



الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم الهندسة الطبية

تصميم شبكة الغازات الطبية في المشفى
" مقارنة بين النظامين الفرنسي والإنكليزي "

Design of a Medical Gas Pipeline in a Hospital
" Compare between French & English systems "

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الطبية
إعداد المهندس
ميسون ناصر أبو سريّة

المشرف المشارك
الدكتور المهندس زهير مرمر
أستاذ مساعد في قسم الهندسة الطبية
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
جامعة دمشق

المشرف العلمي
الدكتور المهندس هاني عماشة
مدرس في قسم الهندسة الطبية
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
جامعة دمشق

العام الدراسي 2010-2011

الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم الهندسة الطبية

تصميم شبكة الغازات الطبية في المشفى
" مقارنة بين النظامين الفرنسي والإنكليزي "

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الطبية
إعداد

م. ميسون ناصر أبو سريّة

المشرف المشارك

د.م زهير مرمر

المشرف العلمي

د.م هاني عماشة

أعضاء لجنة الحكم:

د.م حسين تينة

د.م مصطفى الموالدي

د.م هاني عماشة

شكر وامتنان

الحمد لله حمداً كثيراً طيباً مباركاً كما يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه على ما أنعم وتفضل بإنجاز هذا العمل، والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

بعد شكر الله تعالى أتوجه بالشكر والتقدير إلى كل من:

- ❖ جامعة دمشق التي هيأت لي الفرصة لمتابعة البحث العلمي.
- ❖ كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية لما قدمته من دعم علمي ومعنوي.
- ❖ قسم الهندسة الطبية وجميع أساتذته، وأخص بالشكر أساتذتي الكرام الدكتور زهير مرمر والدكتور هاني عماشة لما بذلاه من جهد في توجيهي لإتمام البحث العلمي.
- ❖ قسم هندسة الحواسيب والأتمتة وجميع الأساتذة فيه لتشجيعهم إياي وتقديم يد العون لي، وأخص بالشكر الدكتورة رندة قصاب للجهد الذي بذلته معي
- ❖ قسم هندسة الميكانيك العام وجميع الأساتذة فيه لمساعدتهم الكريمة، وأخص بالشكر الدكتور حسين تينة والدكتور عاصم قداح والدكتور علي خلوف.
- ❖ والمهندس أيمن حسني الذي لم يبخل بخبرته العملية لخدمة هذا البحث العلمي.
- ❖ وكافة العاملين في هيئة المواصفات والمقاييس السورية لما قدموه من عون ومساعدة.
- ❖ وأخيراً الشكر الجزيل لكل من ساعدني في إخراج هذا العمل إلى النور والله من وراء القصد.

**قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا رقم /1753/ المتخذ
بالجلسة / 13 / تاريخ 2011/4/4**

اطلع مجلس البحث العلمي والدراسات العليا على قرار مجلس كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية رقم/1214/ تاريخ 2011/3/27 وبعد الرجوع إلى اللائحة التنفيذية لقانون تنظيم الجامعات الصادرة بالمرسوم / 250/ لعام 2006.

قرار مجلس جامعة دمشق رقم / 4135/ص تاريخ 2007/5/3 بشأن الموافقة على تسجيل رسالة الماجستير الطالبة.

قرار مجلس كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية رقم/ 1045/ تاريخ 2008/5/4 بشأن الموافقة على إيقاف تسجيل الطالبة لمدة سنة.

وبنتيجة المذاكرة قرر مجلس البحث العلمي والدراسات العليا:

الموافقة على تأليف لجنة الحكم على رسالة الماجستير في قسم الهندسة الطبية التي أعدها الطالبة ميسون أبو سرية بعنوان : ((تصميم شبكة الغازات الطبية في المشفى - مقارنة بين النظامين الفرنسي والانكليزي)) بكلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية من السادة الأساتذة :
د. حسين تينة الأستاذ في قسم هندسة الميكانيك العام كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية جامعة دمشق الاختصاص: ديناميك الغازات عضواً

د. مصطفى الموالي الأستاذ المساعد في قسم الهندسة الطبية كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية جامعة دمشق الاختصاص: الأطراف الصناعية والجوائر التقويمية عضواً

د. هاني عماشة المدرس في قسم الهندسة الطبية كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية جامعة دمشق الاختصاص: الإلكترونيات الطبية عضواً مشرفاً

وذلك وفق ما هو وارد في قرار مجلس الكلية آنف الذكر،،،

المفهرس

1..... مقدمة

الفصل الأول تطورات معايير أنظمة شبكات الغاز الطبي

51-1مقدمة

5.....2-1 تطورات معايير أنظمة شبكات الغاز الطبي وفق النظامين الفرنسي والإنكليزي

5.....1-2-1 المرحلة الأولى

5.....1-1-2-1 المعيار الإنكليزي

6.....2-1-2-1 المعيار الفرنسي

7.....2-2-1 المرحلة الثانية

8.....3-2-1 المرحلة الثالثة

8.....1-3-2-1 المعيار الإنكليزي

9.....2-3-2-1 المعيار الفرنسي

10.....3-1 خلاصة

الفصل الثاني الغازات الطبية في المستشفى

11.....1-2 مقدمة

11.....2-2 غاز الأكسجين

11.....1-2-2 الوصف العام

12.....2-2-2 خواص غاز الأكسجين

12.....3-2-2 التطبيقات الرئيسة لغاز الأكسجين

13.....4-2-2 مواصفات غاز الأكسجين الطبي

13.....5-2-2 التأثيرات الفيزيولوجية

14.....6-2-2 المعالجة الآمنة والتخزين

14.....7-2-2 طرق الإنتاج

14.....3-2 غاز أكسيد النيتروس

14.....1-3-2 الوصف العام

15.....2-3-2 خواص غاز أكسيد النيتروس

15.....3-3-2 مواصفات غاز أكسيد النيتروس الطبي

16.....4-3-2 التطبيقات الرئيسة لغاز أكسيد النيتروس

16.....5-3-2 التأثيرات الفيزيولوجية للغاز

16.....6-3-2 المعالجة الآمنة والتخزين

17.....	2-3-7 طرق الإنتاج.
17.....	2-4-الهواء.....
17.....	2-4-1 الوصف العام
17.....	2-4-2 خواص الهواء
18.....	2-4-3 مواصفات الهواء الطبي.....
19.....	2-4-4 التطبيقات الرئيسية للهواء.....
20.....	2-4-5 المعالجة الآمنة والتخزين
20.....	2-4-6 طرق الإنتاج
20.....	2-5-5 الفاكيوم (التخلية) الطبي.....
20.....	2-5-1 تعريف الفاكيوم.....
21.....	2-5-2 الوصف العام
21.....	2-5-3 تطبيقات الفاكيوم الطبي
21.....	2-6 غاز ثاني أكسيد الكربون.....
22.....	2-7 غاز أكسيد النيتريك.....
22.....	2-8 غاز الهليوم
23.....	2-9 غاز النيتروجين
	الفصل الثالث المستشفى وأقسامها
24.....	3-1 مقدمة
24.....	3-2 شروط موقع المستشفى
24.....	3-3 الاعتبارات الأساسية في تصميم المستشفيات
24.....	3-3-1 البعد الإنساني في تصميم المستشفيات.....
25.....	3-3-2 المرونة.....
25.....	3-3-3 القابلية للامتداد.....
25.....	3-3-4 مرحلة التنفيذ والبناء.....
25.....	3-4 حجم المستشفى
25.....	3-5 أنواع المستشفيات
25.....	3-5-1 تصنيف المستشفيات حسب حجمها
26	3-5-2 تصنيف المستشفيات حسب اختصاصها.....
26	3-5-3 تصنيف المستشفيات حسب التصميم المعماري لبناء المستشفى
26	3-5-3-1 التوزيع الأفقي.....
27	3-5-3-2 التوزيع الرأسي

27	6-3 المكونات والعناصر الأساسية للمستشفى.....
27	1-6-3 المنطقة الأولى (البعيدة).....
27	1-1-6-3 قسم المرضى الخارجيين (العيادات الخارجية)
28	2-1-6-3 قسم الطوارئ والإسعاف.....
28	3-1-6-3 الإدارة.....
28	4-1-6-3 مكتب القبول والاستقبال.....
28	2-6-3 المنطقة الثانية
28	1-2-6-3 قسم التصوير الإشعاعي.....
29	2-2-6-3 المخبر.....
29	3-2-6-3 الصيدلية.....
29	4-2-6-3 بنك الدم.....
30	5-2-6-3 قسم التعقيم
30	3-6-3 المنطقة الوسطى.....
30	1-3-6-3 قسم العمليات.....
30	1-3-6-3 أ عدد غرف العمليات في المستشفى.....
31	1-3-6-3 ب موقع قسم العمليات.....
31	1-3-6-3 ج غرف قسم العمليات.....
32	1-3-6-3 د أنواع غرف العمليات.....
32	2-3-6-3 وحدة العناية المركزة
33	3-3-6-3 وحدات التوليد والطب النسائي.....
34	4-3-6-3 وحدة الأطفال حديثي الولادة.....
34	5-3-6-3 غرف العزل
34	4-6-3 المنطقة الداخلية.....
34	1-4-6-3 وحدات إقامة المرضى الداخليين.....
34	5-6-3 منطقة الخدمات العامة.....
34	1-5-6-3 خدمات المطبخ والحمية الغذائية.....
35	2-5-6-3 قسم الغسيل.....
35	3-5-6-3 المخزن.....
35	4-5-6-3 قسم الصيانة والهندسة
35	5-5-6-3 مستودع الجثث (البراد).....

الفصل الرابع الأسس النظرية لحساب محددات شبكة الغازات

1-4	مقدمة	36
2-4	خصائص (بارامترات) الغاز	36
3-4	القوانين النازمة لجريان الغاز ضمن شبكة الأنابيب	38
1-3-4	معادلة الغازات العامة	38
2-3-4	معادلة الغاز الحقيقي	38
3-3-4	معادلة الاستمرار في شبكة الأنابيب	39
4-3-4	نوع جريان الغازات ضمن الأنابيب	40
5-3-4	فواقد الضغط في شبكة الأنابيب	41
1-5-3-4	فواقد الضغط الطولية	41
2-5-3-4	فواقد الضغط الديناميكية	42
4-4	خلاصة	43
الفصل الخامس الأسس النظرية لتصميم شبكة الغازات الطبية وفق النظام الفرنسي		
1-5	مقدمة	44
2-5	الأسس النظرية للنظام الفرنسي	44
1-2-5	مقدمة	44
2-2-5	تعريف ومفاهيم أساسية	44
1-2-2-5	أنظمة شبكات الغازات الطبية	44
2-2-2-5	أقسام شبكة الغازات	44
3-2-2-5	مصدر تزويد الغاز الطبي	45
4-2-2-5	لوحة التحكم	45
5-2-2-5	شبكة الأنابيب	45
6-2-2-5	المآخذ الجدارية	45
7-2-2-5	الصمامات	45
8-2-2-5	وصلات الضغط المنخفض المرنة	45
9-2-2-5	موصلات معينة للغاز	46
10-2-2-5	الإنذارات	46
3-2-5	تصميم نظام شبكات الغازات الطبية	46
1-3-2-5	المآخذ الجدارية (الوحدات الطرفية)	46
2-3-2-5	التدفق ومعاملات الاستخدام	48
3-3-2-5	ضغوط الشبكة	52

52	5-2-3-3-أ ضغط الشبكة الرئيسية.....
52	5-2-3-3-ب ضغط الشبكة الثانوية.....
53	5-2-3-3-ج ضغط المآخذ الجدارية.....
54	5-2-4-المحطات المركزية.....
54	5-2-4-1 مواصفات عامة.....
54	5-2-4-1-أ شروط موقع المحطات المركزية.....
55	5-2-4-1-ب مكونات المحطة المركزية.....
56	5-2-4-1-ج السعة والتخزين.....
56	5-2-4-1-د استمرارية التوريد.....
56	5-2-4-1-هـ مواد مكونات المحطة المركزية.....
56	5-2-4-1-و صمامات تخفيف الضغط.....
57	5-2-4-1-ي مجموعة تزويد الصيانة.....
57	5-2-4-2 المحطة المركزية ذات مجمع الاسطوانات.....
59	5-2-4-3 المحطة المركزية لخزان الغاز السائل عالي التبريد..... أو غير عالي التبريد
60	5-2-4-4 المحطة المركزية للهواء المضغوط.....
60	5-2-4-4-أ محطة الهواء الطبي ذات الضاغط.....
63	5-2-4-4-ب المحطة المركزية ذات وحدات المزج.....
64	5-2-4-5 المحطة المركزية للفاكيوم الطبي.....
65	5-2-5 أنظمة الإنذار والمراقبة.....
65	5-2-5-1 متطلبات أساسية لأنظمة الإنذار والمراقبة.....
66	5-2-5-2 أنواع أنظمة الإنذار والمراقبة.....
66	5-2-5-2-أ إنذارات التشغيل.....
66	5-2-5-2-ب إنذارات تشغيل الطوارئ.....
66	5-2-5-2-ج إنذارات التشغيل الطبية.....
67	5-2-5-2-د إشارات العمل.....
67	5-2-5-3 مؤشرات الإنذار والمراقبة.....
67	5-2-5-4 الإجراءات اللازمة في الحالات الطارئة.....
68	5-2-6 أنظمة الضغط في شبكة توزيع الأنابيب.....
68	5-2-6-1 أنظمة تخفيض الضغط الثانية.....
69	5-2-6-2 وصلات الضغط المنخفض المرنة.....

69	7-2-5 صمامات العزل.....
69	1-7-2-5 وحدات صمامات عزل المنطقة (ZSU).....
70	8-2-5 الترميز اللوني.....
71	9-2-5 شبكة أنابيب التوزيع.....
71	1-9-2-5 اعتبارات عامة.....
72	2-9-2-5 داعمات شبكة الأنابيب.....
72	3-9-2-5 وصل الأنابيب.....
73	4-9-2-5 حساب القطر الداخلي للأنبوب.....
73	5-9-2-5 خسائر الضغط.....
73	6-9-2-5 التمديد والتعديل لنظام شبكة أنابيب موجودة.....
74	10-2-5 الاستلام الفني.....
74	1-10-2-5 الفحص قبل التغطية.....
74	2-10-2-5 الاختبارات قبل استخدام النظام.....
76	11-2-5 ملفات التعريف ومخططات التركيب.....
76	1-11-2-5 ملفات التعريف.....
76	2-11-2-5 مخططات التركيب.....
76	12-2-5 المراقبة الدورية والصيانة.....
76	1-12-2-5 المراقبة الدورية.....
77	2-12-2-5 الصيانة.....

الفصل السادس الأسس النظرية لتصميم شبكة الغازات الطبية وفق النظام الإنكليزي

78	1-6 مقدمة.....
78	2-6 الأسس النظرية للنظام الإنكليزي.....
78	1-2-6 مقدمة.....
78	2-2-6 مبادئ عامة.....
79	3-2-6 الوحدات الطرفية.....
83	4-2-6 ضغوط الشبكة.....
83	1-4-2-6 تنظيم ضغط الشبكة لأنظمة الـ (400 kPa).....
83	2-4-2-6 تنظيم ضغط الشبكة لأنظمة الـ (700 kPa).....
83	3-4-2-6 أ- تخفيض ضغط مفرد.....
84	4-4-2-6 ب- تخفيض ضغط مزدوج.....
85	5-4-2-6 تنظيم ضغط شبكة الفاكيوم.....

86	5-2-6 تدفق الغاز
87	1-5-2-6 التدفق المستخدم لغاز الأكسجين
89	2-5-2-6 التدفق المستخدم لغاز أكسيد النيتروس
89	3-5-2-6 التدفق المستخدم للهواء
89	3-5-2-6 أ التدفق المستخدم للهواء الطبي
90	3-5-2-6 ب التدفق المستخدم للهواء الجراحي
91	4-5-2-6 التدفق المستخدم للفاكيوم
92	5-5-2-6 التدفق المستخدم لأنظمة طرد فائض غازات التخدير
92	6-2-6 مجمع اسطوانات غازات مضغوطة
93	1-6-2-6 مصدر التزويد الرئيسي
93	1-6-2-6 أ مبادئ عامة
94	1-6-2-6 ب تنظيم ضغط المجمع
95	1-6-2-6 ج نظام الإنذار والتنبيه
95	2-6-2-6 مصدر التزويد الثانوي
96	3-6-2-6 مصدر التزويد الاحتياطي
96	7-2-6 المحطة المركزية لغاز الأكسجين
96	1-7-2-6 مقدمة
96	2-7-2-6 المحطة المركزية ذات خزان الأكسجين السائل
99	3-7-2-6 المحطة المركزية ذات مجمع اسطوانات الأكسجين السائل
100	4-7-2-6 المحطة المركزية ذات مكثف الأكسجين (محطة الـ PSA)
102	8-2-6 تصميم المحطة المركزية لشبكة الهواء الطبي (400kPa)
103	1-8-2-6 المحطة المركزية ذات الضاغط
106	2-8-2-6 المحطة المركزية ذات المازج
108	9-2-6 تصميم المحطة المركزية لشبكة الهواء الجراحي (700kPa)
109	10-2-6 المحطة المركزية لشبكة الفاكيوم
111	11-2-6 نظام طرد غازات التخدير (AGSS)
111	1-11-2-6 غازات التخدير
111	2-11-2-6 أنواع أنظمة AGSS
111	3-11-2-6 مكونات نظام AGS الفعال
112	4-11-2-6 الشروط التصميمية لأنظمة AGS
113	5-11-2-6 التدفق

113	6-11-2-6 لوحة التنبيه والإشارة و المحطة.....
113	12-2-6 نظام الإنذار والتنبيه.....
114	1-12-2-6 الأجزاء الرئيسة لأنظمة الإنذار والتنبيه.....
114	2-12-2-6 المكونات الوظيفية للنظام.....
115	3-12-2-6 متطلبات عامة للنظام.....
116	4-12-2-6 متطلبات لوحة الإنذار المركزية.....
116	5-12-2-6 متطلبات لوحة الإشارة المكررة.....
116	6-12-2-6 متطلبات لوحة إنذار منطقة.....
117	7-12-2-6 الأنظمة المدمجة.....
117	13-2-6 شبكة الأنابيب.....
117	1-13-2-6 الشروط الواجب مراعاتها عند تركيب شبكة الأنابيب.....
118	2-13-2-6 مواد الأنابيب.....
119	3-13-2-6 ربط أنابيب الشبكة.....
119	4-13-2-6 تعريف الأنابيب.....
119	5-13-2-6 مكونات شبكة الأنابيب.....
120	5-13-2-6 أ- وحدات التزويد الطبية.....
120	5-13-2-6 ب- وحدة السرير (BHU).....
120	7-13-2-6 ج- صمامات العزل (LVA).....
120	7-13-2-6 د- وحدات خدمة صمام المنطقة (AVSU).....
121	7-13-2-6 هـ- وحدات ضبط الضغط.....
121	7-13-2-6 و- حساسات ومقاييس الضغط.....
121	7-13-2-6 ل- بوابة دخول للحالات الطارئة.....
121	7-13-2-6 ك- نقاط اختبار.....
121	7-13-2-6 ي- صمامات أمان ضغط الخط.....
121	14-2-6 متطلبات موقع وبناء المحطات المركزية.....
121	1-14-2-6 تصميم وتركيب المحطات المركزية.....
122	2-14-2-6 تخطيط وبناء غرف المجمعات.....
122	3-14-2-6 تدفئة وتهوية غرف المحطات المركزية.....
122	4-14-2-6 الإنارة.....
123	5-14-2-6 الضجيج.....
123	15-2-6 التحقق والتثبت والاستلام.....

123	6-2-15-1 فحص واختبار هيكل شبكة الأنابيب
124	6-2-15-2 اختبارات نظام شبكة الأنابيب
126	6-2-15-3 اختبارات قبل الاستخدام
127	6-2-16 صيانة الشبكة
127	6-2-16-1 أعمال الصيانة اليومية
127	6-2-16-2 أعمال الصيانة الأسبوعية
128	6-2-16-3 أعمال الصيانة الفصلية
128	6-2-16-3 أ المحطة المركزية للهواء الطبي والهواء الجراحي
128	6-2-16-3 ب مجمعات الغاز الطبي
129	6-2-16-3 ج مجمع الاحتياط
129	6-2-16-3 د المحطة المركزية للفاكيوم
129	6-2-16-3 هـ شبكة أنابيب التوزيع
130	6-2-16-3 و أنظمة التنبيه والإنذار
130	6-2-16-3 ل أنظمة طرد غازات التخدير (AGSS)
130	6-2-16-4 أعمال الصيانة السنوية

الفصل السابع الأسس العملية لتصميم أنظمة شبكات الغاز الطبي

131	7-1 مقدمة
132	7-2 بارامترات التصميم
132	7-3 الأسس العملية لتصميم شبكة الغازات وفق النظام الفرنسي
135	7-4 الأسس العملية لتصميم شبكة الغازات وفق النظام الإنكليزي
137	7-5 الأسس العملية لتصميم شبكة الغازات باستخدام العلاقات الرياضية
139	7-5-1 توزيع مأخذ الغازات وتحديد مسارات الأنابيب
139	7-5-2 حساب تدفق الغاز
139	7-5-3 حساب أقطار أنابيب الشبكة
140	7-5-4 حساب انخفاض الضغط عبر أنابيب الشبكة
141	7-5-5 المتابعة في الشبكة
142	7-5-6 حساب استطاعة المحطات المركزية

الفصل الثامن مقارنة وتحليل النتائج

143	8-1 مقدمة
153	8-2 المحطات المركزية
153	8-2-1 استطاعة المحطات المركزية

155	8-2-1-1 استطاعة المحطة المركزية لغاز الأكسجين.....
155	8-2-1-2 استطاعة المحطة المركزية للهواء الطبي.....
155	8-2-1-3 استطاعة المحطة المركزية لغاز أكسيد النيتروس.....
156	8-2-1-4 استطاعة المحطة المركزية للفاكيوم.....
156	8-2-1-5 استطاعة المحطة المركزية لأنظمة طرد فائض غازات التخدير.....
156	8-2-2-2 التكلفة الإنشائية للمحطات المركزية.....
158	8-2-3 ضغط الغاز في المحطات المركزية.....
159	8-3-3 الوحدات الطرفية.....
159	8-3-1 عدد وتكلفة الوحدات الطرفية.....
161	8-3-2 ضغوط الوحدات الطرفية.....
162	8-4-4 وحدات خدمة صمام المنطقة.....
162	8-5-5 وحدات التنبيه والإنذار.....
162	8-5-1 وحدات الإنذار الرئيسية.....
163	8-5-2 وحدات إنذار المنطقة.....
163	8-6-6 شبكة الأنابيب.....
163	8-6-1 أقطار وسماكات جدران الأنابيب.....
164	8-6-2 ضغوط شبكات الأنابيب.....
165	8-6-3 أطوال شبكات الأنابيب.....
166	8-7-7 التكلفة الإنشائية الكلية.....
167	8-8-8 الفعالية الكلية.....
167	8-9-9 سوية الأمان الكلية.....
167	8-10-10 الخلاصة.....
168	الفصل التاسع خاتمة وآفاق مستقبلية.....
170	المراجع.....

قائمة الأشكال

الصفحة	الشكل
20	الشكل (1-2) مستويات الضغط [16]
33	الشكل (2-3) موقع وحدة العناية المركزة [33]
39	الشكل (1-4) رسم توضيحي لحساب التدفقات الحجمية لشبكة أنابيب بسيطة [14]
43	الشكل (2-4) نقاصة متدرجة [20]
43	الشكل (3-4) توسع متدرج [20]
58	الشكل (1-5) مجمع اسطوانات الغاز المضغوط [2]
58	الشكل (2-5) المحطة المركزية ذات مجمع اسطوانات غاز وشبكة أنابيب التوزيع [10]
59	الشكل (3-5) محطة مركزية لخزان غاز مسال عالي التبريد [3]
62	الشكل (4-5) محطة مركزية للهواء المضغوط باستخدام ضاغط هواء [3]
63	الشكل (5-5) محطة مركزية ذات وحدة مزج [3]
64	الشكل (6-5) المحطة المركزية للفاكيوم الطبي [3]
68	الشكل (7-5) الشبكة الثانوية ذات مجموعة تخفيض ضغط مؤلفة من منظمي ضغط الخط موصولين على التفرع [10]
68	الشكل (8-5) الشبكة الثانوية ذات مجموعة تخفيض ضغط مؤلفة من منظم ضغط الخط واسطوانة غاز [10]
71	الشكل (9-5) رسم توضيحي لتعريف الأنابيب [23]
83	الشكل (1-6) إعدادات الضغط المثالية لأنظمة (400 kPa) [8]
84	الشكل (2-6) إعدادات الضغط المثالية لأنظمة (700 kPa) ذات التخفيض المفرد [8]
85	الشكل (3-6) إعدادات الضغط المثالية لأنظمة (700 kPa) ذات التخفيض المضاعف [8]
85	الشكل (4-6) إعدادات الضغط المثالية لشبكة الفاكيوم [8]
93	الشكل (5-6) مجمع اسطوانات غاز مضغوط [8]
97	الشكل (6-6) مخطط تفصيلي لمحطة VIE مع مجمع اسطوانات غاز مضغوط [8]
98	الشكل (7-6) مخطط تفصيلي لمحطة VIE مع وحدة خزان سائل [8]
100	الشكل (8-6) مخطط تفصيلي لمحطة مركزية ذات مجمع اسطوانات الأكسجين السائل [8]
101	الشكل (9-6) مخطط تفصيلي للمحطة المركزية ذات مكثف الأكسجين [8]
104	الشكل (10-6) مخطط تفصيلي للمحطة المركزية للهواء الطبي ذات الضاغط [8]
107	الشكل (11-6) مخطط تفصيلي للمحطة المركزية للهواء الطبي ذات المازج [8]
108	الشكل (12-6) مخطط تفصيلي للمحطة المركزية للهواء الطبي والهواء الجراحي [8]

110	الشكل (6-13) مخطط تفصيلي للمحطة المركزية للفاكيوم [8]
112	الشكل (6-14) مخطط لنظام طرد غازات التخدير (AGS) [8]
114	الشكل (6-15) لوحة إنذار منطقة نموذجية و (AVSU) [8]
115	الشكل (6-16) مخطط نظام الإنذار والتنبيه [8]
119	الشكل (6-17) الألوان المستخدمة لتعريف أنابيب شبكات توزيع الغازات [40]
132	الشكل (7-1) شبكة أنابيب غاز بسيطة
137	الشكل (7-2) المخطط الانسيابي لعملية تصميم شبكة الغازات الطبية
138	الشكل (7-3) المخطط الانسيابي لحساب محددات الشبكة
154	الشكل (8-1) مقارنة تدفقات المحطات التصميمية الكلية وفق النظامين للمستشفى الطابقية
154	الشكل (8-2) مقارنة تدفقات المحطات التصميمية الكلية وفق النظامين للمستشفى الأفقية
157	الشكل (8-3) مقارنة التكلفة الإنشائية للمحطات المركزية وفق النظامين للمستشفى الطابقية
158	الشكل (8-4) مقارنة التكلفة الإنشائية للمحطات المركزية وفق النظامين للمستشفى الأفقية
160	الشكل (8-5) مقارنة عدد الوحدات الطرفية الكلي وفق النظامين للمستشفى الطابقية
160	الشكل (8-6) مقارنة عدد الوحدات الطرفية الكلي وفق النظامين للمستشفى الأفقية
160	الشكل (8-7) مقارنة التكلفة الإنشائية للوحدات الطرفية وفق النظامين للمستشفيات الطابقية والأفقية
162	الشكل (8-8) مقارنة التكلفة الإنشائية لوحدات (AVSU) وفق النظامين للمستشفيات الطابقية والأفقية
163	الشكل (8-9) مقارنة التكلفة الإنشائية لوحدات إنذار المنطقة وفق النظامين للمستشفيات الطابقية والأفقية
165	الشكل (8-10) مقارنة أطوال شبكات الأنابيب وفق النظامين للمستشفى الطابقية
165	الشكل (8-11) مقارنة أطوال شبكات الأنابيب وفق النظامين للمستشفى الأفقية
166	الشكل (8-12) مقارنة التكلفة الإنشائية لشبكات الأنابيب وفق النظامين للمستشفيات الطابقية والأفقية
166	الشكل (8-13) مقارنة التكلفة الإنشائية الكلية وفق النظامين للمستشفيات الطابقية والأفقية

قائمة الجداول

الصفحة	الجدول
6	الجدول (1-1) الضغوط في شبكات الغازات الطبية وفقاً للنظام الإنكليزي [1]
7	الجدول (2-1) الضغوط في شبكات الغازات الطبية وفقاً للنظام الفرنسي [3]
8	الجدول (3-1) الضغوط في شبكات الغازات الطبية وفقاً للنظام الأوروبي [6]
9	الجدول (4-1) الضغوط في شبكات الغازات الطبية وفقاً للنظام الإنكليزي [8]
10	الجدول (5-1) الضغوط في شبكات الغازات الطبية وفقاً للنظام الفرنسي [10,11,12]
12	الجدول (1-2) الثوابت الفيزيائية لغاز الأكسجين [29]
13	الجدول (2-2) مواصفات غاز الأكسجين الطبي [28]
15	الجدول (3-2) الثوابت الفيزيائية لغاز أكسيد النيتروز [29]
15	الجدول (4-2) مواصفات غاز أكسيد النيتروز الطبي [28]
17	الجدول (5-2) تركيب الهواء الجوي [27,29]
18	الجدول (6-2) الثوابت الفيزيائية للهواء [27,29]
19	الجدول (7-2) مواصفات الهواء الطبي [28]
19	الجدول (8-2) مواصفات الهواء الطبي الاصطناعي [28]
22	الجدول (9-2) مواصفات غاز ثاني أكسيد الكربون الطبي [28]
22	الجدول (10-2) مواصفات غاز أكسيد النيتريك [28]
23	الجدول (11-2) مواصفات غاز الهليوم [28]
23	الجدول (12-2) مواصفات غاز النيتروجين [28]
42	الجدول (1-4) الأطوال المكافئة لتجهيزات الشبكة [14]
46	الجدول (1-5) عدد المآخذ الجدارية في أقسام المستشفى [11]
48	الجدول (2-5) قيم التدفق ومعاملات الاستخدام للغازين N ₂ O و O ₂ [11]
49	الجدول (3-5) قيم التدفق ومعاملات الاستخدام للغازين MA ₄ و SA ₄ [11]
51	الجدول (4-5) قيم التدفق ومعاملات الاستخدام للغازين VAC و SEGA [11]
52	الجدول (5-5) مجالات ضغوط التوزيع الاسمية [10]
53	الجدول (6-5) ضغوط التوزيع الاسمية [11]
59	الجدول (7-5) ألوان اسطوانات الغاز [25]
61	الجدول (8-5) مواصفات الهواء الطبي [10]
63	الجدول (9-5) مواصفات الهواء الطبي الصناعي [10]
67	الجدول (10-5) خصائص مؤشرات الإنذار والمراقبة [10]

70	الجدول (5-11) ألوان التعريف المستخدمة في أنابيب شبكات الغازات [23]
72	الجدول (5-12) المسافة الفاصلة بين داعمات شبكة الأنابيب [10]
75	الجدول (5-13) اختبار التسريب لأنظمة الغازات المضغوطة [10]
75	الجدول (5-14) اختبار التدفق [10]
80	الجدول (6-1) انخفاض الضغط المسموح عبر الوحدات الطرفية [4]
80	الجدول (6-2) توزيع الوحدات الطرفية في أقسام المستشفى [8]
86	الجدول (6-3) التدفق التصميمي والضغط عند كل وحدة طرفية [8]
87	الجدول (6-4) علاقات حساب التدفق التصميمي المستخدم لغاز الأكسجين [8]
89	الجدول (6-5) علاقات حساب التدفق التصميمي المستخدم لغاز أكسيد النيتروز [8]
89	الجدول (6-6) علاقات حساب التدفق التصميمي المستخدم للهواء الطبي [8]
90	الجدول (6-7) علاقات حساب التدفق التصميمي المستخدم للهواء الجراحي [8]
91	الجدول (6-8) علاقات حساب التدفق التصميمي المستخدم للفاكيوم [8]
92	الجدول (6-9) علاقات حساب التدفق التصميمي المستخدم لأنظمة طرد فائض غازات التخدير [8]
94	الجدول (6-10) السعة الاسمية والمستعملة لاسطوانات المجمع [1,8]
94	الجدول (6-11) الألوان القياسية لاسطوانات المجمع [26]
95	الجدول (6-12) كيفية عمل نظام المراقبة في المحطة المركزية ذات مجمع الاسطوانات [8]
99	الجدول (6-13) كيفية عمل نظام المراقبة في محطة الـ VIE [8]
102	الجدول (6-14) كيفية عمل وحدة الإنذار والإشارة للضواغط في محطة PSA [8]
102	الجدول (6-15) كيفية عمل وحدة الإنذار والإشارة لنظام التكتيف في محطة PSA [8]
103	الجدول (6-16) يبين مكونات الهواء الطبي وفق المعيار الإنكليزي BS EN 132
107	الجدول (6-17) كيفية عمل وحدة الإنذار والإشارة لنظام المازج [8]
110	الجدول (6-18) كيفية عمل لوحة التنبيه والإنذار في المحطة المركزية لشبكة الفاكيوم [8]
113	الجدول (6-19) ضغوط وتدفقات نظام الطرح في نظام AGS [8]
113	الجدول (6-20) كيفية عمل لوحة الإشارة لأنظمة طرد غازات التخدير (AGSS) [8]
116	الجدول (6-21) الإشارات في لوحة إنذار المنطقة [8]
118	الجدول (6-22) المسافات الفاصلة بين داعمات أنابيب الشبكة [8]
118	الجدول (6-23) أقطار الأنابيب الخارجية والداخلية [19]
125	الجدول (6-24) قيم تدفق وضغط الغاز المطلوبة في اختبارات أداء الشبكة [8]
126	الجدول (6-25) قيم تراكيز الغازات المطلوبة في اختبارات هوية الغاز [8]
126	الجدول (6-26) اختبارات جودة الغاز [8]

133	الجدول (1-7) أقطار وتدفقات شبكة الغاز المضغوط وفق النظام الفرنسي [10]
134	الجدول (2-7) أقطار وتدفقات شبكة الفاكيوم وفق النظام الفرنسي [10]
136	الجدول (3-7) انخفاض الضغط لأنظمة الغاز المضغوط (4 بار) وفق النظام الإنكليزي [8]
140	الجدول (4-7) الحدود العليا للسرعات التصميمية
143	الجدول (1-8) الكميات والأسعار التقديرية لأنظمة شبكات الغازات الطبية وفق النظام الإنكليزي للمستشفى الطابقية
146	الجدول (2-8) الكميات والأسعار التقديرية لأنظمة شبكات الغازات الطبية وفق النظام الإنكليزي للمستشفى الأفقية
148	الجدول (3-8) الكميات والأسعار التقديرية لأنظمة شبكات الغازات الطبية وفق النظام الفرنسي للمستشفى الطابقية
151	الجدول (4-8) الكميات والأسعار التقديرية لأنظمة شبكات الغازات الطبية وفق النظام الفرنسي للمستشفى الأفقية
154	الجدول (5-8) التدفقات التصميمية للمحطات المركزية
159	الجدول (6-8) العدد الإجمالي للوحدات الطرفية
161	الجدول (7-8) مقارنة ضغوط الوحدات الطرفية

اختصارات ومصطلحات

الاختصار	معناه باللغة الإنكليزية	معناه باللغة العربية
HTM	Health Technical Memorandum	مذكرة تقنية صحية
ISO	International Standard Organization	معيّار دولي
EN	European Standard	معيّار أوروبي
BS	British Standard	معيّار إنكليزي
NF S	Norme Française	معيّار فرنسي
MGPS	Medical Gas pipeline System	نظام شبكة أنابيب الغاز الطبي
VAC	Vacuum	فاكيوم
VIE plant	Vacuum Insulated Evaporators	محطة مركزية ذات خزان أكسجين سائل
PSA plant	Pressure Swing Adsorber	محطة مركزية ذات مكثف أكسجين
AGSS	Anesthetic Gas Scavenging System	نظام طرد فائض غازات التخدير
SEGA	évacuation des gaz d'anesthésie	نظام طرد فائض غازات التخدير
NIST	Non-Interchangeable Screw Thread	رابط ذو برغي لولبي غير قابل للتبادل
LVA	Line Valve Assemblies	مجموعة صمام الخط
AVSU	Area Valves Service Unit	وحدة خدمة صمام المنطقة
BHU	Bed Head Unit	الوحدات الطرفية أعلى سرير المريض
ppm	particle per mall	جزيئة في المول

الملخص

نظراً للأهمية الكبيرة والوظيفة الهامة التي تقدمها أنظمة شبكات الغاز الطبي في المشافي، وتكمن الأهمية في كون هذه الأنظمة على تماس مباشر مع المريض في قطاعات وأقسام المستشفى المختلفة، وبخاصة في غرف العمليات وغرف العناية المشددة والتي لا مجال فيها للخطأ إطلاقاً، ونظراً لوجود العديد من المعايير العالمية لتصميم هذه الأنظمة، وبما أن معظم هذه المعايير (ماعدا المعيار الفرنسي) تعتمد مبدأ الشبكة الموحدة في التصميم، بينما يتخذ المعيار الفرنسي منحى آخر فيعتمد مبدأ الشبكة المضاعفة، فقد يجد المصمم نفسه محتاراً عند اختيار أحد هذه المعايير لتصميم نظام شبكة الغاز الطبي لمستشفى ما، لذلك فقد ارتأينا أن نقوم بعمل مقارنة بين هاتين الفئتين من المعايير، حيث اخترنا المعيار الإنكليزي من الفئة الأولى والمعيار الفرنسي من الفئة الثانية، وذلك لإبراز خصائص كل من هذين المعيارين مما يساعد المصممين في اعتماد أي منها عند التصميم. وتحقيقاً لهذا الهدف فقد تم في هذا البحث تصميم أنظمة شبكات الغازات الطبية وفق المعيارين الإنكليزي والفرنسي لمستشفيين مختلفتين الأولى ذات تصميم معماري طابقي والأخرى ذات تصميم معماري أفقي، وتم حساب التكلفة الاقتصادية لكافة التصاميم، ومن ثم تم إجراء المقارنة عن طريق تحليل نتائج التصاميم باعتبار مؤشرات عدة مثل تدفق الغاز و ضغوط الشبكات والمآخذ وشبكات الأنابيب والمحطات المركزية وغيرها وكيف انعكس ذلك على التكلفة الاقتصادية وصولاً إلى تحديد خصائص ومدى فعالية كل معيار وتحديد المعيار الأنسب للتصميم المعماري للمستشفى. وقد أنتجت هذه الدراسة مجموعة من النتائج كان من أهمها التوصل إلى إمكانية اعتماد أي من المعيارين الإنكليزي والفرنسي لتصميم أنظمة شبكات الغازات الطبية مهما كان التصميم المعماري للمستشفى على أن يتم إتباع الأسس التصميمية لكل معيار بشكل دقيق، وكذلك اتضح أن اعتماد النظام الإنكليزي للشبكات محدودة الطول والنظام الفرنسي للشبكات الطويلة يعطي تصاميم ذات فعالية أكبر، كما تبين أيضاً أن النظام الفرنسي ذو فعالية أعلى من فعالية النظام الإنكليزي، ولكن النظام الإنكليزي يؤمن سوية أمان أعلى من تلك التي يؤمنها النظام الفرنسي.

Abstract

The comparison of the French Standard of Medical Gas Pipeline System which adopts two-staged networks and the English Standard, representing almost all other standards of a single-stage network, helps establish the criteria upon which we depend when choosing either of these standards in the design. These criteria include cost, effectiveness, higher degree of security and safety.

Each standard was applied on two hospitals of the same size: a one-storey hospital and a multi-storey hospital. Several indicators such as gas-flow and pressure of networks and terminal units as well as pipe-networks were investigated and cost calculated for each standard in both types of hospitals.

Results were presented and discussed and useful conclusions were drawn from these calculations.

مقدمة

نظراً للأهمية الكبيرة والوظيفة الهامة التي تقدمها أنظمة شبكات الغاز الطبي في المشافي، فإنها تعتبر بمثابة جهاز الدوران بالنسبة لجسم الإنسان، حيث تعمل محطات الغاز المركزية عمل القلب فتضخ الغازات، فيما تعمل شبكة الأنابيب عمل شبكة الأوعية الدموية فتقوم بنقل الغازات الطبية إلى كافة أنحاء المستشفى، وتمرير المواد والغازات الغير مرغوبة ليصار إلى طرحها خارج المستشفى.

ونظراً إلى وجود العديد من المعايير العالمية التي تحدد الأسس اللازمة لهذه الأنظمة عند التصميم والإنشاء والاستثمار والصيانة، كالمعيار الأمريكي والمعيار الكندي والمعيار الأسترالي والمعيار الأوروبي والمعيار الألماني والمعيار الإنكليزي والمعيار الفرنسي وغيرها، وبما أن جميع المعايير السابقة ماعدا المعيار الفرنسي تعتمد في تصميم أنظمة شبكات الغاز الطبي مبدأ الشبكة الواحدة أو البسيطة أو ما يسمى مبدأ الشبكة ذات المحطة الواحدة والتي يتم فيها تخفيض ضغط الغاز الخارج من المحطة والجاري في شبكة الأنابيب إلى ضغط التوزيع الاسمي مباشرةً [1,8]، بينما يتخذ المعيار الفرنسي منحىً منفرداً فيعتمد مبدأ الشبكة المؤلفة من جزئين أو ما يسمى مبدأ الشبكة ذات المحطات المتعددة والتي يخرج فيها الغاز من المحطة ويجري في الأنابيب تحت ضغط عالٍ نسبياً ومن ثم يخفض في مدخل كل قسم من أقسام المستشفى إلى الضغط الاسمي المطلوب [3,11]، فقد يجد المصمم نفسه محتاراً عند اختيار أحد هذه المعايير لتصميم نظام شبكة الغاز الطبي لمستشفى ما، لذلك فقد ارتأينا أن نقوم بعمل مقارنة بين هاتين الفئتين من المعايير، وقد اخترنا من الفئة الأولى المعيار الإنكليزي (HTM 02-01) الذي يعتمد ضغط توزيع اسمي أخفض من الضغوط الاسمية المعتمدة في باقي معايير هذه الفئة وسوف نقارنه مع المعيار الفرنسي (FDS 90-155)، وذلك لإبراز خصائص ومزايا كل من هذين المعيارين مما يساعد المصممين في اختيار أيٍ منها عند التصميم.

وتحقيقاً لهذا الهدف فقد تم في هذا البحث تصميم أنظمة شبكات الغاز الطبي وفق المعيارين الفرنسي والإنكليزي لمستشفيين مختلفتين إحداهما تعتمد مبدأ التصميم المعماري الطابقي (الشاقولي) والثانية مبدأ الامتداد الأفقي، وقد كانت الدراسة وفق المراحل الرئيسة التالية:

- المرحلة الأولى:

وتضمنت هذه المرحلة الدراسة النظرية الشاملة لكل من المعيارين الفرنسي والإنكليزي [8,11]، والتغيرات والتطورات التي طرأت على كل منهما والتي فرضها المعيار الأوروبي [4,5,6,7]، لتحديد الأسس والمواصفات اللازمة للتصميم، وكذلك تم في هذه المرحلة الدراسة النظرية لجريان الغازات في شبكات الأنابيب، وذلك للوصول إلى الأسس والمعادلات الرياضية اللازمة لحساب محددات الشبكة [13,14].

- المرحلة الثانية:

تم في هذه المرحلة تصميم أنظمة شبكات الغاز الطبي وذلك وفق الخطوات التالية:

- اختيار مستشفين تضم كل منهما 100 سرير تقريباً ولكن تختلفان في التصميم المعماري، حيث كانت المستشفى الأولى ذات تصميم معماري طابقي يتألف من ثماني طبقات احتوت كل طبقة منها على قسم من أقسام المستشفى. بينما كانت المستشفى الثانية ذات تصميم أفقي يتألف من طبقتين فقط احتوت الطبقة الأولى على الأقسام التخديمية للمستشفى (إسعاف، تصوير، مخبر...) بينما احتوت الطبقة الثانية على الأقسام المتبقية، كما تم رسم التصميم المعماري لكل منهما وذلك باستخدام برنامج الرسم الحاسوبي Autocad 6.
- تحديد أماكن تركيب المحطات المركزية الأمثل لكافة شبكات الغاز (أكسجين، أكسيد النيتروس، هواء طبي، هواء جراحي، فاكيوم، طرد فائض غازات التخدير) ورسمها، ومن ثم توزيع الغازات في أقسام المشفيين ووفق المعيارين ورسم شبكات الأنابيب الواصلة بين المحطات والأقسام، وتحديد أماكن تركيب كافة التجهيزات الملحقة بالشبكات ورسمها.
- حساب محددات شبكات الغازات كافة من تدفق غاز وضغوط وأقطار أنابيب وذلك باستخدام المعادلات الرياضية اللازمة، حيث تم تخصيص ملف Microsoft Excel لكل شبكة على حدة وللتصاميم الأربعة، وتم تثبيت الأقطار على المخططات الخاصة بالشبكة.
- حساب استطاعة المحطات المركزية للشبكات وتحديد شكلها، ومن ثم رسمها في المخططات.

