الحساس). وفك القياس المتحرك 10 يوقف بوساطة هيكل الحساس بوساطة نابض مسطح 11. ويؤخذ للتماس مع المشغولة بوساطة النابض 12. أثناء التشغيل فإن الفك 10 يتحرك موضحاً التغيرات في مقاييس القطعة وينقل نتائج القياس من خلال لولب الضبط 13 وذراع المؤشر 14. المؤشر يؤدي تماساً مرناً 15 حيث يغلق الملمس 16 ويوقف الآلة عندما تصل أبعاد المشغولة للقيمة المطلوبة.

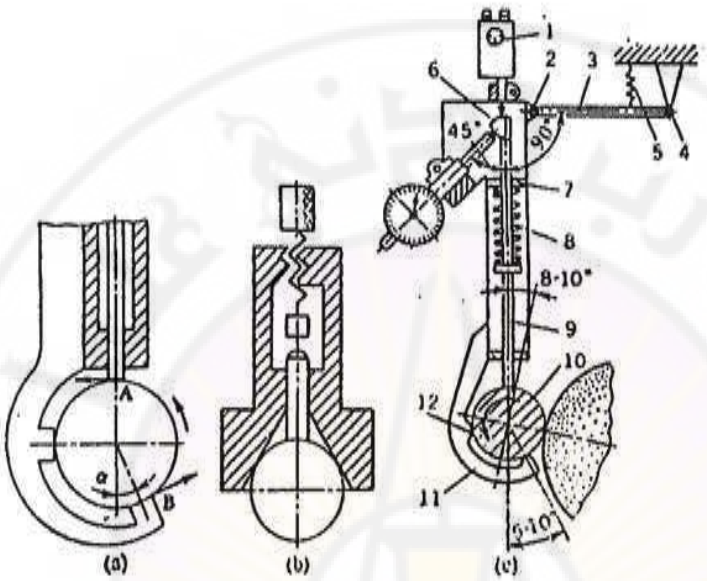


الشكل (15-7) - أجهزة قياس مزدوجة النقاط

a) مخطط ضبط الثقوب، b) ضبط قطر المحور أثناء التشغيل

7-15 - أجهزة القياس ثلاثية نقاط التماس:

هي وصلة حرة أن تكون عامة أو بشكل سرج (الشكل 15-8_a,b) بشكل خطاف.



الشكل (15-8) - أجهزة قياس ثلاثية نقاط التماس

a) مقياس خطافي الشكل، b) بشكل سرج خطافي الشكل، c) مقياس بشكل خطاف

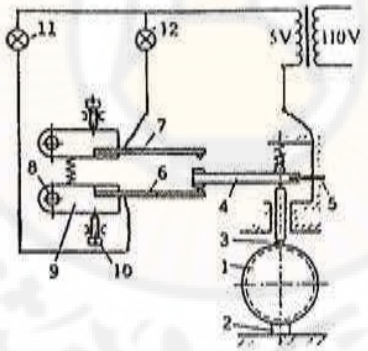
بتثبيت هذه المقاييس فوق المشغولة فإنها تتحسس تغيرات الأبعاد في المشغولة طالما بقيت الوضعيات التبادلية لنقاص التماس ثابتة، وخطأ القياس يمكن حدوثه فقط إذا تغيرت علاقة المشغولة مع نقاط التلامس A و B (الشكل 15-8_a) ولتجنب الاختلاف فإن مجموعة التماس في النقطة B توضع بزاوية (α = (5 - 10°) بالنسبة للمحور الشاقولي في (الشكل 15-8_c) موضح شكل مقياس ثلاثي نقاط التماس خطافي الشكل لضبط الأبعاد الأوتوماتيكي حيث تتحرك القطعة المضبوطة (المحور) 10 بين حافة التماس الجانبية 12 ومجموعة التماس السفلية 11 حيث تقوم بدور قفل تثبيت. نقطة التماس الثالثة تمثل نهاية محور القياس والمحور يوضع بالتماس مع المشغولة بوساطة النابض 8. إن قطر المشغولة ينخفض مع تغير تسامح التشغيل،

والمحور 6 يتحرك ضمن المجاري 7 للأسفل بضغط من المسمار 6 على جذع المؤشر المثبت على هيكل المقياس السرجي الشكل. واختلافات أبعاد المحور قيد التشغيل تظهر بوساطة المؤشر. وعندما يصل قطر المشغولة إلى القيمة المحدد، فإن المحور يحرض مفتاح الحدود (غير موضح بالشكل) والمحول 1 يعطي إشارة إلى جهاز التحكم لتوقيف التغذية وتراجع طاولة التشغيل. ولسهولة القراءة، فإن المؤشر مثبت بزاوية 45° بالنسبة لمحور العمود المقاس. والمقياس السرجي يميل 10° - 8 إلى الأمام. ويعلق المقياس بوساطة جسم الآلة (عادة بوساطة غطاء دولاب الجلخ) من قبل مساند. 2 و 4 للصفيحة 3. النابض 5 المتصل مع الصفيحة 3 يعمل على ضغط كتل المساند 12، 11 باتجاه القطعة المشغلة.

إن ميزة أجهزة القياس الثلاثية نقاط التماس لضبط الأبعاد تتلخص في أنها تقوم بقياس القطر وليس نصف القطر كما في الأجهزة وحيدة نقطة التماس.

والمحول هو العنصر الابتدائي في جهاز الضبط الأوتوماتيكي.

القطعة المشغلة المضبوطة 1 (الشكل 15-9) توضع بين صفيحة معايرة 2 ومحور القياس 3. الفتحة ما بين صفائح التماس 6 و 7 تعتمد على مجال منطقة التسامح وتحدد بوساطة البراغي 10.



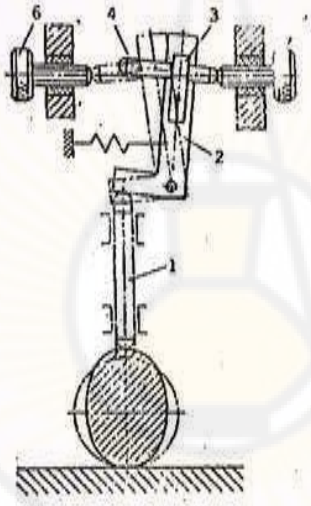
الشكل (15-9) - مخطط ضبط المقاييس اوتوماتيكيا باستخدام محول كهرميكانيكي

إن صفائح التماس 6 و 7 تدور حول المسمار 8 بدوران البراغي. وطالما أن قياس القطعة ما زال ضمن حدود التسامح فالذراع 4 المثبت مع الهيكل بوساطة نابض صفيحي 5 في الوضعية المحايدة بين صفائح التماس 6 و 7 المثبتة مع حامل التماس 9. وإذا كانت أبعاد القطعة أكبر أو أصغر من المحدد فإن الذراع 4 سيغلق التماسات التي

ستضيء مصابيح إشارة ملونة 11 و 12.

في (الشكل 15-10) موضح محول كهرميكانيكي يستخدم لتحديد البيضوية أو عدم الاستدارة.

إن إزاحة محور التحسس 1 ترسل إلى الذراع 2 الحاوي انبساطاً في نهايته والتي يضغط عليها نابض مسطح 3 ماسكاً تماساً أسطوانياً 4. ميكرومترين 5 و 6 مثبتين على الهيكل ويستخدمان لضبط المحول لتحديد حدود التسامح. فإذا كانت البيضوية تقع خارج حدود التسامح فإن الذراع سيغلق التماس الكهربائي عند الميكرومتر الموافق مع برغيه. مسطياً إشارة « مرفوض » ولتقليل خطأ القياس، فإن سطح نهاية مسمار التماس يصنع كروياً في حين تكون سطوح نهايات البراغي مسطحة.

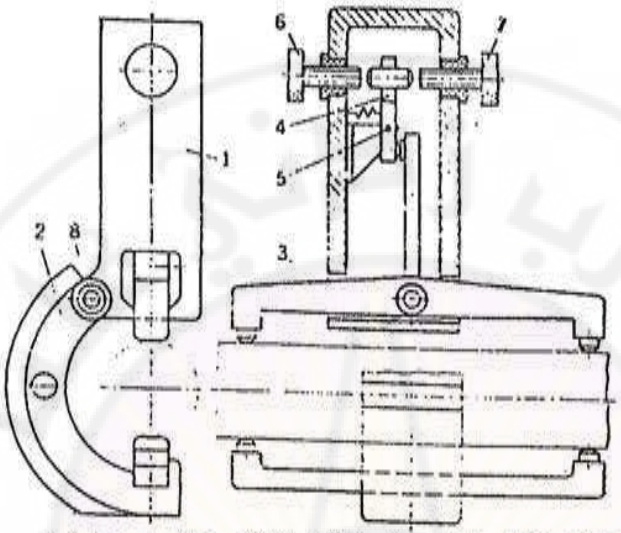


الشكل (15-10) - ضبط البيضوية (عدم الاستدارة)

إن مهمة ضبط المخروطية أو الاستدقاق تختصر عادة إلى تحديد الفرق في القطر المقاس بين نقطتين (الشكل 15-11) حيث تمسك المشغلة في مقياس خطافي الشكل 2 مثبت إلى الجسم 1.

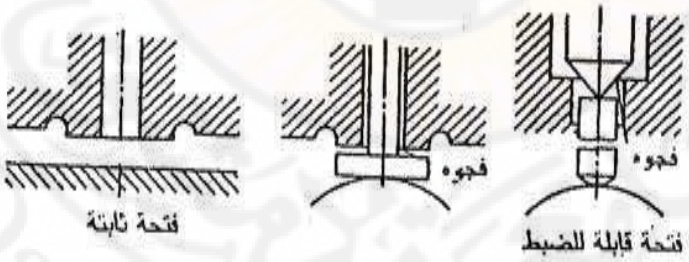
إن هزاز القياس 3 يمس المشغولة في نقطتين. وإزاحة الهزاز تسبب ضغط ذراعه الشاقولي على ذراع التماس 4 الذي يدور حول المحور 5 ويلمس الملمس برغي

التماس 6 أو 7. عند كون المشغولة أسطوانية فإن ذراع التماس يكون في وضعية الحياد أي يكون كلا الملمسين مفتوحاً. وتغلق الدارة فقط عند حدوث الاستدقاق. تدوير المقياس الخطافي حول المحور 8 يعوض الفرق في القطر للقطعة المضبوطة.



الشكل (15-11) - ضبط الاستدقاق (المخروطية)

ويجب أن نلفت الانتباه أيضاً إلى وجود أجهزة ضبط تعمل بتحكم هوائي. ورأس القياس هو العنصر الابتدائي في مثل هذه الأجهزة. والطرائق والمبادئ الأساسية للقياسات الهوائية موضحة في (الشكل 15-12).



الشكل (15-12) - رؤوس القياس الهوائية

ورؤوس القياس متوفرة مع فتحات ثابتة وقابلة للعيار. رؤوس القياس ذات الفتحة الثابتة تستخدم بشكل واسع لقياس الثقوب وتعمل ضمن مسار تسامح 0,08 mm - 0,06.

رؤوس القياس ذات الفتحة القابلة للعيار تستخدم عموماً لقياس السطوح الخارجية

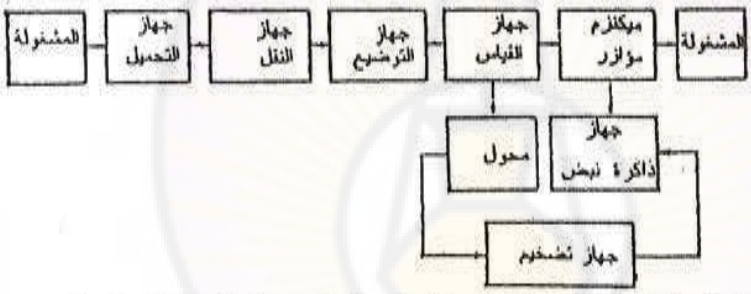
والعمل بمجال واسع من التسامحات 0,9 mm - 0,06.

إلى جانب الحساسات الكهرميكانيكية والهوائية، فإنه يوجد تصميمٌ آخر مطورٌ لأجهزة القياس يستخدم جسراً تحريضياً، سعوياً وأنواع أخرى من المحولات.

15-8 - القياس خارج الخط:

إن الضبط خارج الخط يختص بعملية القياس والتصنيف إلى فئتين «مقبول» و« مرفوض » أو تجميع القطع المقبولة. وبناء الآلة يوسع إمكانية استخدام الآلات الأوتوماتيكية التي تقوم بفرز القطع حسب الأبعاد، الشكل والكتلة.

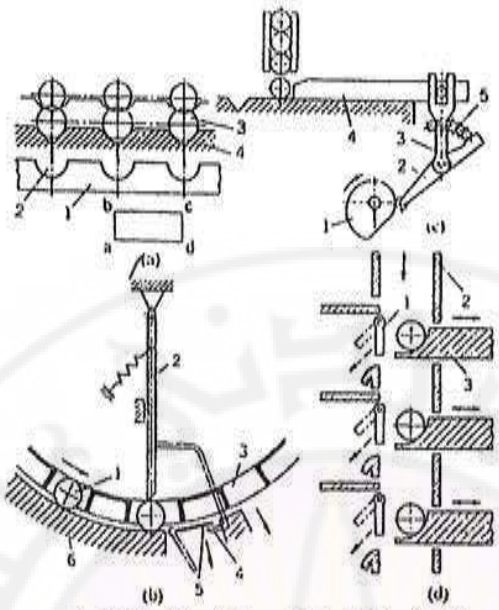
إن المخطط الصندوقي لآلة التصنيف والضبط موضح في (الشكل 15-13) حيث يتألف من مكونات أساسية تتضمن وحدات التحميل، التغذية، القياس وميكنزمات تحديد الأبعاد وفي بعض الأحيان تزود بوحدة ذاكرة.



الشكل (15-13) - آلة ضبط أوتوماتيكي - المخطط الصندوقي

إن ميكنزمات التحميل في آلات الضبط الأوتوماتيكي لا تختلف عملياً عن تلك المستخدمة لتحميل تجهيزات التحميل في العمليات الأساسية. ومهمتها الأساسية هي لتوضيع المشغولات في المكان المناسب لتغذيتها إلى منطقة عمل الآلة.

ومهمة ميكنزمات التغذية هي تحريك الأجزاء إلى مكان القياس. ونظام المناولة للتغذية المستمرة للقطع موضح في (الشكل 15-14_a).



الشكل (15-14) ميكنزمات التغذية

الحاضن ذو الفرضات 2 يزود للتحريك في حلقة مغلقة والمحافظة على التوازي مع محور الحركة وعلى طول ممر الحاضن مثبت أجهزة القياس والتصنيف. إن فرضات الحاضن تلتقط المشغولات 3 وتحركها خطوة إلى الأمام إلى وضعية القياس 4 للضبط. وبعد الضبط فإن القطع المشغلة تتحرك إلى وضعية العمل اللاحقة. وعلى الطريق تصنف المشغولات، مثلاً: توجه اعتماداً على نتيجة الضبط إما إلى خط المرفوض وإما إلى وضعية القياس اللاحقة. في الشكل (15-14_b) موضح نظام مناولة مستمرة والذي فيه تتحرك المشغولة المضبوطة 1 على السطح 6 بمساعدة الدولاب الدائر باستمرار 3. المشغولات ذات الأبعاد الزائدة تمر من تحت السكينة المتأرجحة 2. ضاغطة جزء فك مقياس الحدود حارفة السكين المتأرجحة. اللسين المنحرف المقفول بالنتوء 4 والذي يحرر البوابة 5 فاتحاً باب « المرفوض » للقطع الزائدة الأبعاد عن الحدود المقبولة. البوابة تعود لحالتها السابقة بوساطة أصبع من الأصابع (غير موضح بالشكل) مركب على الدولاب. المشغولات الأصغر أبعاداً من المطلوب تعبر المكان السابق وبعد الضبط فإن ميكنزم المناولة يوجه المشغولات وفقاً لنتيجة الضبط إلى المدخل الموافق [«مقبول»، «مرفوض» أو«رفض قابل لإعادة التشغيل»].

مخطط جهاز التغذية (بالشكل 15-14_c) المنزلق 4 يغذي بالقطع المشغلة لتقاس في وضعية القياس ويقاد المغذي بوساطة الكامة 1 التي تضمن سرعة تغذية قليلة في البداية وفي النهاية. وسرعات عالية في وسط الحلقة. والنقطة المميزة في هذا الجهاز هي أن المشغولة ذات المقاييس الزائدة سوف تسلم بوساطة جهاز المناولة والأذرع 3، 2 سوف ترتفع للأعلى شادة النابض 5 مع عقارب الساعة قاطعة تغذية المشغولات حتى يتم نزع المشغولة ذات الأبعاد الزائدة.

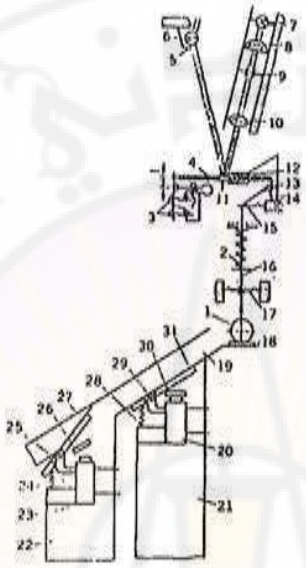
في (الشكل 15-14_d) موضح نظام النقل السلّمي الشكل، والمشغولة المطلوب ضبطها تسقط شاقولياً على المحور الشاقولي 2 حيث تحملها الكتلة المنزلقة 3 في الوضعية بحيث يجري قياسها بوساطة أجهزة قياس مثبتة على كل مرفاع. فإذا كانت القطعة مرفوضة المقاييس فإنها ترفع من قبل الكتلة المنزلقة بعيداً من خلال بوابة دوارة ممسوكة بنابض 1. الكتلة المنزلقة 3 تتراجع والقطعة المقبولة تسقط للأسفل إلى المرفاع الذي يليه حيث تختبر هناك بالنسبة لبارامترات أخرى.

أجهزة القياس مصممة لأداء مهمات رئيسة في الضبط الأوتوماتيكي والتحكم الأوتوماتيكي فهي تتبع انحرافات المقاييس، تقسيم المشغولات إلى مجموعات حسب شكلها، أبعادها، كتلها ... إلخ وترسل إشارات محركة لتشغيل الميكنزمات.

في (الشكل 15-15) موضح مخطط لجهاز تصنيف يتألف من خلية كهرضوئية حساسة وملف كهرمغناطيسي مؤازر مع إطار نموذج المطرقة. المشغولة 1 تسلم إلى مثبت قياس 18 بوساطة ميكنزم مناولة. حركة المحور 16 إلى الأعلى والتي تعرقل من قبل نابض مسطح 15 و 17 ويدخل بتماس مع المشغولة 1 مسبباً انفراد لفة النابض 4 بمساعدة النابض المسطح 14 والمقوى بالضلع 13. ملف النابض 4 مصنوع من القصدير - فلور البرونز سماكة 0,016 mm - 0,008 ويتألف من جزأين، اللفة الأولى إلى اليمين واللفة الثانية إلى الجهة اليسرى ... ومرآة 11 متوضعة في المنتصف. تمدد اللفة 4 يسبب انفرادها وإزاحة المرآة. الغطاء المضيء يتحرك على طول التدريج 5 مضيئاً واحداً من عدة مقاومات ضوئية 6 والتي من خلال ريلية زمنية أو وحدة ذاكرة ترسل إشارة إلى المغناطيس الكهربائي الموافق 20 أو 23 ... إلخ.

بعض الحساسات الكهرضوئية مصممة لفروق تتراوح بين 50 - 10 قياس مختلف ويمكن أن ترسل أوامر لتصنيف الأجزاء إلى عدة مجموعات مختلفة.

الدارة المحرضة للمغناطيس الكهربائي (مثلاً المغناطيس الكهربائي 23) يُتحكم بها بوساطة مقاومة ضوئية والتي تقطع الدارة بحيث إن الإطار 25 والبوابة 27 متمفصلان على محور عام 26 وتتحرك بسبب تأثير النابض 24 للأعلى فاتحين الطريق للقطعة المقاسة. التغذية بالجاذبية على القناة المائلة 19 إلى الصندوق 22.



الشكل (15-15) - مخطط لجهاز قياس خارج الخط

طالما أن المشغولة موجودة في الصندوق فإن الإطار 25 والبوابة 27 يعودان للوضعية البدائية وخلية كهرضوئية تتحكم بمغناطيس كهربائي 20 والذي من خلال الإطار 30 والبوابة 31 فالمحور 29 والنابض 28 يفتح الصندوق 21. إلى جانب الصناديق الموافقة لعدد المجموعات المصنفة المستخدمة فإنه يضاف إليها صندوقان إضافيان، واحد للقطع ذات المقاييس الخارجة عن المجال المسموح والقابلة لإعادة التشغيل والصندوق الآخر للمرفوضات.

في بعض التصاميم المحولة لآلة الضبط، فإنالإشارة من محول القياس تستخدم لتحريض ميكنزم تقسيم والذي يحرك صناديقاً على لوحة بحيث إن المشغولات تخزن في صندوق موافق إلى تقسيمة وضعية الالتقاط.

النظام البصري للحساس الكهرضوئي يهدف إلى تركيز حزمة الضوء على مرآة

11 تتألف من منبع ضوئي 7 ومكثف 8 وغشاء منزلق مع خط 9 وعدسة 10.

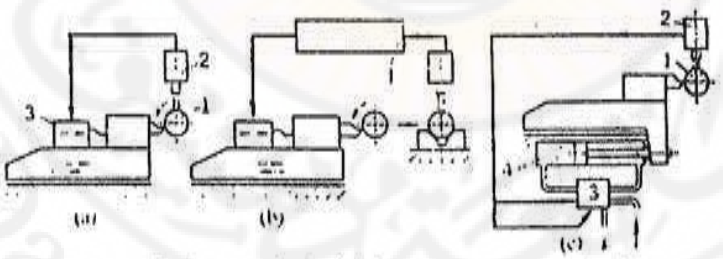
ويستخدم مخمد هيدروليكي لتقليل الاهتزاز على سطح المرآة وقلة حساسية الحساس والتي على كل حال تؤثر في قدرة آلة الضبط الأوتوماتيكية. فقد وضع رأس مدبب مطلي بقطر 0,8 - 1 mm في داخل جسم بقطر 1,5 mm مملوء بسائل غير قابل للتبخر (من نوع البوليسيلوكسان) والسائل محفوظ في الفتحة بوساطة قوى التوتر السطحي، والرأس المدبب مثبت على مفصل الشريط 4 بعد المرآة.

عامل التقسيم للحساس يضبط بوساطة تغيير المسافة 1 والبراغي 3 تستخدم لشد الأسلاك 4. النابض 2 يؤمن قوة التماس اللازمة على محور التحسس 16.

15-9 - الضبط الأوتوماتيكي لآلات قطع المعادن:

إن الضوابط الأوتوماتيكية هي أجهزة تستخدم لإعادة ضبط أداة القطع لتعويض اهتراء حافة الأداة أو تغيير الحافة القاطعة لاستبدال سطوح القطع البطيء عندما تتغير أبعاد المشغولة عن القيمة المحددة. العناصر الرئيسة للنموذج العام للضوابط هي محول قياس يقيس الخطوط الخارجية لمشغولة قيد التشغيل. وحدة التحويل والتضخيم لإشارة الخرج، وميكنزم التأثير الذي يؤثر بالحقيقة بمقدار تصحيح عنصر القطع أو غيره في الآلة.

في (الشكل 15-16) معطى مخطط دارة مبدئي للتصحيح الأوتوماتيكي للضبط.



الشكل (15-16) - مخطط أنظمة الضبط الذاتي

(a) تأثير مباشر، (b) (تصحيح) تعويض نموذج المصفاة، (c) ضابط العملية

أحدها في الشكل (15-16_a) هو التأثير المباشر، معروف وهو نظام ضبط

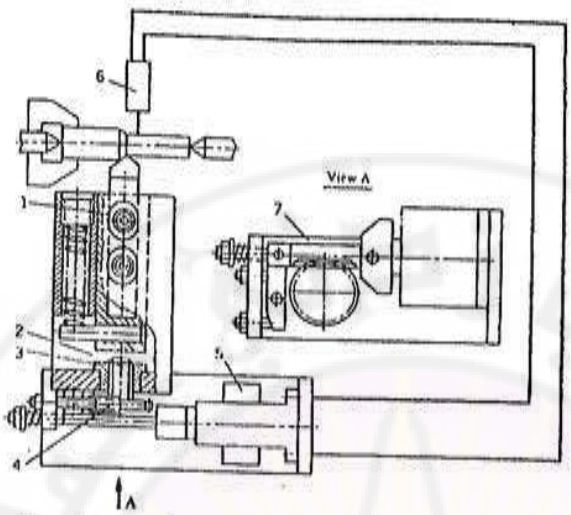
ذاتي بسيط. المحول 2 يقيس المشغولة 1 كما وردت من الإنتاج. وعندما تصل الأبعاد إلى الحدود المفروضة فإنإشارة التحكم تنطلق إلى مؤازر 3 والذي يضبط أوتوماتيكياً عمق القطع للأداة عرضياً. معوضاً عدم دقة الأبعاد الناتجة عن اهتراء الأداة. الطريقة المباشرة للتصحيح هي على كل حال عيب ويؤدي بسبب كونها مفتوحة إلى أخطاء عارضة مثلاً. أي اضطراب سوف يؤثر بالمصادفة على البعد المحدد والمؤازر لن يتلقى أمراً لإعادة ضبط الأداة وسوف يستمر التشغيل معطياً تشغيلاً فاسداً.

ولهذا فإنه ينصح عند تصميم دارات ضبط باستخدام التعويض المذكور أو مصفاة التصحيح 1 (الشكل 15-16_b) والذي يقلل الاختلافات الطارئة وتعطي إشارة تحكم للضبط فقط بعد وصول إشارة تحذير ثلاثية عن الاضطراب في الأبعاد. إلى جانب ذلك فإن وضعية القياس في التصميم نموذج المصفاة تتم بشكل منفصل، أي إن المشغولة تقاس بعد انتهاء تشغيلها.

نظام الضبط الأوتوماتيكي الموضح في (الشكل 15-16_c) يختلف عن الأنظمة المشار إليها سابقاً في انه لا يسمح فقط لإشارات التحكم بالاستخدام للضبط لأداة القطع بل وأيضاً إيقاف الآلة بعد انتهاء التشغيل أو تغيير أوامر التشغيل. مثلاً من التشغيل الخشن إلى الناعم. المرسل 2 يشغل للقياس المستمر للمشغولة 1 أثناء تشغيلها. وفقاً لمجموعة المهمات (إشارة المحول) فإن إشارات المحول تأمر الميكنزم المؤازر لتبديل العملية أو توقيفها كمثال المحول المركب على مخرطة هيدروليكية هو مقياس مزدوج النهايات 2 والذي يعطي إشارات (بعد أن يكون القطع الخشن قد تم) إلى صمام التدفق المباشر 3 لتقليل التزويد بالزيت إلى الأسطوانة الهيدروليكية 4. الأسطوانة تبطيء تغذية العربة وتبدأ عملية الإنهاء وعندما تصل أبعاد المشغولة إلى القيمة المحددة فإن المحول يعطي إشارة لمحرك التغذية للتوقف وعندئذ تعود العربة إلى الوضع البدائي.

الضوابط الأوتوماتيكية ذات التصاميم المختلفة تستخدم بكثرة في المخارط الأوتوماتيكية، آلات التجويف والتجليخ وفي عدة آلات قطع ذات مهمات خاصة.

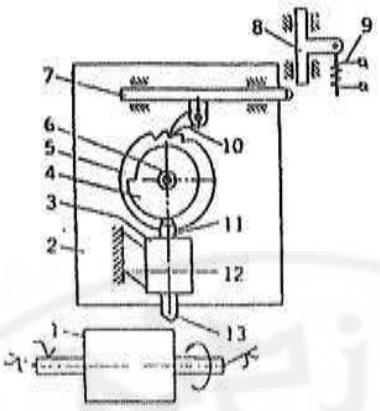
في (الشكل 15-17) موضح مخطط لميكنزم نموذج لولب القيادة للضبط الأوتوماتيكي للأداة في المخارط.



الشكل (15-17) - نموذج لولب القيادة في ضابط أداة القطع الأوتوماتيكي

وفيه إزاحة حامل الأداة (المنزلق) 1 هي بسبب الدوران الزاوي للولب القيادة 2 بالنسبة إلى الصامولة 3 فإذا خرجت أبعاد المشغولة عن الحد المفروض فإن ملامس المحول، تغلق لتولّد تحريضاً في دارة مغناطيس كهربائي 5 والذي يسبب إطاره 7(السقاطة) تدوير الدولاب المسنن 4 المثبت بجساءة مع البرغي 2 ذي القوة (خطوة) 0,25 mm ودوران الدولاب المسنن ذي الـ 50 سناً بمقدار سن واحد منه سوف يحرك حامل الأداة بمقدار 0,005 mm.

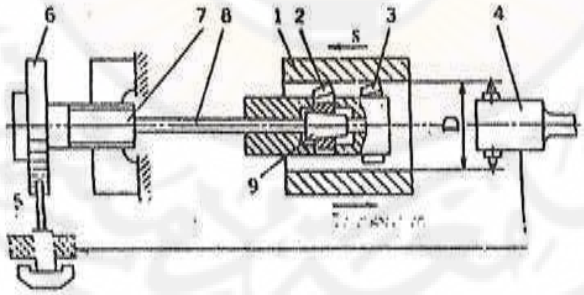
في (الشكل 15-18) يوضح تصميماً آخر يستخدم مسنن وسقاطة للضبط الأوتوماتيكي للأداة بالاتجاه المستعرض في المخرطة الأوتوماتيكية وهنا أيضاً فإن حامل الأداة القاطعة 3 يثبت على العربة 2 بوساطة النوابض 12 ويستخدم البرغي 11 لتحقيق التماس بين حامل الأداة والكامة 4 الموجودة على المحور العام، مع الدولاب المسنن 5 وعندما تصل أبعاد المشغولة 1 لقيمة التصحيح المحددة مسبقاً فإن محول التحكم بالأبعاد (ضبطها) يعطي إشارة إلى الملف 9 ليحرك المصد 8 للأسفل ليصل إلى التماس مع المحور المنزلق 7 عندما تتوقف العربة. وبما أن العربة تتحرك بالنسبة للعمود المنزلق الثابت 7 فالسقاطة 10 تدوّر الدولاب المسنن وعندئذٍ فإن الكامة 4 ستدور بمقدار سن واحد للأمام.



الشكل (15-18) - مسنن ضبط الأداة ذو الدولاب المسنن والسقاطة

والكامة بدورها تزيح حامل الأداة القاطعة مسافة 2 µm ودورة كاملة للكامة تشير إلى نهاية عمر الأداة وتبدأ إشارة التنبيه لتبديل الأداة.

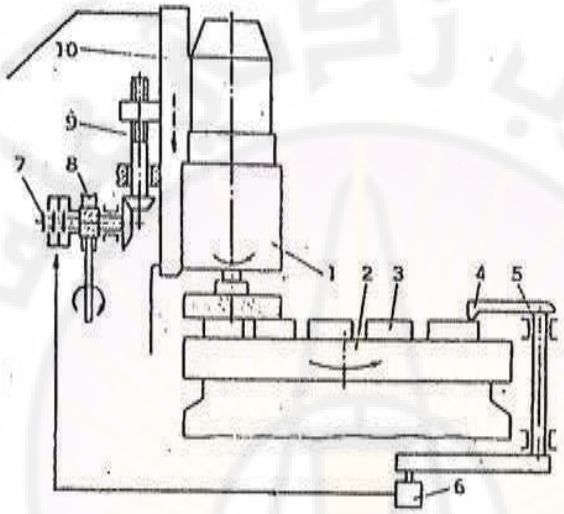
(الشكل 15-19) يوضح تخطيط ضابط أوتوماتيكي في آلة تجويف. ذات أداتي تجويف (قاطع تخشيني 3 وقاطع إنهائي 2) يستخدمان لقطع المشغولة 1 وفقط أداة الإنهاء تجهز بالضبط الذاتي. مقياس الثقب يضبط بوساطة محول كهرميكانيكي 4 والذي تدخل نهايته إلى داخل الثقب فإذا زاد مقياس الثقب عن الحد المفروض فإن المحول سوف يعطي إشارة إلى مغناطيس كهربائي 5 ليضبط الأداة 2 من خلال دوران دولاب مسنن 6، مثبت بجساءة مع البرغي 7.



الشكل (15-19) - تركيبة ضبط ذاتي للأداة في آلة تجويف
(D) - قطر تجويف الثقب، S) - التغذية

البرغي يدفع محور ربط 8 مسبباً إزاحة للمخروط 9 والتي بدورها تسبب تبديل وضعية الأداة. وأيضاً تشتهر تطبيقات الضبط الأوتوماتيكي في آلات التجليخ. في

(الشكل2-15-20) موضح مخطط لضابط أوتوماتيكي مطبق على آلة جلخ أفقية. القطع 3 مثبتة على طاولة مغناطيسية 2 فإذا زادت أبعاد المشغولة بسبب اهتراء الأداة، فإن هذا سيؤدي إلى ارتفاع الذراع 4 والمحور 5 القائم الزاوية والتأثير في مفتاح التحديد، الذي يحرض قارنة كهرمغناطيسية 7 (فاصل واصل كهربائي) والزوج الدودي 8 والبرغي 9 وكنتيجة لذلك فإن العربة 10 ورأس حجر الجلخ، سوف تتحركان للأسفل حتى تصل أبعاد المشغولة للقيمة المفروضة.



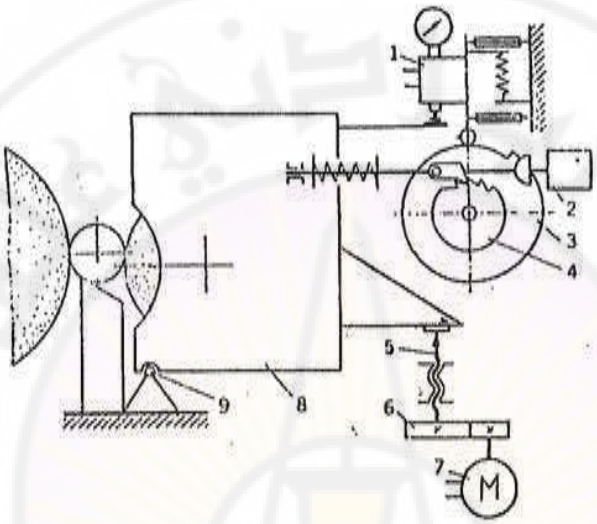
الشكل (15-20) - جهاز تعويض أوتوماتيكي لاهتراء الأداة في جلاخة أفقية

في الجلاخات عديمة المركز حيث يتم تشغيل المشغولات بمرور واحد، فإن إعادة الضبط الأوتوماتيكية لرأس الدولاب (حجر الجلخ) تتم بعد خروج القطعة من خلال آلة الضبط (الفحص) الأوتوماتيكية. فإذا وجدت عدة مشغولات بأبعاد أكبر من المحددة فإن محول القياس يعطي إشارة إلى مؤازر القوة لتحريك الأداة إلى القيمة المحددة لضبط التصحيح (عادة ضمن عدة أجزاء من الميكرومتر).

الحركة المباشرة لرأس الأداة الثقيل، مثلاً بمساعدة نظام برغي - صامولة غير عملية بسبب التشوه المرن الذي يحدث في النظام.

وقد تم تصنيع أنظمة متعددة للضبط الأوتوماتيكي للقيام بإزاحة يعتمد عليها لرأس أداة الجلخ بمقادير صغيرة. في (الشكل 15-21) موضح مخطط لنظام كهذا. حيث يؤمر مغناطيس كهربائي 2 بوساطة حساس يدوي مسنن 4 سناً واحداً للأمام وعندئذ تدور الكامة 3 المربوطة معه. حركة إزاحة لمحور الدفع

في محول كهرميكانيكي 1 إلى قيمة تتناسب مع ضبط التصحيح المفروض لرأس الأداة. المحول يؤثر في المحرك الكهربائي 7 ليدوره ومن خلال المسنن 6 يدور اللولب 5 والذي يحرك بدوره رأس الأداة 8 دائراً حول المفصل (المسند) 9. رأس الدولاب (الأداة) سوف يتحرك حتى يتلامس المصد المثبت عليه مع المحول 1 الذي يقطع تغذية المحرك الكهربائي.



الشكل (15-21) - جهاز تعويض أوتوماتيكي لاهتراء الأداة في آلة جلخ عديمة المراكز

15-10- الموازرات بالتأثير المغناطيسي:

تستخدم لتوليد إزاحات خطية بطيئة وميكروية للتحكم بأجزاء الآلات.

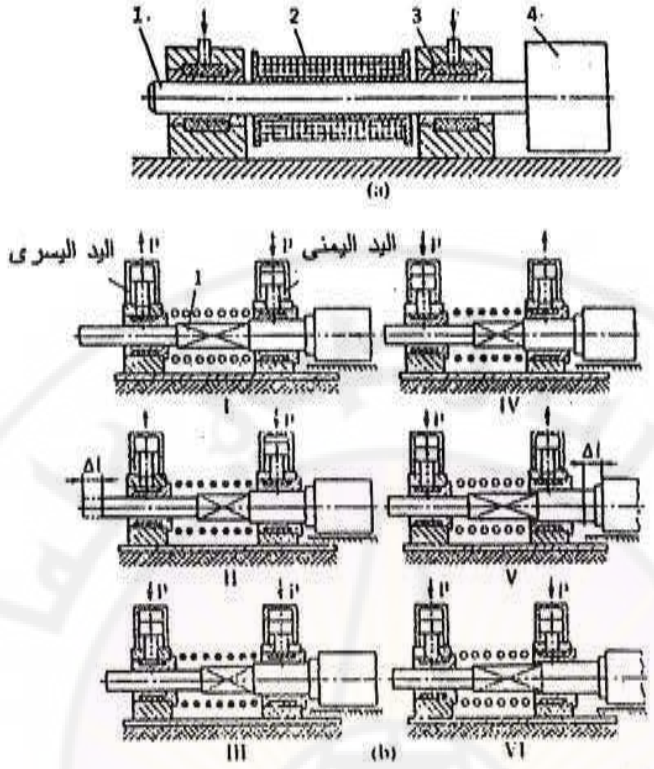
التأثير المغناطيسي هو تغير عكوس في أبعاد المواد القابلة للمغنطة بمقادير تصل لأجزاء من الميكرون تحت تأثير التحريض المغناطيسي. ويلاحظ وجوده في خلائط الحديد - نيكل، حديد - ألمنيوم، حديد - كوبالت وبعض خلائط النيكل الموضوعة ضمن حقل مغناطيسي.

ويكون التأثير المغناطيسي إيجابياً إذا حصل تمدد للمواد فيه وسالباً إذا عادت لأبعادها. وخلائط الحديد عادة تبدي تأثراً إيجابياً أكبر عند تعرضها للتأثير المغناطيسي أما خلائط النيكل فتبدي تأثراً سلبياً أسرع. ولزيادة مقدار التأثر المغناطيسي تتم معالجة الخلائط حرارياً. والتغير في الطول يحدث بشكل موازٍ لخطوط السيالة المغناطيسية المتولدة عن الحقل المغناطيسي. وللحصول على تغير في الأبعاد بعدة ميكرونات فإنه

تصنع نواة حديدية 1 مصنوعة من عدد كبير من الصفائح توضع ضمن حقل مغناطيسي لوشيعة 2 (الشكل 15-22) والنواة موصولة إلى جزء الآلة المتحكم به 4 ومثبتة بمكانها بوساطة قفل من PVC المرن 3 أثناء عملية التشغيل.

والتأثير الناتج عن التحريض المغناطيسي مفيد في مجال عمليات التشغيل التي تتضمن استخدام أنواع مختلفة من الأدوات (الريش، المقلوظات، أقلام الفصل، أحجار الجلخ ... إلخ). والتي إلى جانب حركتها النظامية أو الطبيعية، فإنها تصحح بوساطة اهتزازات مرنة ناتجة عن مؤازرات بالتحريض المغناطيسي. وهذه تعرف أيضاً بالمحركات، وتستخدم بشكل مكثف في مجالات الضبط الأوتوماتيكي
(الذاتي) لتعويض اهتراء الأداة. مثلاً الماسات القطع على آلات تجليخ السطوح أو الجلاخات اللامركزية. ويمكننا شرح طريقة العمل باستخدام المخطط التوضيحي للتحكم بالمؤازر في حالة تناقص الأبعاد (التأثير السلبي للتحريض المغناطيسي) والموضح في (الشكل15-22_b).

تمسك النواة كما في الشكل بماسك بلاستيكي 3 أثناء التشغيل. حيث يقوم الماسك اليميني بالإقفال واليساري بالفتح (I) حيث تحرض الوشيعة بإشارة التحكم فيتقلص محور النواة بمقدار Δl (II) ويقفل الماسك اليساري (III) وعندها يفتح الماسك اليميني (IV) وتفصل الوشيعة فيتمدد المحور إلى اليمين بمقدار Δl (V) محركاً جزء الآلة المراد التحكم به بمقدار Δl وبعدها يقفل الماسك اليميني (VI).



الشكل (15-22) - موازر بالتحريض المغناطيسي

15-11- أجهزة التسجيل والإظهار:

تتطلب العمليات كافة بعض أشكال الأنظمة التي تسمح للمشغل بمراقبة عمليات المصنع. فالمحرك البسيط يتطلب مثلاً وجود مصابيح لتقول "حالة عمل " أو "حالة توقف ". وأبعد من هذا، فإن مصنعاً بتروكيميائياً كاملاً قد يتطلب مجموعة كاملة من المشابهات للإظهار أو مجموعة شاشات لإظهار مقادة من حواسب. ومهما يكن تعقيد نظام الإظهار، فإن الهدف هو إعطاء المشغل صورة كاملة ومعلومات وافية عما يجري الآن ولتسمح له باكتشاف الأخطاء لتحديد مصادرها وتصحيحها بسرعة.

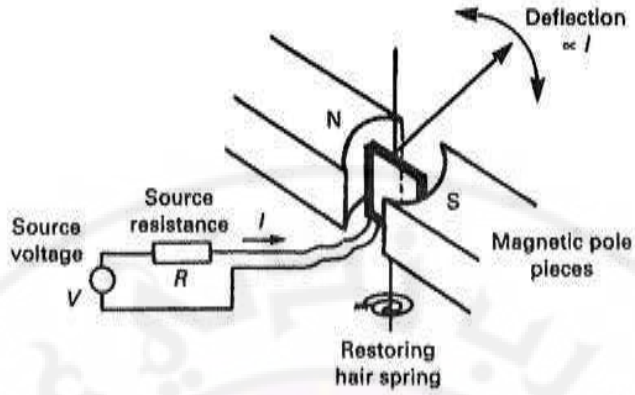
ويوجد غالباً حاجة لتسجيل أداء المصنع عن طريق سجلات دائمة لأداء المصنع، وأحياناً تسمى متطلبات التسجيل. هذه السجلات تستخدم لتحليلها من قبل الإدارة، وتخطيط الصيانة والتحكم بالإنتاج. وهي ضرورية أيضاً للثوابت ذات المدى الطويل، حيث تكون الثوابت اللحظية للمصنع متغيرة بأهمية أقل بكثير من أن تكون كمؤشر على اتجاه ومعدل التغيرات.



الشكل (15-23) - مظهر نموذجي لغرفة قيادة للمشغل، مع مزيج من الأجهزة والشاشات ولوحات الأزرار والأجهزة التمثيلية (المنطقية) والرقمية ومفاتيح وأضواء مختلفة. مخطط غرفة التحكم دائماً هو توافق بين متطلبات التحكم، الرؤية، والفراغ المتوفر وسهولة الاستخدام.

الأجهزة التمثيلية (التشابهية):

أجهزة التدريج والمؤشر: في العديد من التطبيقات يكون المقياس ذو التدريج الثابت والمؤشر هو الجهاز الأرخص والأكثر فعالية للاستخدام. معظم هذه الأجهزة مبني على أساس وشيعة دوارة يحيط بها مغناطيس دائم لتتحرك ضمنه كما في الشكل (15-24). التيار المار بالوشيعة يحدد من خلال جهد خارجي ومقاومة مرجعية، ومقاومة الملف نفسه. هذا التيار يولد عزماً على الاطار. وهذا العزم يعاكس بواسطة نابض شعري، بحيث ان الاطار سوف يتوازن عند زاوية محددة حيث يتساوى عندها العزم الناتج عن النابض الشعري مع العزم المتولد عن التيار في الوشيعة.



الشكل (15-24) - المقياس ذو الوشيعة المتحركة.

ومع تصميم دقيق فإن زاوية الانحراف يمكن أن تتناسب مع التيار.

الجهاز ذو الوشيعة المتحركة المستخدم لقياس الجهد له ملف ذو مقاومة عالية وتيار منخفض لكامل التدريج. وهذا يضمن أن تيار الملف مستقل بشكل أكبر عن المقاومة المرجعية، والمقياس لن يؤثر على جهد (الحمل) المقاس.

أجهزة قياس التيار (مقاييس الميللي أوم والميكروأوم) لها مقاومة ملف صغيرة لتعطي جهداً منخفضاً عبر الملف عند تيار كامل التدريج. وفي كلا الحالتين فإن انحراف مؤشر المقياس يتناسب مع تيار الملف.

أي متحول عملية يمكن إظهاره كجهد كهربائي أو تيار من خلال محول مناسب. ومجالات الإشارات عموماً تتراوح مابين 0-10 V 1-5 V, 4-20 mA. إشارات الصفر المرفوعة لها حماية من كابل الدارة المفتوحة أو قصر الدارة طالما أن المؤشر سوف يتجاوز نهاية التدريج السالب.

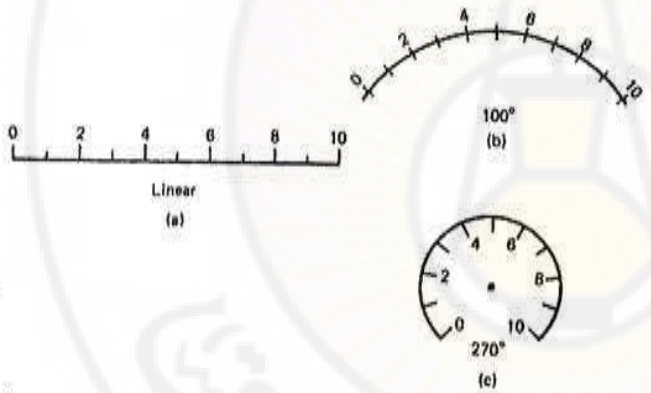
إن البنية والمواصفات القياسية الواصفة لإنتاج أجهزة القياس ذات التدريج والمؤشر تحدد من خلال المواصفة البريطانية BS 89. وهي تورد تسعة مستويات من الدقة ±5% - ±0.05% لانحراف كامل التدريج (FSD). وللتطبيقات الصناعية، فإن الدقة أكثر من ±1% هي عموماً أكثر استخداماً في المجال الأكاديمي، وهي على الأغلب أقل من مقدار قدرة عين المراقب البشري على الملحوظة.

سرعة تجاوب أجهزة القياس ذات المؤشر والتدريج هي بطيئة بشكل طبيعي، وهي ذات ثابت زمني من رتبة عدة أعشار من الثانية. إن المواصفة BS 89 تحدد أنه لتغير بقيمة 2/3 كامل التدريج لإشارة دخل، فإن المؤشر يجب أن يثبت على القراءة النهائية له ضمن 1.5% من كامل التدريج خلال 4 ثواني. إن بنية المقياس تجعله يسلك كنظام أمر

ثاني ويمتاز بالتردد الطبيعي ومعامل التخامد. وعادة معامل التخامد يكون بقيمة 0.7. والذي يعطي اسرع تجاوب لقيمة تردد طبيعي معطاة.

أن تدريج المقياس يجب أن يختار بحيث يؤمن سهولة القراءة على مدى الرؤية الطبيعي. والقاعدة المفيدة للأصبع هي طول التدريج المساوي لنسبة 1/15 من مسافة الرؤية الطبيعية (مثلاً طول تدريج 20 cm هو المناسب لمسافة رؤيا 3 m). الشكل (2-15-25) يوضح أنواعاً مختلفة من التدريج، كلها لها نفس طول التدريج، ولكنها تغطي مناطق لوحات مختلفة.

أثبتت التجربة أن المشاهد يمكنه التمييز بدقة كافية لقيمة 1/5 تدريجة المقياس المعطاة وفق طول التدريج الموضح سابقاً. واستخدام 20 تدريجة على كامل طول التدريج سوف يعطي دقة تمييز بقيمة 1%، والتي هي دقيقة بشكل كاف لمعظم التطبيقات. واستخدام كمية أكبر من التدريجات سوف لن يعطي دقة أكبر، لأنه بازدياد عدد التدريجات سيؤدي إلى انضغاط التدريجات ولن يعطي وضوحاً أكبر وسيجعل من الصعب قراءتها. إن تصميم و نظام رسم التدريجات للمقاييس مغطى بالمواصفة القياسية BS 3693.

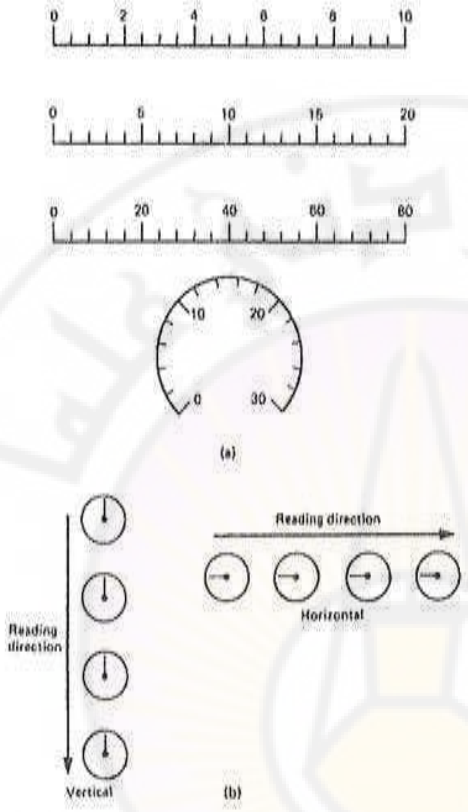


الشكل (15-25) - تدريجات مقاييس مختلفة، كلها ذات طول تدريج واحد.(a) خطي. (b) 100° .(c) 270°.

التدريجات النموذجية موضحة بالشكل التالي، معظمها لها عشرون تدريجة جزئية وأربع أوخمس تدريجات رئيسية.

يجب تدريج المقاييس بحيث يكون الإظهار الطبيعي هو مابين 40% و 60% من كامل التدريج. فإذا سبب هذا مظهراً غير طبيعياً للخروج خارج التدريج، فإنه يمكن استخدام تدريج غير خطي. في عدة تطبيقات يجب على المشغل تحري الشروط غير الطبيعية عدا عن قراءة إظهارات المؤشرات غير الطبيعية.

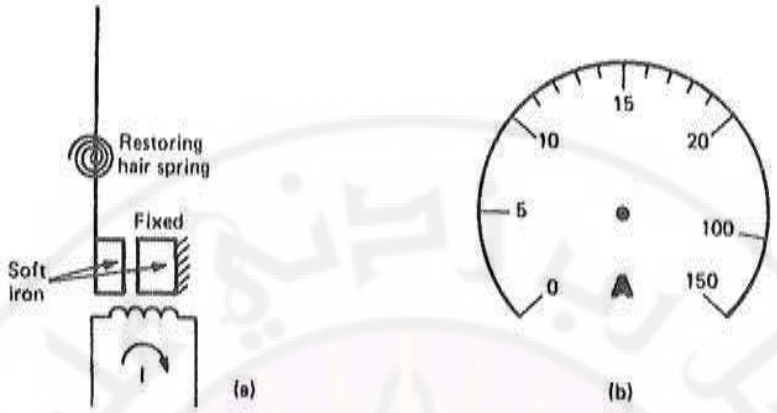
هذا يبسط الأمر إذا كانت المقاييس مرتبة بشكل تعطي فيه مؤشراتها نفس التوضعات عند نفس شروط التشغيل النظامية. نموذجياً إن وضعية الساعة 9 يجب أن تختار للمجموعات الأفقية للمقاييس ووضعية الساعة 12تختار لوضعية المجموعة الشاقولية.كما في الشكل (2-15-25_b).



الشكل (15-25) - تأشيرات المؤشر المتحرك. (a) التدريج مخطط بشكل مقروء بدقة حوالي 1% من الوضوح.
(b) تجميع مقاييس نحدد دقة تدريجها بحيث تقرأ بدقة. الإظهار الطبيعي موضح بالشكل.

المقياس المعدني المتحرك كما في الشكل (15-26_a) هو أبسط وأكثر جساءة من المقياس ذي الملف المتحرك. قطعتان من الحديد المطاوع تحت تأثير الحقل المغناطيسي للملف. عندما يمر التيار تتمغنط القطعتين الحديديتين وتتنافران. وكما سبق، فالقوة الكامنة الناتجة عن النابض الشعري تعطي انحرافاً هو تابع للتيار. سنرى أن الانحراف لايعتمد على اتجاه التيار طالما أن تنافر القطعتان الحديديتان يحدث بسبب أن كلاً منهما

لها الحساسية نفسها للمغنطة.لذا فإن تحرك المقياس الحديدي يمكن أن يستخدم للتيار DC لكل من قطبيه أو التيار AC.

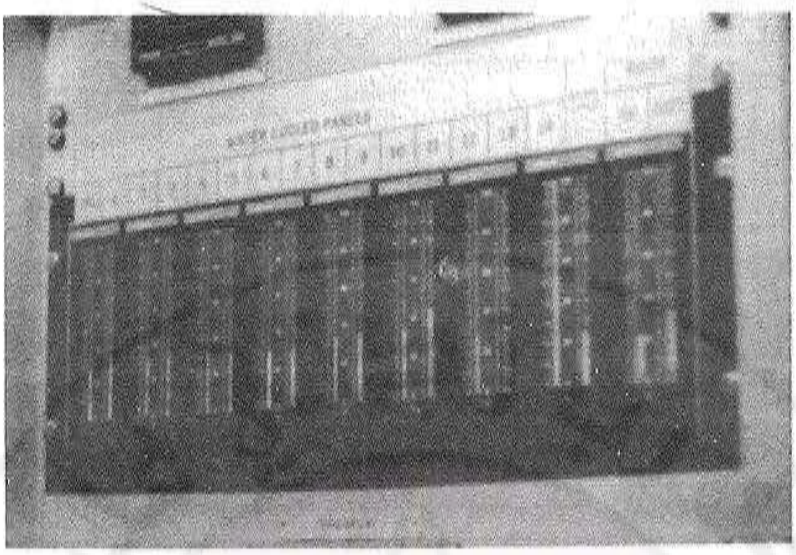


الشكل (15-26) - المقاييس الحديدية المتحركة.(a) بنية المقياس. (b) تدريج المقياس غير الخطي، ويستخدم مع المحركات بالتيار AC.

المقياس الحديدي المتحرك هو مقياس غير خطي بطبيعته. هذة الخصيصة يمكن استخدامها لتعطي حساسية انحرافات تدريج للمقياس حيث تسبب الشروط غير الطبيعية قراءات أكبر بعدة مرات منها في الشروط الطبيعية. الشكل (15-26_b) يوضح انحراف المؤشر ولكن يمكن أن تظهر زيادة الأحمال الأكبر بحوالي عشر مرات عند حالات الإقلاع والأعطال.

الإظهار وفق أعمدة: الإظهار وفق أعمدة كما بالشكل (15-27) هو خيار مفيد بديل للمقاييس ذات التدريج والمؤشر حيث توجد مجموعة من البيانات المتشابهة بحاجة للاظهار. وهي مفيدة بشكل جزئي حيث لاتتطلب المهمة الدقة العالية بالإظهار، ولكن وضعية الخطأ يجب إبرازها بشكل واضح.

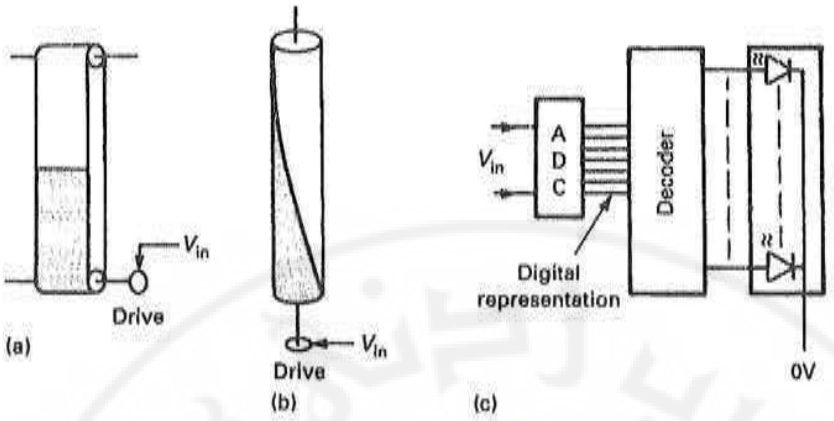
Damascus University



الشكل (15-27) - مظهرات بشكل أعمدة تظهر درجة حرارة مياه التبريد. قيمة الحرارة ودرجة اللون مرئية بوضوح.

أعمدة الإظهار البدائية تستخدم أشرطة دوارة، كما في الشكل (15-28_a) أو براميل عمودية ذات تقسيمة حلزونية أحمر/أبيض. كما بالشكل (15-28_b). وفي كلا الحالتين فإن الإظهار يتحرك مباشرة بحركة المقياس أو وضعية موازر التحكم. إن معظم الأجهزة العصرية، على كل حال هي إلكترونية وتتوضع في حدود التصميم الموضح بالشكل (15-28-c)، حيث إشارة الدخل يتم التعرف عليها عن طريق متحكم تشابهي رقمي ويتم إظهارها على مساحة شاشة إظهار من الكريستال السائل أو أنبوب مفرغ من الغاز. ودقة الوضوح بحدود 50% هي أمر طبيعي، ويتطلب 200 تقسيمة مفردة. التدريج ينفذ من خلال تبديل حساسية الدخل وتوضع شاشة الإظهار البلاستيكية.

Damascus University



الشكل (15-28) - أعمدة الإظهار. (a) القيادة بسير قائد. (b) برميل قيادة. (c) الكتروني.

أعمدة الإظهار الإلكترونية تتضمن بالعادة إنذارات تحسس، تعطي إظهاراً إذا تغير متحول العملية خارج المجال المسموح به. وعادة فإن عمود الإظهار بهذه الحالة يتم إضاءته أو يتغير لونه لإعطاء إنذار بالتغير الحاصل.
أعمدة الإظهار عادة أغلى سعراً من المقاييس ذات التدريج والمؤشر، وتتطلب مصدر طاقة مستقل لها. وهي عموماً أسهل للقراءة حيث لايتطلب الأمر الدقة بالإظهار.

مسجلات البيانات :

إن معظم المصانع تتطلب وجود السجلات عن أداء المصنع وحفظها من أجل التحليل اللاحق. سجلات شروط التشغيل قد تلزم مثلاً لإظهار أن المصنع قد تم تشغيله ضمن مجال بارامتراته التصميمية. تشغيل المصانع الأوتوماتيكية التي لاتحوي عمالاً مثل غرف المضخات يجب أن يسجل وتفحص سجلاته في فترات منتظمة. فالتسجيل يمكن أن يساعد في التغلب على مشاكل المصنع عند سرعة تشغيله المحددة. ومحاولات التشغيل السريع للمصنع يمكن أن يتم اصطيادها ورؤيتها في أوقات راحته، ويمكن تحليل عدد مرات تخفيض السرعة بالساعة او باليوم لأغراض التحليل والدراسة عند الطلب. أنظمة التسجيل المتعدد الأقنية يمكن أن توضح العلاقات المتبادلة، المتوقعة وغير المتوقعة مابين متحولات المصنع.
والجهاز الأكثر شيوعاً هنا قد يكون هو مسجل البيانات، والذي ينتج خطاً بيانياً مستمراً لمتحولات العملية مرسوماً بالنسبة للزمن. وهذا يمكن تحقيقه بأشكال متعددة وفق سرعة وطبيعة المتحولات المطلوب تسجيلها.

الاعتبار الأول الواجب أخذه بالحسبان هو سرعة الرسم والتي يجب ان تختار لتناسب معدل تغير المتحول تقريباً. بتقليل السرعة كثيراً قد تتلطخ بعض تفاصيل الخط البياني، وزمن التفسير الأصغري للرسم محدود أيضاً بسبب عرض القلم. أما السرعة العالية فهي تسبب صعوبة في رؤية التفاصيل في وقتها وتهدر الورق بلا فائدة. وسرعات الورق متوفرة من قيمة 1 mm باليوم ولغاية أعشار الميليمتر بالثانية للأقلام وعدة أمتار بالثانية بالنسبة لمسجلات UV. السرعات العالية يمكن استخدامها بشكل متقطع. وحدات قيادة المسجلات تعتمد على المحركات الخطوية مع إلكترونيات التحكم بالسرعة أو محركات متزامنة مع تغييرات للسرعة قد تم تنفيذها عن طريق مجموعات نقل حركة مسننية.

وسرعة تجاوب القلم هي أمر حرج أيضاً. فمعظم أنظمة توضيع القلم تتصرف كنظام مجموعة ثانية، وتوصف بحسب التردد الطبيعي

ومعامل التخامد. الشكل التالي يوضح رد فعل وتبديل الطور للمسجل المقاد بإشارة دخل جيبية عند ترددات مختلفة ومعاملات تخميد مختلفة. والشكل التالي محسن، أي إن محور التردد معروض بواحدات التردد الطبيعي f_n.

الشكل التالي يوضح أن أعرض رد فعل للتردد يحصل عليه مع معامل التخامد 0.7، ويمكن أن نستخدم المسجل في حدود حتى حوالي $0.5\ f_n$ بدون أي خطأ يذكر.

المتحولات المقاسة لاتتبع الموجات الجيبية، ولكن تحليل فورييه يوضح أن أي شكل منتظم للموجة يمكن التعبير عنه كمجموع أمواج بأشكال جيبية وتجيبية. ومع معرفة مكونات التردد هذه، فإن التردد الطبيعي للمسجل يمكن أن يحدد ليعطي الدقة المطلوبة. عملياً، فإن خصائص التردد الطبيعي لمسجل البيانات هي عادة تجريبية أكثر منها تحليلية والشكل مختار بحيث يكون متعلقاً للمعدل المتوقع لتغيرات متحول المصنع. وعموماً فإن الزمن المأخوذ لحركة على كامل التدريج هو قيمة محددة. والتردد الطبيعي البطيء جداً سوف ينتج عنه عدم القدرة على متابعة التغيرات السريعة الحادثة وضياع في التفاصيل.

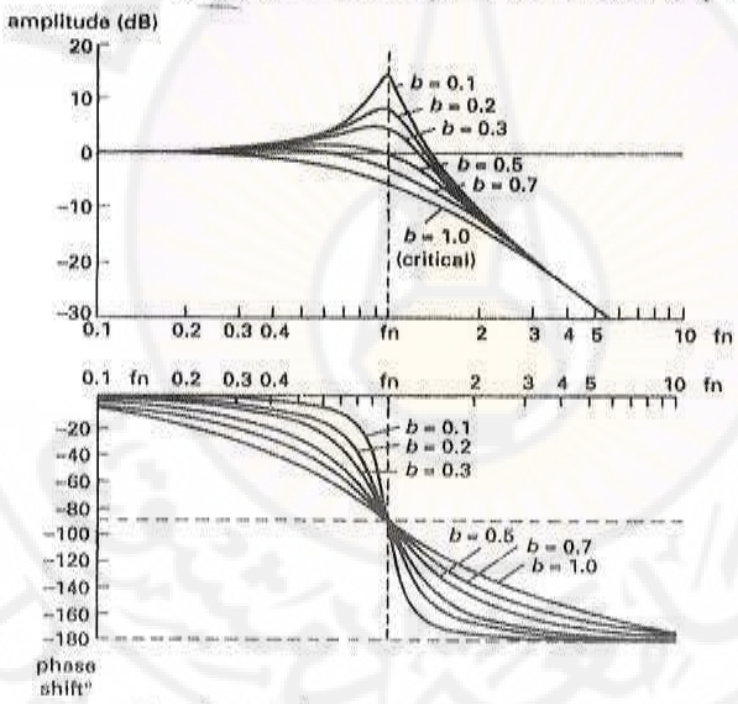
احتكاك القلم يمكن أن يحد من التردد الطبيعي للمسجل ونتيجة الإعاقة بالاحتكاك ينتج عنها حركة أصغرية للقلم،مثلاً خطأ قدرة التفسير الأصغرية. المسجلات البدائية قد استخدمت أقلام الحبر الشعرية وخزانات الحبر. وهذا يتطلب صيانة دورية وتنظيف دوري له. الموديلات العصرية منه تستخدم الجمع بين القلم الشعري والخرطوشة الحبر، وعادة على شكل أقلام حرة الحافة.

عند السرعات العالية للمسجل والقلم تصبح قوة الاحتكاك للأقلام زائدة، وتستخدم أساليب أخرى للتسجيل. الورق الحساس الحراري الذي يبدل لونه عند تسخينه، ويستخدم بالمشاركة مع قلم التسخين الخاص. الورق الحساس الكهربائي يبدل لونه تحت تأثير التيار الكهربائي (والذي يحرق الطبقة العلوية من الورق)، ويستخدم مع قلم خاص

متصل مع منبع التيار الكهربائي. وكلا النموذجين السابقين يسمحان باستخدام السرعات العالية للتسجيل، ولكن الورق الخاص هذا مرتفع السعر.

تشغل مسجلات البيانات عادة على المجالات النظامية للإشارات من 4 – 20 mA, 1-5 V و 0-10V، إن المواصفات القياسية للإشارات مع ضبط الصفر تعطي الحماية من أخطاء توصيل الكابل وأخطاء المحول. مسجلات الحرارة المستخدمة مع المزدوجات الحرارية ومقاييس الحرارة بالمقاومة توصل عادة بشكل مباشر إلى الحساس ويدمج معها دارة القيادة (للنوع PTR)، تعويض الوصلة الباردة (للمزدوجات الحرارية) والتقويم. والمسجل يمكن تركيبة عادة بحيث يقاد خارج التدريج للأعلى أو للاقل في حال خطأ الكابل أو الحساس.

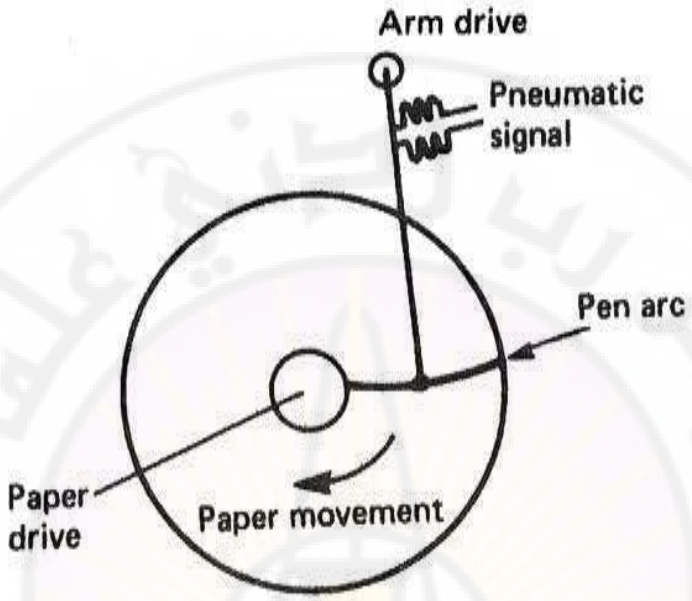
دقة مسجلات البيانات تحدد من خلال مصطلحات FSD، مع أقل إشارة فعالة والتي هي أصغر إشارة سوف يبدأ القلم عندها بالحركة. الأرقام النموذجية هي بدورها 1% و 0.2% من FSD. سرعة التجاوب يمكن أن تحدد بواحدات التردد الطبيعي (لأجهزة قياس الغلفنة) أو زمن انعكاس القلم (لمسجلات الموازرة).



الشكل (15-29) - تجاوب أنظمة الأمر الثاني.

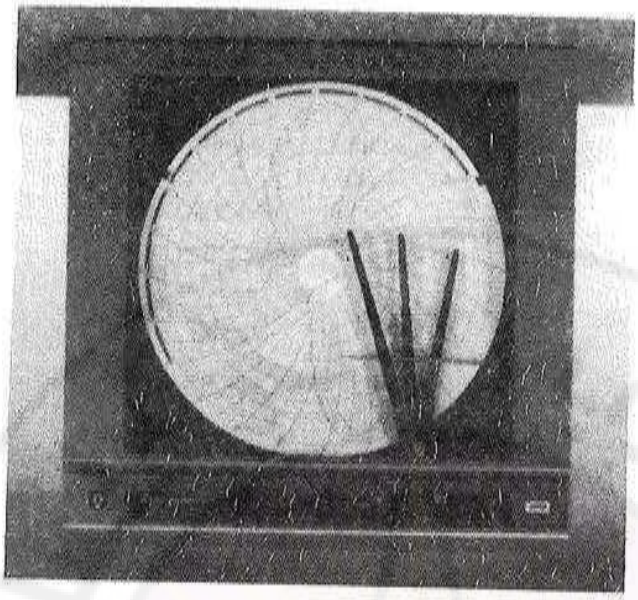
قياس الغلفنة ومسجلات الحلقة المفتوحة : في أبسط (وأرخص) أنواع مسجلات البيانات تكون إشارة متحول العملية تستخدم مباشرة لتحريك القلم .في مسجل البيانات الدوار كما بالشكل (15-30_a)، كمثال، فإنإشارة الضغط تحرك القلم عبر مجموعة بالونات. السجلات على الورق الدائري صعبة القراءة والترجمة بسبب الشكل غير

الخطي لها بسبب الشكل الدائري للورقة والحركة القوسية للقلم. والميزة الأساسية هي العلاقة المتبادلة بين الخط البياني والفترة المحددة له (مثلاً وردية عمل، يوم، أسبوع) وسهولة الكتابة (نواس بسيط). ولكن المسجلات المباشرة القيادة لها خاصية التقاطعات غير الخطية بطبيعتها. ومعظمها يعتمد على



(a)

Damascus University



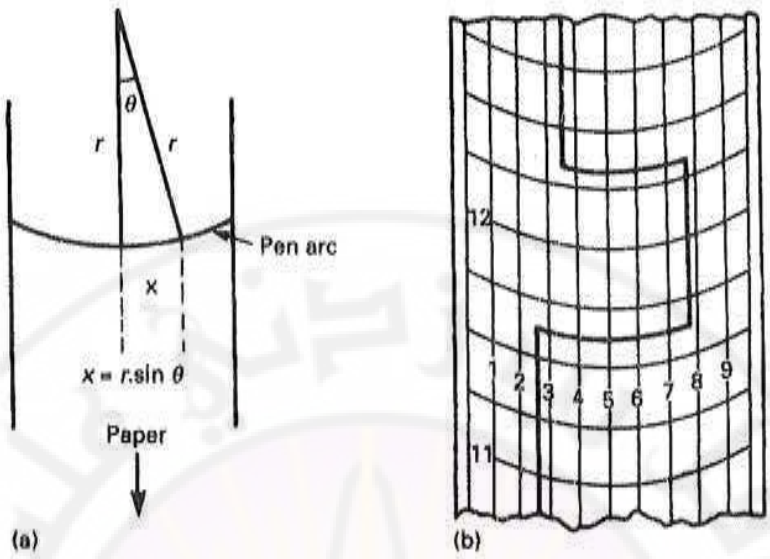
(b)

الشكل (15-30) - مسجل البيانات الدائري، (a) البنية. (b) مسجل بيانات دائري متعدد الأقلام

ميكنيزم الملف المتحرك (المشروح في قسم المقاييس ذات التدريج والمؤشر)، مع القلم المربوط في نهاية المؤشر. حافة القلم تقطع مساراً قوسياً، كما في الشكل (15-31_a)، بنصف قطر مساو لذراع القلم. وهو يتطلب نوعاً من الورق المطبوع مسبقاً على شكل أقواس، كما في الشكل (15-31_b). وهذه أيضاً أسهل للقراءة من المسجلات الدائرية، ولكنها ماتزال صعبة للقراءة لتحديد العلاقات المتبادلة. المسافات على طول الأقواس تتناسب طرداً مع إشارات الدخل، ولكن المسافة عن خط المركز تحدد من العلاقة:

$$X = r \sin \theta$$

ولتقليل الخطأ نحافظ علىθ بقيمتها الأصغرية، عادة باستخدام ذراع طويلة.

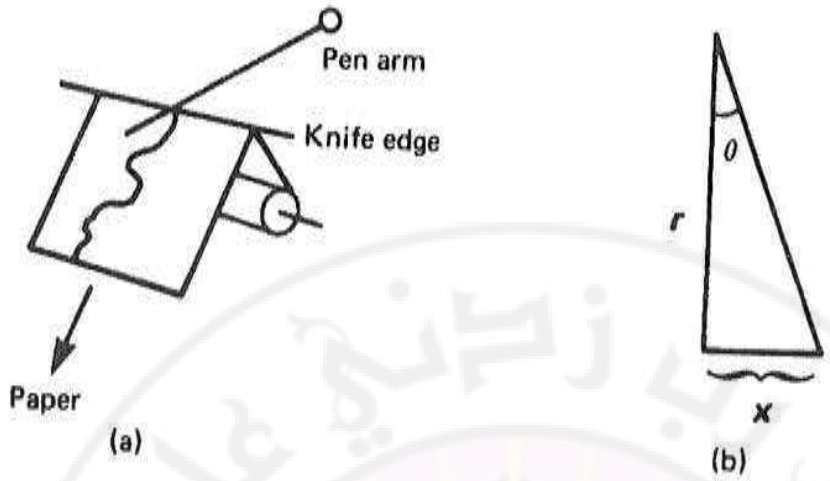


الشكل (15-31) - مسجل البيانات المقاد مباشرة. (a) البنية. (b) نموذج للمخطط البياني.

يمكن تجنب الشبكة المنحنية بتمرير ورق التسجيل فوق حافة سكين مستقيمة، كما بالشكل (15-32). بالطبع لايمكن استخدام القلم هنا، بل يستخدم الورق الحساس للكهرباء أو الحساس للحرارة. وبالرغم من أن هذا الترتيب يعطي خطأ بيانياً مستطيلاً، فإنه غير خطي بالنسبة لفراغات التقسيم ويعطي رسماً يزداد حجماً كلما زاد البعد عن خط المركز. كما هو موضح بالشكل (15-32_b):

$$X = r \tan \theta$$

وكما سبق، فإن الأخطاء يمكن أن تقلل باستخدام زاوية θ صغيرة، وعادةنحصل على هذا بجعل طول القلم أكبر مايمكن.

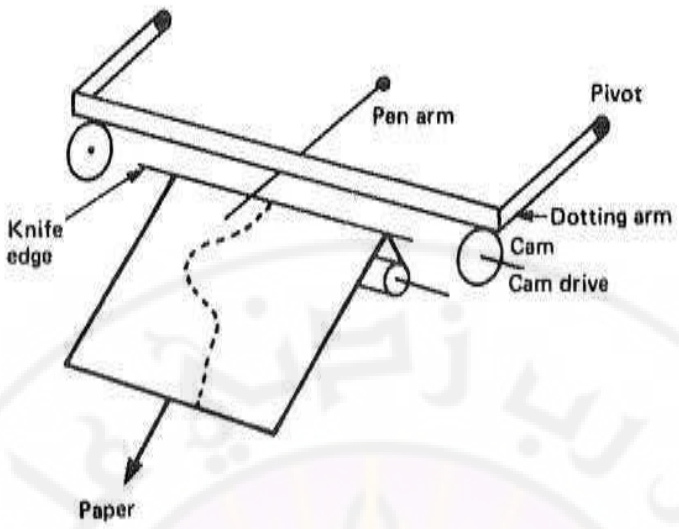


الشكل (15-32) - مسجل بيانات ذو حافة حادة. (a) البنية. (b) الانحراف.

العزم المتولد من مسجلات البيانات الغلفانية هو عزم صغير، واحتكاك القلم هو مصدر الخطأ الوحيد الممكن وبشكل محدود جداً على سرعة رد الفعل. هناك تقنية شائعة تستخدم قلم تنقيط للرسم، موضحة بالشكل التالي. القلم يسمح له بشكل طبيعي بالحركة بحرية فوق نقطة الرسم وبدون تماس مباشر معها. وخلال فترات محددة يتم كتابة خطوط صغيرة بواسطة ذراع القلم، وبشكل فوري يتراجع القلم تاركاً نقطة أو شرطة صغيرة على الورق.

وهناك تصميم مشابه أيضاً يستخدم مضخم قدرة على إشارة الدخل، مما يسمح باستخدام مسجل مقياس الغلفنة بطاقة أكبر.

Damascus University



الشكل (15-33) - مسجل التنقيط.

مسجلات الأشعة فوق البنفسجية UV: التردد الطبيعي لجهاز قياس الغلفنة يعطى بالعلاقة:

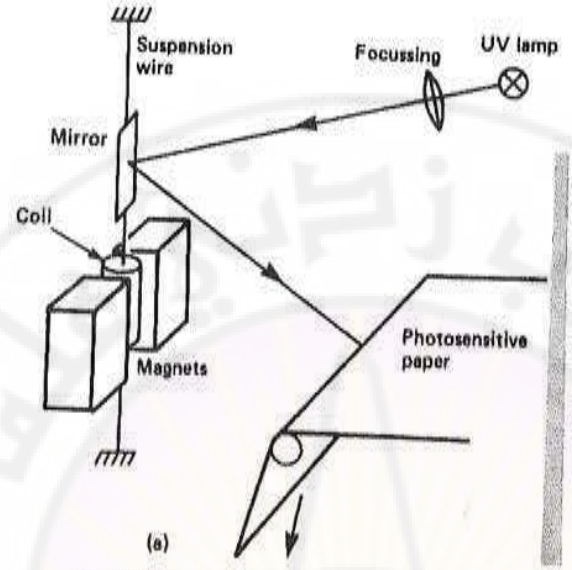
$$f_n = 1/2\pi \sqrt{K/J} \text{ Hz}$$

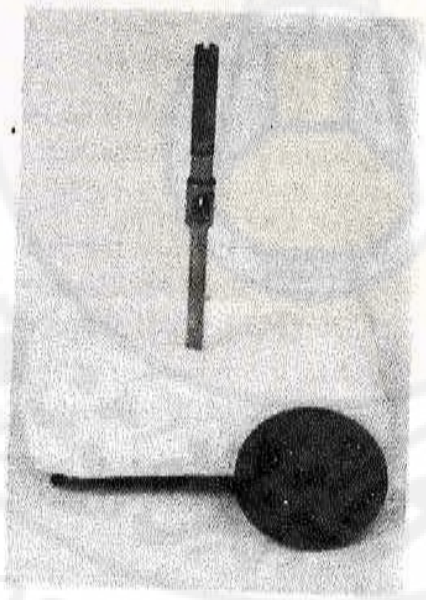
حيث K هو ثابت إعادة التخزين للسلك، و J هو عزم العطالة لمجموعة الإطار. التردد الطبيعي العالي يلزم لقياس السرعات العالية. وهذا يمكن الحصول عليه بزيادة K أو بإنقاص J.

مسجلات بالأشعة فوق البنفسجية أو مسجلات UV (وأحياناً تدعى مسجلات الاهتزازات) تستخدم مقاييس غلفنة بمرآة والتي لها عزوم عطالة صغيرة جداً. والتصميم النموذجي موضح بالشكل التالي. مقياس غلفنة بمرآة وضع بصندوق ضمن كتلة مغناطيس دائم. ضوء مركز من مصباح UV ينعكس عن سطح المرآة على مقياس الغلفنة ينتج بقعة على ورق حساس لأشعة UV. التيار المار عبر الجهاز يحرف المرآة، وبالتالي يترك أثراً على الورق.والشكل التالي يوضح نفس عدم الخطية الطبيعية كما في مسجل الحافة الحادة الموضح سابقاً، لكن هذا النموذج أقل إلى مستويات مقبولة باستخدام طول مسار طويل.

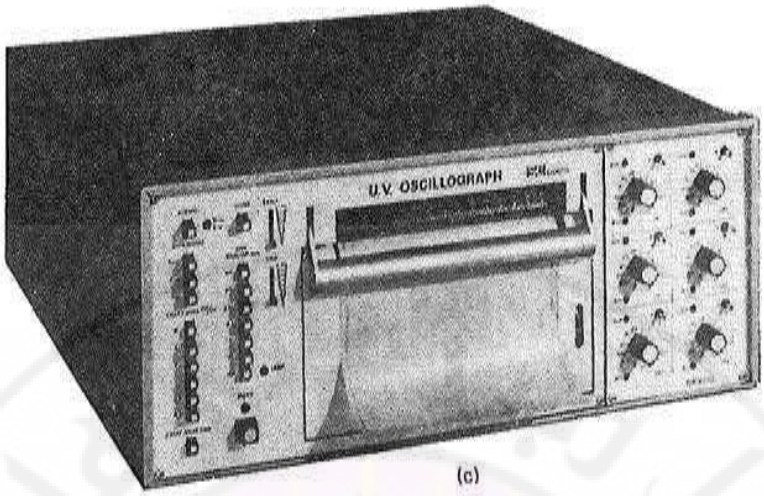
يمكن شراء مقاييس الغلفنة بترددات طبيعية جيدة لما فوق 50 Hz. المعادلة السابقة توضح أنه طالما تم الوصول إلى الحد العملي الأدنى لعزم العطالة، فإن التردد الطبيعي يمكن زيادته فقط بزيادة ثابت النابض K، والذي بالنتيجة ينعكس على انخفاض

الحساسية. وأجهزة الغلفنة العالية التردد تميل إلى كونها أقل حساسية من قريباتها ذات التردد الأقل.





(b)



(c)

الشكل (15-34) - المسجل بأشعة فوق البنفسجية (UV). (a) البنية. (b) مسجل مقياس غلفنة UV. القياس الصغير يعطي تردد تجاوب جيد. (c) مسجل UV موديل SE6151 منتج من قبل مخابر SE.

التخميد يولد بواسطة التخميد اللزج ضمن جسم مقياس الغلفنة، وتخميد منبع الإشارة. بما أن جهاز مقياس الغلفنة يتحرك ضمن الحقل المغناطيسي فإنه يتصرف كمولد، والجهد المتحرض يعاكس التيار المطبق، مما يولد بناء على ذلك قوة تخميد. زكلما انخفض منبع التخميد، كلما ازداد معامل التخميد. ومعامل التخميد يمكن زيادته بوصل مقاومة تخميد عبر أسلاك المقياس. ومعامل التخميد بقيمة 0.7 يعطي أفضل تجاوب.

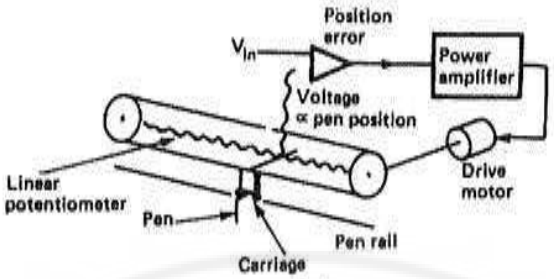
أجهزة مقياس الغلفنة هي أجهزة تشغل بالتيار، وإذا وصلت مباشرة إلى منبع جهد يجب أن تستخدم على التسلسل مع صناديق مقاومة تحديد التيار الخارجي. وأجهزة UV الأغلى سعراً تشتمل على مضخمات جهد – إلى – تيار لفصل منبع الجهد إلى مقياس الغلفنة. واستخدام المضخمات التكاملية يجعل أيضاً من معامل التخميد مستقلاً عن مصدر الإشارة.

المسجلات التجارية عموماً تحتوي على كتل مغنطة والتي يمكنها أن تأخذ عدة مقاييس غلفنة (نموذجياً ستة مقاييس) لتعطي تسجيلاً متعدد المسارات. والمستخدم عموماً يشتري مقاييس الغلفنة منفصلة ليغطي مجالات الحساسية والترددات الطبيعية. سرعات التسجيل لعدة أمتار بالثانية ممكنة، ولكن عند هذه السرعات فإن لفافة الورق سوف تستهلك في أقل من دقيقة.

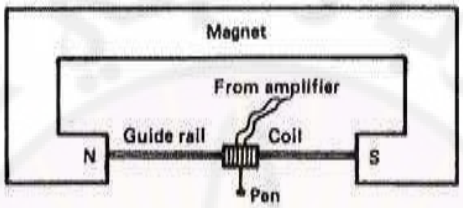
ورق التصوير المستخدم هو ذاتي الإظهار خلال عدة ثواني تحت الضوء العادي أو الضوء المتوهج (ولكن تنخفض سرعة إظهارة تحت ضوء مصباح الفلوريسانت

(النيون)). التعريض لضوء الشمس المباشر سيؤدي إلى غباشة الورق، والأثر سيختفي رويداً رويداً في الضوء الطبيعي. وتستخدم بخاخات التثبيت لجعل الأثر دائماً.

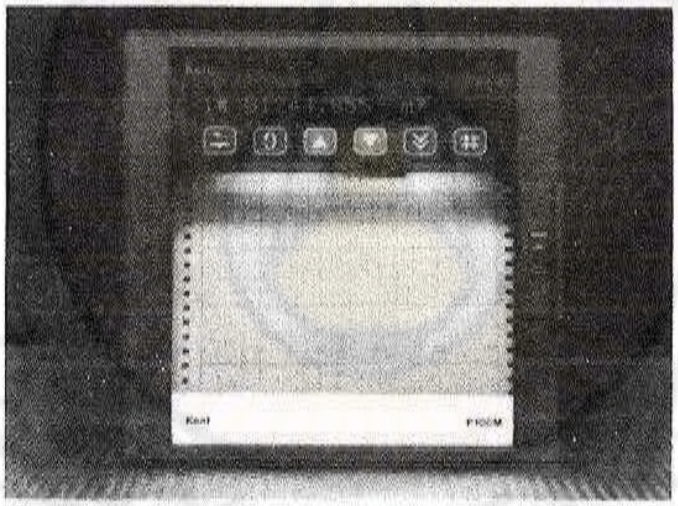
مسجلات السيرفو: تستخدم مسجلات السيرفو نظام تحكم بالتوضع ذا حلقة مغلقة لقيادة القلم. وهذا يعطي تجاوباً دقيقاً، سريعاً وخطياً، ويتغلب على الأخطاء الناجمة عن احتكاك القلم. المبدأ موضح بالشكل
(a-35-15). حيث يقاس توضع القلم بمقاومة متغيرة خطية، والتي تعطي تغيراً بفرق جهد يتناسب مع توضع القلم. وهذا يقارن مع إشارة الدخل بواسطة مضخم للخطأ، والذي بدوره يقود محرك السيرفو ليحرك القلم حتى يصبح جهد الخطأ مساوياً للصفر. ومضخم الخطأ يقود محرك السيرفو من خلال مضخم قدرة للتغلب على تأثير احتكاك القلم.
الشكل (a_35-15) يستخدم محرك سيرفو دوار. وبعض المسجلات تستخدم محركاً خطياً كما في الشكل (b_35-15). عربة القلم متصلة مع وشيعة والتي يمكن أن تتحرك خطياً بين قطبي مغناطيس دائم. فإذا مر تيار عبر الملف فإن العربة سوف تتحرك، منجذبة لأحد القطبين ومبتعدة عن القطب الأخر. وبالتالي فإن حركة العربة يمكن التحكم بها عن طريق اتجاه تيار الملف وقيمته. التصميم الموضح بالشكل(b_35-15) يتمتع بخصيصة أن الجزء المتحرك فقط هو أكثر وثوقاً وجساءة. ويمكن أن تستخدم أيضاً المحركات الخطوية كأجهزة تحكم بالوضعية في المسجلات التي تعتمد على المعالجات الصغرية (الميكروبروسيسور).



(a)



(b)



(c)

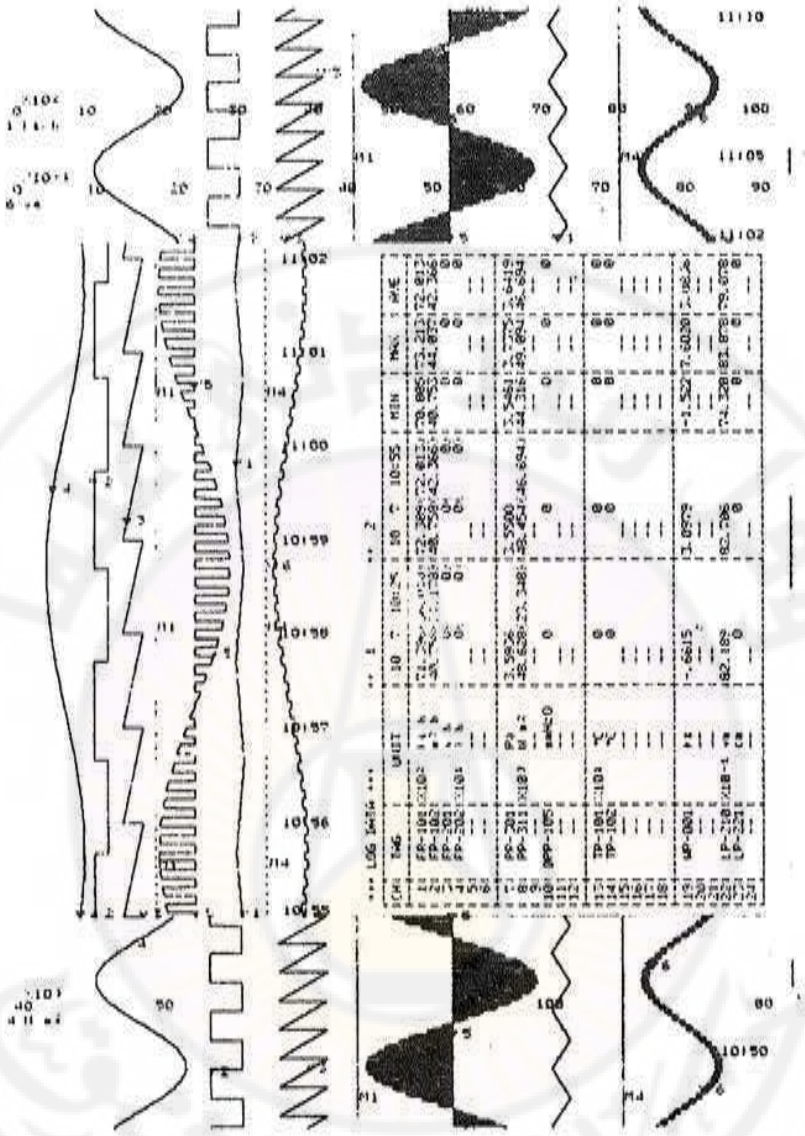
الشكل (15-35) - مسجلات البيانات السيرفو. (a) الرسم التخطيطي. (b) محرك القلم. (c) مسجل بيانات سيرفو عصري مع إظهار قراءات واحدات هندسية.

المسجلات المتعددة القنوات: تستوجب الحاجة غالباً تسجيل بيانات عدة متحولات على ورقة تسجيل واحدة لاظهار العلاقات المتبادلة بين هذه المتحولات أو ببساطة للتوفير بالنفقات والأماكن في لوحة التحكم. المسجلات المتعددة الأقلام تعطي تسجيلاً مستمراً ومتراكباً (أو طرفاً مع طرف). وكلا النوعين له مساوىء هي: إن تراكب الأقلام يحتاج إلى أن تكون متوازنة بالكتابة لنسمح لها بالتقاطع معطية إزاحات زمنية بين خطوط الأثر، والترتيب من النوع طرف لطرف يقلل عرض ورقة الكتابة لكل تسجيل وبالتالي يقلل الوضوح.

وتم التوصل إلى حل عام يفيد في التغيرات الطفيفة بالاشارات، وهو الجمع بين مبدأ التنقيط كما رأينا سابقاً مع مضاعف إرسال كما في الشكل(15-36). القلم يستبدل برأس طباعة ذو رموز مختلفة، أو لون حبر مختلف، لكل متحول.

تواقت الاشارات وفق حركة سير فو لتحريك القلم، رأس الطباعة قد حددت خطوته حسب الرمز الصحيح الموافق أو لون لكل زمن. معدل المسح النموذجي هو 5 sec لكل نقطة، ومعدل زمن الدو ة الكلي هو دقيقة واحدة مقابل 12 قنال. عموماً هذا التصميم لايمكن استخدامه للد حولات المتغيرة بسرعة، ولكنه سريع بشكل كاف لمعظم تطبيقات مراقبة الحرارة.

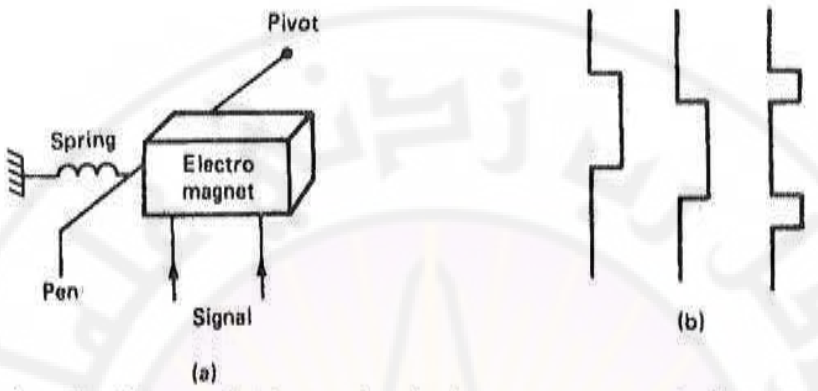
مسجلات UV المدروسة سابقاً يمكنها أيضاً التعامل مع إشارات متعددة القنوات، ولكنها أكثر استخداماً كجهاز مخبري أو للصيانة، وبالحقيقة فهي غير مناسبة للتركيب الدائم ضمن لوحات التحكم.



الشكل (15-36) - مسجل بيانات متعدد المتحولات. سجل حراري عالي النوعية مع خصيصة الأثر التماثلي وتوليد التقارير.

مسجلات الحدث: إن الإظهار التناسبي الكامل لايلزم حيث تكون هناك إشارات يجب تسجيلها مثل محددات نهاية الشوط أو تشغيل صمام. المسجلات التي تسجل إشارات الدخول / الخروج تعرف باسم مسجلات الحدث، وتستخدم ميكنيزم القلم الأبسط. ومعظمها عبارة عن ملف بسيط يحرف القلم مسافة صغيرة (نموذجياً 5 – 10 mm)

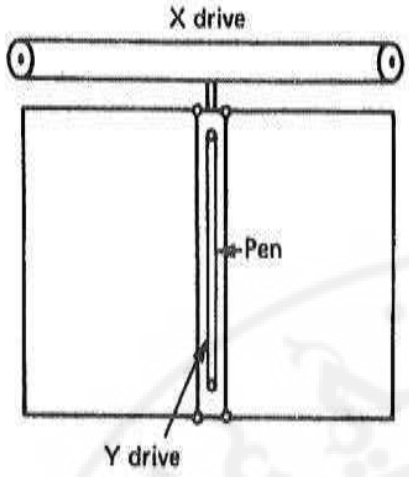
معطية أثراً كما بالشكل (15-37). مسجلات الحدث يمكنها إظهار العلاقات المتبادلة بين الإشارات وتكون مفيدة كأداة لاكتشاف الأخطاء، جزئياً عندما تحدث أخطاء بشكل منقطع. مسجلات الحدث متوفرة بأربع وعشرون قناةً، ومجال لإشارات الدخل والخرج من DC, AC 240 V – 5.



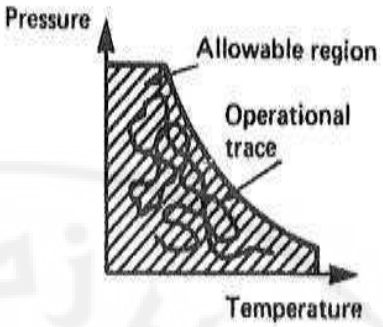
الشكل (15-37) - مسجل الحدث. (a) البنية. (b) الأثر النموذجي.

الطابعة النقطية ذات السرير المسطح (XY): الطابعة النقطية ذات السرير المسطح أو للمحاور XY لها محركا سيرفو منفصلان لتحريك القلم، كما بالشكل (15-38-a). وهذا يسمح للعلاقات بين متحولين بأن تطبع نقطياً بتوصيل كل متحول إلى محرك سيرفو مستقل. هذه الطابعة مخبرية بالحقيقة، ولكنها قد تجد استخداما في الصناعة حيثما يلزم تشغيل المصنع وفق شروط محددة. الشكل (15-38_b) يوضح التطبيق الممكن حيث يجب الحفاظ على المصنع ضمن مجال محدد من الضغط والحرارة. تم توصيل طابعة نقطية XY مع أحد المحاور تم ربط محول الضغط والمحور الآخر تم ربطه مع محول الحرارة، وسوف تنتج شبكة متقاطعة من الآثار التي يمكن فحصها بسهولة لتحديد الانحرافات عن المجال المسموح به. الطابعات النقطية ذات السرير المسطح مفيدة أيضاً كأجهزة خرج من الحواسب، وتسمح برسم مخططات ومقاطع دقيقة. التصميم بمساعدة الحاسب (CAD) يستخدم الطابعات النقطية لإنتاج الرسوم والمخططات النهائية.

Damascus University

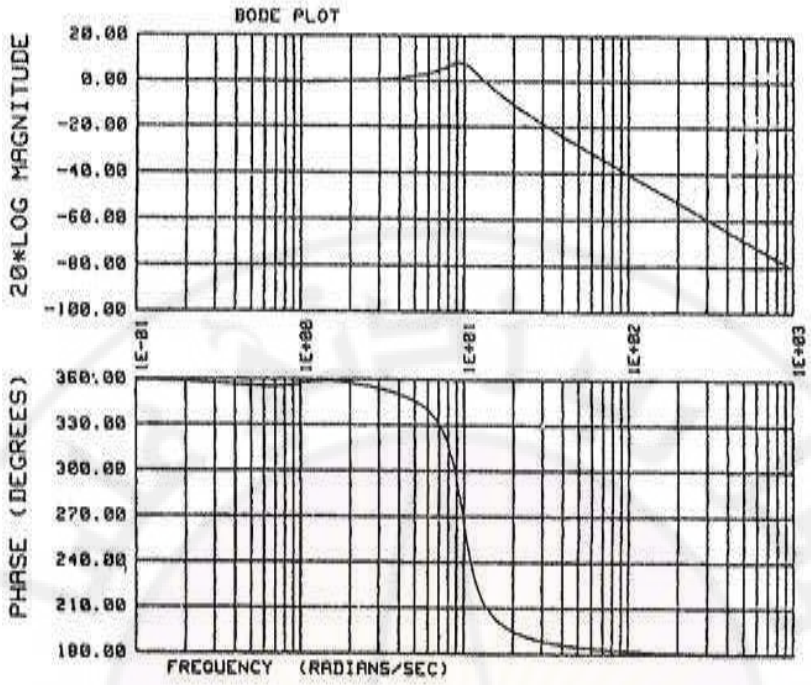


(a)



(b)

Damascus University



(c)

الشكل (15-38) - طابعة نقطية XY. (a) البنية. (b) الاستخدام النموذجي. (c) شكل الخرج من طابعة نقطية XY عالية المستوى من هيولت باكارد.

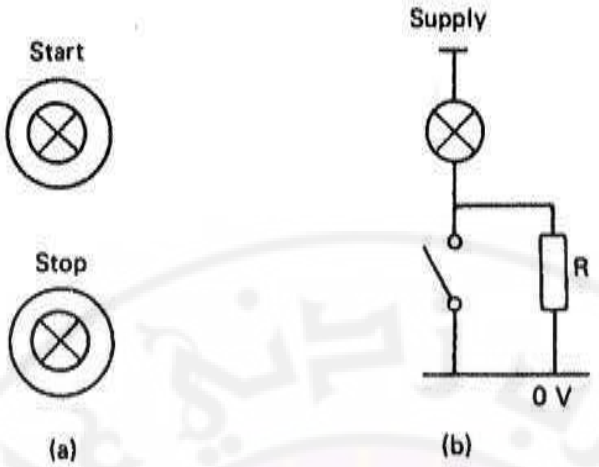
أجهزة العرض والإظهار:

نبحث هنا تطبيقات باعثات الضوء المختلفة الأشكال من المصباح البسيط إلى أجهزة الإظهار الحرفي والرقمي المتعددة السطور بهدف إظهار حالة المصنع للمشغل.

المظهرات: إن المصباح المفرد يمكن أن ينقل معلومة تشغيل / توقف للمشغل، وهي قادرة على إظهار حالة أجزاء المصنع مثل محددات نهاية الشوط، المضخات، المحركات، ...الخ. فالمظهرات ذات أشكال ومقاييس مختلفة وتكون على شكل مصابيح باعثة للضوء (LED) ومصابيح نيون حيث تكون أجهزة قليلة التركيز نسبياً وعلى الأغلب تناسب لوحات القيادة الصغيرة. معظم المظهرات هي مصابيح مفرغة من الهواء وهي ذات كثافة ضوء عالية وقليلة استجرار التيار عندما تشغل بجهود أعلى (مثلاً 110 V, 220 V AC). استخدام المظهرات ذات المحولة، لنقل جهد قيادة 110 V AC يمكن أن تستخدم مصابيح 6 V من خلال محولة مدمجة في جسم المظهر، لتعطي المشغل أماناً أكبر.

لون المظهر يمكن أن يكون مصدراً للمعلومات. والمواصفة البريطانية المتعلقة بهذا الأمر هي BS 4099، يحدد (بشكل مبسط):
الأحمر، تنبيه عن خطر الجهد أو حالة تتطلب اتخاذ تدبير محدد.
العنبر، تنبيه، تبديل، أو تبديل مخمد، للحالة.
الأخضر، إظهار لحالة التشغيل الأمن. إعطاء صلاحية التصرف.
الأبيض، أي معنى عندما يكون هناك ريب موجود حول تطبيقات اللون الأحمر، العنبر أو الأخضر.
الأزرق، أي معنى غير مغطى بالأحمر، العنبر أو الأخضر.

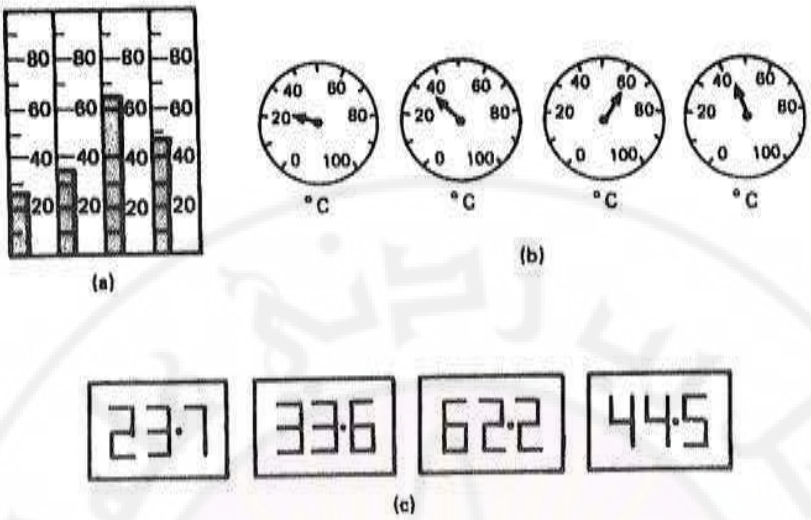
ولكن هذا غير مغطى بالحقيقة عند استخدام مقلع المحرك الذي يستخدم كباسات مضاءة، كما بالشكل (15-39_a). وهي بالحقيقة مسألة الترجمة في الموقع كما في تلوين العدسات وفترات الإضاءة. وكمثال فإن كباسة الإقلاع هي بلون أخضر وكباسة التوقيف بلون اخضر، مع إظهار يوضح أي كباسة تم ضغطها آخر مرة. وفي بعض المصانع نجد أن كل من اللون والاضاءة معكوسين. المهم هنا هو الاستمرارية باستخدام نظام موحد للمصنع.
المصانع يجب ألاتكون مكاناً للاهمال، والعامل يجب ان يتمتع بالمعرفة الكافية من المعلومات، ولكن يجب ألا يتجاهلها رغم الإظهارات المرئية. الإظهار الواضح في كلا الاتجاهين حالة نجاح بالمرور/إخفاق بالمرور لتغطية فشل المصباح. العين هي أداة ممتازة للتمييز بين الحالات، وبالتالي الثغرة في صف من المصابيح الخضراء مع المصابيح الحمراء تحتها هي عرضة لعدم التمييز بسهولة. ولاداعي للقول إنه يجب وضع كباسات ذات مصابيح إضاءة للاختبار ليس للكل بل لمعظم الإظهارات غير الحرجة.
المصابيح لها عمر عمل محدود والكثير منها يحترق عند تعرضه للتيار المفاجيء وهو بارد. ويمكن زيادة عمر المصابيح بتجنب التيار المفاجيء عن طريق استخدام مقاومات تسخين كما في الشكل (2-15-39_b).



الشكل (15-39) - استخدام المظهرات. (a) مشكلة الكباسة المضاءة. أي لون يجب ان تكون الكباسات؟ (b) مقاومة تسخين المصباح. R يجب ان تختار لتعطي عشر تيار التشغيل الطبيعي

المظهرات الرقمية: المظهرات أو الشاشات الرقمية تستخدم كبديل للأجهزة التماثلية الموضحة سابقاً. وحسناتها المباشرة هي شدة الوضوح لها. الجهاز التماثلي الجيد ذو المؤشر المتحرك يمكن قراءته بدقة تصل إلى 1% من كامل التدريج المرسوم (FSD). وشاشة رقمية من أربع خانات تظهر الأرقام من 0–9999 تتمتع بدقة إظهار تصل إلى 0.01%. المظهرات الرقمية تستخدم أيضاً لإظهار حالة الأجهزة والتي تتحرك بخطوات طبيعية دقيقة – أرقام التفريعات على المحولات المتعددة التفريعات مثلاً.

والمظهرات الرقمية لها بعض المساوئ. فهي لاتنقل "الإحساس" بالعملية والذي يمكن الحصول عليه عند التصميم والتنفيذ الجيد للأجهزة التماثلية أو أعمدة الإظهار. قارن بالشكل (15-40) (a) و (b) و (c) والتي تظهر درجات الحرارة نفسها، لماء التبريد، لنقل إننا أظهرناها بأعمدة الإظهار، المقياس، والشكل الرقمي.



الشكل (15-40) - مقارنة بين أساليب الإظهار. (a) عمود الإظهار. (b) المقاييس التماثلية. (c) المظهرات الرقمية.

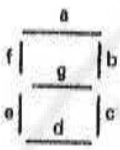
المظهران التماثليان يمكن قراءتهما بنظرة واحدة، الإظهار الرقمي يتطلب التركيز بالقراءة أكثر.

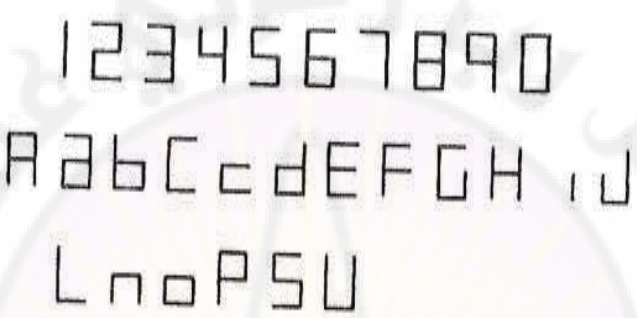
المظهرات الرقمية أيضاً أضعف عند استخدامها مع متحولات العملية والتي هيعرضة للتغيرات السريعة. في هذه الحالات فإن الإظهار يصبح إظهاراً ضبابياً غير واضح للأرقام، والتي تتناسب مع هذه التغيرات، أو تحت ظروف حدية حتى من ناحية الاتجاه، لايمكن التغلب عليها. وبالتالي فإن تجديد القراءة للأرقام المظهرة يتطلب اختيارها بدقة، السرعة كبيرة والإظهار يومض بترددات غير محددة عند النقاط مثل 999–1000 ، البطء الشديد فيسبب الإظهار قفزات كبيرة عند تغير متحولات العملية.

لذا فالمظهرات التماثلية تكون هي الأنسب عندما تكون متحولات العملية متغيرة بسرعة، وعرضة للتغير المستمر، فهي تحتاج عملياً لدقة قراءة منخفضة نسبياً أو جزء من مجموعة أجهزة تحتاج لأن تمسح بقراءات شاذة. المظهرات الرقمية تلزم حيث تكون الدقة بالقراءة هي المطلوبة – مثلاً 1 or 2% والمتحول يتغير ببطء (مثلاً معظم درجات الحرارة) أو أن المتحول هو رقمي بطبيعته. وهنا قد يفيد استخدامها في عداد الكيلومترات الرقمي للسيارة.

أجهزة الإظهار الأساسية – المتوهجة، دايودات بث الضوء (LED)، شاشات الكريستال السائل (LCD)، والمصابيح المفرغة من الهواء.

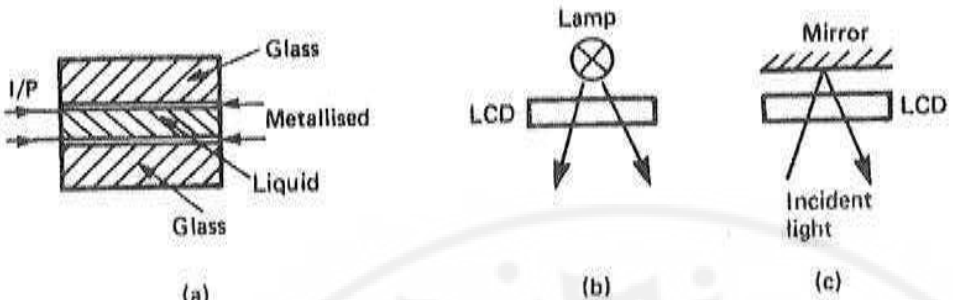
المظهرات السباعية المقاطع تستخدم سبعة أعمدة، كما بالشكل (15-41) والتي يمكن أن ترتب بارقام 0–9 إضافة لبعض الأحرف كما بالشكل (15-41). تتوفر دارات متكاملة IC لفك الترميز لرقم من أربع خانات من نظام العد الثنائي BCD إلى سبعة مقاطع. وعموماً تستخدم شاشات إظهار مختلفة لتعطي أي وضوح مطلوب.