- المرحلة الثالثة:

وفي هذه المرحلة تم إعداد جداول كميات لأنظمة شبكات الغاز ولكافة التصاميم، ومن ثم تم حساب تكلفة كل تصميم من هذه التصاميم الأربعة.

- المرحلة الرابعة:

وفي هذه المرحلة تم إجراء المقارنة بين كافة التصاميم حيث تم تحليل النتائج ومن كافة النواحي (تدفق الغازات، ضغوط الشبكات والمآخذ، أطوال شبكات الأنابيب، المحطات المركزية ...) وانعكاس ذلك على التكلفة وصولاً إلى تحديد مزايا وخصائص ومدى فعالية كل معيار من المعيارين وتحديد المعيار الأنسب للتصميم المعماري للمستشفى.

وقد أنتجت هذه الدراسة بعد تنفيذ مراحل العمل السابقة مجموعة من النتائج كان أهمها:

- إمكانية اعتماد أي من النظامين الإنكليزي والفرنسي لتصميم أنظمة شبكات الغازات الطبية مهما كان التصميم المعماري للمستشفى (طابقية، أفقية) على أن يتم إتباع الأسس التصميمية لكل نظام بشكل دقيق.
- اعتماد النظام الإنكليزي مبدأ الشبكة الموحدة يجعله مناسباً للشبكات المحدودة الطول، بينما اعتماد النظام الفرنسي مبدأ الشبكة ذات الجزأين يجعله أنسب للشبكات الطويلة.
- ضغوط المآخذ في النظام الإنكليزي لا تزيد عن الضغط الاسمي المطلوب للمآخذ كثيراً، بينما ترتفع ضغوط المآخذ وفق النظام الفرنسي عن الضغط الاسمي المطلوب بشكل ملحوظ، وهذا يجعل النظام الفرنسي أكثر فعالية وأنسب لأنظمة الشبكات الطويلة والتي نجدها في المستشفيات الأفقية.
- التدفقات التصميمية لمحطات الأكسجين والفاكيوم في النظام الفرنسي أعلى مما هي عليه في النظام الإنكليزي مما يزيد فعالية هذه الأنظمة والتكلفة الإنشائية لها، بينما نجد العكس بالنسبة لمحطات الهواء المضغوط وأكسيد النيتروس ومحطات طرد فائض غازات التخدير.
- عدد المآخذ الموزعة في المستشفى وفق النظام الإنكليزي أعلى مما يزيد من فعالية هذا النظام، ولكن هذا سيزيد من التكلفة الإنشائية.
- تدفق الغاز في الشبكات في النظام الإنكليزي تحت ضغط منخفض بالمقارنة مع النظام الفرنسي مما يرفع من سوية الأمان في النظام الإنكليزي.
- استخدام أنابيب ذات أقطار صغيرة في النظام الفرنسي بشكل أكبر مما هو عليه في النظام الإنكليزي وهذا ينعكس بشكل إيجابي على التكلفة الإنشائية لشبكة الأنابيب.
- اعتماد النظام الفرنسي أنابيب ذات سماكة جدران ثابتة بينما يستخدم النظام الإنكليزي أنابيب تزداد سماكة جدرانها مع زيادة قطرها، وهذا بالتالي يرفع من الفعالية ومن سوية الأمان في النظام الإنكليزي.
- التكلفة الإنشائية الإجمالية لأنظمة شبكات الغازات الطبية وفق النظام الإنكليزي أقل من التكلفة وفق النظام الفرنسي.

تتكون هذه الأطروحة من:

- المقدمة.

- الفصل الأول: ويعرض المعايير والمقالات العلمية ذات الصلة، حيث يبين كيفية تطور المعيارين الفرنسي والإنكليزي، والتعديلات التي تمت على كل منها والتي أوصى بها المعيار الأوروبي.

- الفصل الثاني: يتضمن هذا الفصل تعريفاً بكافة الغازات الطبية المستخدمة في المشافي، حيث يتعرض إلى الخصائص الطبية لكل غاز وتطبيقاته الرئيسة وطرق إنتاجه وتخزينه، بالإضافة إلى أهم

ثوابته الفيزيائية (كثافة، وزن نوعي، خواص حرجة...) واللازمة في حساب محددات الشبكات [27,28,29,38].

- **الفصل الثالث:** يتحدث هذا الفصل وبشكل مختصر عن المستشفى وشروط اختيار موقعها وحجمها وأهم تصنيفات المشافي المختلفة من حيث الحجم أو الاختصاص أو التصميم المعماري، كما يتحدث عن أقسام المستشفى المختلفة ومواصفاتها والغازات الطبية المطلوبة في كل قسم [31,32,33,34].

- **الفصل الرابع:** ويعرض هذا الفصل بارامترات الغاز الرئيسة والمعادلات الرياضية لحسابها (تدفق حجمي، معامل انضغاطية، معامل احتكاك، لزوجة...)، كما يتحدث عن أنواع جريان الغاز ضمن شبكة الأنابيب، انخفاض ضغط الغاز الناتج عن ذلك الجريان في شبكة الأنابيب وفي التجهيزات الملحقة، حيث يعرض هذا الفصل المعادلات الرياضية اللازمة لحساب محددات الشبكة (تدفق، قطر أنبوب، انخفاض ضغط) [13, 14,15,20].

- **الفصل الخامس:** يتضمن عرضاً شاملاً لأسس تصميم أنظمة شبكات الغاز الطبي وفق المعيار الفرنسي، حيث يحدد الغازات المطلوبة في كل قسم من أقسام المستشفى، كما يحدد تدفقات وضغوط الشبكات كافة، ويحدد المواصفات والأشكال الممكنة للمحطات المركزية، بالإضافة إلى مواصفات أنظمة الإنذار والتحكم، ومواصفات شبكات الأنابيب وتجهيزاتها، كما يتطرق إلى الاختبارات اللازمة عند استلام الشبكات، وإلى أساليب المراقبة الدورية للشبكات وصيانتها [3,10,11,12].

- **الفصل السادس:** يتضمن عرضاً شاملاً لأسس تصميم أنظمة شبكات الغاز الطبي وفق المعيار الإنكليزي [1,2,8,9]، ويحدد مواصفات أنظمة الشبكات كما في الفصل الخامس.

- **الفصل السابع:** ويشرح هذا الفصل الخطوات العملية لتصميم أنظمة شبكات الغاز الطبي وذلك وفق المعيار الفرنسي ثم وفق المعيار الإنكليزي واللذين يعتمدان المخططات والجدول من أجل معرفة محددات الشبكات، ومن ثم يشرح الخطوات العملية للتصميم باستخدام المعادلات الرياضية اللازمة وهي الطريقة التي اعتمدت في هذا البحث في حساب المحددات [16,17,18].

- **الفصل الثامن:** يقدم هذا الفصل النتائج ضمن جداول تبين كميات وأسعار التصميم الأربعة، ثم يعمل على مناقشة وتحليل ومقارنة نتائج التصميم كافة، من أجل تحديد مواصفات كل معيار.

- **الفصل التاسع والأخير:** وهذا الفصل هو خاتمة وآفاق مستقبلية.

الفصل الأول

تطورات معايير أنظمة شبكات الغاز الطبي

1-1 مقدمة:

لعل أجمل ما يمكن أن نصف به نظام شبكات الغازات الطبية أنها بمثابة جهاز الدوران في جسم الإنسان، حيث يعمل هذا النظام على تزويد كافة أقسام المستشفى بالغازات الطبية الضرورية وتخليصها من المواد والغازات غير المرغوبة، ونظراً لهذه الأهمية فقد كان هناك اهتمام متزايد بأنظمة شبكات الغاز الطبي، وتم وضع القوانين الناظمة لها ولجميع مراحل التعامل من النظام بدءاً بالتصميم والإنشاء وانتهاءً بالاستثمار والصيانة وذلك لضمان تحقيق أعلى درجات السلامة للمرضى ولمستخدمي هذه الأنظمة، ولذلك سنقوم بإلقاء الضوء على تطور المعايير الناظمة لأنظمة شبكات الغاز الطبي وفق النظامين الإنكليزي والفرنسي واللذين تم اختيارهما كمحوري لهذه الدراسة للاختلاف الواضح بينهما حيث يعتمد المعيار الفرنسي مبدأ الشبكة ذات الجزأين في التصميم والتي يخرج فيها الغاز من المحطة ويجري في الأنابيب تحت ضغط عالٍ نسبياً ومن ثم يخفض في مدخل كل قسم من أقسام المستشفى إلى الضغط الاسمي المطلوب [3,11]، بينما يعتمد النظام الإنكليزي مبدأ الشبكة الموحدة والتي يتم فيها تخفيض ضغط الغاز الخارج من المحطة والجاري في شبكة الأنابيب إلى ضغط التوزيع الاسمي مباشرةً [1,8].

1-2 تطورات معايير أنظمة شبكات الغاز الطبي وفق النظامين الفرنسي

والإنكليزي:

1-2-1 المرحلة الأولى:

حيث تم في هذه المرحلة تصميم أنظمة شبكات الغازات الطبية وفق معايير خاصة بكل بلد، وذلك قبل أن تضع اللجنة الأوروبية للمقاييس CEN (European Commission of Standards) معايير خاصة بأنظمة شبكات الغازات الطبية تتضمن أسساً وقواعد محددة وتلزم بها كافة الدول الأوروبية بما فيها فرنسا وإنكلترا.

1-2-1-1 المعيار الإنكليزي:

كان تصميم أنظمة شبكات الغاز الطبي في النظام الإنكليزي يتم وفق المعيار:

HTM 2022

Medical gas Pipeline systems

Part A: Design, installation, validation and verification

Part B: Operational management.

وذلك منذ العام 1996 والذي اعتمد نظام شبكة الغاز الموحدة والتي يتم فيها ضخ الغاز من المحطة إلى المآخذ تحت قيمة ضغط واحدة، كما في الجدول (1-1):

الجدول (1-1) الضغوط في شبكات الغازات الطبية وفقاً للنظام الإنكليزي [1]

الشبكة	ضغط المحطة bar	ضغط الوحدات الطرفية الاسمي bar	ضغط الوحدات الطرفية المسموح bar
غاز مضغوط	4.2-4.6	4	3.55
هواء جراحي	11.5-12.6	7	-
فاكيوم	-0.6	-0.4	-

ووضع تصاميم لكافة الشبكات بما فيها شبكة طرد فائض غازات التخدير، كما حدد أماكن توزيع وعدد الوحدات الطرفية (المآخذ)، وتدفق الغاز المطلوب عبرها ووضع معادلات خاصة للحصول على التدفق المستخدم لكل غاز ولكل قسم من أقسام المستشفى [1]، أما بالنسبة للمحطات المركزية فقد حدد أشكال المحطات الممكنة (مجمعات اسطوانات غاز مضغوط، خزانات غاز سائل، ضواغط هواء، مضخات فاكيوم) وأوصى بأن تتألف كل محطة من مصدرين للغاز مصدر أساسي ومصدر احتياطي [1]، وحدد حجم كل مصدر في كل محطة، وكذلك حدد المعيار مواصفات نظام التنبيه والإنذار، وشبكة الأنابيب وكافة التجهيزات الأخرى مثل لوحات المراقبة والصمامات ومقاييس الضغط وغيرها، كما وصف المعيار طرق اختبار أجزاء الشبكة وحدد ضغط الاختبار اللازم لذلك، كما أوصى بوجود إجراء المراقبة الدورية وإجراء الإصلاحات اللازمة [2].

1-2-1-2 المعيار الفرنسي:

أما النظام الفرنسي فقد اعتمد المعيار:

NF S 90-155

(Réseaux de distribution de gaz médicaux non inflammables)

تم اعتماده منذ عام 1990 و تم وضعه من قبل هيئة المواصفات الفرنسية AFNOR (Association Française de Normalisation)، حيث اعتمد نظام شبكة الغاز ذات الجزأين [3] والتي يعود اسمها هذا إلى مبدأ التخفيض المضاعف للضغط، بحيث تتألف الشبكة من:

- شبكة رئيسية: وتمتد هذه الشبكة من المحطة المركزية إلى مجموعات تخفيض الضغط الثانية والموجودة عند مدخل كل قسم من أقسام المستشفى، يُضخ فيها الغاز تحت ضغط عالٍ نسبياً.
- وشبكة ثانوية: وتتوزع هذه الشبكة ضمن أقسام المستشفى بعد مجموعة تخفيض الضغط الثاني، ويجري الغاز عبرها تحت ضغط منخفض.

وتكون الضغوط في كل من الشبكتين كما في الجدول (2-1):

الجدول (2-1) الضغوط في شبكات الغازات الطبية وفقاً للنظام الفرنسي [3]

الشبكة	ضغط الشبكة الرئيسية bar	ضغط الشبكة الثانوية (الوحدات الطرفية) bar
غاز مضغوط	8 ± 1.6	3.5 ± 0.7
هواء جراحي	9 – 10	
فاكيوم		- 0.4 ± 0.1

كما حدد هذا المعيار مواصفات كافة شبكات الغازات الطبية (شبكة الأكسجين، شبكة غاز أكسيد النيتروس، شبكة الهواء المضغوط، وشبكة الفاكيوم)، إلا أنه لم يحدد مواصفات شبكة طرد فائض غازات التخدير، حيث حدد أماكن توزيع وعدد الوحدات الطرفية في كافة أقسام المستشفى، وحدد تدفق الغاز المطلوب عند كل مأخذ ومعامل التخفيض المعتمد، كما حدد أشكال المحطات المركزية وأوصى بأن تتألف كل منها من ثلاثة مصادر للغاز (مصدر في الخدمة ومصدر في الانتظار ومصدر احتياطي)، وكذلك أوصى المعيار بأن تكون أنابيب الشبكات من معدن النحاس، وحدد مواصفات التجهيزات الملحقة بالشبكة من لوحات تحكم ووحدات مراقبة ومخفضات ضغط وصمامات وغيرها [3].

وبالإضافة إلى كل ما سبق أوصى المعيار الفرنسي بأن يتم اختبار الشبكة قبل استخدامها، ووصف طرق الاختبار اللازمة، كما أوصى بإجراء المراقبة الدورية للشبكة وإجراء الصيانة عند الحاجة.

2-2-1 المرحلة الثانية:

ونظراً لوجود اختلافات واضحة بين هذين النظامين (وغيرهما من الأنظمة)، قامت اللجنة الأوروبية للمقاييس CEN بوضع معايير جديدة وطالبت باستبدالها بالمعايير المتبعة في كافة البلدان الأوروبية بما فيها إنكلترا وفرنسا، وهذه المعايير هي:

Medical gas pipeline systems

EN 737-1 (1998) : Terminal units for compressed medical gases and vacuum.

EN 737-2 (1998): Anaesthetic gas scavenging disposal systems - Basic requirements.

EN 737-3 (2000): Pipelines for compressed medical gases and vacuum.

EN 737-4 (1998): Terminal units for anaesthetic gas scavenging systems.

حيث وضعت هذه المعايير مواصفات جديدة للأنظمة جميعها بما يرفع سوية الأمان في الشبكات وذلك عن طريق جعل المحطات المركزية تتألف من ثلاثة مصادر للغاز (رئيسي، ثانوي، احتياطي) مما يضمن استمرار تغذية المستشفى بالغاز [6]، ومضاعفة عدد مخفضات الضغط المستخدمة بتركيب مخفضي ضغط على التوازي في كل مجموعة تخفيض ضغط مما يرفع من سوية الأمان في الشبكة، وزيادة عدد لوحات التنبيه والإنذار في المستشفى، ووضعت هذه المعايير مخططات لهذه المحطات، وحددت مجالات الضغط التي يجب أن يصل عندها الغاز إلى الوحدات الطرفية كما في الجدول (1-3):

الجدول (1-3) الضغوط في شبكات الغازات الطبية وفقاً للنظام الأوروبي [6]

الشبكة	ضغط الوحدات الطرفية bar
غاز مضغوط	4 (+1)
هواء جراحي	8 (-1+2)
فاكيوم	-0.4

وحددت مواصفات شبكات الأنابيب وتجهيزاتها الملحقة، وأنظمة التنبيه والإنذار، كما حددت مواصفات وألوان الوحدات الطرفية المستخدمة في كل شبكة [4]، كما ألزمت بتركيب شبكة خاصة لطرد فائض غازات التخدير في المستشفيات، وحددت مواصفات هذه الشبكة وأوصت بأن يكون ضغط الوحدات الطرفية فيها (-0.1 kPa) عند تدفق (50 L/min) أو أن يكون الضغط (-0.2 kPa) عند تدفق (25 L/min) [5]، كما حددت مواصفات خاصة للوحدات الطرفية الخاصة به [7].
إلا أن هذه المعايير لم تتطرق إلى تحديد عدد المآخذ أو التدفقات المطلوبة في أقسام المستشفى، وكذلك لم تحدد مواصفات الشبكات ذات الجزئين.

1-2-3 المرحلة الثالثة:

1-3-2-1 المعيار الإنكليزي:

التزم النظام الإنكليزي بالمعيار الأوروبي ووضع المعيار:

HTM 02- 01: Medical gas pipeline systems

Part A: Design, installation, validation and verification

Part B: Operational management.

وذلك في العام 2006 وما يزال يعمل به حتى الآن، حيث حافظ على نظام الشبكة الموحدة وعدل عدد مصادر الغاز في المحطات المركزية فجعلها ثلاثة مصادر بعد أن كانت مصدرين، ووضح الأشكال المتاحة لكل مصدر، وحدد حجم هذه المصادر [8]، وحدد أماكن توزيع وعدد الوحدات

الطرفية في أقسام المستشفى كافة، كما حدد التدفق التصميمي والمستخدم في كافة أقسام المستشفى،
وحدد ضغوط الشبكات كما في الجدول (4-1) :

الجدول(4-1) الضغوط في شبكات الغازات الطبية وفقاً للنظام الإنكليزي [8]

الشبكة	ضغط المحطة bar	ضغط الوحدات الطرفية bar
غاز مضغوط	4.2	4
هواء جراحي	8.5	7
فاكيوم	-0.6	-0.4
طرد فائض غازات التخدير	-0.2	-1 (kPa)

كما طوّرت أنظمة الإنذار والتنبيه وشبكات الأنابيب وأقطارها [19] والتجهيزات الملحقة، وشرح طرق
فحص واختبار للتأكد من أمان الشبكات و مطابقتها للمواصفات، وتطرق إلى أعمال صيانة الشبكة
المختلفة [9].

1-2-3-2 المعيار الفرنسي:

أما بالنسبة للجانب الفرنسي فقد كان هناك من يرى أن نظام الشبكة ذات الجزأين ذو مزايا تستحق أن
تُراعى مثل تأمين الضغط المطلوب حتى وإن كانت الوحدة الطرفية بعيدة بشكل كبير عن المحطة،
وإمكانية التوسع المستقبلي للشبكة الثانوية دون أن يؤثر ذلك على أداء الشبكة، وقال أن المعيار
الأوروبي لم يوضع إلا لتعزيز التجارة الدولية بين جميع البلدان الأعضاء في تجمع اللجنة الأوروبية
للمقاييس CEN، وأن زيادة عدد لوحات الإنذار وتوزيعها في أقسام المستشفى كلها بعد أن كانت
توضع في غرف العمليات وغرف العناية المشددة أمر مكلف، وقد يؤدي إلى انطلاق الإنذارات الغير
مقصودة مما يسبب إرباكاً للطواقم الطبي، وأنه كان من الواجب أن يوضح هذا المعيار مواصفات
محددة للشبكات ذات الجزأين [21]، ولذلك فقد اعتمد النظام الفرنسي المعيار العالمي:

Medical gas pipeline systems

ISO 7396-1 (2007)

Part 1: Pipeline systems for compressed medical gases and vacuum.

ISO 7396-2 (2008)

Part 2: Anesthetic gas scavenging disposal systems.

والمعيار الفرنسي المكمل:

FD S 90-155

Systèmes de distribution pour gaz médicaux comprimés et vide

Compléments pour la conception et la réception

والذي حدد مواصفات واضحة للشبكات ذات الجزأين، وبين مواصفات وأشكال المحطات المركزية فجعلها تتألف من ثلاثة مصادر للغاز لضمان استمرارية التغذية [10]، كما تناول مواصفات أنظمة الإنذار والتنبيه وشبكات الأنابيب وأقطارها [12] والتجهيزات الملحقة ومن أهمها مجموعة تنظيم الضغط الخطية (مجموعة تخفيض ضغط الخط)، والتي يجب أن تتألف من منظمي ضغط موصولين على التفرع لتحقيق الأمان وفق النظام الأوروبي، وأوضح إمكانية استخدام ذلك الشكل أو استخدام منظم ضغط وحيد واسطوانة غاز ذات مخفض ضغط تركيب عند الحاجة [10].

كما حدد المعيار أماكن توزيع وعدد مآخذ الغاز، والتدفق ومعامل التخفيض لكل مأخذ [12]، كما حدد الضغوط الاسمية في الشبكتين الرئيسية والثانوية كما في الجدول (5-1).

الجدول (5-1) الضغوط في شبكات الغازات الطبية وفقاً للنظام الفرنسي [10,11,12]

الشبكة	ضغط الشبكة الرئيسية bar	ضغط الشبكة الثانوية bar	مجال ضغط (الوحدات الطرفية) bar
غاز مضغوط	9	O2 : 4.8	4 (+1)
		N2O : 4.2	
		Air4 : 4.5	
هواء جراحي	9 – 10	-	8 (-1+2)
فاكيوم	-0.65	-	- 0.4
طرد فائض غازات التخدير	-0.15	-	-1 kPa

كما بين المعيار طرق فحص واختبار الشبكة وتناول أعمال صيانة الشبكة المختلفة [10].

3-1 خلاصة:

وبذلك نكون قد تعرفنا على تطورات النظامين الإنكليزي والفرنسي المعتمدين لتصميم أنظمة شبكات الغازات الطبية، والتي جاءت كنتيجة طبيعية للتطورات الحادثة في المجال الطبي مثل تطوير وتحديث تقنيات جديدة في تشخيص الأمراض وعلاجها، وإنشاء أقسام ذات تخصصات جديدة في المشافي، بالإضافة إلى الحاجة المستمرة إلى رفع سوية الأمان والفعالية للتجهيزات والأنظمة التي تكون على تماس مباشر مع المرضى والطواقم الطبي.

الفصل الثاني

الغازات الطبية في المستشفى

1-2 مقدمة:

تختلف أنواع الغازات الطبية المستخدمة في المستشفيات وذلك وفقاً لحجم المستشفى بحيث أن كل المستشفيات صغيرة كانت أم كبيرة لا تستغني عن الغازات التالية:

- غاز الأكسجين.
 - غاز أكسيد النيتروس.
 - الهواء الطبي المضغوط.
 - نظام الفاكيوم (إذا أمكن اعتباره غازاً).
- ويكون استهلاك المستشفيات من هذه الغازات بمعدل عالٍ لذلك يتم تأمين حاجة المستشفى من هذه الغازات باستخدام شبكات خاصة تنقل الغازات من محطات مركزية إلى كافة أقسام المستشفى .
- بينما لا تتوفر أنواع أخرى من الغازات الطبية إلا في المستشفيات الكبيرة والاختصاصية مثل:

- غاز ثاني أكسيد الكربون.
- غاز الهليوم.
- غاز أكسيد النيتريك.
- غاز النيتروجين.

وبما أننا سنقوم بتصميم شبكة الغازات الطبية للمستشفيات وذلك للغازات الأساسية فقط، لذلك سوف نتحدث بالتفصيل في هذا الفصل عن هذه الغازات، بينما نلقي لمحة على الغازات المتبقية الأخرى وأهم تطبيقاتها.

2-2 غاز الأكسجين:

1-2-2 الوصف العام:

وهو غاز لا لون له ولا رائحة ولا طعم، وتكمن أهميته في قدرته على المحافظة على الحياة [27]، اكتشف عنصر الأكسجين من قبل Joseph Priestley في عام 1774، ويعتبر العنصر الأكثر وفرة على سطح الأرض حيث أنه يشكل:

- 46% من وزن قشرة الأرض (على شكل أكاسيد وسيليكات ،.....) .
- 89% من وزن ماء الأرض (على شكل جزيئات).
- 21% من وزن الهواء الجوي.
- 62% من وزن الجسم البشري (على شكل جزيئات) [29].

إن الأكسجين بحد ذاته غير قابل للاشتعال لكنه يساعد على الاحتراق فالمواد القابلة للاحتراق في الهواء تحترق بصورة عنيفة عند وجود الأوكسجين، كما أن بعض المواد مثل النفط والشحم تنفجر عند اشتعالها بوجود الأكسجين.

2-2-2 خواص غاز الأكسجين:

يكون غاز الأكسجين على شكل غاز في درجة الحرارة والضغط النظاميين ولكنه يتحول إلى سائل عند درجة الحرارة (-184°C)، فيصبح شفافاً وذو لون أزرق شاحب وأثقل من الماء بقليل. ولمعرفة أهمية هذه الخاصية يكفي أن نعلم أن حجماً من الأكسجين السائل يزداد إلى 850 مرة عندما يتحول إلى الحالة الغازية عند الضغط ودرجات الحرارة الاعتيادية [27]. يتحد عادة الأكسجين وبشكل مباشر مع كافة العناصر ماعدا الغازات الخاملة مشكلاً الأكاسيد، حيث أن عملية الأكسدة تحدث ضمن مجال عريض من درجات الحرارة، ويبين الجدول (1-2) أهم الثوابت الفيزيائية لغاز الأكسجين.

الجدول (1-2) الثوابت الفيزيائية لغاز الأكسجين [29]

الرمز	O2
الوزن الجزيئي	31.999 g/mol
كثافة الغاز عند (21.1°C, 1 atm)	1.326 kg/ m ³
الوزن النوعي عند (21.1°C, 1 atm)	1.1049
الحجم النوعي عند (21.1°C, 1 atm)	0.7541 m ³ /kg
نقطة الغليان عند (1atm)	-183°C
نقطة التجمد عند (1atm)	-218.4°C
درجة الحرارة الحرجة	-118.6°C
الضغط الحرج	5043 kPa
اللزوجة التحريكية	19.2*10 ⁻⁶ pa.s
نسبة السائل/الغاز	1/860.6

2-2-3 التطبيقات الرئيسية لغاز الأكسجين:

يستخدم الأكسجين الطبي في المجال الطبي بشكل كبير ويعتبر أساساً في أغلب تقنيات التخدير قبل وبعد العمليات الجراحية، كما يستخدم من أجل إعادة أكسجين الأنسجة إلى الوضع الطبيعي وذلك في حالات عديدة مثل:

- الازرقاق الذي يظهر كنتيجة للمرض القلبي الرئوي.
- الرضوض الجراحية، جروح صدرية وتكسر الأضلاع.
- الصدمة، نزيف حاد وانسداد تاجي.
- التسمم بأول أكسيد الكربون.
- الارتفاع المفرط في درجات حرارة الجسم.
- حالات حوادث السير والجروح الناتجة عن الإصابة بطلق ناري.
- توقف القلب أو التنفس المفاجئ.
- الإنعاش في حالات الأمراض الخطيرة عندما تكون الدورة الدموية ضعيفة.
- إنعاش الأطفال حديثي الولادة [27].

ويعتبر غاز الأكسجين عنصراً رئيسياً كونه غازاً داعماً للحياة ومساعد على الاحتراق، كما يستخدم عند الطيران لارتفاعات عالية، والغوص في أعماق البحار، ويستخدم للتنفس وكوقود في برامج الفضاء، أما في التطبيقات الصناعية فإنه يستخدم مع الأستيلين أو الهيدروجين أو أي من غازات الوقود الأخرى لأهداف كثيرة مثل عمليات قطع المعادن واللحام والتنظيف والتجفيف، وكذلك يستخدم في الصناعات الكيميائية في عملية إنتاج أكسيد النتريل والإيثيلين وغيرها.

2-2-4 مواصفات غاز الأكسجين الطبي:

بين دستور الأدوية الأوروبي مواصفات غاز الأكسجين المستخدم في المجال الطبي والحدود العليا المسموح بها للعناصر التي يمكن أن يحتويها الغاز وذلك كما في الجدول (2-2).

الجدول (2-2) مواصفات غاز الأكسجين الطبي [28]

الأكسجين O ₂	
أكسجين لا يقل محتواه عن 99.5%V/V من O ₂	التعريف
≤ 5 ppm V/V	CO
≤ 300 ppm V/V	CO ₂
≤ 67 ppm V/V	H ₂ O
غير محدد	الرائحة

2-2-5 التأثيرات الفيزيولوجية:

إن استنشاق الأكسجين الغازي له تأثير مقوي للجسم ولذلك فقد استخدم في التطبيقات العلاجية، وقد أثبتت الدراسات أنه ليس هناك مؤشرات مضادة لاستخدام الأكسجين الطبي، ولكن من الضروري تحديد التركيز في حالة الأطفال الخدج والمرضى المصابين بالتهاب القصبات الهوائية وانتفاخ الرئة المزمن، كما أنه لم يلاحظ أية تأثيرات ضارة عند استنشاق الأكسجين عالي التركيز لعدة ساعات، ولكن حالياً يحذر من استنشاق الأكسجين عالي التركيز لأكثر من 5 ساعات بدون انقطاع [27]، كما

لوحظ عند التعرض لأكسجين ذو ضغط عالي لفترات طويلة تأثيرات على التناسق العضلي العصبي وحدوث تشنجات واضطرابات عنيفة.

2-2-6 المعالجة الآمنة والتخزين:

إن الأكسجين الغازي غاز غير حات (أكال) ولذلك فإنه من الممكن احتوائه في حاويات مصنوعة من أي من المعادن الشائعة، ومصممة بحيث تتحمل ضغوطاً آمنة داخلها. أما بالنسبة للأكسجين السائل فإنه لا يوضع في حاويات مصنوعة من فولاذ الكربون العادي أو من معظم خلاط الفولاذ وذلك لأن درجة حرارته المنخفضة جداً تفقد هذه الأنظمة ليونتها، وإنما يوضع في أنظمة مصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ أو من النحاس أو من النحاس الأصفر. وهنا لابد من التأكيد على ضرورة إزالة الزيوت والشحم وكافة المواد القابلة للاشتعال من شبكة الأنابيب ومن الحاويات قبل وضعهم في الخدمة، ومنع حدوث أي تلامس بين هذه المواد وبين الأكسجين عالي التركيز، كما أنه يجب إبعاد كل مصادر الاشتعال عن كل من الأكسجين الغازي أو السائل، واتخاذ كل أساليب الحذر والحيلة ذلك أن أي تلامس بين الجلد والأكسجين السائل عالي التبريد سيحدث أذى بالغاً شبيهاً بالحروق [27].

أما بالنسبة للتخزين فإنه يمكن تخزين الأكسجين السائل في خزانات في موقع الاستخدام، كما يُخزن الأكسجين الغازي في اسطوانات ذات ضغط عالي، بحيث توضع في مكان داخلي وتحفظ نظيفةً وجافةً وغير معرضة للحرارة أو للبرودة البالغة وبعيدة عن المواد القابلة للاحتراق، كما يفضل أن يتم تخزينها بعيدة عن اسطوانات الغازات الصناعية أو غير الطبية، ومنفصلة عن اسطوانات الغازات الطبية الأخرى وعن الاسطوانات الفارغة [2,9].

2-2-7 طرق الإنتاج:

ينتج الأكسجين التجاري غالباً في محطات فصل الهواء بإسالة الهواء الجوي وإزالة الأكسجين منه بواسطة التجزئة، كما يتم إنتاج كميات قليلة منه بعملية التحليل الكهربائي للماء [27].

2-3-2 غاز أكسيد النيتروس:

2-3-1 الوصف العام :

إن غاز أكسيد النيتروس غاز لا لون له ولا طعم ولا رائحة، وهو غاز غير سام و يكون بشكل غازي عند درجات الحرارة والضغط النظاميين إلا أنه يتحول إلى سائل عند الضغط (5100 kPa) و درجة حرارة (21.1° C) [27]، وغاز أكسيد النيتروس غاز غير قابل للاحتراق إلا أنه يدعم عملية اشتعال المواد القابلة للاحتراق وبشكل مشابه لغاز الأكسجين ولكن بشدة أقل، وذلك لأنه مؤكسد معتدل.

2-3-2 خواص غاز أكسيد النيتروس:

غاز أكسيد النيتروس غاز مستقر وخامل في الشروط الطبيعية، حيث يمكن إهمال تفككه بدون وجود دافع وتحت درجة حرارة أدنى من (650°C)، وبالمقارنة مع الهواء فإن غاز أكسيد النيتروس قابل للانحلال في الماء والكحول والزيوت نسبياً، وبشكل غير مشابه لبعض الأكاسيد الأعلى للنتروجين ولأكسيد النيتروس والتي لا تتحلل بالماء بدون تغيير في صفتها الحمضية، ويبين الجدول (2-3) أهم الثوابت الفيزيائية لغاز أكسيد النيتروس.

الجدول (2-3) الثوابت الفيزيائية لغاز أكسيد النيتروس [29]

الرمز	N2O
الوزن الجزيئي	44.013 g/mol
كثافة الغاز عند (20°C , 1 atm)	1.8357 kg/m ³
الوزن النوعي عند (0°C , 1 atm)	1.529
الحجم النوعي عند (20°C , 1 atm)	0.5447 m ³ /kg
نقطة الغليان عند atm1	-88.47°C
نقطة التجمد عند atm1	-93.83°C
درجة الحرارة الحرجة	36.5°C
الضغط الحرج	7267.07 kPa
اللزوجة التحريكية	13.6*10 ⁻⁶ pa.s

3-3-2 مواصفات غاز أكسيد النيتروس الطبي:

أهم مواصفات غاز أكسيد النيتروس الطبي والحدود العليا المسموح بها للعناصر التي يمكن أن يحتويها الغاز كما بينها دستور الأدوية الأوروبي مبينة في الجدول (2-4).

الجدول (2-4) مواصفات غاز أكسيد النيتروس الطبي [28]

أكسيد النيتروس N2O	
التعريف	غاز لا يقل محتواه عن 98.0 %V/V من N2O عندما تكون العينة بدرجة حرارة 15°C
CO	$\leq 5 \text{ ppm V/V}$
CO2	$\leq 300 \text{ ppm V/V}$
NO+NO2	$\leq 2 \text{ ppm V/V}$
H2O	$\leq 67 \text{ ppm V/V}$

4-3-2 التطبيقات الرئيسية لغاز أكسيد النيتروس:

إن الاستعمال الأكثر شيوعاً لغاز أكسيد النيتروس هو كمخدر أو مسكن للآلام، حيث يتم إعطائه للمريض بشكل داعم لمخدر وريدي، كما يعطى ممزوجاً مع الأكسجين (50%) في حالات الألم الشديد الناتجة عن الحوادث والإجراءات العلاجية القصيرة مثل عمليات تضميد الجروح والحروق أو عملية تنظيف الجروح وخياطتها وفي العلاجات السنية القصيرة حيث يساعد على فقدان الشعور بالألم، ويستخدم أحياناً كعامل نفخ في عملية تنظيف البطن، وكعامل مبرد في العمليات الجراحية التي تجرى على البارد [29].

ولغاز أكسيد النيتروس استخدامات خارج المجال الطبي وأهمها استخدامه كغاز تبريد أو سائل تبريد في عملية تجميد منتجات الأطعمة [27].

2-3-5 التأثيرات الفيزيولوجية للغاز:

إن غاز أكسيد النيتروس غاز غير سام وغير مهيج عندما يكون مستقر كيميائياً، واستنشاقه بتركيز عالية لبضع ثوان يؤثر على الجهاز العصبي ويحدث أعراضاً مشابهة تماماً للثمل الكحولي، ولذلك فإن اسمه الشائع وهو غاز الضحك يعزى إلى المرح الصاخب الذي يبدیه بعض الأشخاص عندما يكونون في هذه الحالة، وكذلك يجب التأكيد أنه عند استخدام غاز أكسيد النيتروس لأكثر من 24 ساعة يجب مراقبة دم المريض وذلك خوفاً من حدوث فقر بالكريات الحمراء والبيضاء، وبما أن أكسيد النيتروس السائل يتبخر بسرعة كبيرة لذلك فإن التماس بين السائل والجلد لفترة طويلة يسبب تجمداً أو تقرحات من شدة البرد [27].

2-3-6 المعالجة الآمنة والتخزين:

إن غاز أكسيد النيتروس غاز غير حاد (غير أكال) ولذلك فإنه من الممكن استخدامه مع أي من المعادن التجارية الشائعة، ولكن بسبب خاصيته التأكسدية فإنه لا بد من التأكد التام من خلو جميع التجهيزات المستخدمة من الزيت والشحم وكافة المواد القابلة للاشتعال عند معالجة أكسيد النيتروس وخاصة عند الضغوط العالية، ولذلك فإنه من الممكن احتواء غاز أكسيد النيتروس في شبكة أنابيب من النحاس أو النحاس الأصفر أو الفولاذ الغير قابل للصدأ أو الحديد المطاوع [27,29]، أما تخزين غاز أكسيد النيتروس فيكون إما في اسطوانات ضغط عالي، أو في حاويات تخزين ذات ضغط منخفض على شكل سائل ذو درجة حرارة منخفضة، وشروط عمل أنظمة الضغط المنخفض تقع ضمن المجال (1667 - 2800 kPa g) و (-18 to -3.9 °C)، كما يجب مراعاة بعض التدابير الوقائية عند تخزين ومعالجة غاز أكسيد النيتروس ومنها:

- تخزين اسطوانات أكسيد النيتروس في موضع مخصص ولا يتكرر عليه كثير من الأشخاص، كما يجب عدم تخزينها في نفس الغرفة التي تحتوي على اسطوانات غازات قابلة للاحتراق.
- عدم تخزين اسطوانات غاز أكسيد النيتروس الطبي في غرفة عمليات المستشفى أبداً.
- عدم تحويل أكسيد النيتروس من اسطوانة إلى أخرى وعوضاً عن ذلك إرسال الاسطوانات إلى محطة الشحن لإعادة التعبئة بشكل آمن.

2-3-7 طريقة الإنتاج:

ينتج غاز أكسيد النيتروس بواسطة التحليل الحراري لمادة نترات الأمونيا [27].

2-4-4 الهواء:

2-4-1 الوصف العام :

الهواء هو الغلاف الجوي للأرض وهو غاز لا لون له ولا رائحة كما أنه غير قابل للاحتراق. ويتألف من مزيج من عناصر غازية (بالإضافة إلى بخار الماء و كمية قليلة من ثاني أكسيد الكربون وعدة مكونات أخرى)، أما عندما يكون الهواء بشكله السائل فيكون شفافاً ضارباً للزرقة، ويكون ذا لون حليبي إذا احتوى على ثاني أكسيد الكربون [27]، والهواء الجاف مادة غير حادة (غير أكالة).

2-4-2 خواص الهواء:

يتم ضغط الهواء عند الاستخدام في أغلب التطبيقات العملية، ومن أجل الحصول على هواء ذي درجة نقاوة محددة أو ذي تركيب خاص (كما في الاستخدامات الطبية، العلمية، الصناعية، الحماية من النار، في أعماق البحار وفي الفضاء) يتم تنقيته أو تركيبه بشكل صناعي ويوضع في اسطوانات على هيئة غاز غير مسال تحت ضغط عالي ولقد بينت التحاليل النموذجية للهواء الجاف عند مستوى البحر أنه مركب مكون من العناصر الواردة في الجدول (2-5).

الجدول (2-5) تركيب الهواء الجوي [27,29]

العنصر	من الحجم %	من الوزن %
النيتروجين	78.03	75.5
الأكسجين	20.99	23.2
الآرغون	0.94	1.33
أكسيد الكربون	0.03	0.045
الهيدروجين	0.005	-
النيون	0.00123	-

الهليوم	0.0004	-
الكريبتون	0.00005	-
الكسينون	0.000006	-

كما يحتوي الهواء الجوي أيضاً على كميات مختلفة من بخار الماء، ولكن لأغلب الأهداف العملية فإن تركيب الهواء يعتبر (79 %) بالحجم آزوت و (21 %) بالحجم أكسجين، أما أهم الثوابت الفيزيائية للهواء فهي مبينة في الجدول (6-2).

الجدول (6-2) الثوابت الفيزيائية للهواء [27,29]

الرمز	Air
الوزن الجزيئي	28.975
كثافة الغاز عند (21.1°C, 1 atm)	1.2 kg/ m ³
الوزن النوعي عند (21.1°C, 1 atm)	1
الحجم النوعي عند (21.1°C, 1 atm)	0.8333 m ³ /kg
نقطة الغليان عند 1atm	-194.3°C
نقطة التجمد عند 1atm	[-216.2°C - -191.3°C]
درجة الحرارة الحرجة	-140.7°C
الضغط الحرج	3770 kPa
الانحلالية في الماء عند (21.1°C, 1 atm)	0.0292
نسبة السائل/الغاز	1/728.1

3-4-2 مواصفات الهواء الطبي:

نظراً لإمكانية إنتاج هواء طبي صناعي وإمكانية استخدامه في المستشفيات كالهواء الجوي تماماً فقد وضع دستور الأدوية الأوروبي مواصفات للهواء الطبي وللحواء الطبي الصناعي كما هو مبين في الجدول (7-2) والجدول (8-2).

الجدول (7-2) مواصفات الهواء الطبي [28]

الهواء الطبي

هواء محيط مضغوط يحتوي:	التعريف
$20.4 \% \text{ V/V} \leq \text{O}_2 \leq 21.4 \% \text{ V/V}$	
$\leq 5 \text{ ppm V/V}$	CO
$\leq 500 \text{ ppm V/V}$	CO ₂
$\leq 1 \text{ ppm V/V}$	SO ₂
$\leq 2 \text{ ppm V/V}$	NO+NO ₂
$\leq 0.1 \text{ mg/m}^3$	الزيت
$\leq 67 \text{ ppm V/V}$	H ₂ O

الجدول (2-8) مواصفات الهواء الطبي الصناعي [28]

الهواء الطبي الصناعي	
مزيغ غازي من N ₂ (Ph Eur) و O ₂ (Ph Eur) يحتوي : $21.0 \% \text{ V/V} \leq \text{O}_2 \leq 22.5 \% \text{ V/V}$	التعريف
$\leq 67 \text{ ppm V/V}$	H ₂ O

2-4-4 التطبيقات الرئيسية للهواء:

نظراً لكون الهواء غير سام فهو يستخدم في المجالات الطبية وبشكل أساسي كهواء تنفسي، كما في الحاضنات عندما يتم تأمين تنفس المريض بمزيغ من الأكسجين والهواء. أما الهواء المضغوط فيستخدم بشكل رئيسي في تجهيزات التنفس الصناعي والتهوية وتشغيل بعض مراوح التهوية والأدوات الجراحية مثل المثاقب ومناشير العظام، وفي التخدير يستخدم كغاز حامل لعوامل التخدير المتطايرة، كما يستعمل لتشغيل الممصات (التي تولد الضغط الناقص عن طريق إطلاق الهواء المضغوط عبر تضيق أنبوب فنتوري). وخارج المجال الطبي نجد أن للهواء عند خواص نقاوة محددة تطبيقات هامة في مجال الطاقة الذرية وتحت أعماق البحار وفي الفضاء، كما أنه يستخدم في أجهزة التنفس الذاتي المستخدمة من قبل رجال الإطفاء والعاملون في مجال الصناعة، ويستخدم كمصدر للطاقة لبعض التجهيزات الهوائية [27].

2-4-5 المعالجة الآمنة والتخزين:

بما أن الهواء الجاف غير أكال فيمكن بالتالي احتوائه في تجهيزات مصنوعة من أي من المعادن التجارية المعروفة والمتاحة كالفولاذ والنحاس والألمنيوم وغيرها، ولا بد من التأكيد على أن الاسطوانات

أو الأوعية المملوءة بالهواء تحت ضغط عالٍ يجب أن تعالج بقدر كبير من الحذر تماماً كباقي الغازات المضغوطة غير القابلة للاحتراق [29].

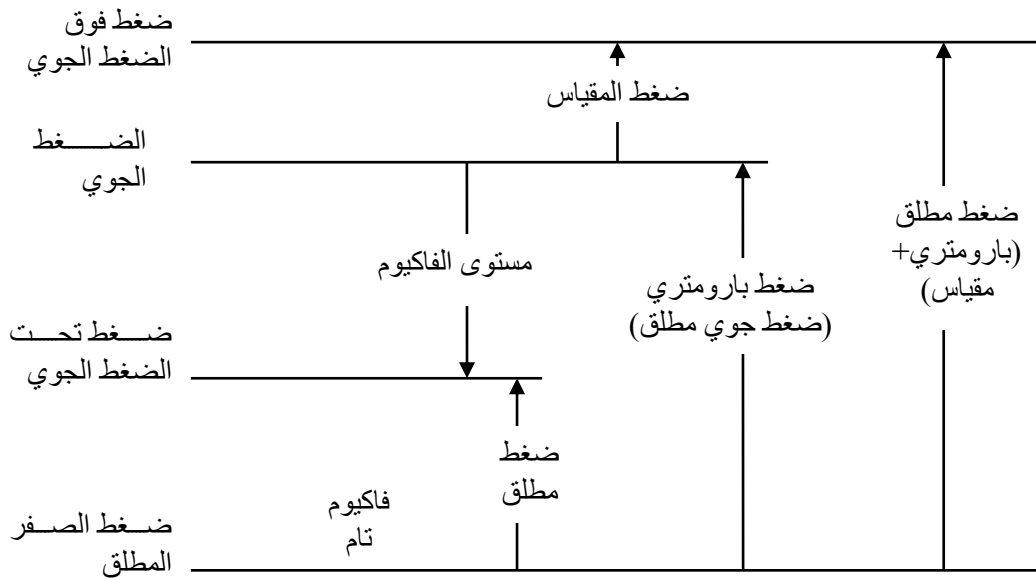
2-4-6 طرق الإنتاج:

يمكن ضغط الهواء ذي التركيب ودرجة النقاوة المعروف من الهواء الجوي مباشرةً، كما ويمكن تنقيته بوسائل كيميائية وميكانيكية، ويمكن إنتاج الهواء صناعياً من مكونات نقية رئيسة وبخاصة الأكسجين والنيتروجين.