الشكل (15-41) - الإظهار السباعي المقاطع والأحرف المتوفرة.

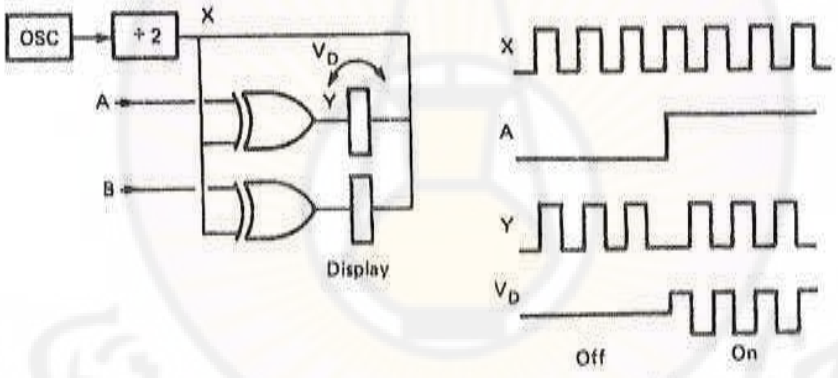
شاشات الإظهار بالدايودات الضوئية LED متوفرة بقياس للحرف حتى 30 mm. وهذه يمكن أن ترى من مسافة تصل لعدة أمتار بوضوح في ظروف ضوء الغرفة العادي، ولكنها من الصعب رؤيتها في ضوء النهار العادي. مظهرات شاشات الكريستال السائل LCD يمكن تشغيلها إما في وضعية البث (مع إضاءة داخلية) أو بوضعية الانعكاس كما بالشكل (15-42). وهي ليست واضحة مثل المظهرات بالدايودات في ضوء الغرفة العادي، ولكن وضعية تركيز الانعكاس تحسن الإظهار مع زيادة مستويات الإضاءة. فالمظهرات بالكريستال السائل تتطلب تياراً أصغرياً، والوحدة تعمل باشارات من 20 mA – 4 والتي يمكنها أن تشغل منبع القدرة فيها من تيار الدارة نفسه دون أي تصغير للإشارة. العمر المتوقع للمظهرات بالكريستال السائل يقل عند استخدام منبع جهد DC.



الشكل (15-42) - مظهرات بالكريستال السائل. (a) البنية. (b) وضعية الإرسال. (c) وضعية الانعكاس.

الدارة المبينة بالشكل (15-43) تستخدم عادة لتعطي جهد قيادة بتيار AC.

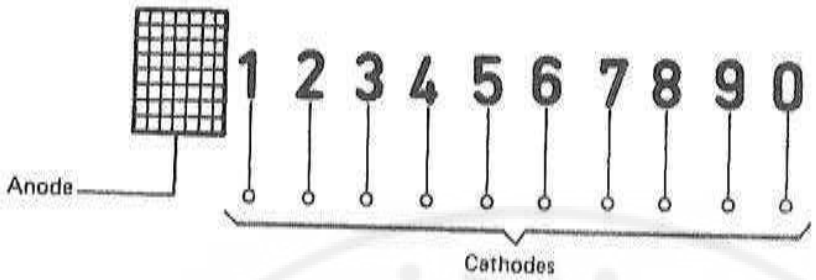
الأجهزة المفرغة من الغاز لها إظهار براق برتقالي اللون سهل القراءة. عموماً فهي أكثر وضوحاً بكثير من المظهرات بالدايودات وبالكريستال السائل ويمكن قراءتها بسهولة في ضوء النهار.



الشكل (15-43) - قيادة المظهرات دون جهد DC. (a) الدارة. (b) التشغيل.

الاختلاف هو في أنبوب نيكسي (اسم تجاري لشركة بورّو). وهذا يستخدم أقطاب سالبة مشكلة بأشكال محددة خلف شبكة القطب الموجب، كما بالشكل (15-44) وتعطى هذه الأقطاب السالبة أشكال الأرقام الطبيعية.

وبالرغم من أن القطب السالب المشكل يظهر كما لو أن أنبوبة نيكسي تعطي الأرقام بشكلها الطبيعي، فهي تعاني من اختلاف أعماق الإظهار.



الشكل (15-44) - أنبوب نيكسي.

حيث يبدو الرقم "1" مثلاً أقرب لواجهة الإظهار من الأرقام "9" و "0". والعمق يحد من زاوية الرؤيا إلى حوالي °45 من الوضعية الطبيعية. جهد القطب الموجب في أنبوبة نيكسي والأنابيب الأخرى المفرغة من الغازات هو حوالي V 180+، مما يزيد من إمكانية الإصابة بحوادث أثناء الصيانة أكثر من المظهرات الأخرى العاملة على جهود منخفضة. الجهد V 180+ لتغذية القطب الموجب تستمد عادة ضمن الشاشة من محول DC إلى DC يعمل على جهد تغذية تماثلي V 12 – V 5. وتتوفر محولات مصندوق جاهزة للاستخدام أيضاً بالسوق. إن تغذية القطب الموجب بالجهد العالي تزيد أيضاً من كلفة الوحده، حيث يلزم أيضاً استخدام ترانزيستورات لمجموعة القيادة بالجهد العالي.

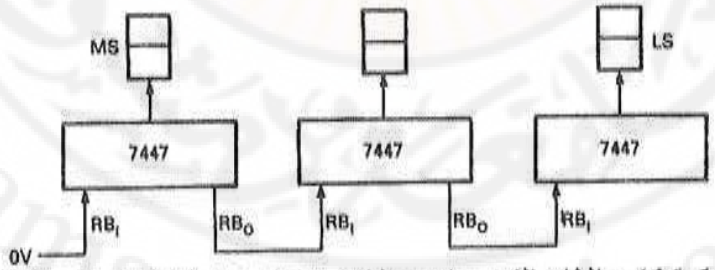
حيث يلزم استخدام لوحات إظهار رقمية كبيرة الحجم، يلزم استخدام مظهرات تعتمد على أنابيب من الضوء المتوهج أو الفلوريسانت. الشكل(15-45) يوضح مظهراً من مصابيح LED متعددة المقاطع لاستخدامها على نظام وزن معلق على سكك علوية. وتتوفر أيضاً أنظمة المظهرات الميكانيكية السباعية المقاطع. وهذه تدور أعمدة إظهار ملونة ذات ملفات.

Damascus University



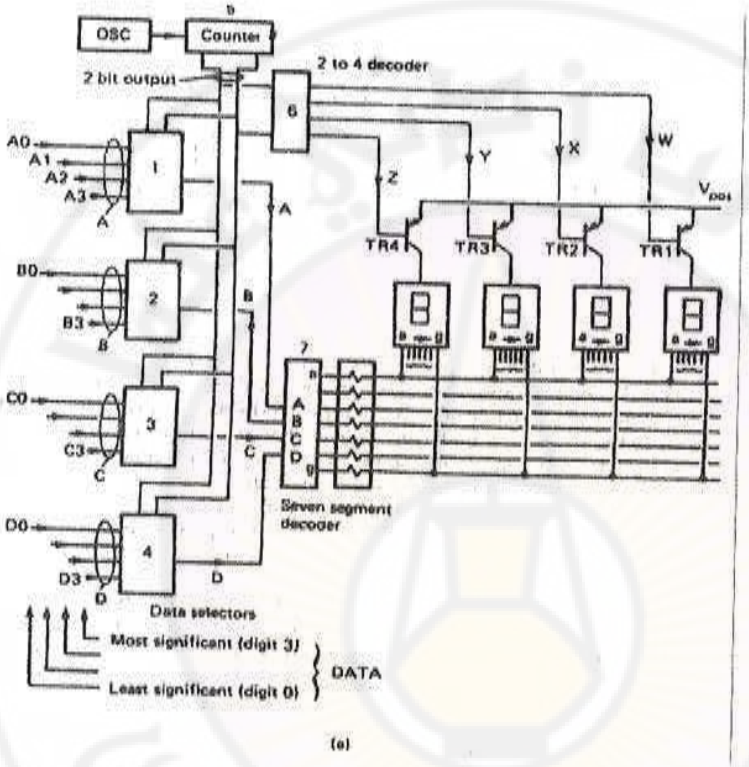
الشكل (15-45) - مظهر بأرقام وأحرف كبيرة (1500 mm) يعتمد على نظام إظهار من 14 مقطعاً. كل مقطع إظهار مبني من عدة مظهرات مستقلة. في هذه الحالة (LED). مظهر شبيه بهذا يستخدم في ميزان رافعة معلقة وفي تطبيقات مشابهة، حيث المعلومات المطلوب قراءتها يجب أن تقرأ من مسافة بعيدة.

المظهرات الرقمية يمكن أن تصنع لتقرأ بشكل أسهل باستخدام نظام تصفير الخانات الفارغة أو إظهاره فيها. فالرقم 27 مثلاً على مظهر رباعي الخانات يمكن أن يكتب بالشكل: 0027 أو بالشكل 27 فقط. فنظام إخفاء الأصفار غير اللازمة متوفر لها أيضاً. ونظام إظهار الخانات العشرية بعد الفاصلة متوفر أيضاً، حيث لكتابة الرقم 27.1 على المظهر ذو الخانات 99.99 سوف يظهر بشكله الصحيح، وليس بالشكل 27.10. وهذا النظام متوفر في معظم أجهزة IC لقيادة المظهرات الرقمية. الشكل (15-46) يوضح مأخذ الالغاء للتموجات الممكن استخدامها على هذا الطرف من المعالج الصغري IC المشهور 7447 السباعي المقاطع.



الشكل (15-46) - إلغاء التموجات (إلغاء الصفر من الخانات غير اللازمة).

المضاعفة: تتطلب المظهرات الرقمية عدداً كبيراً من خطوط الإشارات: إثنا عشر خطاً للإظهار بالنظام الثنائي الترميز BCD إضافة لخطين لتوصيل منبع القدرة. مضاعفة تقسيمات الزمن يمكن أن يقلل بشكل ملموس من تعقيد وعدد الخطوط الشكل (15-47) يوضح مخططاً نموذجياً لمظهر رباعي الخانات.



الشكل (15-47) - مضاعفة الخرج لتقليل الكابلات. (a) إظهارات مضاعفة. (b) أشكال الموجات لمظهر رباعي الخانات. (c) إظهارات مضاعفة على لوحة جهاز.

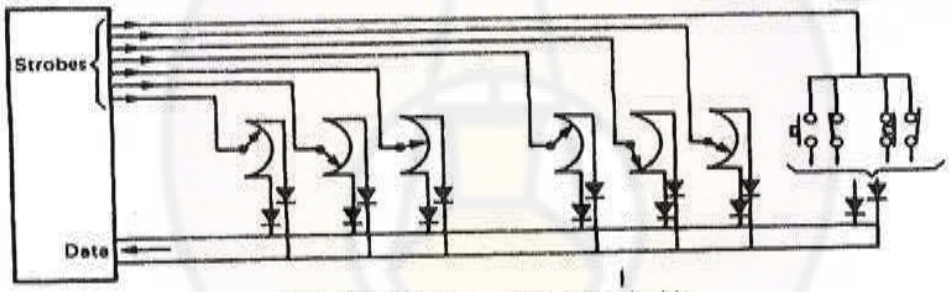
المداخل الأربعة لنظام العد الثنائي BCD مطبقة على أربعة نواخب للبيانات – IC_1 IC_4. لاحظ أن IC_1 تأخذ المداخل A(LSB)، IC_2 تأخذ المداخل B، وهكذا.وهزاز يعمل نموذجياً عند تردد 1 kHz يقود عداداً ثنائي الخانات والذي يختار المداخل لناخب البيانات بدوره.

العداد يفك الترميز ليقود ترانزيستورات السرعة TR_1 – TR_4 والتي تتصل مع القطب الموجب العام لشاشة الإظهار السباعية المقاطع. مفكك الرموز السباعي المقاطع يزودنا بالبيانات السباعية المقاطع لكل شاشة على حسب دورها، متابعاً السرعات من

الترانزيستور. فقط خانة واحدة تضاء في وقت واحد، لكن السرعة عالية جداً بالنسبة للعين المجردة لتتابع مايحدث للخانات الأربع التي تتابع الظهور.

عملية المضاعفة يمكنها تقليل كمية الكابلات بشكل ملحوظ. الشكل (15-47_c) يوضح شاشة أرقام 4 X 3 مقادة بمضاعف. وهي تتطلب 12 خط بيانات واربعة خطوط سرعات. بالقيادة المباشرة تحتاج إلى 48 خط. والمضاعفة تقلل من وضوح الإظهار، وإذا كان عدد كبير من الأجهزة مقادة، فإن كل خانة تحتاج إلى حجز أربعة خانات محلية لتمسك بالبيانات المحلية.

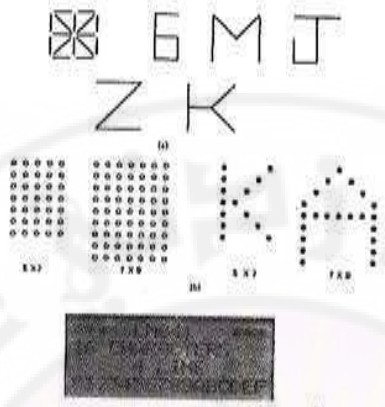
إن تقنية المضاعفة يمكن أن تستخدم أيضاً لقراءة مفاتيح الكباسات ودولاب الناخب للمفاتيح مع تقليل كلفة الكابلات. الشكل (15-48) يوضح المخطط النموذجي. كل عقدة مفتاح تقرأ بشكل منفصل، والبيانات تتسارع إلى أقفال التخزين. لاحظ أنه يلزم دايودات لتجنب سرقة المسارات من خلال المفاتيح غير المختارة.



الشكل (15-48) - مضاعفة المداخل.

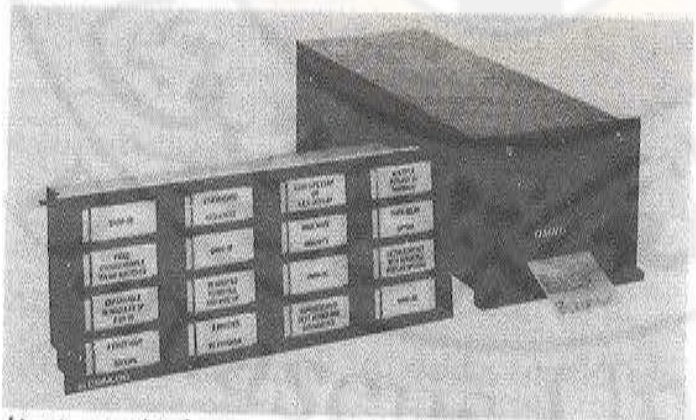
مظهرات الأرقام والأحرف: الإظهار السباعي المقاطع يمكن أن يظهر مجالاً محدوداً من أحرف الأبجدية. الإظهار الست عشري المقاطع، الموضح بالشكل التالي يمكن أن يظهر الحروف والأرقام كافة. وهي عادة يمكن الحصول عليها مع تخزين داخلي وفك للرموز وتقبل البيانات السباعية الخانات المرمزة وفق المواصفات ASCII.

مصفوفة الإظهار من الكريستال السائل LCD مشابهة للشكل(15-49) هي الأسلوب المقبول لاظهار النصوص بشكل مبسط ومقروء. وهي لها على أي حال زاوية رؤيا حادة. هذه الأجهزة تظهر أربعة أسطر كل منها فيه 64 خانة، وتقبل نقل البيانات إليها من خلال توصيلة RS 232، مما يعطيها أسلوب عرض بيانات كبيرة الكميات من النصوص مع كلفة تركيب أصغرية.



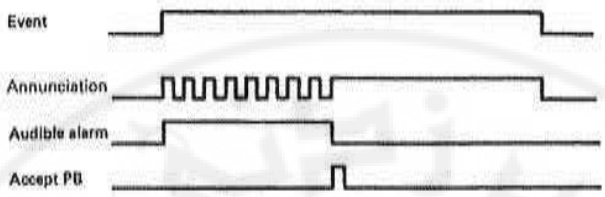
الشكل (15-49) - مظهرات الحروف والأرقام. (a) إظهار ذي16 خانة. (b) إظهار بمصفوفة نقطية. (c) إظهار حروف وأرقام بمصفوفة نقطية على الكريستال السائل. الجهاز بمساحة 62x25 mm يمكن أن يعرض أربعة أسطر كل منها ذو 16 خانة.

منبهات الإنذار: تحدث الأخطاء في أنظمة التحكم بالعمليات كافة. وحالات الأخطاء يجب أن تؤخذ لتنبه المشغل بوضوح ودقة بحيث يتمكن من اتخاذ إجراءات التصحيح المناسبة. وهذا عادة يحقق من خلال لوحات منبهات الأخطاء .كما في الشكل (15-50). وكل مؤشر يحدد حالة الخطأ التي تتطلب الانتباه.



الشكل (15-50-2) - لوحات منبهات الأخطاء وطابعة إنذارات الخطأ.

الشكل (15-51) يوضح التجاوب النموذجي لمظهر واحد. الضوء يومض عند حدوث الخطأ، وينطلق زمور صوتي. وعندما يكون الإنذار قد تم استلامه فإن الضوء يستمر بالإضاءة بثبات إذا كانت حالة الخطأ مازالت مستمرة ويتخامد الإنذار. ويلغى الإنذار الثابت عندما تزال حالة الخطأ.



الشكل (15-51) - عمل منبه أخطاء نموذجي.

لوحات التنبيه للأخطاء يمكن أن تعرض أعداداً ضخمة من التنبيهات التي تصدر عن سبب واحد. المبالغة في تكرار إظهار الخطأ هو عامل يساهم في إعاقة التصحيح، فمثلاً للإبلاغ عن خطر نووي لجزيرة على بعد ثلاثة كيلومترات يمكن أن يختصر ويبسط بأخذ أول مجموعة من الإنذارات.

لنأخذ نظام هيدروليكي بسيط. هنا يمكن التنبيه إلى خطأ توقف المضخة الهيدروليكية أو انخفاض الضغط الهيدروليكي أو انخفاض مستوى الزيت بالخزان. هذه كلها سوف تترابط مع بعضها. حيث إن إنذار توقف المضخة هو أيضاً إنذار لنقص الضغط الهيدروليكي. إنذار الضغط المنخفض سوف يتطلب توقيف المضخة لمنع تلفها أو تسرب الزيت. وبشكل مشابه فإن انخفاض مستوى الزيت قد يسبب انخفاض الضغط، ويجب إيقاف المضخة لمنع سحب الهواء إلى الدارة. فإذا ربطت هذه الإنذارات ضمن المجموعة الأولى للإنذارات، فإن حالة الإنذار الأولى سوف تظهر والإنذارات الباقية سوف تهمل أو تخفى. والمشغل يجب أن يحدد وبسرعة مصدر المشكلة ودون أي التباس.

وحدات الإظهار المرئي VDU عادة تحتوي على إظهار لخطأ واحد أو أكثر بالصفحة. وحالة الإنذار يمكن أن تظهر من خلال تغيير لون رموز نص الإنذار. أحمر غماز للإنذارات المرفوضة، مثلاً أصفر ثابت للإنذار المقبول، لكن يستمر موجوداً، الإنذارات تومض النص المكتوب (أو تومض خلفية صفحة الكتابة) إذا وصلنا للحالة

الصحيحة.

يمكن أن تولد الإنذارات من خلال فتح ملامس أو إغلاقها، أو بشكل مباشر القيم التماثلية التي تزيد فوق حد معين أو تنقص دون حد محدد مسبقاً، عادة تغلق ملامس مما يشغل حالة الإنذار بالخطأ وهي تفضل أكثر من غيرها لأنها تعطي إظهاراً للخطأ في حال وجوده وفي حالات انقطاع الكابل أو التغذية أو تعطل المحول.

مسجلات البيانات الكهرومغناطيسية:

يولد المصنع أثناء عمله المنتظم عدداً هائلاً من البيانات والتي يمكن ان تكون مفيدة جداً للتحاليل اللاحقة للأداء، والكفاءة، وتكاليف التشغيل، ..الخ. فإذا لم يتوفر حاسب مركزي بالمصنع فإنه يمكن استخدام مسجلات البيانات التجارية لكي تعطي سجلاً لعمل المصنع عن طريق:

1- تسجيل القيم التماثلية للمصنع في فترات منتظمة.
2- إنجاز فحص مستمر لحالات الإنذارات، وتسجيل حالة المصنع عند حدوث الانذار.
3- تسجيل الأحداث الرقمية، مع الزمن، كماحدثت.

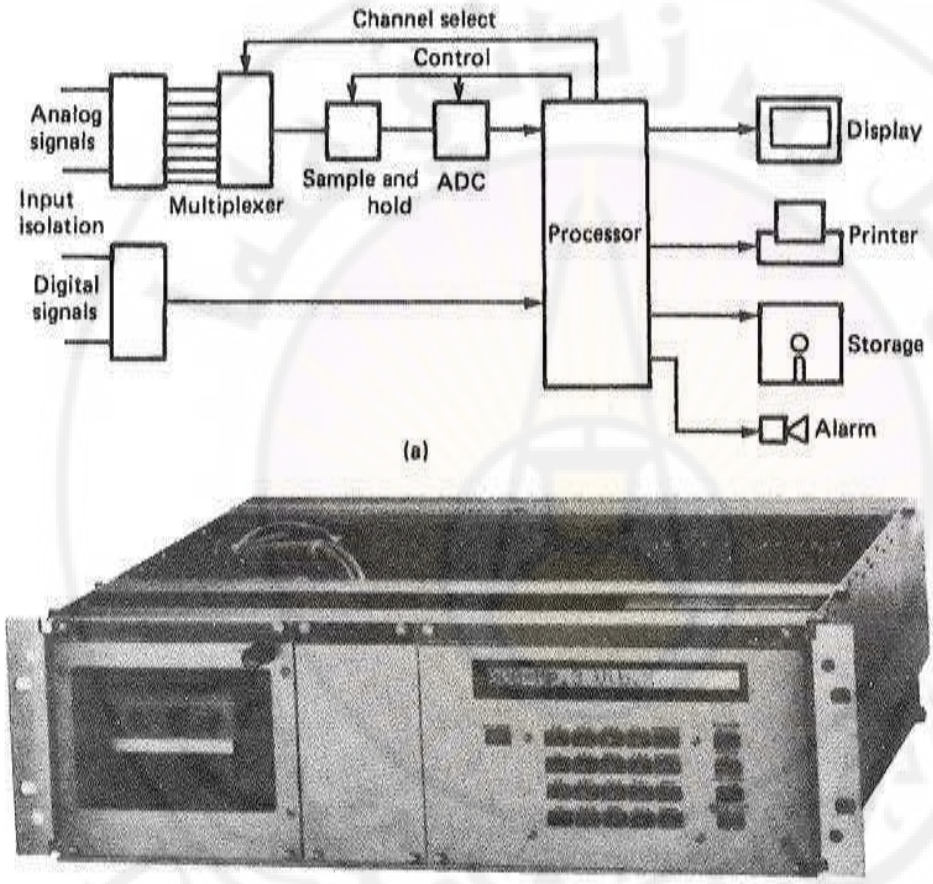
والبيانات الناتجة تطبع بالعادة كما حدثت لتعطي تسجيلاً مستمراً للأحداث بالمصنع، وتصنف بتسجيلها على قرص مرن أو في شريط تسجيل للتحليل اللاحق.

الشكل (15-52) يوضح مخططاً توضيحياً لمسجل بيانات نموذجي، مع إمكان رؤية أن هذا يشكل حاسوباً صناعياً دون وحدة خرج.

القيم التماثلية تسبر بواسطة مضاعف متعدد المراحل، وتجمد على شكل وحدة نموذج – وتوقف قبل أن تحول إلى رقمية عن طريق محول تماثلي إلى رقمي. الإشارات عادة توفر البيانات لمسجل البيانات بالشكل النموذجي (مثلاً 4 – 20 mA) وتحول إلى وحدات هندسية (درجات حرارة C، psi، ..الخ) في برنامج وحدة التحكم. وهذا عموماً يحقق بواسطة تحديد القيم الهندسية الأعلى والأدنى وتحويل أي نمط إلى خطي (مثلاً الجذر التربيعي) لكل قناة كجزء من إجراءات الضبط.

قنوات الدخل لاتحتاج إلى السبر المتكرر، التدفق كمثال قد يحتاج إلى السبر أكثر من درجات الحرارة. إجراء الضبط سيسمح بالعادة بسبر معدل التسجيل وسبر معدلات الإنذارات (مع حدود الإنذار) لكي تحدد لكل قنال.

الدخل الرقمي سيحتوي على نص بالحدث مترافق معه. في الوحدات البسيطة يمكن أن نعبر عن هذا مثلاً كمايلي: " الدخل رقم 27 حالة عمل". والوحدات الأكثر تعقيداً تسمح للمستخدم بتحديد أن الدخل رقم 7 يترجم، كمايلي: إلى " المفاعل B اختيرت وضعية العمل الأوتوماتيكي"، ويختار فيما إذا كان الحدث الرقمي يجب تسجيله لأداة إغلاق الملمس، فتح الملمس أو كليهما.



الشكل (15-52) - مسجل البيانات الكهرمغناطيسي. (a) الرسم التخطيطي. (b)مسجل البيانات فيليبس PR2011. هذه الوحدة يمكنها التعامل مع 256 قناة للاظهار، تسجيل وإنذارات التنبيه للخطأ.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السادس عشر
أتمتـــة منـاولـــة القطـــع

16-1- الخصائص والميزات الأساسية:

إن الهدف الأساسي للمكننة والأتمتة في صناعة الآلات والصناعة بشكل عام هو الوصول إلى الغاية المرجوة منه ألا وهي استبدال الجهد البشري بآلات نصف أوتوماتيكية وأوتوماتيكية. في مجال بناء الآلات يوجد حالياً آلات أوتوماتيكية دقيقة ومعقدة نوعاً ما.

فإذا افترضنا هذه الفكرة تشمل الحالات التي تغذى فيها الآلة بشكل أوتوماتيكي أي دون تدخل مباشر من الإنسان لمساعدتها. فإن عدة آلات تدعى غالباً أوتوماتيكية لأن أداء دورة العمل فيها يتم أوتوماتيكياً فبعد انتهاء التشغيل توضع المشغولات الجاهزة في مكانها على السير الناقل ثم تحمّل الآلة بمشغولة جديدة وتبدأ الآلة عملها ثم تضع المشغولة الجاهزة على سير ناقل يسحبها خارجاً وكل هذا يتم دون تدخل من الإنسان. أما الآلات النصف أوتوماتيكية فهي غالباً آلة تدعى نصف أوتوماتيكية لأنها تكون قادرة على تنفيذ دورة العمل ذاتياً وتبدأ وتتوقف حسب برنامجها لكن عمليات التحميل والتنزيل عنها تتم بمساعدة العامل لذا دعيت آلة نصف أوتوماتيكية.

وبشكل عام فإن مكننة الإنتاج وأتمتته لهما مشكلة واحدة هي مسألة تصميم مثبتات وتوابع للتحميل والتغذية وسحب المنتج الجاهز وهي الأكثر ضرورة. والفكرة هي لأتمتة التحميل والتغذية للمواد إلى الآلة ولتحميلها عليها بثبات أثناء إجراء العمليات التكنولوجية عليها وبعد ذلك تحرير المنتج أو حتى لفظه كمنتج نهائي، وتتلخص الصعوبات في التنوع الكبير لعمليات التشغيل والتجميع وأشكال وأبعاد المنتجات والقطع النصف منتجة والمنتجات الجاهزة.

ومع استخدام تجهيزات المناولة والنقل، فإن الآلات النصف أوتوماتيكية، وعمليات الضبط والتجميع سوف تعمل بشكل أوتوماتيكي كامل. واستخدام أجهزة تحميل أوتوماتيكية سريعة الضبط سوف يزيد إنتاجية الآلة وكفاءتها ومعامل استخدام التجهيزات ونسبة مواظبة العامل - الآلة وسوف تتوفر ظروف إنشاء خط مؤتمت بشكل كامل وذاتي التنظيم.

وبغض النظر عن نوع الإنتاج فإن عمليات التحميل ستكون إما ممكننة وإما تنجز بشكل أوتوماتيكي وتتوفر حالياً أجهزة تحميل مرنة مختلفة التصاميم لتناسب العمليات النموذجية وعمليات تشغيل الأجزاء المتكاملة وللإنتاج الكمي. الأجهزة المستخدمة للتحميل الأوتوماتيكي للمواد إلى آلات قطع المعادن يمكن تصنيفها إلى:

(1) أجهزة تحميل أوتوماتيكية للأحمال الكبيرة كالأعمدة الطويلة، اللفافات أو البكرات المعدنية ... إلخ.

(2) أجهزة التحميل الأوتوماتيكية للتحميل الإفرادي بكميات مثل البراغي غير الجاهزة، المطروقات، المسبوكات، أنصاف المنتج أو القطع المشابهة.

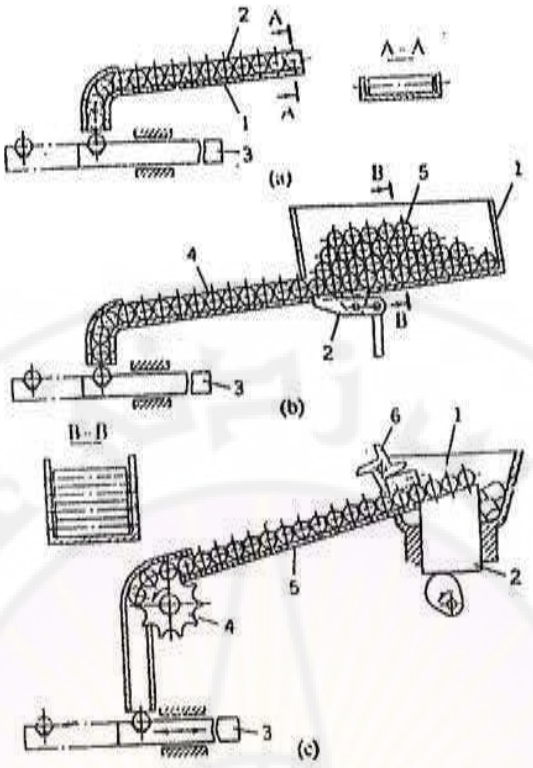
أجهزة التحميل الأوتوماتيكية هذه يمكن أن تصنف أيضاً وفق:

a) حسب نوع الخزان المستخدم مع القنوات الناقلة، المخازن وأجهزة التغذية القفازة.

b) وفقاً لأسلوب حركة الأجزاء إلى: تغذية بالجاذبية، أجهزة قوة وأجهزة مختلطة.

c) وفقاً لطريقة التخزين إلى أجهزة متحركة وأجهزة ساكنة. وحدات التحميل ضمن الخزان يمكن أن ترتب بشكل متباعد، بتماس مباشر أو تتوضع بشكل منفصل الواحد عن الأخر، وأن ترتب بشكل حزم أو بشكل تجمعات كبيرة الحجم أو بشكل أكوام.

القناة هي جهاز تحميل 1 (الشكل 16-1_a) حيث تتوضع فيها المشغولات 2 في صف واحد وتوضع فيها بشكل يدوي لضمان ذهابها إلى الآلة بالوضعية الصحيحية.



الشكل (16-1) - أنواع أجهزة التحميل

عند نهاية التوزيع تلتقط بشكل إفرادي بوساطة العربة المنزلقة 3 وتغذى إلى منطقة عمل الآلة أي إلى المثبتات بالوضعية المناسبة.

المخزن هو خزان كبير الحجم 1 (الشكل 16-1_b) والذي توضع فيه الحمولة من القطع 5 بشكل كومة وبالوضعية الملائمة وهذه العملية تجري يدوياً ويمكن أيضاً أن تجري أوتوماتيكياً.

الخزانات المغلقة أو المفتوحة السطح تستخدم مفردة أو يمكن أن تنظم بشكل مجموعة خزانات. المخزن يغذى بالقطع التي تسقط إلى قناة الادخار 4 منزلقة إلى الأسفل حتى العربة 3 للتغذية، وتغذى إلى الآلة. ويستخدم جهاز إغلاق خاص يدعى بالفاصل 2 حيث يسمح للمشغولات بالمرور إفرادياً إلى القناة.

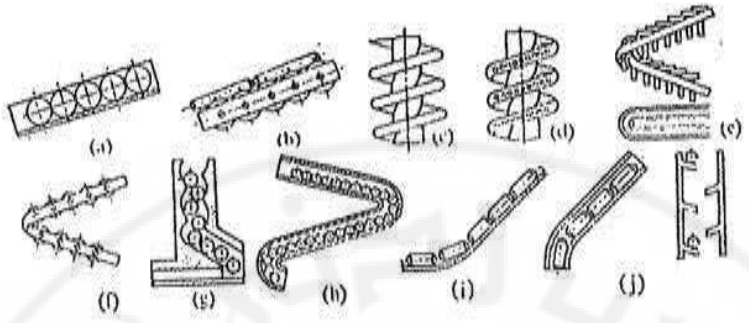
جهاز التحميل بنموذج القفاز (الشكل 16-1_c) هو جهاز تخزين 1 فيه قفاز توضع فيه المشغولات بشكل متباعد، أي مبعثرة وغير مرتبة مسبقاً لكي تذهب إلى

الألة بشكل صحيح التوضع. الجهاز عليه مصعد التقاط 2 وناخب أو فارز 6 بارتفاع المصعد للأعلى فإنه يفصل عدة أجزاء (مشغولات) من أمكنتها في المخزن ويضعها على نهاية التغذية لقناة مائلة 5 الفارز 6 ينتخب من بينها عند المخرج تلك المشغولات الصحيحة التوضع رافعاً إياها لتستقر في القناة وقاذفاً فقط المشغولات الخاطئة التوضع إلى الوراء للخزان. عند نهاية اللفظ للقناة فإن المشغولات تقفز إلى العربة المنزلقة 3 وتغذى إلى مثبتات الألة. وجهاز الإقفال 4 (الفاصل) يمكن أيضاً أن يركب على نهاية القناة ليقطع تيار المشغولات وليحدد الانسياب ويجنب ازدحام المشغولات لهذا فإن نماذج أجهزة التحميل الأوتوماتيكي القنوات، القفازات، المغذيات، الفواصل، الناخبات، اللواقط أو الروافع والطوارد مصممة لتكون سهلة الاستبدال وهذا يسمح بصنع أجهزة تحميل بأي شكل مطلوب لتناسب بشكل أفضل تصميم التجهيزات وعمليات التشغيل.

2-16-2- القنوات:

إن المبدأ الذي يعتمد على العمل بفعل الجاذبية لأجهزة التحميل هو للتحكم بالحركة اعتماداً على الجاذبية. بإدخال مجموعة عديمة الاحتكاك توضع بميلان محدد أو بتدرج وعادة تتراوح الزاوية ما بين (°90-15). أجهزة التحميل العاملة على الجاذبية هي بالأساس أقنية ذات نموذج انزلاقي أو تدحرجي تستخدم لتحميل الألات وتناول الأجزاء من محطة إلى محطة وفي هذه الحالة فهي تدعى مزالق أو منحدرات. الأقنية المنزلقة المستقيمة (الشكل 16-2-a) هي أجهزة بسيطة تستخدم لتحريك أنواع الكتل ذات السطوح الناعمة كافة بتأثير الجاذبية وتمتلك ميلاناً أكبر من الأقنية ذات الدحاريج المستخدمة لأغراض مشابهة (الشكل 16-2_b).

الأقنية الحلزونية تزود للتنزيل المباشر لمجموعة الحمولات المختلفة الأشكال والمقاييس والتي لا تختلف خواصها الانزلاقية بشكل كبير. وإذا اختلفت بشكل كبير فإنه يجب اختبارها لمعرفة قيمة التسارع وتحديدها على خطوة اللولب المختارة بحيث لا تؤدي إلى تحطيم المشغولة أو الإضرار بها عند سقوطها من الأعلى. القناة الحلزونية يمكن أن تكون من النوع الانزلاقي (الشكل16-2_c) أو بنموذج الدحاريج (الشكل 16-2_d) أو يمكن أن تشكل بشكل مجرى (الشكل 16-2_e,f) لنقل مشغولات ذات أشكال بغطاء أو رأس.



الشكل (16-2) - الأنواع الرئيسية للقنوات العاملة بتأثير الجاذبية

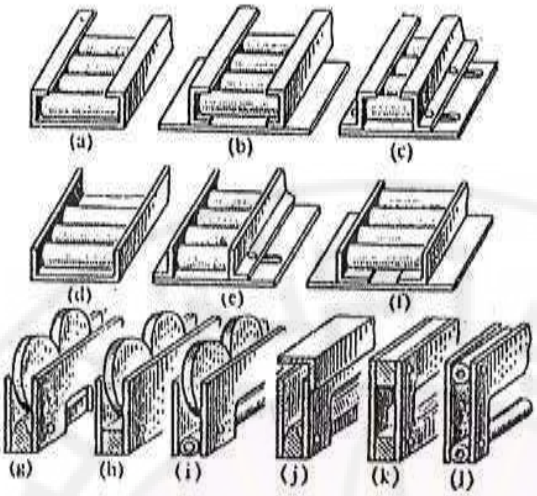
إذا كانت المشغولات مجمعة بأكوام أو ذات شكل غير نظامي ولا يمكن إرسالها عبر قناة بسيطة مائلة، فإنه يمكننا استخدام قناة ذات نواة عمودية مفتوحة (الشكل16-2_g) والجدران الجانبية للقناة مشكلة بشكل منحني جيبي لمنع ارتطام المشغولات أثناء التغذية.

ولتقليل مساحة الأرض وزيادة سعة التحميل فإن القنوات يمكن أن ترتب بشكل منكسر أو بشكل منحنٍ خطي (الشكل 16-2_h,i).

وعندما يلزم تقليل الكسر، التحطيم أو الأضرار بالمادة المحملة فإنه يمكن استخدام قناة ذات رفوف متبادلة، (الشكل 16-2_j) يوضح قناة تغذية من نموذج الرفوف المتبدلة والذي تقفز فيه المشغولات على رفوف متناوبة بدلاً من سقوطها بشكل حر.

وقد شاع استخدام قنوات خاصة لمناولة المشغولات ذات أشكال الأقراص أو الأسطوانات فهي بسيطة التصميم ووحيدة الممر.

(الشكل 16-3_a-e-j) ذات السطوح المفتوحة أو المغلقة وحتى المغلقة تماماً.



الشكل (16-3) - قنوات بنماذج نظامية

القنوات المفتوحة السطح تعمل على ميلان قليل نسبياً لمنع المشغولات من الانزلاق خارجة من فوق الحاجز أو الصفيحة الجانبية للقناة.

وعند تصميم القناة فإن حساب عرض القناة أمر مهم جداً لضمان مرور المشغولات وفق وضعيات توضعها. لهذا فإن القناة التي تصمم لحركة عدد محدد من المشغولات لا يمكن استعمالها لمناولة مشغولات ذات أطوال مخالفة للسابقة دون إعادة ضبط أو حتى إزاحة لها.

القناة تركب عادة من أجزاء يمكن أن تكون خاصة أو نظامية الأبعاد والأشكال. والمخازن المستخدمة في الإنتاج الكمي يمكن بسهولة إعادة ضبطها لتناسب تغير المنتج لتصبح قادرة على مناولة أجزاء مختلفة الأبعاد. في القناة الموضحة في (الشكل 16-3-c) واحدة من الصفائح الجانبية يمكن إزاحتها عرضياً لتوسيع المجرى مما يسمح بحركة أجسام ذات القطر نفسه لكن بطول أكبر وعملية إعادة الضبط يمكن أيضاً القيام بها على القناة الموضحة (بالشكل16-3-e) لتسمح بمناولة أجزاء تختلف بالقطر والطول معاً.

عرض القناة يحدد بوساطة معادلات تجريبية كمثال عرض القناة المستقيمة (mm) المطلوبة لمناولة أجزاء أسطوانية بالانزلاق أو بالدحرجة يحدد بالعلاقة:

$$B = L + \Delta \qquad (1-16)$$

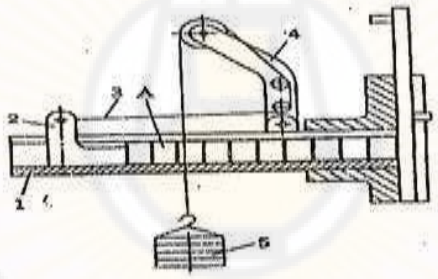
حيث: L: طول المشغولة، Δ: الفراغ بين المشغولة والصفيحة الجانبية للقناة للأجسام الأسطوانية الملساء، يعطى الفراغ الأعظمي بالعلاقة:

$$\Delta = \frac{\sqrt{D^2 + L^2}}{\sqrt{l + f^2}} - L \qquad (2-16)$$

حيث: D: قطر المشغولة، f: معامل الاحتكاك للمشغولة مع الصفيحة الجانبية للقناة

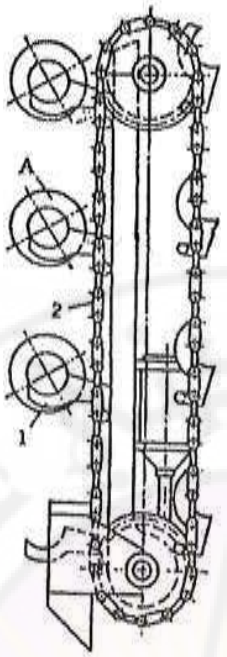
$$f = 0{,}1 - 0{,}25$$

في القنوات المغذية نعطي الأجسام قوة لتتحرك باستمرار أو على دفعات. في (الشكل 16-4) معطى قناة أنبوبية (مخزن) فهو يتألف من أنبوب 1 والذي تتحرك من خلاله الأجسام A بوساطة الدافع 2 المربوط مع الثقل 5 بوساطة الحبل 3 والذراع 4.



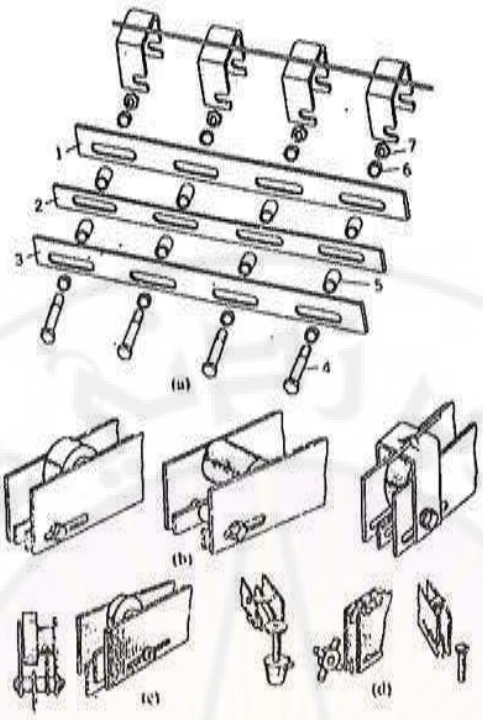
الشكل (16-4) - مخزن أنبوبي

في القناة (المخزن) المقادة بجنزير (سلسلة) (الشكل 2-16-5) تتوضع الأجسام A على الأذرع I المحركة بوساطة السلسلة اللانهائية 2 ، التي تثبت عليها هذه الأذرع. والأذرع تفصل حسب أبعاد الأجزاء وكل إزاحة للناقل ذي السلاسل الموضوع بدقة والموقت ليطابق دورة الآلة. ويقاد بوساطة ميكنزم قيادة هوائي.



الشكل (16-5) - قناة مقادة بالسلاسل (مخزن)

النموذج العمومي للقنوات (الشكل 16-6) يمكن أن يجمّع باستخدام صفائح جانبية مسبقة الصنع 1 و 3 وصفيحتين متوسطتين 2، براغي 4، جلب مباعدة 5، رنديلات 6 وصواميل 7. للقنوات المستخدمة لنقل الأعمدة يمكن بسهولة تركيب جلب الفصل والحلقات باستخدام جلب المباعدة والبراغي المختلفة الأطوال. الصفائح الجانبية و3 مصنوعة من فولاذ نوابض لتسمح للقناة بالانحراف لمواكبة مجال التركيب: إنه من الضروري للحفاظ على عرض قناة ثابت استخدام لقم محامل(مصنوعة من النحاس الأصفر).



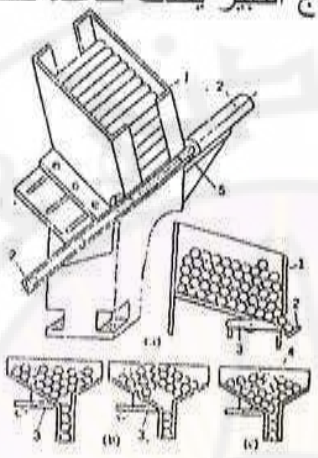
الشكل (16-6) - قنوات عمومية النموذج مسبقة الصنع

2-16-3- المخـازن:

المخازن هي أجهزة تحميل تصنع لحمل كومة من المشغولات المختلفة الأشكال والمقاييس للتحميل الزائد إلى الآلة ومجمعاتها يمكن أن تكون قناة عريضة، حوض أو قصعة ذات سعة أكبر من القناة قادرة على استيعاب كومة من المشغولات المرتبة في الوضعية الصحيحة.

في (الشكل 16-7_a) موضح مخزن شاقولي 1 والذي ترتب فيهه المشغولات الأسطوانية باليد. المخزن مركب مع المازج 3 لتقليل ازدحام (تشابك) المشغولات. عند فتحة الخروج التي أمامها ربطت القناة 2 لتستقبل المشغولة السفلى في الكومة. الحركة التقدمية لمنزلقة التغذية 5 (التي هي حركة تمدد مكبس أسطوانة هوائية) والتي تأخذ المشغولة إلى منطقة العمل في الآلة ثم تعود منزلقة أسفل الكومة إلى الوراء لتستطيع المشغولة التي تليها أن تأخذ مكانها أسفل الكومة بانتظار عملية التلقيم الجديدة إلى الأمام.

في أجهزة التحميل تلك قد تتوقف عملية التزويد بالمشغولات عند حدوث ازدحام أو تشابك المشغولات لذا وكما في (الشكل 16-7_b) قد تزود بمازج صغير أو كما في (الشكل 16-7_c) فقد تزود بمازج كبير حيث يحدث امتزاج قليل عادة ضمن منطقة تأثير المازج الصغير ويمكن بسهولة تحطيم التشابك بالمشغولات عن طريق حركة تصادمها الخفيف. والتمازج الكبير يحدث كقاعدة تحت تأثير التمازج المناسب ويمكن



الشكل (16-7) - أجهزة التحميل بنموذج الخزان

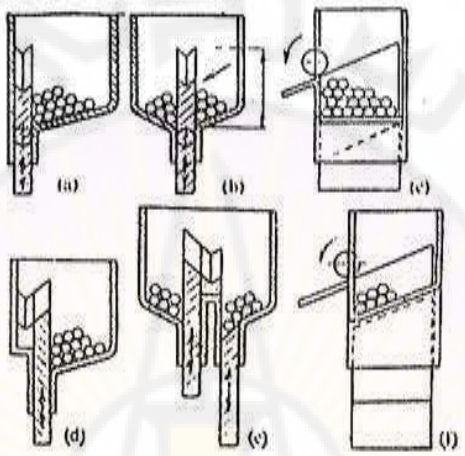
عملياً توقيف التحميل بسببه وهذه الصعوبة يمكن تقليلها بتركيب مخروط توجيه في الخزان يقسمه إلى منطقتين أو كومتين من المشغولات وحركة التصادم الخفيف للمخروط المربوط بمسننات مع المحرك الرئيس تساعد على تجنب حدوث مثل هذا الازدحام.

16-4- أجهزة التحميل بنموذج القفاز:

إن متممات التحميل القفازة تستخدم للمناولة الأوتوماتيكية للأجزاء كالمسامير الجلب، الحلقات، البراغي، المحاور الملولبة والأغطية ... إلخ. المشغولات المراد تشغيلها تخزن في الحاويات بشكل كومات بأسلوب عشوائي ولذلك يجب توضيعها قبل تغذيتها إلى الآلة.

ويزود ميكنزم الالتقاط والتوضع لفصل المشغولة عن الكومة ووضعها بدقة (توضع أولي) فإذا فشل بتسليم المشغولة إلى الوضعية الصحيحة، فإنه تتم عملية التوضيع الثانوي فقد يكون ميكنزم الالتقاط مصمم ليقوم بحركات ترددية، دورانية، مترجحة أو اهتزازية حتى يستطيع إنجاز مهمته. ويمكن أن تستخدم حركة الالتقاط

لتصنيف الجهاز بنموذج القفاز. إن التركيبة الموضحة بالشكل (16-8) هي بنموذج حاضن التقاط. ففي الشكل مثال لجهاز تحميل بنموذج القفاز ذي ميكنزم ترددي للالتقاط. الحاضن المنزلق يتحرك من خلال كومة مشغولات ويلتقط واحدة منها بطريقه أو عدة مشغولات تقع بطريق المصادفة بالوضعية الصحيحة ويبقى الميكنزم لفترة من الزمن في أعلى نقطة له ليسمح لمشغولة أو عدة مشغولات بالسقوط إلى فتحة خروج وإلى الأمام إلى القناة.



الشكل (16-8) - أجهزة تحميل بنموذج القفاز ذات تركيبات مختلفة من حواضن الالتقاط المنزلقة

المخرج مصمم بحيث يسمح فقط للمشغولات الصحيحة التوضع بالمرور من خلال الفتحة أما تلك المشغولات التي وضعيتها غير صحيحة فتسقط خارجة للوراء عن طريق الفتحة من الحاضن المنزلق أو تقذف بوساطة جهاز قذف. أثناء الحركة للأعلى فإن الحاضن المنزلق يشوش المشغولات مولداً اضطراباً مما يزيد احتمال التقاط المشغولات الصحيحة التوضع من الكومة. والحاضن المنزلق يمكن أن يصمم بحيث تكون وضعيته العليا تشكل امتداداً للقناة (الشكل 16-8_a,b,c) أو تنزلق موازية لقناة الإبعاد (الشكل 16-8_d,f) في الحالة الأخيرة يمكن استخدام حاضنين منزلقين.

كفاءة القفاز تعطى بالعلاقة:

$$E = n_x\left(\frac{L}{l}\right).K \qquad (3-16)$$

حيث:

E - كفاءة القفاز، قطعة/دقيقة.

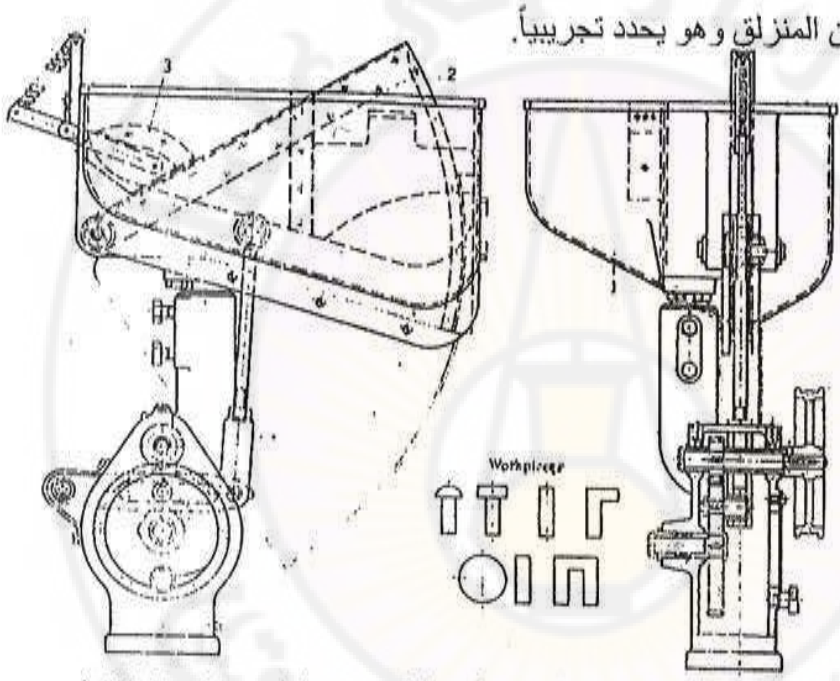
n_x - عدد أزواج أشواط الحاضن المنزلق بالدقيقة.

L - طول السطح العامل للحاضن المنزلق mm.

l - طول المشغولة mm.

K - معامل لحساب احتمال الالتقاط (لقفاز الحاضن المنزلق 0,7 - 0,5 = K).

معامل الاحتكاك يُظهر عدد المشغولات الممكن التقاطها أثناء مشوار صعود واحد للحاضن المنزلق وهو يحدد تجريبياً.



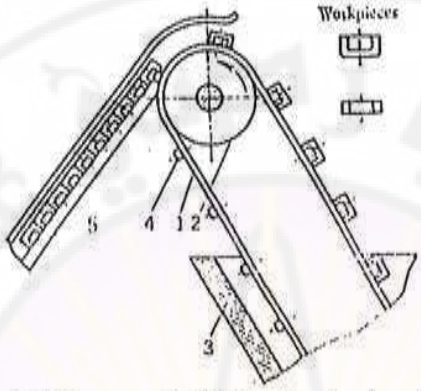
الشكل (16-9) - جهاز تحميل بنموذج القفاز مع مقطع ميكنزم الالتقاط

في (الشكل 16-9) موضح جهاز تحميل بنموذج القفاز حيث ميكنزم الالتقاط هو القطاع 2 الذي يقوم بحركة ترددية.

المشغولات تخزن في القفاز الذي يرفع فيه المقطع عدة مشغولات في كل حركة نحو الأعلى. عندما يكون المقطع في الوضعية العليا فإن المشغولات سوف تنزلق للأسفل من فتحة الخروج إلى قناة التوزيع. الفاصل 3 عند فتحة الخروج لتمرير المشغولات التي تتوضع بالشكل الصحيح ويقذف المشغولات الخاطئة التوضع إلى الخزان القفاز.

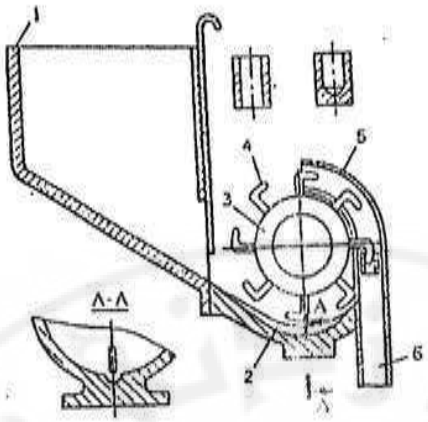
في جهاز التحميل بنموذج القفاز الموضح (بالشكل 16-10) حيث ميكنزم

الالتقاط هو قشاط تغذية لانهائي 1 على البكرات 2 ويحتوي مسامير مثبتة على طوله بالكامل. والجهاز مصمم لتحريك مشغولات بشكل حلقات، جلب، أغطية والتي لا يزيد ارتفاعها عن نصف قطرها. فإذا تحرك قشاط (سير) التغذية 1 المقاد بمحرك فإن المسامير 4 تلتقط المشغولات من الخزان القفاز 3 وتسقطها على قناة مائلة.



الشكل (16-10) - جهاز تحميل بنموذج القفاز ذي سير تغذية لانهائي يحتوي أصابع التقاط على طوله

أجهزة التحميل بنموذج القفاز متعددة وكثيرة الأشكال. وقد تحتوي ميكنزم التقاط دوار ذا خطافات، جيوب أو أسطوانات و (الشكل الموضح بالرسم 16-11) هو تركيبة التقاط بنموذج الخطافات مخصصة لمناولة الأجزاء المغذاة إلى الخزان القفاز مثل الجلب، الأغطية ... إلخ ذات طول أكبر من أقطارها. الخزان القفاز يزوّد بالمشغولات بزلقها للأسفل إلى ثلم القلب والمناولة 2 حيث تصادف خطافات المغذي 4 التي تتحرك بالاتجاه المعاكس أثناء دورانها مع القرص 3. المشغولات التي تتوضع على طول الثلمة تقذف للخلف بوساطة الخطافات وتلك التي تتوضع طولياً يعلقها الخطاف وترفع إلى المستقبل 5 وتسقط على القناة 6.

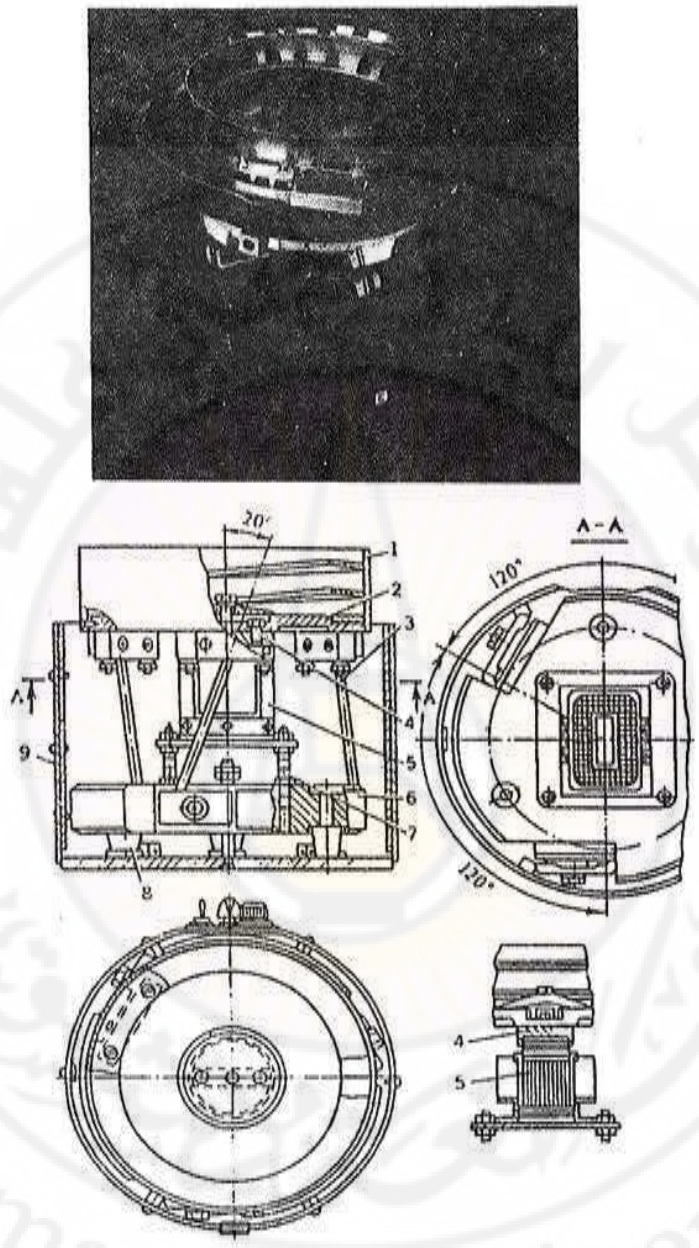


الشكل (16-11) - تركيبة التقاط بنموذج الخطاف

ويستخدم جهاز خاص لتوقف الدوران لقرص المغذي إذا كانت القناة مملوءة بالمشغولات وتعطيها حركة دائرية لتسهيل تحرير المشغولة وتعطي إشارة للمغذي للعمل عندما تصبح كمية المخزون قليلة جداً.

وكفاءة تركيبات التحميل بنموذج القفاز تعتمد على سرعة قرص المغذي، عدد الخطافات وإمكان الالتقاط محددة تجريبياً. معامل الاحتمال في هذه الحالة يعطي عدد الخطافات التي ستلتقط مشغولات خلال دورة واحدة للقرص.

القصعة الاهتزازية (القفازة) للتغذية تعني تجهيزات التحميل الأوتوماتيكية ذات ميكنزم التغذية الذي يعتمد على حركة اهتزازية في القفاز تولّد اهتزازات في المشغولات ومن ثم تتحرك موجهة بوساطة قناة للتوضيع اللاحق والتغذية في (الشكل 16-12) موضح قفاز اهتزازي ذي هزاز كهرمغناطيسي صعودي. يتألف هذا القفاز من قفاز 1 في داخله قناة حلزونية تلتف صاعدة من القاعدة وعلى طول جدرانها الداخلية وحتى قناة التغذية في القمة وفي مقدمة القفاز مرتكز مع قاعدته 2 على ثلاثة نوابض أسطوانية مائلة 3. الإطار 4 للمغناطيس الكهربائي 5 مرتكز على لوحة ثقيلة 6 مثبتة إلى القفاز بشكل مخروط مقلوب.



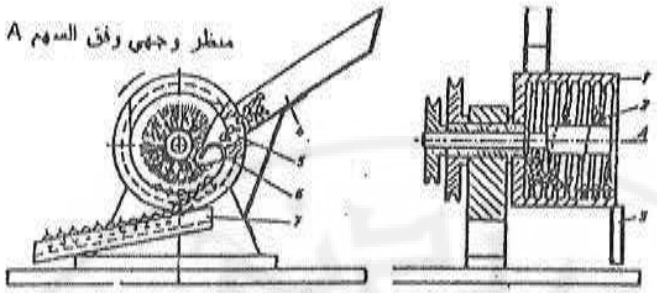
الشكل (16-12) - (قصعة) قفاز اهتزازي

لتحريض حقل مغناطيسي متبدل فإنه يطبق تحريض تيار متناوب على ملف

المغناطيس الكهربائي لإزاحة الإطار 4 بتأثير مغناطيسي متبدل فيسبب انضغاطاًدورياًللنوابض 3 مما يولد اهتزازات فتل قليلة الارتفاع للقفاز 1. اهتزازات الفتل تنقل إلى المشغولات المحتواة في القفاز وهذا يسبب لأخفض المشغولات حركة إلى الأمام على طول جدران القناة التي تقودهم للأعلى لتغذية الحاضن وبعد ذلك إلى الآلة. سعة الاهتزاز هي التي تحدد سرعة حركة الأجزاء على طول القناة الحلزونية ولهذا فإن قدرة كفاءة القفاز يمكن التحكم بها عن طريق تبديلقوة التيار مع أقطار الأسلاك أو الفتحة الهوائية بين الإطار والمغناطيس الكهربائي بوساطة البراغي 7. مانعات الاهتزازات المطاطية 8 تستخدم لعزل القفاز الهزاز عن قاعدةتركيبة التحميل، الغطاء 9 يغطي المحرك الكهرمغناطيسي. انتخاب أو توضيع المشغولات يحدث عندما تتحرك على القناة الهزازة والفكرة هنا هي لتحرير المشغولات التي تصل إلى الوضع النهائي بالتوضع الصحيح إلى حاضن التغذية وتقذف المشغولات الخاطئة التوضع إلى القفاز.

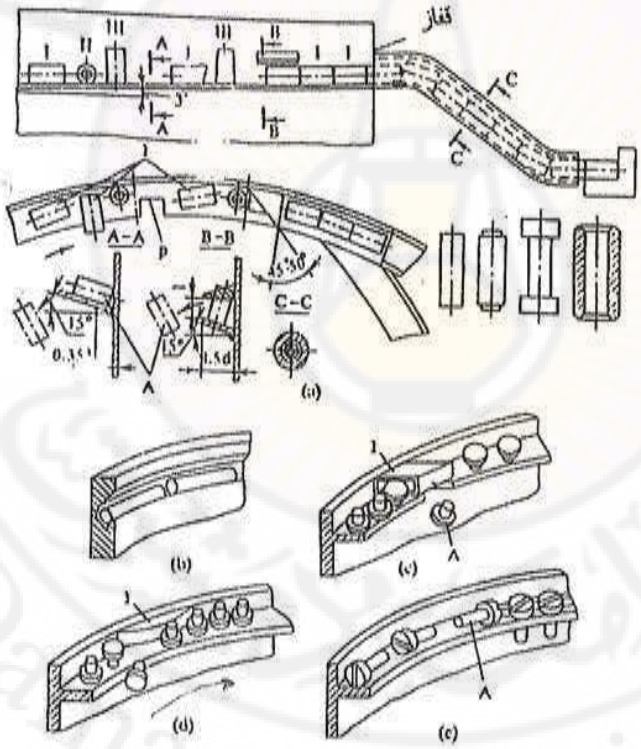
أما في (الشكل 16-13) فنوضح شكلاً تصميمياً لجهاز تصفيف مشغولات بشكل براغي أو براشيم حيث قطع في البرميل المفتوح 1 مجرى حلزونياً يستطيع استيعاب البراغي في الوضعية الصحيحة للتوضع عن طريق دوران المحور للفرشاة الحلزونية 2 التي تقوم بنثر البراغي المصبوبة عن طريق المجرى 4 داخل الخزان الذي يدور بدوره باتجاه يسمح للبراغي بالانزلاق ضمن المجرى الحلزوني لتخرج من البرميل بالوضعية الصحيحة لتنزلق ضمن القناة المائلة 7 لتغذى إلى الآلة. إن البراغي التي زادت عند دوران الفرشاة الدوارة ولم تستطع أن تأخذ التوضع الصحيح تخرج بوساطة الفرشاة إلى خارج البرميل ليسحبها المجرى 3 معيداً إياها إلى المجرى 4 لتعيد الكرة.

انتخاب المشغولات هي عملية دقيقة فالمشغولات عادة تغذى إلى القفاز الذي يجب أن ينتخبها إفرادياً إلى القناة أو المنزلق الذي يغذيها إلى الآلة.



الشكل (16-13) - جهاز تصفيف برميلي أفقي ذو مجار حلزونية

في (الشكل 16-14) موضح عدة أساليب لتوضيع المشغولات لضمان ذهابها إلى الآلة بالتوضع الصحيح.



الشكل (16-14) - انتخاب المشغولات (نخبها) في قفاز اهتزازي

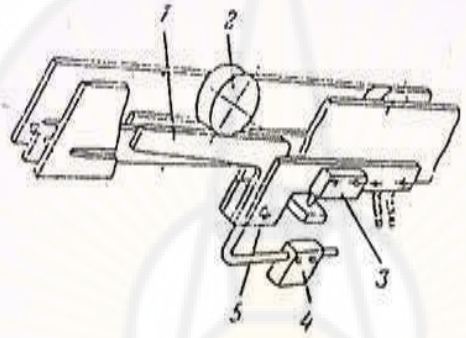
عند توضيع مشغولات أسطوانية (جلب) ذات نسبة طول - قطر l/D = 1 - 1,5 في الوضعية الصحيحة 1 (شكل 16-14_a) فإنه من المناسب أن يكون عرض القناة أكبر من قطر المشغولة فإذا شغلت المشغولة على القناة الوضعية III أي وضعية الوقوف فإنها سوف تقذف إلى القفاز بوساطة العارضة الحارفة. وإذا شغلت المشغولة الوضعية II أي على القناة فإنها ستسقط للأسفل في القفاز من خلال الفتحة p وفقط فإن المشغولة التي تشغل الوضعية الأفقية I سوف تمر من جانب العارضة وتصل إلى مزلق التغذية. القناة ذات الشق الموشوري (الشكل16-14_b) المحفور فيها تستخدم لتوضيع المشغولات ذات النسبة l/D = 1 إفرادياً وبدون ازدحام للمشغولات على القناة.

المشغولات التي قطرها أكبر من طولها (ارتفاعها) يمكن أن توضع بمساعدة الجسر (الشكل 16-14_c) الذي يجمع بين طولي القناة والحاوي الفتحة A والتي من خلالها تعود المشغولات الخاطئة التوضع إلى القفاز بينما تلك الصحيحة التوضع ستمر عبر القناة إلى الطرف الآخر وتغذى مباشرة في حاضن التغذية ومنه إلى داخل الآلة. الحارفة 1 (الشكل 16-14_d) يمكن أن تستخدم لتقذف المشغولات الخاطئة التوضع أي عند كون الرأس من الأعلى (الشكل 16-14_e) يوضح مخططاً لعملية نخب البراغي، البراشيم والأجسام المشابهة والتي فيها يقع مركز الثقل ضمن أجسامها وهذه تقاد مباشرة إفرادياً بوساطة قفاز اهتزازي إلى القناة التي تحتوي ثلماً يتوضع بداخله جسم البرغي غاطساً ويبقى الرأس مستنداً على سطح القناة.

وبهذه الطريقة ينتخب القفاز الاهتزازي المشغولات، منفذاً عملية توضيع ابتدائي وأحياناً توضيع ثانوي على طول محورين ويوجهها إلى قناة أو مزلق تغذية يقودها إلى الآلة نفسها بالوضعية الصحيحة والمزايا المحققة في هذا الجهاز هي الكفاءة العالية لانعدام الأجزاء التي تحتاج إلى تشحيم، مناولة المشغولات مختلفة الأشكال والمقاييس بدون الإضرار بسطوحها، قابليته لإعادة الضبط لأنواع ومقاييس أخرى من المشغولات، المرونة وعمر الخدمة الطويل ويمكن استخدام السلك الزالق لضبط سرعة حركة المشغولة وكل أنواع القفازات الاهتزازية تخمد اهتزازاتها.

اهتزازات الفتل المستخدمة في القفاز الاهتزازي مطبقة عامةً في المغذيات الاهتزازية أو السيور الاهتزازية والتي يمكن رفع المشغولات عليها إلى الارتفاع المطلوب. القناة الهزازة المستقيمة هي نوع من تطبيقات التحميل الاهتزازي ويمكن تركيبها في المستوى الأفقي أو مائلة بدرجة ما لنقل المشغولات في ذلك الاتجاه.

ولتنظيم عملية تغذية المشغولات إلى الآلة بشكل منتظم تستخدم أجهزة خاصة تعطي إشارة عند ملء ممر التغذية بالمشغولات حيث في (الشكل 16-15) موضح تصميم لتركيبة تنظيم عملية تغذية المشغولات حيث عندما يكون مجرى التغذية فارغاً فإنها تعمل بشكل طبيعي حيث يبقى اللسين 1 أفقياً مشكلاً جسراً لعبور المشغولات 2 باتجاه قناة التغذية للآلة.



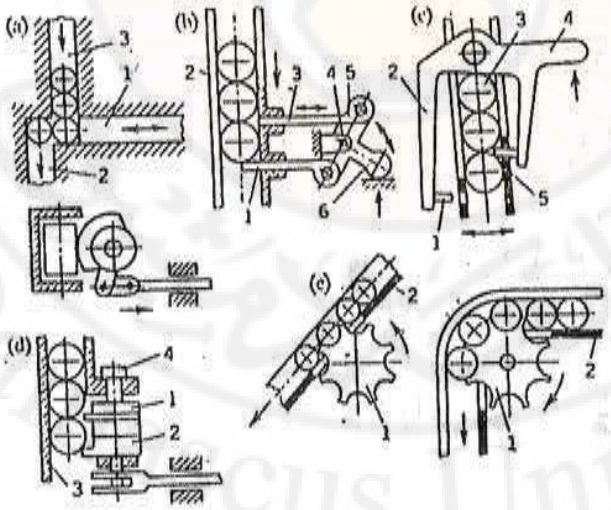
الشكل (16-15) - جهاز تنظيم مرور المشغولات إلى قناة التغذية

وعند امتلاء هذه القناة فإن آخر مشغولة سوف تضغط على ذراع يؤثر في المفتاح الميكروي 3 الذي يؤثر بدوره في الميكنزم الدوار حول المحور 5 ليرتفع اللسين 1 قاطعاً طريق التغذية إلى القناة وفاتحاً الطريق لسقوط المشغولات في الخزان لتعود من جديد أما مهمة الثقل 4 فهي موازنة الميكنزم الدوار ليتناسب مع وزن المشغولة 2 وكلما أثرت المشغولة الزائدة في المفتاح الميكروي 3 يقوم هذا المفتاح بتوقيف الهزاز.

5-16 - الفواصل:

في حالات عدة يجب تغذية المشغولات إلى الآلة من خلال مجموعة فواصل زمنية لذا من الملائم لهذا الهدف القيام بفصل مشغولة بقطع تيار المشغولات (تدفقها) إلى المغذي، وتحريكها بشكل إفرادي إلى مثبت الآلة. وهذا يمكن تنفيذه بمساعدة فواصل أو تركيبات التقاط مختلفة التصاميم تركب على جهاز التحميل الأوتوماتيكي. بعض أجهزة التحميل تقوم بذلك دون الفاصل حيث يؤدي جهاز التغذية هذه العملية بنفسه. حركات الفاصل تختار بدقة وتزامن مع حركات المغذي وتستخدم مؤازرات منفصلة لقيادة الفواصل أو هذه يمكن أن تحرك بوساطة ميكنزمات أخرى في جهاز التحميل.

الفواصل يمكن أن تكون بشكل انزلاقي، مسمار، كامة، طنبور أو قرص (الشكل 16-16) الفاصل الانزلاقي يستخدم لتحريك مشغولة واحدة- الشكل (16-16_a) ويعتمد على المحور 1 الذي بحركته إلى اليسار تحت قناة المشغولات في القناة 3 يدفع المشغولة السفلية إلى القناة 2 ومغلقاً استمرارية المرور من القناة 3 والحركة التالية نحو اليمين تولّد فراغاً للمشغولة التي تليها والتي تسقط إلى المغذي أو مباشرة داخل مثبت الآلة للقسط.



الشكل (16-16) - نماذج مختلفة من الفواصل

الفاصل ذو نموذج المسمار يستخدم لتغذية المشغولات إفرادياً وهو جهاز مزدوج التأثير (الشكل 16-16_b) حيث يتألف من مسامير الفصل 1 و 3 المصممة للدخول بالتتابع إلى القناة 2. في اللحظة التي يتراجع فيها المسمار 1 من ثقب القناة ليحرر المشغولة السفلية من القناة فإن المسمار 3 من الفاصل يدخل إلى القناة ويغلق طريق مرور المشغولات الأخرى. وعندها يتبادل المسماران بالوضعية وتسقط المشغولة المحصورة بالأسفل من القناة لتصطدم بالمسمار 1 الذي يوجهها فيما بعد إلى حاضن التغذية أو الآلة. ولضمان تشغيل دون مشكلات فإن ميكنزم قيادة الفاصل يجب أن يكون مصمماً بحيث يكون قادراً على التأثير بسرعة وبحركات وثابة للمسامير لتجنب اصطدامها مع المشغولات أو انزلاق عدة مشغولات بدلاً من واحدة. المسامير 3 و 1 معلقة على الذراع 5 الذي يقاد من خلال الكتف 6 ليدور حول المحور 4 مسبباً للمسامير حركة تبادلية ترددية.

في (الشكل 16-16_c) موضح نموذج مطور من الفاصل بنموذج المسمار الذي يستخدم حركة تارجحية، حيث مسامير الفاصل 1 و 5 مركبة على طرفين متناظرين للقناة 2 ومثبتان على ذراع الشوكة 4 التي تتأرجح حول المحور. الذراع الأفقي للعتلة يستخدم لقيادة حركة الذراع . حيث بإزاحته للأسفل فإن المسمار 1 يتراجع بينما المسمار 5 يدخل القناة من خلال ثقب محرراً المشغولة السفلية 3 من المشغولات المكومة في القناة.

في (الشكل 16-16_d) موضح مخطط تصميمي لفاصل نموذج الكامة والذي يتألف من الكامات 1 و 2 المثبتة على المحور 4، بدايات الكامات مرتبة بزاوية محددة الواحدة بالنسبة للأخرى.

بتدوير المحور في أحد الاتجاهات نسبب إزاحة زاوية للكامات ونسمح للمشغولة السفلية بالخروج من القناة 3. الكامة 1 تحمل كمية المشغولات المخزونة فوقها في القناة والإزاحة الزاوية بالاتجاه المعاكس تعيد الكامة 1 إلى وضعيتها البدائية بينما تسمح للمشغولة الثانية بالمرور من الكامة 1 إلى الكامة 2 وبالتالي يجهز الميكنزم لتنفيذ الدورة التالية.

في (الشكل 16-16_e) موضح مخطط تصميمي لفاصل بنموذج الطنبور أو القرص. ويعتمد على طنبور أو قرص ذي نتوءات مفصلة عليه لتأخذ شكل المشغولات

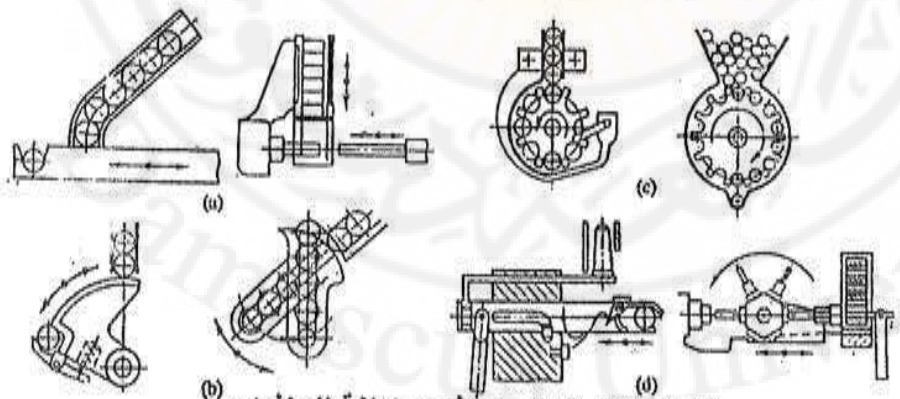
وأبعادها ويقاد من محرك. وعندما يدور القرص فإن المشغولة تسقط من القناة 2 إلى الثلم أو الحاضن ويناولها إلى الآلة. إن استخدام مثل هذه الفواصل أو تجهيزات التحكم بالتغذية يضمن إنتاجية أعظمية لجهاز التحميل. والمشغولات يمكن أن تغذى للآلة إما عن طريق الجاذبية وإما محرك القيادة.

6-16 - المغذيات:

المغذي هو ميكنزم نقل مشغولات يتوسط المسافة بين مزلقة التخزين، القناة أو القفاز ومثبت الآلة. أشكالها وبنيتها وأبعادها واختيار ميكنزم التحريك فيها يعتمد على نوع المخرطة، ووضعية قناة التحميل تتناسب مع منطقة العمل، مسافة المناولة، شكل المشغولة وأبعادها المطلوب مناولتها.

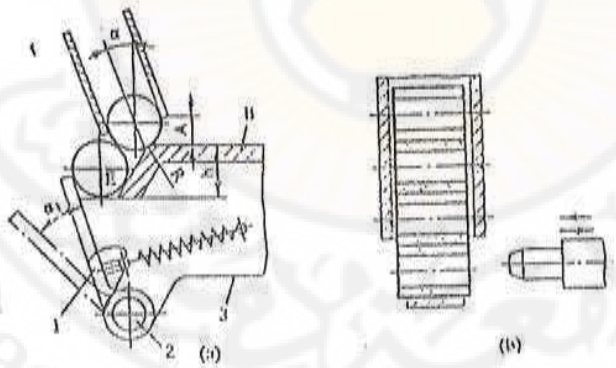
وتختار كل حركة للمغذي بعناية فائقة وتُوقَّت وتُزامن مع حركات المخرطة. غالباً ما يصنع محرك ميكنزم التغذية مرتبطاً مع آلة القطع بحيث يؤلف جزءاً من دورة عملها. والمغذي بشكل عام يتألف من إطار أو هيكل، مثبت أو ثلمة لتستوعب المشغولة أثناء التغذية، ميكنزم القيادة والثلمة تصنع قابلة للاستبدال لتسمح بإعادة الضبط وتمكّن المغذي من مناولة المشغولات مختلفة الأشكال والمقاييس.

المغذيات يمكن أن تصمم لأداء حركات ترددية، تأرجحية، دورانية أو مركبة (بجمع أكثر من نوع من الحركات) لتناسب التجهيزات المختلفة وتصميمات نصف المنتج (الشكل 16-17) ويمكن أن تقاد بوساطة ميكنزمات تحريك ميكانيكية، هوائية، هيدروليكية أو كهرميكانيكية وفي المغذيات التي تستخدم حركة ترددية فإن نوعين من الحواضن المنزلقة ومغذي بلونجري تستخدم فيها بكثرة.



الشكل (16-17) - نماذج مختلفة للمغذيات

المغذي ذو الحاضن المنزلق الموضح (بالشكل 16-18_a) يتألف بشكل أساسي من حاضن منزلق 3 ذي ثلمة لتلائم المشغولة والذراع 1 المشدود بنابض لحمل المشغولة أثناء التغذية عندما يكون الحاضن المنزلق في وضعيته الابتدائية فإن حافته تكون مباشرة تحت فتحة القناة التي تلتقط منها المشغولة السفلية بوساطة المغذي. إن المغذي قد يحتوي فاصلاً وقد لا يحتوي. العمق h للحافة يجب ألا يكون مساوياً لقطر المشغولة فقط بل يزيد عليها بمقدار 1,5 - 2 mm تحت خط مراكز الآلة بحيث إنه عندما تتوضع المشغولة على المراكز بشكل صحيح فإن الحاضن سوف يتراجع بعد أن يضع المشغولة مكانها ليستعد للدورة اللاحقة. خلال شوط العودة فإن الذراع 1 المشدود بالنابض ينحرف ويمر بحريّة تحت المشغولة ولتقليل زاوية الانحراف $\alpha 1$ للسان فإنه ينصح بوضع محور دورانه 2 منزاحاً نحو اليمين من المحور المار من المركز E للمشغولة. ولإغلاق فتحة الخروج وتثبيت المشغولة السفلية فإن السطح الأعلى B لحاضن التغذية يجب أن ينزلق تحت فتحة الخروج من القناة على مسافة A. السطح R يجب أن ينهى بشكل جيد لتسهيل تدحرج المشغولة التالية التي يجب تزويدها فوق السطح (في حال عدم وجود فاصل). لتجنب الصدمات، الاهتزازات والاحتباس فإن القناة تركب مائلة بزاوية $\alpha = 10 - 15^{\circ}$ بالنسبة لمراكز الآلة. مقدمة حاضن التغذية مع الثلمة يمكن أن تصنع قابلة للاستبدال مع تغير المنتج.



الشكل (16-18) - حاضن منزلق ومغذي بلونجري

في المغذي ذي البلونجر (الشكل 16-18_b) تتم عملية التغذية بانزلاق محور يدعى البلونجر، والمشغولات تناول بوساطة القناة التي تتوضع فتحة الخروج منها

بحيث إن محور أسفل قطعة يكون أخفض بقليل من محور الظرف. إن مقدمة البلونجر تصنع بقطر أصغر بقليل من جسم البلونجر والتغذية بسيطة نوعاً ما عندما تنقل المشغولة إلى وضعية مناسبة عند نهاية القناة، فإن البلونجر يتحرك نحو اليسار فيلتقط المشغولة بمقدمة محوره، ويدفعها من خلال الفتحة الجانبية للقناة ويقذفها إلى الظرف (الترس) جسم البلونجر يرفع كومة المشغولات في القناة وعندما يتراجع البلونجر للدورة التالية فإن أخفض مشغولة في القناة تغذى إلى الوضعية النهائية وتكرر دورة التغذية لمنع الخطر عن المحور المنزلق، ينصح بأن يتوضع البلونجر بحيث إن خط محوره يكون أعلى فوق محور المشغولة في وضعية التغذية.

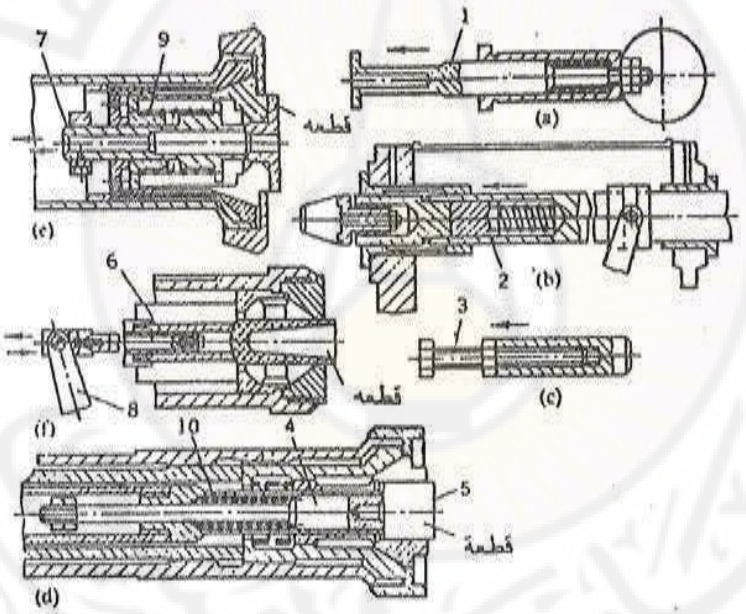
المغذي المتارجح (الشكل 16-17_b) يعمل بالطريقة التي سبق شرحها للمغذي ذي الحاضن المنزلق. الطاولة الدوارة معروفة أيضاً كمغذي صفيحي دوار كالذي يوضح (بالشكل 16-17_c) واعتماداً على الهدف فإن ثلماتها يمكن أن تثبت على المحيط وعلى السطوح الجانبية للطاولة أو الصفيحة. في الحالة الأخيرة فإن قناة النقل توضع بشكل موازٍ لمستوي محور الدوران. مثل هذه المغذيات تجمع بين التغذية وعملية التحكم بالمدخل ويمكن أن تستخدم كلها في عمليات التحميل الأفقي والشاقولي وهي معروفة أيضاً بالمغذيات النجمية. وتصنع الثلمات لتوافق أبعاد المشغولة وشكلها، دوران المغذي الصفحي أو الطاولة الدوارة دوري. وقد يحدث أحياناً أن المشغولة الممسوكة قد لا تغذى من أول مرة بل تغذى فقط خلال الدورة التالية.

المغذيات التي تستخدم حركة مركبة (الشكل 16-17_b) مخصصة لعمليات التحميل الأكثر تعقيداً. المغذي الموضح في الزاوية اليسرى(الشكل 16-17_d) يدوِّر المشغولة إلى الوضعية الأفقية عند تغذيتها إلى مثبتات الآلة. المغذي الموضح في الجانب الأيمن هو لمخرطة. في وضعية التحميل يوضع المغذي ليعاكس المخزن الذي يحتوي المشغولات اللازم تغذيتها وحالما تتوضع المشغولة في المغذي فإن ميكنزم التقسيم يدوِّر البرج ويضع المغذي ليقابل الظرف. البرج يدور ثانية والمشغولة تغذى إلى الظرف لقمطها بعد أن يتراجع البرج. إلى جانب المغذي فإن البرج الحامل لأداة القطع وبالتالي تحميل المشغولات إلى الآلة يصبح جزءاً من دورة التشغيل.

16-7- الدوافع واللوافظ:

إن تشغيل المشغولات يتم عادة على المراكز. المماسك والظروف. تحميل المشغولات على الظرف يتطلب حركات متشابكة أكثر مما قد يقدمها المغذي العادي. المغذي قد يسلّم فقط المشغولة إلى خط مراكز المخرطة. وتحريك المشغولة على طول خط المراكز وقيادتها إلى الظرف لقمطها يتطلب ميكنزماً إضافياً يدعى الدافع.

تصميم الدافع يعتمد على طريقة التوضع الطولي للمشغولة. فإذا توضعت المشغولة المشغلة في مثبت جاسيء ، الدوافع 1 و 2 (الشكل 16-19_a,b) يجب أن تحمل بنابض. النابض يسمح بالتوضع المتناسب للمشغولات المختلفة ويضمن الضغط الكافي على المصد الثابت للمثبت. فإذا وضعت المشغولة المطلوب تشغيلها في المثبت بدون مصد جاسيء وكان يجب فحصها محورياً من طرف التشغيل فإنه يمكن استخدام الدافع الجاسيء القابل للعيار 3 كما في الشكل (16-19-c).



الشكل (16-19) - نماذج الدوافع واللوافظ

تحريك المشغولات المنهاة والمشغلة على المراكز من السهل تنفيذه عن طريق تحريك غراب الذيل للوراء والسماح للمشغولة المنجزة بالسقوط إلى صندوق أو تجهيزة استقبال أخرى والمشغولات المنجزة من التي في الظرف تتطلب أجهزة متخصصة

تدعى اللوافظ كما في الدوافع فهذه يمكن أن تكون نوابض مضغوطة

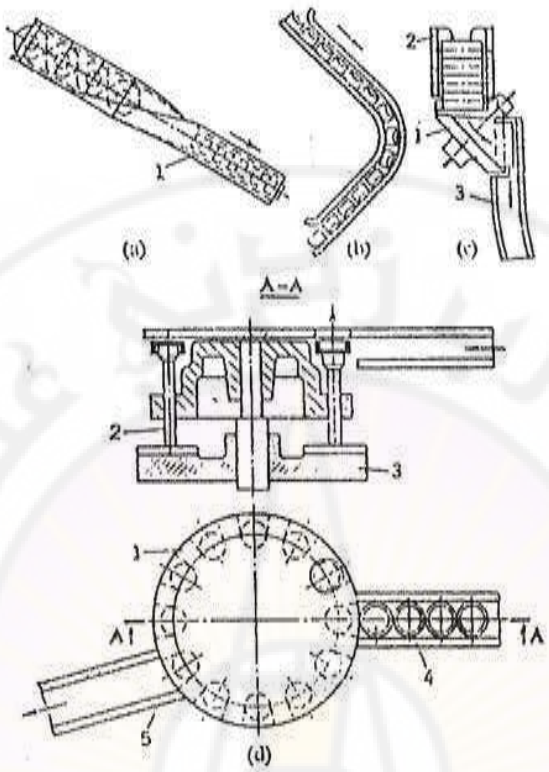
(الشكل 16-19_d,e) وأجهزة جاسئة (الشكل 16-19_f) اللافظ 6 من النوع الجاسيء يقاد بوساطة ذراع الميكنزم 8. اللافظ يتحرك للخارج أثناء التحميل ولا يعيق أثناء توضيع المشغولة وتشغيلها. وعندما ينتهي التشغيل وتكون المشغولة غير مقموطة فإن اللافظ يدفع المشغولة خارجاً. اللوافظ المحملة بالنابض 4 و 7 توضع في داخل المثبت وتشكل المحاور التي بتأثير النوابض 9 أو 10 تتحرك لليسار. النوابض تنضغط عندما تحمل المشغولة وتتمدد عندما يفك قمط الظرف عن المشغولة المنجزة دافعة إياها لتخرج من الظرف.

في الآلات الأوتوماتيكية تقمط المشغولات للتشغيل في مثبتات أوتوماتيكية وهذه مشابهة في التصميم لتلك المستخدمة في التحميل اليدوي لكن تحتوي محركاً لتشغيل القمط والفك للمشغولات الجاهزة، والمحرك يلزم لضمان القمط الكافي والتحرير السريع والتحكم المرن أثناء الدورة الأوتوماتيكية. هذه المحركات عادة ميكانيكية، هيدروليكية، هوائية ومؤازرات كهربائية. وتصميم مثل هذه التجهيزات يجب أن يؤمن للمشغولات الجاهزة نقلاً أوتوماتيكياً وجزئياً للرايش من المثبتات لتقليل نسبة المرفوضات المئوية.

16-8 - الموضّعات:

إن الرغبة في تبسيط أجهزة التحميل بنموذج القفاز غالباً تنتج بسبب الفشل بإعطاء المشغولات المرغوب بتوضيعها أو إعطاءها أخيراً للنخب الأولي للمشغولات. التوضيع النهائي في مثل هذه الحالات غالباً يتم خارج القفاز، أي في قناة التغذية. أجهزة الفرز تدعى غالباً الموضعات والمصممة في بناء القناة بحيث تتم عملية التوضيع أثناء حركة المشغولة إلى الآلة.

وفي (الشكل 16-20) موضح مخططات تصميمية للموضعات المعروفة النماذج. في (الشكل 16-20_a) يوضح فرز الصامولات الذي يتم خلال حركتها على طول القناة ذات الجدران المزودة بفرضة (نتوء) بحيث تغذى لتشغيلها على وجهها الخلفي إلى الأمام.



الشكل (16-20) - موضعات معروفة النماذج (عادية)

في (الشكل 16-20) موضح قناة خطية منحنية تستخدم أيضاً لتبديل وضعية المشغولات لضمان ذهابها إلى الآلة في كلا الحالتينتعمل الموضعات بتأثير الجاذبية.

في (الشكل16-20_c,d) موضح نموذجان آخران للموضعات الفارزة والتي تولّد فيها الحركة وتوضيع الأجزاء بمساعدة جهاز خاص. في الحالة الأولى يتم تحقيق تبديل الوضعية بوساطة مخروط دوار 1 والذي تغذى إليه المشغولات بوساطة القناة 2. وضعية المشغولة تتغير بدوران المخروط بحيث إن المشغولة تدخل إلى قناة التغذية 3 في الوضعية المرغوبة. في الحالة الثانية (الشكل 16-20_d) تغذى الفناجين من المخزن 4 إلى تجاويف اللوحة الدوارة 1 والتي في الحقيقة هي الناخب الذي فيه المحاور 2 المحرضة بوساطة الكامة 3 تلتقط الفناجين التي دخلت اللوحة مقلوبة وتلفظ من خلال الثقب تلك التي قاعدتها للأسفل في صندوق « المرفوض » وعندما تدور

الطاولة فإن المحاور تحمل الفناجين إلى القناة 5 والتي تنقلها بعيداً إلى المغذي.

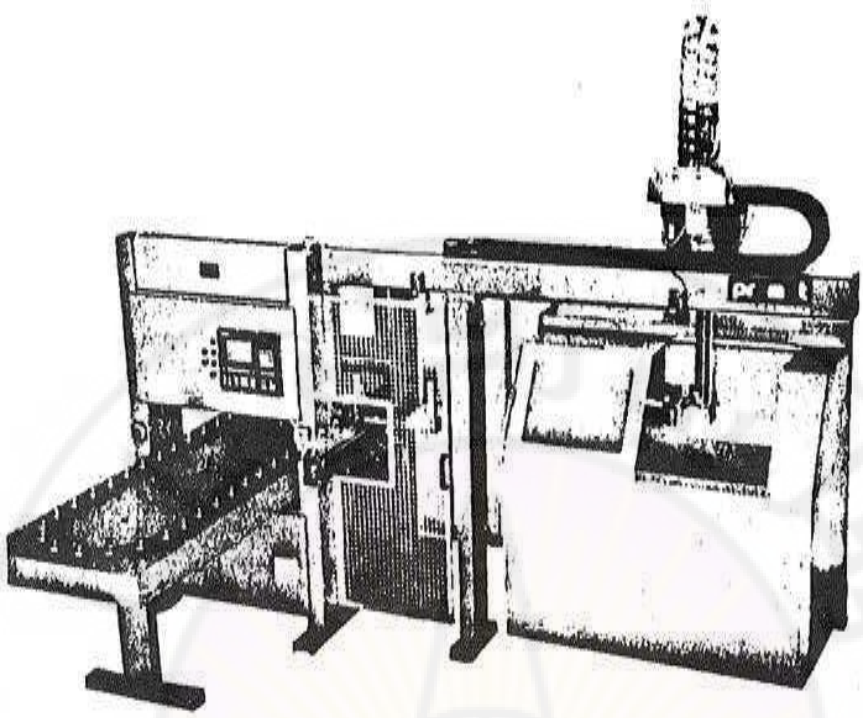
16-9- المناولات (الأذراع الآلية):

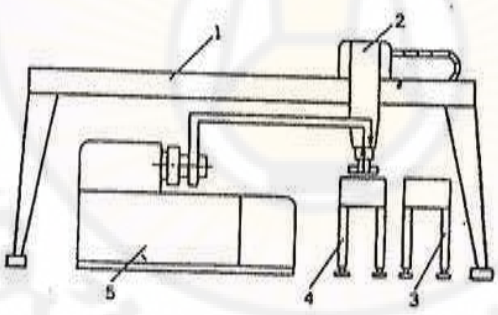
في عدة حالات عند استخدام مغذيات معروفة النماذج لمناولة المشغولات تصبح المهمة غير عملية بسبب أن التغذية والتوضيع قد تتطلب مجموعة حركات أكثر تعقيداً من التي يمكن أن تقدمها أجهزة التحميل المدروسة سابقاً. أكثر من ذلك فإن المشغولات المطلوب تشغيلها في بعض الأحيان تكون كبيرة الحجم وثقيلة الوزن بحيث تصعب مناولتها بالأجهزة المعروفة، في مثل هذه الحالات فإن الإنتاج الكمي يتطلب توظيف مناولات للمناولة. ونماذجها متوفرة لخدمة الآلات بشكل منفصل أو في مجموعات في نهايات التحميل لخطوط النقل الأوتوماتيكية.

المناول هو جهاز يشغله العامل أو أوتوماتيكياً ويزود بلاقط أو مؤثر نهاية ومصنوع ليكرر حركة ذراع الإنسان ويقوم بالمهام المطلوبة منها.

في (الشكل 16-21) موضح تركيبة أوتوماتيكية تتألف من آلة قطع معادن 5 ومناول 2 والرافعة القنطرية 1 ذات السكك الدليلة لحركة المناول توضع من فوق الآلة.

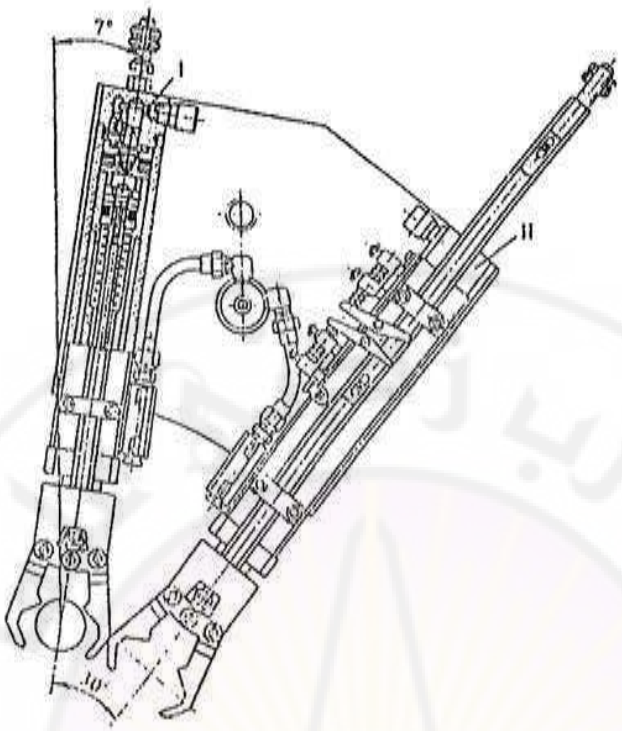
Damascus University





الشكل (16-21) - تركيبة آلة - مناول

المناول يمتلك ذراعين ميكانيكيين I و II (الشكل 16-22) مجهز بأجهزة هيدروليكية للحركة الطولية (على طول محور الآلة). الأذرع مركبة على عربة منزلقة بزاوية محددة بالنسبة لها لكي يتمكن لاقط الذراع من الوصول إلى خط مراكز



الشكل (16-22) - أذرع ميكانيكية مع لواقط

الآلة. العربة المنزلقة فيها محرك منفصل لتحريك العربة على طول القنطرة وبعد الآلة (الشكل 16-21) يوجد سير ناقل، صفيحة تثبيت أو في حالتنا هنا مخزن 4 مشغل بسلسلة مع المشغولات. هذه المجموعة الأوتوماتيكية تعمل كما يلي: المناول 2 متوضع فوق المخزن 4 بالضبط. واحد من أذرعه الميكانيكية يخفض ليلتقط مشغولة وبعد ذلك يرفع بحيث إن المناول يسير على طول سكك القنطرة ويتوقف فوق ظرف الآلة وذراعه الحر (الذراع الثاني) يخفض ليلتقط المشغولة المنجزة ويأخذها خارج الظرف وبعد ذلك يرفع مع القطعة المشغلة، بينما الذراع الأول الحامل للمشغولة التالية ينزل ليضع المشغولة الجديدة في مثبت الآلة مع الحركة التالية للمناول على طول مجاري القنطرة. بعد أن تقمط المشغولة يرفع الذراع وتقلع الآلة للعمل. وعندما ينتهي التشغيل فإن المناول يسير عائداً إلى أمام المخزن 4. الذراع الميكانيكي الذي يحمل المشغولة المشغلة ينزل وبعد توضيع المشغولة على الثلم المطلوب للمخزن يرفع الذراع ثانية.

قاعدة المخزن عندئذ تدور لتسليم المشغولة التالية إلى وضعية الالتقاط. الذراع الميكانيكي ينزل مرة أخرى لالتقاط المشغولة ثم يرفع ثانية.

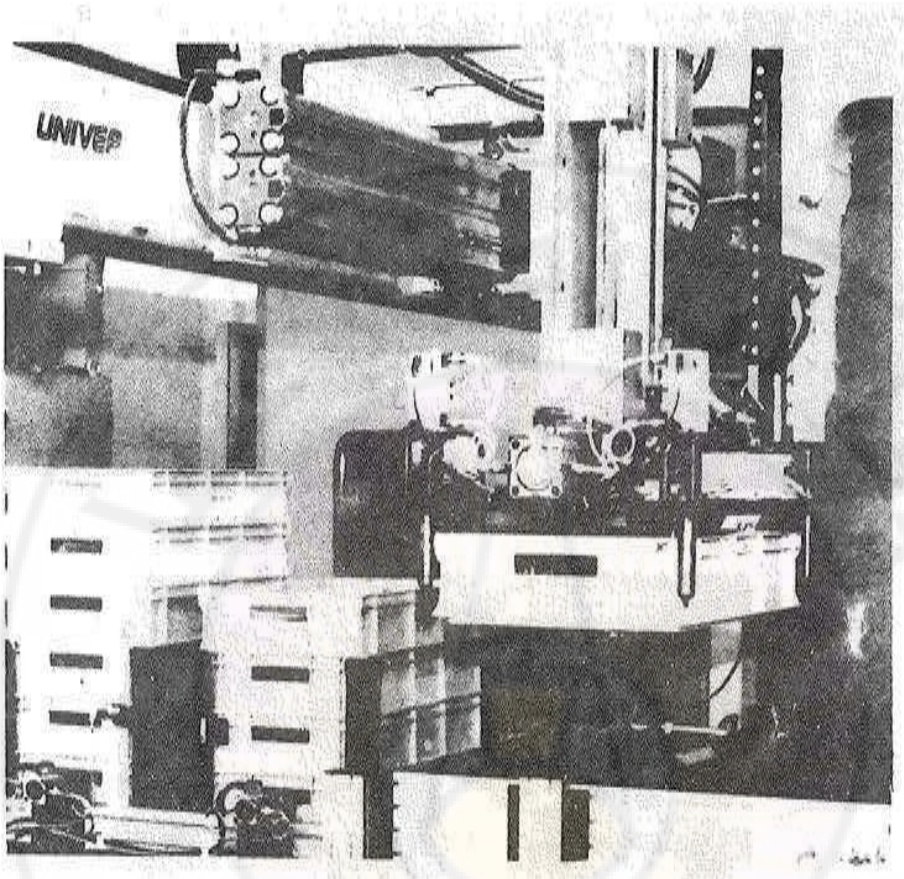
ومع الوقت تشغيل المشغولة السابقة ينتهي والمناول سوف يصل إلى منطقة عمل الآلة وتكرر الدورة.

دورة المناول قد تشمل فحص المشغولة الجاهزة من خلال جهاز اختبار 3 قبل توضيعها في المخزن 4 ويمكن أن يصمم المناول لأداء عدة دورات ضرورية للقيام بخدمة آلة أو آلتين، سيور ناقلة أو مخازن، أو للعمل مع وحدة قيادة أو بدونها. اختيار الدورة يعتمد على ظروف الإنتاج ويجري في العادة في مرحلة الضبط. إن أسلوب التحكم بالمناول يعكس بشكل كامل مستوى الأتمتة المستخدمة في التصميم. واتساع تطبيقات المناول تحت ظروف مختلفة.

إن ضبط استهلاك الزمن واختيار حدود الحركات يحد ويقلل من اتساع تطبيقات مثل هذه المناولات لمناولة مشغولات كبيرة الحجم والوزن في حلقات الإنتاج الطويلة والمتوسطة. في الإنتاج الكمي تصنع اللواقط أو القبضات قابلة للتبديل لحمل مشغولات متشابهة الأشكال ذات مقاييس مختلفة.

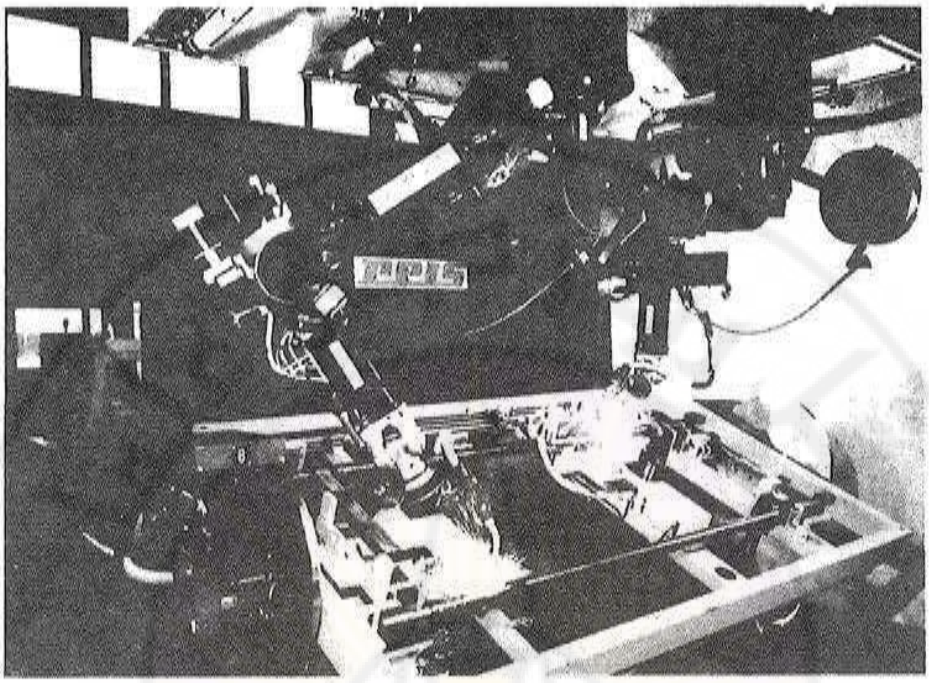
10-16 - الروبوتات الصناعية:

الروبوت الصناعي (أو الرجل الآلي أو الإنسان الآلي أو الإنسالة، « من إنسان - آلة » أو العامل الآلي، هي عدة تعاريف للآلة نفسها) هو مناول قابل لإعادة البرمجة متحكم به أوتوماتيكياً ومخصص لمناولة العديد من الأشياء. والميزة الأخرى للروبوت هي في أنه يستطيع القيام بمهمات ليس من الممكن أتمتتها أو مكننتها باستخدام التجهيزات المعروفة. والشكل الأساسي الذي يميز الروبوت الصناعي هي إمكان البرمجة السريعة والسهلة نسبياً لمهمات مختلفة بتبديل فترات الأوامر أو نظام الأوامر ومحتواها. لذلك فإن الروبوتات أكثر فعالية في حساب الكلفةفي ظروف التبدلات العديدة للإنتاج ومهمات الأتمتة التي تتطلب عملاً يدوياً لا يتطلب الخبرة. وقد بحثنا في هذا الموضوع سابقاً بالتفصيل.