2-5-5 الفاكيوم (التخلية) الطبي:

2-5-1 تعريف الفاكيوم:

إن الضغط الجوي المطلق يساوي (1,013 bar) ويعرف الفاكيوم بأنه أي ضغط أدنى من الضغط الجوي [38]، أي أن الضغط الجوي يساوي صفر الفاكيوم وضغط الصفر (-1.013 bar) يساوي الفاكيوم التام، وأي قيمة للضغط السالب بينهما تكافئ مستوى للفاكيوم، كما هو مبين في الشكل (2-1).



الشكل (2-1) مستويات الضغط [16]

2-5-2 الوصف العام:

يتألف نظام الفاكيوم الطبي من جهاز تحريك أساسي (مضخة كهربائية أو وحدات فنتوري للامتصاص أو أجهزة ميكانيكية) ومن شبكة أنابيب توزع تنتهي بعدد من المآخذ من أجل الحصول على الفاكيوم أو الضغط السلبي [16].

تعمل المضخة على تخلية خزان موصل معها من جزء من الهواء الذي بداخله، وبذلك ينخفض ضغط الهواء داخل الخزان، وعندما يتمدد الهواء المتبقي لكي يملأ حجم الخزان بالكامل ينشأ ضغط أدنى من الضغط الجوي وبذلك يتم إنتاج الفاكيوم، وبما أن ضغط الهواء خارج الخزان أعلى من الضغط داخله، لذلك يندفع الهواء إلى الخزان من فتحة صغيرة أعلاه، وبذلك فإن حركة الهواء الداخل تولد عملية امتصاص.

وبعد توليد الفاكيوم يمكن الحصول عليه من نقاط مأخذ الفاكيوم الموزعة في كافة أقسام المستشفى، حيث يتم ربط أداة امتصاص تتألف من زجاجة وأنبوب امتصاص وأنبوب قثطرة موصل مع منظم امتصاص إلى هذه المآخذ، بحيث تكون في مستوى أعلى من مستوى المريض [38].

2-5-3 تطبيقات الفاكيوم الطبي:

يستخدم في معظم الأعمال الطبية مثل التنفس البلعومي، وعملية الامتصاص من الرغامى، والامتصاص الجنبى (عبر الرئة)، والامتصاص الأنفى المعدي، والامتصاص خلال العمليات الجراحية، وإزالة الضغط وغيرها [38].

2-6 غاز ثاني أكسيد الكربون:

وهو غاز لا لون له ولا رائحة وغير قابل للاحتراق ولا يدعم عملية الاحتراق، كما أنه لا يمكن أن يبقى على الحياة، ينتج هذا الغاز من احتراق الفحم أو الهيدروكربونات، ومن تنفس الإنسان والحيوان، كما يوجد في الجو بنسبة صغيرة [29].
أما تطبيقاته الطبية فتتمثل في:

- زيادة عمق التخدير بسرعة وزيادة عمق التنفس والتغلب على صعوبات التنفس وتشنج القصبات الهوائية.
- تسهيل توسيع الأوعية، ودور هام في عملية حث تخفيض درجة حرارة الجسم.
- زيادة تدفق الدم الدماغى عند إجراء الجراحات للمرضى الذين يعانون من تصلب الشرايين.
- تنبيه التنفس بعد فترة من فشل التنفس.
- منع نقص ثاني أكسيد الكربون عند زيادة التنفس.
- وبشكله الصلب (ثلج جاف) يستخدم في تقنيات تجميد الأنسجة من أجل إزالة الثآليل [29].

يخزن غاز ثاني أكسيد الكربون في اسطوانات تحت ضغط عالي ويكون بشكل سائل، ويجب أخذ الحيلة عند معالجة هذه الاسطوانات حيث أن أي تلامس بين ثاني أكسيد الكربون السائل والجلد سيؤدي إلى حروق باردة.

أما بالنسبة لخصائص غاز ثاني أكسيد الكربون الطبي والحدود العليا المسموح بها للعناصر التي يمكن أن يحتويها الغاز كما بينها دستور الأدوية الأوروبي فهي موضحة في الجدول (2-9).

الجدول (2-9) مواصفات غاز ثاني أكسيد الكربون الطبي [28]

ثاني أكسيد الكربون CO ₂	
التعريف	يحتوي ما لا يقل عن 99.5% V/V من CO ₂
CO	≤ 5 ppm V/V
NO+NO ₂	≤ 2 ppm V/V
الكبريت الكلي	≤ 1 ppm V/V
H ₂ O	≤ 67 ppm V/V

2-7 غاز أكسيد النيتريك:

وهو غاز لا لون له، سام جداً وغير قابل للاحتراق ولكنه يدعم عملية الاحتراق بشكل كبير، يسبب حروقاً شديدة للجهاز التنفسي والعيون والجلد عندما يكون بتركيز عالية [29].

يستخدم في المجال الطبي وذلك بمزجه مع النيتروجين لعلاج ارتفاع ضغط الدم الشرياني الرئوي، وعندئذ تكون مواصفاته طبقاً لدستور الأدوية الأوروبي كما هي مبينة في الجدول (2-10).

الجدول (2-10) مواصفات غاز أكسيد النيتريك [28]

أكسيد النيتريك NO	
التعريف	يحتوي ما لا يقل عن 99.0 % V/V من NO
CO ₂	≤ 3000 ppm V/V
N ₂	≤ 3000 ppm V/V
NO ₂	≤ 400 ppm V/V
N ₂ O	≤ 3000 ppm V/V
H ₂ O	≤ 100 ppm V/V

2-8 غاز الهليوم:

وهو غاز خامل وغير سام، لا لون له ولا رائحة، أخف من الهواء بقليل وليس له أي نشاط فيزيولوجي ولا يدعم الحياة، وبسبب انخفاض كثافة غاز الهليوم فهو يتدفق عبر الثقوب وبشكل أسهل من أي غاز طبي آخر، ولذلك يستخدم غاز الهليوم مترافقاً مع الأكسجين (على الأقل 21%) في الحالات التالية:

- يساعد في تدفق الأكسجين عبر الحويصلات الرئوية للمريض عندما يعاني من إعاقة تنفسية شديدة.
- منع حدوث انخماصات.
- يستخدم متحداً مع الهواء أو الأكسجين وبتراكيز مختلفة في اختبارات وظيفة نقل الرئة للغاز [29].

ولاستخدامه في المجال الطبي حدد دستور الأدوية الأوروبي خصائص غاز الهليوم الطبي والحدود العليا المسموح بها للعناصر التي يمكن أن يحتويها الغاز كما في الجدول (2-11).

الجدول (2-11) مواصفات غاز الهليوم [28]

الهليوم He	
التعريف	يحتوي ما لا يقل عن 99.5% V/V من He يستخدم الهليوم الذي نحصل عليه بعملية التجزئة من الغاز الطبيعي
CH4	$\leq 50 \text{ ppm V/V}$
O2	$\leq 50 \text{ ppm V/V}$
H2O	$\leq 67 \text{ ppm V/V}$

2-9 غاز النيتروجين:

وهو غاز لا لون له ولا رائحة مميزة، غير قابل للاحتراق، ليس له تأثيرات سمية معروفة ولكن استنشاقه بتركيز عالية يسبب الاختناق [29]، يستخدم في المجال الطبي لتشغيل الأدوات الجراحية وعندئذ تكون مواصفاته طبقاً لدستور الأدوية الأوروبي كما في الجدول (2-12).

الجدول (2-12) مواصفات غاز النيتروجين [28]

النيتروجين N2	
التعريف	نيتروجين لا يقل محتواه 99.5% V/V من N2 .
CO	$\leq 5 \text{ ppm V/V}$
CO2	$\leq 300 \text{ ppm V/V}$
O2	$\leq 50 \text{ ppm V/V}$
H2O	$\leq 67 \text{ ppm V/V}$

الفصل الثالث

المستشفى وأقسامها

3-1 مقدمة:

المستشفى هي المركز الصحي الذي يقوم بتقديم أنواع العلاج المختلفة للمرضى، بالإضافة إلى وظائف أخرى مختلفة مثل تعليم الأطباء وتدريبهم وكذلك إجراء البحوث العلمية. ولكي تقدم المستشفى هذه الخدمات على الوجه الأمثل يجب أن تتمتع بمواصفات وميزات محددة عند تصميمها وذلك من جميع النواحي المعمارية والكهربائية والميكانيكية، لذلك سوف نتعرف في هذا الفصل على أشكال المستشفيات المختلفة، وعلى أقسامها وعلى حاجتها من الغازات الطبية المختلفة.

3-2 شروط موقع المستشفى:

يجب أن يتم اختيار موقع المستشفى بعناية كبيرة، حيث يجب إقامتها في مكان هادئ وبعيد عن الضوضاء وعن كافة أشكال التلوث البيئي [31]، كما ينبغي أن يكون الموقع المختار كبيراً بما يكفي لاحتواء كافة أقسام المستشفى، والأقسام الملحقة من مخابر وأقسام التصوير الشعاعي ومواقف للسيارات وغير ذلك، وكذلك من أجل إمكانية التوسع مستقبلاً، كما يجب أن يكون الوصول إلى الموقع سهلاً وميسوراً لكل الأفراد في المنطقة المجاورة [35]، وأن يكون ذلك ميسراً أيضاً لمركبات النقل العام وسيارات إطفاء الحريق ومركبات توصيل الخدمات المختلفة وغير ذلك، ولا بد من توافر كافة الخدمات العامة من مياه للشرب وطاقة كهربائية وهاتف وتصريف صحي وغيرها في ذلك الموقع [32].

3-3 الاعتبارات الأساسية في تصميم المستشفيات:

مع التطور الكبير الذي يطرأ على أساليب العلاج والتشخيص، كان لابد أن يواكبه تطور مماثل في تخطيط وتصميم المستشفيات وإدارتها، ولكن مع ذلك هنالك مجموعة من الاعتبارات الأساسية الواجب أخذها بعين الاعتبار عند تصميم المستشفيات وهي:

3-3-1 البعد الإنساني في تصميم المستشفيات:

يجب على المستشفى أن تعطي للمريض الإحساس بالأمان والراحة سواء في فراغاتها الداخلية أو الخارجية، ويمكن تحقيق ذلك عن طريق الكثير من الأساليب المعمارية كالإضاءة الطبيعية والألوان ومقياس الكتل والأحجام [31].

3-3-2 المرونة:

نظراً للتغير المستمر في أساليب العلاج لذلك يجب أن يتمتع تصميم المستشفى بمرونة كافية لتغيير وتبديل استعمال الفراغات حسب الحاجة، ويكون ذلك باستخدام نموذج وأسلوب إنشاء مرن يسمح بتغيير الفراغات الداخلية لاستيعاب أنشطة متعددة كذلك اختيار أسلوب مناسب للتمديدات الكهربائية والميكانيكية لتناسب الفراغ عند تغيير استخدامه [31].

3-3-3 القابلية للتوسع:

هناك أقسام في المستشفى تحتاج إلى تمدد وتوسع لذلك يجب على المصمم أن يكون له دراية بعملية التوسع في الفراغات مستقبلاً [35]، وأن يُصمم المبنى بحيث يسمح لهذه الامتدادات أن تكون أفقية أو رأسية، وذلك إما بتشكيل المساقط التي تسمح بالامتداد الأفقي أو باختيار النظام الإنشائي الذي يسمح بمرونة استخدام الفراغات والامتداد الرأسي [31].

3-3-4 مراحل التنفيذ والبناء:

نظراً لارتفاع تكاليف إنشاء المستشفيات وصعوبة التمويل لها فقد أصبح إنشاء المستشفيات على مراحل أمراً ضرورياً، لكي يستفاد من المرحلة الأولى إلى أن يتم توفير الدعم اللازم للمراحل اللاحقة [31].

3-4-4 حجم المستشفى:

يتم تحديد حجم المستشفى العام بالمدن على أساس معدل يحدد عدد الأسرة المطلوبة لكل 1000 شخص، ويختلف هذا المعدل من مكان لآخر ولكن يعتبر معدل 5 أسرة لكل ألف شخص معدلاً متوسطاً مناسباً، ويراعى عند حساب حجم المستشفى الاعتبارات التالية:

- ظروف الموقع.
- حجم نطاق الترخيم وعدد السكان القاطنين فيه.
- أنواع التخصصات والخدمات الطبية الموجودة في المستشفى.
- الزيادة السكانية خلال 20 سنة القادمة [31].

3-5-4 أنواع المستشفيات:

يجب الأخذ بعين الاعتبار أن عملية تحديد نوعية وسعة أي مستشفى، وبنائها في منطقة ما يتعلق في كثير من الأحيان بالمعطيات المحلية في هذه المنطقة المفروضة، ونوعية الرعاية الصحية و المعالجة المطلوبة.

تُصنف المستشفيات إما حسب حجمها أو اختصاصها أو حسب تصميم بناءها المعماري.

3-5-1 تصنيف المستشفيات حسب حجمها :

تقسم المستشفيات من حيث الحجم إلى الأنواع التالية:

- صغيرة جداً : وتسمى مستشفى محلية وتتسع لحوالي 50 سرير [35].

- صغيرة : وتسمى مستشفى المنطقة وتتسع حتى 150 سرير (عادة 120 سرير).
- عادية: وهي مستشفيات المدن أو المحافظات وتتسع حتى 600 سرير (عادة 400 سرير).
- كبيرة: وهي عبارة عن أكاديميات طبية تابعة للجامعات والبحث العلمي، وتكون سعتها أكثر من 1000 سرير [31].

3-5-2 تصنيف المستشفيات حسب اختصاصها :

أما من حيث الاختصاصات فنجد المستشفيات التالية:

- مستشفيات عامة: وهي الأكثر شيوعاً، وتتضمن اختصاصات الطب العام والداخلية والجراحة العامة، النسائية، التوليد، الأطفال، الأشعة، إضافة إلى الاختصاصات الأخرى مثل التخدير، العينية، أذن وأنف وحنجرة.
- مستشفيات اختصاصية : مثل مستشفيات الأطفال، التوليد، العصبية، القلبية، أو أمراض أخرى.
- مستشفيات جامعية: وتكون ملحقة بالأكاديميات الطبية وكليات الطب البشري في الجامعات [31].

3-5-3 تصنيف المستشفيات حسب التصميم المعماري لبناء المستشفى:

يمكن لمبنى المستشفى أن يتخذ تصميمات معمارية مختلفة ولكن التصميمين التاليين هما الأكثر شيوعاً:

3-5-3-1 التوزيع الأفقي:

يمكن الأخذ بهذا الأسلوب في التوزيع للمستشفيات الصغيرة، ويتم وفقاً له تقسيم وحدتي الخدمات العلاجية الداخلية وخدمات الفحص الداخلية والخارجية إلى أقسام تتجاور أفقياً مع أجنحة الإقامة الداخلية، فمثلاً قسم الولادة يجاور قسم أمراض النساء، ويجاور قسم الأشعة قسم الأمراض الباطنة. ولهذا الأسلوب في التوزيع بعض المزايا كونه مناسباً للأراضي ذات المساحة غير المحدودة، كما أنه يمنح علاقة وثيقة بين أجنحة الإقامة ووحدة العلاج الطبي الخاصة بها. غير أن له عيوباً تتمثل في وجوب تعدد الخدمات الطبية والتجهيزات (جهاز الأشعة مثلاً) في كل قسم، بالإضافة إلى عدم وجود المرونة اللازمة لزيادة ونقصان عدد الأسرة الخاصة بكل قسم تبعاً لطبيعة الأمراض السائدة، وكمثال على ذلك مرض السكري الذي زاد في الفترة الأخيرة واستدعى ذلك زيادة عدد الأسرة في قسم أمراض الباطنة وهذا ما لم يتيح هذا الأسلوب، بالإضافة إلى أن هذا الأسلوب يحتاج لإمكانيات إدارية متقدمة [31].

3-5-3-2 التوزيع الرأسي:

يعمل هذا الأسلوب على تجميع وحدات الخدمات الطبية (خدمات علاجية داخلية وخدمات الفحص الداخلية والخارجية وقسم الاستقبال والحوادث) في مستوى أفقي واحد على أن يكون اتصالها بوحدات إقامة المرضى رأسياً.

وتتلخص مزايا هذا الأسلوب في :

- وجود علاقة مباشرة وسريعة بين الخدمات الطبية المتماثلة، ومثال ذلك وجود قسم مركزي للعمليات وبذلك يمكن في حالات الولادة القيصرية الانتقال المباشر إلى حجرات العمليات المجاورة.
- مرونة توزيع الأسرة على أقسام التمريض المختلفة تبعاً لمتغيرات الظروف، كما في حالات انتشار الأوبئة والتي تستدعي زيادة عدد الأسرة الخاصة بالعلاج الباطني، أو في حالات الحروب والتي يكون هناك حاجة ماسة عندئذ لزيادة عدد الأسرة الخاصة بالعلاج الجراحي.
- سهولة التنظيم الإداري نظراً لمركزية الإدارة التي تسيطر على تشغيل جميع الوحدات .
- الاقتصاد في تكاليف التجهيزات المعمارية والتجهيزات الآلية، وذلك بجعلها مركزية تخدم كافة الأقسام الطبية التي تحتاجها [31].

3-6 المكونات والعناصر الأساسية للمستشفى:

توزع أقسام المستشفى المختلفة ضمن مجموعات وذلك وفقاً لمنطقة تواجدتها في المستشفى، حيث نجد في المستشفى المناطق التالية:

3-6-1 المنطقة الأولى (البعيدة):

3-6-1-1 قسم المرضى الخارجيين (العيادات الخارجية):

ويقوم هذا القسم برعاية ومعالجة المرضى غير المقيمين في المستشفى، وله علاقة مباشرة مع أقسام التشخيص والمعالجة، ويحدد حجم هذا القسم والاختصاصات التي يجب أن تتوفر فيه طبقاً لحاجة المستشفى والمنطقة التي تقوم بتخديمها (عدد السكان).

ويتطلب هذا القسم وجود الغرف التالية :

- غرف استقبال وانتظار.
- غرف استشارة طبية.
- غرف معالجة وتكون متعددة ومختلفة وفقاً للاختصاصات المتوفرة وهي الطب العام، داخلية، جراحة، أذن وأنف وحنجرة، عينية، عصبية، نسائية، رعاية أمومة وطفولة، توليد، جلدية، بولية، عظمية، أطفال، سنية [33].

ولابد من تأمين غاز الأكسجين والهواء الطبي والفاكيوم لكل غرفة من غرف المعالجة [34].

3-6-1-2 قسم الطوارئ والإسعاف:

يجب أن يكون هذا القسم واسعاً ومرناً وقابلًا للتوسع عند الضرورة، كما أنه من المهم أن تكون إمكانية الانتقال بين هذا القسم وباقي الأقسام الأخرى مثل قسم العمليات وقسم الخدمات (أشعة X، مخابر ...) سريعة جداً، ومما لا بد من ذكره أن هذا القسم يجب أن يكون مهيناً بحيث يقدم الرعاية الطبية للمرضى في كل ساعات اليوم [32,33].

ويفضل أن تكون أسرة هذا القسم موزعة حسب حالات الطوارئ المحتملة حوادث وجروح ورضوض، كسور وتجبير عظام، ولادة وأمراض نساء، أمراض أطفال تستدعي إجراءات إسعافية سريعة، ويجب تأمين غازي الأكسجين والهواء الطبي والفاكيوم لهذه الأسرة [34]. كما نجد في هذا القسم غرفة عمليات مصغرة، وغرفة إنعاش وتنشيط ويلزم في كل منهما كافة الغازات الطبية [34].

3-1-6-3 الإدارة:

ويشمل هذا القسم المكاتب الإدارية من أجل أعمال الإدارة والمحاسبة وغيرها، ويجب أن يكون متاحاً للعموم لذلك يفضل أن يكون بالقرب من مدخل المستشفى.

3-1-6-4 القبول والاستقبال:

ويتضمن هذا القسم مكاتب الموظفين الذين يستقبلون المرضى ويدونون بياناتهم الشخصية ضمن سجلات خاصة، وينظمون المواعيد والمراجعات.

3-2-6-3 المنطقة الثانية: وتتلقى هذه المنطقة طلبات العمل من المنطقة البعيدة، وهي منطقة الخدمات الطبية.

3-2-6-1 قسم التصوير الإشعاعي:

يختلف هذا القسم عن قسم المعالجة بالإشعاع والذي يتم فيه معالجة الأورام السرطانية إشعاعياً، بينما يمكن من هذا القسم الحصول على الصور الإشعاعية التشخيصية، حيث يتم التصوير التشخيصي بواسطة وحدات أشعة X، أو بواسطة ماسحات فوق صوتية أو بواسطة النظائر المشعة [32]. يمكن باستخدام أشعة X تصوير الرئتين والهيكل العظمي والكلية والمرارة والأمعاء، كما تعتبر الماسحات فوق الصوتية هامة جداً في التوليد وفي الكشف عن الالتهابات المبكرة في نخاع العظام الطويلة [33].

تطورت تقنيات التصوير الإشعاعي وبشكل سريع فنجد اليوم تقنيتي التصوير الطبقي المحوري (CT Scan) والتصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) واللتي تستخدمان في تشخيص أمراض لا يمكن تقييمها بشكل شامل باستخدام تقنيات التصوير التقليدية.

إن منطقة التصوير التشخيصي يجب أن تكون في الطابق الأرضي من المستشفى وذلك من أجل سهولة الوصول إليها، كما يجب أن تكون بالقرب من قسم الإسعاف والطوارئ.

يجب أن يتوفر في كافة غرف التصوير الإشعاعي كل من غاز الأكسجين والهواء الطبي والفاكيوم، كما يجب توافر غاز أكسيد النيتروس في غرفة التصوير بالرنين المغناطيسي وذلك لتهدئة المريض قبل تصويره.

نجد في المستشفيات الكبيرة والمتخصصة قسماً خاصاً بالطب النووي، حيث يتم تشخيص الأمراض عن طريق حقن المرضى بمواد مشعة ومتابعة سيرها بواسطة أجهزة تليفزيونية متطورة، ليُصار إلى معالجتهم بعد ذلك باستخدام الأشعة والنظائر المشعة [31].

3-2-6-2 المخبر:

يزداد اعتماد الطب على المخبر حيث تتم فيه كافة أنواع التحاليل وأخذ الخزعات اللازمة وذلك من أجل الوقاية من الأمراض وتشخيصها والسيطرة عليها، حيث يجب أن يشتمل المخبر الشامل على الأقسام التالية: تشريح مرضي، أمراض سريرية، أحياء دقيقة، وأمراض دم [32].

كما يجب أن يكون موضع المخبر في مكان يسمح بوصول مباشر ومناسب للمرضى، ويسمح بإمكانية استلام المواد الكيماوية وإمكانية التخلص من العينات ومواد المخبر بسهولة ويسر.

3-2-6-3 الصيدلية:

تؤمن صيدلية المستشفى الأدوية لمرضى المستشفى وللمرضى الخارجيين (في حالات خاصة)، ومن مهامها أيضاً التوزيع والتخزين الآمن للقاحات وتعليم عمال المستشفى والمرضى الخارجيين كيفية استخدام هذه الأدوية.

بالإضافة إلى أنه يقع على عاتق الصيدلية وبشكل رئيسي مهمة تركيب الأدوية ليتم استخدامها في كافة أقسام المستشفى وفي قسم المرضى الخارجيين وفي أجنحة إقامة المرضى الداخليين، كما أنها مسؤولة عن شراء وتخزين وتوزيع كافة أنواع العقاقير ومواد التطهير والتعقيم والمواد الصيدلانية [33]، وبشكل مشابه للمخبر يتم اختيار موضع الصيدلية في مكان يسمح بوصول مباشر ومناسب للمرضى ولغيرهم [32].

3-2-6-4 بنك الدم:

يجب أن يزود الدم للمستشفى من مركز نقل دم والذي يمكن أن يكون جزءاً من المستشفى أو مستقلاً عنها [32].

3-2-6-5 قسم التعقيم:

يعتبر وجود قسم تعقيم مركزي في المستشفى أمراً ضرورياً، ولكن قد يكون من الملائم في المستشفيات الصغيرة تخصيص وحدة تعقيم صغيرة، وفي كل الحالات فإنه من الضروري التأكد من أن كافة الأدوات والضمادات والتجهيزات التي من الممكن أن تكون على اتصال بالمريض معقمة، كما أنه من الضروري التأكد من تعقيم كافة الأدوات الملوثة بعد استعمالها لكي تستخدم فيما بعد بشكل آمن، ونظراً

إلى حاجة بعض أقسام المستشفى مثل أجنحة العمليات وأجنحة الولادة وقسم الطوارئ التعقيم بشكل مستمر فإنها يمكن أن تمتلك تجهيزات تعقيم خاصة بها [33].

3-6-3 المنطقة الوسطى: وتقع بين المنطقة الخارجية والمنطقة الداخلية وتتألف من:

3-6-3-1 قسم العمليات:

أصبح تصميم قسم العمليات في الوقت الحاضر أكثر تعقيداً وبشكل كبير عما كان عليه في السابق، فقد تمكنت التقنيات الحديثة من إيجاد بيئة خالية من البكتيريا تماماً حيث تجرى الجراحات ضمن شروط معقمة كلياً.

ويعتبر تصميم قسم العمليات ناجحاً إذا تحققت الشروط التالية:

- تعقيم تام لغرف العمليات لكي نضمن شفاء الجروح بعد الجراحات.
- تأمين عملية الصب الوريدي لضمان تعويض أي فقد في الدم.
- تأمين تخدير مثالي لضمان أن العمل الجراحي يتم دون أي ألم.
- ولذلك فإنه لابد من تزويد غرفة العمليات بالمتطلبات الضرورية التالية:
- مكان عمل مناسب ومريح وغير معرقل بحركة الأشخاص داخله.
- طاولة متينة وقوية وسهلة التنظيف.
- خدمات أساسية من ماء وغازات طبية وإضاءة ومجموعتين من الأدوات الجراحية اللازمة.
- وكذلك فإنه من أجل تفادي تلوث غرف العمليات وغرف التنظيف المنقول عبر الجو فإنه لابد من تكييف الهواء فيها قليلاً، كما أن نظام التكييف يجب أن يؤمن هواءً مرشحاً عبر تجهيزات خاصة، وكذلك لابد من مراقبة درجة حرارة ورطوبة غرف العمليات بشكل دائم.

3-6-3-1-أ عدد غرف العمليات في المستشفى:

يرتبط عدد غرف العمليات المطلوبة في المستشفى بعدد أسرة المستشفى، وكقاعدة عامة يلزم غرفة عمليات واحدة من أجل كل 50 سرير لمرضى الطب العام الداخليين، ولكل 25 سرير جراحي [31]، كما أن هناك حسابات أخرى تعتمد على عدد أسرة المستشفى الجراحية ومعدل طول الوقت في غرف العمليات وكمية العمل الجراحي المتوقع من الأقسام [32].

3-6-3-1-ب موقع قسم العمليات:

من المفضل أن يكون قسم العمليات وغرف الجراحة في الطابق ذاته والذي قد يكون الطابق الأول، كما أنه يجب أن يحقق الشروط التالية:

- مجاوراً لقسم التعقيم المركزي.
- إمكانية الوصول إليه من قسم الطوارئ والحوادث بشكل سهل.

- إمكانية الوصول إليه من جناح الولادة بشكل سهل.
- مجاور لوحدة العناية المركزة.
- يجب أن لا يكون هناك حركة مرور عبره، وذلك بأن يكون الموقع في طريق مسدود وبذلك يتم التحكم بالدخول والخروج [31].

3-6-3-1 ج غرف قسم العمليات:

يمكن أن نجد في قسم العمليات الغرف التالية:

- **مكتب الاستقبال:** مهمة هذا المكتب مراقبة حركة المرور من وإلى قسم العمليات لضمان استمرارية تعقيم القسم.
- **منطقة النقل:** يجب أن تكون هذه المنطقة كبيرة بما يكفي للسماح بنقل المريض من سريره إلى العربة.
- **غرف تبديل أحذية الموظفين:** وتكون هذه الغرف بالقرب من مدخل منطقة نقل المرضى، وتستخدم لخن وارتداء أو نزع الأحذية.
- **غرف العمليات:** يجب ألا تقل أبعاد كل غرفة عمليات عن (6 × 6) متر [34]، وكذلك يجب أن يلحق بها غرفة تخدير واحدة وغرفة تزويد بالمعدات وغرفة تنظيف أساسية، كما يجب أن يكون هناك أبواب خروج منفصلة.
- **غرفة تنظيف أساسية:** يمكن أن تشترك غرفتا عمليات بغرفة تنظيف أساسية واحدة، حيث تحتوي هذه الغرفة على رفوف لوضع الأردية والأقنعة ومكان لوضع عربة النقل.
- **تنظيف ثانوي:** وحدة صغيرة لرمي النفايات السائلة ولحفظ الأدوات المستعملة والبياضات والمناديل الورقية مؤقتاً ريثما يتم نقلها إلى غرفة التنظيف الرئيسية.
- **تعقيم ثانوي:** مكان لتعقيم الأدوات الجراحية والتي تسقط أرضاً، وهو يخدم غرفتي عمليات.
- **غرفة الإنعاش:** يجب أن تتوضع هذه الغرفة داخل قسم العمليات وبالقرب من مدخله، حيث يوضع فيها المرضى اللذين تعرضوا لعمل جراحي ريثما يتم إنعاشهم من تأثير التخدير [32]، ويعتبر عادة وجود سرير إنعاش لكل غرفة عمليات كافياً [31]، كما يجب تأمين غاز الأكسجين والهواء الطبي والفاكيوم لكل سرير إنعاش [34].

3-6-3-1 د أنواع غرف العمليات:

تتم تسمية غرفة العمليات وذلك حسب نوع العمل الجراحي الذي أعدت له، حيث يمكن أن نجد الغرف التالية:

- **غرفة العمليات العامة:** وهي عبارة عن وسط معقم يتم فيه إجراء العمليات الجراحية سواء كان ذلك تحت التخدير الكامل أو الجزئي أو الموضعي، ويُستخدم من أجل الجراحات العامة

- والتخصصية مثل الجراحة البولية والجراحة النسائية والجراحة العينية، وأي جراحة أخرى لا تحتاج إلى معدات كبيرة [34]، ويتوفر في مثل هذه الغرف العديد من المعدات والأجهزة، ولكن ما يخص بحثنا هو معرفة الغازات الطبية اللازمة فيها، حيث أنه لا بد من وجود مجموعتين من الغازات الطبية إحداها تتركب على أحد جدران الغرفة على شكل مأخذ ثابتة، والأخرى متوضعة في ذراع متدلية من السقف، وتتألف كل مجموعة من غاز الأكسجين والهواء الطبي والفاكيوم والهواء الجراحي وأكسيد النيتروس وطرد فائض غازات التخدير [34].
- **غرفة العمليات الكبرى:** ويتم في هذه الغرفة لإجراء العمليات الجراحية والتي تحتاج إلى معدات كبيرة [32] مثل الجراحة العصبية والجراحة التجبيرية والجراحة القلبية، ومما يجب ذكره أن هذه الغرف تحتاج إلى مجموعتي غازات طبية مماثلة لتلك الموجودة في غرف العمليات العامة ولكن لا بد من زيادة عدد مأخذ الهواء الجراحي المستخدمة [34].
 - **غرفة العمليات الصغرى:** يتم في هذه الغرفة إجراء الجراحات الصغرى أو عمليات التنظير كتنظير المثانة وغيرها [32]، وتحتاج هذه الغرف إلى مجموعتي غازات طبية مماثلة لتلك الموجودة في غرف العمليات العامة [34].

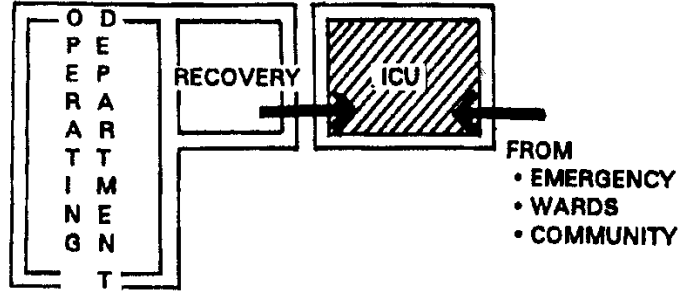
3-6-2 وحدة العناية المركزة:

تستخدم هذه الوحدة من أجل المرضى ذوي الحالات الصحية الحرجة، والذين يحتاجون رعاية طبية دائمة وإلى معدات عالية التخصص، للسيطرة على النزف أو لدعم التنفس أو للسيطرة على تسمم الدم أو لمنع الصدمة [33].

تتطلب هذه الوحدة وجود غاز الأكسجين والهواء الطبي والفاكيوم ومن الممكن وجود غاز أكسيد النيتروس للتخفيف من ألم المريض، وبما أن هذه المتطلبات شبيهة لتلك الموجودة في غرف العمليات فإنه من المستحسن أن تكون وحدة العناية المركزة وغرفة الإنعاش لقسم العمليات متجاورتين كما يبين الشكل (3-1)، وكذلك من المفضل أن يكون موقع وحدات العناية المركزة قريباً من قسم التصوير الإشعاعي والمخبر وقسم الإسعاف [32].

إن عدد الأسرة اللازمة في وحدة العناية المركزة هو حوالي (2-1%) من عدد أسرة المستشفى [33]، وعادةً لا يلبي ذلك حاجة المستشفى لذلك يستخدم عدد من أسرة غرف الإنعاش في أقسام العمليات كأسرة عناية مركزة، أما في حالة المرضى الذين يحتاجون إلى مساعدة الممرضات بشكل كبير فيتم تجهيز غرفة لهم بالقرب من وحدة التمريض وتزويدها بتجهيزات المراقبة واسطوانة غاز أكسجين محمولة.

ومما يجدر ذكره أنه يمكن لوحدة العناية المركزة أن تحتوي كافة المرضى، إلا مرضى القلب فإنه من الممكن دمج وحدة العناية القلبية المركزة مع وحدة العناية المركزة، أو تخصيص وحدة خاصة ومستقلة بهم [32]، وتحتاج هذه الوحدة عندئذٍ إلى غاز الأكسجين والهواء الطبي والفاكيوم [34].



الشكل (1-3) موقع وحدة العناية المركزة [33]

3-3-6-3 وحدات التوليد والطب النسائي:

يتم في هذا القسم كامل عملية الولادة من تحضير للأم وتخديرها ومساعدتها على الولادة ثم مراقبتها بعد عملية الوضع.

إن قسم الولادة مشابه وبشكل كبير لقسم العمليات من الناحية الوظيفية والتخطيط، لذلك فقد يدمج القسمان معاً في معظم المستشفيات، ولكن ذلك يؤثر وبشكل سلبي على قسم العمليات وبخاصة من ناحية التعقيم، لذلك يُنصح بفصل القسمين عن بعضهما، وجعلهما متجاورين ليسهل نقل المريضة إلى قسم العمليات عند الضرورة [33].

أما بالنسبة لحاجة هذا القسم من الغازات الطبية فهو مختلف عن باقي الأقسام، إذ أنه لا بد من وجود مجموعتين من مآخذ الغازات الطبية وهي غاز الأكسجين والهواء الطبي والفاكيوم [34]، من أجل الأم والطفل حديث الولادة، بالإضافة إلى الحاجة إلى وجود غاز الأنتونكس والذي هو عبارة عن مزيج من غازي الأكسجين وأكسيد النيتروس بنسبة (50%,50%)، يستخدم من أجل تهدئة الأم والتخفيف من الألم.

3-3-6-4 وحدة الأطفال حديثي الولادة:

إن غرف الأطفال حديثي الولادة يجب أن تكون مجاورة لقسم التوليد، لضمان نقلهم بشكل آمن، حيث يجب أن يحتوي هذا القسم على أسرة للأطفال السليمين، وغرف أخرى للأطفال المرضى، والتي تحتوي على حاضنات خاصة يوضع فيها الأطفال وتقدم لهم الرعاية الطبية اللازمة، كما إنه من الممكن أن نجد في بعض المستشفيات أن أسرة الأطفال حديثي الولادة والسليمين في نفس غرفة الأم [33]، كما يجب تأمين غاز الأكسجين والهواء الطبي والفاكيوم لكل سرير أو حاضنة [34].

3-3-6-5 غرف العزل:

وتستخدم هذه الغرف لعزل المرضى الذين يعانون من حالات مرضية معدية ويحتاجون إلى الحجر الصحي، أو لحماية المرضى ذوي الحالات الحساسة من العدوى، ونحتاج في هذه الغرف إلى غاز الأكسجين والهواء الطبي والفاكيوم [34].

3-6-4 المنطقة الداخلية: وتكون في الداخل ولكنها متاحة للعموم بشكل مباشر .

3-6-4-1 وحدات إقامة المرضى الداخليين:

هذه الأجنحة تمكن المرضى من الإقامة في المستشفى بسبب مرضهم، وبما أنها معدة لإقامة المرضى لفترات مختلفة لذلك يجب أن تحقق الشروط التالية:

- أن تكون بديلاً عن البيت من ناحية تأمين الطعام والاستحمام والنوم وغير ذلك.
 - تسمح بالفحص والرعاية والعلاج الطبي للمرضى.
 - تؤهل المرضى لكي يعودوا لممارسة حياتهم الطبيعية بعد انتهاء فترة العلاج [33].
- ولابد من الذكر هنا أن المتطلبات والتجهيزات في هذه الأجنحة يجب أن تلبي الاحتياجات الإنسانية الضرورية للمرضى وبشكل منظم، وذلك من حيث وجود الأثاث المناسب، ودرجة الحرارة والتهوية والنظافة وعدم حدوث الضجيج والخصوصية والراحة العامة.
- تختلف هذه الأجنحة وفقاً للاختصاصات الطبية التي تؤمنها المستشفى فنجد أجنحة إقامة جراحة ، توليد وطب نسائي، أطفال، أمراض باطنية ،أمراض قلب وغير ذلك، ولكن بالرغم من ذلك فإنه يجب تأمين غاز الأكسجين والهواء الطبي والفاكيوم لكل سرير [34].

3-6-5 منطقة الخدمات العامة:

3-6-5-1 خدمات المطبخ والحماية الغذائية:

يؤمن المطبخ خدمة تأمين الوجبات الغذائية الرئيسية للمرضى بما يتوافق مع سياسة المستشفى، أما قسم الحماية الغذائية فيؤمن وجبات غذائية مخصصة للأطفال والمرضى الغير قادرين على تناول وجبات الطعام الطبيعية [33].

3-6-5-2 قسم الغسيل:

يقدم هذا القسم خدمات الغسيل والمكوى لجميع أقسام المستشفى، ويوجد عادةً في أدنى طابق في المستشفى.

3-6-5-3 المخزن:

ويعتبر هذا القسم هاماً إذ يتم فيه خزن كافة المواد والتجهيزات والأدوية اللازمة للمستشفى مثل اللقاحات والمواد والكواشف المخبرية وأفلام أشعة X ريثما يتم استخدامها، لذلك يجب أن يؤمن المخزن الشروط المناسبة لاستمرارية صلاحية هذه المواد والأدوية [33] .

ولذلك نجد في المخزن العام الغرف التالية:

- مخزن صيدلية.
- مخزن تخدير.

- مخزن سجلات.
- غرفة أثاث.
- مخزن مركزي.
- مخزن للمواد الطبية الخطيرة مثل أكسيد النيتريك، والمواد القابلة للاشتعال مثل اسطوانات غاز الأكسجين [33].

3-6-5-4 قسم الصيانة والهندسة:

يجب أن يتواجد في كل مستشفى وحدة صيانة هندسية، لإصلاح وصيانة كافة التجهيزات الطبية والغير طبية، بحيث تقوم بعملها خارج ساعات عمل المستشفى الطبيعية.

3-6-5-5 مستودع الجثث (البراد):

يتم وضع الجثث فيه ريثما يتم عرضها على الطبيب الأخصائي لمعرفة أسباب الوفاة، أو ليتم التعرف عليها من قبل ذويها [33].

الفصل الرابع

الأسس النظرية لحساب محددات شبكة الغازات

1-4 مقدمة:

تعرف السوائل بأنها المواد التي تغير شكلها باستمرار تحت تأثير قوى القص، إذ أنها لا تبدي أي مقاومة للتشوه في الشكل، وتصنف السوائل عادةً ضمن فئتين موائع وغازات، كما أن هناك تصنيفات أخرى تعتبر البخار كفئة ثالثة.

يتغير حجم الموائع بشكل طفيف جداً عند تغير الضغط المؤثر بشكل كبير، وعندما يُزال هذا الضغط المؤثر فإن تمددها يكون غير ذي أهمية، بينما نجد أن أي تغير في الضغط المطبق على الغازات يقابله تغير كبير في الحجم وكذلك فهي تتمدد حتى تملأ أي إناء توضع فيه.

وبما أننا في أطروحتنا هذه نقوم بتصميم شبكة أنابيب الغازات الطبية في المستشفى، لذلك لابد من التعرف على الخصائص المؤثرة في جريان الغاز ضمن أنابيب الشبكة، بالإضافة إلى نمط هذا الجريان وصفاته والقوانين الناظمة له وصولاً إلى العلاقات التي تمكننا من حساب محددات شبكة أنابيب الغازات الطبية.

2-4 خصائص (بارامترات) الغاز:

للغاز العديد من الخصائص ولكننا لن نتطرق إلا إلى الخصائص المؤثرة في عملية جريان الغاز ضمن شبكة الأنابيب، كما أن لكل من هذه الخصائص أكثر من واحدة قياس، ولذلك سنكتفي بذكر واحدة القياس العالمية، وهذه الخصائص هي:

- **تدفق الغاز الحجمي Q** : ويعرف بأنه حجم الغاز المار في جزء ما من شبكة الأنابيب في مدة محددة ويقدر بـ m^3/s [].
- **تدفق الغاز الكتلي $\dot{m}$** : ويعرف بأنه كتلة الغاز المار في جزء ما من شبكة الأنابيب في مدة محددة ويقدر بـ kg/s [].
- **ضغط الغاز P** : وهو الضغط المطبق على الغاز في نقطة ما ويقدر بـ $[bar]$ وهنا لا بد من تعريف الضغط المطلق P_{abs} والذي يعرف بأنه عبارة عن ضغط الغاز المقاس مضافاً إليه الضغط الجوي السائد [14] ويعطى بالعلاقة:

$$P_{abs} = P_{gauge} + P_{atm}$$

حيث:

P_{gauge} ضغط المقياس.

$P_{atm} = 1.01325bar$ الضغط الجوي.

- **كثافة الغاز ρ** : وتمثل كمية الغاز الموجودة ضمن حجم معطى وتقدر بـ [14] $[Kg/m^3]$ ، وتعطى بالعلاقة:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

حيث: m كتلة الغاز، V حجم الغاز.

وهنا لابد من الإشارة إلى أن كثافة غاز ما تتغير بتغير الضغط ودرجة الحرارة [14]، وذلك وفق العلاقة التالية:

$$\rho = \frac{P}{R_g * T}$$

حيث: T درجة حرارة الغاز المطلقة وتقدر بـ $[K]$.

R_g ثابتة الغاز : وهي نسبة ثابتة الغازات العامة ($R = 8314 [J/kg.K]$) إلى الوزن الجزيئي للغاز M_g .

$$R_g = \frac{R}{M_g}$$

- **الوزن النوعي G** : وهو نسبة كثافة غاز ما إلى كثافة الهواء، وهو خاصية ليس لها واحدة [14].

$$G = \frac{\rho_g}{\rho_{air}}$$

كما يمكن أن يحسب الوزن النوعي لغاز ما من العلاقة:

$$G = \frac{M_g}{M_{air}} = \frac{M_g}{29}$$

حيث M_g الوزن الجزيئي للغاز.

M_{air} الوزن الجزيئي للهواء ويساوي (28,9625) ويؤخذ عادةً (29).

- **لزوجة الغاز**: تعرف لزوجة الغاز بأنها مقاومته للجريان، وعلى الرغم من أن لزوجة الغازات منخفضة إلا أن لها تأثيراً كبيراً في تحديد نوع الجريان ضمن الأنابيب [14]. ونجد للغاز لزوجتان لزوجة حركية ولزوجة تحريكية وترتبطان وفق العلاقة التالية [37]:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

حيث: ν اللزوجة الحركية وتقدر بـ $[m^2/s]$.

μ اللزوجة التحريكية وتقدر بـ $[kg/m.s]$.

ρ الكثافة وتقدر بـ $[Kg/m^3]$.

3-4 القوانين الناظمة لجريان الغاز ضمن شبكة الأنابيب:

1-3-4 معادلة الغازات العامة:

يعرف الغاز المثالي بأنه الغاز الذي يكون حجم جزيئاته صغير مقارنة بالحجم الذي يشغله، حيث أن قوى التجاذب بين هذه الجزيئات ضئيلة، ويمكن اعتبار أي غاز غازاً مثالياً عند الضغوط المنخفضة والقريبة من الضغط الجوي فقط [14]، وعندئذ تخضع الغازات لمعادلة الغازات العامة التالية:

$$PV = nRT$$

حيث P, T درجة حرارة الغاز وضغطه المطلقين على الترتيب.

V الحجم الذي يشغله الغاز.

R ثابتة الغازات العامة.

n عدد مولات الغاز وتعطى بالعلاقة:

$$n = \frac{m}{M_g}$$

ويمكن أن تعطى معادلة الغازات العامة بصورة أخرى وذلك بإدخال ثابتة الغاز الخاصة R_g ، على الشكل:

$$PV = mR_g T$$

2-3-4 معادلة الغاز الحقيقي:

عندما تخضع الغازات لضغوط أعلى من الضغط الجوي فلا يمكن اعتبارها عندئذ غازات مثالية ولا يمكن تطبيق قانون الغازات العام عليها [14]، وإنما تخضع لصيغة معدلة من هذا القانون يدخل عليها معامل تصحيح وهو معامل الانضغاطية (Z)، وبإدخال هذا المعامل تصبح معادلة الغازات العامة لغاز حقيقي:

$$PV = ZnRT$$

• معامل انضغاطية الغاز (Z):

ويعرف أيضاً بمعامل انحراف الغاز ويمكن أن يعرف بأنه نسبة حجم الغاز الحقيقي عند درجة الحرارة والضغط المعطيين إلى الحجم الذي كان يشغله الغاز فيما إذا كان غازاً مثالياً عند نفس درجة الحرارة والضغط، أي أنه يقيس مدى قرب الغاز الحقيقي من الحالة المثالية، وهو معامل ليس له واحدة وهو رقم أصغر من الواحد، وهو تابع لدرجة حرارة الغاز وضغطه وخواصه الحرجة ويعطى بالعلاقة [14,15]:

$$Z = 1 + \frac{9}{128} \frac{P_r}{T_r} (1 - 6T_r^{-2})$$

حيث :

- T_r درجة الحرارة المخفضة للغاز: وهي نسبة درجة حرارة الغاز المطلقة إلى درجة حرارته الحرجة T_c .

$$T_r = \frac{T}{T_c}$$

وتعرف درجة الحرارة الحرجة للغاز الصافي T_c : بأنها درجة الحرارة الأعلى من درجة الحرارة التي لا يمكن أن يضغط الغاز عندها إلى سائل بغض النظر عن الضغط.

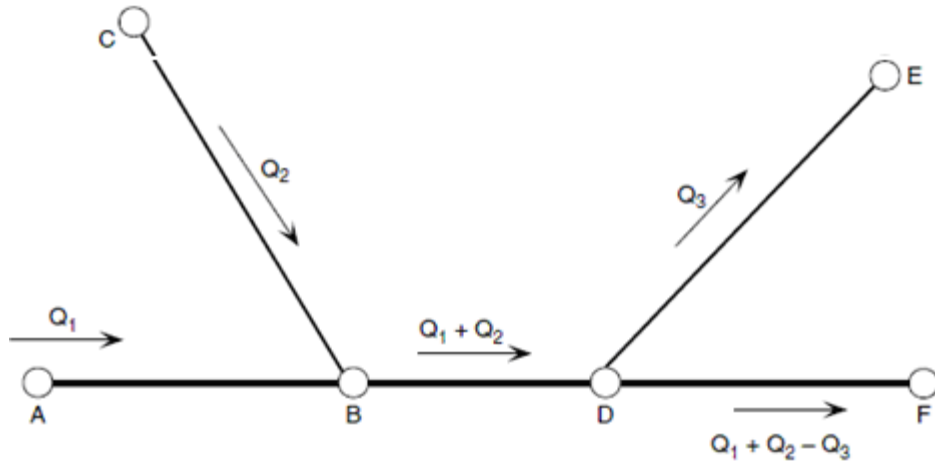
- P_r الضغط المخفض للغاز: وهو نسبة ضغط الغاز المطلق إلى ضغطه الحرج P_c .

$$P_r = \frac{P}{P_c}$$

ويعرف الضغط الحرج للغاز الصافي P_c : بأنه الضغط الأدنى المطلوب لكي يتم ضغط الغاز إلى سائل عند درجة الحرارة الحرجة.

3-3-4 معادلة الاستمرار في شبكة الأنابيب:

يخضع جريان الغازات في شبكات الغازات إلى قانون حفظ المادة والذي ينص على أن المادة لا تفنى ولا تخلق من عدم، وهذا يقتضي بأن كمية التدفق (أو ما يعرف بالتدفق الكتلي) عبر جزء ما من الشبكة يجب أن يساوي كمية التدفق الخارجة منه [14]، وذلك عند عدم وجود أي تسريب، وبما أن الشبكة تتكون من أنابيب متفرعة فإنه وفقاً لمعادلة الاستمرار يكون تدفق الغاز في الخط الرئيسي مساوياً لمجموع التدفقات عبر فروع الشبكة، ويمكن لجزء الشبكة المبين في الشكل (4-1) أن يوضح ذلك:



الشكل (4-1) رسم توضيحي لحساب التدفقات الحجمية لشبكة أنابيب بسيطة [14]

ويعبر عن معادلة الاستمرار بالعلاقة التالية [37]:

$$\dot{m} = \rho u A = \text{const}$$

حيث: u سرعة الغاز ضمن الأنبوب.

A سطح المقطع الداخلي للأنبوب الدائري.

وبذلك يكون التدفق الحجمي للغاز ضمن أنبوب الشبكة Q_g ثابت أيضاً:

$$Q_g = \dot{m} / \rho = \text{const}$$

$$Q_g = \dot{m} / \rho = uA = \frac{1}{4} \pi u d^2$$

وبما أن التدفق الحجمي يرتبط بالضغط وفق العلاقة التالية [1]:

$$Q_g = \frac{Q P_{atm}}{P}$$

حيث: Q_g التدفق الحجمي للغاز ضمن أنبوب الشبكة عند الضغط P .

Q التدفق الحجمي للغاز عند درجة الحرارة والضغط النظاميين، ويعبر عنه بتدفق الغاز

الحر [1].

P_{atm} الضغط الجوي.

وبالتعويض يمكن استنتاج معادلة حساب القطر الداخلي لأنبوب الشبكة الدائري المقطع [3]:

$$d = 18.8 \sqrt{\frac{Q}{Pu}}$$

حيث: d قطر الأنبوب الداخلي ويقدر بـ $[mm]$.

Q التدفق الحجمي للغاز (تدفق الغاز الحر) ويقدر بـ $[m^3/h]$.

u سرعة الغاز ويقدر بـ $[m/s]$.

P الضغط المطلق للغاز (في الأنبوب) ويقدر بـ $[bar]$.

4-3-4 نوع جريان الغازات ضمن الأنابيب:

إن جريان الغازات ضمن أنابيب الشبكة المستقيمة والدائرية المقطع له عدة أنماط وذلك بحسب حركة

جزيئات الغاز أثناء الجريان، ولتحديد نوع الجريان لا بد من حساب عدد رينولدز وهو عدد لا بعدي

يعطى بالعلاقة:

$$Re = \frac{\rho \times u \times d}{\mu}$$

وحسب قيم عدد رينولدز تكون أنماط الجريان:

- جريان صفائحي: إذا كان $(Re \leq 2000)$.

- جريان مضطرب: إذا كان $(Re > 4000)$.
 - جريان انتقالي (حرج): عندما يكون $(2000 < Re \leq 4000)$ [14].
- وبمعرفة نوع الجريان يمكن حساب معامل الاحتكاك f بواسطة علاقات رياضية تختلف حسب نوع الجريان وخشونة الأنبوب النسبية الداخلية [14].
- ففي حال كان الجريان صفائحيًا تستخدم العلاقة التالية:

$$f = \frac{64}{Re}$$

أما إذا كان الجريان مضطرباً فيمكن استخدام عدة علاقات وذلك حسب نوع الأنبوب وخشونتها الداخلية، وبما أنه في شبكات الغازات الطبية تُستخدم أنابيب ذات خشونة نسبية منخفضة جداً نستخدم العلاقة التالية:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k/d}{3.71} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

حيث k الخشونة الداخلية للأنابيب وتقدر بـ $[mm]$ وتساوي $(0,0015)$ بالنسبة للأنابيب النحاسية الملساء [30].

$$\frac{k}{d} \text{ الخشونة النسبية للأنابيب.}$$

4-3-5 فواقد الضغط في شبكة الأنابيب:

في الجريانات المستقرة عند ثبات درجة الحرارة (الإيزوتيرمية) للغازات القابلة للانضغاط ضمن شبكة أنابيب دائرية وثابتة المقطع نجد أن الخسارة في الضغط تنتج عن:

4-3-5-1 فواقد الضغط الطولية:

وتحدث نتيجة لاحتكاك جزيئات الغاز أثناء جريانها مع السطح الداخلي للأنبوب، ويعطى الفقد بالنسبة للأنابيب دائرية المقطع المستقيمة والأفقية بالعلاقة [13]:

$$P_1^2 - P_2^2 = Bf \left(\frac{ZTGQ^2}{d^5} \right) L$$

حيث: P_1 ضغط الأنبوب البدائي ويقدر بـ $[kg/cm^2]$.

P_2 ضغط الأنبوب النهائي ويقدر بـ $[kg/cm^2]$.

$B=5608$ ثابت.

f معامل الاحتكاك.

Z معامل الانضغاطية.

T درجة حرارة الغاز المطلقة وتقدر بـ $[K]$.

G الوزن النوعي للغاز.

Q التدفق الحجمي للغاز ويقدر بـ $[m^3/h]$.

d القطر الداخلي للأنبوب ويقدر بـ $[mm]$.

L طول الأنبوب ويقدر بـ $[km]$.

أما في حال وجود اختلاف في الارتفاع بين نهايتي جزء الأنبوب (H ويقدر بـ $[m]$)، فيحسب الفقد في الضغط بالعلاقة [13]:

$$P_1^2 - e^s P_2^2 = Bf \left(\frac{ZTGQ^2}{d^5} \right) L_e$$

حيث: s معامل تصحيح الارتفاع ويحسب بالعلاقة:

$$s = \frac{GH}{14.637TZ}$$

L_e الطول المكافئ ويحسب بالعلاقة:

$$L_e = \frac{(e^s - 1)L}{s}$$

4-3-5-2 فواقد الضغط الديناميكية:

وتحدث فواقد الضغط الديناميكية نتيجة لتغير اتجاه الغاز ضمن التجهيزات الملحقة بالشبكة أو ما يسمى بالمقاومات المحلية من نقاط تفرع (T)، صمامات، أكواع، نقاصات، توسعات، وفتحات، وتكون هذه الفواقد كبيرة نسبياً مقارنةً مع تلك التي تحدث في الأنابيب الطولية.

وهناك طريقتان لحساب قيمة الفقد في الضغط الناتج عن تجهيزات الشبكة:

- تعتمد الطريقة الأولى على معرفة الطول المكافئ لهذا الجهاز وتعويضه في علاقة حساب فقد الضغط في الأنابيب الطولية المستقيمة.

حيث يختلف الطول المكافئ لكل جهاز حسب قطره، ويمكن حسابه بالاعتماد على الجدول (1-4):

الجدول (1-4) الأطوال المكافئة لتجهيزات الشبكة [14]

L/d	تجهيزات الشبكة
8	صمام البوابة
55	صمام زاوية
3	صمام كروي
18	صمام سدادة مستقيم
30	صمام سدادة 3 طرق خلال التدفق
30	كوع قياسي 90°

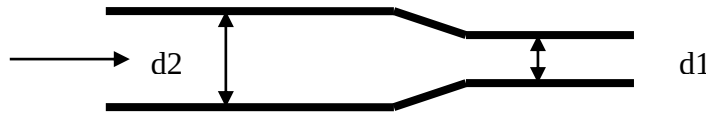
16	كوع قياسي 45°
16	كوع قياسي ذو نصف قطر طويل 90°
20	نقطة تفرع T قياسية خلال التدفق
60	نقطة تفرع T قياسية خلال التفرع
60	انحناء 90°

- أما الطريقة الثانية فنلجأ إليها عند عدم معرفة الطول المكافئ لبعض التجهيزات مثل النفاصات والتوسعات، حيث يحسب انخفاض الضغط الناتج عن ذلك الجهاز وبشكل مباشر من العلاقة [36]:

$$\Delta P = K\rho\left(\frac{u^2}{2}\right)$$

حيث: K معامل المقاومة وهو معامل لا واحدة له ويعطى بالعلاقة الرياضية التالية للنفاصة المتدرجة والموضحة في الشكل (2-4) [20]:

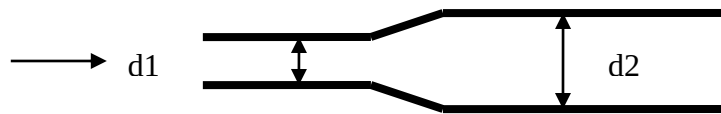
$$K = 0.8\left(\sin \frac{\theta}{2}\right)\left(1 - \left(\frac{d1}{d2}\right)^2\right)$$



الشكل (2-4) نفاصة متدرجة [20]

كما يعطى معامل المقاومة K بالنسبة للتوسع المتدرج والمبين في الشكل (3-4) بالعلاقة الرياضية التالية [20]:

$$K = 2.6\left(\sin \frac{\theta}{2}\right)\left(1 - \left(\frac{d1}{d2}\right)^2\right)^2$$



الشكل (3-4) توسع متدرج [20]

حيث: $\theta = 45^\circ$ ، d1 القطر الداخلي الأصغر، d2 القطر الداخلي الأكبر.

4-4 خلاصة:

وبذلك نكون قد تعرفنا على جريان الغاز ضمن شبكات الأنابيب، وعرضنا البارامترات والثوابت الفيزيائية للغاز والتي تدخل في العلاقات الرياضية اللازمة لحساب محددات الشبكات (تدفق، سرعة جريان، قطر الأنبوب، انخفاض الضغط) والتي قد أثبتت قيمها لكل غاز طبي في الفصل الثاني في الجداول (1-2) و(3-2) و(6-2)، لكي يتم استخدامها في التصميم في الفصل السابع.

الفصل الخامس

الأسس النظرية لتصميم شبكة الغازات الطبية وفقاً للنظام الفرنسي

1-5 مقدمة:

بما أن الهدف الرئيسي لهذا البحث هو تصميم شبكة الغازات الطبية لمستشفى وفق النظامين الفرنسي والإنكليزي ومن ثم إجراء المقارنة بين التصميمين، بهدف تحديد مزايا كل نظام ومدى ملاءمته لنموذج المستشفى المختار، فإنه لا بد من دراسة الأسس النظرية لكل من النظامين قبل البدء بالتصميم، وسنقوم في هذا الفصل بدراسة النظام الفرنسي، بينما تتم دراسة الأسس النظرية للنظام الإنكليزي في الفصل السادس.

2-5 الأسس النظرية للنظام الفرنسي:

1-2-5 مقدمة:

إن تصميم شبكات الغازات الطبية وفق النظام الفرنسي يتم بالاعتماد على المعيارين [10,11] بشكل أساسي (وعلى بعض المعايير المتممة) واللذين يحددان مواصفات أنظمة شبكات الغازات الطبية ذات الجزأين (ذات تخفيض الضغط المضاعف) وطرق اختبار وصيانة هذه الأنظمة.

2-2-5 تعاريف ومفاهيم أساسية:

1-2-2-5 أنظمة شبكات الغازات الطبية: تتألف هذه الأنظمة من محطة مركزية للتغذية

بالغاز، يتم تنظيم العمل فيها بواسطة لوحة تحكم، ومن شبكة أنابيب ومآخذ جدارية ووحدات مراقبة وإنذار، تقوم بتزويد المستشفى بأحد الغازات الطبية التالية:

- غاز الأكسجين.
- غاز أكسيد النيتروس.
- هواء مضغوط (طبي 4 بار، جراحي 8 بار).
- فاكيوم طبي (تخلية).

2-2-2-5 أقسام شبكة الغازات: يعتمد المعيار الفرنسي نظام شبكات الأنابيب ذات الجزأين،

حيث يخرج الغاز مبدئياً من مصدر التزويد تحت ضغط يسمى ضغط التزويد الاسمي والذي يكون أعلى من ضغط التوزيع الاسمي، ثم يخفض ضمن أقسام المستشفى إلى ضغط التوزيع الاسمي بواسطة منظم ضغط الخط [10].

وبذلك تتألف شبكة الأنابيب من شبكتين شبكة رئيسية وشبكة ثانوية:

- الشبكة الرئيسية: تمتد هذه الشبكة من المحطة المركزية إلى مجموعات تخفيض الضغط الثانية والموجودة عند مدخل كل قسم من أقسام المستشفى، أما ضغطها فهو ضغط التزويد الاسمي وهو (9 bar).
- الشبكة الثانوية: وتتوزع هذه الشبكة ضمن أقسام المستشفى بعد مجموعات تخفيض الضغط الثانية، وضغطها هو ضغط التوزيع الاسمي وتختلف قيمة هذا الضغط بحسب نوع الغاز المار [2,11].

3-2-2-5 مصدر تزويد الغاز الطبي: يجب أن يكون لكل مصدر تزويد غاز ثلاثة أشكال

لضمان استمرارية التزود بالغاز:

- مصدر التزويد الرئيسي: وهو جزء المحطة المركزية الرئيسي الذي يغذي شبكة الأنابيب.
- مصدر التزويد الثانوي: وهو جزء المحطة الذي يغذي الشبكة آلياً عند فراغ أو تعطل المصدر السابق.
- مصدر احتياطي: وهو جزء المحطة الذي يغذي كامل أو جزء من الشبكة آلياً أو يدوياً، عند فراغ أو تعطل كلا المصدرين الرئيسي والثانوي.
- كما يوجد مصدر إضافي وهو عبارة عن مجموعة صيانة تتألف من اسطوانة غاز مضغوط مجهزة بمخفض ضغط وصمام عدم رجوع ووصلة مرنة، معدة للاستخدام عند إجراء عمليات الصيانة [10].

4-2-2-5 لوحة التحكم: وهي تشتمل على العناصر الضرورية لتأمين تدفق الغاز عند الضغط

المطلوب إلى شبكة الأنابيب، مثل منظمات الضغط، المبدلات، أجهزة الإنذار والصمامات المختلفة.

5-2-2-5 شبكة الأنابيب: وهي جزء نظام شبكات توزيع الغاز الطبي أو الفاكيوم، التي تربط

المحطة المركزية بالمآخذ الجدارية.

6-2-2-5 المآخذ الجدارية: وهي عبارة عن فتحة مخرج (مدخل للفاكيوم) من شبكة الأنابيب

الغازات الطبية، حيث يتم ربط أو فصل الأجهزة.

7-2-2-5 الصمامات:

- صمام الإغلاق: وهي صمامات تمنع تدفق الغاز في كلا الاتجاهين عند إغلاقها.
 - صمام عدم رجوع: وهو صمام يسمح للتدفق باتجاه واحد فقط.
 - صمام تخفيف الضغط: وهو صمام معد لتخفيف الضغط.
- ### 8-2-2-5 وصلات الضغط المنخفض المرنة: وهي وصلات مرنة مجهزة بموصلات معينة لكل غاز، تسمح بنقل الغاز تحت ضغط أقل من (1400 kPa) [24].

5-2-2-9 موصلات خاصة بالغاز: وهي موصلات ذات مواصفات بعدية خاصة تمنع الوصل الخاطئ بين الغازات ومنها موصلات (NIST).

5-2-2-10 الإنذارات: ونجد نوعين من الإنذارات حسب سبب منشأها:

- إنذار عمل: وهي إنذارات ضوئية أو صوتية وصوتية لتنبيه الفنيين إلى ضرورة إعادة تعبئة مصدر الغاز، أو لتصحيح عطل ما.
- إنذار طوارئ: وهو عبارة إنذار ضوئي وصوتي يقوم بتنبيه العاملين الفنيين والطبيين إلى وجود ضغط خارج الحدود الطبيعية في الشبكة مما يستلزم استجابة فورية [3].

5-2-3 تصميم نظام شبكات الغازات الطبية:

5-2-3-1 المآخذ الجدارية (الوحدات الطرفية):

يجب أن تمتثل المآخذ الجدارية إلى المعيار الفرنسي NF S 90 – 166 و NF EN 9170 - 1 أجل اعتبارات الأمان، أما تركيب هذه المآخذ فيمكن أن يكون بشكل ثابت على الجدار أو في وحدة موجودة أعلى سرير المريض، أو مربوطة إلى وحدات قابلة للحركة متدلية من السقف [11]. أما بالنسبة لعددها وتوزيعها في كل قسم من أقسام المستشفى فهو مبين في الجدول (5-1).

الجدول (5-1) عدد المآخذ الجدارية في أقسام المستشفى [11]

القسم	O2	N2O	MA4	SA8	VAC	SEGA
قسم الطوارئ والإسعاف						
غرفة الإنعاش والتنشيط	1	1	1		2	1
غرفة المعالجة	1		1		2	
قسم العمليات						
غرفة العمليات (عامة، عظمية، ORL)	2	1	2	1	3	1
غرفة العمليات (قلبية وأوعية)	3	1	2	1	3	1
غرفة الإنعاش	1		1		2	
قسم الأمومة						
غرفة الولادة	2		1		3	
جناح العمليات القيصرية	2	1	2		3	1
الوحدة الوليدية	2		1		3	
جناح إقامة داخلي						

	1		1		1	غرفة نوم (الأم والرضيع)
	1		1		1	غرفة أطفال
						أقسام التشخيص
	1		1		1	أشعة فوق صوتية (إيكو)
	1		1		1	كاميرا غاما
	1		1		1	تصوير شعاعي للثدي
	1		1		1	تصوير شعاعي طبقي
1	1		1	1	1	تصوير بالرنين المغناطيسي
1	1		1	1	1	تصوير مقطعي محوري
1	1		1	1	1	تصوير أوعية
1	2		1	1	1	تنظير داخلي (بطن وكولون)
						جناح إقامة المرضى الداخلي
	1		1		1	غرفة نوم مفردة
	1		1		1	غرفة معالجة
						قسم أمراض الكلية
	1		1		1	وحدة غسيل الكلية
						وحدة العناية المركزة
	3		2		2	وحدة عناية عامة
	3		2		2	وحدة العناية القلبية (CCU)
	3		2		2	وحدة الحروق
						قسم المرضى الخارجيين
	1		1		1	غرفة المعالجة/عيادة
						قسم خدمات التعقيم
		1				غرفة الغسيل والتطهير وتجفيف الأجهزة

2-3-2-5 التدفق ومعاملات الاستخدام:

يعرف معامل الاستخدام بأنه النسبة الأعلى من عدد المآخذ المستخدمة في نفس الوقت في قسم ما [10,11]، ووفقاً لهذا التعريف نجد في الجداول (2-5)، (3-5)، (4-5) التدفقات المطلوبة ومعاملات الاستخدام لكافة الغازات ولكل مأخذ في أقسام المستشفى المختلفة.

الجدول (2-5) قيم التدفق ومعاملات الاستخدام للغازين O2 و N2O في أقسام المستشفى [11]

N2O			O2			القسم
التدفق الاسمي L/min	معامل الاستخدام %	تدفق المأخذ L/min	التدفق الاسمي L/min	معامل الاستخدام %	تدفق المأخذ L/min	
						قسم الطوارئ والإسعاف
10	100	10	10	50	20	غرفة الإنعاش والتنشيط
			2	20	10	غرفة المعالجة
						قسم العمليات
10	100	10	20	50	20	غرفة العمليات (متعددة الأغراض)
10	100	10	60	100	20	غرفة العمليات (قلبية وأوعية)
			7,5	50	15	غرفة الإنعاش
						قسم الأمومة
			10	50	10	غرفة الولادة
10	100	10	20	50	20	جناح العمليات القيصرية
			16	40	20	الوحدة الوليدية
						جناح إقامة داخلي
			2	20	10	غرفة نوم (الأم والرضيع)
			2	20	10	غرفة أطفال
						أقسام التشخيص
			2	20	10	أشعة فوق صوتية (إيكو)
			2	20	10	كاميرا غاما
			2	20	10	تصوير الشعاعي للثدي
			2	20	10	تصوير شعاعي طبقي
1	10	10	2	20	10	تصوير بالرنين المغناطيسي

1	10	10	2	20	10	تصوير مقطعي محوري
1	10	10	2	20	10	تصوير أوعية
1	10	10	7,5	50	15	تنظير داخلي
						جناح إقامة المرضى الداخلي
			1	10	10	غرفة نوم مفردة
			2	20	10	غرفة معالجة
						قسم أمراض الكلى
			2	20	10	وحدة غسيل الكلى
						وحدة العناية المركزة
			72	60	60	وحدة عناية عامة
			72	60	60	وحدة العناية القلبية (CCU)
			72	60	60	وحدة الحروق
						قسم المرضى الخارجيين
			2	20	10	غرفة المعالجة/عيادة

الجدول (3-5) قيم التدفق ومعاملات الاستخدام للغازين MA4 و SA4 في أقسام المستشفى [11]

SA8			MA4			القسم
التدفق الاسمي L/min	معامل الاستخدام %	تدفق المأخذ L/min	التدفق الاسمي L/min	معامل الاستخدام %	تدفق المأخذ L/min	
						قسم الطوارئ والإسعاف
			15	50	15	غرفة الإنعاش والتنشيط
			3	20	15	غرفة المعالجة
						قسم العمليات
50	20	250	15	50	15	غرفة العمليات (متعددة الأغراض)
50	20	250	15	50	15	غرفة العمليات (قلبية وأوعية)
			3	20	15	غرفة الإنعاش
						قسم الأمومة

			2	20	10	غرفة الولادة
			15	50	15	جناح العمليات القيصرية
			4,5	30	15	الوحدة الوليدية
						جناح إقامة داخلي
			3	10	30	غرفة نوم (الأم والرضيع)
			3	10	30	غرفة أطفال
						أقسام التشخيص
			3	10	30	أشعة فوق صوتية (إيكو)
			3	10	30	كاميرا غاما
			3	10	30	تصوير الشعاعي للثدي
			3	10	30	تصوير شعاعي طبقي
			3	10	30	تصوير بالرنين المغناطيسي
			3	10	30	تصوير مقطعي محوري
			3	10	30	تصوير أوعية
			3	20	15	تنظير داخلي
						جناح إقامة المرضى الداخلي
			3	10	30	غرفة نوم مفردة
			3	10	30	غرفة معالجة
						قسم أمراض الكلية
			3	10	30	وحدة غسيل الكلية
						وحدة العناية المركزة
			36	60	30	وحدة عناية عامة
			36	60	30	وحدة العناية القلبية (CCU)
			36	60	30	وحدة الحروق
						قسم المرضى الخارجيين
			3	10	30	غرفة المعالجة/عيادة
						قسم خدمات التعقيم
20	50	40				غرفة الغسيل وتجفيف الأجهزة

الجدول (4-5) قيم التدفق ومعاملات الاستخدام للغازين VAC و SEGA في أقسام المستشفى [11]

SEGA			VAC			القسم
التدفق الاسمي L/min	معامل %الاستخدام	تدفق المأخذ L/min	التدفق الاسمي L/min	معامل %الاستخدام	تدفق المأخذ L/min	
						قسم الطوارئ والإسعاف
45	50	90	8	10	40	غرفة الإنعاش والتنشيط
			16	20	40	غرفة المعالجة
						قسم العمليات
90	100	90	90	50	60	غرفة العمليات (متعددة الأغراض)
90	100	90	90	50	60	غرفة العمليات (قلبية وأوعية)
			16	20	40	غرفة الإنعاش
						قسم الأمومة
			18	15	40	غرفة الولادة
90	100	90	90	50	60	جناح العمليات القيصرية
			24	20	40	الوحدة الوليدية
						جناح إقامة داخلي
			6	15	40	غرفة نوم (الأم والرضيع)
			6	15	40	غرفة أطفال
						أقسام التشخيص
			6	15	40	أشعة فوق صوتية (إيكو)
			6	15	40	كاميرا غاما
			6	15	40	تصوير الشعاعي للثدي
			6	15	40	تصوير شعاعي طبقي
9	10	90	6	15	40	تصوير بالرنين المغناطيسي
9	10	90	6	15	40	تصوير مقطعي محوري
9	10	90	6	15	40	تصوير أوعية
9	10	90	12	15	40	تنظير داخلي
						جناح إقامة المرضى الداخلي

غرفة نوم مفردة	40	5	2		
غرفة معالجة	40	15	6		
قسم أمراض الكلية					
وحدة غسيل الكلية	40	15	6		
وحدة العناية المركزة					
وحدة عناية عامة	60	50	90		
وحدة العناية القلبية (CCU)	60	50	90		
وحدة الحروق	60	50	90		
قسم المرضى الخارجيين					
غرفة المعالجة/عيادة	40	15	6		

5-2-3-3 ضغوط الشبكة:

بما أن المعيار الفرنسي يعتمد مبدأ الشبكات ذات الجزأين، لذلك فإننا سنجد مستويين من الضغوط، ويفضل النظام الفرنسي هذا التصميم لأنه يفصل انخفاض الضغط في الشبكة الثانوية عن انخفاض الضغط الناتج عن الشبكة الرئيسية، كما أنه يسمح بعزل كل قسم بمفرده لأغراض الصيانة أو عند الطوارئ [11]، أما مستويي الضغط فهما:

5-2-3-3-أ ضغوط الشبكة الرئيسية:

أو ما يسمى ضغط التزويد الاسمي وهو عبارة عن ضغط الغاز الخارج من محطة الغاز المركزية ويساوي (9 bar) بالنسبة لكافة شبكات الغازات الطبية المضغوطة [11].

5-2-3-3-ب ضغوط الشبكة الثانوية:

- وضع المعيار [10] مجالات ضغوط التوزيع الاسمية المطلوبة (ضغوط الشبكة الثانوية) لشبكات الغازات كافة كما هو مبين في الجدول (5-5).

الجدول (5-5) مجالات ضغوط التوزيع الاسمية [10]

الشبكة	ضغط التوزيع الاسمي bar
الأكسجين	4 (+1)
الهواء الطبي	4 (+1)
أكسيد النيتروس	4 (+1)
الهواء الجراحي	8 (-1+2)

الفاكيوم	$\geq - 0,4$
----------	--------------

- لذلك فقد حدد المعيار [11] ضغوط الشبكة الثانوية كما هو مبين في الجدول (5-6)، حيث أوصى هذا المعيار بأن يكون الضغط في شبكة الأكسجين أعلى من الضغط في شبكة الهواء الطبي، والذي بدوره يجب أن يكون أعلى من الضغط في شبكة أكسيد النيتروس، بحيث يكون الفارق في الضغط بين كل شبكتين (0.3 bar)، وذلك لمنع خطر التلوث الراجع مع انخفاض نسبة الأكسجين عند تعطل صمام عدم الرجوع [11].

الجدول (5-6) ضغوط التوزيع الاسمية [11]

الشبكة	ضغط الشبكة الثانوية bar
الأكسجين	4,8
الهواء الطبي	4,5
أكسيد النيتروس	4,2
الهواء الجراحي	8
الفاكيوم	$\geq - 0,4$

- كما أوصى المعيار [11] بأن يكون ضغط الهواء الطبي أعلى من ضغط الأكسجين بحيث يكون ضغط الهواء الطبي (4,8 bar) و ضغط الأكسجين (4,5 bar) وذلك في الوحدات الوليدية (الحواضن) فقط، وذلك لمنع خطر استنشاق غاز الأكسجين بنسبة (100%) عند حديثي الولادة عند تعطل صمام عدم الرجوع، لأن في ذلك خطر سمي عليهم [11].

5-2-3-3 ج ضغوط المآخذ الجدارية:

- الغازات الطبية المضغوطة (عدا الهواء الجراحي): يجب ألا يكون الضغط عند المآخذ أعلى من (110 %) من ضغط التوزيع الاسمي عند عدم وجود أي تدفق للغاز، كما يجب ألا يكون الضغط عند المآخذ أدنى من (90 %) من ضغط التوزيع الاسمي عند تدفق (40 L/min) للغاز، مع أخذ انخفاض الضغط عبر المآخذ بالحساب.
- الهواء الجراحي: يجب ألا يكون الضغط عند المآخذ أعلى من (115 %) من ضغط التوزيع الاسمي عند عدم وجود أي تدفق للغاز، كما يجب ألا يكون الضغط عند المآخذ أدنى من (85 %) من ضغط التوزيع الاسمي عند تدفق (350 L/min) للغاز، مع أخذ انخفاض الضغط عبر المآخذ بالحساب.
- الفاكيوم: يجب ألا يكون الضغط عند المآخذ أعلى من (-0.4 bar) عندما يعمل النظام عند التدفق التصميمي، وتدفق (25 L/min) لذلك المآخذ [10].

5-2-4 المحطات المركزية:

وتعمل هذه المحطات على تغذية أنظمة شبكات الغاز الطبي بغاز ذي مواصفات طبية محددة وفق ما حدده دستور الأدوية الأوروبية كما ورد في الفصل الثاني، وتتألف كل محطة من ثلاثة مصادر للغاز، كما تكون بعدة أشكال وذلك وفق التدفق التصميمي المطلوب من هذه المحطات.

5-2-4-1 مواصفات عامة:

5-2-4-1-أ شروط موقع المحطات المركزية:

- من الضروري عند اختيار موقع تركيب محطات الغازات المركزية مراعاة عدة شروط وأهمها:
- يجب أن يخصص للمحطة المركزية مكان مغلق وخاص خارج المستشفى وذو مساحة تكفي لاحتواء كل الاسطوانات اللازمة لتأمين تغذية المستشفى، كما يفضل عدم استخدامه لأغراض أخرى كتخزين اسطوانات الغاز مثلاً بل يخصص لها مخزن مستقل، توضع فيه الاسطوانات الممتلئة والفارغة يقيها من الأضرار الطبيعية والتآكل.
- يجب عدم السماح باستعمال أي سوائل أو غازات قابلة للاحتراق في المحطة أو المخزن، كما ويجب حماية الاسطوانات النقالة ضد الصدمات أو السقوط باستخدام الوسائل الملائمة.
- يجب ألا تتجاوز درجة الحرارة (40°C) في المحطة المركزية لأي غاز، وألا تقل عن (10°C) لغاز أكسيد النيتروس ويمكن استخدام نظام تدفئة لتسخين الجدران الخارجية المحيطة بالمحطة والمخزن لتحقيق ذلك شريطة ألا يكون هناك أي اتصال بين نظام التدفئة والمحطة المركزية أو الاسطوانات، وكذلك يجب ألا تتجاوز درجة الحرارة الدرجة (35°C) في المحطات التي تشتمل على ضواغط ومضخات تخلية مهما طال زمن التشغيل.
- يجب أن تركيب كافة الوصلات الكهربائية بشكل داخلي لتخفيض الأخطار إلى أدنى مستوى.
- يجب أن تكون جدران المخزن وأرضيته وكافة أعماد التهوية من مواد غير قابلة للاحتراق.
- يجب العمل على تهوية المكان أو الجدران المحيطة لمنع تراكم الغاز.
- يجب تصميم أبواب المحطة بحيث تسمح بإعادة التزود بالغاز بشكل سهل، وكذلك يجب أن تكون قابلة للفتح نحو الخارج، ومن دون مفتاح من الداخل، وتسمح بإغلاقها بمفتاح من الخارج، كما يتوجب وجود مخرج نجاة في مكان مناسب، أما في حال تركيب المحطة المركزية في الهواء الطلق فيجب عندئذٍ إحاطتها بسياج، وحماية كل مكوناتها من العوامل الخارجية.
- يجب ألا تكون المحطة بالقرب من محولات كهربائية أو قواطع كهربائية مكشوفة، كما أنها يجب أن تكون على مسافة أكبر من 5 متر عن خزانات النفط.
- يجب الإحاطة بسياج لا يقل ارتفاعه عن 1,75 متر.

- يجب أن يكون ارتفاع الجدران المحيطة لخزانات غاز الأكسجين المسال 5 متر، و 3 متر للمحطات المركزية الأخرى.
- يجب أن تكون المحطات في الطابق الأرضي أو في مستوى عربة إعادة التزود بالغاز، وليس على السطح أو في الأقبية لتسمح بإعادة التزود بشكل سهل.
- من الواجب وضع لوحات تحتوي على عبارات للتنبيه إلى الخطر الكامن في المنطقة على كل أبواب المحطة.
- يجب تركيب مضخات التخلية وضواغط الهواء في مكان مستقل وبعيداً عن مصادر الغاز الأخرى، والعمل على أن تبقى مهواة ونظيفة ومضاعة بشكل جيد، كما يجب أن يكون الوصول إليها بشكل سهل عند الحاجة للصيانة أو غير ذلك، ويجب تجهيز الموقع بأدوات التصريف اللازمة [3,10].

5-2-4-1 ب مكونات المحطة المركزية:

يجب أن تشمل أي محطة مركزية للغاز المضغوط على ثلاثة مصادر تغذية على الأقل، بينما يكفي مصدرين فقط للهواء الجراحي، كما يجب أن تتألف محطة الفاكيوم من ثلاثة مضخات فاكيوم على الأقل [10]. ونجدها بعدة أشكال:

- المحطة المركزية للغاز المضغوط وتتألف من مجمع اسطوانات غاز مضغوط ولوحة تحكم ومخفض ضغط المجمع.
- المحطة المركزية للغاز السائل وتتألف من مجمع اسطوانات غاز مخزن بشكل سائل تحت الضغط وعند درجات حرارة أعلى من (-50°C) ، أو من خزان غاز مخزن بشكل سائل عند درجات حرارة أدنى من (-150°C) [10].
- نظام مكثف أكسجين.
- المحطة المركزية للهواء المضغوط وتتألف من ضاغط هواء أو أكثر لتزويد الشبكة بالهواء الطبي المضغوط، كما يمكن أن تكون عبارة عن مازج يقوم بإنتاج الهواء الطبي الصناعي بمزج غازي الأكسجين والنيتروجين بنسب محددة.
- المحطة المركزية للفاكيوم الطبي وتكون مجهزة بمضخات مصممة لتقديم تدفق عند ضغط سالب.

5-2-4-1 ج السعة والتخزين:

إن تحديد سعة مصادر التزويد الثلاثة لكل محطة مركزية يتم بالاعتماد على الاستعمال المتوقع للمحطة وتردد التزويد من مورد الغاز، ويتم ذلك بالتشاور بين إدارة المستشفى والمورد، بما يضمن عدم حدوث أي خطر محتمل، كما يجب تخزين عدداً من اسطوانات الغاز بشكل آمن ونظيف [10].

5-2-4-1-د استمرارية التزويد:

يجب تصميم أنظمة شبكات الغاز الطبي المضغوط وشبكة الفاكيوم بحيث تؤمن استمرارية تدفق النظام التصميمي عند ضغط التوزيع الاسمي، وذلك بأن:

- تشتمل كل محطة مركزية على ثلاثة مصادر غاز: مصدر رئيسي، مصدر ثانوي، مصدر احتياط.
- اختيار مكان وتصميم شبكة الأنابيب بحيث يخفض الأذى الميكانيكي للشبكة (كحدوث اصطدام أنابيب الشبكة بتجهيزات أو معدات ما تؤدي إلى انزياحها أو حدوث تشققات فيها) إلى أدنى مستوى [10].

5-2-4-1-هـ مواد مكونات المحطة المركزية:

- يجب أن تكون كافة مكونات المحطة المركزية مصنوعة من مواد متوافقة مع غاز الأكسجين، وذلك بسبب قابلية الاحتراق وسهولة الاشتعال.
- مكونات النظام والتي قد تتعرض لضغط الاسطوانات يجب أن لا تعمل إلا بعد أن تعرض لضغط أكبر من ضغط الاسطوانات بمرة ونصف لمدة خمس دقائق.
- مكونات النظام والتي قد تتعرض لضغط الاسطوانات يجب أن لا تشتعل أو تتعرض لخطر الاحتراق الداخلي عندما تتعرض لصدمات ضغط الأكسجين.
- مكونات النظام والتي تكون في تماس مباشر مع الغاز يجب أن تحقق متطلبات النظافة بشكل كامل.

5-2-4-1-و صمامات تخفيف الضغط (صمامات الأمان):

- تُنفس صمامات تخفيف الضغط في كافة الشبكات ماعدا شبكة الهواء إلى خارج المبنى، وبعيداً عن نوافذ وأبواب وأنابيب سحب الهواء في المستشفى.
- يجب أن يغلق الصمام آلياً عندما يُحرر الضغط الزائد.
- يجب عدم عزل هذا الصمام بواسطة صمام إغلاق مثلاً عن شبكة الأنابيب أو عن منظم الضغط المربوط معه.
- يجب حماية الصمام من أي عبث خارجي.
- يجب تزويد أي جزء من شبكة الأنابيب ضمن نظام التزويد الغاز السائل بصمام تخفيف ضغط، وذلك لتخفيف الضغط الناتج عن تبخر السائل [10].

5-2-4-1-ي مجموعة تزويد الصيانة:

يجب تزويد كافة شبكات الغازات ماعدا شبكتي الفاكيوم والهواء الجراحي بمجموعة صيانة واحدة أو أكثر، توضع خارج المحطات المركزية، بعد صمامات العزل (الإغلاق) الرئيسية، حيث تتكون هذه الوحدة من فتحة دخول خاصة بالغاز، وأداة تخفيض ضغط وصمامي عزل وعدم رجوع، أما سعة هذه الوحدة فيجب أن يأخذ بالحسبان التدفق المطلوب أثناء عملية الصيانة [10].

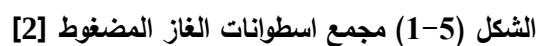
5-2-4-2 المحطة المركزية ذات مجمع الاسطوانات:

تتألف هذه المحطة من ثلاثة مصادر تغذية للغاز مصدر رئيسي و مصدر ثانوي ومصدر احتياطي، يتألف كل منها من عدد من الاسطوانات المربوطة إلى مجمع ومخفض ضغط خاص يعمل على تخفيض ضغط الغاز من ضغط الاسطوانات إلى ضغط التزويد الاسمي، يُركب المصدرين الرئيسيين والثانوي بشكل ثابت ويعملان على تغذية الشبكة بشكل متعاقب، وذلك عن طريق مبدل يعمل آلياً عند استهلاك أحد المصدرين، أما مصدر الاحتياط فيتم إدخاله في الخدمة يدوياً أو آلياً عند توقف المصدرين السابقين عن العمل لأي سبب كان [10].

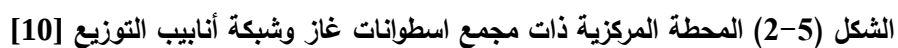
أما الحجم الأدنى (السعة) لكل من هذه المصادر فيحدد كما يلي:

- المصدر الرئيسي: يجب أن يحتوي على كمية غاز تقابل الاستعمال المتوقع خلال المدة الزمنية اللازمة لإعادة التعبئة والمحددة في العقد.
- المصدر الثانوي: يجب أن يحتوي على كمية غاز تقابل الاستعمال المتوقع خلال الفترة الزمنية الواقعة بين طلب إعادة التعبئة وإعادة التعبئة.
- مصدر الاحتياط: يجب أن يحتوي على كمية غاز تقابل الاستعمال المتوقع لوحدات العناية المركزة خلال الفترة الزمنية الواقعة بين طلب إعادة التعبئة وإعادة التعبئة [22].

يتم ربط كل اسطوانة إلى المجمع الخاص بواسطة صمام عدم رجوع ووصلة مرنة، يمنع الصمام الغاز من التسرب عند وجود خلل ما في الوصلة المرنة، كما يركب فلتر ذو مسامات أقل من (100 μm) بين الاسطوانات ومخفض الضغط الأول، ونجد في الشكل (5-1) مخططاً لمجمع اسطوانات غاز مضغوط.



شبكة أذاب يب مزدوجة
مع مذ فض ضغط



58

الجدول (5-7) ألوان اسطوانات الغاز [25]

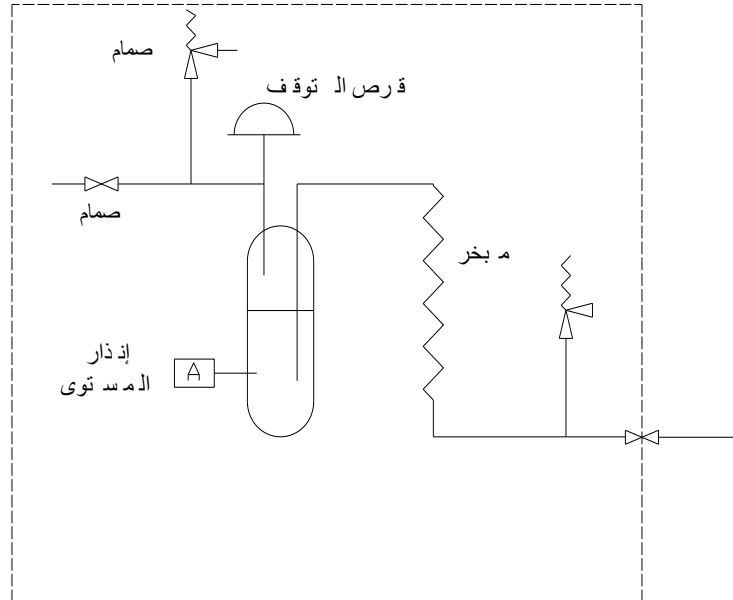
نوع الغاز	لون الاسطوانة
الأكسجين	أبيض
أكسيد النيتروس	أزرق
الهواء الطبي	أسود وأبيض

3-4-2-5 المحطة المركزية لخزان الغاز السائل عالي التبريد أو غير عالي التبريد:

وتتألف من خزان غاز مخزن بشكل سائل تحت الضغط وعند درجات حرارة أدنى من (-150°C) ، أو من خزان (أو اسطوانات) غاز مخزن بشكل سائل عند درجات حرارة أعلى من (-50°C) [10]، ويمكن أن تكون هذه المحطة بأحد الأشكال الثلاثة:

- خزان عالي التبريد أو غير عالي التبريد مع التجهيزات اللازمة كمصدر رئيسي، ومجمعي اسطوانات غاز مضغوط كمصدر ثانوي واحتياط.
- خزانان عالي التبريد أو غير عالي التبريد مع التجهيزات اللازمة، ومجمع اسطوانات غاز مضغوط واحد كمصدر احتياط.
- ثلاثة خزانات عالية التبريد أو غير عالية التبريد مع التجهيزات اللازمة [10].