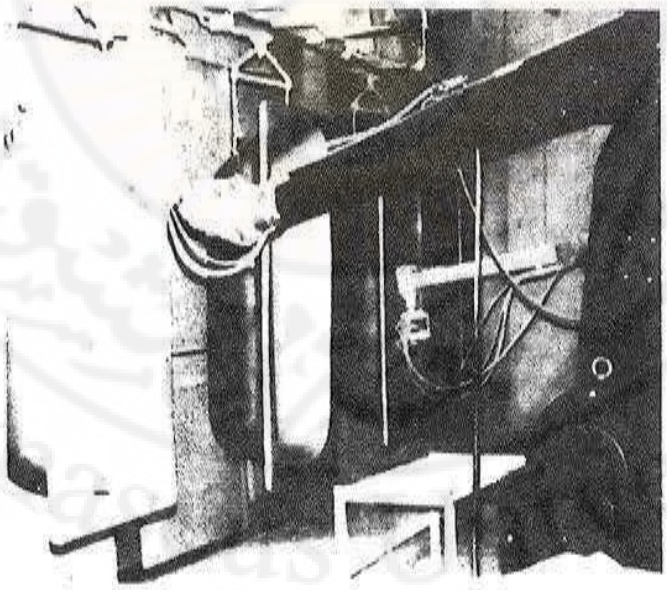


روبوت بنظام إحداثيات ديكارتية - لتستيف صناديق على سير ناقل

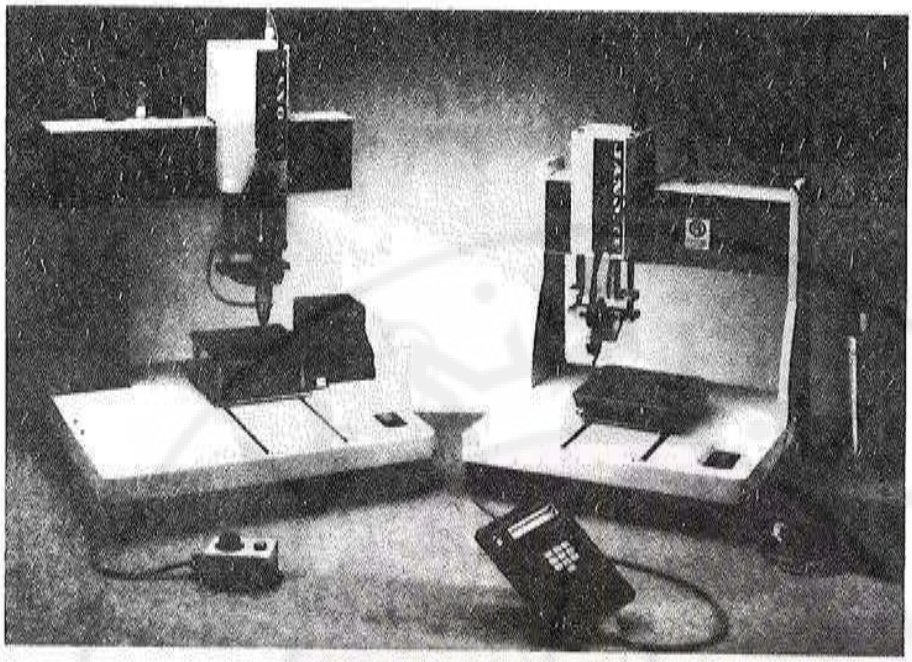
Damascus University



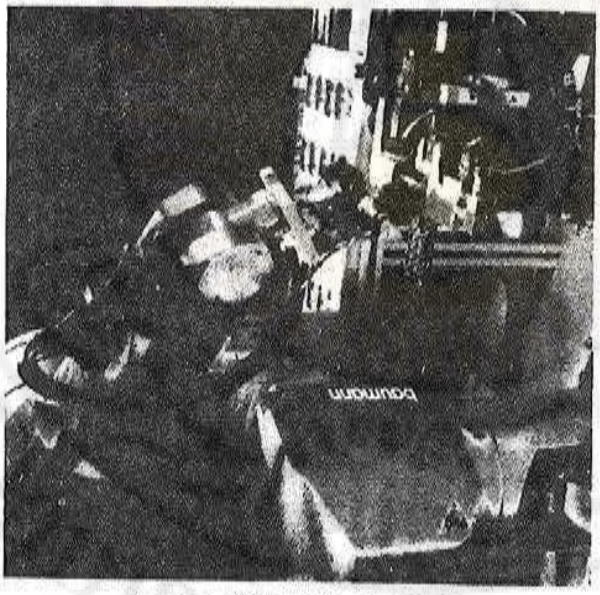
روبوت صناعي ينفذ عملية لحام (إحداثيات أسطوانية)



روبوت صناعي ينفذ عملية بخ الدهان (إحداثيات كروية)



روبوت صناعي ينفذ عملية قياس ميكانيكي



روبوت صناعي ينفذ عملية تجميع ميكانيكي

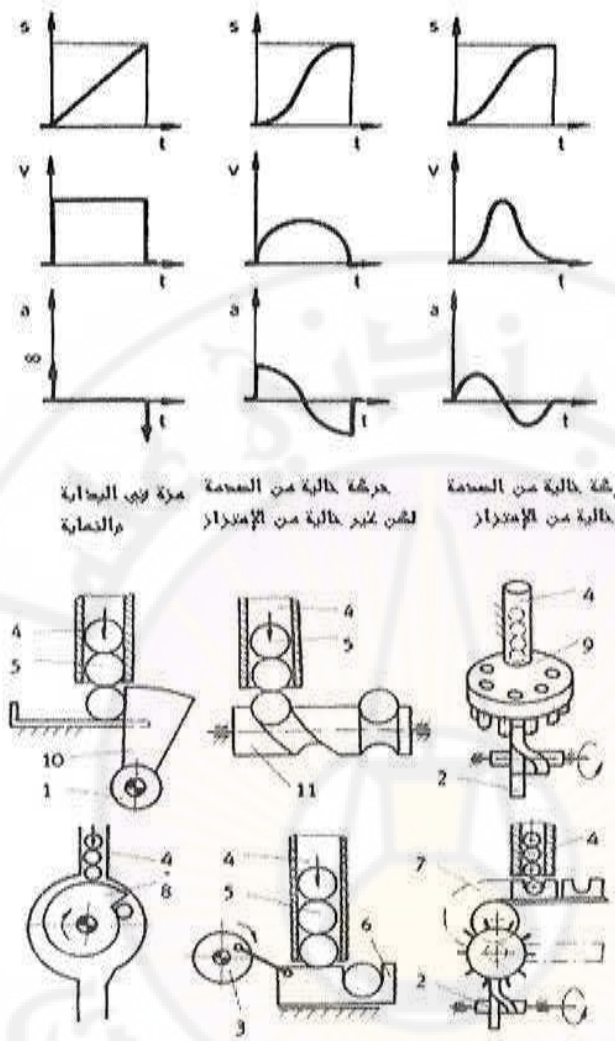
11-16- التنظيم والتقسيم في آلات التعبئة والتغليف:

إن عمليات التنظيم لدخول المشغولات إلى الآلة وتقسيم كميات المنتج المراد تعبئتها في آلة التعبئة والتغليف هي من أكثر العوامل الحاسمة في نجاح أو إخفاق تصميم آلات التعبئة والتغليف اليوم.

هل تؤثر سلسلة الحركة على وثوقية جهاز التنظيم؟

حركة جهاز التنظيم (بداية ونهاية) قد تشمل تغيير خطوة، وقد تكون متقطّعة وخالية من الإهتزاز لكن لاخطّية، أو خالية من الإهتزاز وخطية. وعلينا أن نقرّر على أساس القوى الفعالة ماهي وظيفة الحركة التي يمكن أن تكون مقبولة لتناسب المهمة المدروسة.

Damascus University



سلاسل حركة بوظيفة "تنظيم" للتلقيم بالمشغولات:

في المخططات نفترض أن:

a تسارع، S مسافة،

t زمن، v سرعة

ونرى في الشكل ثلاثة حقول شاقولية حيث الحقل اليساري هو لأسلوب التلقيم مع وجود هزة في البداية والنهاية، اما الحقل الأوسط فهو لأسلوب التلقيم مع حركة خالية من الصدمة لكن غير خالية من الاهتزاز، أما الحقل الأيمن فهو لأسلوب التلقيم وفق حركة خالية من الصدمة وخالية من الاهتزاز.

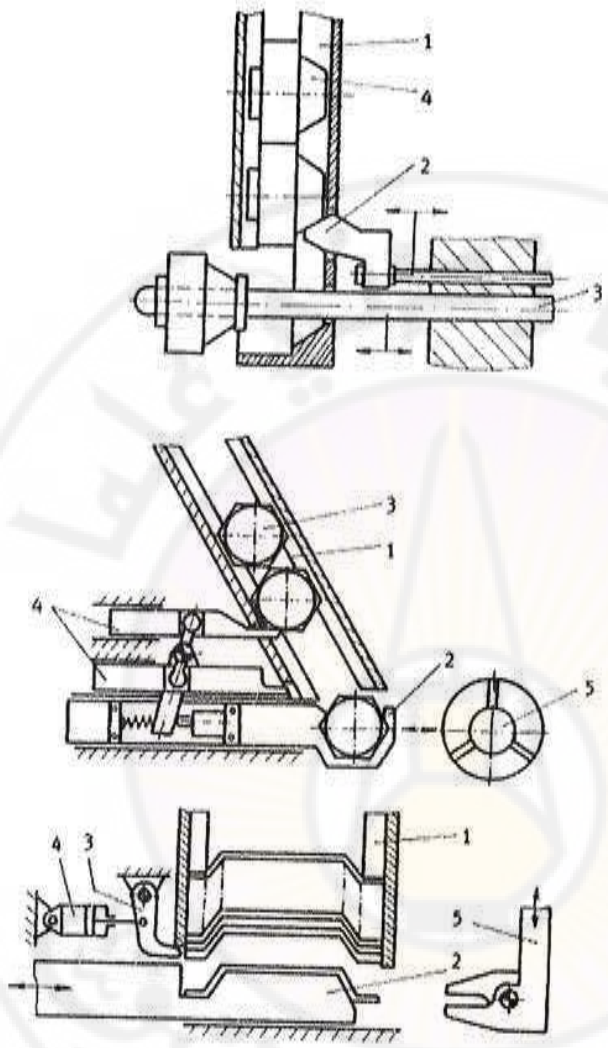
ونرى عناصر الأمثلة على الشكل كما يلي:

1 محرك كابح

2 كامة تحويل
3 المرفق القائد
4 مخزن عمودي
5 المشغولة
6 مزلق تنظيم
7 جنزير تنظيم
8 أداة تنظيم دوّارة ببرغي على شكل حلزون أرخميدس، 9 طاولة دوّارة بقمة أسطوانية، 10 جهاز تنظيم بشكل قطاع دائري، 11جهاز تنظيم أسطواني.

كيف يجب أن نصمم أجهزة التنظيم للمشغولات الثقيلة والصغيرة ؟

في حالة المشغولات الثقيلة، فإن المشغولة التي ستدرس يجب أن تحرّر من قوى أوزان المشغولات الأخرى المؤثرة عليها في المخزن. وهذا يمكن أن يحقق بإستعمال حاجز مشغولة أحادي أو ثنائي الفعل يعمل بأسلوب ميكانيكي أو هوائي. وهذا لن يخفف الوزن ولكن يؤمن الإطلاق التدريجي للمشغولة التالية.



مثال 1:

جهاز تنظيم مع حاجز:

للتزويد بالمشغولات ذات السطوح الأسطوانية الشكل ويتالف من:

1 مخزن عمودي، 2 حاجز،3 عمود تنظيم، 4 المشغولات

مثال 2:

منزلق تنظيم مع حاجز مضاعف:

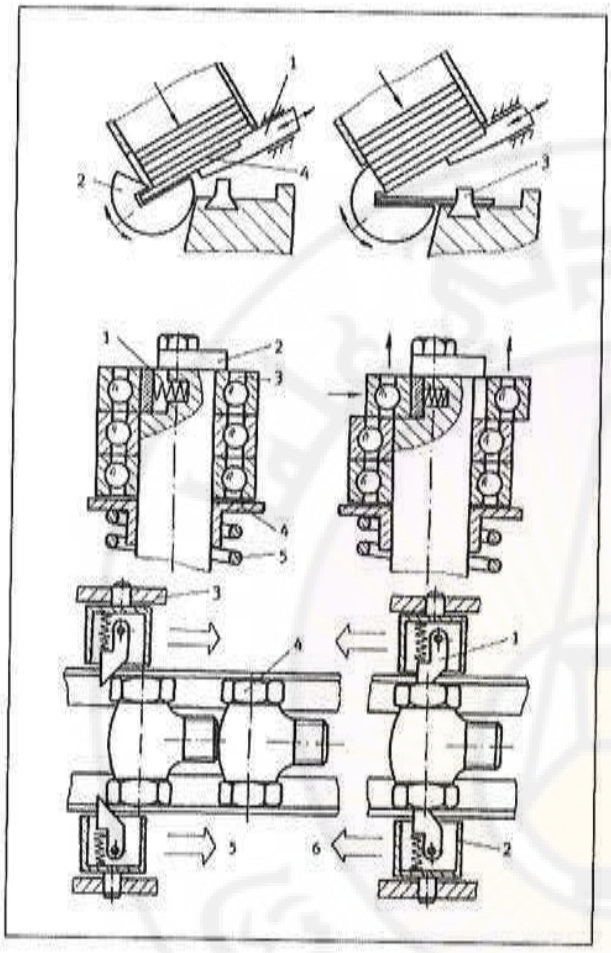
ويستخدم مثلاً لتلقيم مشغولات على شكل الصواميل مثلاً
ويتألف من:
1 مخزن عمودي
2 منزلق تنظيم
3 المشغولة
4 حاجز للقفل بالتناوب
5 نقطة تثبيت

مثال 3:
جهاز تنظيم للمشغولات الضعيفة:
مثل صحون الوجبات السريعة أو أغطية العلب الرقيقة ويتألف من:
1 مخزن عمودي
2 منزلق تنظيم
3 حاجز
4 أسطوانة هوائية
5 لاقط لنقل المشغولة

هل يؤثر شكل المشغولة في تصميم جهاز التنظيم؟
نعم بكل تأكيد، حيث يجب أن تتطابق أجهزة التنظيم في أغلب الأحيان مع المشغولة المدروسة واتجاه الالتقاط. والإيضاحات التالية تعرض مرحلتين مثاليتين لعملية التنظيم.
مثال 4:
منظم المشغولات المسطّحة:
1 منزلق تنظيم
2 قطعة تدور
3 منزلق للتغذية إلى الآلة
3 المشغولة

مثال 5:

منظّم المحامل الكرويّة:



من مخزن النظام، تسحب المشغولة من فوق من قبل روبوت صناعي مثلاً بسحبه إلى اليمين ورفعه إلى الأعلى ضاغطاً بذلك اللقمة النابضية الضاغطة عليه من الداخل والنابض في أسفل المخزن يرفع المشغولات الباقية للأعلى لتعويض المشغولة التي سحبها الروبوت.

1 لقمة محمّلة بنابض
2 صفيحة توقّيف للمشغولات
3 المشغولة
4 قاعدة استناد نابضية
4 نابض

مثال 6:

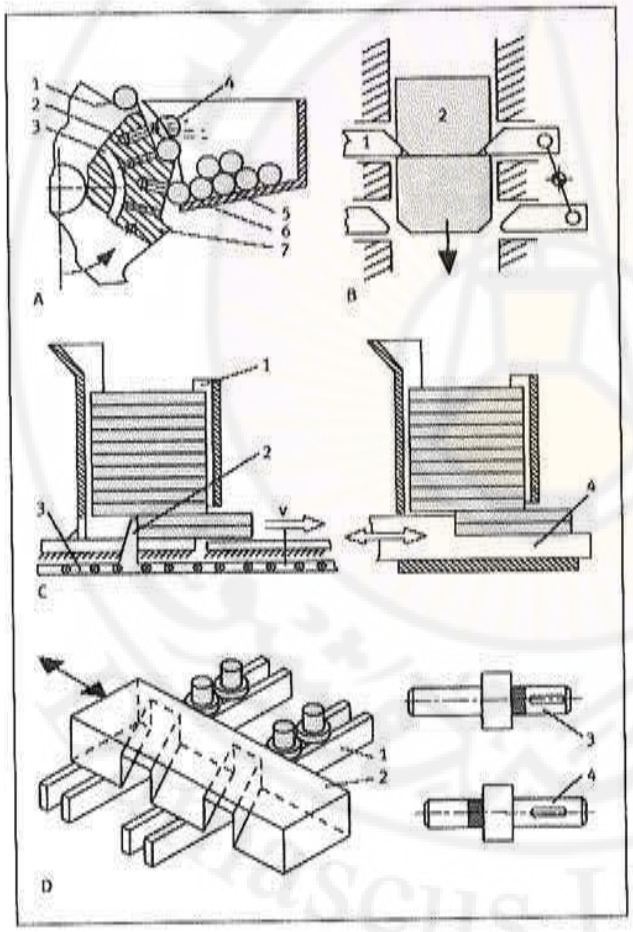
منظّم التزويد بوصلات الأنابيب:

(قطع بشكل T)
1 ماسكة محمّلة بنابض
2 غطاء
3 وصلة قيادة
4 المشغولة
5 شوط العودة
6 شوط تقدم المنظّم

ما النقاط الواجب أخذها بالحسبان فيما يتعلق بالتوزيع؟

في حالة الموزّع الدوّار A، فإن المقسم القائد يصمّم لتأمين وظيفة لاقط موثوق به للمشغولات الصحيحة التوضع والعدد بينما يقذف المشغولات الفائضة بواسطة نفخ

الهواء المضغوط من الفتحة المخصصة لذلك (الفتحة 2). وهذا منفّذ بإستعمال الهواء المضغوط، بينما تكون مشغولة واحدة في الوقت نفسه محمولة بالإمتصاص (الفتحة 3). وحيثما يكون بالإمكان إستخدام القفل بالتناوب (اللسين 1) فيجب أن نستفيد من تضاريس شكل المشغولة (2) لتحقيق ذلك، كما يظهر في المثال B. المشغولات ذات مركز ثقل متماثل تقريبا تميل إلى الإنزلاق عندما يؤثّر عليها منزلق الملقم (2)، كما في الشكل C. واللسان (4) المنزلق ضمن قناة الملقم يتفادى التأثيرات الصعبة للمشغولات المرتبة فوقه. في الشكل D موضح تصميم لجهاز تقييس المشغولات الصحيحة التصنيع حيث تنقلب المشغولة المصنعة بشكل خاطئ أثناء حركة المنزلقة 2 ذات المجاري المائلة.



A أداة تنظيم دوّارة:
1 المشغولة ممسوكة في الموقع
2 قناة هواء مضغوط
3 قناة هواء ماص
4 المشغولة التي ستقذف
5 المشغولات المخزّنة
6 مخزن الكومة
7 دوّار

B جهاز تنظيم الانزلاق:
1 منزلقة المنظم
2 المشغولة ذات ثلمة على السطح

C جهاز تلقيم ثنائي:
1 مخزن عمودي
2 منزلقة الملقم
3 جنزير ذو دحاريج دوّارة
4 مزلق
v سرعة الملقم = سرعة الجنزير

D جهاز تقييس بقناة مائلة:
1 مسار التغذية، 2 مزلق التقييس بالقناة المائلة
3 المشغولة التي ستنقلب أثناء

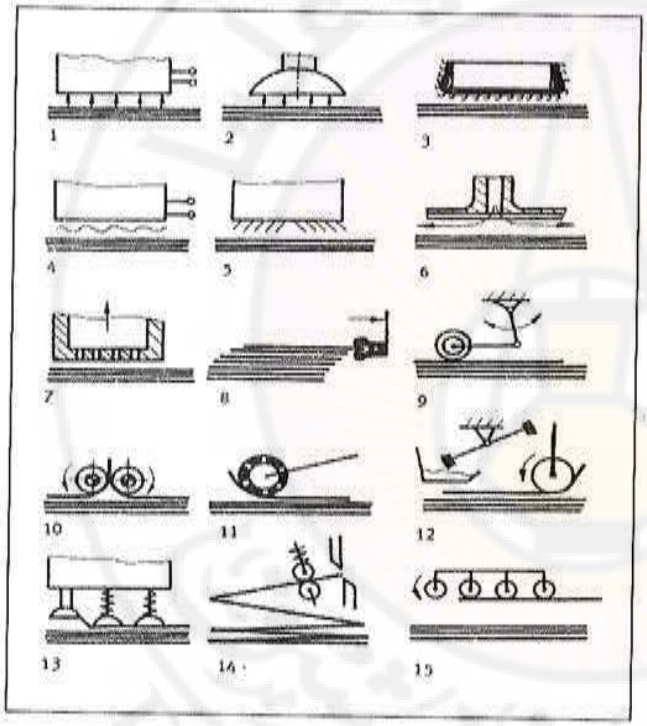
التقييس إذا كانت مصنّعة بشكل خاطئ
4 المشغولة مصنّعة بشكل صحيح

كيف يمكن فصل المطبوعات الرقيقة وأوراق القصدير والصفائح المعدنية والورقية والمنسوجات؟

المشغولات الرقيقة يمكن أن تفصل وتقاس بالدمج ما بين القوة والشكل أو المادّة. وهذا صعب خصوصاً للمشغولات النسيجية الثنائية الأبعاد.

فصل المطبوعات الرقيقة يتم بإحدى الطرق التالية:

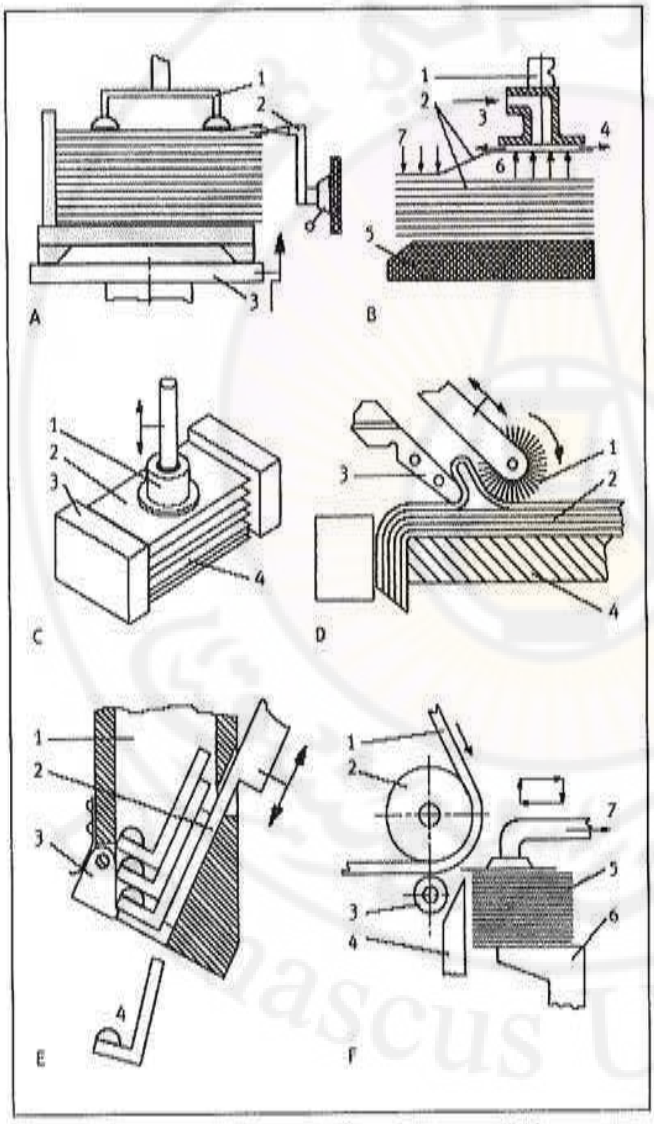
1 إلكتروستاتيكي
2 امتصاص بالفاكيوم
3 مثبت بطبقتين
4 تجميد
5 لواقط إبرية
6 تناقض الستاتيك الهوائي(الخلخلة)
7 فاصلة بامتصاص الهواء لورقة حريرية
8 متعاقب التوقف واللقط
9 دفع بواسطة أسطوانة متمفصلة
10 أسطوانة سحب
11 أسطوانةامتصاص هواء
12 أسطوانة لاصقة
13 كأس امتصاص محمّل بضغط نابض
14 قطع محليّ بدلا من التنظيم
15 ناقل أسطواني مغناطيسي



فصل المشغولات المسطحة:

كيف نساعد في تنظيم المواد المسطحة الرقيقة؟

من الصعب فصل المواد والمشغولات الرقيقة كالورق أو البلاستيك بسبب أنها قد تلتحم مع بعضها. وهذا الفصل يمكن أن يحسّن باستعمال مساعدات مختلفة، على سبيل المثال بنفخ الهواء المضغوط بين الطبقات العليا، بتوليد مناطق اختلاف بالضغط ، أو توليد قوى تنافر بمغنطيسات موزّعة. بواسطة الأدوات الميكانيكية والتي يمكن أن تستعمل فتحات خروج دقيقة وحافات توقّف كمصدات.



A فصل الصفائح الرقيقة:

الهواء يمكن أن ينفخ بعدّة فوهات حول المشغولة بشكل كامل.

1 كأس امتصاص

2 فوهة هواء

3 القاعدة التي ترفع الجهاز

B فاصل هوائي:

1 رأس القابض

2 منسوج مسطح

3 التزويد بالهواء المضغوط

4 خروج الهواء

5 طاولة كتيمة

6 منطقة امتصاص

7 منطقة ضغط جوّي

C مغناطيسات موزّعة كمساعدة للفاصل:

1 كأس امتصاص

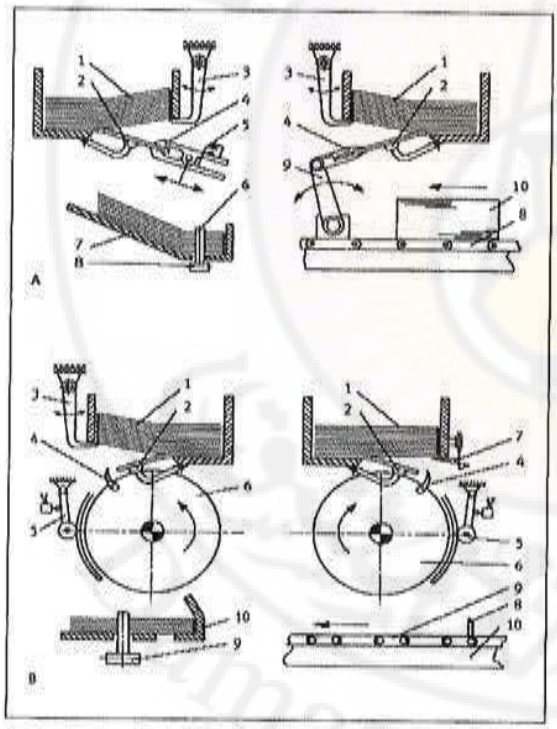
2 المشغولة العائمة العليا (ورقة حديدية)

3 مغناطيس موزّع

4 كومة من الأوراق

D فرشاة دوّارة كمساعدة للفاصل:

1 فرشاة دوّارة
2 كومة منسوج 3 محور قبضة عكسية 4 سطح طاولة
E مخزن وفاصل للسبانك المتلامسة:
1 مخزن 2 منزلق المخزن 3 أداة احتجاز 4 المشغولة
F فصل البطاقات:
1 سير 2 أسطوانة موجّهة 3 أسطوانة ضغط 4 حدّ سكين كحاجز 5 كومة بطاقات 6 أداة رفع 7 امتصاص هواء(فاكيوم).
فصل الطبقات الورقية:
كيف يمكن فصل طبقات الورق؟
خصوصا في تجليد الكتب الصناعي، هناك حاجة لفصل وجمع المنفرد والمطوي من الصفحات الورقية. إن بعض أزمنة الدورة المدهشة منجزة بالواقع- على سبيل المثال، 250 إلى 350 مشغولة بالدّقيقة في الأنظمة الدوّارة. أسطوانات القابض (على أية حال) لا تدور بسرعة ثابتة - فهي تخفّض عند لحظة الإمساك. تعبر الصناديق المجمّعة عموما وحدات تنظيم عديدة حتى تجمع كتلة كتاب.



A تنظيم وتجميع:
باستعمال مكوّنات ناقلة
1 كومة في المخزن
2 كأس امتصاص متمحور يستعمل لفصل الطبقة السفلية من الكومة
3 دعامة كومة متحرّكة
4 قابض ملقط
5 مراقبة لإغلاق العملية (مراقبة لعدم وجود مشغولات / لوجود مشغولتين)
6 قائد
7 قناة تجميع
8 جنزير ناقل في المجمّع
9 ذراع قابض
10 صندوق تجميع
B تنظيم وتجميع:
باستعمال المكوّنات الدوّارة
1 كومة في المخزن
2 كأس امتصاص متمحور
3 دعامة كومة متحرّكة

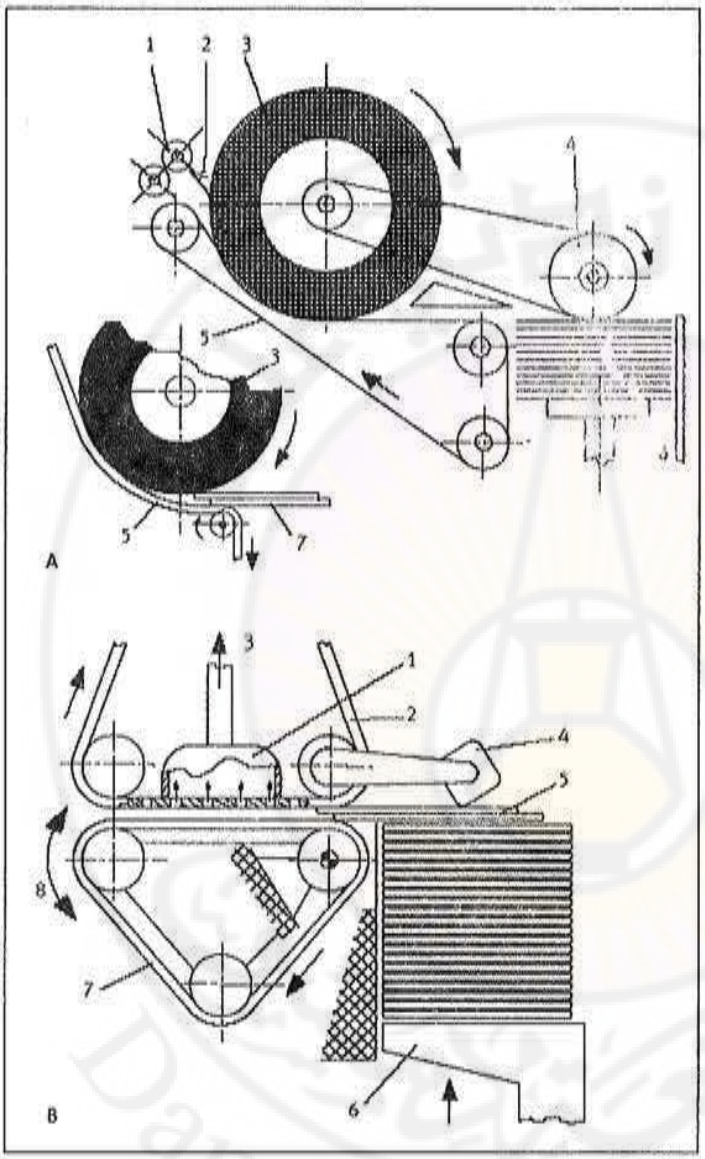
4 لاقط مثبت
5 مراقبة لعدم وجود مشغولات / لوجود مشغولتين 6 أسطوانة قابضة 7 دافع دودي فاصل 8 دبّوس قائد 9 جنزير ناقل 10 قناة تجميع

فصل قطع المشغولات الرقيقة:

ما هي المشاكل المرتبطة بفصل قطع المشغولات الرقيقة؟

في أغلب الأحيان، الطريق الفعّال الوحيد لفصل القطع الرقيقة من المشغولات هو باستعمال الاحتكاك، إنّ المشكلة الرئيسية هي إذن الإمساك الخلفي للمشغولات المتبقية في الكومة. وقد طورت أدوات متقدمة جدا وأنتجت في هذا المجال للتغذية الآلية بالبطاقات المثقوبة. هذه الحلول يمكن أن تستعمل اليوم للأغراض الأخرى في شكل مماثل أو معدّل.

Damascus University



A الفصل بالاحتكاك:

1 أسطوانة قائدة للإرسال
2 صفيحة دليلية
3 أسطوانة سحب
4 أسطوانة منظمة
5 سير ماسح معاكس للدوران
6 مخزن رافع
2 الإمساك الخلفي بالمشغولة الثانية

B فصل مركّب:

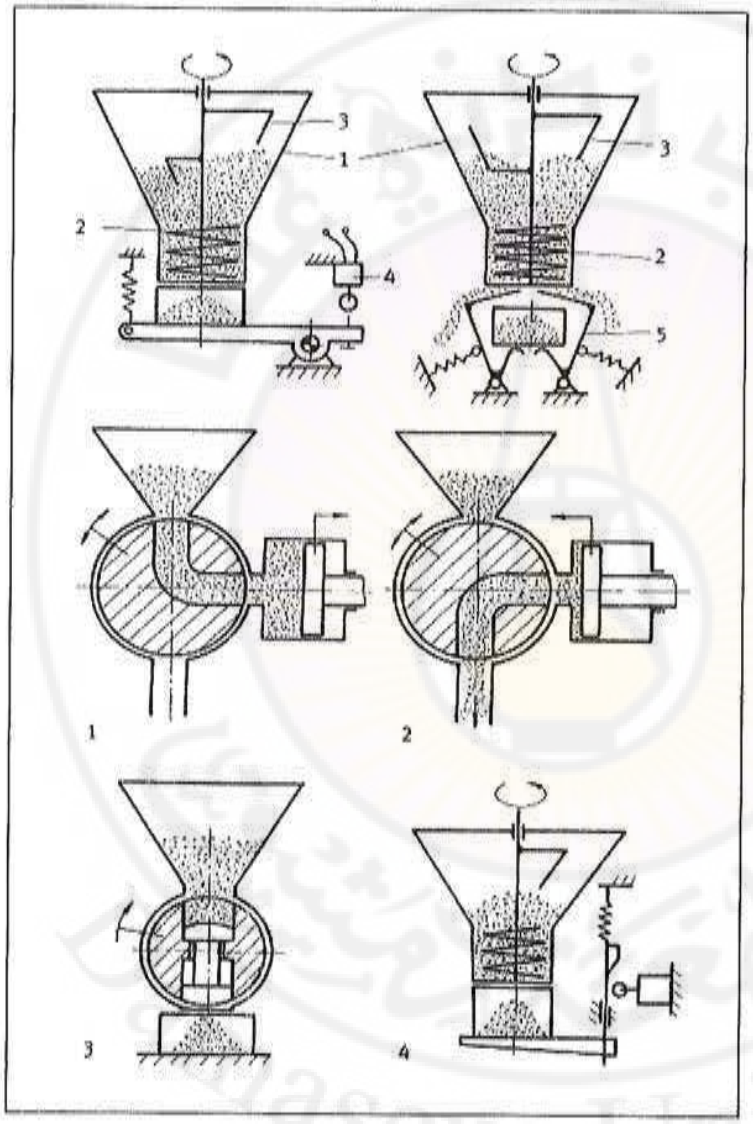
1 وعاء امتصاص
2 سير نقل مثقّب (نافذ إلى هواء الامتصاص)
3 اتصال مع مصدر هواء الامتصاص
4 كامة لسحب المشغولة العليا
5 المسك الخلفي للمشغولة
6 مخزن رافع
7 سير مرجع
8 سنادة تعليق للسير المرجع

Damascus University

ما هي المتغيرات الفيزيائية المستخدمة كأساسيات في التقسيم؟

التقسيم يعتمد على أساسيات هي الكتلة أو الحجم أو عدد الوحدات.

التقسيم وفق الكتلة يأخذ شكل المقارنة المباشرة للكتلة على وزن الأدوات، والتقسيم وفق الحجم يقيس حجم معين(كتلة = حجم x كثافة، على افتراض أنّ الكثافة ثابتة)، بينما التقسيم وفق الوحدة فيحسب عدد معيّن من الوحدات (كتلة = عدد الوحدات x كتلة الوحدة).



مثال 1:

تنظيم وفق الكتلة:

1 خزان
2 ناقل لولبي
3 أداة تقليب وخلط
4 أداة إغلاق
5 سد الغطاء

مثال 2:

التنظيم وفق الحجم:

1 مرحلة امتصاص : أداة تقسيم مكبسية معايرة
2 مرحلة الحقن
3 مكبس إسقاط
4 إيقاف وضبط المنسوب

Damascus University

16-12- الفرز القابل للبرمجة في تقنيات التغليف والتعليب:

هل بالإمكان فرز وتدقيق المشغولات في جهاز وحيد؟

في التطبيقات التي تتضمّن التغذية بمشغولات ذات كمية كبيرة، فإنه يفضل في أغلب الأحيان ليس فقط أن نضمن التوجيه الصحيح للمشغولات ولكن أيضا أن نضمن التدقيق لميزات المشغولة المهمة. وواحدة من طرق العمل تلك هي أن تستعمل أنظمة التغذية الكلاسيكية لكن بإضافة نظام كشف إلكتروني بصري. إذا كان من الممكن أن يبرمج نظام الكشف هذا للميزات الصغيرة، فإنه يمكن أن يستعمل في أجهزة التصنيف المرنة (على الأقل لمجموعة مشغولات). النظام يمكن أن "يعلّم" من النسخة الرئيسية على المشغولات، ويمكن أن يقيّم بحدود 2500 من عناصر صورة ظلية للمشغولات في نفس اللحظة.

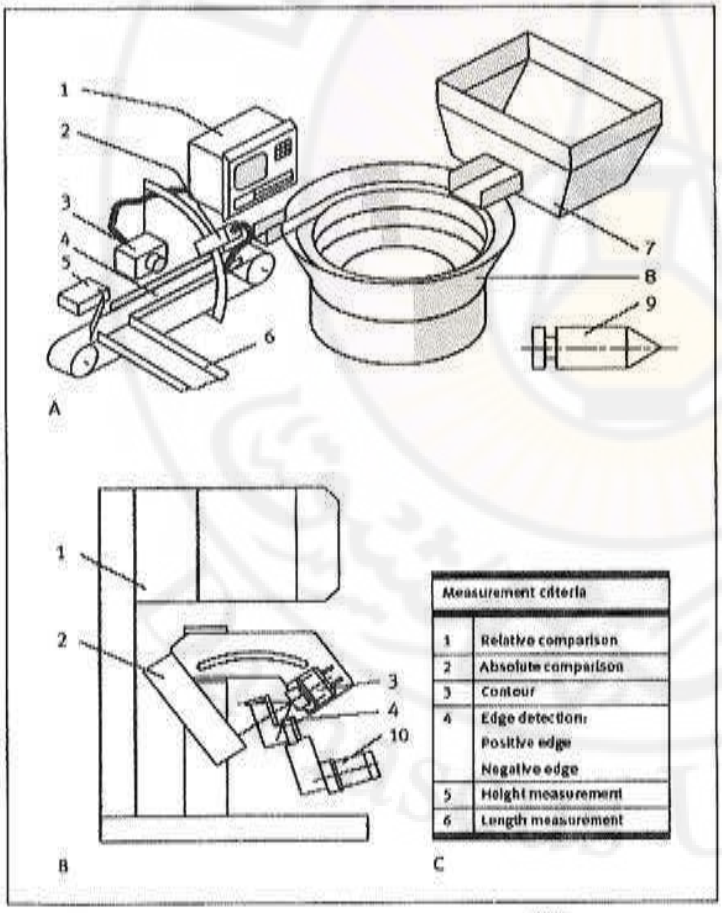
A النظام الكامل للتصنيف والتدقيق:

B منظر جزئي من نظام الكشف:

1 جهاز تحكم وبرمجة
2 إضاءة
3 آلة تصوير
4 سير ناقل
5 محرف للاستبعاد
6 قناة مائلة للتصريف
7 خزان أولي
8 قصعة هزاز حلزوني
9 المشغولة
10 قائد السير الناقل

C برنـــامج لمعـــايرة المقياس:

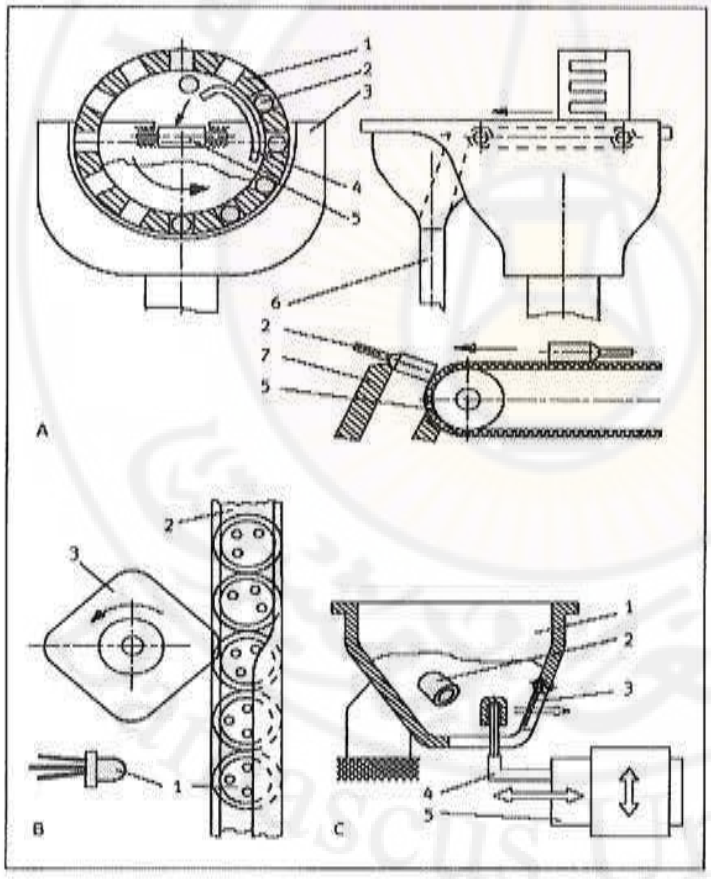
1 مقارنـــة الإرتفاعـــات بالطريقة النسبية
2 مقارنـة الارتفاعات مع أبعـاد مرجعيـة بالطريقـة المطلقة
3 مقارنة كلّ نقاط القياس (قيمy , x)



4 تحديد دقيق ل x بعد المشغولة مع الفجوة
5 قياس ارتفاع المشغولة بأي عدد مطلوب من النقاط المعرّفة بشكل منفرد
6 تحديد الطول العامّ للمشغولة

ما المكوّنات الأساسية التي يمكن أن تستعمل للترتيب؟

ان الترتيب يمكن أن ينفّذ بإستعمال كلّ أنواع المكوّنات. الميزّة المثالية لأجهزة الترتيب هي أنّ المكوّنات تلزم للتزويد بحركات مستمرة أو متقطّعة. في المثال الأول تحت، ترتيب منفّذ في مرحلتين - توجيه معتمد على المحور الطولي للمشغولة، يتبع بعكس المشغولات الموجهة بشكل خاطئ والذي يكتشف بتصميم السطوح الأمامية. تستعمل هذه العملية إنحراف مركز الثقل. في حالة الترتيب لعناصر الدايود الضوئي في المخزن، يدوّر دوّار لامركزي المشغولات في خطوات حتى تصل للتماس معالأقطاب الكهربائية في موقع معيّن من صفيحة التوجيه. في المثال الثالث، المشغولة المثقوبة تنسحب من الصندوق. تمنع قطعة حائط مطاطية ملتقطة بالشكل الصحيح المشغولات الأخرى من المتابعة.



A الترتيب في صندوق دوّار:
1 دوّار مثقب
2 المشغولة
3 صندوق
4 صحن الإحتفاظ
5 سير ناقل
6 أنبوب مخرج للمشغولات المرتبة
7 حافة توقّف لعكس المشغولات

B الترتيب في مخزن:
1 المشغولة (أداة إلكترونية مصباح دايود ضوئي)
2 عمود المخزن
3 دوّار
4 صحن الإحتفاظ

C الترتيب بالالتقاط من الكومة:

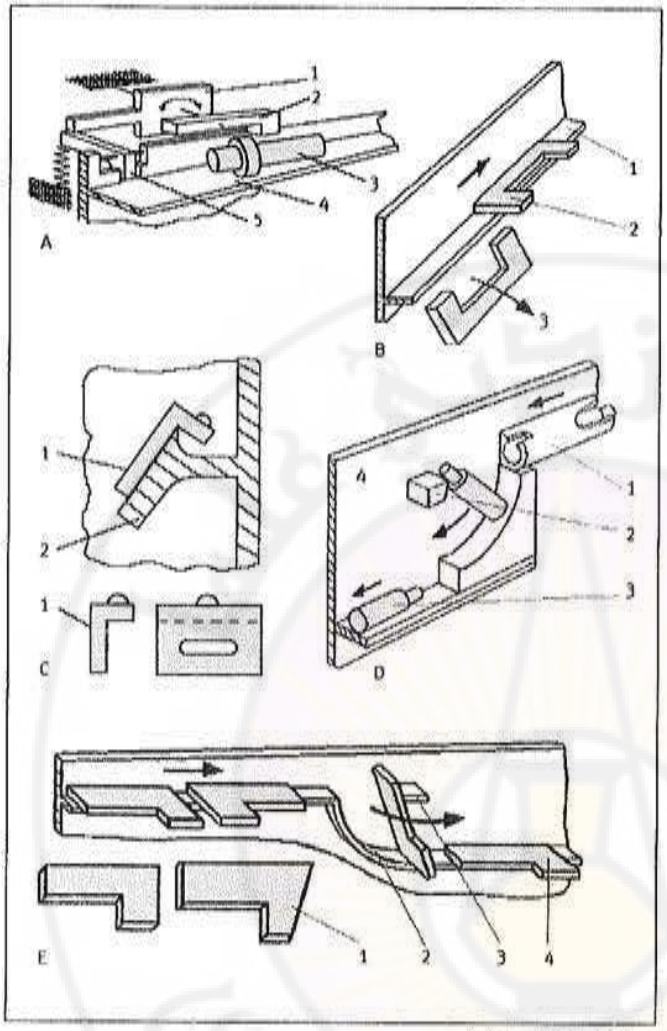
1 الصندوق
2 المشغولة
3 قطعة حائط كاوتشوك مشقوقة
4 لاقط خطّاف
5 محاور تحريك خطيّة (X,Y)

الترتيب بأجهزة الشكل:

ما مكوّنات الناقل التي يمكن أن تستعمل لمساعدة الفرز الميكانيكي في الناقل الهزاز؟

بالرغم من أن هناك فقط بضعة أشكال أساسية للمشغولات فإن هناك العديد من الأشكال المختلفة لأيّ من الحلول وهي بسيطة جدا في أغلب الأحيان. أكثر الأشكال ستتطلّب في الحقيقة تمحيص أثناء المرحلة التجريبية قبل أن تنفذ بشكل كامل، لكن حالما ينجز هذا فإن نتائج آلية الفرز في أكثر الحالات غير معقدة.

Damascus University



A عتلة مفصلية:

عتلة مفصلية 2 تتارجح سويّة مع النظام الرئيسي. إذا كانت حركتها مقيّدة كالمشغولة 3 المارّة خلال المسار اللولبي 4، وهذا يسبّب تغيّراً في ردّ فعل عتلة اللافظ 5 .

1 عتلة نقل

B الحافة المائلة:

1 هزّاز حلزوني

2 المشغولة في الموقع "الصحيح"

3 المشغولات في الموقع "الخطأ " وسوف تميل إلى السقوط

C سكّة تعليق:

1 المشغولة معلّقة في الموقع "الصحيح"

2 هزّاز حلزوني

D دعامة الصف:

1 أنبوب ببروفيل مفتوح في التغذية الداخلة

2 حافة الدعامة، تشارك بالتأثير فقط مع المشغولة المصطفة بشكل خاطئ

3 مشغولة مصطفّة بشكل صحيح

4 جدار الهزّاز

E دعامة الصف:

1 أشكال المشغولات

2 إمالة المنطقة في الهزّاز الحلزوني

3 حافة الدعامة

4 المشغولة المصطفّة بشكل صحيح

Damascus University

أيّ ميزّات للمشغولة يجب أن تستغلّ للفرز؟

كلّ جسم لـه الكثير من الميزات. ولأغراض الفرز، نختار الميزات التي يمكن أن تستعمل للحصول على نتيجة موثوقة في الكلفة الدنيا.

الطرق الميكانيكية رخيصة لكن غير مرنة عادة. لأن أكثر الحركات الحرة للمشغولة معقّدة، وبالتالي تصبح عمليات الفرز غير موثوق فيها بشكل أكبر. والجواب في أكثر الحالات هو أن تزوّد مراقبة للنتائج بشكل أكبر.

الفرز بإستعمال فتحات بالبروفيل:

1 مزلق هزّاز

2 ماسحة

3 إعادة المشغولات الموجّهة بشكل خاطئ

4 حركة اهتزازية

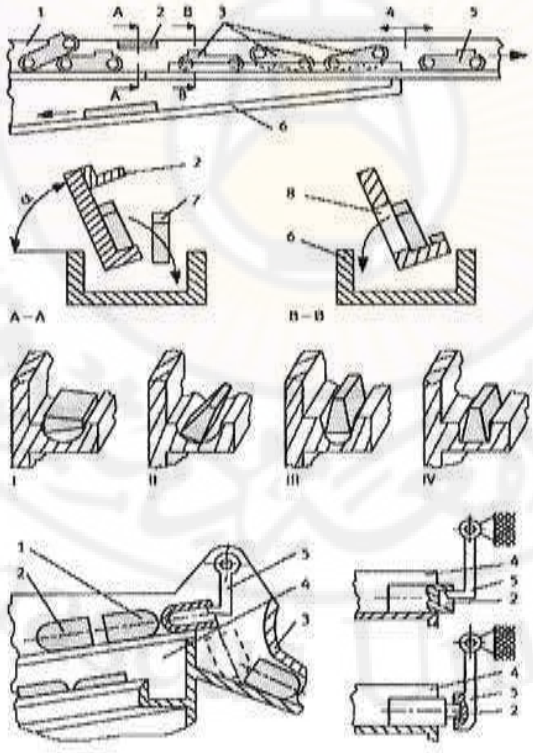
5 مشغولة موجه بشكل صحيح

6 مسار عودة للمشغولات الموجهة بشكل خاطئ

7 المشغولة المقذوفة

8 فتحات البروفيل للمشغولات الموجهة بشكل خاطئ (3 نوافذ بالتعاقب)

α زاوية (تقريبا 70 °).



الفرز في مجرى مشكّل:

هذا يستغلّ تأثير مركز الثقل. يفترض بأن المشغولات تتوضع في الموقع الصحيح بشكل تدريجي. الأشكال من I إلى IV تظهر سلسلة التوجيه.

الفرز باستعمال خطّاف قبض للمشغولات الموجّهة بشكل خاطئ تعلّق وتدوّر.

1 المشغولة موجهة بشكل صحيح

2 المشغولة موجه بشكل خاطئ

3 قناة تفريغ

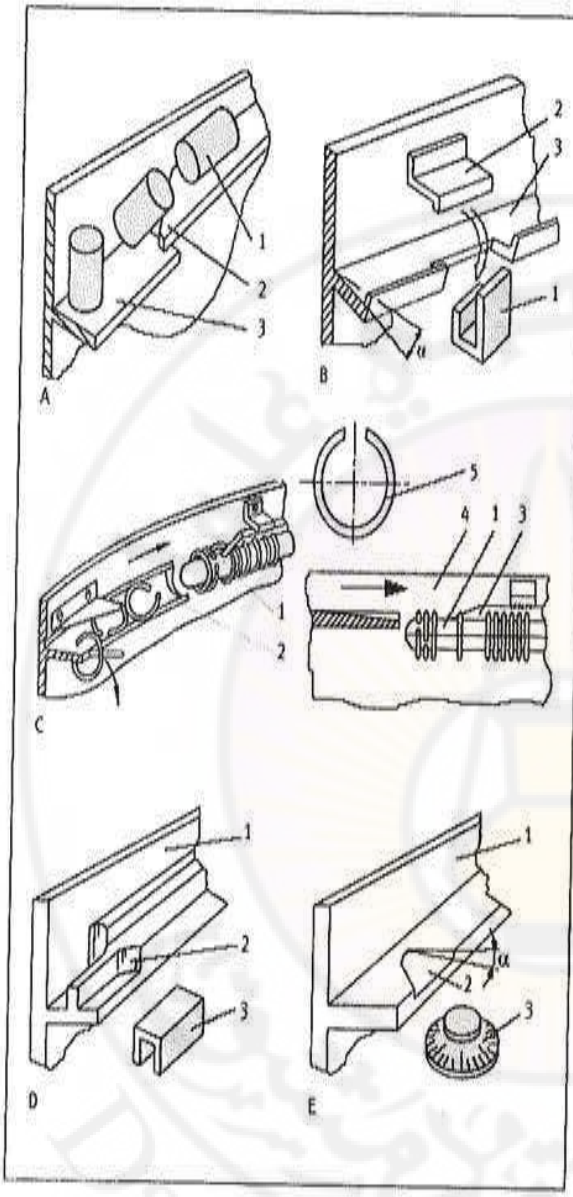
4 جهاز هزّاز

5 خطّاف قبض وقلب للمشغولة ذات التوضع الخطأ

الفرز في هزّاز:

كيف يمكن التحايل على التصميم لتزويد وظيفة الفرز ضمن الهزّازات؟

وجد هناك عدّة طرق لاستعمال ميزات الفرز بجعل المشغولات تميل، لتسقط أو تصف نفسها. يظهر المثال طريق غير عادي من فرز الحلقات المفتوحة. تمرّ المشغولات من المسار المستوي إلى مجرى وثمّ تعلّق على ممسك. تدور البعض من الحلقات على الممسك حول محورها الخاص حتى الفجوة الحلقية في الحلقات وتتراصف بصفيحة معدنية رقيقة.



A أسطوانات تقف في النهاية:

1 المشغولة

2 الحافة لإنتاج الميل ضدّ الحائط الخارجي

3 هزّاز حلزوني

B فرز المشغولات ذات الزاوية: القائمة بالجوانب الغير متساوية الطول

1 المشغولة

2 الإبقاء للمشغولة بالحصر

3 مسار قلب المشغولة المائلة بالفتحة

C فرز حلقات الزنق المفتوحة:

1 ممسك مخزن

2 مخرج المجرى

3 صفيحة معدنية رقيقة

4 هزّاز

5 المشغولة

D فرز المشغولات ذات الزاوية القائمة بجوانب متساوية الطول :

1 صندوق هزّاز حلزوني

2 منطقة حلزونية أنتجت بالتفريز

3 المشغولة

E الفرز بعقد توجيه حادة بشكل تدريجي:

1 صندوق هزّاز حلزوني

2 مسار منزلق ملائم للمشغولة

3 مشغولة موجهة بشكل صحيح

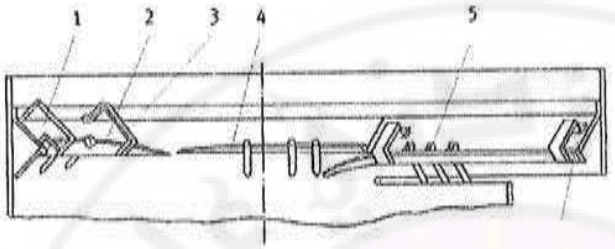
Damascus University

كيف يمكن فرز ماسك المنصهرة في هزّاز؟

وسيلة مجهّزة للمشغولات لكي تعلّق في شقّ عرضه mm0.5. المشغولات التي تخفق في انجاز هذا تسقط عائدة إلى الصندوق. والمشغولات بعد ذلك تلتقط من قبل حافة معلّقة، يتبع ذلك النقل إلى المخزن المشقوق.

مثال:

المشغولة



1 حلزون مائل

2 الجزء الأخفض من الحلزون

3 حاجز

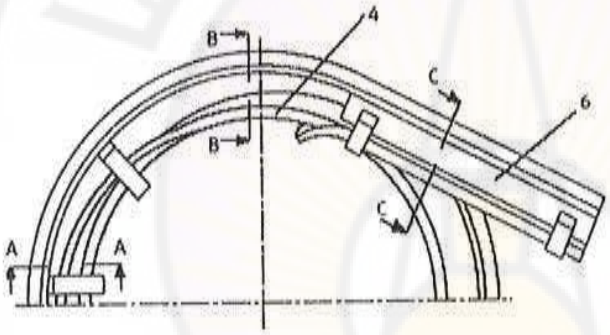
4 حافة معلّقة

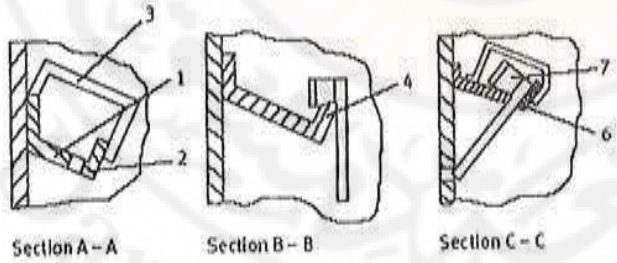
5 مشغولة مفروزة

6 مخرج المخزن

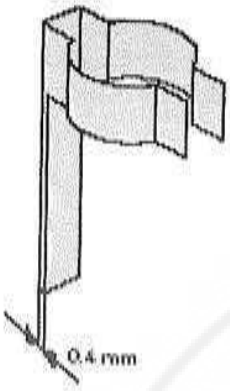
7 المشغولة

تقريبا 20 % من المكوّنات المحمولة تخرج من الهزّاز في حالة مفروزة.