ونرى في الشكل (3-5) مخططاً لخزان عالي التبريد مع التجهيزات اللازمة:



الشكل (3-5) محطة مركزية لخزان غاز سائل عالي التبريد [3]

وهذه المحطة يجب أن تكون في الهواء الطلق وليس على سطح البناء أو تحت سطح الأرض، أما عند الحاجة لتركيبها داخل البناء فيجب أن يكون ذلك في غرفة مجهزة بتهوية جيدة نحو الخارج. أما

موقع المحطة فيجب أن يكون على بعد 3 متر على الأقل عن طريق عبور الناس من أجل غاز النيتروجين و 5 متر من أجل غاز الأكسجين، ولكن هذه المسافة غير مطلوبة في حال وجود سور حماية لا يقل ارتفاعه عن 2,5 متر، كما أنه من الضروري تأمين مدخل مناسب من أجل عربة إعادة تعبئة الخزان [3].

5-2-4-4 المحطة المركزية للهواء المضغوط:

يمكن أن تكون المحطة المركزية للهواء المضغوط الطبي أو الهواء الجراحي في أحد الأشكال الثلاثة التالية:

- محطة مركزية ذات اسطوانات هواء مضغوط.
 - محطة مركزية ذات ضاغط هواء.
 - محطة مركزية ذات وحدات مزج [10].
- يجب التأكيد على عدم استخدام الهواء الطبي أو الجراحي لأغراض غير طبية كأعمال الصيانة وغيرها، وذلك منعاً لتلوث الشبكة وزيادة الأعطال.
- كما يجب تزويد الضواغط ووحدات المزج بوحدة تغذية كهربائية احتياطية.

5-2-4-4-أ محطة الهواء الطبي ذات الضاغط:

- تتكون هذه المحطة من ثلاثة مصادر تزويد بالغاز بحيث يكون كل منها قادر على تأمين تدفق الهواء اللازم للمستشفى بمفرده، ويمكن أن تكون بأحد الأشكال الثلاثة التالية:
- وحدة ضاغط هواء واحدة، ومجمعي اسطوانات هواء مضغوط.
 - وحدتا ضاغط هواء، ومجمع اسطوانات هواء مضغوط.
 - ثلاث وحدات ضاغط هواء.

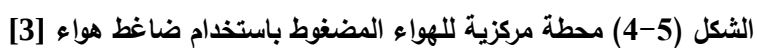
وتتألف كل وحدة ضاغط هواء من المكونات التالية كما هو مبين في الشكل (4-5):

- مرشح دخول على مدخل الهواء الخارجي بحيث يوضع المدخل في مكان مناسب بعيداً عن كافة مصادر التلوث كعوادم المحركات أو أنظمة إخلاء غازات التخدير أو أنظمة التهوية وغيرها.
- ضاغط هواء.
- خزان للهواء المضغوط مزود بصمام عزل ومقياس ضغط ووحدة تصريف آلية.
- وحدة معالجة (تكييف) مؤلفة من مجفف ومجموعة مرشحات ومقياس رطوبة لإنتاج الهواء بمواصفات نوعية محددة كما هو مبين في الجدول (5-8):

الجدول (5-8) مواصفات الهواء الطبي [10]

المادة	القيمة
تركيز الأكسجين	$20,4\% \leq O_2 \leq 21,4\%$
تركيز الزيت	$\leq 0,1 \text{ mg/m}^3$
نقطة الندى	$- 40^\circ \text{C}$
بخار الماء	$\leq 67 \text{ ml/m}^3$
تركيز CO2	$\leq 500 \text{ ml/m}^3$
تركيز CO	$\leq 5 \text{ ml/m}^3$
تركيز SO2	$\leq 1 \text{ ml/m}^3$
تركيز NO + NO2	$\leq 2 \text{ ml/m}^3$

- يجب تركيب مصرف تنظيف على المجفف والمبرد وأجهزة الفصل والخزانات لتفريغ نواتج التكثيف المحتملة.
 - يجب تركيب وصلة مرنة بين الضاغط وأنابيب الشبكة لتفادي نقل الاهتزازات.
 - قد يكون من الضروري تركيب مبردة إضافية لتبريد الهواء الداخل إلى الخزان.
 - من الواجب تركيب حساس لنقطة الندى مع جهاز إنذار، على شبكة الأنابيب بعد وحدة المعالجة.
 - يجب تركيب مأخذ عينات بعد وحدة المعالجة للحصول على عينات من الهواء للتحليل.
- أما إذا خصصت محطة خاصة لتزويد الهواء الجراحي بشكل مستقل عن الهواء الطبي فهي تتألف عندئذٍ من مصدرين تغذية فقط:
- وحدة ضاغط هواء واحدة، ومجمع اسطوانات هواء مضغوط.
 - وحدتا ضاغط هواء.



5-2-4-4-ب المحطة المركزية ذات وحدات المزج:

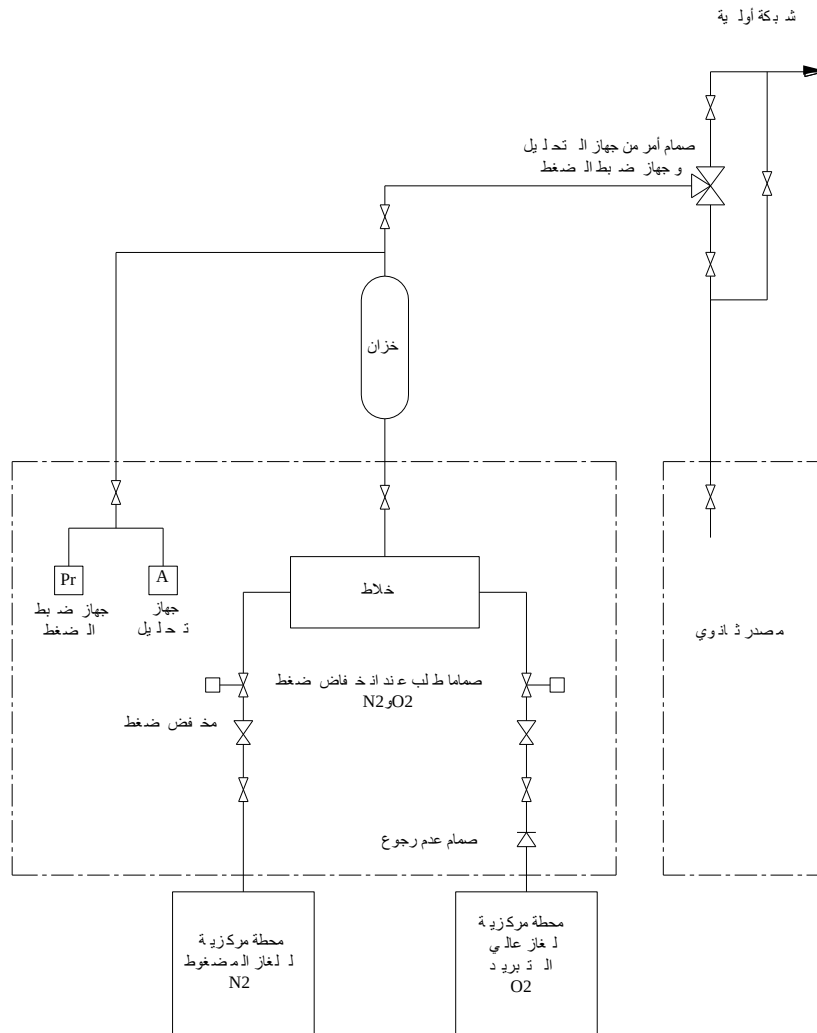
تقوم هذه المحطة بإنتاج هواء طبي صناعي ذي مواصفات محددة وفق الجدول (5-9):

الجدول (5-9) مواصفات الهواء الطبي الصناعي [10]

المادة	القيمة
تركيز الأكسجين	$19.95\% \leq O_2 \leq 23.63\%$
بخار الماء	$\leq 67 \text{ ml/m}^3$

تتكون هذه المحطة من ثلاثة مصادر تزويد بحيث يكون كل منها قادر على تأمين تدفق الهواء اللازم للمستشفى بمفرده، يمكن أن تكون بأحد الأشكال الثلاثة التالية:

- مصدري أكسجين ونيتروجين مع وحدة مزج واحدة كما هو مبين في الشكل (5-5)، ومجمعي اسطوانات هواء مضغوط.
- مصدري أكسجين ونيتروجين مع وحدتي مزج، ومجمع اسطوانات هواء مضغوط.



الشكل (5-5) محطة مركزية ذات وحدة مزج [3]

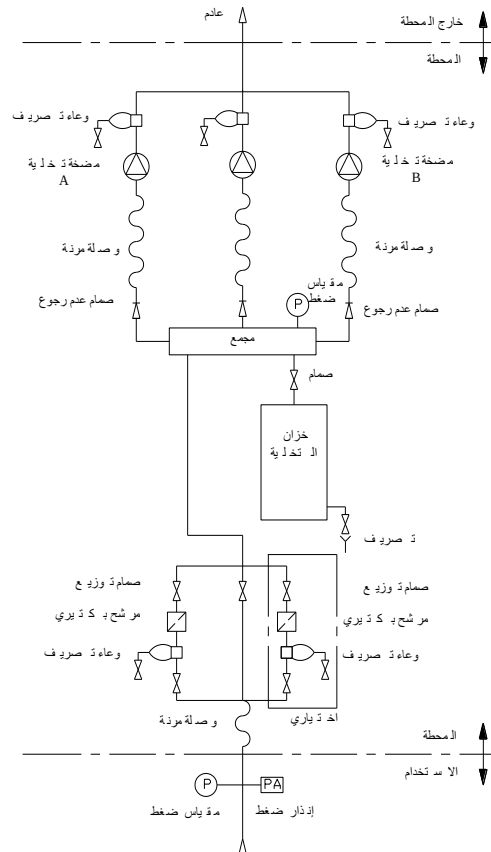
أما بالنسبة لوحدة المزج فهي تتألف من:

- خلط مع وحدة تحليل.
- صمام إغلاق أوتوماتيكي، منظم ضغط وصمام عدم رجوع لكل من مصدري الغاز.
- خزان للهواء الطبي، مجهز بصمام تخفيف ضغط ومقياس ضغط، وتربط إليه وحدة تحليل، ويوصل بعده مباشرة صمام إغلاق أوتوماتيكي.

إن وحدة المزج تعمل بشكل أوتوماتيكي، حيث تقوم وحدات التحليل بتحديد تركيز الأكسجين وتسجيله بشكل مستمر، وتطلق إنذاراً إذا أصبح تركيز الأكسجين أو ضغط المزيج خارج الحدود المسموح بها، وعندئذ تعزل وحدة المزج أوتوماتيكياً، ويعمل المصدر الثانوي بشكل أوتوماتيكي. كما يجب أن تحتوي وحدة المزج على أداة للتأكد من معايرة وحدات التحليل تركيب معروف باستخدام مزيج ذو مسبقاً.

5-4-2-5 المحطة المركزية للفاكيوم الطبي:

يمنع استعمال هذه المحطة من أجل إخلاء غازات التخدير، وتتكون هذه المحطة كما هو مبين في الشكل (5-6) من الأجزاء التالية:



الشكل (5-6) المحطة المركزية للفاكيوم الطبي [3]

- ثلاثة مصادر تزويد، حيث يتألف مصدر التزويد عادةً من مضخة فاكيوم، فإذا كانت هذه المصادر عبارة عن ثلاثة مضخات مستقلة فإنه يجب أن يكون أيّاً منها قادراً على تأمين

التدفق المطلوب للتأكد من استمرارية التزويد، كما يجب أن تكون المضخات موصلة في المحطة بحيث أن توقف إحداها عن العمل بسبب عطل أو خلل لا يؤثر على عمل بقية المضخات [11].

- خزان فاكيوم مجهز بصمام عزل للصيانة وصمام تفريغ ومقياس فاكيوم، ويتم تحديد حجم هذا الخزان وفق حاجة النظام وتدفق المضخة وعدد ساعات المضخة [3].
- مرشحان للجراثيم لمنع دخول الجراثيم.
- يتم تركيب وصلة مرنة لتفادي نقل الاهتزازات من المضخة إلى شبكة الأنابيب وذلك عند الضرورة.
- إن تصريف مضخة الفاكيوم يجب أن يكون بواسطة أنبوب نحو الخارج ومزود بمصرف في أخفض نقطة منه ومجهز بواسطة ما للوقاية من الحشرات والماء وغيره، كما يجب أن يتم التصريف في منطقة بعيدة لضمان عدم انتشار التلوث [10].

5-2-5 أنظمة الإنذار والمراقبة:

1-5-2-5 متطلبات أساسية لأنظمة الإنذار والمراقبة:

- يجب تصميم لوحات المراقبة والإنذار والتحكم واختيار أماكن تركيبها بحيث تسمح بالملاحظة المستمرة.
- يجب تزويد لوحات الإنذار بمؤشرات ضوئية لكل عمل يجب مراقبته.
- يجب أن تظهر مقاييس الضغط في لوحات الإنذار ضغط التوزيع، كما يجب بيان المنطقة المراقبة.
- يتم تركيب لوحات إنذارات الطوارئ في أماكن الرعاية الطبية الحرجة، كما تُركب هذه اللوحات بالقرب من صمام عزل المنطقة.
- تُركب الحساسات من أجل إنذارات التشغيل الطبية بعد كل صمام عزل المنطقة، كما يجب الانتباه إلى عدم عزل هذه الحساسات عن شبكة الأنابيب عن طريق صمام أو غيره، كما يجب أن تقوم لوحة الإنذارات بالتنبيه في حال انقطاع الاتصال بين الحساس والمؤشر.
- يجب أن تتوفر وسيلة من أجل اختبار عمل وفعالية كافة المؤشرات الصوتية والضوئية.
- يجب ألا تزيد السماحية لأجهزة الحساسية للضغط عن $(\pm 4 \%)$.
- يجب تغذية كافة أنظمة الإنذار والمراقبة من مصادر الطاقة الكهربائية الطبيعية والاحتياطية، لضمان استمرار عملها [10].

2-5-2-5 أنواع أنظمة الإنذار والمراقبة:

تصمم أنظمة الإنذار والمراقبة لإنجاز مجموعة من المهام وفق ما يلي:

5-2-5-2-أ إشارات التشغيل:

تقوم هذه الإشارات بإعلام الطاقم الفني في المستشفى بعدم إمكانية استخدام واحداً من مصادر التغذية (أو أكثر) لسبب ما، وضرورة اتخاذ الإجراء المناسب، وذلك في كل من الحالات التالية:

- التبديل من مصدر الاسطوانات الرئيسي إلى الثانوي.
- ضغط أو محتوى الاسطوانات في مصدر التزويد الرئيسي أو الثانوي أو الاحتياط تحت الحد الأدنى.
- الضغط في الخزان عالي التبريد أدنى من الحد المسموح المحدد.
- مستوى السائل في الخزان عالي التبريد أدنى من الحد المسموح المحدد.
- خلل في نظام ضاغط الهواء.
- مستوى بخار الماء أعلى من الحد المسموح في الهواء المضغوط بواسطة ضاغط هواء.
- خلل في نظام المازج.
- خلل في نظام عالي التبريد.
- خلل في نظام الفاكيوم [10].

5-2-5-2-ب إشارات تشغيل الطوارئ:

وهي للإشارة إلى ضغط غير طبيعي ضمن شبكة الأنابيب، مما يستدعي عمل فوري من الطاقم الفني، كما في الحالات:

- انحراف ضغط شبكة الأنابيب بعد صمام العزل الرئيسي بمقدار يزيد عن ($\pm 20\%$) عن ضغط التزويد الاسمي.
- ارتفاع ضغط شبكة الأنابيب بالنسبة لنظام الفاكيوم قبل صمام العزل الرئيسي عن الضغط المطلق (44 kPa) [10].

5-2-5-2-ج إشارات التشغيل الطبية:

وهي للإشارة إلى ضغط غير طبيعي ضمن شبكة الأنابيب، والذي يستدعي عمل فوري من قبل كل من الطاقم الفني والطاقم الطبي، كما في الحالات:

- انحراف ضغط شبكة الأنابيب بعد أي صمام عزل المنطقة بمقدار يزيد عن ($\pm 20\%$) عن ضغط التوزيع الاسمي.
- ارتفاع ضغط شبكة الأنابيب بالنسبة لنظام الفاكيوم قبل أي صمام عزل المنطقة عن الضغط المطلق (66 kPa) [10].

5-2-5-2-د إشارات العمل:

وهي تشير إلى حالات العمل الطبيعية.

5-2-3 مؤشرات الإنذار والمراقبة:

نجد في لوحات الإنذار نوعين من المؤشرات:

- مؤشرات صوتية: وتطلق صوتاً في حال حدوث أي طارئ، وتكون هناك إمكانية إسكات هذه المؤشرات لمدة لا تزيد عن (15 min) ومتاحة للطاقم الفني فقط، وهذا الإسكات يجب ألا يمنع انطلاق إنذار صوتي آخر عند حدوث طارئ جديد.
 - مؤشرات بصرية: يجب أن تسمح بالرؤية وذلك من مسافة أقصاها (4 m).
- ويجب التأكيد على ضرورة انطلاق المؤشرات الصوتية والضوئية معاً عند إنذارات تشغيل الطوارئ، بينما تعمل المؤشرات الضوئية فقط عند إنذارات التشغيل وإشارات العمل [10].
- أما خصائص مؤشرات الإنذار والمراقبة لكافة الإنذارات السابقة فهي مبينة في الجدول (5-10).

الجدول (5-10) خصائص مؤشرات الإنذار والمراقبة [10]

الإنذار	الاستجابة	المؤشر الضوئي	المؤشر الصوتي
إنذارات التشغيل الطبية	فورية عاجلة	أحمر . وامض	نعم
إنذارات تشغيل الطوارئ	فورية عاجلة	أحمر . وامض	نعم
إنذارات التشغيل	فورية	أصفر . وامض	اختياري
إشارات العمل	تنبيه لحالات العمل	أي لون (عدا الأحمر أو الأصفر) . ثابت	لا

5-2-4 الإجراءات اللازمة في الحالات الطارئة:

تتلخص الإجراءات اللازمة في مثل هذه الحالات بالنقاط التالية:

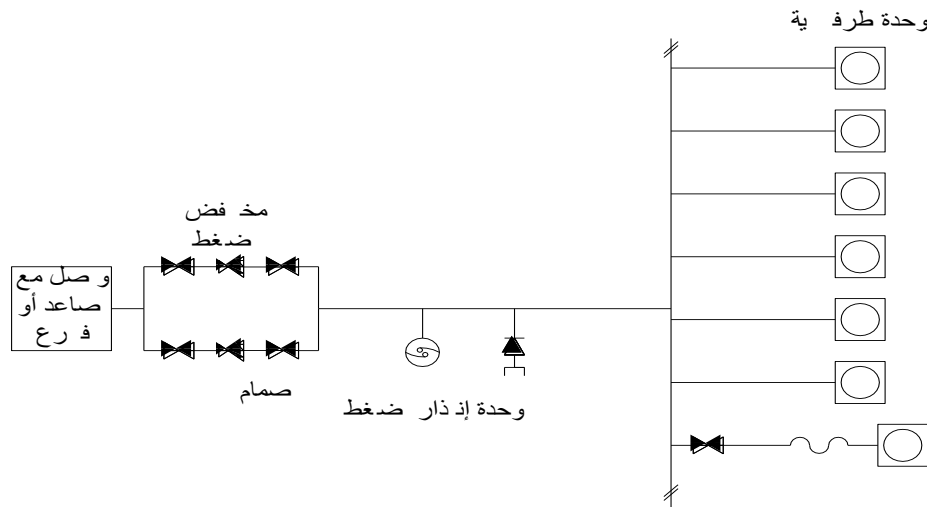
- الإبلاغ: يتم الإبلاغ عن الحالة الطارئة وطبيعتها إلى الأشخاص المعنيين وعن المنطقة المتأثرة في المستشفى والمدة المتوقعة لاستمرار الحالة الطارئة.
- إجراءات وقائية: يجب بعد استلام الإخطار بالحالة الطارئة تخفيض استعمال الغاز من شبكة الأنابيب، وإدخال التخزين الاحتياطي في الخدمة، كما يجب طلب كميات إضافية من الغاز عند الضرورة.
- إجراءات الإصلاح: بعد تنفيذ الإجراءات الوقائية سابقة الذكر يتم البحث الفوري عن سبب إيقاف التغذية، ثم يتم عزل المنطقة المتأثرة وإجراء الإصلاحات اللازمة من قبل فنيين مؤهلين ومدرّبين بشكل جيد [3].

5-2-6 أنظمة الضغط في شبكة أنابيب التوزيع (الشبكة الثانوية):

يجب أن تكون كافة أجزاء هذه الأنظمة قادرة على تحمل ضغطاً أعلى بـ (1,2) مرة من الضغط الأعلى الذي يمكن أن يطبق على كل جزء. وتتألف هذه الأنظمة من :

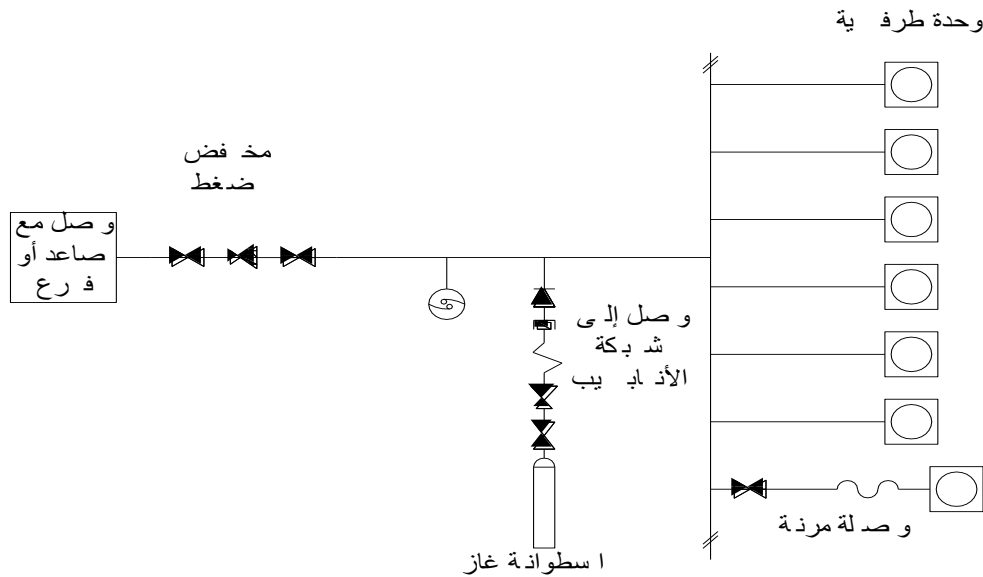
5-2-6-1 أنظمة تخفيض الضغط الثانية:

وهي عبارة عن مجموعة مؤلفة من منظمي ضغط الخط موصلين على التفرع وصمامي عزل قبل وبعد كل منظم ضغط (من أجل الحالات الطارئة والصيانة) وذلك كما هو مبين في الشكل (5-7)، أو عبارة عن منظم ضغط الخط واسطوانة غاز مع مخفض ضغط خاص بها كما في الشكل (5-8)، وذلك لضمان استمرارية التزود بالغاز.



الشكل (5-7) الشبكة الثانوية ذات مجموعة تخفيض ضغط مؤلفة من منظمي ضغط الخط موصلين على التفرع

[10]



الشكل (5-8) الشبكة الثانوية ذات مجموعة تخفيض ضغط مؤلفة من منظم ضغط الخط واسطوانة غاز [10]

تُركب هذه المجموعة في مدخل كل قسم من أقسام المستشفى، حيث تعمل على تخفيض الضغط إلى ضغط التوزيع الاسمي المحدد لكل شبكة، ومما يجدر ذكره أنه يمكن أن تكون هذه الأنظمة متحدة مع صمام عزل المنطقة.

5-2-6-2 وصلات الضغط المنخفض المرنة:

تستخدم هذه الوصلات عادةً في شبكات التوزيع عند تزويد الشبكة بالغاز في الحالات الطارئة، أو أنها يمكن أن تكون كأداة مثبتة بشكل دائم كما في المآخذ السقفية المتدلية، وكذلك تستخدم من أجل العزل الكهربائي للوحدات الطرفية المركبة بالقرب من أنظمة التصوير بالرنين المغناطيسي [10]. ومما يجب التأكيد عليه أن استخدام مثل هذه الوصلات يجب أن يكون محدوداً، وذلك بسبب الأخطار المحتملة جراء تمزق الوصلات وبالتالي تسرب الغاز.

5-2-7-2 صمامات العزل:

تستخدم هذه الصمامات من أجل عزل أقسام من الشبكة لغرض الصيانة والإصلاح أو من أجل توسيع الشبكة في المستقبل. وتُركب هذه الصمامات في المحطة المركزية للغاز وعلى خط الأنابيب الرئيسي وعلى الصواعد والفروع والمدخل، كما تُركب في المناطق وتسمى عندها صمام عزل المنطقة. ومما يجب مراعاته أن كافة صمامات العزل (ماعداد صمامات التوزيع الموجودة في المحطة المركزية) يجب أن تكون صمامات كروية بحيث يمكن معرفة فيما إذا كانت مفتوحة أو مغلقة بسهولة [3]، ووضع هذه الصمامات ضمن صندوق قابل للفتح والإغلاق أو في مكان محمي، وكذلك تثبيت اسم الغاز المار والمنطقة التي يخدمها الصمام.

5-2-7-1 وحدات صمامات عزل المنطقة:

وتُركب هذه الوحدات من أجل ضبط عمل الوحدات الطرفية في غرف العمليات وأجنحة الإقامة وبقية أقسام المستشفى، حيث تكون مع الوحدات الطرفية التي تخدمها في نفس الطابق، وهي عبارة عن صندوق قابل للإغلاق المحكم يحتوي على صمام عزل أو أكثر وعلى أداة تسمح بإجراء عزل محكم للغاز تستخدم عند إجراء تعديلات على الشبكة الموجودة وعلى مقاييس للضغط والتدفق. تستخدم هذه الصمامات لعزل منطقة ما في الحالات الطارئة وعند الصيانة، لذلك فإن نقطة دخول الطوارئ والصيانة تتركب بعد كل صمام عزل منطقة، كما يمكن أن تكون هذه النقاط داخل صندوق الصمام [10].

وكذلك يمكن تركيب مجموعة منظم ضغط الخط ضمن صندوق صمام عزل المنطقة.

5-2-8 الترميز اللوني:

يجب تمييز كل أنبوب بكتابة اسم أو رمز الغاز بشكل واضح ودائم بحيث لا يقل عرض الأحرف عن (6 mm) [24]، كما يجب رسم أسهم تشير إلى اتجاه تدفق الغاز وذلك بالقرب من صمامات العزل وعند تقاطعات الأنابيب وعند تغيير اتجاه الأنبوب وقبل وبعد كل حاجز يمر عبره الأنبوب وبتباعد (10 m) على امتداد الأنبوب وقريباً من المآخذ الجدارية.

كما يتم تمييز الأنابيب باستخدام الترميز اللوني وذلك وفقاً للمعيار الفرنسي NF X 08-100 والذي يشرح عدة طرق تلوين لتمييز الأنابيب أكثرها استخداماً الطريقة التي يصنع فيها الأنبوب بثلاثة مستطيلات ملونة بشكل متتابع وعلى كامل طول الأنبوب وهي:

- مستطيل الزمرة (المجموعة): وهو أعرض المستطيلات الثلاثة حيث يكون عرضه أكبر بـ 6 مرات من قطر الأنبوب، ويحدد لون هذا المستطيل الزمرة أو المجموعة التي ينتمي إليها الغاز المار عبر هذا الأنبوب.
- مستطيل التعريف: ولون هذا المستطيل يحدد نوع الغاز المار عبر هذا الأنبوب، وعرضه هو ضعف قطر الأنبوب.
- مستطيل الحالة: يتم وضع هذا المستطيل عند الحاجة فقط وهو يشير إلى حالة الغاز المار، حيث يكون لون هذا المستطيل أحمر إذا كان الغاز في الأنبوب غاز مسال، أما إذا كان الغاز مضغوطاً فيكون لون المستطيل أحمر برتقالي، وعرض هذا المستطيل يساوي نصف قطر الأنبوب [23].

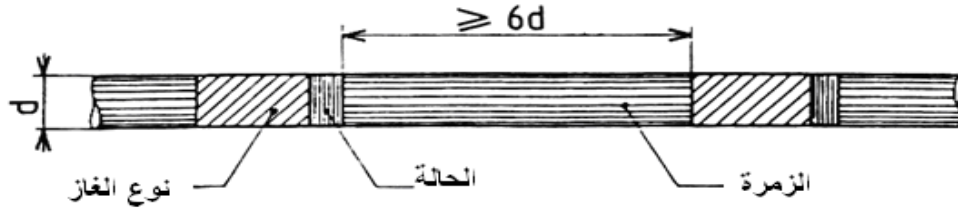
و ألوان هذه المستطيلات حسب هذا المعيار مبينة في الجدول (5-11):

الجدول (5-11) ألوان التعريف المستخدمة في أنابيب شبكات الغازات [23]

الزمرة	لون الزمرة	اسم الغاز	لون التعريف
غاز	أصفر برتقالي	الأكسجين	أبيض
		أكسيد النيتروس	أزرق بنفسجي
هواء	أزرق فاتح	هواء طبي	أبيض وأسود
		الفاكيوم	أصفر [24]

ولابد هنا من الإشارة إلى أن اللون الأخضر المستخدم لتمييز أنابيب شبكة الفاكيوم وفق المعيار السابق قد تم استبداله باللون الأصفر [11].

ويمثل الشكل (5-9) رسماً توضيحياً لتعريف الأنابيب وفق المعيار NF X 08-100 :



الشكل (5-9) رسم توضيحي لتعريف الأنابيب [23]

9-2-5 شبكة أنابيب التوزيع:

1-9-2-5 اعتبارات عامة:

- يجب أن تكون أنابيب الشبكة من معدن النحاس، كما ينصح باستخدام الأنابيب النحاسية ذات السماكة (1 mm) لأنها تساعد على الانحناء وبذلك يمكن تقادي استخدام الأنواع ولحامها.
- يمكن استخدام الأنابيب البلاستيكية في شبكة الفاكيوم، إذا كان القطر الداخلي أكبر من (50 mm) [11].
- يجب ألا تقل المسافة الفاصلة بين أنابيب غاز الأكسجين وأنابيب غازات أو سوائل قابلة للاحتراق أخرى عن (1 m) [3].
- يجب أن تستخدم هذه الشبكات لأغراض العناية الطبية بالمرضى فقط، ماعدا شبكة الهواء المضغوط فيسمح باستخدامها لأغراض غير طبية مثل اختبار وتجفيف الأجهزة الطبية ولكن ضمن شروط محددة [10].
- يجب فصل أنابيب الشبكة عن الكابلات الكهربائية، بتركيب كل منها في أعماد منفصلة أو بحيث تكون المسافة بينها أكبر من (50 mm).
- يجب ربط الأنابيب إلى نقطة تأريض وذلك بالقرب من نقطة دخول شبكة الأنابيب إلى المبنى، كما يجب عدم استخدام الشبكة لتأريض الأجهزة الكهربائية وذلك عملاً بالمعيار الفرنسي NF C 15-100.
- يجب حماية شبكة الأنابيب من الأضرار الناتجة عن حركة العربات ونقالات الجرحى في الممرات وغيرها.
- يجب عدم تركيب أنابيب الشبكة الغير محمية في مناطق الخطر (منطقة تخزين مواد قابلة للاشتعال مثلاً)، إلا إذا كان ذلك أمراً ملحاً فيجب عندئذ حماية الأنابيب بواسطة إحاطتها بجدران تمنع انتشار الغازات في المكان عند حدوث أي تسريب.
- وضع الأنابيب المطمورة في أنفاق أو أعماد ذات تصريف ملائم لمنع تجمع الماء، ويمكن أن تتجاوز هذه الأنابيب في نفس الأعماد مع أنابيب سوائل أو غازات أخرى شريطة أن تكون المسافة الفاصلة بينها أكبر من (30 mm) [3].

- عدم وضع الأنابيب في آبار المصاعد، وبدلاً من ذلك وضعها في أعماد عمودية وتوضع حنفية تطهير وصمام توزيع في أسفل كل خط عمودي.
- عدم تركيب صمام عزل في التجاويف محكمة السد، لأن أي تسريب يؤدي إلى تراكم الغاز.
- يجب إقلال الضرر الناتج عن تماس الأنابيب بمواد مذيبة (حادة)، وذلك بإضافة مواد كتيمة وغير معدنية للسطح الخارجي للأنابيب في منطقة التماس.
- من الضروري الأخذ بعين الاعتبار حالات تمدد وتقلص الأنابيب.
- يجب ألا تمر أنابيب الغازات الطبية كافة في مناطق تتعرض فيها لدرجة حرارة أقل من (5°C) فوق نقطة الندى لذلك الغاز عند ضغط الأنابيب، كما يجب الانتباه إلى احتمال إعاقة للتدفق في شبكة أنابيب الفاكيوم نتيجة للتعرض إلى درجات حرارة منخفضة.
- يجب حماية كافة مكونات شبكة الأنابيب والمتصلة مع الأنابيب من التلوث عند التركيب [10].

2-9-2-5 داعمات شبكة الأنابيب:

يجب تدعيم أنابيب شبكة توزيع الغازات الطبية لتفادي أي انحناء أو التواء أو إزاحة عرضية ممكنة، ويجب أن يكون الدعم بواسطة مادة مقاومة للتأكسد وأن تعالج أو تعزل عن الأنابيب لتخفيض التآكل المحتمل قدر الإمكان، كما يجب ألا يتم دعم الأنابيب بأنابيب أخرى بل ينصح باستخدام حلقات أو ما شابه.

أما البعد بين داعمة وأخرى بالنسبة للأنابيب النحاسية وبحسب قطرها يكون وفق الجدول (5-12):

الجدول (5-12) المسافة الفاصلة بين داعمات شبكة الأنابيب [10]

المسافة الأعلى (m)	القطر الخارجي (mm)
1.5	حتى 15
2.0	22 - 38
2.5	35 - 54
3.0	> 54

2-9-3-5 وصل الأنابيب:

تستخدم الوصلات الميكانيكية لربط مكونات مثل صمامات العزل والوحدات الطرفية ومنظمات الضغط وحساسات الإنذار والمراقبة إلى شبكة الأنابيب، وفيما عدا ذلك فإنه يجب ربط كافة وصلات شبكة الأنابيب المعدنية بواسطة لحام دقيق باستخدام مزيج يحتوي (40 %) فضة على الأقل وخالي من الكاديوم، ويجب أن تسمح طرق اللحام المستخدمة بأن تحافظ الوصلات على خصائصها الميكانيكية لدرجات حرارة تصل إلى (600°C) [10,11].

وخلال إجراء عملية اللحام يجب تنظيف الجزء الداخلي من شبكة الأنابيب بشكل مستمر بواسطة غاز وافي مثل غاز ثاني أكسيد الكربون أو الأرجون أو النيتروجين [3].

5-2-9-4 حساب القطر الداخلي للأنبوب:

يتم حساب القطر الداخلي للأنبوب d من العلاقة وذلك وفقاً للمعيار FDS 90-155 [11]:

$$d = 18.8 \sqrt{\frac{Q}{uP}}$$

حيث d : القطر الداخلي للأنبوب مقدراً بـ [mm]

u سرعة الغاز مقدراً بـ [m/s]

Q التدفق الحجمي للغاز مقدراً بـ [m³/h]

P ضغط الغاز المطلق مقدراً بـ [bar].

- كما يحدد هذا المعيار السرعة القصوى المسموح بها للغازات الطبية المضغوطة بـ (15 m/s) في الشبكتين الرئيسية والثانوية، حيث أن لهذه السرعة ميزتان فهي تخفض خسائر الحمل، وتزيد الأمان بالنسبة لغازي الأكسجين وأكسيد النيتروس لأنها تخفض التسخين.
- أما بالنسبة لدرجة المرور في شبكة للفاكيوم فمن الممكن أن تصل إلى (100 m/s) وذلك عند ضغط (0.65 bar) تحت الضغط الجوي أي عند ضغط مطلق قدره (0.35 bar).
- دلت التجارب العملية بالنسبة لشبكة أنابيب الفاكيوم على عدم استخدام أنابيب ذات أقطار داخلية أصغر من (12 mm) في الشبكة، وعدم استخدام أنابيب ذات أقطار داخلية أصغر من (10 mm) لتغذية الوحدات الطرفية.
- يجب الأخذ بالاعتبار التغيرات التي تطرأ على الجزء الداخلي لشبكة أنابيب الفاكيوم مع مرور الوقت، لذلك يجب استخدام معامل أمان قدره (0.75) للحصول على التدفق الأقصى للفاكيوم [11].

5-2-9-5 خسائر الضغط:

من الناحية النظرية لابد من حساب خسائر الحمل (الضغط) عند حساب أقطار الأنابيب، ولكن في الحقيقة إن تقنية الإرخاء (تخفيض الضغط) المضاعف تسمح بإهمال خسائر الحمل إلا إذا كان زاد طول الشبكة الثانوية عن (300 m) [3,11].

5-2-9-6 التمديد والتعديل لنظام شبكة أنابيب موجودة:

لا يتم إجراء تمديد على شبكة أنابيب موجودة إلا بعد التأكد التام من عدم وجود تلوث في النظام، وكذلك يجب أن يتم وصل التمديد لنظام واحد فقط في نفس الوقت وذلك للإقلال من خطر حدوث وصلات عرضية بين الشبكات، ولذلك تبقى باقي الأنظمة تحت ضغط التوزيع الاسمي، وكذلك يجب

الانتباه إلى موضع وصلة التمديد، وإلى أن التمديد يجب أن يكون عبر نقطة وصل واحدة والتي يجب اختبار التسريب عندها تحت ضغط التوزيع الاسمي. ويجب التأكيد على أنه إذا كان التمديد بعد صمام عزل المنطقة فيجب عندها إضافة صمام عزل إلى نقطة الوصل، وبعد إجراء التمديد يجب أن يجتاز هذا الجزء مجموعة من الاختبارات بنجاح، وبعدها يُفتح صمام العزل ويتم استخدام ذلك التمديد [10].

5-2-10 الاستلام الفني:

بعد أن يتم التركيب النهائي للأنظمة يجب إجراء اختبارات مختلفة، وتدوين النتائج على نماذج ورقية معتمدة، حيث تتم الاختبارات باستخدام الهواء الطبي أو النيتروجين إذا لم يُطلب استخدام الغاز المحدد، وكذلك يجب التأكد من وضع لصاقات على كافة مآخذ النظام الذي يتم اختباره توضح عدم استخدام تلك المآخذ، والتأكد من دقة ومعايرة كافة أجهزة الاختبار، حيث يتم الاستلام التقني على مرحلتين:

5-2-10-1 الفحص قبل التغطية:

يجب التأكد من كون داعمات شبكة الأنابيب، والترميز اللوني لكافة أجزاء الشبكة، وأقطار الأنابيب وأماكن صمامات العزل ومنظمات ضغط الخط والوحدات الطرفية مطابق للمواصفات التصميمية المطلوبة [10].

5-2-10-2 الاختبارات قبل استخدام النظام:

يجب إجراء الاختبارات التالية وبأي ترتيب كان:

- اختبارات السلامة الميكانيكية: من المفضل إجراء هذا الاختبار على كل قسم من الشبكة بشكل مستقل، فبالنسبة إلى شبكة الفاكيوم يطلب المعيار ISO 7396-1 تطبيق ضغط (5 bar) لفترة (5 min) والمراقبة للتأكد من السلامة الميكانيكية بينما لا يفضل المعيار FDS 90-155 هذا الاختبار وينصح باستخدام الأجهزة التقنية الحساسة للضغط، أما بالنسبة لشبكات الغازات المضغوطة فيجب تطبيق ضغط أعلى من الضغط الاسمي ب (1,2) مرة مع مراعاة عدم تركيب منظمات ضغط الخط واستبدالها بوصلات مناسبة.
- اختبارات التسريب: يتم هذا الاختبار بجعل النظام تحت ضغط التصميم الاسمي ثم عزله عن المحطة فيجب عندئذٍ ألا يزيد الضغط في شبكة الأنابيب الفاكيوم عن (20 kPa) بعد ساعة واحدة، أما بالنسبة للأنظمة الغازات المضغوطة فيجب الاختبار قبل منظم ضغط الخط وبعده، حيث يجب أن تكون النتائج مطابقة للجدول (5-13).

الجدول (5-13) اختبار التسريب لأنظمة الغازات المضغوطة [10]

الجزء المفحوص	المدة الزمنية	انخفاض الضغط
قبل منظم الضغط، عدم وجود وصلات مرنة	2-24 h	0,4% / h
قبل منظم الضغط، مع وجود وصلات مرنة	2-24 h	0,6% / h
بعد منظم الضغط	2-24 h	0,025% / h

- اختبار صمامات العزل: يجب إجراء اختبار التسريب لكل صمام، والتأكد من صحة عمل صمامات عزل المنطقة وأنها تعزل وحدات طرفية محددة وفق التصميم المحدد.
- اختبار الوصلات المتقاطعة: وذلك للتأكد من عدم وجود أي وصل بين شبكات أنابيب الأنظمة المختلفة.
- اختبار التدفق: يجب أن يكون كل نظام تحت ضغط التصميم الاسمي وموصول مع محطة غاز الاختبار، وعندئذٍ يجب أن تكون قيم التدفق وانخفاض الضغط عند كل وحدة طرفية كما هي مبينة في الجدول (5-14).

الجدول (5-14) اختبار التدفق [10]

الأنظمة	تدفق الاختبار	تغير الضغط
الغازات الطبية المضغوطة (ماعداء الهواء الجراحي)	40 L/min	- 10 %
الهواء الجراحي	350 L/min	- 15 %
الفاكيوم	25 L/min	+15 kPa

- اختبار الوحدات الطرفية ووصلات الخاصة بالغاز NIST: وذلك للتأكد من سلامة عملها الميكانيكي، ومن أنها تسمح بدخول وخروج المسبار الخاص بسهولة، وللتحقق من أنها تحرر الغاز عند إدخال المسبار الصحيح فقط.
- اختبار أداء النظام: وذلك للتحقق من أن النظام يزود التدفق التصميمي عند ضغط التوزيع الاسمي.
- اختبار أداء صمامات تخفيف الضغط (المرتبطة بالوحدات الطرفية): وذلك للتأكد من الضغط عند كل وحدة طرفية لا يزيد عن (20 bar) في نظام الهواء الجراحي، وألا يزيد عن (10 bar) في أنظمة الغازات المضغوطة الأخرى.
- اختبار المحطات المركزية: وحالة عمل كل منها، ومدى مطابقة التجهيزات لشروط أوراق البيانات التقنية.

- اختبار أنظمة المراقبة والإنذار.
- اختبار التلوث الجزيئي: ويتم هذا الاختبار باستخدام جهاز خاص، وذلك عند تدفق غاز (150 L/min) لمدة (15 s) على الأقل، وعندئذٍ يجب أن يخلو فلتر الجهاز ذو المسامات ذات القطر (10 µm) من أية جسيمات جزيئية عندما يُفحص في الإضاءة الجيدة.
- اختبارات نوعية الغازات الطبية المضغوطة: وذلك للتأكد من مطابقة كافة الغازات الطبية للمواصفات المطلوبة قبل ضخها في شبكات الأنابيب.
- اختبار هوية الغاز: ويتم هذا الاختبار بعد ملء كل شبكة بالغاز المحدد من أجل التأكد من أن كافة الوحدات الطرفية تحرر الغاز الصحيح [10].

5-2-11 ملفات التعريف ومخططات التركيب:

5-2-11-1 ملفات التعريف:

يتم وضع هذه الملفات من قبل فنيين أخصائيين، تتضمن مواصفات تقنية أساسية لشبكة الغازات وهي:

- حسابات التدفق والضغط في أنابيب الشبكة.
- مخططات التركيب مع تحديد مواقع صمامات العزل، مخفضات الضغط، المآخذ، أجهزة الإنذار، وغيرها.
- أوراق بيانات التقنية لكافة أجهزة ومكونات الشبكة.
- قواعد وتعليمات متعلقة بالشبكة [3].

5-2-11-2 مخططات التركيب:

- يجب تقديم المخططات الكاملة للتركيب إلى صاحب شبكة الغاز على شكل مخططات قابلة للتنفيذ وبشكل مرسوم، ومتوافق مع الحسابات الواردة في ملفات التعريف.
- يجب أن تتضمن هذه المخططات كامل تفاصيل الشبكة، والتي تسمح بمعرفة أماكن الأنابيب المدفونة والمغطاة.
- يجب تزويد المالك أو الفني بقائمة قطع الغيار ومواصفاتها، وكتيب التعليمات و مواعيد الصيانة [3].

5-2-12 المراقبة الدورية والصيانة:

5-2-12-1 المراقبة الدورية:

يجب إجراء مراقبة مستمرة ومن قبل أشخاص مؤهلين ولجان مختصة للتأكد من:

- الحالة الجيدة لعمل المحطات المركزية.
- صحة مسار الشبكات.

- عمل مخفضات ضغط الخط وأنظمة الإنذار.
- حالة المآخذ الجدارية وبخاصة في أقسام العناية المركزة.

5-2-12-2 الصيانة:

يجب اعتماد برامج صيانة دورية ينفذها فنيون مختصون لديهم الخبرة بعمل الأجهزة وتركيب أنابيب الشبكة، بحيث تتضمن هذه البرامج تفحص النقاط التالية:

- أداء النظام وأداء تجهيزاته.
- التسرب.
- التلف والكسر.
- التلوث.
- الصيانة الوقائية.

وفي حال كشف عطل في جهاز ما، يتوجب إصلاحه أو استبداله بشكل فوري. كما أنه من الضروري وبشكل دائم تدوين حالة المحطات والأجهزة والأنابيب، وكافة أعمال الصيانة ضمن سجلات خاصة ومحفوظة [3].

ويجب على الطاقم الفني أثناء القيام بعمليات الصيانة أن يلتزم بما يلي:

- إعلام كافة الموظفين عن قسم المستشفى الذي تتم فيه أعمال الصيانة.
- التأكيد على عدم استخدام الوصلات والمآخذ في ذلك القسم.
- تخفيض التلوث الممكن إلى أدنى الحدود.
- تحقيق الأمان الكامل أثناء العمل.
- بعد إتمام عملية الصيانة على الشبكة فلا بد من إجراء اختبارات التسريب و أداء عمل الأجهزة مجدداً [3].

الفصل السادس

الأسس النظرية لتصميم شبكة الغازات الطبية وفقاً للنظام الإنكليزي

1-6 مقدمة:

بعد أن قمنا في الفصل السابق بإجراء دراسة شاملة للأسس النظرية لتصميم شبكة الغازات الطبية في المستشفى وفق النظام الفرنسي، سنعمل في هذا الفصل على دراسة الأسس النظرية لتصميم شبكة الغازات الطبية وفق النظام الإنكليزي.

2-6 الأسس النظرية للنظام الإنكليزي:

1-2-6 مقدمة:

إن تصميم شبكات الغازات الطبية وفق النظام الإنكليزي يتم بالاعتماد على المعيار الإنكليزي HTM (2006) 02-01 والذي يتناول وبالتفصيل (مع بعض المعايير المتممة) تصميم وتركيب شبكات الغازات الطبية (غاز الأكسجين، غاز أكسيد النيتروس)، وشبكة الهواء المضغوط (هواء طبي 4 بار، هواء جراحي 7 بار)، وشبكة الفاكيوم (التخلية) الطبي، وشبكة طرد فائض غازات التخدير (AGSS)، كما أنه يغطي كل ما يتعلق بالتدفق والضغط في الشبكة، ويقدم الدليل التقني لعمليات تصميم وتركيب المحطات المركزية وشبكة أنابيب التوزيع، كما يصف الاختبارات وإجراءات الاستلام اللازمة قبل استخدام الشبكة.

2-2-6 مبادئ عامة:

- تعتبر شبكة الغازات الطبية وسيلة آمنة وفعالة لإيصال الغاز الطبي من مصدر الغاز إلى المريض خلال خط أنابيب عن طريق الوحدات الطرفية (المأخذ).
- يجب أن يُرود كل غاز إلى المستشفى باستخدام نظام منفصل ومستقل، وأن تكون كافة أجزائه خاصة بالغاز لضمان عدم حدوث تبادل بين الأنظمة.
- يجب أن تمتثل مواصفات الغازات الطبية المزودة من الاسطوانات أو من الخزانات إلى دستور الأدوية الأوروبي، وذلك وفق ما ورد في الفصل الثاني.
- يتحقق أمان شبكات الغازات الطبية من خلال عدة عوامل أهمها:
 - استخدام موصلات ووحدات الطرفية وغيرها خاصة بالغاز لمنع حدوث أي تبادل.
 - أن تكون كمية الغاز كافية لحاجة المستشفى باختيار محطة مركزية مناسبة.
 - ضمان استمرارية التزويد بالغاز وذلك بأن تكون محطة التزود بالغاز مؤلفة من ثلاثة مصادر "مصدر رئيسي، مصدر ثانوي، مصدر احتياطي للحالات الطارئة" وذلك وفقاً للمعيار الأوروبي [6].

- تجهيز الشبكة بأنظمة مراقبة وإنذار، وربطها مع محطة كهربائية احتياطية.
- التأكد من نوعية الغازات ومطابقتها للمعايير المحددة.
- يجب أن لا تستخدم شبكة الغازات الطبية لتزويد الغاز لأقسام ومخابر الباثولوجيا أو للمخابر العامة، بل يجب أن يكون لها شبكات مستقلة.
- يجب تركيب أنظمة كشف الحريق في المحطات المركزية وأماكن تخزين اسطوانات الغازات وذلك وفقاً لمتطلبات HTM 05-03.
- يجب تزويد تجهيزات الغاز الطبية بالكهرباء بواسطة دارات فرعية مستقلة من لوحة توزيع أساسية تغذى من نظام توليد كهربائي للطوارئ، لضمان استمرارية التغذية بالطاقة في حالات انقطاع التيار الكهربائي وذلك وفقاً لتوصيات HTM 06-01.
- يجب اختيار أماكن تركيب أنابيب الغازات الطبية بحيث لا يحدث أي تماس مباشر بينها وبين الكابلات الكهربائية، أما إذا لم يكن ذلك ممكناً فيجب عندها وضع الأسلاك الكهربائية في قنوات أو أعماد منفصلة، كما يجب تزويد لوحات التحكم وأجهزة الإنذار بالطاقة عبر وحدات تحتوي منصهرة.
- يجب أن توصل خطوط الشبكة إلى مأخذ تأريض، كما يجب عدم استخدام الأنابيب لتأريض التجهيزات الكهربائية.
- يجب وصل وصلات الشبكة المرنة (حال استخدامها) إلى تلك النقاط لضمان استمرارية التأريض.

6-2-3 الوحدات الطرفية:

- ويتم عن طريقها الحصول على الغازات أو الفاكيوم، حيث يتم تثبيتها بعدة طرق فهي يمكن أن تثبت بشكل مستوي أو مسطح على الجدران أو بشكل متدلي من السقف وقد تجمع في لوحة حائطية، أو في لوحة فوق سرير المريض، كما يمنع أن تكون الوحدات الطرفية أرضية [8].
- إن الوحدات الطرفية كافة يجب أن تمتثل للمعيار EN 737-1 وذلك بأن تحتوي الوحدات الطرفية على أداة غير دوارة تسمح بوصل مقياس التدفق إليها، كما أن البروب المستخدم فيجب أن يكون فولاذياً وذا أبعادٍ وألوانٍ محددة.
- ارتفاع الوحدات الطرفية الجدارية الأمثل عن أرضية الغرفة 1400 ملم، بينما يجب ألا يقل البعد بين مركزي وحدتين طرفيتين متجاورتين على (135 ملم $\pm$ 5, 2 ملم)، وكذلك يجب ألا يقل بعد مركز آخر وحدة طرفية عن الجدار عن 200 ملم [8].
- تتوضع الوحدات الطرفية الجدارية بشكل متجاور أفقي وفق الترتيب التالي:
AGS ، فاكيوم، هواء جراحي، هواء طبي، أكسيد النيتروس، أكسجين

كما يمكن أن تتوضع بشكل عمودي بحيث يكون الأكسجين في الأعلى و AGS في الأسفل، بينما تتوضع الوحدات الطرفية السقفية بشكل دائري.

- أما انخفاض الضغط المسموح عبر الوحدات الطرفية فنجدده في الجدول (1-6).

الجدول (1-6) انخفاض الضغط الأعظمي عبر الوحدات الطرفية [4]

الضغط الاسمي kPa	التدفق L /min	انخفاض الضغط الأعظمي kPa
400 - 500	60	15
800 - 1000	300	70
vac	40	15

- أما توزع الوحدات الطرفية في كل قسم من أقسام المستشفى وعددها ونوعها فهو مبين في الجدول (2-6).

الجدول (2-6) توزع الوحدات الطرفية في أقسام المستشفى [8]

القسم	O2	N2O	MA4	SA7	VAC	AGS
قسم الطوارئ والإسعاف						
غرفة الإنعاش والتنشيط	2	2	2		2	2
غرفة المعالجة/التجبير الأساسية	1	1	1	1*	1	1
غرفة التحسن مابعد التخدير	2		2		2	
غرفة المعالجة	1				1	
قسم العمليات						
غرفة التخدير (الكل)	1	1	1		1	1
غرفة العمليات (جراحة عظمية)						
مخدر	2	1	2		2	1
جراح				4	2	
غرفة العمليات (جراحة أعصاب)						
مخدر	2	1	2		2	1
جراح				2	2	
غرفة العمليات (جراحة عامة)						
مخدر/جراح	2	2	2	2*	2	2

	2		2		2	غرفة التحسن مابعد التخدير (الإنعاش)
1	1	1	1	1	1	غرفة خدمة أجهزة
						قسم الأمومة
	2				1	غرفة الولادة (الطبيعية/الصعبة)
	1		1		1	الأم
						الطفل
1	1		1	1	1	جناح العمليات
	2					المخدر
	1		1		1	أخصائي الولادة
						طبيب الأطفال
	1		1		1	(الإنعاش)
	2		2		2	الوحدة الوليدية (الحاضنة)
1	1		1	1	1	غرفة خدمة أجهزة
	1				1	جناح إقامة داخلي
	1				1	غرفة نوم مفردة
						غرفة نوم متعددة الأسرة/سرير
	1				1	غرفة أطفال
						أقسام التشخيص
1	1		1	1	1	غرفة إجراءات خاصة
	1				1	غرفة أغراض عامة
	1		1*		1	غرفة الإنعاش
	1				1	أشعة فوق صوتية (إيكو)
	1				1	تنظير ومضاني (فلوري)
	1				1	تصوير الجهاز البولي
	1				1	تصوير شعاعي طبقي
1	1		1	1	1	تصوير بالرنين المغناطيسي

1	1		1	1	1	تصوير مقطعي محوري
1	1		1	1	1	تصوير أوعية
1	1		1	1	1	تنظير داخلي
	1		1		1	جناح إقامة المرضى الداخلي
	1		1		1	غرفة نوم مفردة
	1		1		1	غرفة نوم متعددة الأسرة/سرير
	1		1		1	غرفة معالجة
						قسم أمراض الكلية
	1		1		1	وحدة غسيل الكلية
2*	4		4	2*	4	وحدة العناية المركزة
1*	1		1	1*	1	غرفة خدمة أجهزة
	4		4*		4	وحدة العناية التاجية (CCU)
2*	2		2	2*	2	وحدة الحروق
1*	1		1	1*	1	قسم الجراحة الفموية، تقويم الأسنان
	1	1			1	غرفة معالجة
1*	1	1	1	1*	1	غرفة إنعاش
						مخبر تطبيقي
1*	1		1*	1*	1	قسم المرضى الخارجيين
						غرفة المعالجة/عيادة
						عيادة الكسور
1	1	1*	1*	1	1	غرفة التجبير
						قسم خدمات التعقيم
		1	1			غرفة الغسيل
		1	1		1	غرفة التجميع والتغليف

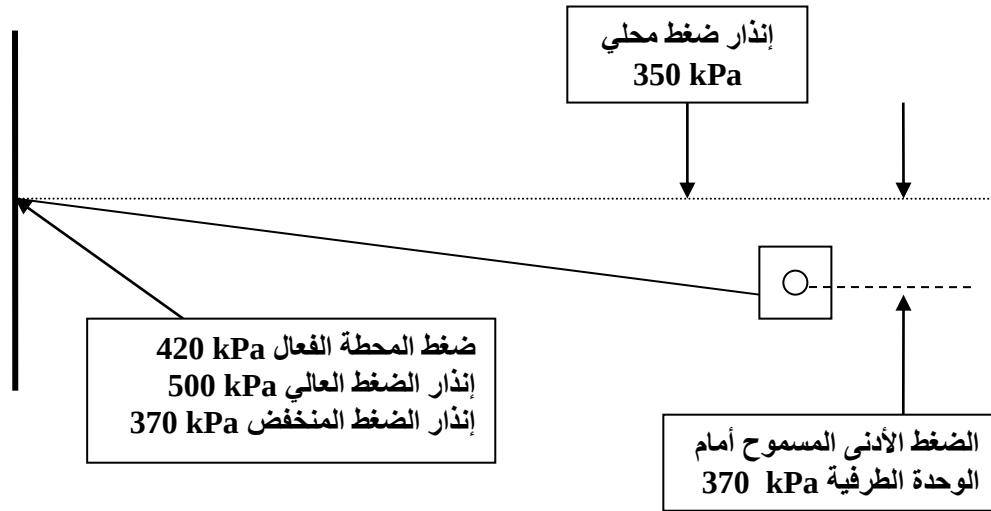
حيث: * تعني أن تركيب هذه المآخذ يعود إلى رأي الفريق الطبي.

6-2-4 ضغط الشبكة:

يتم تصميم الشبكة بحيث يكون الضغط المطبق في الأنابيب (400 kPa) بالنسبة للغازات الطبية والهواء الطبي، أما بالنسبة للهواء الجراحي فيكون الضغط (700 kPa)، أما بالنسبة لشبكة الفاكيوم فإن الضغط الاسمي 40 kPa تحت الضغط الجوي (300 mm Hg)، وتنظيم هذه الضغوط في الشبكة يتم وفقاً لما يلي:

6-2-4-1 تنظيم ضغط الشبكة لأنظمة الـ (400 kPa):

- إن تنظيم الضغط الشبكة لأنظمة (400 kPa) يتم كما هو موضح في الشكل (1-6):
- ضغط المحطة المركزية الفعال هو (420 kPa)، ويجب تعيين صمام الأمان على القيمة (530 kPa)، كما يجب إطلاق إنذار الضغط العالي إذا وصل ضغط المحطة إلى القيمة (500 kPa)، وإنذار الضغط المنخفض إذا انخفض ضغط المحطة إلى القيمة (370 kPa).
- الضغط الأدنى المسموح أمام أبعد وحدة طرفية هو (370 kPa) عند التدفق التصميمي للوحدة، ويجب إطلاق إنذارات محلية إذا أصبح الضغط في الشبكة (360 kPa).
- عند تصميم شبكة الأنابيب فإن الخسارة في الضغط المسموح بها من مصدر التزويد إلى الوحدة الطرفية (بما فيها الخسارة عبر الوحدة الطرفية) هي (5 %) من ضغط الشبكة الاسمي [8].



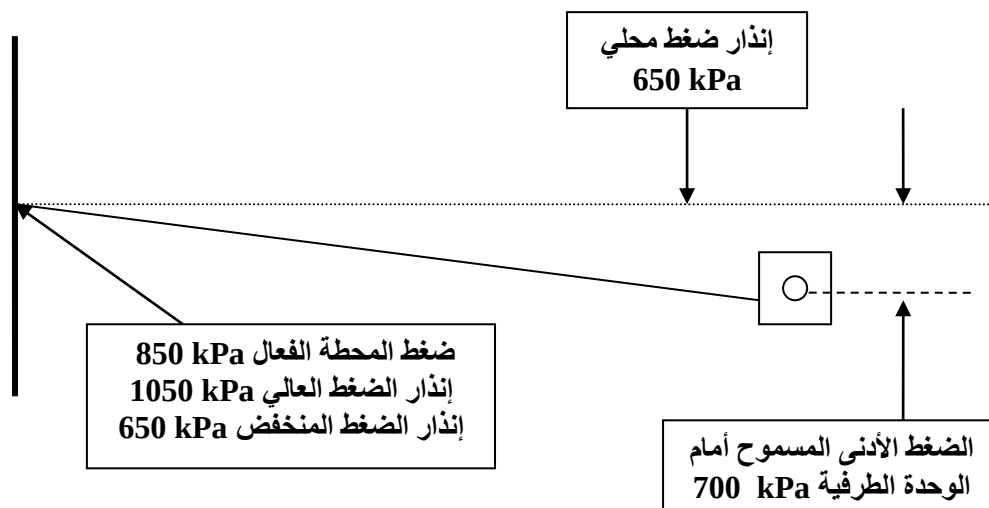
الشكل (1-6) إعدادات الضغط المثالية لأنظمة (400 kPa) [8]

6-2-4-2 تنظيم ضغط الشبكة لأنظمة الـ (700 kPa):

يمكن تصميم شبكة (700 kPa) وفق أحد التصميمين التاليين:

6-2-4-2-أ تخفيض ضغط مفرد:

حيث تيم تخفيض الضغط في المحطة فقط، وتكون الضغوط وفق الشكل (2-6):

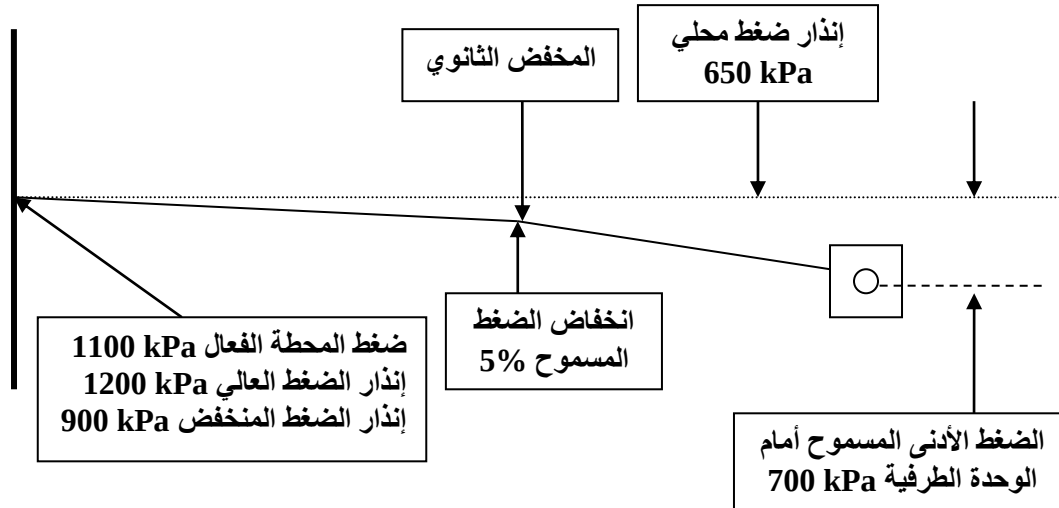


الشكل (2-6) إعدادات الضغط المثالية لأنظمة (700 kPa) ذات التخفيض المفرد [8]

- ضغط المحطة المركزية الفعال هو (850 kPa)، ويجب تعيين صمام الأمان على القيمة (1100 kPa)، كما يجب إطلاق إنذار الضغط العالي إذا وصل ضغط المحطة إلى القيمة (1050 kPa)، وإنذار الضغط المنخفض إذا انخفض ضغط المحطة إلى القيمة (650 kPa).
- الضغط الأدنى المسموح أمام أبعد وحدة طرفية هو (700 kPa) عند تدفق (350 L/min)، ويجب إطلاق إنذارات محلية إذا أصبح الضغط في الشبكة (650 kPa) [8].

2-4-2-6 ب تخفيض ضغط مزدوج:

- يتم في هذه الأنظمة استخدام مخفضي ضغط مخفض ضغط رئيسي يركب في المحطة المركزية والآخر مخفض ضغط ثانوي يركب على الشبكة، وتكون الضغوط وفق الشكل (3-6):
- ضغط المحطة المركزية الفعال هو (1100 kPa)، ويجب تعيين صمام الأمان على القيمة (1300 kPa)، كما يجب إطلاق إنذار الضغط العالي إذا وصل ضغط المحطة إلى القيمة (1200 kPa)، وإنذار الضغط المنخفض إذا انخفض ضغط المحطة إلى القيمة (900 kPa).
 - انخفاض الضغط المسموح به قبل مخفض الضغط الثانوي هو (5%).
 - الضغط الأدنى المسموح أمام أبعد وحدة طرفية هو (700 kPa) عند تدفق (350 L/min)، ويجب إطلاق إنذارات محلية إذا أصبح الضغط في الشبكة (650 kPa) [8].

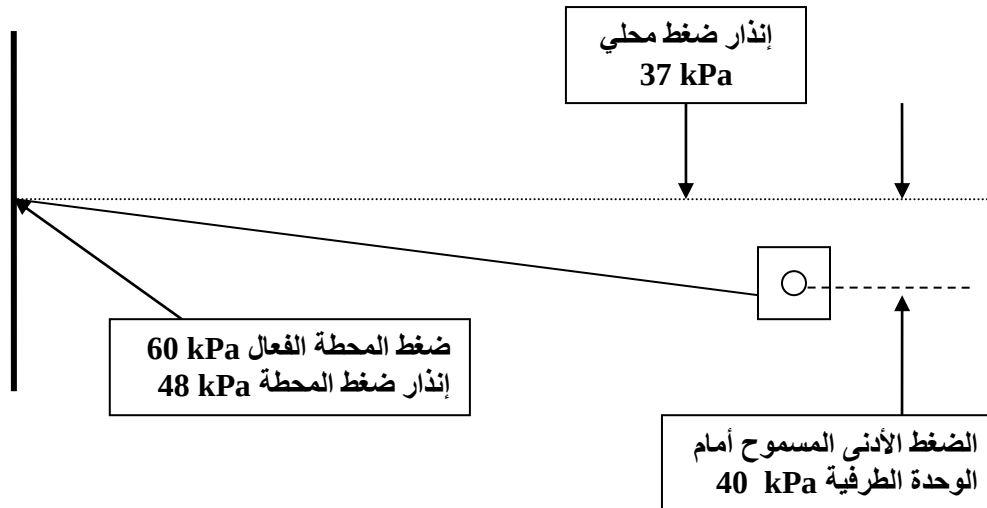


الشكل (3-6) إعدادات الضغط المثالية لأنظمة (700 kPa) ذات التخفيض المضاعف [8]

3-4-2-6 تنظيم ضغط شبكة الفاكيوم:

إن تنظيم الضغط لشبكة الفاكيوم يتم كما هو موضح في الشكل (4-6):

- ضغط المحطة المركزية الفعال هو 60 kPa تحت الضغط الجوي (450 mm Hg)، كما يجب إطلاق إنذار الضغط المنخفض إذا انخفض ضغط المحطة إلى الضغط 48 kPa تحت الضغط الجوي (360 mm Hg).
- الضغط الأدنى المسموح أمام أبعد وحدة طرفية هو 40 kPa تحت الضغط الجوي (300 mm Hg)، عند تدفق (40 L/min)، ويجب إطلاق إنذارات محلية إذا أصبح الضغط في الشبكة 37 kPa تحت الضغط الجوي (275 mm Hg).



الشكل (4-6) إعدادات الضغط المثالية لشبكة الفاكيوم [8]

5-2-6 تدفق الغاز:

يتميز التدفق التصميمي في شبكة الغازات بعدة أشكال:

- التدفق المطلوب عند كل وحدة طرفية.
- التدفق المطلوب في كل فرع من فروع الشبكة.
- التدفق الكلي وهو مجموع تدفقات الفروع.

وجداول التدفق التصميمي المطلوب لكل غاز والضغط عند كل وحدة طرفية وفق هذا المعيار مبينة في الجدول (3-6).

الجدول (3-6) التدفق التصميمي والضغط عند كل وحدة طرفية [8]

الغاز	القسم	الضغط الاسمي (kPa)	التدفق التصميمي (L/min)	التدفق المثالي المطلوب (L/min)	تدفق الاختبار (L/min)
الأكسجين	غرف العمليات	400	100*	20	100
	كل المناطق الأخرى	400	10	6	40
أكسيد النيتروس	كل المناطق	400	15	6	40
الهواء الطبي	غرف العمليات	400	40	40	80
	الوحدة الوليدية/وحدة العناية المركزة	400	80	80	80
	مناطق أخرى	400	20	10	80
الهواء الجراحي	غرف العمليات	700	350	350	350
الفاكيوم	كل المناطق	-40	40	40	40

حيث: * تعني تدفق الأكسجين النبضي في غرف العمليات [8].

ولكن بما أنه بشكل عملي لا يتم استخدام كافة الوحدات الطرفية في نفس الوقت لذلك لابد من إدخال معامل يسمى معامل التخفيض (معامل الاستخدام) للحصول على التدفق التصميمي الحقيقي الذي يجب حساب استطاعة المحطة المركزية وفقه، ويمكن الحصول على هذا المعامل من نتائج استطلاعات حول استخدام الغاز الفعلي في المستشفيات النموذجية [1]، وبذلك يكون التدفق الكلي هو مجموع التدفقات المستخدمة في كل الفروع .

وهنا لا بد من الإشارة إلى أن معامل التخفيض يختلف من قسم لآخر في المستشفى، وإلى أن هناك مجال واسع لمقاس الأنابيب فإذا كان هناك أي شك في التدفق المطلوب فيجب عندها اختيار الأنبوب ذي المقاس الأكبر.

6-2-5-1 التدفق المستخدم لغاز الأكسجين:

إن حساب التدفق المستخدم لغاز الأكسجين يختلف من قسم لآخر في المستشفى وذلك حسب تخصص ذلك القسم، ولكن يمكن أن نعم القاعدة التالية مع التعديل حسب حاجة كل قسم عند اللزوم: فإذا كان التدفق التصميمي لغاز الأكسجين للمأخذ في غرفة إقامة المريض هو (10 L/min) والتدفق النموذجي المطلوب له هو (6 L/min)، ففي جناح إقامة (28 سرير) مؤلف من غرف ذات سرير مفرد وغرف ذات أربعة أسرة وغرفة معالجة واحدة فإن التدفق المستخدم يحسب على افتراض أن سرير واحد سيحتاج إلى (10 L/min) وسرير واحد من كل أربعة أسرة متبقية سيحتاج إلى (6 L/min)، وبذلك يكون التدفق التصميمي المستخدم لهذا الجناح (50,5 L/min) [8]. ولحساب التدفقات المستخدمة لغاز الأكسجين لكافة أقسام المستشفى نستخدم المعادلات الواردة في الجدول (4-6).

الجدول (4-6) علاقات حساب التدفق التصميمي المستخدم لغاز الأكسجين [8]

القسم	التدفق التصميمي	علاقات حساب التدفق المستخدم
قسم الطوارئ والإسعاف	100	غرفة التنشيط $Q = 100 + [(n - 1)6/4]$
		غرفة المعالجة/التجبير الأساسية $Q = 10 + [(n - 1)6/4]$
		غرفة الإنعاش $Q = 10 + [(n - 1)6/8]$
		غرفة المعالجة $Q = 10 + [(n - 1)6/10]$
قسم العمليات	100	غرفة التخدير (الكل) $Q = \text{no addition made}$
		غرف العمليات $Q = 100 + (nT - 1)10$
		غرفة الإنعاش $Q = 10 + (n - 1)6$
قسم الأمومة	10	غرفة الولادة
		الأم $Q = 10 + [(n - 1)6/4]$

$Q = 10 + [(n - 1)3/2]$	10	الطفل
		جناح العمليات
$Q = 100 + (nS - 1)6$	100	المخدر
$Q = 10 + (n - 1)3$	10	أخصائي الولادة
$Q = 10 + [(n - 1)3/4]$	10	إنعاش
$Q = 10 + (n - 1)6$	10	الوحدة الوليدية
		جناح إقامة داخلي
$Q = 10 + [(n - 1)6/6]$	10	غرفة نوم مفردة
$Q = 10 + [(n - 1)3/2]$	10	غرفة أطفال
		أقسام التشخيص
$Q = 10 + [(n - 1)6/3]$	100	كافة الغرف
		جناح إقامة المرضى الداخلي
$Q_w = 10 + [(n - 1)6/4]$	10	جناح إقامة (غرف إقامة + غرفة معالجة)
$Q_d = Q_w[1 + (nW - 1)/2]$	10	قسم من عدة أجنحة
$Q = 10 + [(n - 1)6/4]$	10	قسم أمراض الكلية
$Q = 10 + [(n - 1)6]3/4$	10	وحدات العناية المركزة
		قسم المرضى الخارجيين
$Q = 10 + [(n - 1)6/4]$	10	غرفة المعالجة/عيادة
-	10	قسم خدمات التعقيم

حيث:

n عدد الأسرة.

nW عدد الأجنحة.

nS عدد أجنحة العمليات في القسم (غرفة عمليات + غرفة تخدير).

nT عدد غرف العمليات.

2-5-2-6 التدفق المستخدم لغاز أكسيد النيتروس:

يحسب التدفق المستخدم لغاز أكسيد النيتروس في كافة أقسام المستشفى وفق الجدول (5-6):

الجدول (5-6) علاقات حساب التدفق التصميمي المستخدم لغاز أكسيد النيتروس [8]

القسم	التدفق التصميمي للمأخذ	علاقات حساب التدفق المستخدم
قسم الإسعاف	10	$Q = 10 + [(n - 1)6/4]$
العمليات	15	$Q = 15 + (nT - 1)6$
الأمومة :غرفة العمليات	15	$Q = 15 + (nS - 1)6$
قسم التشخيص	15	$Q = 10 + [(n - 1)6/4]$
العناية المركزة	15	$Q = 10 + [(n - 1)6/4]$

3-5-2-6 التدفق المستخدم للهواء:

يجب أن يزود الهواء الطبي وفق المعيار [1] عند ضغطين مختلفين:

- هواء طبي بضغط (400 kPa) ويستخدم للأغراض التنفسية.
- هواء جراحي بضغط (700 kPa) ويستخدم لتشغيل الأدوات الجراحية.

3-5-2-6 أ التدفق المستخدم للهواء الطبي:

يمكن حساب التدفق المستخدم للهواء الطبي في أقسام المستشفى وفق الجدول (6-6):

الجدول (6-6) علاقات حساب التدفق التصميمي المستخدم للهواء الطبي [8]

القسم	التصميمي التدفق	علاقات حساب التدفق المستخدم
قسم الطوارئ والإسعاف		
غرفة التنشيط	40	$Q = 40 + [(n - 1)20/4]$
غرفة المعالجة/التجبير الأساسية	40	$Q = 40 + [(n - 1)20/4]$
غرفة الإنعاش	40	$Q = 40 + [(n - 1)40/4]$
قسم العمليات		
غرفة التخدير (الكل)	40	-
غرف العمليات	40	$Q = 40 + [(nT - 1)40/4]$
غرفة الإنعاش	40	$Q = 40 + [(n - 1)10/4]$
قسم الأمومة		

$Q = 40 + [(n - 1)40/4]$		غرف الولادة
$Q = 40 + [(n - 1)40/4]$	40	الطفل
		جناح العمليات
$Q = 40 + [(nS - 1)10/4]$	40	المخدر
$Q = 40 + [(n - 1)40/4]$	40	تحسن مابعد التخدير
$Q = 40n$	40	الوحدة الوليدية
		أقسام التشخيص
$Q = 40 + [(n - 1)40/4]$	40	كافة الغرف
		جناح إقامة المرضى الداخلي
$Q_w = 20 + [(n - 1)10/4]$	20	جناح إقامة (غرف إقامة + غرفة معالجة)
$Q_d = Q_w[1 + (nW - 1)/2]$	20	قسم من عدة أجنحة
$Q = 20 + [(n - 1)10/4]$	20	قسم أمراض الكلية
$Q = 80 + [(n - 1)80/2]$	80	وحدات العناية المركزة

6-2-5-3-ب التدفق المستخدم للهواء الجراحي:

يتم حساب التدفق المستخدم للهواء الجراحي وفق الجدول (6-7):

الجدول (6-7) علاقات حساب التدفق التصميمي المستخدم للهواء الجراحي [8]

القسم	التدفق التصميمي للمأخذ	علاقات حساب التدفق المستخدم
غرفة العمليات (أعصاب ، عظمية)		
غرف العمليات > 4	350	$Q = 350 + [(n - 1)350/2]$
غرف العمليات < 4	350	$Q = 350 + [(n - 1)350/4]$
غرف خدمة الأجهزة	350	$Q = 350$

6-2-5-4 التدفق المستخدم للفاكيوم:

يمكن حساب التدفق المستخدم للفاكيوم (التخلية) في أقسام المستشفى وفق الجدول (6-8):

الجدول (6-8) علاقات حساب التدفق التصميمي المستخدم للفاكيوم [8]

القسم	التصميمي التدفق	علاقات حساب التدفق المستخدم
قسم الطوارئ والإسعاف		
غرفة الإنعاش	40	$Q = 40 + [(n - 1)40/4]$
غرفة المعالجة/التجبير الأساسية	40	$Q = 40 + [(n - 1)40/4]$
غرفة التحسن مابعد التخدير	40	$Q = 40 + [(n - 1)40/4]$
غرفة المعالجة	40	$Q = 40 + [(n - 1)40/8]$
قسم العمليات		
غرفة العمليات :		
المخدر	40	$Q = 40$
الجراح	40	$Q = 40$
أجنحة عمليات	40	$Q_s = 80 + [(nS - 1)80/2]$
غرفة الإنعاش	40	$Q = 40 + [(n - 1)40/4]$
قسم الأمومة		
غرف الولادة		
الأم	40	$Q = 40 + [(n - 1)40]/4$
الطفل	40	-
جناح العمليات		
المخدر	40	$Q = 40$
أخصائي الولادة	40	$Q = 40$
إنعاش	40	$Q = 40 + [(n - 1)40/4]$
الوحدة الوليدية	40	$Q = 40 + [(n - 1)40/4]$
جناح إقامة داخلي		
جناح إقامة	40	$Q = 40$
قسم من عدة أجنحة	40	$Q = 40 + [(n - 1)40/2]$

أقسام التشخيص		
كافة الغرف	40	$Q = 40 + [(n - 1)40/8]$
جناح إقامة المرضى الداخلي		
جناح إقامة	40	$Q = 40$
قسم من عدة أجنحة	40	$Q_d = 40 + [(n - 1)40/4]$
قسم أمراض الكلية	40	$Q_d = 40 + [(n - 1)40/4]$
وحدات العناية المركزة	40	$Q = 40 + [(n - 1)40/4]$
قسم المرضى الخارجيين		
غرفة المعالجة/عيادة	40	$Q = 40 + [(n - 1)40/8]$

6-2-5-5 التدفق المستخدم لأنظمة طرد فائض غازات التخدير:

يمكن حساب التدفق المستخدم في أنظمة طرد فائض غازات التخدير لأقسام المستشفى وفق الجدول (6-9):

الجدول (6-9) علاقات حساب التدفق التصميمي المستخدم لأنظمة طرد فائض غازات التخدير [8]

القسم	التدفق التصميمي للمأخذ	علاقات حساب التدفق المستخدم
قسم الإسعاف	V	$Q = V + [(n - 1)V/4]$
العمليات	V	$Q = V + (nT - 1)V$
الأمومة: غرفة العمليات	V	$Q = V + (nS - 1)V$
قسم التشخيص	V	$Q = V + [(n - 1)V/4]$
أقسام أخرى	V	$Q = V + [(n - 1)V/8]$

حيث $V=80 \text{ L/min}$ أو $V=130 \text{ L/min}$.

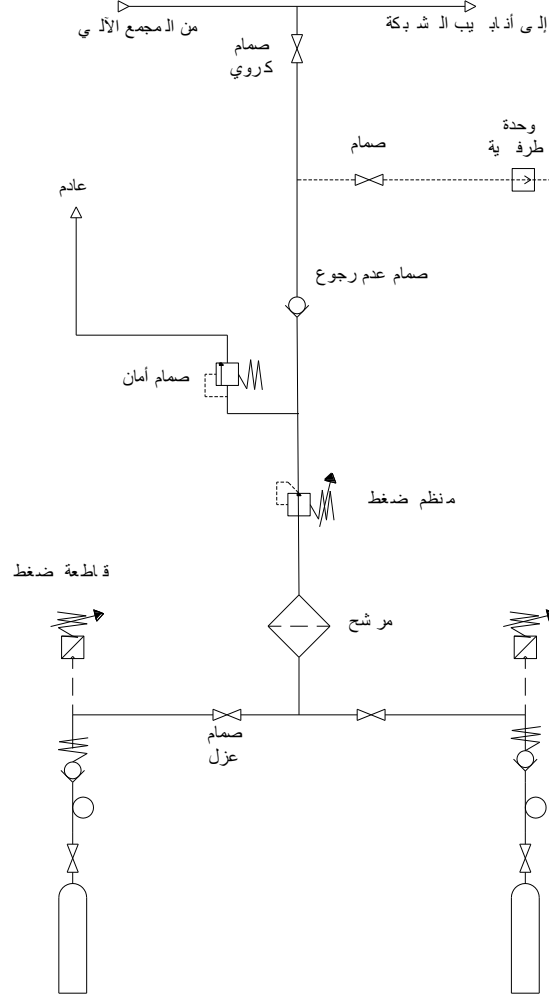
6-2-6 مجمع اسطوانات غازات مضغوطة:

يمكن استخدام مجمع الاسطوانات كمصدر تزويد رئيسي أو ثانوي للغاز، حيث يكون لكل منهما مواصفات وفق ما يلي:

6-2-6-1 مصدر التزويد الرئيسي:

6-2-6-1-أ مبادئ عامة:

- هذا النظام عبارة عن مجمع آلي يتألف من كتلتين اسطوانتين متساويتين في العدد، توصل كل منهما إلى الشبكة عبر لوحة تحكم، حيث يتم التبديل من كتلة الاسطوانتين التي تقوم بالتزويد "خدمة" عند نفاذها، إلى الكتلة الأخرى "انتظار" بشكل آلي [2,8] حيث يبين الشكل (5-6) الأجزاء الرئيسية لهذا المجمع.



الشكل (5-6) مجمع اسطوانات غاز مضغوط [8]

- يجب أن يعمل المبدل الآلي عند ضغط اسطوانات يضمن الاستهلاك الممكن الأعلى لمحتوى الاسطوانة من الغاز.
- إذا كان عمل المبدل يعتمد على الطاقة الكهربائية فيجب التصميم بحيث لا يحدث انقطاع تدفق الغاز عند انقطاع التيار الكهربائي.
- يجب تصميم المجمع ولوحة التحكم لاستخدام اسطوانات ذات ضغط (230 bar)، والاسطوانات المستعملة لها ساعات اسمية ومستعملة مبينة في الجدول (6-10):
الجدول (6-10) السعة الاسمية والمستعملة لاسطوانات المجمع [1,8]

نوع الاسطوانة	السعة الاسمية (ليتر) عند ضغط (137 bar)	السعة المستعملة (ليتر)	سعة الاسطوانة بالماء (ليتر)
الأكسجين نوع J	6,800	6,540	7,2
أكسيد النيتروس نوع J	18,000		23,6
أكسيد النيتروس نوع G	9,000	8,900	
هواء طبي نوع J	6,400	6,220 5,550	7,2

- أما ألوان اسطوانات المجمع فهي واردة في الجدول (6-11)

الجدول (6-11) الألوان القياسية لاسطوانات المجمع [26]

الغاز	الجزء العلوي	الجسم
الأكسجين	أبيض	أسود
أكسيد النيتروس	أزرق	أزرق
الهواء المضغوط	أسود و أبيض	رمادي

- يجب تركيب صمامات عدم رجوع لمنع تفريغ الاسطوانات في حال حدوث عطل ما، و أنبوب انفلات الغاز ووصلات مرنة غير معدنية لربط الاسطوانات مع المجمع.
- يجب تركيب مقياس ضغط لإظهار الضغط في كل وحدة اسطوانات، وكذلك في شبكة الغازات الطبية.
- يجب أن يكون المجمع قادر على تغطية تدفق الشبكة الكامل.
- يجب أن يكون مجمع المصدر الرئيسي قادراً على تغذية المستشفى بالغاز لمدة أسبوع، حيث يتم تحديد عدد اسطوانات كل كتلة بحيث يمكنها تغذية المستشفى بالغاز لمدة يومين ويتم تخزين عدداً من الاسطوانات قادرة على تغذية المستشفى بالغاز لمدة ثلاثة أيام في مخزن خاص [1,8].
- يجب تخزين اسطوانات الغاز في مخزن مستقل، وذو مواصفات مشابهة قدر الإمكان من غرفة المجمعات [9].

6-2-6-1 ب تنظيم ضغط المجمع:

- يجب ضبط الضغوط بواسطة منظم ضغط عالي وفق ما ورد في الفقرة (6-2-4).
- يجب تركيب صمامات تنظيم ضغط مستقلة لمجموعي اسطوانات المجمع (خدمة، انتظار).

- يجب أن يكون صمام الأمان ذاتي الإغلاق ويتم تركيبه بعد منظم ضغط المجمع وقبل صمام العزل الرئيسي، كما يجب تركيب صمام أمان بين وحدة الاحتياط وشبكة التوزيع.
- يجب تركيب أنبوب تفريغ ويكون ذو حجم أكبر من حجم أنبوب الشبكة الرئيسي، يقوم بالتفريغ إلى الهواء الجوي مباشرةً بعيداً عن المناطق المأهولة، كما يجب أن يكون هذا الأنبوب مرئياً بوضوح ومحمياً من الصقيع و الرطوبة و ملتقاً نحو الأسفل.

6-2-1-ج نظام الإنذار والتنبيه:

يقوم نظام التنبيه ببيان حالة المجمع والمحطة المركزية ككل في أثناء العمل ويحتوي على مؤشرات تعمل كما في الجدول (6-12).

الجدول (6-12) كيفية عمل نظام المراقبة في المحطة المركزية ذات مجمع الاسطوانات [8]

المؤشر	لون الإشارة	الدلالة
"تغذية رئيسية"	أخضر	
"عمل"	أخضر	تحديد الوحدة (الخدمة - الانتظار) العاملة
"فارغ"	أصفر	فراغ وحدة الخدمة وحدث التبديل إلى الوحدة الانتظار
"ضغط منخفض"	أصفر	انخفاض ضغط وحدة الانتظار إلى حدود الضغط المنخفض
مؤشر لكل وحدة احتياط	أصفر	انخفاض ضغط الوحدة تحت (14 bar) بالنسبة لـ N ₂ O، وتحت (68 bar) بالنسبة للغازات الأخرى.
"ضغط شبكة منخفض"	أحمر	انخفاض ضغط الأنابيب بنسبة (20%) عن الضغط الاسمي
"ضغط شبكة مرتفع"	أحمر	ارتفاع ضغط الأنابيب بنسبة (20%) عن الضغط الاسمي

6-2-2-مصدر التزويد الثانوي:

- وهو عبارة عن مجمع يستعمل في حالات الطوارئ أو للسماح بالقيام بأعمال الصيانة.
- يتألف من كتلتين من الاسطوانات يتم تحديد عددهما بحيث يكون قادراً على تزويد الشبكة بالغاز لمدة 4 ساعات على الأقل.

- من المفيد في المستشفيات الكبيرة أن يكون مصدر التزويد الثانوي عبارة عن خزان غاز مسال أو اسطوانات غاز سائل.
- يجب وضع المصدر الثانوي مع المصدر الرئيسي في غرفة المجمع نفسها، بحيث يقوم بتزويد الغاز للشبكة بشكل آلي ومباشر في حالات الطوارئ عن طريق صمام عدم رجوع.

3-6-2-6 مصدر التزويد الاحتياطي:

وهو مصدر التغذية الثالث ويمكن أن يكون عبارة عن مجمع اسطوانات يدوي / آلي، يتم وصله إلى الشبكة عبر وصلة (NIST) خاصة بالغاز، أو أنه عبارة عن اسطوانات غاز محلية يربط إليها مخفض ضغط ومقياس تدفق وصمام [8].

7-2-6 المحطة المركزية لغاز الأكسجين:

1-7-2-6 مقدمة:

- إن تحديد نوع المحطة المركزية لنظام الأكسجين يتم بالاعتماد على مجموعة من العوامل:
- متوسط الغاز اليومي المستخدم لفترة 12 شهر.
 - تدفق الغاز اليومي الأعلى المعتمد على التدفق في أوقات الذروة في المستشفى.
 - التوسع والتطور الممكن للمستشفى أو لشبكة الأنابيب.
 - بالنسبة للمستشفيات الجديدة فإن نوع وحجم المستشفى يعتبران العاملين الرئيسيين لتحديد شكل المحطة.

ولذلك فإنه من أجل المستشفيات الصغيرة وعندما يكون حجم الغاز المستهلك أقل من (3000 $m^3 / year$) فإنه من المفيد استخدام مجمع اسطوانات أكسجين مضغوط، بينما إذا كان حجم الاستهلاك بين (3000-40000 $m^3 / year$) فإنه لابد من استخدام مجمع اسطوانات أكسجين سائل، بالإضافة إلى أنه عندما يصبح الاستهلاك بين (27500-40000 $m^3 / year$) فإنه يكون بالإمكان استخدام خزان أكسجين سائل عالي التبريد، حيث أن النوعين الأخيرين يوفران حجماً تخزينياً كبيراً لغاز الأكسجين ويخفضان عدد اسطوانات الأكسجين اللازمة [1].