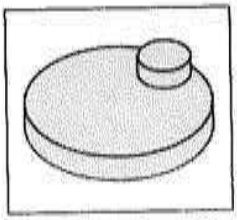
تقنية المناولة:

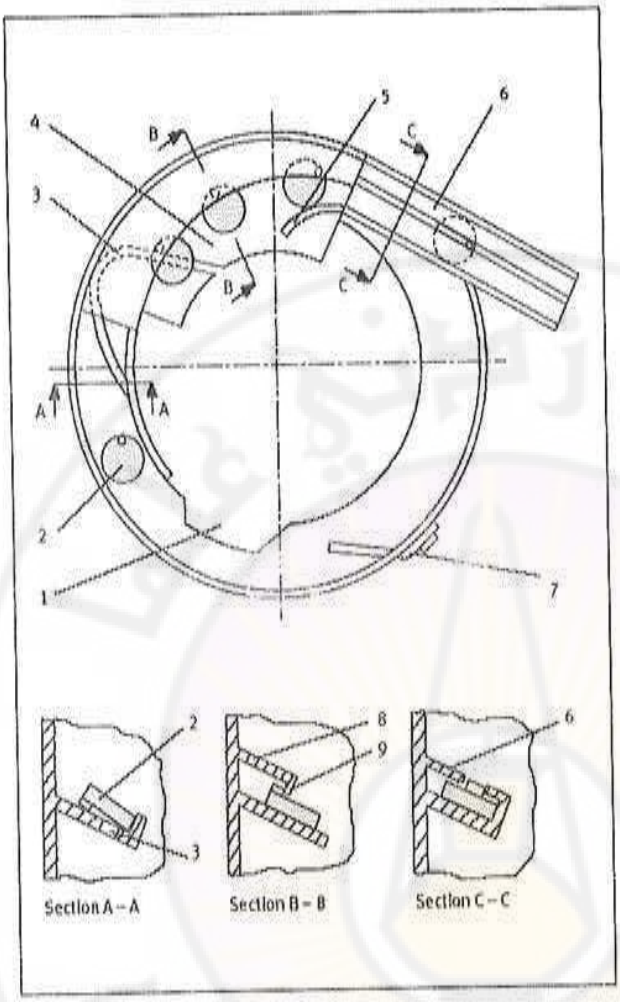


ما مكونات الفرز التي يمكن أن تستعمل مع الميزات السطحيّة الصغيرة؟

للطبعة التي تظهر تحت والمشغولات المماثلة، يمكن أن تزوّد لها حافات دليلية والتي تحشر وتخطط وتعلّق الخ. وبالتالي يمكن أن ترتب نفسها. المشغولات الموجهة بشكل خاطئ يجب إذن أن تكون مزالة عن طريق فصل مسار الدليل لكي نحصل على التوجيه الموحّد في الخروج.







مثال:
المشغولة:
1 شقّ
2 المشغولة
3 شقّ دليلي للسماح بخروج المشغولات الموجهة بشكل خاطئ
4 سطح دعم مائل
5 دليل مقوّس لإنجاز توجيه الزرّ أولاً
6 مسار هبوط مغطّى
7 ماسحة عامودية
8 صفيحة تغطية
9 حافة توقّف للزر

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السابع عشر
النقـــل ضمـــن المصنـــع

1-17 - أتمتة التخزين وإخلاء الرايش:

في بناء الآلات تعدُّ عملية أتمتة شبكة النقل في المصنع من أهم المهمات. فهي تعطي كفاءة في نقل المشغولات أثناء سير العمل، المشغولات نصف المنتجة، المجموعات نصف المجمعة، والآلات نصف المجمعة من مكان عمل إلى آخر وبين عمليات الإنتاج المتتابعة في مختلف الورشات والدوائر، ومن ساحات التخزين وإليها.

إن عدد عمليات المناولة والنقل، حجم البضائع وأوزانها، المواد والفضلات الناتجة والمطلوب نقلها كبير جداً حتى ولو في المصانع الصغيرة، مثل هذه الوظائف إلى حد كبير تنفذ على الأغلب يدوياً أو بمساعدة وسائط ميكانيكية تشغل يدوياً.

لرفع الإنتاجية في الإنتاج فإنه من الملائم سد الثغرة ما بين القاعدة الإنتاجية العالية نسبياً والمستوى التقني المتدني لعمليات النقل في المصانع، وعمليات المناولة والتخزين التي تتطلب القيام بعمل كثير.

إن شبكة النقل في المصنع يمكن تقسيمها إلى الشحنات المنقولة خارج حدود المصنع، النقل في المصنع، النقل في المخازن وعلى الأرض ووسائل المناولة.

إن وسائل النقل خارج المصنع للشحنات تعطي المصنع القرب من أقرب خط حديدي، ميناء بحري أو نهري يربطه مع المصانع الأخرى التي يمكن أن يعتمد عليها سواء أمن حيث شحن البضائع أم مكامن المواد. هذه الوسائل هي غالباً سكة حديد أو سيارات شاحنة. أما شبكة النقل الداخلي في المصنع فهي تعطي إمكانية تحريك الأحمال بين الورشات، الإدارات، من منافذ الاستقبال إلى خطوط الإنتاج وإلى ساحات التخزين. هذه أساساً سيارات مناولة، عربات، شاحنات صناعية، شاحنات مقادة بالبطارية، سيور ناقلة، روافع معلقة بمجموعة بكرات أو بخطافات كهربائية، وعدة أشكال من عربات المناولة.

وسائل المناولة في أرض الورشة مخصصة لتحريك ونقل الأحمال من خلال أرض المعمل، ساحات التخزين، آلات التشغيل، محطات التجميع ... إلخ. وهي على الأغلب، شاحنات كهربائية، طاولات وأسرّة متدحرجة، أشكال مختلفة للسيور الناقلة،

الأقنية، الأقنية الهزازة والقفازات، خطافات بمحرك وحيدة السكة، رافعات جسرية معلقة متحركة، وحسب اتجاه حركة الحمولة فإن وسائط النقل في المصنع ووسائط التسليم يمكن أن تعمل وفق مجرى أفقي، عمودي أو مائل. ويمكن أن تصنف أيضاً وفقاً لأسلوب العمل كعمل مستمر أو متقطع واختيار وسائل التسليم يحدد بشكل واسع حسب معقوليتها واقتصاديتها. وهي تعتمد على طبيعة المنتج الجاهز وكتلته وأبعاده، وتنظيم العمل، وطول مسار التشغيل، ومتطلبات التوضع وغيرها من العوامل الخاصة بالمعمل المدروس، وتعتمد بشكل كبير على التحليل الهندسي والاقتصادي لعدد من المتغيرات.

17-2- وسائط النقل ذات التأثير المستمر والمتقطع:

إن النقل المتقطع للأحمال يمكن أن يتم بأشكال العربات المحركة باليد وبالقدرة كافة، والخطافات الكهربائية المعلقة، الخطافات ذات المحرك على سكة واحدة والروافع الجسرية المعلقة، والسيارات ذات المحرك، والعربات ذات المحرك، وسيارات الشحن وسيارات الرفع. والسيور ذات الحركة المستمرة أو خطوة - خطوة هي مثال على نواقل المواد بشكل متقطع فهي تسمح بتجميع الأجزاء معاً بينما يكون المنتج، مثل هيكل مخرطة ثابتة في (الشكل 17-1) موضح مخطط سير ناقل متقطع حيث أجزاؤه الرئيسة هي هيكل ثابت 5، وهيكل متحرك 2 تجميع المشغولة مثلاً هيكل مخرطة 7 يوضع على نهاية التحميل (اليسار) للسير لتسير على الهيكل الثابت 5 بينما الهيكل المتحرك مخفض للأسفل 2 ونقل المشغولة إلى مكان التشغيل التالي يتم بالشكل التالي: الرافعة 6 ترفع الهيكل المتحرك 2. المحرك 1 يشغل ليحرك الهيكل 2 على طول الدحاريج 3 والموجهات 4 خطوة واحدة للأمام (إلى اليمين) أي بالمسافات ما بين محطتي تشغيل، الهيكل المتحرك يخفض عندئذ ليترك المشغولة لعملية التشغيل في المحطة التالية فوق الهيكل الثابت وعندئذ يتحرك للوراء إلى وضعيته البدائية بالمحرك 1 وعندما يملأ السير الناقل، فإن الهيكل المتحرك ينقل كل المشغولات في آن واحد بمقدار خطوة واحدة بحيث يتدحرج المنتج الجاهز أو المجمّع إلى خارج السير من نهاية المخرج فيه.



الشكل (17-1) - مخطط لسير ناقل متقطع

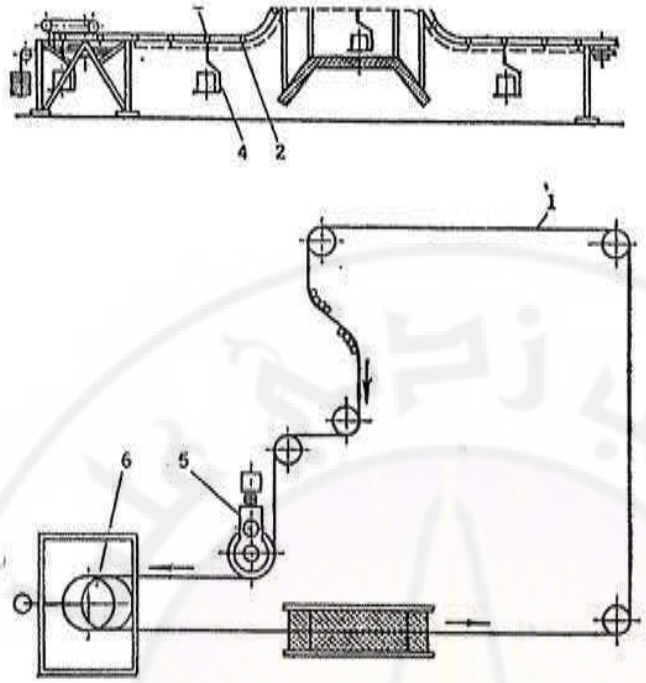
في بناء الآلات، العمل المستمر، تجهيزات المناولة الميكانيكية والنقل تستخدم مباشرة للكتل، الأعداد الكبيرة، وسلاسل المنتجات، وهي على الأغلب سيور ناقلة مختلفة الأنواع، مثل سيور التحميل، المعلقة، المدفوعة، النموذج الأرضي، المقادة بالسلاسل، المقطورة بالسيارة، باللولب أو الحلزون، والسيور الطائرة المخصصة للمخازن الكبيرة والصغيرة، تحريك الأكوام وعمليات غيرها.

المناولة المستمرة للأجزاء من محطة إلى محطة هي نواة طريقة خط النقل التياري في الإنتاج. فهي تقدم تشغيلاً أساسياً للعمليات المترافقة لخطوط الإنتاج، الورشات والمعامل الكاملة وفقاً لدورة الخرج الزمني الثابتة.

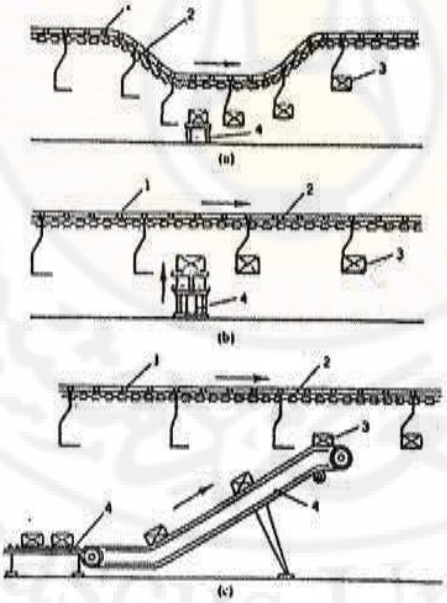
في (الشكل 17-2) موضح مخطط لناقل معلق حيث فيه سلسلة القطر (الشد) 1 تحمل عربات حمولة 2 متوضعة على مسافات متساوية وتسير على طول ناقل مغلق وحيد السكة 3.

وعلى العربات معلقة رفوف أو خطافات 4 مخصصة لحمل حمولة متوضعة عليها أو معلقة عليها. شد السلسلة يعدل بجهاز شداد 6 يقاد بمحرك كهربائي 5.

وبساطة التصميم لهذا الناقل تتجلى في أنه يقدم مرونة خاصة ويسمح بربط عدد كبير من محطات التشغيل، مقاطع ومساحات تخزين محددة من خلال أرضية العمل في الورشة لتمكنها من العمل كمجمع إنتاج مفرد. مثل النواقل هذه يمكن التزويد بها للتحميل والتنزيل الأوتوماتيكي. مخططات عملية التحميل الأوتوماتيكي لناقل معلق موضحة في (الشكل 17-3).



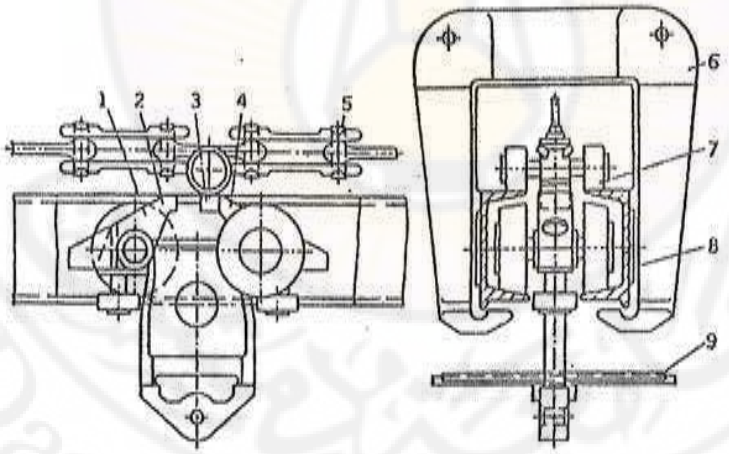
الشكل (17-2) - مخطط لناقل معلق لنقل حمولات يُصغَّـر قليلاً



الشكل (17-3) - التحميل الأوتوماتيكي لناقل معلق

في الشكل الأول (الشكل a_3-17) المقطع 1 لسلسلة الناقل تنحدر العربات للأمام إلى وضعية التقاط وتحميل الخطافات 2 حيث تلتقط وحدة حمولة 3 من طاولة الدحاريج 4. في الحالة الثانية (الشكل b_3-17) يتم التحميل بمساعدة طاولة رفع هيدروليكية أو هوائية 4 التي ترفع وحدة الحمولة إلى وضعية التحميل. وفي الوضعية الثالثة (الشكل c_3-17) فإن تركيبة التحميل الأوتوماتيكي تتضمن طاولة ذات دحاريج 4 وناقل يرفع الحمولة إلى وضعية الالتقاط.

عندما يكون من الضروري مناولة الحمل بدون توقيف تيار التدفق للحمولات لبعض الوقت لكي يتم إنجاز العملية عند محطة عمل محددة. فإن الحاجة لتحريكها من الخطافات يمكن أن نتجنبها. في مثل هذه الحالات فإن الحمولة يمكن أن تجرف من التيار العام باستخدام سيور ناقلة دافعة للحمولة مجهزة بقرص متحرك للتدوير الأوتوماتيكي للحمولات إلى نقطة الاستخدام في (الشكل 17-4) موضح وحدة عربة تحميل ذات سكة تحميل مفردة، تدفع الناقل ذو السلاسل. مسير الناقل (العربة) 8 يتم في مجرى محدد بقناتين مركبتين في المستوى نفسه. العربة 7 لسلسلة الشد (التعليق) 5 تسير على طول الفلنشات العلوية، بينما عربات نقل الحمولة 1 على طول السطوح الداخلية للفلنشات السفلية للقنوات المثبتة بجساءة بوساطة الكلابات 6.

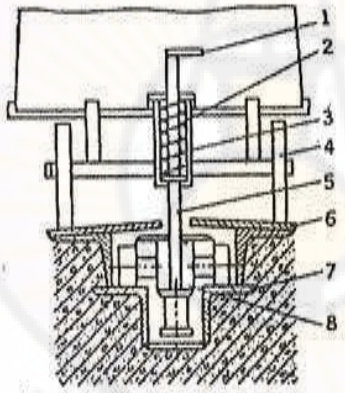


الشكل (17-4) - عربة التعليق في الدافع الوحيد العربة

إن مهمة عربة التحميل هي النقل من سلسلة الشد إلى محرك التوقيف من خلال الدافع 3 المثبت على العربة 7 عندما تنتقل سلسلة الشد نحو اليمين فإن الدافع 3 يسبب

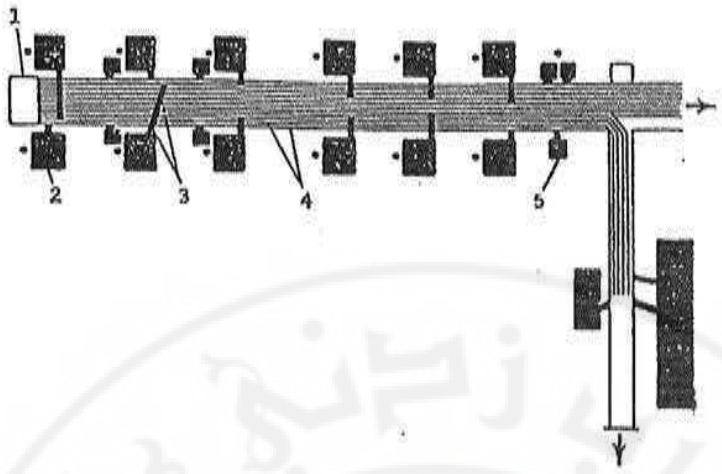
دوران موقف الأمان 2 وعندها فإن الدافع يسير أكثر حتى يلامس مصد المحرك 4 وتلتقط العربة للأعلى وتسير بها على طول مجرى العربة. وحدة المفتاح المشغل بالقدرة الكهربائية 9 تستخدم للتوقف الأوتوماتيكي للعربة عن طريق تشغيل جهاز خاص والذي يسبب دوران المصد 4 ليسمح للسلسلة مع الدافع 3 بالمرور بجانبها ويترك العربة حيث توقفت العربة المحملة تنحرف عندئذ إلى جانب السير حيث المشغولة المحملة تتعرض للعملية المذكورة. عندما تعود العربة إلى السير الرئيس فإن العربة المعلقة تلتقط هذه المشغولة أوتوماتيكياً مرة ثانية.

في (الشكل 17-5) موضح مخطط لسير ناقل مقاد بالسلاسل النموذج الأرضي والمصمم للتحريك المستمر للمنتج سامحاً له على كل حال بالانفصال عن السير الحامل، في حال الضرورة من عنصر التعليق ولحرفه إلى جانب الحامل إما يدوياً وإما أوتوماتيكياً. عربة السلسلة 8 تحمل على طول الحامل 7 تحت السطح. عربة التحميل 4 تتحرك على السطح الأرضي 6. جهاز القفل المؤلف من المحور 5 والقميص 3 والنابض 2 والقبضة 1 مزود للتعشيق وفصل العربة عن سلسلة الشد.



الشكل (17-5) - مخطط للناقل الأرضي ذي السلاسل

والعربة تفك من التعشيق عندما يسحب محور القفل بعيداً عن العربة ويمكن عندها عطفه. في (الشكل 17-6) موضح مخطط لسير ناقل ذي قشاط مع تجهيزه للحرف الأوتوماتيكي للحمولات.

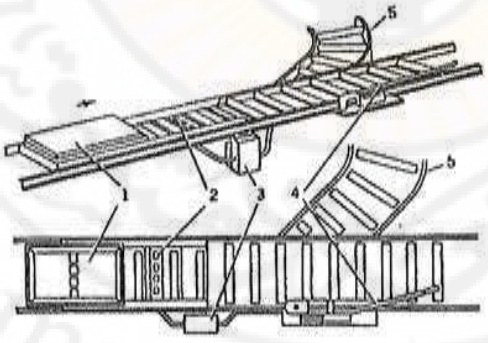


الشكل (17-6) - نظام أوتوماتيكي لحرف الحمولات

1 - ناقل ذو قشاط، 2 - آلات تشغيل، 3 - قناة قابلة للعيار، 4 - دلائل توجيه، 5 - قفاز

فعند الاقتراب من القنوات القابلة للعيار، فإن الحمولات المنقولة بوساطة الناقل ذي القشاط تعطف وتدوَّر إلى أمام الآلة. وحيث لا يلزم العطف، فإن القنوات يمكن أن تتحرك بالتوجيه بجدرانها جانباً ومبتعدة عن الحارف الرئيس.

في (الشكل 17-7) موضح ناقل ذي دحاريج لمناولة الحمولات الصفيحية المكدسة مع تجهيزة للحرف الأوتوماتيكي للحمولات. الكومة يمكن أن تعرف



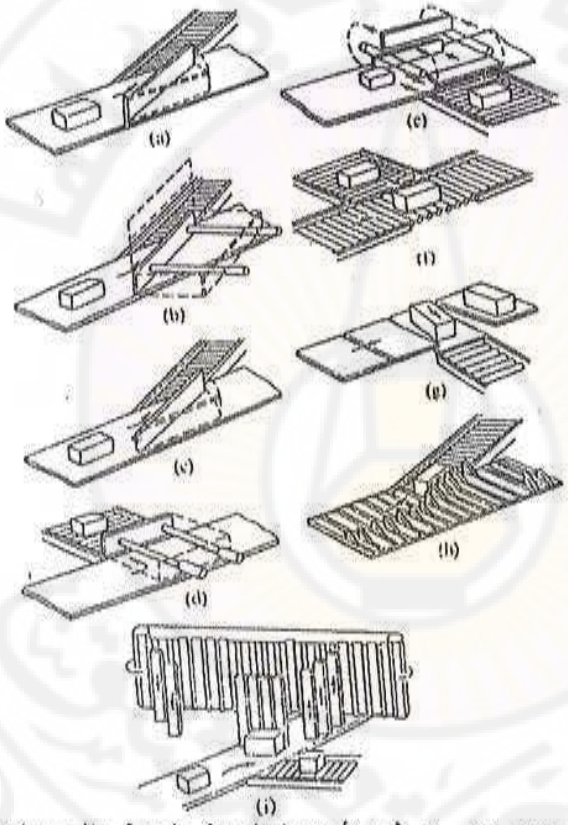
الشكل (17-7) - نظام للحرف الأوتوماتيكي للحمولات على ناقل ذي دحاريج

بوساطة رمز يمكن قراءته أوتوماتيكياً من الصفيحة 1 المثبتة على أسفل الكوم.

والمحول القاريء والمقارن مزودان في كل نقطة حيث يتفرع الناقل. المقارن يعطي إشارات تشغل الجهاز المحرك 4 ليحرف حمولة الكوم إلى جانب الناقل 5.

وأشكال مختلفة من الأجهزة الحارفة (ألواح جانبية وبنموذج المحور) موضحة في (الشكل 17-8_a,b,c,h,i)

وفي (الشكل 17-8_d,e,f) موضح أشكال هوائية وتعمل بالسلاسل لأجهزة الحرف، وفي (الشكل 17-8_g) موضح نموذج يعمل بالجاذبية. حيث يمكن أن تستخدم لنقل الحمولات إلى نقاط الاستخدام.



الشكل (17-8) - نماذج لأجهزة الحرف لحرف الحمولات

17-3 - أنظمة التخزين المؤتمت:

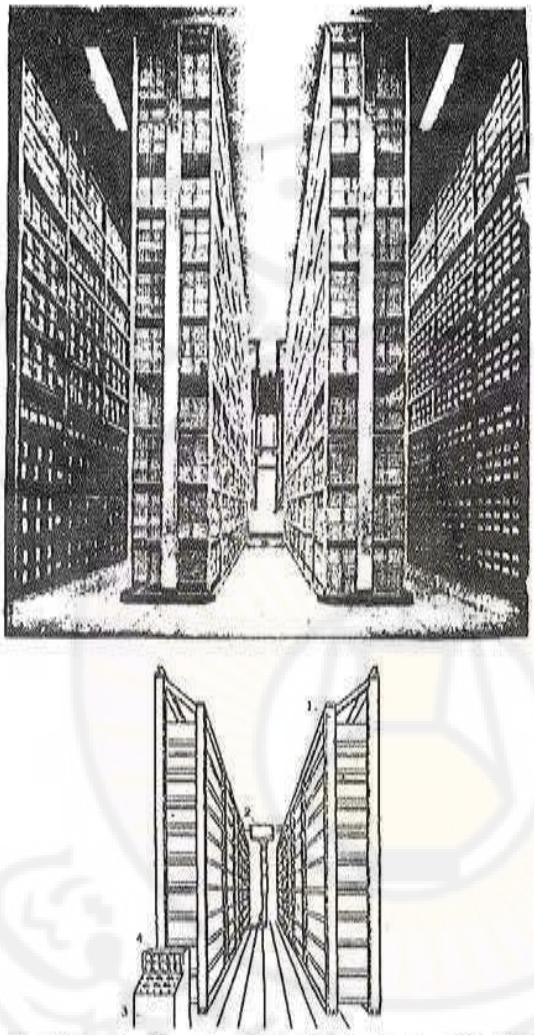
مازال من الممكن أن نرى الإنسان يلتقط البضائع من الحاملات ويضعها فيها، يأخذ المواد من الأرض ليصفها ويصلحها ليغذي آلة غالية الثمن، يضع عربات الصناديق أو الحاويات على السيور الناقل ليسلمها إلى نقاط الاستخدام.

وأنظمة التخزين المؤتمتة هامة لأتمتة المعامل كما في شبكات النقل ضمن المصنع، وضع خط واحد خامد بين تجهيزات الإنتاج ومناولة الأجزاء الصغيرة ووحدة تحميل أي قياس أو شكل عملياً. عادة هناك مؤخراً نوع من المخازن المؤتمتة وأنظمة التصليح (التصحيح) والتي تستطيع تأمين متطلبات التخزين في معمل أو منشأة صناعية، اعتماداً على متطلبات جرد البضائع وصورة التسليم.

مع عدة استثناءات على كل حال فإنالمعامل لا تستطيع العمل بسهولة دون بعض المخزون أو تنظيم البضائع للحفاظ على استمرارية الإنتاج عندما تتوقف آلة أو عدة آلات قطع أو آلات عملية ما لفترة من الزمن. لهذا فإنه في مصطلحات التوجيه سيكون هناك حاجة للمزيد، لكن أنظمة تخزين أصغر في المعمل المؤتمت. تماماً كما لو أنها ركبت من خلال أرض المعمل، عادة قرب آلات الإنتاج لتقليل مسافة الحركة. والبعض سيكون أنظمة تخزين واقفة تعمل كمخزن لعملية الإنتاج ومناولة الأجزاء للتجميع. لكن أغلبها سيكون مكملاً فيزيائياً ليشكل شبكة النقل الرئيسة داخل المصنع.

إن أنظمة التخزين المؤتمت وأنظمة التصحيح الموضحة في (الشكل 17-9) هي نظام وحيد واقف ذو عدة طبقات مع دعائم 1 مقسمة إلى عدة خزائن أو خلايا لتخزين علب نظامية المقاييس (صناديق عربات) أو سلال، تخزين عالي الكثافة واستخدام حجمي لمزاياها الرئيسة.

فهو مصمم مع رافعة التقاط موجهة 2 ذات حمولة مناسبة، فالعامل يحدد محطة الالتقاط من السجل 4 ولوحة أزرار التحكم 3 والرافعة الموجهة لها يد ومقادة أوتوماتيكياً. مع أن هذا النظام للتخزين المؤتمت والتصحيح يتطلب عاملاً لالتقاط وترتيب الحمولات، فهي تعمل تحت رقابة أصغرية من العامل. وفقط المكان الذي يريده العامل هو الذي سيلتقط منه عند تلقي الأوامر. وقد وصل الأمر ويعود



الشكل (17-9) - تركيبة نظام تخزين مؤتمت ونظام تصحيح

العامل إلى سجلات الهوية وذلك باستخدام لوحة الأزرار، تغذية المعلومات عن الحمل المطلوب أو رقم الكوم إلى رافعة الالتقاط الموجهة ويعطي لها إشارات لتقوم بالمهمة. شوكة الرافعة الموجهة تتمدد وترتفع عندئذ أوتوماتيكياً إلى المستوى المناسب والعربة تسير على طول واجهة المخزن وتتوقف عند الموضع بالذات. ثم تعود للوراء إلى محطة الالتقاط، وذراعها ينخفض إلى فراغ الصندوق في السير المبعد وعند تحميل بضائع جديدة مع وجود

معلومات تخزين مخصصة ومثبتة على كل حمولة، وتحدث العودة، فإذا كان من الممكن تحديد الحمولات أوتوماتيكياً حسب أبعادها أو شكلها أو بوساطة الرمز الذي يمكن أن يُقرأ أوتوماتيكياً. فعندها يمكن تشغيل أنظمة التخزين المؤتمت والتصحيح بدون الانتباه لها.

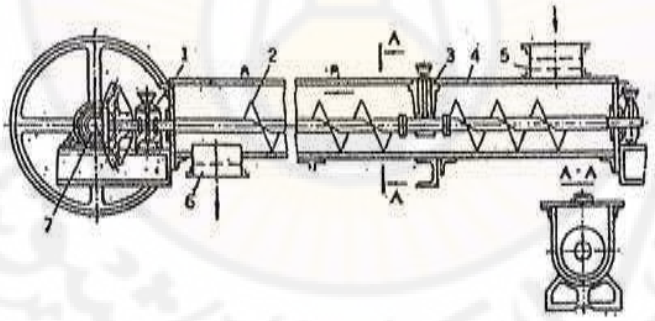
17-4- إزالة الرايش:

الرايش المتشكل خلال عملية التشغيل يمكن إزالته ميكانيكياً باستخدام نواقل مختلفة مثل اللولبية، الاهتزازية، السيور والنماذج الطيارة. والبعض منها (نموذج اللولب) يكمل في تصميم الآلة. وعند تركيب أجهزة هوائية بالتحريض ونموذج التيار القوي.

نماذج السيور، الطيارة، السحب والنماذج الأخرى من النواقل تركت تحت مستوى الأرض وتستخدم مباشرة لنقل البرادة المعدنية من الآلات ومناولتها إلى مناطق الطرح وإلى وحدات معالجة البرادة.

النواقل بنماذج الامتصاص (الفراغ) تركب عادة فوق الآلة وتخصص للخلوص غير الثابت أو البرادة الدقيقة الحجوم.

في (الشكل 17-10) موضح مخطط لناقل لولبي للرايش يتألف من أنبوب ثابت 4 فيه اللولب 2 (أو اللولب) يدور في المضاجع 3 و 1 بوساطة المحرك 7.



الشكل (17-10) - ناقل حلزوني

ويسحب الرايش إلى الثقب 5 وينقل بوساطة اللولب الدوار من خلال الأنبوب ويطرح من خلال الثقب 6.

الأقنية الاهتزازية على مساندها الإطارية تتوضع في المخرطة من خلال فتحات في جسم المخرطة أو تثبّت عليها على مخمدات اهتزازات. الاهتزازات الدورانية

(الفتل) للقناة تنقل إلى ذرات معدن الرايش والتي بسبب ذلك تتحرك إلى الأمام لتسقط في صندوق الرايش خارج المخرطة.

الناقل الهوائي للرايش هو جهاز فيه فوهة متصلة عبر جسم مرن مع نفاثة تعطي تياراً محرضاً بقوة. الفتحة مثبتة في منطقة عمل المخرطة قرب الأداة القاطعة. بحيث إن كلاً من الرايش الكبير الحجم والرايش الدقيق الحبيبات سوف تتجه إلى الفوهة مع تيارات الهواء المحرضة بوساطة المروحة. أنبوب النقل يقود الرايش إلى فاصل دوراني حيث يسبب طيرانها فيه بأسلوب دوراني. القوى النابذة تقذف الرايش إلى الأمام على جدران الأنبوب الحلزوني حيث تفقد طاقتها الحركية وتسقط على الأرضية والأرضية مصنوعة بشكل خزان مخروطي ذي فتحة طرح يسقط من خلالها الرايش خارجاً إلى صندوق تجميع الرايش المطروح.

في معظم الحالات فإن الرايش المطلوب طرحه والذي يكون عبارة عن مزيج من روايش مختلفة المقاييس مع سوائل القطع (المبردات) يجب فرزه في خزانات ترسيب، فواصل مغناطيسية، وحدات تصفية أو أجهزة مشابهة.

ولسهولة التعامل والمناولة فإن الرايش يعرَّض للقولبة بمكابس خاصة على البارد أو على الساخن وتجهيزات (مكابس) تستخدم لتشكيل الرايش المهدور ورايش المعدن وتحويلها إلى قوالب أصغر بـ 15 - 10 مرة من حجم الرايش فيما لو ترك مجمعاً بحجمه الطبيعي.

Damascus University

الفصل الثامن عشر
آلات النقـل الأوتوماتيكيـة

1-18 - فكرة عامة :

من المألوف في ورشات الآلات في معمل غير مؤتمت أن نرى قرب كل آلة تشغيل عاملاً للمراقبة. حتى ولو كانت الآلة مؤتمتة فهي تحتاج لعامل لتغذيتها بتجديد مخزونها من المشغولات غير الجاهزة في الخزان، تحريك القطع المشغلة، تصفيفها والقيام بمهمات أخرى قد تتطلب جهداً فيزيائياً مرهقاً.

قسم من عمال الآلات، في المعامل غير المؤتمتة يجب على المعمل أن يوظفهم للقيام بعدة أعمال مناولة وتحريك لكميات كبيرة من الأجزاء من آلة إلى آلة، التزويد بأنصاف المنتجات إلى الورشة، وأخذ أنصاف المنتجات والأجزاء نصف الجاهزة للمعالجة الحرارية وإلى ورشات ودوائر الطلاء المعدني، والمنتجات الجاهزة إلى ساحات التخزين ... إلخ.

الإنتاج غير المؤتمت يتطلب عدداً كبيراً من العمال العموميين لتلك المهمات، إزالة الرايش، التنظيف ... إلخ، عموماً في الدوائر وأقسام العمل حيث العملية غير مؤتمتة والعمل اليدوي يلزم بكثرة، فإن العمل اليدوي يشكل 20% - 15 من زمن الإنتاج الكلي. ويلزم العمل اليدوي أكثر للضبط، التجميع، التغليف، هذه الوظائف ما زالت أكثر إرهاقاً في الإنتاج الكمي غير المؤتمت حيث يقوم العمال كل يوم بأداء عدد كبير من الحركات المترابطة مما يولد تعباً سريعاً وإنتاجية منخفضة.

الإنتاج الكمي مع آلات عصرية للتشغيل قد تم التوصل إليه من خلال تطوير ميكنزمات النقل التي تحرك المشغولات من آلة إلى آلة، من محطة إلى محطة بطرائق مختلفة.

أما حالياً فإن تطبيق الأتمتة على آلات الإنتاج قد تحول من آلات مؤتمتة إفرادية إلى آلات نقل أوتوماتيكية أو خطوط نقل أتوماتيكية مناسبة جزئياً للإنتاج الكمي آلات النقل (غالباً وحيدة المهمة) والتي ترتب وفق عملية التقسيم الزمني للعملية وتربط فيما بينها بناقل ميكانيكي وتجهيزات مناولة، والمشغولات تستمر بالحركة أوتوماتيكياً بفواصل زمنية ثابتة من آلة إلى أخرى. مثل هذه الآلات الناقلة تزوَّد عادة بنظام أوتوماتيكي للتحكم لضمان تنفيذ العملية دون مساعدة الإنسان. لهذا فإن الأجزاء

الأساسية لآلة النقل هي آلات قطع أوتوماتيكية، ميكنزمات نقل ومناولة أوتوماتيكية، نظام للتحكم الأوتوماتيكي وتطبيق خطوط النقل الأوتوماتيكي في الإنتاج يزيد الإنتاجية، ويحسن نوعية المنتج، ويحرر العمال من الجهد الفيزيائي المجهد، ويوفر هذا الجهد للقيام بعمليات مراقبة الآلة وضبطها.

18-2 - أنواع آلات النقل:

يمكن تصنيف آلات النقل إلى خطوط نقل متزامنة وغير متزامنة.

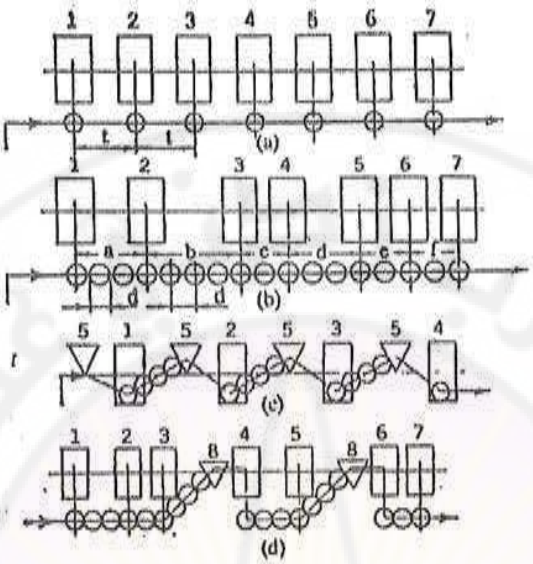
خط النقل المتزامن هو سلسلة من الآلات الأوتوماتيكية المربوطة مع بعضها بناقل جاسيء ونظام مناولة مخصص لتحريك المشغولات بين ومن خلال عمليات التشغيل من آلة إلى آلة. كل الآلات الأوتوماتيكية تعتمد بالتالي زمنياً الواحدة على الأخرى وتشغل بالخرج نفسه.

فشل آلة تشغيل واحدة يسبب توقف كل الخط وانقطاع الدورة الزمنية (زمن التشغيل).

خط النقل غير المتزامن يتألف من عدد من آلات القطع الأوتوماتيكية التي في أثناء عملها لا تعتمد زمنياً الواحدة على الأخرى ومربوطة بنظام مناولة مرن. المشغولات مغذاة من خزان خاص بكل آلة، الخزانات تحتوي حجماً كافياً ليمكّن الآلات من العمل دون توقف حتى ولو توقفت أي آلة في الخط عن العمل لسبب أو لآخر.

آلات النقل يمكن أن ترتب بعدة أشكال، مثل خط مستقيم أو مستمر أو بشكل U ... إلخ.

في (الشكل 18-1_a) موضح آلة نقل مستمر حيث المشغولات تحرك من آلة إلى آلة على مسافة t مساوية للمسافة بين مناطق التشغيل. مثل خطوط النقل هذه تستخدم لتشغيل العناصر الثابتة أو المثبتة، مثل المحركات، مجموعات علب السرعة ... إلخ.



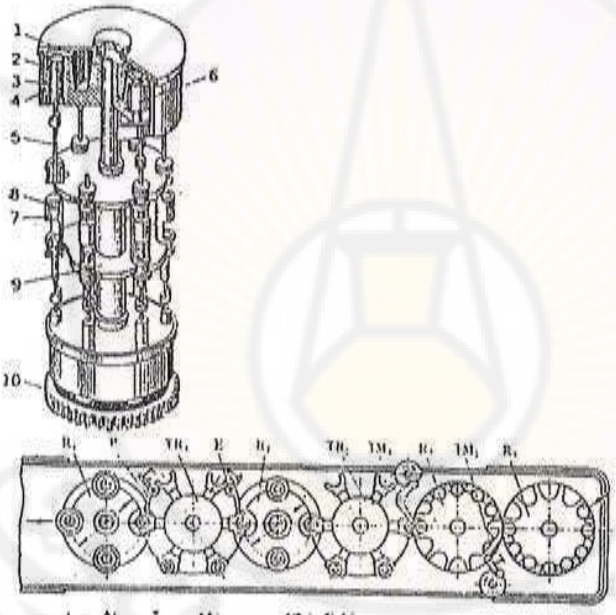
الشكل (18-1) - أنواع خطوط النقل
a) المستقيم أو المستمر b) التيار المستمر (7-1 آلات تشغيل) الفراغ بين محطات التشغيل c) التغذية من خزان
(4-1 آلات تشغيل 5 خزانات) d) نموذج تغذية من خزان في الخط (7-1 آلات تشغيل، 8 خزانات)

في خط النقل ذي التيار المستمر (الشكل 18-1_b) فإن المشغولات تنقل على مسافة d تساوي البعد الطولي للمشغولة، مثل آلات النقل هذه تستخدم مباشرة لإنتاج الأجزاء مثل الحلقات، المسامير، الجلب، ... إلخ.

في خط النقل الأوتوماتيكي المغذى من خزان (الشكل 18-1_c) كل آلة تشغيل لها خزان يغذيها باستمرار. مثل هذا الخط الأوتوماتيكي يناسب لاستخدامه في تشغيل الأجزاء الصغيرة الكتل والصغيرة الأبعاد. في آلة النقل الأوتوماتيكي ذات خزان التغذية في الخط (الشكل 18-1_d) تفرّق إلى عدة أقسام عمل مستقلة، كل منها يغذى من خزان بحيث إنه عند تعطل أي آلة في القسم فإن الآلات الأخرى لن تتأثر.

آلات النقل الدوارة (الشكل 18-2) تختلف كلياً في أنها تسمح بتشغيل

المشغولات أثناء وجودها في مرحلة النقل من محطة إلى محطة وتتألف من أجهزة دوارة بشكل مستمر متوضعة شاقولياً R_1 , R_2 , R_3 , R_4 والتي تتم فيها عمليات التشغيل، والنواقل الدوارة TR1 , TR2 المتزامنة مع دورات التشغيل ومهمتها تحريك المشغولات بين عمليات التشغيل ومن خلالها، الدورات تتحرك بوساطة محرك رئيس من خلال مسننات مركبة على الأعمدة الشاقولية الدوارة. مراكز الأدوات 7 مع الأدوات اللازمة مركبة على طول خط مولد الدوران في النواقل الصفيحية 9. الأدوات تشغل كل منها ميكانيكياً أو هيدروليكياً بوساطة طبعات، مركبة في الرأس العلوي، أو السفلي مغلفة بالغطاء الدافع P، اللوافظ E وميكنزمات النقل TM1، TM2 تستخدم لتحريك المشغولات من دوار إلى دوار.



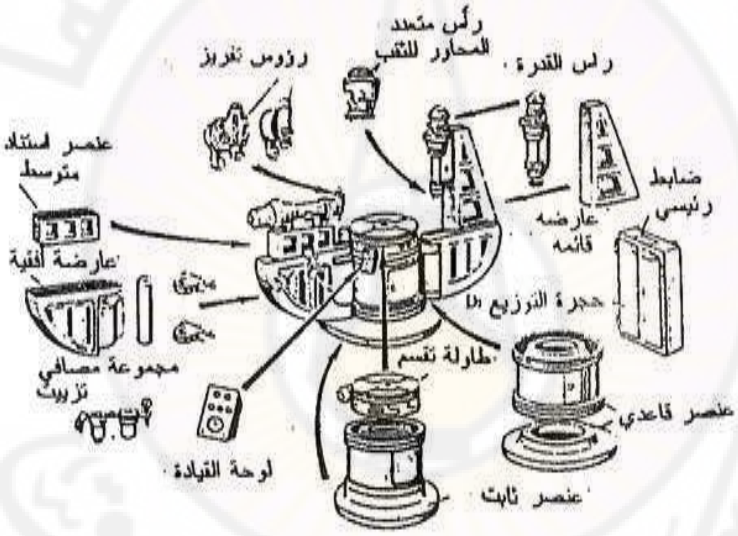
الشكل (18-2) - الة نقل من النموذج الدوار

ويمكن شرح عملها كما يلي: ينقل الدوران من الدولاب المسنن 10 عبر المحور الرئيس 1 إلى الصفيحة الحاملة 9 حاملة وحدات تثبيت الأدوات 7، القوالب 8 والمخازن 5 والأسطوانة2 وتتحرك المخازن بوساطة الطبعة 6 عبر المنزلق 3 والدحاريج 4 خطوط النقل الأوتوماتيكي يمكن أن تكون من النوع الثابت الفترات أو المتغير الفترات خط النقل الثابت الفترات يستخدم عادة لآلات قطع المعادن الوحيدة الهدف (المهمة).

مع تبديل المنتج فالضبط الأوتوماتيكي يتطلب إعادة ضبط لا يستهان بها تتضمن

تخفيضاً في معدل الخرج وحتى توقيف المحرك لتعديل التجهيزات وإعادة التزويد بالأدوات للمنتج الجديد.

خط النقل المتغير الفترات يتضمن كقاعدة آلة قطع معادن متخصصة وعمومية، ومصنعة نظامياً والتي يمكن بسهولة ضبطها للتعامل مع منتجات مختلفة عبر مجال واسع من الأبعاد والأشكال المتغيرة. تجهيزات النقل الأوتوماتيكي لإنتاج المحاور المحززة من موديلات ومقاييس مختلفة هي مثال على خطوط النقل المتغيرة الفترات بالإضافة إلى هذا النوع من أجهزة النقل الأوتوماتيكي فإنه يوجد أيضاً آلات نقل مجمعة على أساس مجموعات البناء، وتدعى أحياناً «مجموعات - البناء » آلات القطع (الشكل 18-3) يوضح مجموعات بنائية ووحدات نظامية، عمودية، ومائلة وضعية رأس القدرة والطاولة.



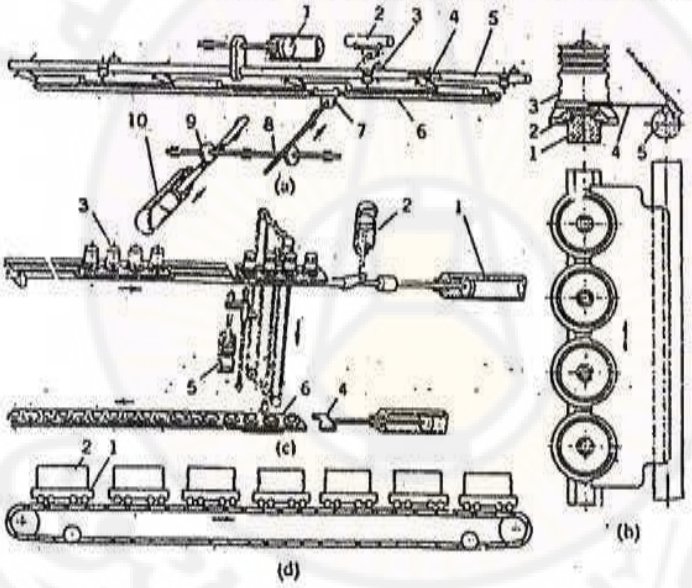
الشكل (18-3) - وحدات بنائية لآلات من نوع وحدات رؤوس وخطوط نقل

المصانع المؤتمتة للإنتاج الكمي هي الشكل النظامي في مجال بناء الآلات ومن هنا يصبح واضحاً لماذا تكاملت عملية الدخول إلى آلات نقل أوتوماتيكية متغيرة الفترات في خطوط أوتوماتيكية مستمرة وبشكل خاص خطوط نقل أوتوماتيكية مصنوعة اعتماداً على آلات قطع عمومية وذات تحكم رقمي مهمة جداً في هذا المجال.

3-18 - وسائط النقل أثناء عملية التشغيل:

في خط الإنتاج تخصص أجهزة النقل أساساً للتحريك الأوتوماتيكي للمشغولات من محطة عمل إلى أخرى. محور النقل هو تركيبة بسيطة ومرنة لنقل مختلف الأشكال وقد وجد استخداماً واسعاً في عدة خطوط نقل أوتوماتيكي.

محور النقل بشكل السقاطة (الشكل 18-4_a) هو مثال على تركيبة تتحرك فيها المشغولة 2 بأسلوب خطوة - خطوة على طول القناة 6 بوساطة محور 5 مركب مع سقاطة 4 محملة بنابض ويتدحرج على مساند دحروجية 3 ويتردد بتأثير المحرك الهيدروليكي 1 الذي يتمدد مكبسه. المغذي 7 المنزلق عرضياً مثبت من كلا طرفيه المتناظرين ومربوط من خلال جريدة مسننة ومسنن مع المحور 8 الذي يدور على طول خط النقل الكامل. المحور 8 يعطي المغذي حركة ترددية بدورانه في كلا الاتجاهين بمساعدة محرك هيدروليكي 10 ومسنن 9.



الشكل (18-4) - وسائط نقل أثناء سير العملية التشغيلية

محور النقل لنوذج الصفيحة (الشكل 18-4_b) مجهز لتحريك المشغولات القليلة الكتلة نوعاً ما.

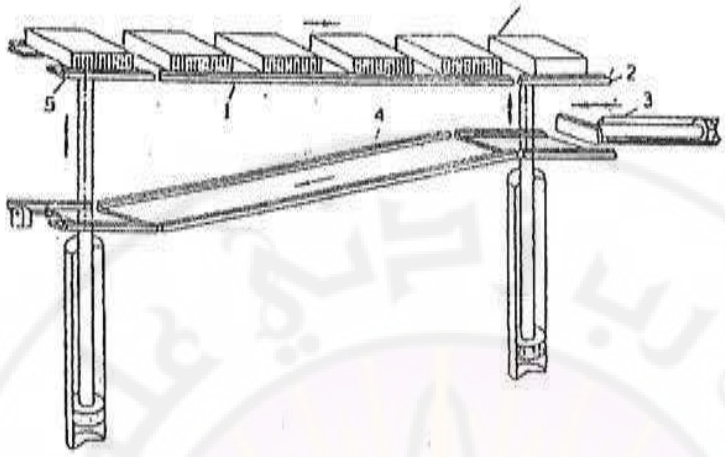
إن دقة توضع المشغولات بوساطة هذا النوع من أجهزة النقل هي أكبر بكثير من الدقة المحققة بالنموذج السابق. الصفائح 2 التي تحمل المشغولة (المكبس) 3 مثبتة على عنصر توجيه 1 الصفائح 4 التي تحرك المكابس من وضعية إلى أخرى مركبة

على المحور 5 المحور يتحرك خطوة واحدة للأمام لينقل المشغولة إلى وضعية التشغيل التالية، عندئذ يدور ويتراجع إلى الوضعية البدائية مع صفائح مرفوعة.

النواقل الدافعة: هي أجهزة بسيطة لكن محدوديتها تكمن في عدم دقة حركة إزاحتها، طالما أن الدافع يؤثر مباشرة ووحيداً في أول قطعة والتي تتحرك عندئذ دافعة كل القطع بعدها. وبسبب عدم الدقة في التوضع، فإن نقل المشغولات إلى وضعية التشغيل يصبح صعباً. لهذا السبب فإن مثل أجهزة النقل هذه تستخدم أساساً لعمليات التسليم، في (الشكل 18-4_c) موضح مخطط لناقل دافع والذي يقاد بوساطة محرك هيدروليكي 1 المحرك الثاني المقاد هيدروليكياً 2 يستخدم لقيادة المحور الذي يمسك المشغولات (المكابس) 3 المحرك الهيدروليكي 5 يستخدم لنقل المكابس إلى الناقل الميت (القناة) 6 والذي من خلاله تحرك بوساطة الدافع 4.

النواقل ذات السلاسل: (الشكل 18-4_d) تستخدم عادة لتحريك الأحمال الثقيلة 2 فإذا كان شكل المشغولة بحيث إن عملية نقلها على السطوح العاملة للناقل غير عملية، فإن عربات خاصة 1، صفائح دليلية أو طبقات تستخدم كحاملات للمشغولات ذات حوامل خاصة متوافقة مع المشغولة لمناولة المشغولة من خلال العملية، بعد أن تكون المشغولة قد تنقلت عبر محطات التشغيل كافة على الطبعة الحاملة لها فإن هذه الطبعة يجب أن تعود إلى نهاية التحميلفي آلة التحميل. لهذا الهدف فإن وسائل إعادة الحوامل الفارغة يجب أن تتوفر بالإضافة إلى النواقل الرئيسة والبينية.

في (الشكل 18-5) موضح نظام تسليم لخط نقل مجهز بسير ناقل لإعادة الطبعات الفارغة إلى نهاية التحميل (طرف التحميل) في الآلة.



الشكل (18-5) - نظام خط نقل بنموذج الطبعات ذو ميلان إعادة الحوامل الفارغة

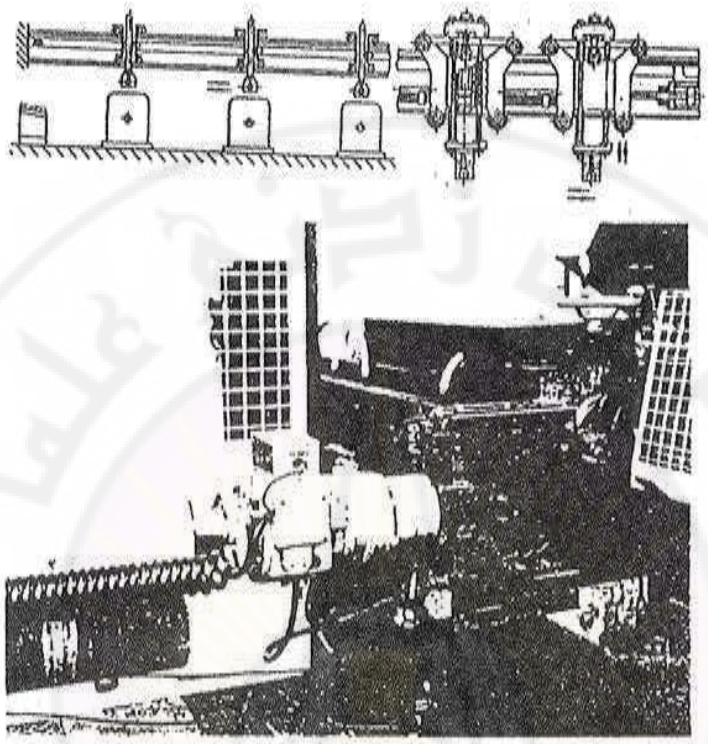
الرافعة 5 ترفع الطبعة الفارغة على سطح التحميل لتلقي المشغولة المطلوب مناولتها. عندما توضع المشغولة في مكانها وتقمط في وضعيتها فإن الطبعة تحمل بوساطة السير الرئيس 1 من خلال كل محطات التشغيل. عندما تحرك المشغولة المنتهية فإن الطبعة الفارغة تخفض بوساطة الطاولة المنزلقة 2 والمدفوعة بالمحور 3 للمحرك الهيدروليكي إلى السطح المائل 4 (سير الإعادة) الذي يأخذها لتعود إلى نهاية التحميل في آلة التحميل.

اللواقط والأذرع الميكانيكية: بما أن خطوط النقل مؤتمتة بشكل عالفإن اختيار تجهيزات المناولة وتصميم الوحدة البينية بين نظام تسليم المشغولات وتجهيزات الإنتاج يصبح أمراً مهماً جداً.

بعض الخطوط الأوتوماتيكية تستخدم نماذج مختلفة من اللواقط والأذرع الميكانيكية (المناولات) لتتوسط وتربط بين وسائط النقل ومحطات التشغيل المثبتة على طول سير المناولة الرئيس، أجهزة النقل هذه تستخدم بفعالية لالتقاط المشغولات من الناقل وتضعها في الآلة ثم نقل المشغولات الجاهزة وتوضيعها ثانية في الناقل لتنقل فيما بعد إلى محطة التشغيل التالية.

(الشكل 18-6) يوضح بعض أجهزة الالتقاط والتوضيع المشهورة مثلاً اللواقط

والأذرع الميكانيكية المستخدمة لخدمة آلات النقل.