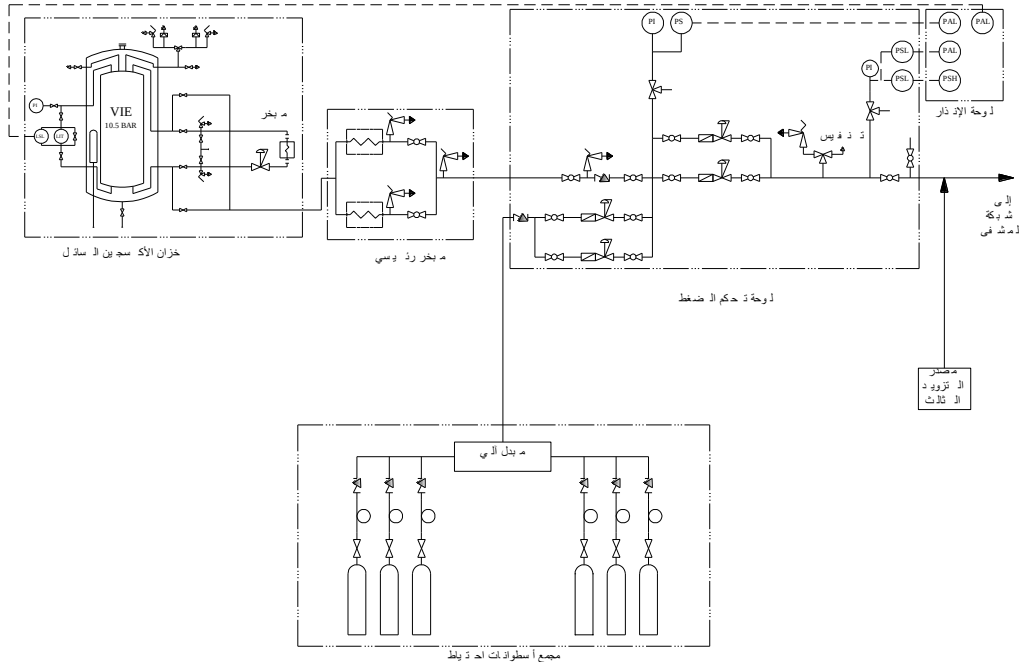
ومن أجل تحديد حجم محطة الأكسجين السائل فإنه لابد من أخذ العوامل التالية بالاعتبار:

- حاجة المستشفى المتوسطة من غاز الأكسجين.
- التوسع المستقبلي المحتمل.
- تردد التزود بالغاز، والمسافة الفاصلة بين المستشفى ومورد الغاز [8].

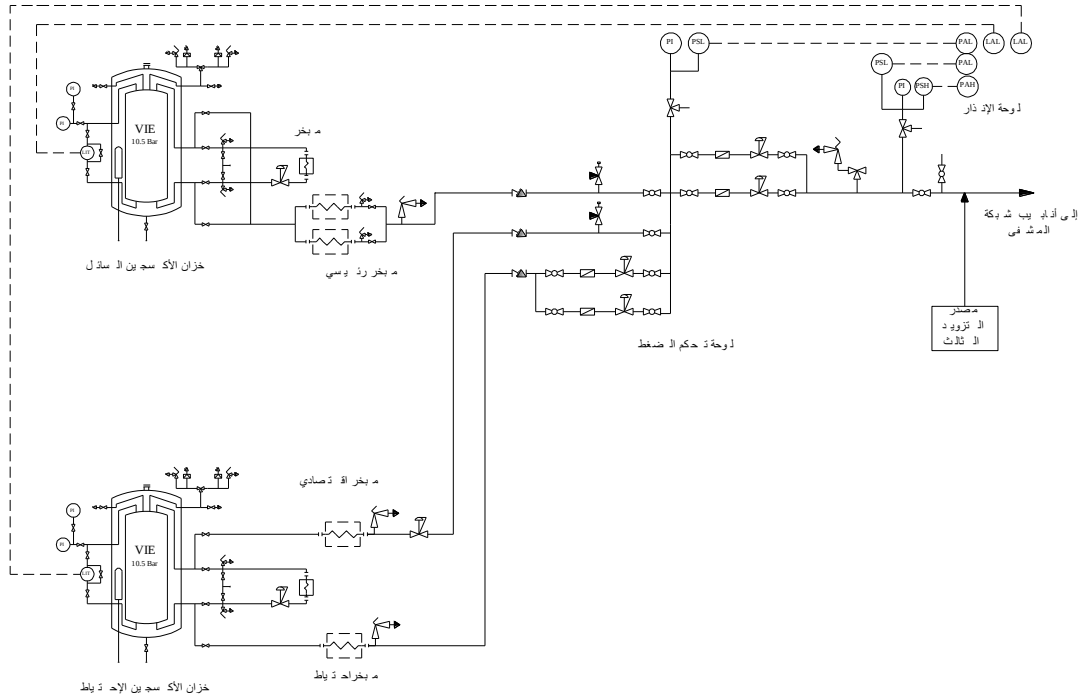
2-7-2-6 المحطة المركزية ذات خزان الأكسجين السائل:

يشار عادة لهذه المحطات بـ VIEs (vacuum insulated evaporators) حيث أنها تتكون من:

- عبارة عن خزان ضغط عالي التبريد VIE مصنوع من الحديد المقاوم للصدأ مدعم ضمن وعاء خارجي آخر ويستخدم لتخزين الأكسجين السائل عند درجات منخفضة جداً (أدنى من -183°C) وهي درجة تحويل الأكسجين إلى سائل، والذي يعتبر مصدر التزويد الرئيسي، حيث يتم تحديد سعته اعتماداً على حاجة المستشفى اليومية والتوسع المحتمل لها، وسابقاً حدد المعيار HTM 2022 سعة خزان الأكسجين السائل بحيث يكون قادراً على تزويد المستشفى بالغاز لمدة 14 يوم [1].
- نظام رفع الضغط : يتم ضبط ضغط الـ VIE بشكل آلي بواسطة منظم رفع الضغط والذي يضبط تدفق السائل إلى مبخر رفع الضغط حسب الحاجة.
- نظام تبخير رئيسي: والذي يقوم بتحويل السائل إلى غاز عند درجة الحرارة المحيطة.
- لوحة تحكم: تعمل على تخفيض ضغط الأكسجين الغازي قبل تدفقه في شبكة الأنابيب، وذلك باستخدام منظمي ضغط.
- نظام القياس عن بعد: يقوم هذا النظام بمراقبة وتسجيل محتوى وضغط الخزان بشكل دائم، حيث تُستخدم هذه البيانات لمعرفة مستويات السائل ونسبة الاستهلاك.
- مصدر تزويد ثانوي يدخل في الخدمة عند فشل المحطة في تزويد الغاز، ويمكن أن يكون إما مجمع اسطوانات غاز أكسجين مضغوط آلي كما في الشكل (6-6)، أو خزان VIE آخر كما في الشكل (6-7).



الشكل (6-6) مخطط تفصيلي لمحطة VIE مع مجمع اسطوانات غاز مضغوط [8]



الشكل (6-7) مخطط تفصيلي لمحطة VIE مع وحدة خزان سائل [8]

- مصدر غاز احتياط (مصدر ثالث) يعمل بشكل آلي عند فراغ المصدر الرئيسي والثانوي، أو تعطلهما أو انخفاض ضغط الشبكة إلى الضغط (3.8 bar)، و يكون هذا المصدر عادة عبارة عن مجمع اسطوانات غاز مضغوط، يربط إلى المحطة عبر بوابة دخول للطوارئ.
- كما نجد مثل هذا المجمع مربوطاً إلى شبكة الأنابيب بشكل دائم عبر صمام عدم رجوع بعد وحدات مراقبة صمام المنطقة AVSUs الخاصة بوحدات العناية المركزة، أو أن يكون هذا المجمع متنقلاً من أجل بقية أقسام المستشفى [8].

عند اختيار موقع إقامة محطة الـ VIE يجب مراعاة الشروط التالية:

- يجب أن يكون الـ VIE بالإضافة إلى لوحة التحكم ومجمع الاحتياط ضمن منطقة محاطة بسور بالقرب من المستشفى، ويمكن الوصول إليها بطريق جيد وعريض ومتاح في أي وقت.
- يجب استخدام هذه المحطة لغرض تخزين الأكسجين السائل والسوائل الغير قابلة للاحتراق والعالية التبريد فقط، وعدم استخدامها كمخزن للأسطوانات الفارغة و الممتلئة.
- يجب عدم وضع خزان السائل ضمن البناء بل خارجه، ويتم تثبيته فوق قاعدة إسمنتية.
- يجب أن يكون موقع المحطة سهل الوصول من قبل عربات إعادة تعبئة الخزان.
- تحدد مسافات الأمان الفاصلة بين المحطة والطريق أو الأبنية أو أماكن تخزين النفط أو المواد القابلة للاشتعال وغيرها حسب سعة خزان الأكسجين السائل، فإذا كانت سعته حتى (20 طن) فتكون مسافة الأمان الواجبة (5 متر) على الأقل، أما إذا كانت السعة أعلى من (20 طن) فتكون المسافة (8 متر) كحد أدنى.

- أما بالنسبة لأنظمة الإنذار فهي يجب أن تبين حالة مصادر الغاز الثلاثة وعلى مدار اليوم، كما هو موضح في الجدول (6-13).

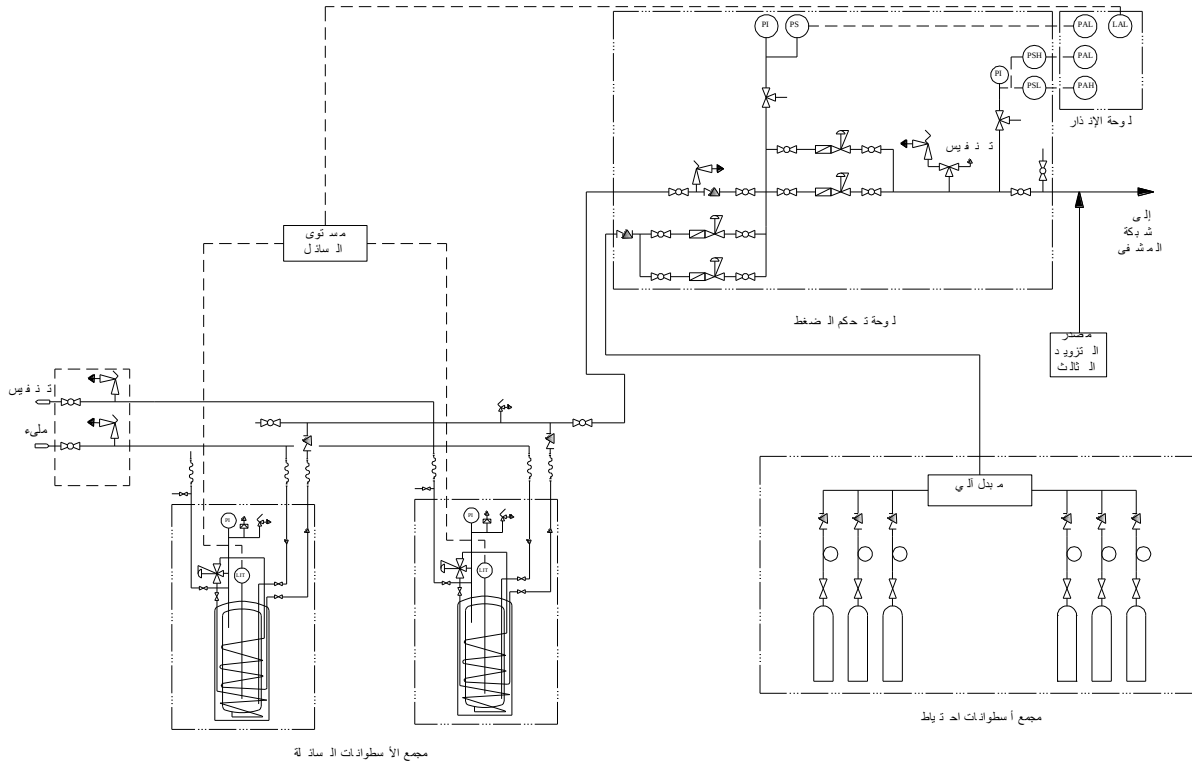
الجدول (6-13) كيفية عمل نظام المراقبة في محطة الـ VIE [8]

الحالة	المؤشر	الدالة
تشغيل طبيعي النظام قابل للاستخدام	أخضر	طبيعي
مخزون التشغيل للمصدر الرئيسي فارغ واستخدام المخزون الاحتياطي للمصدر	أصفر	إعادة تعبئة السائل
المخزون الاحتياطي للمصدر الرئيسي فارغ واستخدام المصدر الثانوي	أصفر	إعادة التعبئة بشكل فوري
المصدر الثانوي فارغ واستخدام مصدر الاحتياط	أصفر	المصدر الاحتياطي في الخدمة
ضغط الأنابيب عالي أو منخفض	أحمر	خطأ في الضغط

6-2-7-3 المحطة المركزية ذات مجمع اسطوانات الأكسجين السائل:

وهي تتميز بأنها:

- تتألف من مجمع اسطوانات ذات جدران مضاعفة تستخدم لخرن الغازات الطبية على شكل سائل تحت درجات حرارة منخفضة كمصدر رئيسي.
 - وتمتلك هذه الاسطوانات مبخراً داخلياً لتحويل السائل إلى غاز، بالإضافة إلى لوحة تحكم لتنظيم ضغط وتدفق الغاز إلى شبكة الأنابيب.
 - تتراوح سعة هذه الاسطوانات بين (1000-200) لتر ماء.
 - يتم تركيب الاسطوانات عادةً بشكل ثابت وتزود بوصلة لتتم إعادة التعبئة في المكان.
 - تمتلك المحطة مصدر تزويد ثانوي وهو عبارة عن مجمع اسطوانات غاز أكسجين مضغوط، يزود المستشفى بالغاز بشكل آلي عند فشل المصدر الرئيسي.
 - وكذلك تمتلك المحطة مصدر تزويد احتياط، وهو عبارة عن مجمع اسطوانات يدعم مناطق العناية المركزة في المستشفى، أو عبارة عن اسطوانات محلية.
- أما المخطط التفصيلي لهذه المحطة فهو مبين في الشكل (6-8):



الشكل (6-8) مخطط تفصيلي لمحطة مركزية ذات مجمع اسطوانات الأكسجين السائل [8]

4-7-2-6 المحطة المركزية ذات مكثف الأكسجين (محطة الـ PSA):

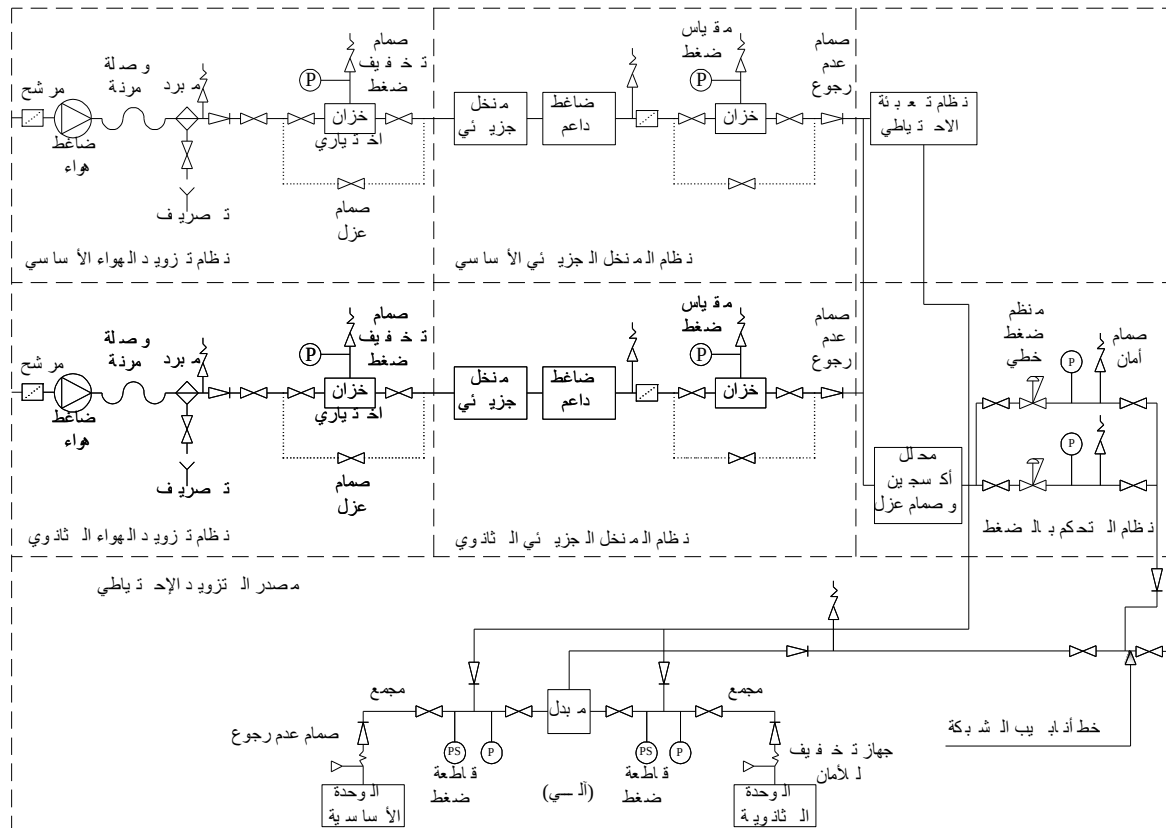
يتم اللجوء إلى استخدام مثل هذه المحطات عندما يكون من غير الممكن استخدام المحطات الأخرى، كأن يكون موقع المحطة لا يحقق عوامل الأمان المطلوبة لخزان الأكسجين السائل، أو يكون بعيداً وغير مخدم بشكل جيد [1].

وفي هذه المحطة يستخدم نظام PSA كمصدر تزويد رئيسي، ومجمع اسطوانات غاز مضغوط قادر على تغذية المستشفى بالغاز لمدة 4 ساعات على الأقل كمصدر ثانوي، أما مصدر الاحتياط فيكون عبارة عن عدد من اسطوانات الغاز المخزنة [8].

وفي نظام PSA تعمل المكثفات أو كما تسمى المناخل الجزيئية على تكثيف غازات الغلاف الجوي تحت الضغط فوق مواد ذات طبيعة كيميائية خاصة، فيتم بذلك تحرير غاز الأكسجين ثم يُخزن ويرسل للاستخدام، ويتم عادةً تركيب زوجين من المناخل الجزيئية يقوم أحدهما بعملية التكثيف بينما يقوم الآخر بعملية توليد الأكسجين، وخلال هذه العملية يتم إطلاق الغازات الأخرى وبخاصة النيتروجين إلى الغلاف الجوي، ويصل تركيز غاز الأكسجين الناتج عن مثل هذه المحطات إلى (95 %) والجزء الباقي يتكون من الأرجون وقليل من النيتروجين، أما المخطط التفصيلي لمحطة PSA نموذجية فهو مبين بالشكل (6-9).

حيث نجد أنها تتألف من الأجزاء الرئيسية التالية:

- ضاغط هواء ومضخة تخلية واحدة (في بعض الأنظمة) تستخدم خلال عملية التكثيف / التوليد.
- خزان لتخزين الهواء.
- فلاتر ومنظمات.
- نظام تكثيف يتكون من زوجين من المناخل الجزئية تُدمج عادةً مع أجهزة تجفيف.
- نظام مراقبة الأكسجين حيث يجب أن تشمل كل محطة PSA على نظام لضبط معايرة الأكسجين ويتكون من محلل أكسجين ومؤشر تركيز الأكسجين وضابط تدفق الأكسجين ومسجل تدفق / تركيز الأكسجين، فعندما يصبح تركيز الأكسجين أدنى من (94 %) يقوم نظام المراقبة بعزل نظام الـ PSA عن شبكة التوزيع ويعمل مجمع الاحتياط.
- نظام تشغيل: يقوم بالوظائف التالية:
 - إغلاق الضواغط، ويجب التأكيد على عدم عمل الضواغط معاً بل بشكل متناوب.
 - إغلاق مضخة التخلية (حال وجودها).
 - التحكم بالمجففات (عندما تتركب بشكل مستقل).
 - التحكم بالمناخل الجزئية.
 - مراقبة حالات المحطة و إظهار الإشارات الخاصة.



الشكل (6-9) مخطط تفصيلي للمحطة المركزية ذات مكثف الأكسجين (محطة الـ PSA) [8]

- نظام التأشير والإنذار: يقوم هذا النظام بإظهار إشارات تبين حالة عمل أجزاء المحطة ، حيث يجب تركيب مؤشرات لكل ضاغط وفق الجدول (6-14):

الجدول (6-14) كيفية عمل وحدة الإنذار والإشارة للضاغط في محطة PSA [8]

الحالة	لون الإشارة
"تزويد رئيسي"	أخضر
"خطأ في دارة التحكم"	أصفر
"خطأ حمل زائد"	أصفر
"درجة حرارة المبرد مرتفعة"	أصفر
"درجة حرارة الضاغط مرتفعة"	أصفر
"فشل الضاغط"	أصفر

بينما تعمل المؤشرات الخاصة بنظام التكتيف (مناخل جزئية ومجففات) وفق الجدول (6-15) :

الجدول (6-15) كيفية عمل وحدة الإنذار والإشارة لنظام التكتيف في محطة PSA [8]

الحالة	الدلالة	لون الإشارة
"تزويد رئيسي"		أخضر
"خطأ في تركيز الأكسجين"	تركيز الأكسجين أقل من (94 %)	أصفر
"خطأ في الضغط"	ضغط الخزان أقل بـ (0.5bar) عن ضغط القطع للبديل	أصفر
"خطأ في المجفف"	الجفاف أعلى من (67 ppm)	أصفر

كما يخصص مؤشر يضئ بضوء أصفر عندما تتم تغذية المستشفى من وحدة الاحتياط، وينخفض الضغط في كل مجموعة اسطوانات إلى مادون (50 %) عن ضغط الاسطوانات الطبيعي، وكذلك هناك مؤشر يضئ بضوء أحمر عندما يحدث أي خلل في ضغط أنابيب الشبكة.

6-2-8 تصميم المحطة المركزية لشبكة الهواء الطبي (400kPa):

يجب أن تكون هذه المحطة في مكان يسهل الوصول إليه من أجل أعمال الصيانة والتبديل، وبحيث يؤمن هذا المكان تدفق تيار هواء كافٍ ليصار إلى ضغطه بواسطة المحطة وضخه إلى خزان، وكذلك يستخدم هذا التيار في عملية تبريد الضواغط والهواء المضغوط.

ويجب أن تؤمن هذه المحطة هواء طبي ذا مواصفات خاصة محددة في دستور الأدوية الأوروبية وفق ما ورد في الفصل الثاني، وفي المعيار الإنكليزي BS EN 132 كما ورد في الجدول (6-16).

الجدول (6-16) يبين مكونات الهواء الطبي وفق المعيار الإنكليزي BS EN 132

المادة	القيمة
أكسجين	20.9±1.0%
نيتروجين	78%
CO ₂	500 ppm v/v
CO	5 ppm v/v
رائحة	لا يوجد
جزيئات ملوثة	يجب أن تكون العينة (75L) خالية من أي جزيئات مرئية

ويمكن أن تكون هذه المحطة بأحد الشكلين الآتيين:

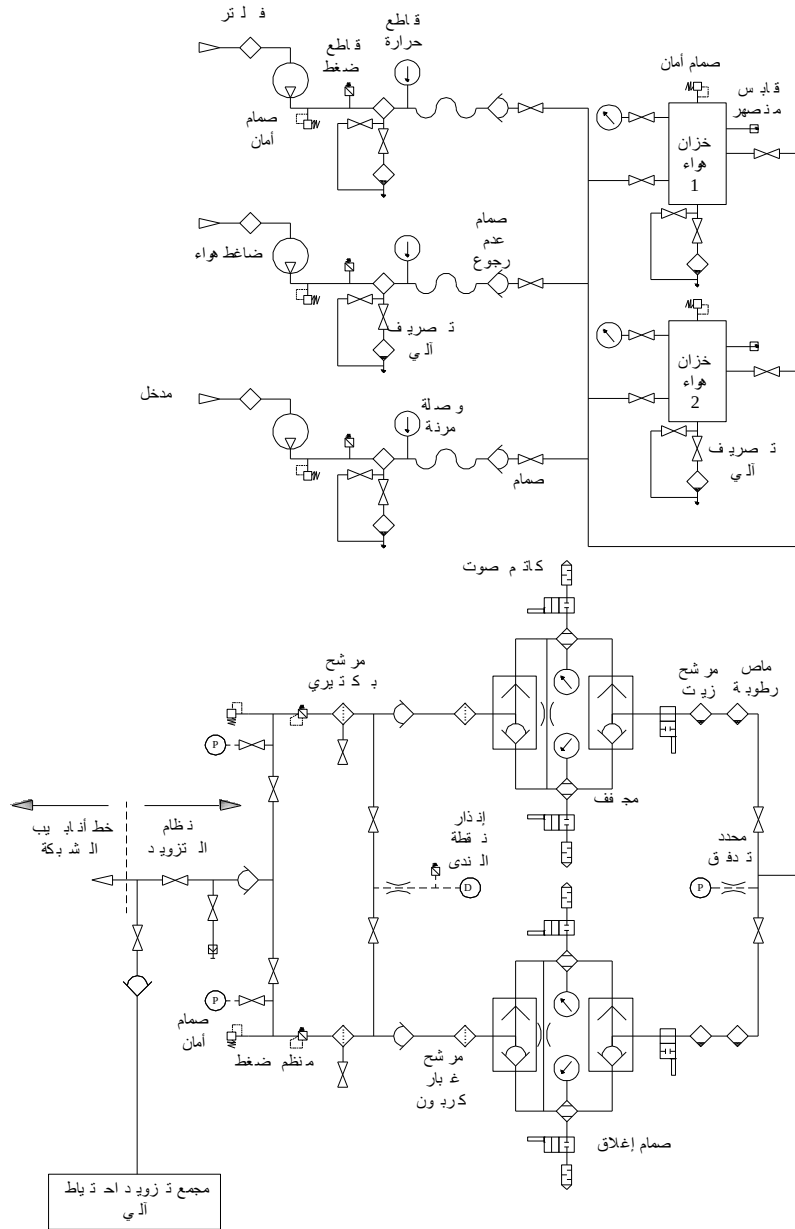
6-2-8-1 المحطة المركزية ذات الضاغط:

يمكن أن تزود المستشفى بالهواء الطبي والهواء الجراحي بواسطة محطة واحدة أو من محطتين منفصلتين، وبما أن الهواء الجراحي عادةً يُزود بتدفقات وضغوط عالية ويكون عدد المآخذ المستخدمة قليلاً، بينما يلزم الهواء الطبي بتدفقات أخفض بكثير ولكن عدد المآخذ المستخدمة كبيراً، لذلك فإن تزويد المستشفى بالهواء عن طريق محطتين منفصلتين يؤدي إلى تكاليف تشغيل أخفض [8].

وفي هذه المحطة يمكن استخدام نظام ضاغط مضاعف كمصدر رئيسي للهواء المضغوط، ومجمع اسطوانات هواء مضغوط قادر على تغذية المستشفى بالغاز لمدة 4 ساعات على الأقل كمصدر ثانوي، أما مصدر الاحتياط فيمكن أن يكون مجمع اسطوانات يدعم مناطق العناية المركزة أو اسطوانات محلية، كما يمكن أن تأخذ المحطة شكلاً آخر بأن يتألف نظام ضاغط الهواء من ثلاثة ضواغط، يستخدم اثنين منها كمصدر أولي بينما يستخدم الضاغط الثالث كمصدر ثانوي، وعندها يجب أن يكون مصدر الاحتياط عبارة مجمع اسطوانات هواء مضغوط قادر على تغذية المستشفى بالغاز بشكل كامل [8].

وبذلك يمكن أن تأخذ المحطة المركزية للهواء الطبي المضغوط الشكل (6-10) حيث تتكون من الأجزاء التالية:

- **الضواغط:** يجب تركيب ضاغطين على الأقل كما يمكن تركيب ثلاثة أو أربعة ضواغط حيث يجب في الحالة الأخيرة أن يكون كل ضاغط قادر على تزويد (50 %) من التدفق التصميمي، ويمكن أن تكون هذه الضواغط ضواغط مكبسية تبادلية أو ضواغط مروحية دوارة أو ضواغط لولبية دوارة، كما يجب تركيب قناة لكل ضاغط لتأمين تدفق تيار هواء يكون على ارتفاع 5 م عن مستوى الأرض لتفادي أي تلوث محتمل، و فلتر لتنقية الهواء الداخل، وكاتم صوت للتخفيف من الضجيج.



الشكل (6-10) مخطط تفصيلي للمحطة المركزية للهواء الطبي ذات الضاغط [8]

- **المبردات:** وتستخدم لتبريد الهواء بعد ضغطه، ويلزم تركيب قناة لتأمين الهواء اللازم في عملية التبريد.
- **خزان الهواء:** يتم تحديد سعة الخزان بحيث تكون مساوية لـ (50 %) من خرج الضاغط في دقيقة واحدة عند ضغط العمل، أما بالنسبة لعدد الخزانات اللازم فيكون تبعاً للتدفق التصميمي فإذا زاد التدفق عن (500 L/min) وجب تركيب خزانين.
- **وحدة معالجة الهواء والفلتر:** تستخدم هذه الوحدة لمنع التلوث وللحصول على هواء طبي بمواصفات الخاصة المطلوبة، وتتألف من:
 - فلتر: تتم عملية الفلتر في مواضع مختلفة من الشبكة، ومن أجل أغراض مختلفة، حيث يتم تركيب فلتر سحب (5 µm) من أجل إيقاف الجسيمات الصلبة القذرة، وفلتر

- للغبار لإزالة الجسيمات ($1 \mu m$)، كما يجب تركيب فلاتر كربونية لإزالة الرائحة، وفلاتر بكتيرية تعمل على إزالة الجزيئات إلى المستوى ($0,01 mg / m^3$).
- مجففات: للتخلص من بخار الماء الموجود في الهواء، وينصح لهذا الغرض استخدام مجففات تنشيف وليس مجففات تبريد.
- فاصل للزيت: يتواجد الزيت في الهواء على شكل بخار أو قطيرات، فيقوم الفاصل بتكثيف هذا الزيت وتصريفه، بحيث يكون مستوى الزيت في الهواء ($0,01 mg / m^3$).
- **وحدة ضبط الضغط:** يجب أن تعمل هذه الوحدة على المحافظة على الضغوط الاسمية للشبكة ضمن الحدود المحددة، حيث يتم تركيب مخفضا ضغط مع صمامات عزل مناسبة.
- **وحدات التصريف الآلي:** تتركب مثل هذه الوحدات لتصريف النواتج الصادرة عن المبردات والفلاتر وأجهزة الفصل إلى مصارف مجهزة لهذا الغرض.
- **مجموعة صمامات:** يتم تركيب صمامات مختلفة في مواضع مختلفة من الشبكة كما هو موضح في الشكل (6-7) ومن أجل أغراض مختلفة وهي:
 - صمام أمان: ويكون ذو ساعات إطلاق مختلفة، ويركب بعد مخفضات الضغط وغيرها، حيث يقوم بإطلاق التدفق المطلوب.
 - صمام عدم رجوع: ويستخدم هذا الصمام لمنع التدفق الخلفي للهواء.
 - صمام عزل: ويركب هذا الصمام لتسهيل عملية صيانة أو استبدال مكونات المحطة.
- **نظام التشغيل:** يقوم بالوظائف التالية:
 - التحكم بكافة أجزاء المحطة.
 - التحكم بإقلاع الضواغط بحيث لا تعمل الضواغط معاً بل بشكل متناوب.
 - التحكم بالمجففات.
 - مراقبة حالات المحطة وإظهار الإشارات الخاصة.
- **نظام التأشير و الإنذار:** يقوم هذا النظام بإظهار إشارات تبين حالة عمل أجزاء المحطة وذلك بشكل مشابه لنظام التأشير والإنذار في محطة الـ PSA (ماعدا فيما يتعلق بالمناخل الجزيئية).

2-8-2-6 المحطة المركزية ذات المازج:

تقوم هذه المحطات بإنتاج الهواء الصناعي ذو تركيب خاص وذلك بمزج كل من غازي الأكسجين والنيتروجين ضمن مازج ثم ضخه في شبكة الأنابيب، حيث يُستخدم خزاناً VIE من الأكسجين السائل والنيتروجين السائل، ومجموعة الخزانات والمازج هما المصدر الرئيسي للمحطة، أما المصدر الثانوي

فهو عبارة عن مجموعة خزائين ومزج يتم تركيبها لضمان الاستمرار في التغذية حال حدوث خلل ما في المصدر الرئيسي، أما مصدر الاحتياط فيكون عبارة اسطوانات هواء مضغوط، وعند اعتماد هذا الشكل من المحطات فإنه يمكن عندها استخدام النيتروجين بدلاً من الهواء الجراحي لتشغيل الأدوات الجراحية.

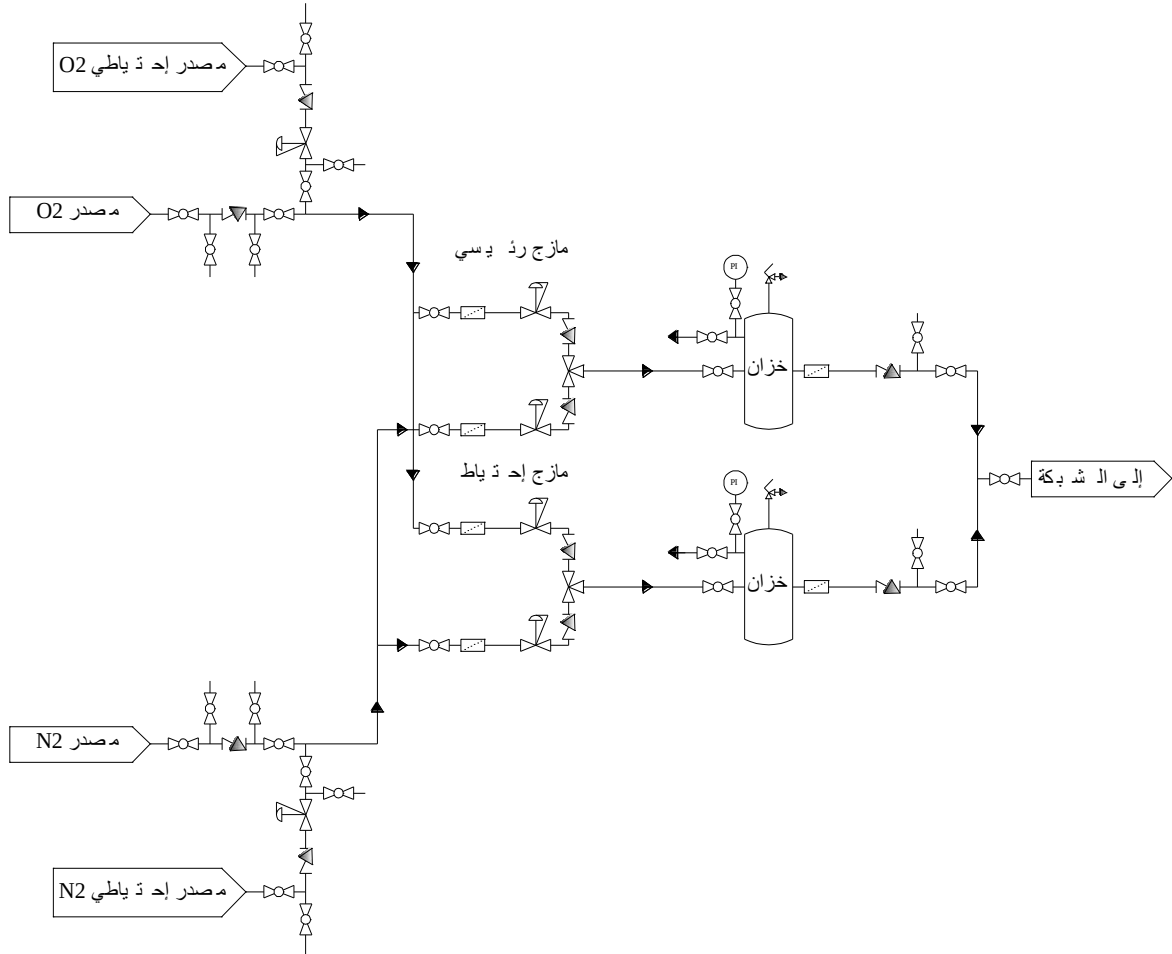
أما الأجزاء الرئيسية للمحطة المركزية للهواء الصناعي فهي مبينة في الشكل (6-11):

- **خزانات الغاز السائل:** تحتاج مثل هذه المحطات إلى 4 خزانات:
 - خزانات أساسيان: ويستخدمان كمصدر أساسي لغازي الأكسجين والنيتروجين.
 - خزانات ثانويان: ولهما حجم أصغر يُحدد تبعاً لحاجة المستشفى من الهواء. كما تزود هذه الخزانات بأنظمة قياس عن بعد لمراقبة محتواها بشكل دائم، حيث ينطلق إنذار "مستوى منخفض" عندما يصل مستوى السائل في الخزائين الأساسيين إلى (25%)، و كذلك عندما يصل المستوى إلى (50%) في الخزائين الثانويين.
- **مبخرات:** يتم تحديد سعة المبخرات الرئيسية والثانوية بحيث تؤمن (التدفق المطلوب $\times 1,5$) لمدة 24 ساعة.
- **لوحة تحكم:** تعمل هذه اللوحة على تخفيض ضغط غاز الأكسجين وضبط ضغط النيتروجين الغازي.
- **مازج الهواء:** يتم في هذه الوحدة مزج كل من الأكسجين والنيتروجين الداخلين حيث يجب تركيب جهاز تحليل أكسجين خاص لكل مازج لمراقبة تركيز الأكسجين في المزيج و إيقاف عمل المازج عند تخطي الحدود النظامية.
- **خزان الهواء:** يربط إلى كل مازج وعاء لخزن الهواء الصناعي الناتج.
- **وحدة الإنذار والإشارة:** إن عمل هذه الوحدة يشابه تماماً لعمل وحدة الإشارة والإنذار لمحطة الـ VIE كما ورد في الجدول (6-13) وذلك بالنسبة لنظامي الأكسجين والسائل والنيتروجين السائل، أما بالنسبة لوحدة المازج فتعمل وحدة الإشارة والإنذار لها وفق الجدول (6-17):

الجدول (6-17) كيفية عمل وحدة الإنذار والإشارة لنظام المازج [8]

الإنذار	لون الإشارة	الدلالة
"طبيعي"	أخضر	
"خطأ في المحطة"	أصفر	ضغط غاز منخفض لأي مازج

"طارئ في المحطة"	أصفر	التحاليل خارج الحدود لأي مازج
"الاحتياطي منخفض"	أصفر	تشغيل (مازج/وعاء هواء) الأخير فقط
"خطأ في الضغط"	أحمر	



الشكل (6-11) مخطط تفصيلي للمحطة المركزية للهواء الطبي ذات المازج [8]

9-2-6 تصميم المحطة المركزية لشبكة الهواء الجراحي (700kPa):

تُستخدم هذه المحطة للحصول على هواء بتدفق (350 L/min) عند ضغط (700 kPa) من الوحدات الطرفية الخاصة، بحيث يُستخدم كمصدر للطاقة للأدوات الجراحية فقط، ولا بد من الإشارة هنا إلى أنه من الممكن استخدام غاز النيتروجين عوضاً عن الهواء من أجل هذا الغرض. يمكن أن تأخذ هذه المحطة عدة أشكال مثل:

-

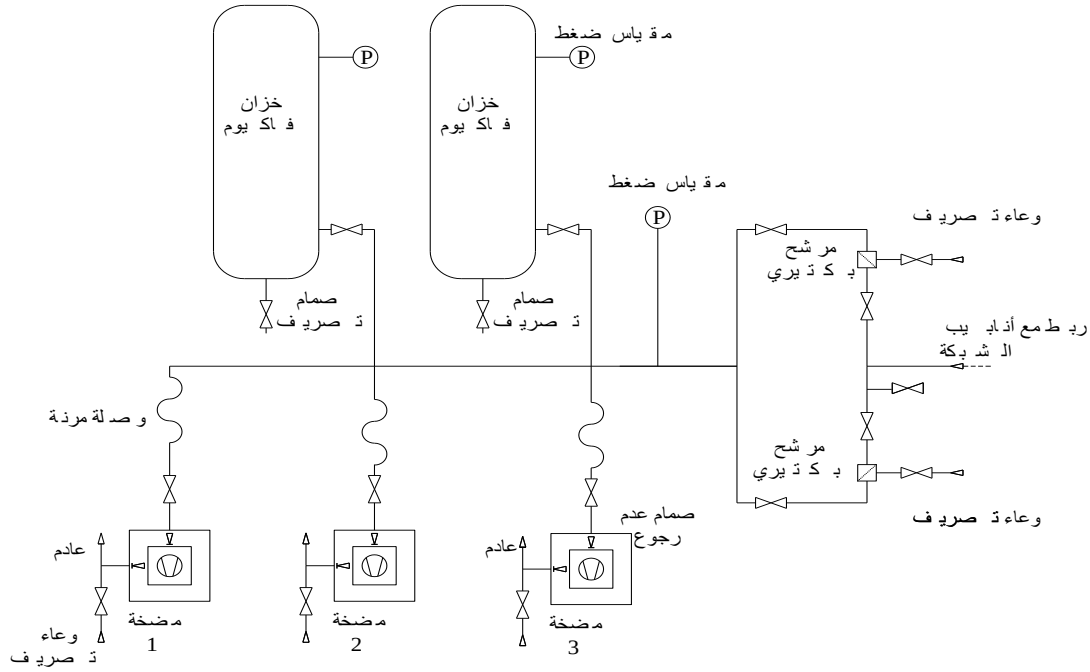
- محطة مركزية مستقلة ذات نظام ضاغط واحد كمصدر رئيسي ومجمع اسطوانات كمصدر ثانوي واسطوانات محلية كمصدر احتياط، إذا كانت أقسام العمليات العصبية والعظمية في المستشفى كبيرة وتحتاج إلى استخدام الأدوات الجراحية بشكل كبير.

10-2-6 المحطة المركزية لشبكة الفاكيوم:

108

وفي هذه المحطة يستخدم نظام مضخة ثلاثي لتوليد الفاكيوم، حيث تُستخدم مضختان كمصدر رئيسي، وتُعتمد المضخة الثالثة كمصدر ثانوي، وتُستخدم أداة امتصاص متنقلة كمصدر احتياطي. أما الأجزاء الرئيسية للمحطة فهي مبيّنة في الشكل (6-13):

- **مضخات الفاكيوم:** يجب أن تشتمل المحطة على ثلاث مضخات على الأقل، حيث يجب أن تكون المضخة قادرة على إنتاج فاكيوم أعلى من المطلوب في شبكة الأنابيب، ويمكن أن تكون من أي نوع ما عدا المضخات المانعة لتسرب الماء، كما يجب يركب كاتم صوت إلى كل مضخة للتخفيف من الضجيج.
- **عادم المحطة:** يجب اختيار موضع نهاية العادم بشكل دقيق بحيث يكون بعيداً عن البناء، وبعيداً عن أنبوب سحب الهواء للضواغط ولأجهزة التهوية، كما يجب حمايته من الثلج والمطر والحشرات، ويجب تركيب كاتم صوت على أنبوب العادم.
- **خزانات الفاكيوم:** يجب تركيب مثل هذه الخزانات، لتفادي عمل المضخات بشكل مستمر، حيث تكون السعة المطلوبة للخزان مساوية لتدفق المحطة التصميمي من الهواء الحر المسحوب لدقيقة واحدة عند ضغط (60 kPa)، كما يجب تزويد الخزانات بمصارف بحيث يتم التصريف والفحص للخزان دون انقطاع عملية التزود بالفاكيوم.
- **مجموعة الفلاتر البكتيرية ومصيدة التصريف:** توجد مجموعتان متطابقتان من الفلاتر تُربط كل منها إلى صمام عزل تعمل يدوياً، حيث يجب أن تكون فعالية الفلتر أعلى من (99.995 %) عند التدفق التصميمي للنظام، كما يجب ألا يزيد انخفاض الضغط عبر الفلتر التنظيف عن (3 kPa) عند فاكيوم (63 kPa)، ويمكن أن يكون الفلتر مدمجاً مع مصيدة التصريف وعندها يجب أن تتصل المجموعة بوعاء شفاف قابل للتعقيم لجمع السائل.
- **وحدة ضبط الضغط:** تعمل هذه الوحدة على ضبط الضغط بحيث تعمل المضخة عندما يصبح الضغط (67 kPa) وتتوقف عن العمل عند الضغط (87 kPa).
- **تخفيض ضغط نظام الفاكيوم:** بما أن الضغط المطلوب عند كل وحدة طرفية هو (40 kPa) خلال التدفق التصميمي، وبما أن انخفاض الضغط عبر الوحدة الطرفية (13 kPa) وعبر شبكة الأنابيب (7 kPa) لذلك يجب أن يكون ضغط المحطة الأدنى (60 kPa).