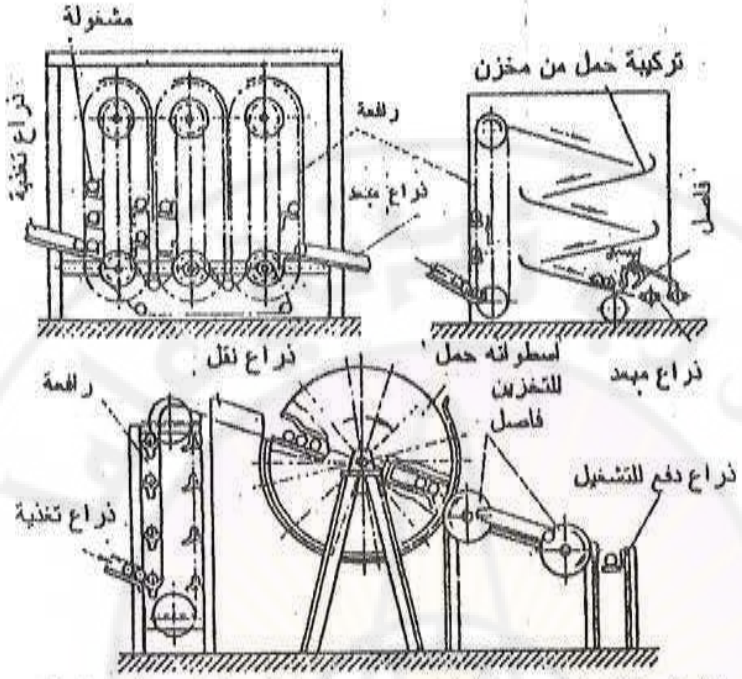


الشكل (18-6) - وسائط نقل ضمن عملية التشغيل. لواقط وأذرع ميكانيكية

المخازن القفازة وحاملة المشغولات:

خطوط النقل الأوتوماتيكية تستخدم غالباً الكثير من أنواع القفازات والمخازن لحمل مخزون العملية من المشغولات غير الجاهزة أو تخزين لكمية مدروسة لمدة طويلة ومخططة، مثل هذه الخطوط الأوتوماتيكية مخصصة بكثرة لتصنيع منتجات قليلة الحجم والكتل نسبياً وفي (الشكل 18-7) موضح مخطط لبعض تصميمات مخازن المشغولات.

لكن المحدودية في استعمال آلات التحميل بنموذج القفاز هي الحاجة إلى توضيع المشغولات في الوضعية الصحيحة قبل تغذيتها إلى الآلة. فالمشغولات تخزن في أكوام في المخازن وهي عادة مرتبة في وضعية صحيحة تقريباً.



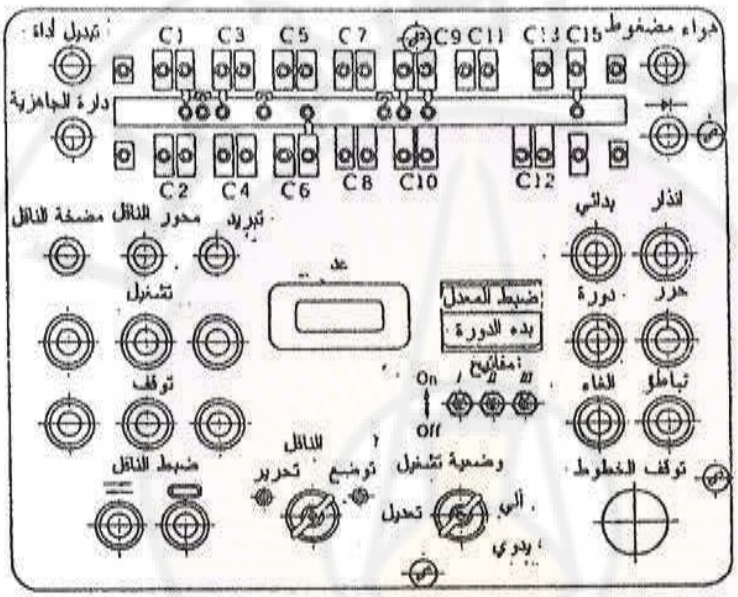
الشكل (18-7) - مخطط تصميمي لمخازن تخزين المشغولات

18-4 - التحكم بآلة النقل:

خطوط النقل تؤدي دورتها الإنتاجية أوتوماتيكياً دون مراقبة العمليات الحيوية للمراقبة والتحكم، إعادة ضبط الأداة واستبدالها، تحميل المشغولة وتفريغ المشغولة المنقولة إلى الأجهزة الأوتوماتيكية. مهمة الإنسان محددة بالمراقبة الخارجية وضبط الخط لتبديلات المنتج، وسائط الأتمتة المستخدمة في خطوط النقل للتحكم في آلات التشغيل، شبكة النقل، التحميل، القمط والميكنزمات الأخرى يمكن أن يكون ميكانيكية، هوائية، هيدروليكية وكهرهيدروليكية وأجهزة كهربائية. وفي أكثر الحالات فهي مجهزة لتشغل كهربائياً أو عن طريق كمبيوتر من خلال دارات تحكم كهربائية، تعتمد على ترتيبات بنيوية للخط وعلى إنسان يقود لوحة التحكم. في (الشكل 18-8) موضح مخطط للوحة تحكم في خط نقل أوتوماتيكي حيث وضعت في الأعلى مفاتيح التحكم بالآلة (C_1 . C_2 . C_3 .... إلخ) والمفاتيح تشغل للتبديل بين وضعيات التشغيل للناقل

والخط في الأسفل.

في وضعية الضبط فإن أجزاء الخط بشكل فردي تتحرك فقط عندما تؤمر من طاولة التحكم بضغط الزر الموافق وتتوقف عند توقف الضغط على الزر. مثلاً، لضبط السير يتحرك مسافات جزئية بين آلتين بدقة عالية، سنضغط على زر « ضبط السير » الموضح بوساطة أسهم توضح الاتجاه، وبتحرير الزر فقط بعد أن يصل السير إلى المسافة المطلوبة.



الشكل (18-8) - لوحة التحكم في خط نقل أوتوماتيكي

فإذا كانت النهايات التي وصل إليها خاطئة نضغط على الزر ثانية وضعية التوقف، مفتاح التحديد أو جهاز مشابه والذي يمكن أن يمنع السير من الحركة إلى المسافة المرغوب بها. بالأسلوب نفسه نضبط وحدات رؤوس الآلة وأجزاء العمل الأخرى في الآلة.

لوحة التحكم تتضمن مفاتيح لتغذية وفصل الطاقة عن المحركات الكهربائية لوحدات القدرة للقمط المستخدمة للتثبيت في الوضعية وتحرير المشغولة المحملة على الطبقات أو أي حوامل للمشغولات، وللاستخدام المتناوب للقوامط.

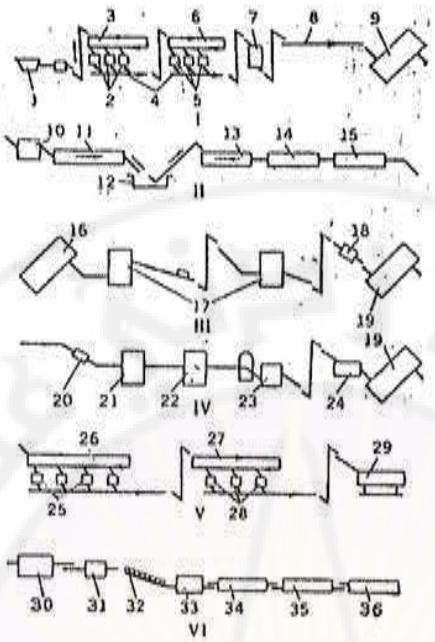
اللوحة أو أي وحدات قيادة تضم أزراراً مثل « الإقلاع » و« توقف » للعمل المستمر

للحركات المشغلة للمضخات الهيدروليكية، الناقل الرئيس واللولبي، نظام التبريد ... إلخ « قمط » و « تحرير » لحوامل المشغولة « إلغاء » للأوامر المختلفة « عودة » لرؤوس وحدات العمل في الآلات. « الوضعية البدائية » لكل مكونات الخط «توقف» و « تنبيه » لحالات الطوارئ مثل توقف الضبط ، ... إلخ.

إلى جانب المنبه الصوتي، فإن لوحة التحكم بالخط تحتوي مؤشرات ضوئية للتحكم الضوئي بالوضعية لوحدة رأس الآلة، فكوك القمط والتحكم بها (ضوء أخضر للوضع الطبيعي، ضوء أحمر للوضع المضطرب)، قطر ريش التثقيب، حالة الثقب (ضوء أخضر يوضح أن قطر الثقب وعمقه طبيعيان)، الحاجة لتبديل الأداة عندما تصل إلى حد العمر المتوقع لاهترائها (ضوء أحمر يعطي إشارة عن ضرورة الاستبدال) حالة جاهزية الخط للتشغيل، تيار الهواء وضغطه (الضوء الأحمر يعني أن الضغط هبط دون 0,4 Mpa) بالأسلوب نفسه، توضح أضواء التحذير عن تعطل الصمامات الثنائية، إقلاع دورة الخط، تشغيل محركات الدوران المستمر، توضع ميكنزمات النقل، ... إلخ. في المركز تحتوي لوحة التحكم عداداً يعد المشغولات الجاهزة.

مثال على تشغيل خط النقل الأوتوماتيكي نعطي عملية تصنيع المضاجع الكروية (المقاومة للاحتكاك) (الشكل 18-9) والذي يعطي فكرة عن التحكم الأوتوماتيكي الفوري.

بما أن الخط يحوي عدة آلات تشغيل دقيقة وتجهيزات تتطلب وسائل خاصة للتحكم ووسائل مناولة عالية لمسافات حركة طويلة. فالتحكم المركزي يبدو معقولاً جداً ولهذا قسمناه بين عدة قطاعات خطوط فلا يوجد قاعدة لتحديد تقسيمات خط النقل إلى قطاعات بوساطة معيار تحكم. على الأغلب فإن القطاع هو سلسلة من آلات القطع المحددة الأهداف، أو مجموعة من الآلات المربوطة بوسائط معروفة للنقل، في بعض الأحيان يكون القطاع عبارة عن مجموعة آلات تغذى بوساطة قفاز عام أو مخزن. وفي بعض الحالات يحدد قياس القطاع بعدد آلات التشغيل وتخصص آلة لتركيب الأدوات حسب الحاجة لذلك فإن كل قطاع يتحكم به من لوحة تحكمه الحاوية أزرار تحكم، مصابيح إظهار وتحذير. التحكم بالأزرار يعطي إمكان



الشكل (18-9) - مقطع في خط نقل قطاعي

حيث الرقم I خراطة II معالجة حرارية III جلخ أفقي IV تجليخ خارجي V تجليخ داخلي VI إنهاء، 1 - خزان، 2.21.25 - آلات تشغيل للتخشين 3.6.20.27 - سيور نقل المشغولات، 4.8 سيور إخراج، 5.22.28 - آلات تشغيل للإنهاء، - مكبس للاسم، 9.16.19 - مخازن، 10.23 مصففات 11 - فرن للتقسية، 12 - حمام للتقسية، 13.30 - آلات غسيل، 14 - آلات تبريد، 15 - فرن للتحمية، 17 - آلات تشغيل، 18 - مزيل مغنطة، 20 - ميكنزمات تحميل، 24.31.34 - آلات ضبط، 29 - طاولة ضبط، 32 - منحدر، 33 - آلة تجميع، 35 - مضاد صدأ، 36 - آلة تغليف.

التحكم بالمجموعة من خلال تشغيل محركات كهربائية وتوقيفها تقود النواقل والروافع ومختلف وسائل النقل، تشغيل وسائط الإنتاج، الاختيار بين أنظمة التشغيل الأوتوماتيكي والضبط لعمليات الخط. إلى جانب مجموعة التحكم، آلات الإنتاج والتجهيزات يمكن التحكم إفرادياً باستخدام التحكم بالآلات في حالة فصل دارة التحكم من لوحة القيادة.

الحاجة لضبط دورة الآلة يمكن شرحه بالحاجة للضبط حيث تخرج المشغولة من الآلة بأسلوب مناسب، والآلة تعمل بشكل جيد إلى زمن دورتها، أو في حال كون نوعية

المنتج الأول دون المواصفات النظامية ... إلخ.

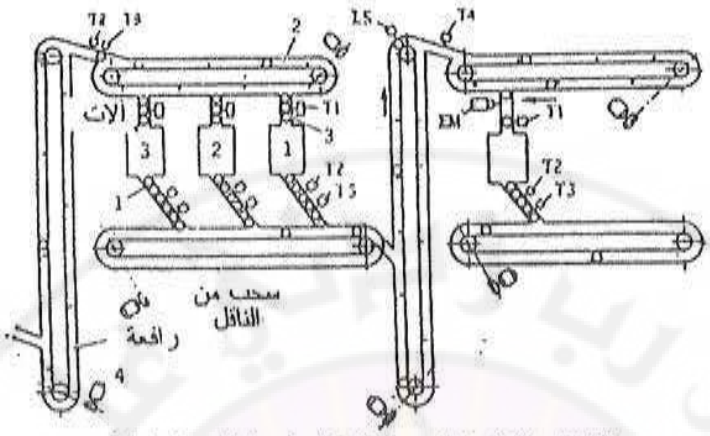
من الملائم أن تكون لوحة التحكم بقطاع ما مركبة في النقاط التي تعطي مراقبة جيدة على قطاع كامل من أرضية العمل. ولتقليل المساحة الأرضية يمكن أن تركب على غطاء الموزع القطاعي وحجرات الأدوات.

إن الاعتماد على الإنتاج الأوتوماتيكي يمكن أن نحدده بشكل أفضل بوساطة معامل استخدام التجهيزات. والغاية من التحكم بأداء الخط هي إذن لإيجاد نظام إنتاج يكون فيه توقف آلة واحدة، سير ناقل، قطاع أو جزء من سير لا يسبب انقطاعاً في التشغيل لمجموعة الآلات الأخرى في الخط وهذه الظروف يجب أن تحدد أرضية التشغيل لتصميم دارة هيدروليكية أو كهربائية في آلة النقل.

وكما هو واضح من المخطط البنيوي لخط أوتوماتيكي في (الشكل (18-10)) فإن ترتيب قطاعات خطوط مختلفة يمكن أن يغير دراسياً طالما رتبت آلات التشغيل في قطاعات الخراطة والجلخ الداخلي لتعمل على التوازي بسبب أن كفاءة كل آلة في القطاع أقل من معدل الخرج لكل الخط، وتلك التي في القطاعات الأخرى رتبت على التسلسل وتعمل بالمستوى نفسه أو أكثر بقليل من مستوى الخط، بهذه الطريقة فإن الخط في العموم هو جمع لتجهيزات التشغيل الأوتوماتيكي على التسلسل وعلى التوازي مثل هذا الخرج غير العادي للخط الأوتوماتيكي سيقود إلى تأثيرات داخلية معقدة بين تجهيزات الإنتاج وشبكة التسليم (النقل) لكن بحالات خاصة، إذا صادفناها بتبسيط الجسر البيني وجعل التحكم أكثر مرونة. هذه الحالات تعني أن التشابك والعلاقات المتبادلة بين التجهيزات المتجاورة يمكن التحكم بها بوساطة حضور المشغولات (أي إن كل آلة تشغيل تضبط للعمل فقط إذا كان مغذيها مملوءاً بالمشغولات غير المشغلة). وتوجد وسائط نقل أخرى عند وصلات السيور الناقلة التي تخدم القطاع حيث رتبت الآلات على التسلسل على كل آلة تشغيل أو وحدة رأس في الآلة، سير ناقل أو مخزن يجب أن يقاد أوتوماتيكياً (من لوحة التحكم) وتقاد من قبل العامل، شبكة التسليم (القنوات، السيور الناقلة) قدرات التحميل يجب أن تكون مستخدمة بشكل أعظمي لتحمل المشغولات المخزنة التي يجب وضعها من خلال الآلة.

سنختبر الآن نظام التحكم الأوتوماتيكي (الشكل 18-10) من خلال خط نقل في قطاع خراطة. القطاع هو سلسلة من المخارط الأوتوماتيكية العامة على التفرع

والمربوطة مع سير ناقل للتسليم وسير لسحب المواد.



الشكل (18-10) - خط نقل في قطاع خراطة

1 - قناة إبعاد، 2 - سير ناقل للتسليم، 3 - قناة تغذية، 4 - صندوق سرعة

سير التسليم من نوع السلاسل ذات الحلقة المغلقة وهو مجهز بدوافع تحرك المشغولات من الفرع العلوي إلى الفرع السفلي حيث توزع المشغولات بين المغذيات القنوية للآلة. كل مغذٍ يحوي محول T_1 والذي يحرض مغناطيساً كهربائياً EM يتحكم بالفاصل المجهز لتحرير المشغولات إفرادياً إلى منطقة عمل الآلة. المحولات T_3 T_2.تتحكم بالمخزون على قناة الإبعاد، وعندما تصبح كبيرة جداً فإنها سوف توقف الآلة باستخدام ريلية زمنية وتشغلها ثانية بعد انتهاء الفترة المحددة. والفكرة هنا على كل حال هي للمحافظة على المخزون.

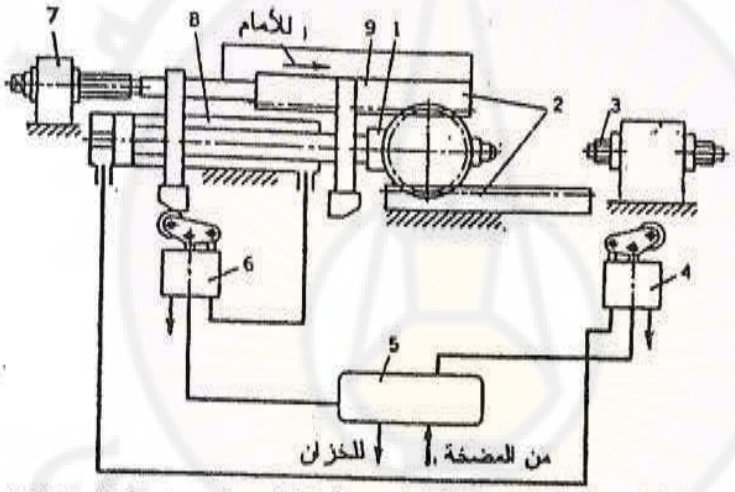
ولإعطاء التخزين أثناء التشغيل يجب أن يكون المخزون على سير الإبعاد كبيراً جداً قدر الإمكان، ويضمن تشغيل المخارط الأوتوماتيكية لنحو 20 - 30 min.

سير التسليم، وسير الإبعاد والرافع تقاد بحركات منفصلة، ويحافظ عليها دائرة باستمرار. المحول T4 ومفتاح تحديد النهايات LS مركبان لإعطاء إشارة لجهاز الموازرة لقطع التشغيل للرافع عندما يكون سير التسليم مملوءاً.

تتألف خطوط النقل عادة من آلات بنموذج وحدة الرأس تعمل خطوة - خطوة، أو بشكل متقطع، ونواقل لتحريك المشغولات (الشكل (18-11)) يوضح محرك لميكنزم لمثل هذه السيور حيث العربة 1 مربوطة مع المحور في أسطوانة الضغط التفاضلية

8التي تحرك الصفيحة الوجهية 9 من خلال جريدة مسننة ومسنن حركة سريعة 2. ذراع التثبيت يستخدم لربط المحرك مع محور النقل المركب مع الدوافع (اللوافظ)، استخدام الجريدة المسننة والمسنن يسمح أولاً بتخفيض أبعاد المحرك (أجهزة التحكم الهيدروليكي) 5 ويزيد السرعة بمعدل تدفق الزيت نفسه.

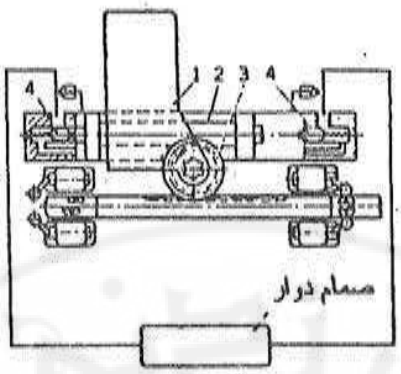
يمكن أن يحمل محور النقل الصفائح على التقاط المشغولة أو الصفيحة (الرف)، في مثل هذه الحالات فإن العمود يجب أن يدور بشكل دوري بزاوية °180 - 90 لسحب وإعادة صفائح القمط إلى السير والدوران متزامن مع فواصل القطع للناقل. وهكذا أيضاً سرعة محرك الطاولة تخفف بتركيب الخوانق 4 و 6 على مسار محور نقل الحركة حيث يلزم هذا عند وصوله للمصد 3 أو 7.



الشكل (18-11) - دارة هيدروليكيه لمحرك نظامي في سير ناقل خطوة - خطوة

في (الشكل 18-12) موضح مخطط لمحرك (أسطوانة) لطاولة دوارة إن محورها - الجريدة المسننة 2 يدوّر المسنن 3 الذي يقود الصفيحة الوجهية الدوارة 1 المثبت عليها المشغولة.

المقطع المتغير للمخمد 4 يستخدم لتخفيض سرعة محور الأسطوانة عند نهاية الشوط، وهكذا أيضاً سرعة محرك الطاولة، الصمامات الخانقة 4، تركب لتخفيف سرعة محور نقل الحركة، حيث يلزم هذا عند وصوله إلى نهايتي مساره (انظر الشكل 18-12).



الشكل (18-12) - دارة هيدروميكانيكية لطاولة دوارة نظامية

18-5 - مضامين تصميم العملية التكنولوجية:

إن عملية التشغيل المطورة خصيصاً لآلة الإنتاج بنموذج الناقل هي عملية تتم فيها عدد من العمليات الجزئية المطبقة على المشغولة دون تدخل الإنسان لتعطي بالنتيجة مشغولة جاهزة لتوافق الظروف الموصوفة في المخططات أو المواصفات بكفاءة أعظمية وأقل تكاليف.

الشرط الرئيس لتصميم عملية أوتوماتيكية مثلها هو ضمان دورة زمنية مكافئة تقريباً لكل العمليات. إن أسلوب التصميم سوف لن يختلف أساسياً عن الخبرة العادية للتصميم، وشروط التصميم الهندسي بالدرجة الأولى هي أن كل من مهندس التصميم ومهندس العملية يقوم بالتحليل المتقن لتفصيلات الرسم وخواص المنتج. يجب أن يحتوي الرسم القطاعات الضرورية والمقاطع والتفصيلات للأبعاد، الخلوصات تظهر لكل المقاييس التي لم تحدد فيها التفاوتات مهندس العملية (التنفيذ) يجب أن يتأكد من أن المنتج وفقاً للرسوم سيكون موافقاً بشكل جيد للإنتاج تحت الشروط المذكورة.

من الضروري التأكد من أن كل السطوح في الرسم ذات محاور تبادلية وبعض السطوح الدليلة يمكن استخدامها بسهولة في عمليات المقايسة وبكلمات أخرى، فإن سطوح الأساس يجب أن تتحد حيث يمكن عملياً مع سطوح الأساس بالتصميم لذلك ستبقى ثابتة عملياً لأكبر عدد ممكن من العمليات الجزئية. وعندما لا يمكن تحقيق هذه الحالة فإن المصمم يجب أن يعطي أشكال الحوامل الخاصة (طبقات وما يشبه

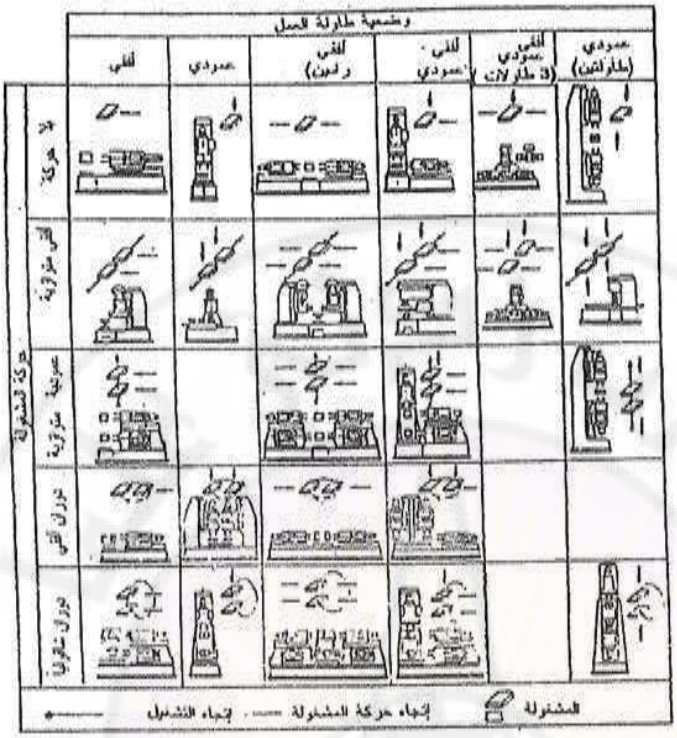
المثبتات) لمناولة المشغولة بين ومن خلال عمليات التشغيل.

المشغولة المتوقع خروجها من خلال خط النقل الأوتوماتيكي يجب أن تصمم لتوافق المتطلبات لقابلية التشغيل. بعض المتطلبات مثل شكل المخروط في الثقب السفلي للبراغي والصواميل (عادة يخوش بسطح لا ينطبق مع شكل رأس الريشة لتجنب التشغيل الزائد) ... إلخ تذكر في الرسم. التحسين الجذري للرسوم في هذه المرحلة من التصميم يتطلب عادة إعادة الحساب (التصحيح) للأبعاد، تغيير في مواصفات السطوح وفي بعض الحالات تعديل في تصميم المشغولة نفسها مما يعطي مهندس التصميم مساعدة كبيرة.

اختيار المشغولة: هو مظهر أساسي في عملية تصميم المشغولة والذي يركز فيه مباشرة على شكل المشغولة وأبعادها التي سوف تقرب بشكل كبير إلى أبعاد المنتج الجاهز. التسامحات في المواد الجاهزة يجب أن تقلل للسماح للمنتج أن يكون جاهزاً من مرور واحد خلال العملية الإنتاجية وهناك متطلبات عامة أخرى يجب مراعاتها من خلال عمليات خط تشمل تركيز عمليات التشغيل وتكثيفها، استخدام تقنيات جديدة وآلات حديثة لتحضير المنتج، تطوير مخطط العملية مع توافق وتسامحات محددة بشكل واضح لكل عملية.

اختيار السطوح الدليلة: إن الموجه في اختيار أساس أو مرجع قياس، هو السطوح بسبب ثباتها المبدئي أي يجب أن تكون قدر الإمكان ثابتة ولا تتغير مهما طالت عملية التشغيل. أن تحتفظ بوضعيتها الجاسئة على القطعة وأن تنظف بانتظام من الرايش هذا المبدأ يجب مراعاته بثبات ومراقبتة بسبب أن تغير سطح الأساس يؤدي إلى إنحرافات إضافية عن المقياس المحدد ولهذا فإن تغير وضعية المشغولة أثناء التشغيل غير مرغوب فيه.

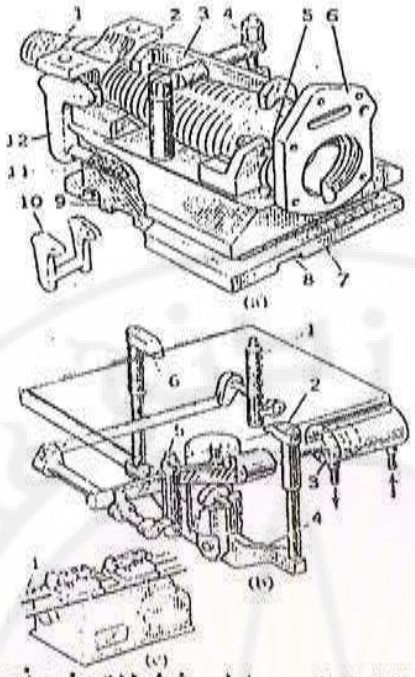
اختيار أدوات القطع: إن اختيار نوع آلة القطع والأدوات يحدد بشكل كبير حسب شكل وأبعاد المشغولات المنقولة من خلال خط النقل. لهذا فإن آلات راكز التفريز المتخصصة، المخارط المتعددة الأدوات، جلاخات أدوات القطع ... إلخ تستخدم بكثرة لتشغيل الأجسام الدورانية. نوع وحدة الرأس في الآلات أكثر ملاءمة لتشغيل عناصر القواعد، الأذرع والمساند، الشوكات والأجسام المشابهة (الشكل 18-13) يوضح التصميم الأساسي لأجزاء وحدة رأس الآلة.



الشكل (18-13) - تصميم وحدة الرأس في آلة لتشغيل عناصر ثابتة

اختيار حوامل المشغولة: إن أسلوب اختيار حوامل المشغولات المستخدمة في خطوط النقل الأوتوماتيكي يوافق عملية التوضيع للمشغولة أثناء التشغيل، النقل، التوضع الثابت أثناء المناولة والتشغيل والمثبت الملائم للمشغولة يتعلق بالأدوات.

الطبعة هي حامل نموذجي للمشغولة تستخدم في آلات النقل لتثبيت المشغولات ذات الشكل المعقد وتحريكها دون افتراض (التوافق مع) السطوح الدليلة وتشكل الطبعات عادة بشكل لا يسمح لها بسهولة تثبيت وقمط المشغولة. عند نهاية (طرف) التسليم تحرك المشغولات من الطبعات وتعاد الطبعات الفارغة بعدئذ إلى طرف التحميل في الخط لتلقي المشغولات غير المشغلة. في (الشكل 18-14_a) موضح طبعة لتثبيت وصلة صندوق السرعة المسننة. الطبعة هي كتلة فولانية 7 ذات سطح تثبيت منبسط ثلاثي النقاط مناسبة لتحريكها بوساطة الناقل.



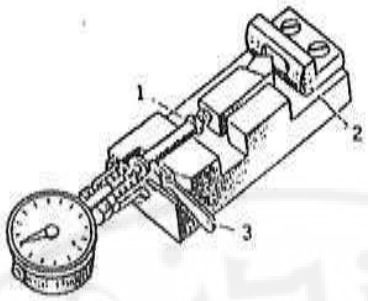
الشكل (18-14) - حامل مشغولات بنموذج الطبعة
a) توضع المشغولة في الطبعة b) عناصر قمط وتحريك c) طبعة عند طرف التحميل لآلة نقل

توضع المشغولة على الكتل بشكل V وتثبت محورياً بالمصد 5. الأذرع بنموذج الشوكة 10. 12 تحفظ الأذن 2 للمشغولة بالمستوي الأفقي بمساعدة المسامير المدفوعة من نابض 11. العتلة 3 القامطة بوساطة البرغي المتارجح ذي الصامولة 4 تستخدم لتثبيت المشغولة في مكانها. مفتاح الخدمة يستعمل (مفتاح شق) لتدوير الصامولة 4 باتجاه الشد قاعدة صفيحة الطبعة تحتوي شق 8 (الشكل 18-14_a) للتعشيق مع النتوء 1 (الشكل 18-14_c) الذي يوجه الطبعة أثناء حركتها،

الشكل (18-14_c) يوضح الطبعة عند طرف التحميل لخط النقل، الطبعة المحملة تتحرك من محطة عمل إلى أخرى على طول الموجهات المسطحة للناقل الهيدروليكي، عند كل محطة تشغيل على طول الخط يوجد أجهزة توقف الناقل وتغلق الطبعة في الوضعية الصحيحة ينزلق الناقل قرب محطة التشغيل ويتوقف عندما تدخل نهايات المحاور 1 و 5 (الشكل 18-14_b) في ثقوب الجلب 9
(الشكل 18-14_a) عندئذ تثبت الطبعة في وضعيتها بوساطة المقامط 2. 6 التي

تنزل مع العتلة 4 المشغلة بوساطة محور أسطوانةهيدروليكية (الشكل 18-14_b) بعد أن تشغل المشغولة من أطرافها الطويلة تدور طاولة التقسيم مدورة المشغولة والطبعة بزاوية °90 لتشغيل سطوح نهايتيها 1 و 6 (الشكل 18-14_a) عند انتهاء التشغيل فإن الطبعة تتحرر والناقل ينقل وتعود الطبعة الفارغة عندئذ إلى ظرف التحميل. بعض خطوط النقل تحوي جهازاً أوتوماتيكياً حيث فيه تحمل الطبعات المشغولات المشغلة لتعود بها إلى الوضعية الابتدائية بوساطة وسائط الإرجاع المركبة تحت الناقل الرئيس حيث يستخدم عامل واحد لتحريك المشغولات الجاهزة وتحميل الطبعات ثانية، بدلاً من عاملين في الحالات الأخرى يلزمان لخدمة الخط عند بداية التحميل ونهاية التسليم فيه.

الأدوات القاطعة: إن المشكلة في آلات النقل هي الوقت المهدور لتبديل الأدوات القاطعة لذا فإن عمر الأداة يجب أن يكون طويلاً، ومقاومة للحرارة وتحقق توازناً حرارياً وأن تكون مصممة بحيث تكون بنيتها قابلة للتركيب السريع والسهل وإعادة الاستبدال السريعة والسهلة. وهذا الشرط الأخير مهم جداً وإذا حققناها بشكل مرضفإن ذلك سيزيد كفاءة الخط. في تركيب الأدوات تستخدم أدوات نظامية أو مبدلات للأدوات لها شكل الأداة تماماً. باستخدام النقل النظامي فإن مركب الأدوات يضبط الأدوات في الوضعية التي تظهر نهاية التشغيل أي الوضعية التي لن تعود بعدها الأداة قادرة على إزالة معدن أكثر من ذلك. مؤخراً تستخدم بكثرة أجهزة ذات لوالب ضبط للتركيب السريع والضبط السريع للأداة. في (الشكل 18-15) موضح جهاز تركيب الأداة ذو لولب الضبط والذي توضع فيه السكين مقابل مصد والبعد عندئذ يحدد بتدوير لولب الضبط.



الشكل (18-15) - جهاز تركيب أداة قاطعة
1 - لولب الضبط، 2 - مصد، 3 - مكبح

مع آلات النقل نجد مهمة رئيسة لإيجاد طرائق للتكثيف الأعظمي لعمليات الإنتاج باستخدام آلات بوحدة رأس وآلات بنموذج مركب، آلات متعددة النقاط، تخفيض عدد نواقل المشغولات وعناصر التثبيت، تقليل زمن دورة الخرج، وتبسيط تخطيط ومراكز التشغيل من حيث العدد.

18-6 - وثوق آلة النقل:

وثوق التشغيل: لآلة التشغيل يمكن تحديدها بقدرة الآلة على الحفاظ على قدراتها للخدمة تحت ظروف التشغيل محددة أثناء عمر الخدمة المصمم.

قابلية الخدمة لآلة النقل تتحقق عند توفر تلك الشروط أو الحالات التي تؤدي فيها المتطلبات اللازمة منها خلال الزمن المعطى وبصورة مرضية بالمواصفات الأساسية نفسها التي تضمن أداءها لمهماتها العادية والوثوقية هي جملة شروط خاصة مشروطة بقابلية الخط للعمل المستمر الأداء بدون توقف ولزمن طويل. إن قدرة خط النقل على وقاية الخدمة تحت شروط ومؤثرات محددة للعمل يعرف بأمان الفشل. ومصطلح أمان الاخفاق والوثوقية أو التشغيل بدون فشل تستخدم بأشكال متغيرة في المراجع التكنولوجية.

العوامل المحددة لأمان الفشل في خط النقل: والأكثر حسماً بينها هو اختلاف

التصاميم وعدد ميكنزمات الآلة وعدد المواد الأولية والمنتجات النصف مصنعة المراقبة على توازن العملية، ظروف التشغيل، الصيانة والإصلاحات، الأخطاء التي يمكن أن تتسلل إلى مشروع إنتاج خط النقل أثناء مرحلة التصميم أو العمل. عدم الانتباه لتعلميات الصيانة قد يسبب التوقف ويقود للفشل. ويمكن أن يحدد أمان الفشل بعدة عوامل مثل معامل الوثوقية، أي احتمال التوقفات، يعني الزمن بين التوقفات (كذلك الزمن حتى أول توقف أو الزمن حتى الإصلاح) جاهزية العمل أو نسبة توفر الخدمة.

احتمال الأداء بدون توقف P في خط إنتاج أوتوماتيكي حسب نظرية الاحتمالات، هو ناتج احتمالات الأداء بدون توقف أو عوامل الوثوقية لآلات التشغيل والوحدات فيه بشكل إفرادي (بترتيب تسلسلي):

$$P = P_1.P_2.P_3.....P_n \qquad (1-18)$$

حيث: P_1 , P_2 , P_3 ..... P_n احتمالات الأداء دون توقفات لآلات التشغيل إفرادياً وميكنزمات الخط كذلك.

بشكل مشابه إن احتمال العمل بدون توقفات لآلات القطع إفرادياً هو ناتج مثل هذه الاحتمالات لأجزاء الآلات (بترتيب تسلسلي):

$$P_m = b_1 b_2 b_3 ....b_n \qquad (2-18)$$

حيث: b_1 , b_2 , b_3 ..... b_n احتمالات العمل بدون توقفات للأنظمة الهيدروليكية الهوائية. أجزاء الآلات والأنظمة.

الزمن الوسطي بين التوقفات يعطى بالعلاقة:

$$T = \Sigma t / n \qquad (3-18)$$

حيث: Σt مجموع الفترات الزمنية للعمل بدون توقفات (دقيقة) n عدد التوقفات خلال فترة زمنية محددة.

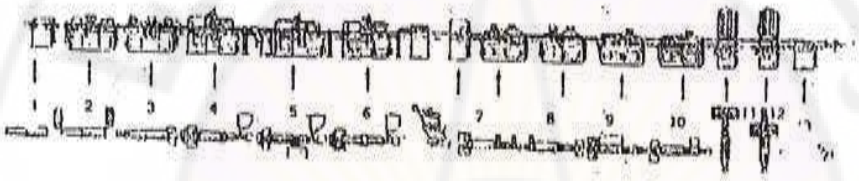
نسبة توفر الخدمة أو جاهزية التشغيل بالعلاقة:

$$K = T_o / (T_o + T_r) \qquad (4-18)$$

حيث: T_o زمن التشغيل دون توقفات (دقيقة) T_r = متوسط زمن الاسترداد (دقيقة).

- أمثلة عملية لتطبيقات خطوط النقل:

نعطي هنا بعض الأمثلة التوضيحية لآلة النقل. في (الشكل 18-16) موضح خط نقل أوتوماتيكي لتصنيع أعمدة مخددة محددة ذات 13 نموذجاً وقياساً وتشمل العملية ما يلي:

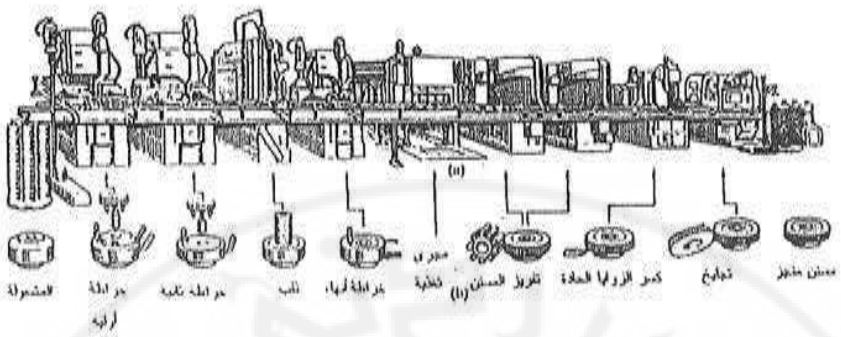


الشكل (18-16) - خط نقل لتشغيل أعمدة مخددة

(1) التحميل (2) تفريز السطوح الجانبية (3) المركزة (4) الخراطة الخشنة على طرف واحد (5) خراطة خشنة على الطرف الثاني (6) الخراطة التنعيمية (7) تجليخ الرقبتين اليمينيتين، (8) تجليخ الرقبة اليسارية (9) تجليخ الرقبة العريضة (10) تجليخ الرقبة الوسطى (11) تفريز الأخاديد على رقبة واحدة (12) تفريز أخاديد على الرقبة الأخرى (13) غسيل المحاور.

إن زمن دورة الخرج في الخط يتراوح ما بين 30 و 60 ثانية اعتماداً على شكل المحور وأبعاده قيد التشغيل. إن خط شبكة التسليم هو قناة V والتي على محور النقل فيها تتحرك المشغولات من آلة إلى أخرى.

الخط الأوتوماتيكي الموضح في (الشكل 18-17)) مصمم لتصنيع مسنن وحيد الحلقة ذي 10 نماذج وأبعاد أقطار خارجية 100-220 mm وقطر الثقب 28-50 mm وخطوة مسنن 1,5-5 mm.



الشكل (18-17) - خط نقل لتشغيل مسننات

إن العمليات المتضمنة في عملية التصنيع تشمل:

(1) تشغيل المشغولة على جانب واحد وتشغيل تخشيني للثقب.

(2) تشغيل المشغولة على الطرف الآخر ونصف إنهاء للثقب.

(3) تقوير الثقب (تنعيم السطوح).

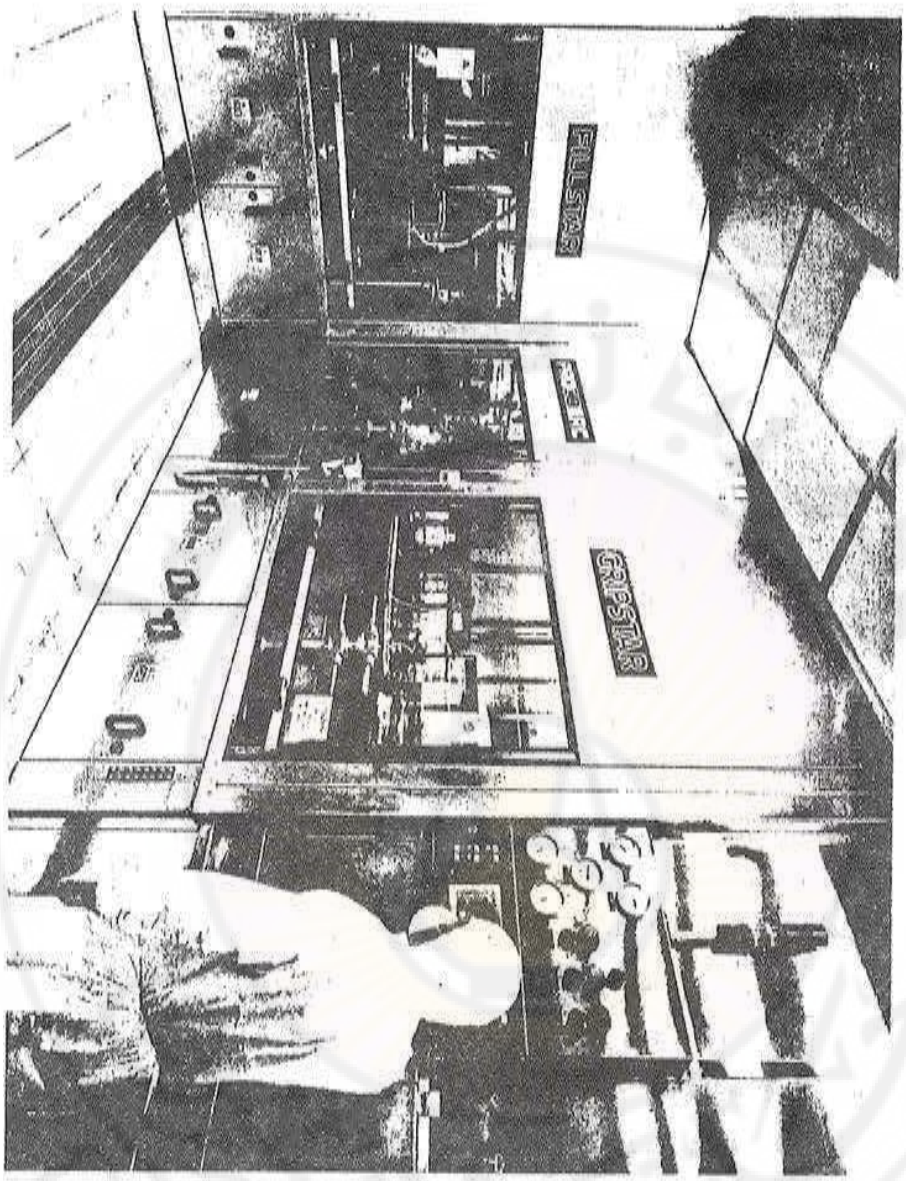
(4) تشغيل تنعيمي للمشغولة.

(5) قطع الأسنان.

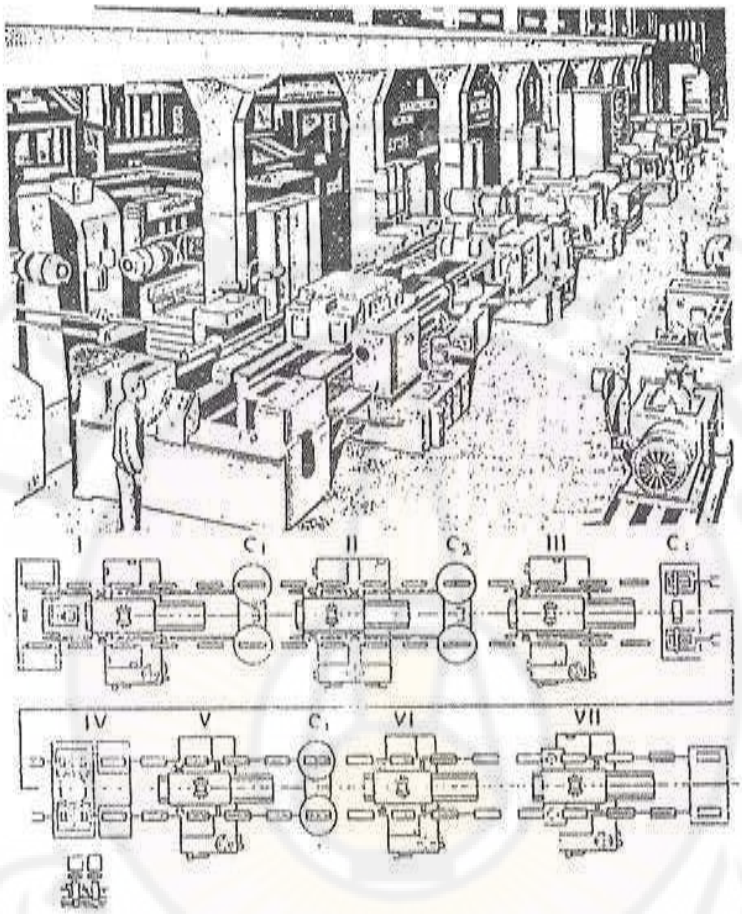
(6) دحرجة الأسنان.

(7) تنعيم الأسنان.

أما الخط الأوتوماتيكي للإنتاج الموضح (بالشكل 18-18) فهو مخصص لتصنيع رؤوس محركات الاحتراق الداخلي للسيارة (لمجموعة الأسطوانات).



Damascus University

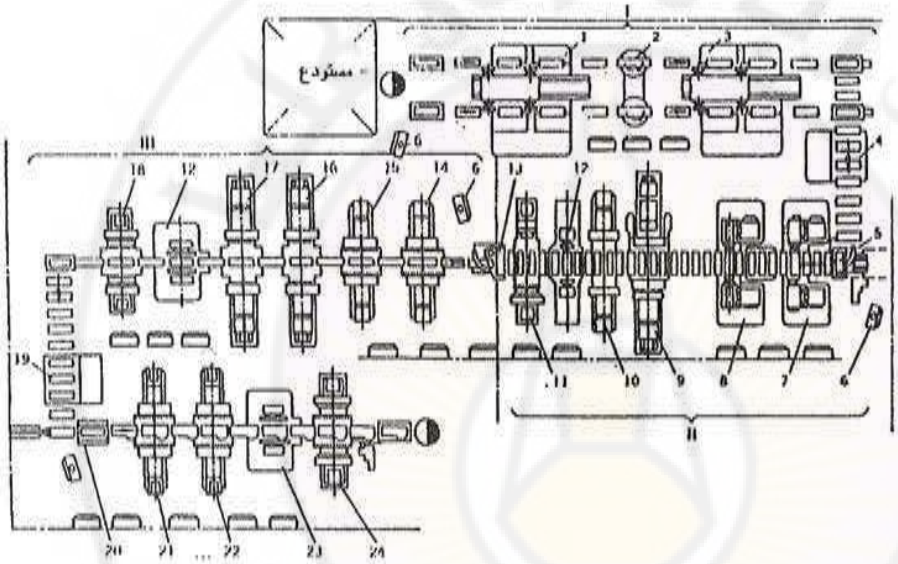


الشكل (18-18) - مشهد عام ومخطط توضحيحي لخط نقل لتشغيل أجزاء ثابتة

لزيادة كفاءة معدل الخرج المحدد وضمانه فإن العملية قسمت إلى خطين لتيار التدفق متوازيين الخط الحاوي على سير ناقل خطوي والذي يوجد على طول محطات تشغيل ذات آلات محددة الأهداف، والمهمات مرتبة في وحدات رؤوس من كلا الطرفين. التدفق الثنائي للإنتاج يسمح لمشغولتين بالتشغيل في آن واحد على كل محطة تشغيل. ويستخدم جهاز تحكم لفحص وضعية ثقوب التثبيت بالنسبة للسطوح المشغلة قبل التشغيل. المشغولة تحرك إلى المحطة للتفريز التخشيني لسطحها العلوي والذي

بعده تدور °180 على طاولة قلابة C_1 وتغذى إلى محطة التشغيل II للتفريز التخشيني لسطحها السفلي. بعدها تدور المشغولة بزاوية °180 على الطاولة القلابة C_2 وفي محطة التشغيل IV لتشغيل ثقبها وعندها تنقل المشغولة من خلال المحطة V والطاولة القلابة C_4 إلى محطة التشغيل VI لتفريز سطحها الأخر وتنتهي العملية بالتفريز التنعيمي للسطح السفلي للمشغولة في محطة التشغيل VII.

في (الشكل 18-19) موضح خط نقل أوتوماتيكي لتشغيل علب سرعة الجرارات.

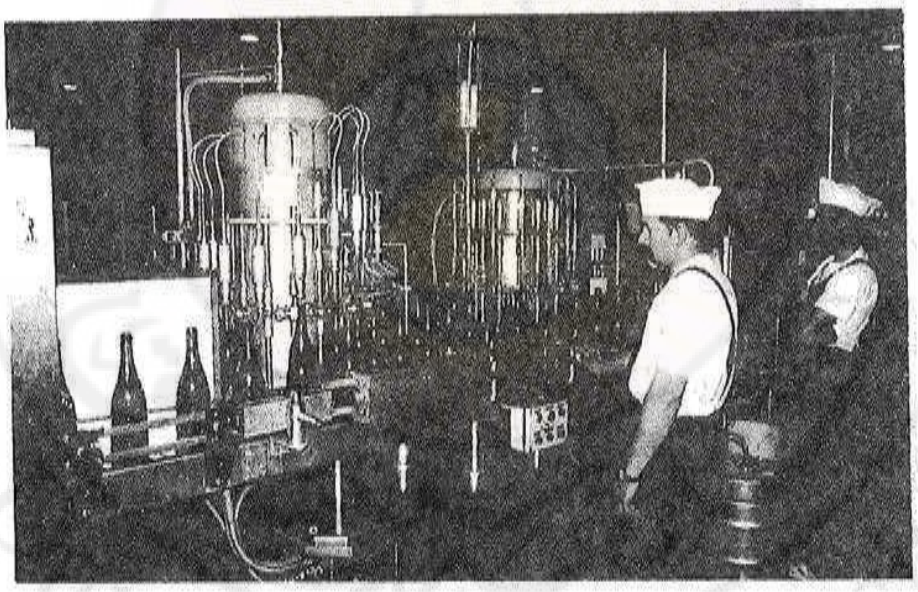


الشكل (18-19) - مخطط توضيحي لخط نقل لتشغيل علب سرعة الجرارات

حيث المشغولة هنا هي صندوق مشكل من الحديد الصب والذي تحوي جدرانه ثقوباً يجب تشغيلها. تدخل المشغولة إلى الخط الحاوي عناصر تثبيت والتي هي السطح السفلي وثقبان مثقوبان عمودياً على مستوي القاعدة. كل محطة تحوي جهاز قمط هيدروليكي ذاتي الضبط للتوضيع وقمط المشغولة.

الخط الأوتوماتيكي يجوي أربعة قطاعات I . II . III . IV اربع مشغولات تتحرك بأن واحد عبر القطاع I بتياري تدفق متوازيين لتفريز السطح بوساطة فارزات رباعية المحاور 1 متوضعة على طول سير التسليم على طرفيه. المشغولات تدور عندئذ بزاوية °180 على

الطاولة القلابة 2 لتفريز السطوح المقابلة على آلة تفريز 3. السير المستعرض 4 يأخذ المشغولات بعيداً إلى الطاولة القلابة 5 التي تدورها بزاوية 90 وتنقل أبعد إلى الفارزات 7 . 8 لتفريز الجوانب الطويلة. الآلات 9 , 10 , 11 هي محطات التشغيل التالية والتي يتم عندها تثقيب الثقوب وسحلها وفتح السن على التتالي لمنع الأضرار بأسنان أدوات القطع. مركب جهاز فحص 12 لاختبار المشغولات بحثاً عن الثقوب على الطاولة القلابة 13 ثانية لإعطاء الجدران الجانبية لتثقبها على الآلة 14 ثم يتبعها الثقب والسحل على الآلة 15. الآلات 16 , 17 تستخدم للثقب التخشيني والتنعيمي للثقوب الكبيرة. بعد فحص هذه الثقوب بالجهاز 12فإن المشغولة تنقل عبر الآلة 18 لتشغيل الثقوب الصغيرة. الناقل العرضاني 19 يتحرك عندئذ لنقل المشغولة إلى القطاع IV حيث يقوم برميل دوار برفع المشغولة على جانبه ويغذيها إلى الآلات 21 , 22 لثقب الثقوب الصغيرة. وبعد اختبار الثقوب الصغيرة بالجهاز 23فإن المشغولة تنقل من خلال الآلة 24 لفتح أسنان للثقوب الصغيرة. إن التحكم في كل قطاع يتم من لوحة تحكم 6. معدل الخرج للخط هو 20 قطعة / ساعة ويستخدم عاملان لتخديم الخط واحد عند التحميل والأخر عند طرف التسليم للخط.



وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل التاسع عشر
أتمتة التجميع

إن الهدف من مكننة عمليات التجميع وأتمتتها هو لزيادة الإنتاجية وتحسين نوعية المنتج المجمع وبأقل كلفة.

مكننة التجميع هي استخدام الآلات والميكنزمات بدلاً من العمل اليدوي لعمليات التجميع الأساسية ما عدا التحكم. في التجميع الممكن كل العمليات تؤدى بوساطة الميكنزمات والتحكم بالآلات يتم من قبل العامل. في المكننة المتكاملة حيث يستبدل بالعمل اليدوي عمل الآلات في العمليات الأساسية كافة.

في التجمع المؤتمت تنفذ العمليات الأساسية بوساطة آلات أوتوماتيكية وأجهزة بدون تدخل الإنسان. ومهمات التجميع الأخرى تنفذ من قبل العامل، أي التجمع باستخدام أيدي خدمة وقبضات حمل الأدوات المقادة يدوياً تربط نماذج مختلفة من المجموعات مع بعضها لتشكل وحدة التجميع بوساطة آلات تجميع لتشكل مثالاً على التجميع الآلي.

إن مستوى الأتمتة في تجميع المنتجات يمكن تحديده حسابياً من العلاقات:

1) معامل التكيف مع التجمع.

$$K_{ad} = T_{as} / (T_{as} + T_{fit}) \qquad (1-19)$$

حيث T_{as} - العمل المبذول لعملية التجميع (ما عدا التركيب) - T_{fit} - العمل المبذول للتركيب أو مهمات الموائمة.

2) نسبة مهمة المواءمة الواصفة للعلاقة بين كلفة التجميع المكنن أو المؤتمت والتجميع المنفذ يدوياً:

$$K_{fit} = T_{m.as} / T_{has} \qquad (2-19)$$

حيث:

$T_{m.as}$ - العمل المبذول لتثبيت المشغولة والمنفذ بوسائط ميكانيكية.

T_{has} - العمل المبذول لتثبيت المشغولة والمنفذ يدوياً.

3) مستوى (معامل) التجميع المؤتمت في الورشة أو المصنع.

$$C = (P_a / P_h)100\% \qquad (3-19)$$

حيث: P_a - عدد عمليات التجميع المؤتمتة (الممكننة).
P_h - عدد عمليات التجميع اليدوية.

4) مستوى (معامل) المكننة لمهة واحدة.

$$M = T_m /(T_m + T_h) \qquad (4-19)$$

حيث: T_m - زمن العمل الممكن (h).
T_h - زمن العمل اليدوي (h).

هذا المعامل يسمح إجراء المحاكمة حول مستوى العمل الممكن في كل مكان عمل.

5) مستوى (معامل) أتمتة التجميع المتكامل.

$$M_{integ} = (Q_{integ} / Q_t)100\% \qquad (5-19)$$

حيث: Q_{integ} - خرج قطاع تجميع مؤتمت (قطعة).
Q_t - الخرج الكلي لدائرة التجميع (قطعة).

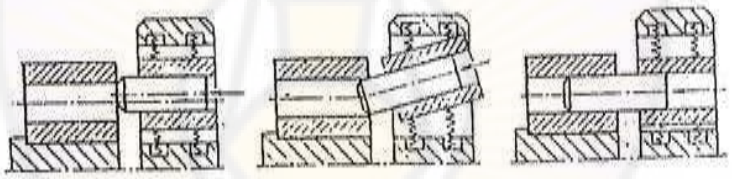
19-1- طرائق الأتمتة ووسائلها:

إن التجميع يعد آخر مجالات المكننة والأتمتة لعملية الإنتاج لعدد من الأسباب ذات الطبيعة التقنية والتنظيمية. فالصعوبة الرئيسة تتجلى في عدد عمليات التجميع أو

الأجزاء المتضمنة في العملية حيث يعد عدم دقة الأبعاد من أحد أسباب توقف متابعة عملية التجميع.

غالباً يكون السبب الرئيس لافتراض المستوى المنخفض لأتمتة التجميع هو القابلية القليلة نسبياً لتجميع تصميم آلات وأجزاء، ووحدات وميكنزمات أي إنصاف مجمعة. لذلك يتطلب نجاح الأتمتة التصميم المسبق والدقيق وتثبيت العناصر (حواف الدخول، السطوح الدليلة، ... الخ) في بنية أنصاف المجمعات لتسهيل عملية الربط أو الوصل. والنجاح يكون أضمن وأسرع في حال تعشيق السطوح في مشغولة تم تصميمها ومراعاة وجود أكثر من سطحين متوانمين وبساطة الشكل لازمة في نصف المجمع للحصول على تجميع أتوماتيكي من نوع «مباشر» وأنواع الوصلات والأربطة ما عدا المبرشمة والمثبتة بمحاور.

وصعوبة أخرى هي أن أتمتة الجهاز يجب أن تصمم لتلائم عادات العمل اليدوي كافة في الشكل (19-1) موضح مخطط مبدئي بجهاز أتوماتيكي مصمم لإدخال محاور إلى الجلب الموضحة بالشكل.



الشكل (19-1) - تجميع أوتوماتيكي لجزأين معاً

حالياً تجري الأبحاث لتطبيق مؤثرات فيزيائية مختلفة مثل مغناطيس كهربائي ومؤثرات بالاضطراب الهوائي ....الخ ولتحقيق التوضع المطلوب للتغذية والتجميع لأنصاف مجمعات محددة فإن تكنولوجيا التجميع تشمل غالباً تركيب الأجزاء المجمعة وإنهاءها والتي تتطلب عمليات تشغيل آلي مثل الثقب، فتح السن، السحل ... الخ، ويبدو لهذا من المعقول أن تخطط هذه العملية بشكل كامل في مراحل تصميم العملية.

إن عملية التجميع المؤتمت تشكل المراحل الأساسية التالية:

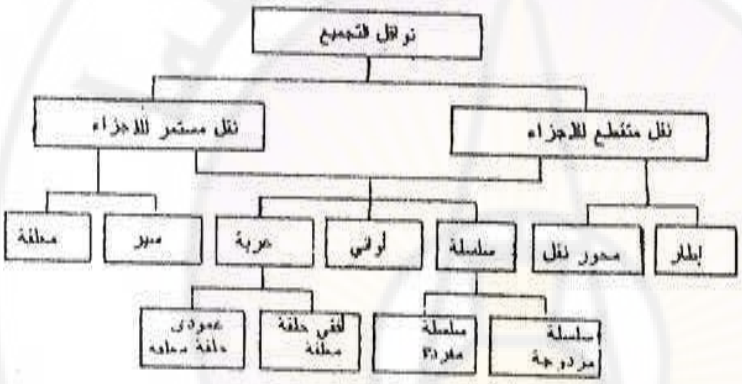
- تحريك أنصاف المجمعات إلى منطقة العمل.
- توضيع أنصاف المجمعات في المكان المحدد.

- تنظيف (مطابقة) الأجزاء المتوضعة مسبقاً.

- تجميع الأجزاء المنظفة معاً.

الأجزاء الصغيرة الأبعاد والأوزان تسلّم وتوزع على طول محطات التوزيع بوساطة مغذيات مختلفة ووسائط نقل مربوطة مع القفازات والمخازن وغيرها، .... المجمعات الكبيرة الحجم والثقيلة تحرك من محطة لأخرى على سيور التجميع.

إن مجموعات التجميع الممكننة تشمل نواقل مختلفة مزودة لتخديم عمليات التجميع وتحذف النواقل السيارة في الممرات المغلقة الأفقية والشاقولية والنواقل المغلقة ومحاور النقل .... الخ (الشكل 19-1) في التجميع المتطور للأجزاء الصغيرة.



الشكل (19-2) - سيور تجميع

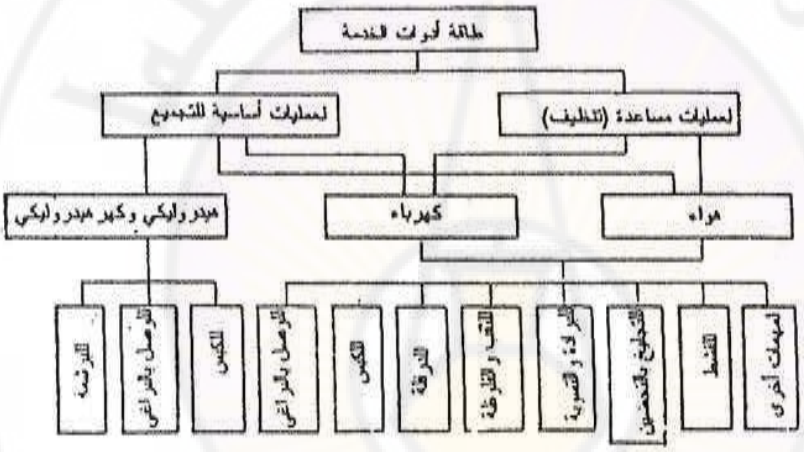
إن التطور الأخير في مجال النواقل هو النواقل الدافعة التي تسمح بتحديد هوية المشغولة وبالتجميع الأتوماتيكي للمشغولات في المكان المراد للاستخدام، مثل هذا الناقل يحوي عربتين، واحدة لتحريك سلسة القطر المحركة بمحرك مع خطافات الالتقاط والأخرى للتحريك الحر للعربات الحاملة لأنصاف المجمعات وتتحرك العربات بتأثير الدفع المنقول من سلسلة التجميع بوساطة خطافات التعليق. فقضبان الجساءة مع عنصر التجميع (السلسلة) يسمح بدقة صغيرة لجهاز التجميع الأوتوماتيكي للأحمال إلى نقاط الاستخدام ولتوقيف مرور الحمولة إلى المخزن الأمامي لتعديل المخزون ولأغراض إنتاجية أخرى. إن سعة مثل هذه النواقل يمكن أن تزاد بشكل كبير بتركيب شبكة تسليم معها جهاز قارىء ورق مثقب أوتوماتيكي من النوع الإلكتروني.

اعتماداً على خصائص عمليات التجميع فإن النواقل يمكن أن تحرك باستمرار

وبشكل متقطع، فمن المتوقع إيجاد استخدم أوسع لها في أتمتة التجمع.

في (الشكل 19-3) موضح أشكال مختلفة التشغيل لحوامل الأدوات اليدوية المستخدمة في عمليات التجميع لتثبيت الأجزاء المجمعة معاً. اعتماداً على الطاقة المستخدمة فهذه يمكن أن تكون ذات محرك هوائي، هيدروليكي، أو كهربائي.

أدوات الخدمة الكهربائية والهوائية هي الأكثر شيوعاً بسبب الأبعاد الصغيرة والوزن القليل، وبساطة التصميم، وسهولة الصيانة، وكفاءتها العالية، إن صنع وصلات مقلوظة ذات صواميل قيادة للقدرة، أسرع بـ 10 - 7 مرات من المنفذة للعملية نفسها يدوياً بوساطة مفتاح.

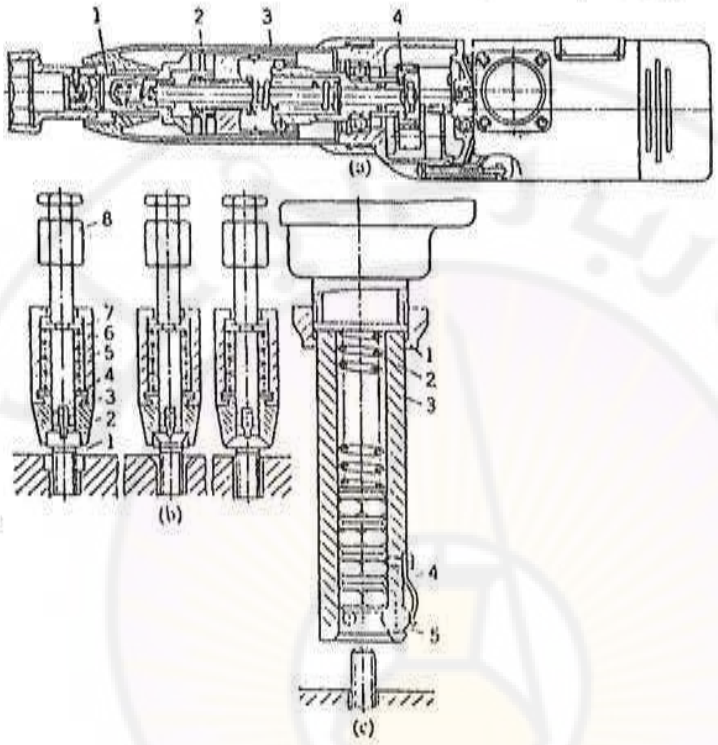


الشكل (19-3) - طاقة أدوات الخدمة

إن استخدام مفكات براغي تعمل هوائياً والتي تغذى فيها البراغي أتوماتيكياً يزيد الإنتاجية خمس أضعاف ويحسن نوعية الأجسام المجمعة ويقلل كلفة الإنتاج. بالحالة العامة تكون الإنتاجية أعلى بمقدار 70% - 40 حيث تربط أجهزة الخدمة بشكل تكامل كامل في عملية أوتوماتيكية. وعامة فإن ظروف خصوصية الإنتاج تملي نوع طاقة الأداة كهربائياً أو هوائياًوالتي يجب استخدامها هنا.

في (الشكل 19-4_a) موضح نموذج نظام لمفك صواميل كهربائي لتركيب الوصلات الملولبة ومزود بمحرك استطاعته 400w يعمل ترددياً من منبع قدره 220v. ذو منبع قدرة أحادي الطور، المخفض المسنني ذو المسننات الحلزونية

الثنائي المراحل 4 والقارنتان وفك المقارنة 2 والقميص ذو الكرات 3 تستخدم لنقل الحركة الدورانية للمحرك إلى المحور الرئيس 1. الفك في القارنة يتعشق عندما يكون المحور غاطساً إلى جسم الأداة بوساطة تطبيق ضغط التماس.



الشكل (19-4) - تصميمات لأدوات قدرة

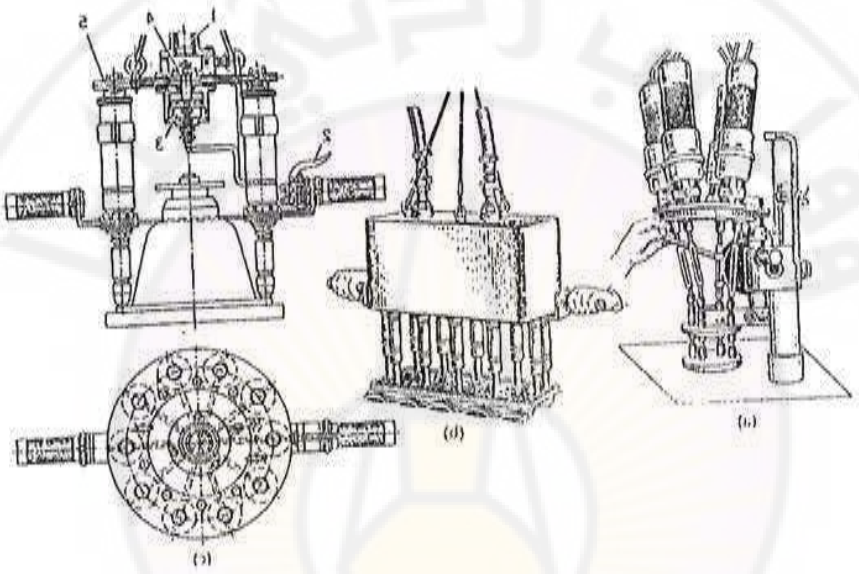
a) مفك صواميل كهربائي b) مفك براغي c) مفك صواميل ذو مخزن صواميل

أما مفك البراغي الموضح (بالشكل19-4_b) فله رأس 2 ذو مقعد مجوف لرأس المفك 1 القائد 3 الذي برشم مع الصامولة 8 المتصلة مع محرك كهربائي أو هوائي. الرأس مثبت بقلووط مع الغلاف 5 الذي يحوي نابضاً 6 ونصفي حلقات 7. رأس مفك البراغي يقود البراغي إلى الثقب ويدوره جيداً في مكانه ويشده.

أما المفتاح ذو مخزن التغذية (الشكل19-4_c) فهو أداة فعالة في عمليات التجميع وهو أساساً مخزن للصواميل 3 الذي يدور مع الصامولة 1 على محور آلة مثقب أو محرك لفك الصواميل يقاد هوائياً أو كهربائياً. المخزن هو مستودع مزود

بنابض يدفع الصواميل أثناء العمل ويتغلب على مقاومة اللاقط بنموذج الكرية 5 المحمل بنابض 4 والمخصص لحمل الصامولة السفلية للأعلى في المخزن ويمنعها من السقوط خارجاً.

في (الشكل 19-5_a) موضح شكل لمفك صواميل كهربائي متعدد المحاور وقادر على قيادة 4 صواميل في الوقت نفسه. هذه الأداة تستعمل بكثرة حيث تتطلب العملية تغيير المسافة بين المحاور.



الشكل (19-5) - مفكات صواميل متعددة المحاور
a) 4 محاور b) 11 محور c) 10محاور

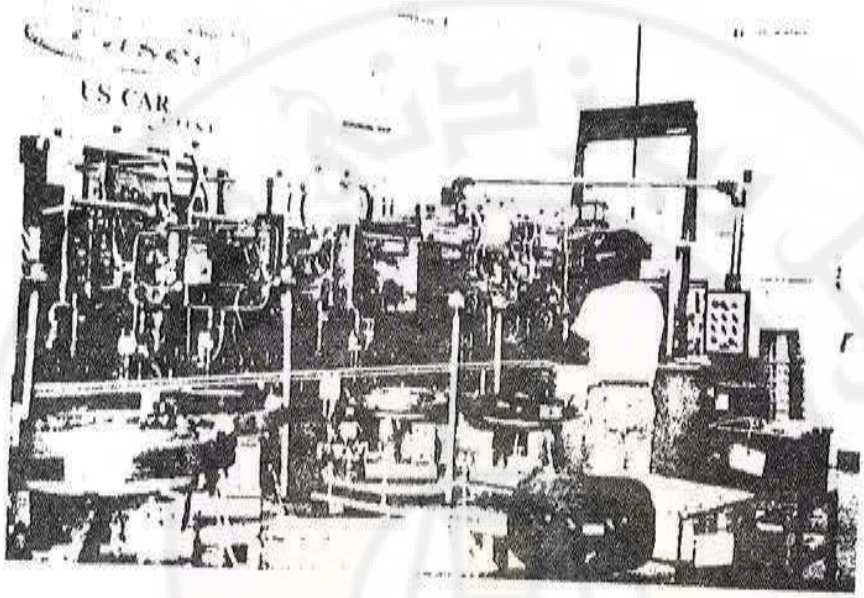
في (الشكل 19-5_b) موضح مفك صواميل ذي11 محوراً مصنوعاً من وحدات نظامية ويسمح بأن تنجز العملية خلال 43sec ومفك الصواميل الموضح (بالشكل 19-5_ c) ذو 10 محاور مزود بمنبع تغذية هواء، 1 قبضة التحكم بالصمام 2 ذات أسطوانة3، الصمام 4 والرأس 5 يضغط الصمام عن طريق قبضة التحكم فيؤدي ذلك إلى حركة محور الأسطوانة3. إزاحة المحور تفتح الصمام 4 لتسمح للهواء بالدخول إلى الرأس 5 ومنه يوزع إلى كل محرك.

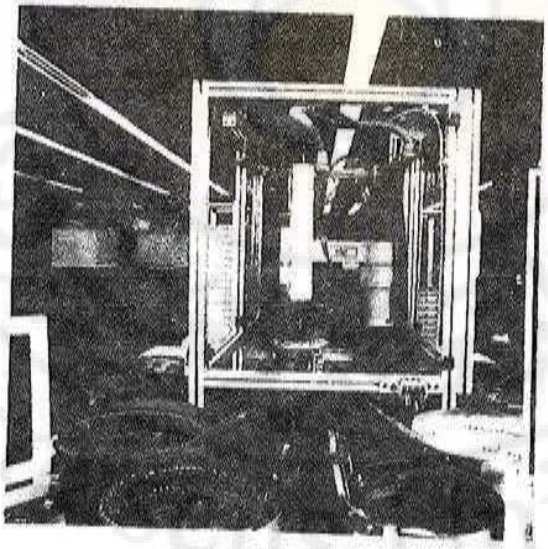
إن المتطلبات اللازمة لأدوات القدرة والخدمة المؤتمتة هي إمكانية تحمل الأحمال ذات التأثير القليل الزمن، أن تكون صغيرة، آمنة واقتصادية عند الاستخدام.

19-2- خطوط التجميع المؤتمتة:

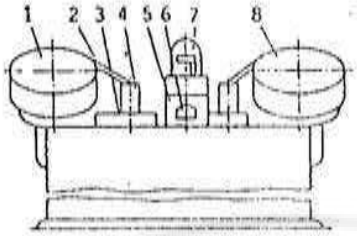
إن سيور التجميع المؤتمتة أو الخطوط تشير إلى صنف خاص من أتمتة الآلات بسبب نوع وسائط الأتمتة المستخدمة والتي يفترض في التجميع المؤتمت أن تعوض عمل المجتمع البشري. أي يجب أن تطابق الحركات الانسانية في التجميع اليدوي فإن الاختلاف والانحراف في أبعاد منتج مجمع يمكن عادة أن تتغلب عليها بالتركيب اليدوي، حيث يمكن لمشكلات مشابهة في التجميع المؤتمت أن تؤدي إلى توقف العملية. لهذا فإنه غالباً ما يراعى في تصميم قطاعات التجميع المؤتمت (وهنا لا يعني هذا أن يكون الإنتاج في معمل بدون عمال البتة) أو خطوط كاملة لمراجعة التسامحات للتأكد من أن التصميم للقطع النصف مجمعة يوافق بشكل عام التجميع الأوتوماتيكي خط التجميع الأوتوماتيكي أساساً هو نظام من الآلات الأوتوماتيكية والأجهزة التي تنفذ كل العمليات مثل تغذية الأجزاء، المناولة، التوضيع، تنظيف الأجزاء وربطها مع بعضها بدون مشاركة الإنسان. معطية بالنتيجة (مجمعاً) مشغولة منتهية سوف نلاحظ على كل حال أن قطاعات التجميع المؤتمت والنواقل في بعض الأحيان أكثر عملية من خطوط التجميع الأوتوماتيكية. حيث عندما يكون النظام المؤتمت بشكل عال غير اقتصادي في بعض الأجزاء طالما أن تأثير الكلفة في التجميع المؤتمت ليس من الضرورة أن يتناسب مع مستوى الأتمتة وهذا ما يبرر تحسين الأتمتة الذي يعني استخدام العمال حيث يلزم استخدامهم.

في الأحوال كافة توضح آلة تجميع قطاع أو خط تجميع أوتوماتيكي مجهز بأجهزة تدعى الموضعات المخصصة لتوضيح الأجزاء في الوضعية المناسبة والمغذاة من القفاز قبل وصولها إلى منطقة العمل (الشكل 19-6).





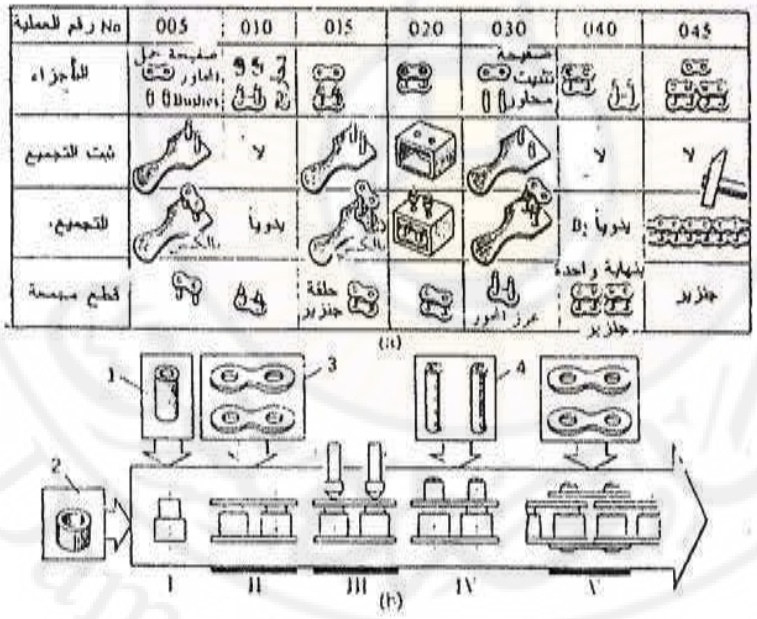
خطوط تجميع مؤتمتة



الشكل (19-6) - مخطط لآلة تجميع وحيدة الموضع نموذجية
1و8 -قفازات 2- قناة 3- مغذ4-مخزن 5- جهاز توضيع 6- موضع 7- ميكنزم صنع وصلات

ويحوي أيضاً مغذيات والتي تسلّم الأجزاء وأنصاف المجمعات إلى محطات التشغيل. أجهزة متخصصة وميكنزمات تنفذ عمليات التنظيف للأجزاء لتجميعها معاً، وأجهزة مصممة لتثبيت الأجزاء المضمونة في الوضعية المطلوبة، أي وصلها.

في (الشكل 19-7) موضح مخطط للتجميع اليدوي والمؤتمت لجلبات ودحاريج جنزير (زنجير).



الشكل (19-7) - التجميع اليدوي
(a) والأتوماتيكي (b) لجلب دحاريج الجنزير

والتجميع اليدوي للجنزير هنا يتألف من العمليات التالية:

- وضع الجلب في أول صفيحة ذات دحاريج (الدحروج الأول).
- زلق دحاريج الجنزير على الجلب.
- كبس الدحروج الثاني بالصفحية.
- عيار دحاريج السلسلة (الجنزير).
- برشمة المحاور في صفيحة الربط الأولى.
- ربط دحاريج الجنزير مع مسمار ربط أحد طرفي صفيحة الربط.
- البرشمة بالطرق للمسمار الثاني مع صفيحته.

والتجميع الأوتوماتيكي يتضمن العمليات التالية:

I وضع الجلب 1 على دحاريج الجنزير 2.

II كبس الجلب على صفيحة ربط الدحاريج 3.

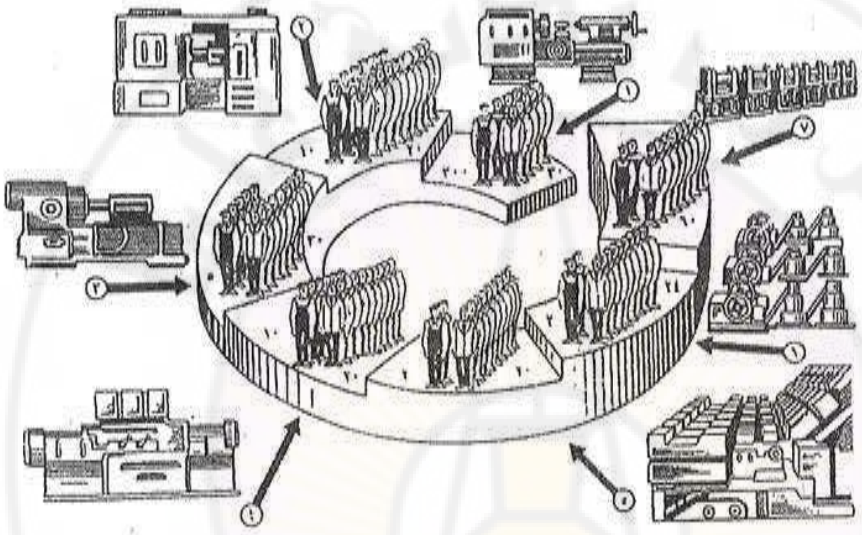
III معايير دحاريج الجنزير.

IV ربط دحاريج الجنزير مع المسمار 4.

V إكمال الجنزير.

وبهذا الشكل فإن الأتمتة تقلل بشكل كبير عدد العمليات والمجمعين العاملين بالتجميع اليدوي وتزداد الإنتاجية.

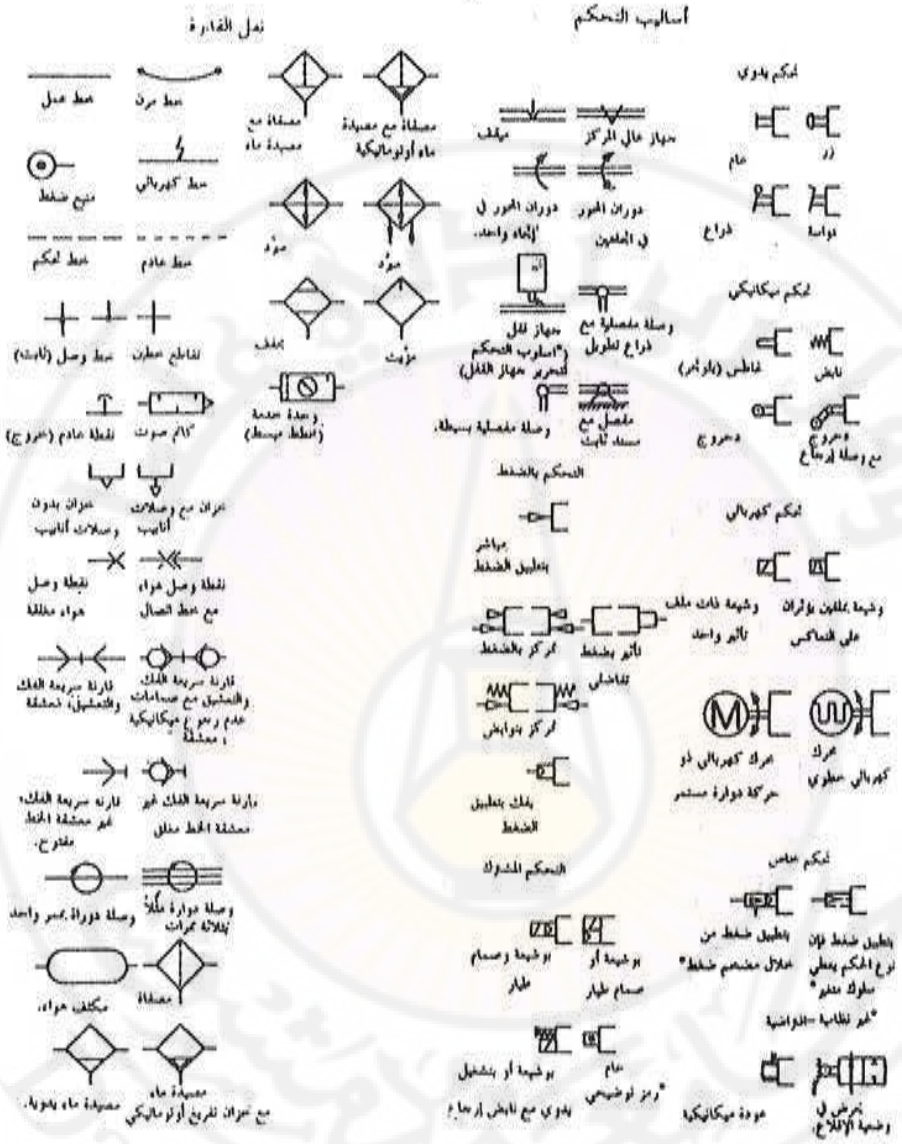
في (الشكل 19-8) موضح شكل يعطي فكرة عن مراحل تطور الإنتاجية، وإدخال الأتمتة وفوائدها. حيث رقم العملية يزداد مع زيادة تطورها. في المرحلة (1) نلاحظ أنه يلزم لتخديم ورشة خراطة مثلاً 30 موظفاً ومهندساً بينما يلزم 300 عامل فني. أما في آخر مراحل الأتمتة فقد وصل عدد الإداريين والمهندسين إلى 60 والعمال الفنيين إلى 2.



الشكل (19-8) - مراحل تطور آلات تشغيل المعادن بالقطع

Damascus University

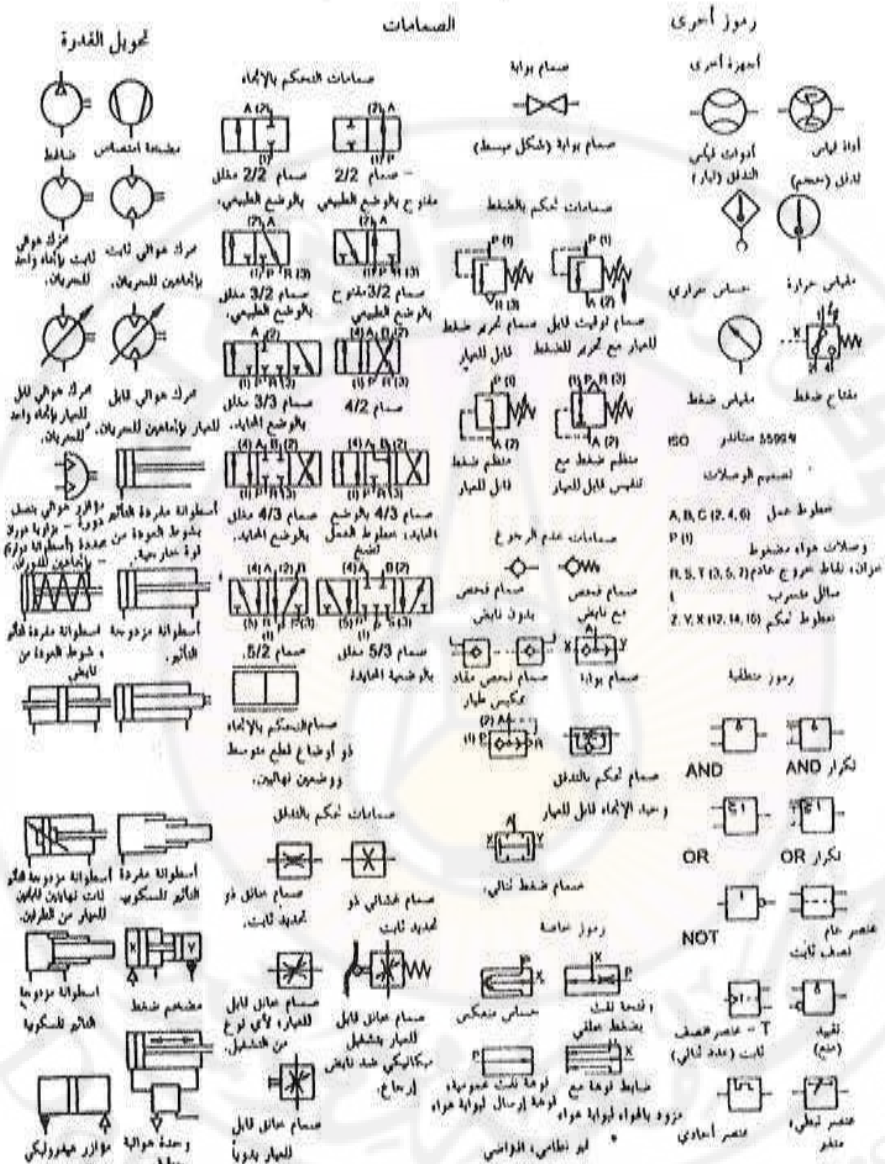
الرموز والمصطلحات المنطقية المستخدمة في الهواء المضغوط (حسب ISO1219)



Damascus University

جدول الرموز والمصطلحات المنطقية المستخدمة في الهواء المضغوط

(حسب ISO1219)



المراجـع العلميـة

1-مبادئ الأتمتة الصناعية - د. محمود بهاء الدين بني المرجة - الدار العربية للعلوم - بيروت 557 - 1994 - صفحة / بالعربية.

2-مبادئ تقنية التحكم - بريند بوكسنيك - فيستو للتدريب والتعليم ك. ج - إيسلنغين 594 - 1988 -صفحة / بالإنكليزية - ترجمة الدكتور المهندس محمود بهاء الدين بني المرجة . 1997

3-سلسلة تكنولوجيا الروبوت الصناعي - الجزء:I مدخل إلى علم الروبوت الصناعي - د. محمود بهاء الدين بني المرجة - م. محمد فتحي محمد غنمة - دمشق 284 - 1996 -صفحة / بالعربية.

4-سلسلة تكنولوجيا الهواء المضغوط - الجزء - I إنتاج وتحضير الهواء المضغوط - د. محمود بهاء الدين بني المرجة - م. محمد فتحي محمد غنمة - دمشق 1997 - 169 -صفحة / بالعربية.

5- ن. بيسينغر، هـ. ميكسنير: التحكم البسيط والدارات المنطقية، فيستو للتدريب والتعليم، إيسلينغين / 1978 - بالإنكليزية.

6- ب. بوكسنيك، م. ويتشيرت: مدخل إلى أجهزة التحكم المنطقي المبرمجة، فيستو، / 1983بالإنكليزية.

7- و. ديبيرت، ك. ستول: تطبيقات الهواء المضغوط، فوغل للنشر، / 1976 بالإنكليزية.

8- و. ديبيرت، ك. ستول: الهواء المضغوط في التحكم، فوغل للنشر، / 1985 بالإنكليزية.

9- و. ديبيرت، ك. ستول: الهواء المضغوط في التغليف، فوغل للنشر، / 1983 بالإنكليزية.

10- مبادئ هندسة التحكم بالهواء المضغوط - فيستو للتدريب والتعليم، إيسلينغين، / 1979بالإنكليزية.

11- .س. إيدلير، هـ. ميكسنير: س. ب. أ. ندوة التوضيع، فيستو / 1983

بالإنكليزية.
12- هـ. ميكسنير، كوبلير: مدخل إلى الهواء المضغوط، فيستو للتدريب والتعليم، إيسلينغين، / 1979بالإنكليزية.
13- م. نيل، شميت وفارويل، ر. ف: فهم التحكم الالكتروني في أنظمة الأتمتة، تكساس إنسترومينتس، / 1983بالإنكليزية.
14- تصميم آلة تعبئة أوتوماتيكية مبرمجة تعمل بالهواء المضغوط - دراسة نظرية وتطبيقية - د. محمود بهاء الدين بني المرجة - دار الغد - دمشق - 254 - 1955صفحة/بالعربية.
15- القياسات والتحكم الآلي - د. سيمون عبيد - جامعة دمشق - 1983 - 620صفحة / بالعربية.
16- سلسلة التحكم العملية - أجهزة التحكم المبرمج PLC,Sوتطبيقاتها العملية - م. أحمد عبد المتعال - دار النشر للجامعات المصرية - مكتبة الوفاء مصر 244 - 1995 - صفحة / بالعربية.
17- هـ. باهر: كتيبات فيليبس التعليمية - الجزء الثاني، دار ألفريد هوتينغ للنشر، هايدلبيرغ، / 1984بالألمانية.
18- تش. بلوميه، و. ر. ديللمان: المناولات القابلة للبرمجة الحرة، دار فوغل للنشر، / 1981بالألمانية.
19- المعهد الاتحادي للأبحاث في المدارس المهنية، برلين، كتيبات تعليمية في الهيدروليك، بيوث للنشر، / 1981بالألمانية.
20- ف. كورث، هندسة التنظيم وهندسة القياسات، دار التقنية المملوكة للشعب للنشر، برلين، / 1965بالألمانية.
21- الدكتور المهندس ب. كريستياني. ألمانيا الاتحادية، دورة في الأتمتة، / 1982بالألمانية.
22- ي. ديتمار: استخدام الحواسب الميكروية في الأتمتة، فوغيل للنشر، / 1979بالألمانية.
23- فيستو: تمارين في أنظمة الفرملة الآمنة، إيسلينغين، / 1984 بالألمانية.
24- الدكتور هـ. كلينفر: أنظمة الفرملة الآمنة، أمثلة تطبيقية، بناء وبرمجة،

فيستو، / 1983بالألمانية.
25- ق. مارتين: الحاسب الميكروي في معالجة المعلومات والمعطيات، كارل هانسر للنشر، ميونيخ، 1977 / بالألمانية.
26- ب. بلاجيمان، م. فيخيرت: البرمجة في أنظمة الفرملة الآمنة، فيستو للتدريب والتعليم، إيسلينغين، / 1985بالألمانية.
27- م. رويتر: هندسة التنظيم للمهندسين، فريدريك فيوفيغ + وولده، / 1975بالألمانية.
28- هـ. شينك: أسس هندسة وطرق القياس، ر. أولدنبيورغ للنشر، 1968 /بالألمانية.
29- فان دير فينغايرت، ب. ي. م: التنظيم والحواسب الصغيرة، دار الاتصالات الفضائية للنشر، شتوتغارت، / 1983بالألمانية.
30- سلسلة تكنولوجيا الهواء المضغوط - الجزء - IIبناء وتكوين الأنظمة العاملة بالهواء المضغوط - د. محمود بهاء الدين بني المرجة - م. محمد فتحي غنمة - دمشق / 1997 - بالعربية.
31- ف. س. تيرغان، ي. أندرييف، ب. س. ليبرمان، أسس الأتمتة الصناعية. موسكو – دارمير 1986 - 288 صفحة / بالإنكليزية.
32- روتميروف. أ. أسس التحكم الرقمي بالآلات - موسكو - بناء الآلات. 1987 - 240صفحة / بالروسية.
33- غجيروف ر. ي.، سيربيرنيتيسكي ب. ب.، برمجة التشغيل على الآلات ذات التحكم الرقمي المبرمج. مرجع. لينينغراد. بناء الآلات. دائرة لينينغراد 1990 - 588 صفحة / بالروسية.
34- د. م. زمييف، اتجاهات تطور تصميم الآلات ذات التحكم الرقمي. موسكو . بناء الآلات 1978 - 48 : صفحة / بالروسية.
35- ي. أ. كولكاف، فاكوفشينسي، الآلات المتعددة المهام. موسكو. بناء الآلات، 136 - 1983صفحة / بالروسية.
36- ف. ل. كوسوفسكي، يو ج. كوزبريف، التحكم المبرمج بالآلات والروبوتات الصناعية. موسكو - المدارس العليا 1986 - 286 صفحة / بالروسية.

37- ر. ب. مارغوليت، ضبط الآلات ذات التحكم المبرمج. موسكو - بناء الآلات 254 - 1983 - صفحة / بالروسية.

38- الأنظمة ذات التحكم الرقمي المبرمج المتعددة الأهداف في التشغيل الميكانيكي المرن - تحت إشراف ف. ج. كولوسوف. لينينغراد - بناء الآلات . 1984 - 224 صفحة / بالروسية.

39- س. ب. ميتروفانوف. تكنولوجيا المجموعات في صناعة بناء الآلات. في جزأين - الجزء الأول - لينينغراد. بناء الآلات، 1983 - 408صفحات / بالروسية.

40- س. ب. ميتروفانوف. تكنولوجيا المجموعات في صناعة بناء الآلات. في جزأين - الجزء الثاني - لينينغراد. بناء الآلات، 1983 - 376صفحة / بالروسية.

41- غ. ت. مولتشانوف. رفع فعالية التشغيل على الآلات ذات التحكم الرقميالمبرمج - موسكو. بناء الآلات 1979 - 204 صفحات / بالروسية.

42- يو. ف. فايدين، أ. د. تشوداكوف. تكنولوجيا الحاسبات في التحكم بالآلات. بناء الآلات 1978 - 79 صفحة / بالروسية.

43- تحديد الفعالية الاقتصادية لآلات قطع المعادن ذات التحكم الرقمي المبرمج. منشورات جامعة موسكو معتمدة من ينماش 05.81 - 02 موسكو 1984 - 104صفحات / بالروسية.

44- التحكم المبرمج بالآلات - بإشراف ف. ل. سولونكين. موسكو. بناء الآلات 398 - 1981 صفحة / بالروسية.

45- إ. ف. بوش، بيفييرت، ف. ل. سولونكين. أنظمة الآلات الأوتوماتيكية.موسكو - بناء الآلات 1982 - 318 صفحة / بالروسية.

46- تصليح وصيانة المعدات الصناعية ب. غليبرغ، ج. بيكيليس. دار مير للطباعة والنشر. موسكو 1974 - 605 صفحات / بالعربية.

47- أ. ب. بيلووسف، أ. ي. داشينكو، ب. م. بوليانسكي، وغيرهم.أتمتة العمليات في بناء الآلات. موسكو. المدارس العليا / 1973 بالروسية.

48- م. ب. أليكساندروف. آلات النقل والرفع . موسكو. المدارس العليا / 1972بالروسية.

49- أ. ب. بيلووسوف. تصميم حوامل المشغولات. موسكو. المدارس العليا / بالروسية.

50- ج. ا. فاسيلييف. الحسابات الهندسية الاقتصادية للتكنولوجيا الجديدة. موسكو - بناء الآلات: 1977 / بالروسية.

51- ب. فلاديفسكي، أ. ب. بيلووسوف. مبادئ الأتمتة الصناعية. موسكو - المدارس العليا / 1974 .بالروسية.

52- س. س. فورومينتشيف، ي. بير. أجهزة التحكم الأوتوماتيكي في بناء الآلات. موسكو. مطابع دائرة التوحيد القياسي / 1975 بالروسية.

53- أ. ن. غافريلوف، ب. أ. كوناليف، ن. ن. أوشاكوف. عملية الأتمتة في بناء وحدة الرأس والأدوات في الآلات. موسكو. المدارس العليا 1971 ب / بالروسية.

54- ن. م. فورونيتشف، آلات نقل وحدة الرأس. موسكو. بناء الآلات 1971 ب / بالروسية.

55- ي. م. غوردين، ك. يا. ستارودوب. التحكم الأوتوماتيكي. موسكو. المدارس العليا / 1976 بالروسية.

56- ف. ف. يفدوكيموف. الأنظمة المؤتمتة في إدارة المصانع. لينينغراد. بناء الآلات / بالروسية.

57- م. ي. كفارتين. وسائط الأتمتة الكهرميكانيكية والمغناطيسية وطرق حسابها. موسكو. المدارس العليا / 1973 بالروسية.

58- تصميم وتطبيقات الروبوتات الصناعية في التشغيل. موسكو. سلسلة ينماش - الجزء / 1976 (1) بالروسية.

59- ب. س. ليبرمان، ب. س. تيرغان، ي. ب. أندرييف. أتمتةالعمليات الميكانيكية. موسكو. بناء الآلات / 1969 بالروسية.

60- م. ي. لوغين. مناولة ومعالجة الرايش. موسكو. بناء الآلات / 1968 بالروسية.

61- أ. ن. مالوف. مكننة وأتمتة آلات قطع المعادن العمومية. موسكو. بناء الآلات / 1969 بالروسية.

62- وحدات رؤوس الآلات الصغيرة الأبعاد. موسكو. سلسلة ينماش.

الجزء1. بناء الآلات / 1972 بالروسية.
63- ي. أي. مينسكر. التحكم الكهربائي في خطوط النقل الأوتوماتيكية - موسكو - لينينغراد، الطاقة / 1964 - بالروسية.
64- ي. ب. نيتراتوف، ف. د. بولشاكوف، ف. أ. نوفغورودستيفا. نظام تصميم الوثائق التكنولوجية في النظام الأوتوماتيكي لعملية التحكم. موسكو. الإحصاء / بالروسية.
65- ك. ف. موسولوف، ف. ف. باستوف، ر. ب. ايفانوف. وغيرهم. أسس مكننة وأتمتة الإنتاج. موسكو - لينينغراد. بناء الآلات / 1968 - بالروسية.
66- ب. ب. بافلوف. أنظمة التحكم الأوتوماتيكي في العمليات الصناعية. موسكو. تسيني / 1975 .بالروسية.
67- ج. ي. يانين، ن. أ. فيفيلوف. الإنتاج الممكنن والمؤتمت للأجزاء الدقيقة. لينينغراد. بناء الآلات / 1972 بالروسية.
68- يو. أز بيرتين. مكننة وأتمتة عمليات المناولة والتخزين في الصناعة. لينيغراد. مطابع لينينغراد 1970 / بالروسية.
69- ج. ن. رابوبورت. الأنظمة المؤتمتة للتحكم بالعمليات. موسكو. بناء الآلات / 1977 بالروسية.
70- ف. ي. سيفاتشيك. مبادئ أتمتة الوسائط والإنتاج المؤتمت. مجموعة أعمال. مطابع بوليتكنيك نوفو سيبيرسك / 1972 بالروسية.
71- أ. ن. سميرنوف. تطبيقات الحاسب لأنظمة التحكم الأوتوماتيكي بالعمليات. موسكو. بناء الآلات / بالروسية.
72- ف. ف. سولودوفينكوف. نظرية أنظمة الإدارة المؤتمتة، المبادئ الأساسية، التصورات، التحديدات. موسكو.بناء الآلات / 1976 بالروسية.
73- ج. أ. شوموان. الأتمتة المتكاملة للعمليات الصناعية. موسكو. بناء الآلات / 1973 بالروسية.
74- ج. أ. شوموان، م. م. كوزنيتسوف، ل. ي. فواد خيفنيش. أتمتة العمليات. موسكو. المدارس العليا / 1967 بالروسية.
75- الكتالوك الرئيسي للهواء المضغوط. شركة و - ايسيلينغين – ألمانيا الاتحادية / 2010. بالإنكليزية.

76- منهاج هندسة الروبوت. محسن شاهينبور. نيويورك. هاربر - 450 1987صفحة / بالإنكليزية.

77- مجموعات الروبوت. بإشراف يو. غ. كوزيريف، أ. أ. كودينوف - موسكو - بناء الألاتدارمير / 1989 بالإنكليزية.

78- أتمتة عمليات بناء الألات. يا. بودا، ف. غانوفسكي، ف. س. فيخمان، بإشراف أ. ي. داشينكو. موسكو - المدارس العليا 1991 - 480 - صفحة / بالروسية.

79- مدخل إلى الهواء المضغوط - كتاب تعليمي - هاو باوج - نيويورك. شركة فيستو1982 / بالإنكليزية.

80- ل. ن. غراتشيف، ف. ل. كوسوفسكي. بنية وضبط الآلات ذات التحكم الرقمي والمجموعات الروبوتية. موسكو. المدارس العليا 1986 - 276 صفحة / بالروسية.

81- التحكم المبرمج بالآلات والروبوتات الصناعية. ف. ل. كوسوفسكي، يو. غ. كوزيريف، أ. ن. كوفشوف، وغيرهم. موسكو - المدارس العليا - 287 1986 صفحة / بالروسية.

82- التحكم الآلي - د. حسن أبو صالح - جامعة حلب 1991 - 715 - صفحة / بالعربية.

83- شرح مفردات تقنية التحكم - فيستو للتدريب والتعليم: ك. ج. د - 7300إيسلينغين 1 - 1991 - 262 صفحة / بالإنكليزية.

84- التحكم الآلي والأتمتة الإنتاجية – د. محمود بني المرجة، م. محمد فتحي غنمة – جامعة دمشق **1999-1998** – **727** صفحة / بالعربية.

85- أتمتة العمليات – كتاب التمارين. برنارد شيللمان، كلاوس كرونبرغر، فيستو للتعليم والتدريب – دينكندورف ألمانيا الاتحادية. ترجمة د. محمود بني المرجة. 2010 - 390صفحة/بالعربية.

86- تراجم في القياس والتحكم، الجزء 3 . القياسات المتعلقة بالقوة. بوتمان للنشر ومطابع أوميغا .LLC، 1998- 86 صفحة/بالإنكليزية.

87-غرافسيت. غير هارد شميتز، فيستو للتدريب والتعليم: ك.ج.**73770**دينكندورف، ألمانيا الاتحادية، **2007**. ترجمة د. محمود بني المرجة.

2010 – 65صفحة / بالعربية.
88-الهيدروليك التناسبي، كتاب النظري. فيستو للتدريب والتعليم: ك.ج. 73770 دينكندورف، ألمانيا الاتحادية. ترجمة د. محمود بني المرجة، م. نذير العلي. 2010-125صفحة/بالعربية.

إصدارات علمية للمؤلف

للمؤلف العديد من الكتب والمراجع العلمية التي قام بتأليفها أو ترجمها منفرداً أو بالمشاركة مع بعض الزملاء، والتي يدرّس العديد منها حالياً في جامعة دمشق وجامعات ومعاهد سورية التكنولوجية ومخابرها العلمية، وتستخدم كذلك في مجال البحث العلمي والدراسات العليا، وفي الحياة العملية. ومنها:

1. مبادئ الأتمتة الصناعية / نشر الدار العربية للعلوم 1994بيروت/. د. محمود بني المرجة – تأليف.
2. مبادئ تقنية التحكم / نشر عام 1997دمشق/. د. محمود بني المرجة – ترجمة.
3. مدخل إلى علم الروبوت الصناعي / نشر عام 1997دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. محمد فتحي غنمة- تأليف.
4. أطلس الروبوت الصناعي / نشر عام 1997دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. محمد فتحي غنمة- ترجمة.
5. الروبوت للهواة / نشر عام 1997دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. هايل الدعيبس- ترجمة.
6. إنتاج وتحضير الهواء المضغوط / نشر عام 1997دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. محمد فتحي غنمة – ترجمة.
7. التحكم الآلي والأتمتة الإنتاجية / كتاب جامعي في جامعة دمشق نشر عام 1999/. د. محمود بني المرجة، م. محمد فتحي غنمة – تأليف.
8. هندسة التعليب والتغليف / نشر عام 1999 دمشق / . د. محمود بني المرجة، م. ريما حسن قصاب – ترجمة.
9. المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة PLC /نشر عام 2000 دمشق /. د. محمود بني المرجة - ترجمة.
10. مباديء الكهروهواء / نشر عام 2000 دمشق /. د. محمود بني المرجة، م. منال السعودي – ترجمة.
11. قوابض المناولة بالهواء المضغوط /نشر عام 2008دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. غياث العاقل – ترجمة.
12. أنظمة التحكم بالهواء المضغوط –كتاب التمارين– مستوى المبتدىء /نشر عام 2006 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. (شاوردي، الشمالي، يوسف، منذر) – ترجمة.
13. أنظمة التحكم بالهواء المضغوط – كتاب التمارين – مستوى متقدم /نشر عام 2007 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م.(الخطيب، الرفاعي، الحموي) – ترجمة.
14. أنظمة التحكم الكهروهوائية – كتاب العملي – مستوى الأساسي /نشر عام 2007 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. منال السعودي – ترجمة.
15. أنظمة التحكم الكهروهوائية – كتاب العملي – مستوى متقدم /نشر عام 2007 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. منال السعودي – ترجمة.

16. أنظمة التحكم الهيدروليكي – مستوى المبتدىء /نشر عام 2007 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. أبي درويش، م. عمر الرفاعي – ترجمة.
17. أنظمة التحكم الكهرهيدروليكية –كتاب التمارين- مستوى المتقدم /نشر عام 2008 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. جورج الرزق – ترجمة.
18. المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة PLC – كتاب النظري /نشر عام 2007 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. ريم نصور – ترجمة.
19. المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة PLC–كتاب العملي– مستوى المبتدئ /نشر عام 2007 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. ريم نصور- ترجمة.
20. مبادىء تقنيات المناولة /نشر عام 2007 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. محمد الصياد- ترجمة.
21. صيانة عناصر الأنظمة الهوائية /نشر عام 2007 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. عبد الرحيم الهندي – ترجمة.
22. أنظمة التحكم الكهرهوائية ذات الدارة المغلقة /نشر عام 2007 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. منال السعودي – ترجمة.
23. التحكم بالهواء المضغوط الصناعي /نشر عام 2008 دمشق /. د. محمود بني المرجة، م.(أنطون، مواس، الشدايدة) – ترجمة.
24. تقنيات السيرفو هواء /نشر عام 2008 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. (هلال،الرفاعي،درويش) – ترجمة.
25. دارات التحكم المغلقة في أنظمة الهواء المضغوط –/ نشر عام 2008 دمشق /. د. محمود بني المرجة، م. وسيم النواصرة – ترجمة.
26. الهيدروليك التناسبي – كتاب النظري – مستوى المبتدىء /نشر عام 2010 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. نذير العلي – ترجمة.
27. دارات القيادة الهوائية – كتاب العملي - /نشر عام 2009 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. منال السعودي – ترجمة.
28. الحساسات التقاربية التحريضية – كتاب النظري /نشر عام 2010 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. (القصار، الامام، الباشا، المطيط) – ترجمة.
29. الحساسات التقاربية التحريضية – كتاب العملي /نشر عام 2010 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. (القصار، الامام، الباشا، المطيط) – ترجمة.
30. التحكم الالكتروني بالصمامات التناسبية الهيدروليكية/نشر عام 2010 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. ماهر ابراهيم – ترجمة.
31. أتمتة العمليات /نشر عام 2010 دمشق/. د. محمود بني المرجة – ترجمة.
32. لغة "مخططات انتقال خطوات المهام GRAFCET"- /نشر عام 2010 دمشق/. د. محمود بني المرجة – ترجمة.
33. الايثرنت الصناعية - كتاب النظري. /نشر عام 2010 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. أماني عبد العال – ترجمة.

34. الباص الحقلي - أساسيات الباص الحقلي باستخدام SIMATIC S7-300 – /نشر عام 2010 دمشق/. د. محمود بني المرجة، م. أماني عبد العال – ترجمة.
35. التحكم الآلي والأتمتة الانتاجية – كتاب جامعي./نشر في جامعة دمشق عام 2012 دمشق/. د. محمود بني المرجة – تأليف.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

اللجنة العلمية:

أ.د. م. فاروق الدريعي.
أ.د. م. محمد علي سلامة.
أ.د. م. غسان حداد.

المدقق اللغوي:
د. هناء اسبيناتي

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات الجامعية

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University