الشكل (6-13) مخطط تفصيلي للمحطة المركزية للفاكيوم [8]

- **الصمامات ومؤشرات الفاكيوم:** يجب تركيب صمامات عدم رجوع عند مدخل ومخرج المضخات وصمامات عزل يدوية كما في الشكل (6-13)، أما بالنسبة لمؤشرات التخلية فيمكن استخدام مؤشرات عادية أو الكترونية، بحيث تكون معايرة ضمن المجال (0-101 kPa)، ويتم تركيبها عند كل لوحة تحكم وكل خزان.
- **نظام التشغيل:** يقوم نظام التشغيل بالتحكم بإقلاع المضخات بحيث يمنع عملها معاً ويجعلها تعمل بشكل متناوب، كما يقوم بضبط عمل كافة أجزاء المحطة.
- **نظام التأشير والتنبيه:** أما بالنسبة لنظام التأشير فيجب أن يكون هناك لوحة إشارة لكل مضخة تبين حالتها، وكذلك يجب تركيب لوحات تنبيه وإنذار للمحطة كاملة تعمل وفق الجدول (6-18).

الجدول (6-18) كيفية عمل لوحة التنبيه والإنذار في المحطة المركزية لشبكة الفاكيوم [8]

المؤشر	لون الإشارة	الدلالة
"طبيعي"	أخضر	
"خطأ في المحطة"	أصفر	خطأ في المضخة
"حالة طارئة في المحطة"	أصفر	المضخة لا تعمل والفاكيوم في الخزان منخفض
"خطأ في ضغط شبكة الأنابيب"	أحمر	الضغط في شبكة الأنابيب أقل من (45 kPa)

6-2-11 نظام طرد غازات التخدير (AGSS):

6-2-11-1 غازات التخدير:

يتم استخدام غاز أكسيد النيتروس (6 L/min) وغاز الأكسجين (4 L/min) والهالوجينات (الهالوثان، الإيزوفلوران، الإينوفلوران) بنسبة (1-5%) لأغراض التخدير العامة، حيث يتم التزود بغازي أكسيد النيتروس والأكسجين من شبكة الغازات الطبية، بينما يتم التزود بالمركبات الهالوجينية من مبخّر آلة التخدير، وبما أن هذه الغازات تعتبر من المواد الخطرة على الصحة لذلك لابد من ضبط الخطر الممكن بواسطة تهوية جيدة للغرف واستخدام أقنعة من النوع الجيد لتقليل التسريب المحتمل وإزالة غازات التخدير المتبقية بواسطة أنظمة طرد فائض غازات التخدير [1]، ذلك أن تسرب غازات التخدير يمكن أن يحدث عن طريق صمام الزفير لأجهزة التخدير أو منفذ الزفير في المنفسات، لذلك لابد من استبدال هذه الصمامات بأخرى يكون لها مواصفات خاصة تسمح بربط أنظمة طرد غازات التخدير إليها.

6-2-11-2 أنواع أنظمة AGSS:

يوجد عدة أنواع لأنظمة AGSS وهي:

- الأنظمة الفعالة: وهي تلك الأنظمة التي يُستخدم فيها تدفق هواء عالي مُنتج بواسطة مضخة كهربائية من أجل تفريغ الهواء من شبكة أنابيب ثابتة، وبذلك يتم سحب فائض الغازات عن المريض أو عن جهاز التنفس الخاص بالمريض عبر أنبوب نقل ونظام استقبال [8].
- الأنظمة الغير فعالة: يقدم المريض في هذه الأنظمة القوة اللازمة لطرد الغازات.
- الأنظمة الشبيهة بالغير فعالة: تستخدم هذه الأنظمة نظام تهوية ميكانيكي يقدم القوة اللازمة لإزالة التلوث [1].

إن النظامين الأخيرين غير منصوص بهما لأنهما لا يلبيان متطلبات الأمان تحت كافة الظروف. وهنا لابد من الإشارة إلى أن نظام AGS المعتمد حسب النظام الإنكليزي هو من نوع الأنظمة الفعالة [5,7].

6-2-11-3 مكونات نظام AGS الفعال:

وكما هو موضح في الشكل (6-14) نجد أن هذا النظام يتألف من نظام نقل وهو عبارة عن أنبوب ونظام استقبال وهو عبارة عن كيس تخزين وصمام تخفيف ضغط عالي ومنخفض يركبان قبل وبعد الكيس ونظام طرح (رمي) وهو شبكة أنابيب ثابتة تنتهي بمضخة لتوليد الضغط السالب (الفاكيوم) بحيث يمكن الحصول عليه عن طريق وحدة طرفية.

وصلة مرنة

جهاز متكامل يدمج نظامي اسدة بال / إرسال

وحدة طرفية مسد بار ومقابس

وصلة مرنة

نظام الاسدة بال

نظام الاندفاع

أنبوب إنذار

أداة تغيير ضغط إيجابي

ملم 30 وصلات مخروطية

حدود نظام الارمي

حدود نظام الاسدة بال

حدود نظام الاندفاع

حدود نظام الاندفاع

4-11-2-6 الشروط التصميمية لأنظمة AGS:

- 112

6-11-2-5 التدفق:

يتم حساب حجم المحطة وذلك باعتبار أن وحدتين طرفيتين تعملان معاً لكل جناح عمليات، كما يحدد معيار الأداء لنظام الطرح في المعايير الإنكليزية والأوروبية على أساس التدفقات المنتزعة عند مقاومات محددة كما هو مبين في الجدول (6-19).

الجدول (6-19) ضغوط وتدفقات نظام الطرح في نظام AGS [8]

نظام الطرح		
معدل التدفق	انخفاض الضغط	
130 L/min	1 kPa	الأعلى
80 L/min	4 kPa	الأدنى
	20 kPa	الضغط الساكن الأعلى

6-11-2-6 لوحة التنبيه والإشارة للمحطة:

يجب أن توضح لوحة التنبيه في المحطة الحالات المبينة في الجدول (6-20)، كما يجب تركيب لوحة إشارات في غرفة العمليات.

الجدول (6-20) كيفية عمل لوحة الإشارة لأنظمة طرد غازات التخدير (AGSS) [8]

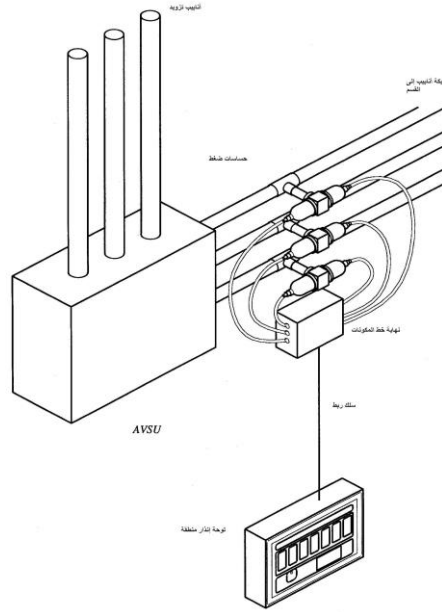
لون الإشارة	المؤشر
أخضر	"تزويد رئيسي"
أخضر	"تدفق الهواء طبيعى"
أصفر	"فشل عمل المضخة"
أحمر	"فشل النظام"

6-12-2 نظام الإنذار والتنبيه:

يعتبر نظام الإنذار والتنبيه هاماً وذلك لأنه يبين حالة العمل الطبيعية لشبكة الأنابيب باستخدام مؤشرات ضوئية، بالإضافة إلى أنه يطلق مؤشرات ضوئية وصوتية للدلالة إلى الحاجة إلى القيام ببعض الأعمال الروتينية كاستبدال اسطوانات الغاز الفارغة أو للقيام بأي عمل آخر، كما أنه يُعلم المستخدم بواسطة إنذارات ضوئية وصوتية عن الحالات الطارئة والغير طبيعية [9].

تحتاج شبكات الغازات الطبية جميعها إلى أنظمة إنذار وتنبيه ماعدا نظامي الهواء الجراحي وطرد غازات التخدير، حيث يكتفيان بلوحات تنبيه وإشارة أبسط تتوضع في غرف العمليات [8].

6-2-12-1 الأجزاء الرئيسية لأنظمة الإنذار والتنبيه:



الشكل (6-15) لوحة إنذار منطقة نموذجية و (AVSU) [8]

تتألف أنظمة الإنذار والتنبيه من:

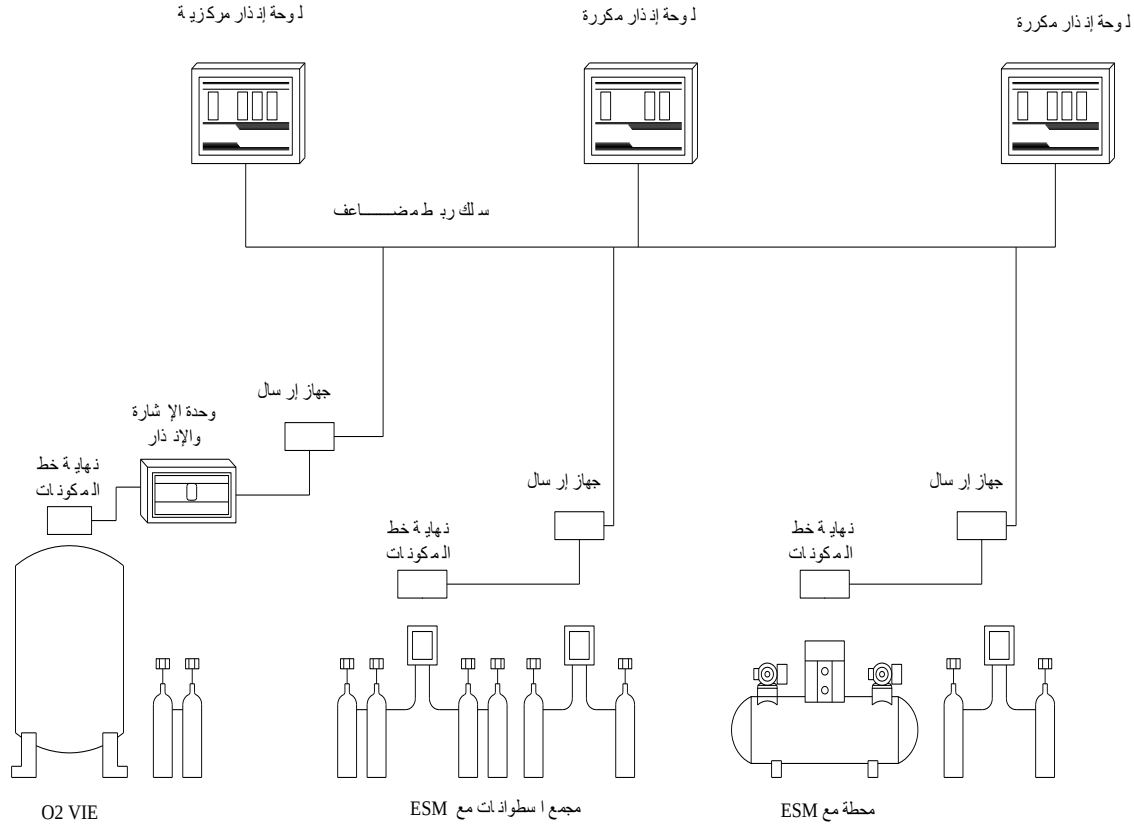
- حساسات ضغط مربوطة إلى شبكة الأنابيب.
- لوحة إنذار مركزية (رئيسية) تقدم معلومات عن كل الوظائف المراقبة، تُركب في مكان يمكن رؤيته على مدار ساعات اليوم مثل غرفة الحرس أو غرفة مقسم الهاتف.
- لوحات إشارة مكررة للتأكد من تنفيذ الأعمال الضرورية (مثل حالة مجمع اسطوانات الغاز، تركيز الأكسجين عند استخدام محطة PAS، ...)، وتحتوي على إشارات صوتية، يتم وضعها في غرفة الحرس وفي المكتب الهندسي.
- وحدات إنذار منطقة لإظهار ضغط الغاز المنخفض والعالي في الشبكة وفي منطقة ما، وتركب بعد وحدات خدمة صمام المنطقة (AVUS)، ويجب عدم عزل حساسات هذه الوحدات بصمامات إغلاق وربطها إلى شبكة الأنابيب بواسطة أداة ذات فتحة أصغر ما يمكن كما هو مبين في الشكل (6-15).

6-2-12-2 المكونات الوظيفية للنظام:

ونجد رسماً تخطيطياً لنظام الإنذار والتنبيه في الشكل (6-16)، يبين المكونات الوظيفية التالية:

- أجهزة إرسال تقوم بتحويل الإشارة القادمة من المحطة المركزية أو من المجمع إلى شكل يمكن إرساله عبر أسلاك مضاعفة، حيث يمكن أن تكون أجهزة الإرسال مستقلة أو مدموجة مع لوحة تحكم المحطة أو المجمع، أو مدموجة مع لوحة المؤشرات.
- لوحات مؤشرات تظهر الإشارات المرسلة.

- أسلاك وصل مضاعفة تقوم بربط كافة أجهزة الإرسال مع لوحات المؤشرات كافة.



الشكل (6-16) مخطط نظام الإنذار والتنبيه [8]

3-12-2-6 متطلبات عامة للنظام:

- يجب تمييز لوحات الإشارات الضوئية حسب وظائفها بشكل دائم، كما يجب تحديد هوية المنطقة التي تخدمها.
- يجب أن تعمل الإشارات الضوئية على شكل وميض متقطع.
- عندما تُطلق إشارات تنبيه أو إنذار ويعود بعدها النظام إلى وضعه الطبيعي، يجب أن تعود هذه الإشارات أيضاً إلى الوضع الطبيعي آلياً.
- يجب أن يكون هناك إمكانية إسكات مؤقتة للإنذارات الصوتية من قبل المستخدم، على أن تدوي مجدداً بعد (15 دقيقة) في حال استمرار وجود الخطأ، ويجب أن تترافق عملية الإسكات هذه بتحول المؤشر الضوئي المرافق من وامض إلى ثابت في اللوحة المركزية فقط.
- يجب أن يكون هناك قاطعة داخلية تسمح بإمكانية إسكات مستمرة خلال عملية الإصلاح، وهذه العملية تمنع إعادة الإنذار الصوتي مجدداً.
- يجب ألا تمنع عملية الإسكات إعادة عمل المؤشرين الصوتي والضوئي من أجل أي إنذار لاحق.

- يجب أن ينطلق مؤشر أحمر وامض و إشارة صوتية في كل اللوحات ويسمى " إنذار خطأ نظام" إذا حدث خطأ ما في الخط القادم من أجهزة البدء (المجمع والمحطة)، أو في أسلاك الربط، أو عند انقطاع التغذية بالطاقة.

6-2-12-4 متطلبات لوحة الإنذار المركزية:

- يجب أن تحتوي هذه اللوحة على إشارات لكافة أنظمة شبكات الغاز المولدة بواسطة نظام التنبيه والإنذار، لبيان حالات عمل الأنظمة وفق ما يلي:
- طبيعي: حالات عمل الشبكة الطبيعية تظهر بمؤشرات ضوئية ثابتة ذات لون أخضر تنطفئ في حالات الإنذار.
- تنبيه: حالات التنبيه لكل شبكة تظهر بمؤشرات ضوئية وامضة ذات لون أصفر، ومن الممكن أن تترافق بإشارات صوتية قابلة للإسكات.
- إنذار الحالات الطارئة: وتنتج عن الخسارة في ضغط الأنابيب أو الفاكيوم، وتكون عبارة عن مؤشرات ضوئية وامضة ذات لون أحمر، مترافقة بإشارات صوتية قابلة للإسكات.
- إنذار خطأ نظام: ويظهر كمؤشرات ضوئية وامضة ذات لون أحمر، مترافقة بإشارات صوتية قابلة للإسكات.

6-2-12-5 متطلبات لوحة الإشارة المكررة:

يجب أن تظهر هذه اللوحات حالات العمل الطبيعية وإنذارات الحالات الطارئة وإنذارات خطأ النظام السابقة الذكر لكافة أنظمة الغاز، كما يمكن أن تظهر بعض أو كل التنبيهات بما يوافق المتطلبات المحلية، ونجد في هذه اللوحات إمكانيتي الإسكات المؤقت والمستمر.

6-2-12-6 متطلبات لوحة إنذار منطقة:

يجب أن تظهر هذه اللوحات الحالات المبينة في الجدول (6-21)، ونجد هنا إمكانية الإسكات المؤقت فقط.

الجدول (6-21) الإشارات في لوحة إنذار المنطقة [8]

الإنذار	الدلالة	اللون	إشارة صوتية
من أجل الغازات (O2, N2O, A4) لبيان أن ضغط الشبكة في المنطقة أعلى من القيم الاسمية	ضغط عالي	أحمر	نعم
من أجل كل الغازات لبيان أن ضغط الشبكة في القسم أدنى من القيم الاسمية	ضغط منخفض	أحمر	نعم
من أجل الفاكيوم لبيان أن ضغط الشبكة في القسم أعلى من القيم الاسمية	خطأ فاكيوم	أحمر	نعم

6-2-12-7 الأنظمة المدمجة:

إن استخدام الأنظمة الحاسوبية سمح بتطوير أنظمة التنبيه والإنذار حيث أمكن إظهار رسائل نصية حاسوبية وبشكل مستمر عن حالات الشبكة المختلفة، وعند حدوث أي تغيير في الشبكة، مما ينبه طاقم العمل إلى الأعمال اللازمة والواجبة.

6-2-13 شبكة الأنابيب:

6-2-13-1 الشروط الواجب مراعاتها عند تركيب شبكة الأنابيب:

- يجب اختيار أماكن تركيب شبكة الأنابيب بحيث لا تتعرض لأي أذى ميكانيكي أو كيميائي أو حرارة زائدة أو زيوت وشحوم أو شرارات كهربائية أو صواعق.
- يجب أن تكون القنوات التي تمر بها شبكة الأنابيب مهواة بشكل جيد لمنع تجمع الغاز في حال حدوث تسريب ما.
- يجب عدم تركيب الأنابيب المكشوفة في ممرات المصاعد أو في المطابخ أو في غرف الغسيل أو في غرفة المولدات أو في غرف تخزين المواد القابلة للاشتعال، وعند عدم إمكانية تقادي ذلك يجب أن تُغلف هذه الأنابيب بمواد غير قابلة للاشتعال.
- عند مرور الأنابيب بالقرب من شبكة التزود بالماء الساخن أو البخار أو شبكة التدفئة، فيجب عندها فحص هذه الأنابيب بشكل مستمر وذلك خوفاً من حدوث التآكل، كما يجب أن تكون المسافة الفاصلة بينهما (150 mm) على الأقل.
- يجب عدم تركيب الأنابيب بشكل خارجي، وإذا كان ذلك ضرورياً فيجب حماية تلك الأنابيب بواسطة واقي من الفولاذ المطلي بالزنك، وتركيبه بشكل لا يمنع مراقبة الأنابيب.
- يجب أن تمر الأنابيب المطمورة تحت الأرض ضمن قنوات ذات أبعاد لا تقل عن (450 mm × mm)، وأن تكون هذه القنوات ذات تصريف جيد وأغطية قابلة للرفع.
- يجب تعريف طريق الأنابيب المطمورة على سطح الأرض، وتوضيحها في مخططات الموقع، كما يجب توضيح طريق الأنابيب المخفية ضمن الجدران أو الأرضيات بمخططات خاصة.
- عند مرور الأنابيب ضمن الجدران أو السقوف فإنها يجب أن تزود بأغمد نحاسية وأن تحمي بأسقف مستعارة أو غير ذلك.
- عندما تكون الأنابيب مثبتة إلى خشب معالج ضد الحريق (جدران، أسقف) فإنه لا بد من استخدام عازل PVC لمنع تآكل الأنابيب نتيجة الاحتكاك.
- يجب اختيار طريق الأنابيب بحيث تكون بعيدة عن الأسلاك الكهربائية.
- يجب عدم تمديد الأنابيب بشكل أفقي مائل، لأن ذلك سينتج في شبكة الفايكوم ضغطاً أدنى من الضغط الجوي عند تبخر أي رطوبة داخلية إلى النظام [8].

- يجب تدعيم أنابيب الشبكة بشكل ملائم على مسافات فاصلة كافية، وذلك لمنع حدوث الارتخاء أو الانحراف، ويجب اختيار هذه الداعمات من مواد معالجة بشكل مناسب للتقليل من التآكل أما المسافات الفاصلة بين الداعمات فهي موضحة بالجدول (6-22):

الجدول (6-22) المسافات الفاصلة بين داعمات أنابيب الشبكة [8]

المسافة الفاصلة (m)	القطر الخارجي (mm)
1.5	حتى 15
2.0	22-28
2.5	35-54
3.0	>54

6-2-13-2 مواد الأنابيب:

يجب أن تكون أنابيب شبكات الغاز الطبي وتجهيزات ربط الأنابيب من مادة النحاس الخالي من الزرنيخ والأكسجين، كما يمكن استخدام مادة الفولاذ الغير قابل للصدأ (لكنه لم يستخدم بعد) وكذلك البرونز أو خليطة النحاس والزنك لتجهيزات ربط أخرى مثل الصمامات و تجهيزات لوحات التحكم. كما يمكن استخدام أنابيب الـ PVC في شبكتي الفايكوم وطرده فائض غازات التخدير. كما يجب تنظيف هذه الأنابيب والتجهيزات وإزالة الشحم وكافة الجسيمات أو الفضلات السامة منها، بالإضافة إلى اتخاذ التدابير اللازمة للمحافظة على نظافتها عند النقل. أما بالنسبة لأقطار الأنابيب الخارجية والداخلية فهي مبينة في الجدول (6-23).

الجدول (6-23) أقطار الأنابيب الخارجية والداخلية [19]

القطر الداخلي mm	القطر الخارجي mm
8,8	10
10,8	12
13,4	15
20,8	22
26,2	28
32,6	35
39,6	42
51,6	54
73,6	76

6-2-13-3 ربط أنابيب الشبكة:

لا يسمح بربط الأنابيب إلا بلحام النحاس وبوجود غاز النيتروجين الخالي من الأكسجين كغاز وافي، حيث يُنفخ في شبكة الأنابيب خلال عملية اللحام لمنع تشكل الأكاسيد وللمحافظة على نظافة

الأنابيب، وبعدها يلزم تنظيف الأنابيب من هذا الغاز الوافي ومن بعض الجسيمات الدقيقة الناتجة عن عملية اللحام، كما يمكن اللجوء إلى الوصل الميكانيكي عند وصل شبكة الأنابيب بالصمامات وبتجهيزات التحكم وبالوحدات الطرفية.

6-2-13-4 تعريف الأنابيب:

إن تعريف وتحديد ألوان أنابيب شبكة الغازات الطبية خارج المحطة المركزية يكون وفق المعيار الإنكليزي BS 1710، والذي يلزم بوضع أشرطة تعريف ملونة عرضها (150 mm) بحيث تكون المسافة الفاصلة بين الأشرطة (3 m) على طول الأنبوب، وبالقرب من الصمامات ونقاط الوصل والجدران...، يكتب عليها اسم الغاز المار بأحرف ذات حجم (6 mm)، كما يجب تحديد اتجاه جريان الغاز في الأنبوب، أما ألوان تعريف الأنابيب فهي كما في الشكل (6-17):



الشكل (6-17) الألوان المستخدمة لتعريف أنابيب شبكات توزيع الغازات [40]

6-2-13-5 مكونات شبكة الأنابيب:

وهي عبارة عن التجهيزات المتصلة بشبكة أنابيب الغاز الطبي والتي تشمل أنواعاً مختلفة من الوحدات الطرفية، والصمامات، ووحدات خدمة صمام منطقة (AVSU)، وبوابات دخول الحالات الطارئة وأدوات ضبط الضغط وغيرها.

6-2-13-5-أ وحدات التزويد الطبية:

وهي عبارة عن تجهيزات صلبة أو مرنة تتصل بشبكة الأنابيب من جهة وبالوحدات الطرفية من جهة أخرى ويكون الوصل بواسطة رابط ذو برغي لولبي غير قابل للتبادل (NIST) [4]، حيث تكون

التجهيزات الصلبة منها عبارة عن أنابيب نحاسية أما المرنة فتكون من مواد غير عضوية، ترتفع هذه التجهيزات حوالي (2 m) عن مستوى الأرضية، كما يجب أن تكون هذه التجهيزات مزودة بفتحة تنفيس مناسبة للسماح بخروج الغاز عند حدوث أي تمزق فيها.

6-2-13-5-ب وحدة السرير (BHU):

وهي عبارة عن لوحة تُركب في سرير المريض وفوق رأسه، تحتوي على مآخذ للتزود بالكهرباء و مآخذ للتزود بالغاز الطبي ووسيلة لطلب الممرضة، حيث يحتوي على تركيبات وصل مرنة، ويتم الربط بين خط أنابيب الغاز والوصلات بواسطة رابط (NIST) مناسب، كما يجب تزويد خطوط الغاز الطبي بوسيلة تهوية لمنع تراكم الغاز عند حدوث أي تسريب [8].

6-2-13-7-ج صمامات العزل (مجموعة صمام الخط LVA):

تكون جميع هذه الصمامات كروية ذات رافعة والتي تفتح وتغلق بدوران (90°)، حيث تعمل هذه الصمامات على عزل أو عمل أجزاء المحطة المركزية الرئيسية، كما تقوم بربط مصدر الغاز مع شبكة الأنابيب، ويتم تركيبها عند بوابات دخول الحالات الطارئة وعند مدخل ومخرج خط الأنابيب من البناء وعند نقاط ربط الصواعد والفروع مع خط الأنابيب الرئيسي، ويجب التأكيد دائماً على تعريف الغاز وتحديد اتجاه التدفق لكل صمام.

6-2-13-7-د وحدات خدمة صمام المنطقة (AVSU):

وتزود هذه الوحدات لأغراض الصيانة والحالات الطارئة، حيث أنها تُمكن من التزود بالغاز حال الطوارئ وذلك بربط وصلة مرنة إلى فتحات وصل خاصة عن طريق (NIST) مناسب لكل غاز. ووحدات AVSU عبارة عن علبة ذات باب قابل للفتح والإغلاق، تحتوي على صمام إغلاق كروي، حيث يجب أن لا تسمح هذه الوحدة بالعبث بالصمام وأن يكون الوصول إليه بسهولة في الحالات الطارئة بنفس الوقت، كما تحتوي على قواطع ومقاييس ضغط. قد تكون هذه الوحدات خاصة بنوع واحد من الغازات أو لغازات متعددة (الشكل (6-15)) وعندها يجب توضيح أسماء الغازات الداخلة إليها، وتثبيت أسهم لتحديد اتجاه الجريان عبرها، ويجب التأكيد على تهوية هذه الوحدات بشكل جيد لمنع تراكم الغاز في حال حدوث تسريب ما.

أما بالنسبة لتوزيع هذه الوحدات في المستشفى فهو على الشكل التالي:

- وحدة AVSU على مدخل وحدات العناية المركزة، والوحدات الوليدية.
- وحدة AVSU واحدة على مدخل كل قسم عمليات (غرفة عمليات + غرفة تخدير).
- وحدة AVSU واحدة على مدخل الأقسام الأخرى [8].
- من أجل أقسام مثل وحدات الجراحة اليومية فإنه يجب تركيب وحدة AVSU واحدة على مدخل كل قسم عدد الوحدات الطرفية فيه أقل من عشرة [1].

6-2-13-7-هـ وحدات ضبط الضغط:

قد يتم توزيع الغاز عند ضغط أعلى من ضغط الوحدة الطرفية الاسمي المطلوب، وعندها يجب تركيب وحدة ضبط ضغط محلية، والتي تتألف من صماما لتنظيم ضغط صمامات عزل تركيب قبل وبعد كل صمام تنظيم وصمامات أمان وروابط (NIST) مناسبة، ويجب التأكيد على تأمين تهوية جيدة لمثل هذه الوحدات [8].

6-2-13-7-و حساسات ومقاييس الضغط:

تُركب حساسات الضغط في الشبكة من أجل عملية الإنذار، حيث يجب أن تكون في مكان ذو تهوية كافية ويمكن الوصول إليها بسهولة من أجل الصيانة، كما تُركب بعد وحدات AVSU (الشكل 6-15)، أما مقاييس الضغط فيتم تركيبها داخل المحطات المركزية، وضمن وحدات AVSU وفي غرف العمليات.

6-2-13-7-ل بوابة دخول للحالات الطارئة:

يجب أن تزود شبكة أنابيب غازي الأكسجين والهواء الطبي ببوابة دخول للحالات الطارئة، وذلك بعد مصدر التزويد الرئيسي للسماح بربط محطة تزويد مؤقتة، حيث تتألف من صمام قابل للإغلاق وفتحة وصل خاصة بالغاز.

6-2-13-7-ك نقاط اختبار:

يجب تزويد كل محطة مركزية بنقطة اختبار تتألف من صمام قابل للإغلاق ووحدة طرفية بغرض إجراء الاختبارات اللازمة.

6-2-13-7-ي صمامات أمان ضغط الخط:

وتعتبر وسيلة حماية للتجهيزات من الضغط التفاضلي، ويجب أن تمتلك أنبوب تفريغ مستقل نحو المحيط الخارجي [8].

6-2-14 متطلبات موقع وبناء المحطات المركزية :**6-2-14-1 تصميم وتركيب المحطات المركزية:**

يجب عند تصميم وإنشاء المحطات المركزية مراعاة الشروط التالية:

- عدم وضع مجمعات اسطوانات الغاز في نفس غرفة أنظمة PSA أو أنظمة VIE أو ضواغط الهواء أو مضخات الفاكيوم.
- يمكن وضع كل مجمعات الاسطوانات بما فيها مجمع اسطوانات الاحتياط في غرفة واحدة، على أن تحاط هذه الغرف بجدران خارجية لتسهيل التهوية.
- من المفضل وضع مجمع اسطوانات الهواء الجراحي ضمن قسم العمليات، مع الأخذ بعين الاعتبار المحافظة على عدد الاسطوانات الموجودة ضمن المستشفى في الحدود الدنيا.

- يجب أن يكون الوصول إلى غرف مجمعات الاسطوانات من الهواء الطلق، وليس عبر غرف أخرى أو دهااليز (ممرات).
- من المفضل أن تزود غرف المجمعات ببابين يفتحان للخارج ومزودين بأداة للدخول والخروج في الحالات الطارئة، بحيث يكون أحدهما كبيراً بما يكفي لمعالجة الاسطوانات، كما يجب أن تكون المخارج خالية من المعوقات.
- يجب أن تكون الجدران والأبواب الداخلية لغرفة المجمع من مادة غير قابلة للاشتعال و مقاومة للاحتراق لمدة ساعتين، كما يجب تزويد الغرفة بحساسات حرارة ودخان [8].

6-2-14-2 تخطيط وبناء غرف المجمعات:

تحتوي هذه الغرفة على مجمع اسطوانات حيث يمكن أن يكون طول مجمع 6×2 (4 m) تقريباً، وعلى مجمع الاحتياط، وعلى مجموعة اسطوانات بغرض التبديل عددها مساوي لعدد وحدة من وحدتي المجمع، لذلك يحدد حجم هذه الغرفة من حجم جميع هذه الأجهزة، مضافاً إليه فراغاً يكفي لمعالجة الاسطوانات.

6-2-14-3 تدفئة وتهوية غرف المحطات المركزية:

يجب تزويد هذه الغرف بفتحات تهوية للسماح بدوران الهواء، حيث يجب أن تشكل هذه الفتحات حوالي (1.5%) من المساحة الكلية للغرفة فعلى سبيل المثال تحتاج غرفة مجمع ذات مساحة كلية للجدران والسقف (63.2 m^2) إلى فتحات تهوية بمساحة (1 m^2)، وبما إن ضواغط الهواء و أنظمة الـ PSA تطلق حرارة عالية، لذلك فإنه لابد من تهوية طبيعية كبيرة بحيث يُحافظ على درجة حرارة الغرفة ضمن المجال ($10^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}$)، و قد يكون من الضروري أحياناً تزويد الغرف بتهوية ميكانيكية. قد تستخدم غرفة المجمع أحياناً من أجل توازن درجة حرارة اسطوانات أكسيد النيتروس/ أكسجين محمولة، ومن الممكن أن يلزم في مثل هذه الحالات عملية تسخين إضافية وذلك بتخفيض التهوية أو باستخدام وسائل غير مباشرة مثل البخار أو الهواء الدافئ [1,8].

6-2-14-4 الإنارة:

يتم تزويد المحطات المركزية بإضاءة ذات مستوى (150 lux) لغرفة المجمعات و (200 lux) لغرف المحطات الأخرى [8].

6-2-14-5 الضجيج:

إن عمل مضختي فاكيوم أو ضاغطي هواء معاً يزيد مستوى الضجيج خارج المحطة بمقدار (5dB)، لذلك فإنه لابد من التزود بكاتم صوت للتقليل من مستوى الضجيج. كما يجب تزويد مضخات التخلية وضواغط الهواء بممانعات اهتزاز وذلك لتقليل انتقال الضجيج والاهتزاز إلى بناء المستشفى.

كما يمكن أن تزود كل الأنابيب والقنوات الكهربائية الموصولة مع المحطة بوصلات مرنة لمنع انتقال الضجيج والاهتزاز [8].

6-2-15 التحقق والتثبيت والاستلام:

يتم التثبيت والتحقق من خلال مجموعة من الاختبارات يقوم بتنفيذها طاقم مؤهل ومكلف بهذه المهمة وباستخدام مجموعة تجهيزات خاصة، وذلك للتأكد من تحقيق كافة عوامل الأمان المطلوبة ومتطلبات الأداء عند تصميم وتنفيذ شبكة أنابيب الغازات الطبية أو إجراء تمديد أو تعديل عليها، حيث تخضع الشبكة لبرنامج فحص متكامل، فإذا اجتازت الشبكة كافة اختبارات هذا البرنامج تُركت مملوءةً بالهواء الطبي وتحت الضغط إلى أن تُستثمر.

يجب التأكيد على ضرورة تنفيذ بنود هذا البرنامج وفق التسلسل الوارد، كما يجب أن يتم باستخدام الهواء الجاف أو غاز النيتروجين وقد يُستخدم الغاز العامل إذا اشترط ذلك.

ينقسم برنامج الفحص إلى ثلاث مراحل:

6-2-15-1 فحص واختبار هيكل شبكة الأنابيب:

يجب إجراء الاختبارات التالية بعد تركيب هيكل الشبكة وقبل إجراء أي عملية إخفاء (تغطية) له:

- التأكد من تعليم وتعريف شبكة الأنابيب، ومن الأعماد والدعامات.
- اختبار تسريب: وذلك باستخدام أجهزة قياس ضغط الكترونية، حيث يجب أن يكون انخفاض الضغط خلال فترة الاختبار (2 ساعة) أقل من (0.2 kPa) لشبكات الفايكوم و الغازات الطبية، وأقل من (0.5 kPa) لشبكة الهواء الجراحي، حيث أن ضغوط الاختبار هي (18 bar) بالنسبة للهواء الجراحي و (10 bar) بالنسبة للغازات الطبية المضغوطة و (5 bar) بالنسبة لنظام الفايكوم (أنابيب نحاسية).
- اختبار الوصلات المتقاطعة: وذلك بتشغيل مصدر غاز وحيد وفتح كافة الوحدات الطرفية الخاصة والتأكد من تدفق الغاز عبرها، ومن ثم إعادة الاختبار لكل غاز بمفرده.
- اختبار الصمامات للتأكد من الفتح والإغلاق ومنطقة التخديم والتسريب [8].

6-2-15-2 اختبارات نظام شبكة الأنابيب:

تتم هذه الاختبارات بعد التركيب الكامل لنظام شبكة الغاز بالإضافة إلى الوحدات الطرفية و AVSU وكافة الصمامات:

- اختبارات تسريب كل شبكة غاز طبي: تضغط الشبكة إلى ضغط الاختبار ثم تفصل الشبكة عن نظام تزويد الغاز عند نقطة محددة مسبقاً في المخططات، ثم يستخدم جهاز قياس ضغط

الكثروني دقيق لحساب انخفاض الضغط، حيث يجب أن يكون خلال فترة الاختبار (2 ساعة) أقل من (0.2 kPa) لشبكات الغازات الطبية، وأقل من (0.5 kPa) لشبكة الهواء الجراحي، أما بالنسبة لنظام الفاكيوم فإنه يجب تشغيل المحطة المركزية للفاكيوم حتى الوصول إلى ضغط التوزيع ثم عزلها، وبعد مرور ساعة واحدة يجب أن لا يكون الازدياد في الضغط قد تجاوز القيمة (1 kPa).

- اختبار عزل ومنطقة تخديم وحدات AVSU: من أجل الأنظمة المضغوطة فإن ضغط شبكة الأنابيب قبل AVSU المغلقة هو ضغط التوزيع، أما ضغط الخط بعدها فيجب أن ينخفض إلى (100 kPa)، كما يجب عدم حدوث أي تغيير في الضغط خلال مدة (15 دقيقة). أما بالنسبة لأنظمة الفاكيوم فإن الضغط قبل AVSU المغلقة هو ضغط التوزيع أما الضغط من جهة الوحدة الطرفية فهو (15 kPa).

- وبعد ذلك يتم التأكد من أن كل AVSU تعزل الوحدات الطرفية المحددة عند التصميم فقط.
- اختبار الوحدات الطرفية: للتأكد من صحة الوصلات المتقاطعة لشبكات الغازات جميعها، حيث يجب فتح صمامات الأنظمة جميعها، وفتح صمام العزل الرئيسي لشبكة ما ولتكن شبكة الأكسجين مثلاً، بينما تبقى صمامات العزل الرئيسية لباقي الشبكات مغلقة، وبعدها يتم التأكد من تدفق الغاز وعند الضغط العامل خلال كل الوحدات الطرفية الخاصة بشبكة الأكسجين وعدم تدفقه عبر الوحدات الطرفية للشبكات الأخرى، وبعد ذلك تُكرر الخطوات ذاتها من أجل شبكة أخرى وهكذا.

أما فحص الحالة الميكانيكية للوحدة الطرفية فيتطلب إدخال مسبار نوعي للغاز وإخراجه ببسر، وكذلك التأكد من عدم انطلاق الغاز من الوحدة إلا باستخدام هذا المسبار فقط، ولابد من التأكد من أن التدفق وهبوط الضغط عبر كل وحدة طرفية مطابق للمواصفات المحددة في الجدول (24-6).

الجدول (24-6) قيم تدفق وضغط الغاز المطلوبة في اختبارات أداء الشبكة [8]

الشبكة	ضغط التوزيع الاسمي kPa	تدفق الاختبار للوحدات الطرفية L/min	الضغط الأدنى عند التدفق التصميمي kPa	ضغط المحطة kPa
O2	400	10-100	380	430-490
N2O	400	15	380	430-490

430-490	380	20-80	400	الهواء الطبي
	700	350	700	الهواء الجراحي
73-86	40	40	53.3	الفاكيوم

- اختبار وصلات NIST: وذلك للتأكد من تدفق الغاز عند إدخال مسبار NIST الصحيح فقط.
- اختبار أداء نظام شبكة الأنابيب: يجب تزويد كل شبكة وبشكل مستقل بأجهزة قياس تدفق معايرة خاصة، للتأكد من أن تدفق الغاز عبر وحدات طرفية مختارة أعلى من التدفق المستخدم المحسوب.
- اختبارات وظيفية لأنظمة تزويد الغاز: يجب اختبار كل الأنظمة من أجل حالات عمل طبيعية وطارئة، كما يجب أن توصل الأنظمة إلى كل مصادر الغاز.
- فحص صمامات الشبكة: يجب فحص صمامات الأمان وصمامات عدم الرجوع وغيرها ولتأكد من أن أنها مطابقة للمواصفات.
- اختبار أنظمة التنبيه: يجب التأكد أولاً من أن كافة أجزاء اللوحات قد تم تعليمها بشكل صحيح، وأن كافة الإنذارات الضوئية والصوتية تعمل، كما يجب إجراء اختبارات للتحقق من هذه الأنظمة تتفاعل مع الحالات الطبيعية والطارئة لنظام الغازات بالشكل الصحيح، كما يجب التأكد من عمل مفتاح الإسكات بالشكل المطلوب في اللوحات المركزية والمتكررة ولوحات إنذار المنطقة، ويجب التأكد أيضاً من إمكانية العودة إلى الوضع الطبيعي.
- اختبار التلوث الجزيئي والرائحة: ويتم إجراء هذا الاختبار باستخدام الهواء الطبي في فترة ما قبل استثمار الشبكة ومرة ثانية بعد ملء النظام بالغاز الطبي العامل ثم يتم تصريفه قبل الاستثمار الفعلي للشبكة مباشرة، بذلك يكون قد تم تنظيف وتطهير الشبكة.
- اختبار نظام الطرح في أنظمة AGSS.

3-15-2-6 اختبارات قبل الاستخدام:

تُنفذ الاختبارات التالية بعد تنظيف الشبكة وملئها بالغاز العامل:

- اختبار التلوث الجزيئي.
- اختبار هوية الغاز: يجب إجراء اختبار هوية الغاز لكل وحدة طرفية من شبكة الغاز، وتلخص هذه الاختبارات بالجدول (6-25):

الجدول (6-25) قيم تراكيز الغازات المطلوبة في اختبارات هوية الغاز [8]

الغاز الطبي	تركيز الأكسجين	تركيز أكسيد	أداة الاختبار
-------------	----------------	-------------	---------------

النتروس			
غاز O2	حد أدنى 99.5%	جهاز تحليل أكسجين	-
غاز O2 من PSA	حد أدنى 94.0%	جهاز تحليل أكسجين	-
هواء (طبي ، جراحي)	20.9% ± 0.5%	جهاز تحليل أكسجين	-
هواء صناعي	(21.0-22.5) %	جهاز تحليل أكسجين	-
غاز N2O	-0.2%	مقياس الأشعة تحت الحمراء أو مقياس الناقلية الحرارية	حد أدنى 98.0%
مزيج N2O/ O2	50.0% ± 2.0%	جهاز تحليل أكسجين	50.0% ± 2.0%

- اختبار جودة الغاز: يجب إجراء هذه الاختبارات على المحطات المركزية وعلى شبكات أنابيب التوزيع باستخدام فلتر وأنابيب كشف خاصة، وذلك للتحقق من أن مواصفات الغازات مناسبة للاستخدام الطبي، ويمكن تلخيص هذه الاختبارات والقيم المطلوبة بالجدول (6-26):

الجدول (6-26) اختبارات جودة الغاز [8]

الاختبار	الغاز	المواصفات	أداة الاختبار
جسيمات دقيقة	الكل	عينة (75 L) خالية من الجسيمات المرئية	فلتر
رائحة	أكسجين هواء (طبي ، جراحي)	لا يوجد	-
ماء	الكل	$\leq 0.05 \text{ mg / L}$	أنبوب كشف ماء
زيت	هواء (طبي ، جراحي) أكسجين من ال-PSA	$\leq 0.1 \text{ mg / m}^3$	أنبوب كشف زيت
CO	هواء (طبي ، جراحي) أكسجين من ال-PSA	$\leq 5 \text{ mg / m}^3$	أنبوب كشف غاز
CO2	هواء (طبي ، جراحي) أكسجين من ال-PSA	$\leq 500 \text{ ppm v/v}$ $\leq 300 \text{ ppm v/v}$	أنبوب كشف غاز
NO+NO2	هواء (طبي ، جراحي) أكسجين من ال-PSA	$\leq 2 \text{ ppm v/v}$	

SO ₂	هواء (طبي ، جراحي) أكسجين من الـPSA	≤ 1 ppm v/v
-----------------	--	-------------

6-2-16 صيانة الشبكة:

وبعد اجتياز شبكات توزيع الغاز الطبي كلها الاختبارات السابقة، وتدوين النتائج في استمارات خاصة وموقعة من قبل أشخاص مختصين ومؤهلين، أصبح بالإمكان الآن استخدامها بشكل آمن لإيصال الغازات الطبية إلى المرضى، وخلال فترة الاستخدام لا بد من برنامج صيانة دورية يقوم به فريق عمل مؤلف من فنيين مؤهلين ومدربين، بالإضافة إلى أعمال إصلاح الشبكة في حالات الطوارئ. يؤدي فريق العمل أعمال الصيانة الشاملة أربع مرات في العام وتدعى صيانة فصلية، كما يقوم بصيانة سنوية تُؤدى مرة واحدة كل عام، بالإضافة إلى أعمال تفحص ومراقبة يومية وأسبوعية [9].

6-2-16-1 أعمال الصيانة اليومية:

- فحص لوحات التنبيه والإنذار ومقاييس الضغط في غرف المجمعات والمحطات المركزية والتأكد من درجة الحرارة والضجيج والاهتزاز
- تسجيل محتوى وضغط الخزانات من الغاز السائل لمحطات VIE وقياس ضغط الغاز في شبكة الأنابيب والتأكد من ضغط اسطوانات مجمع المصدر الثانوي [9].

6-2-16-2 أعمال الصيانة الأسبوعية:

- تفقد المحطات المركزية ومخزن الاسطوانات للتأكد من عدم وضع مواد قابلة للاشتعال فيها.
- تفحص عوادم وأنابيب تنفيس الغاز .
- فحص خزانات محطة VIE وكافة توصيلاته للتأكد من عدم وجود أي أذى ميكانيكي أو تسريب، والتأكد من ضغط الخزان ومجمع الاسطوانات وشبكة الأنابيب.
- فحص محرك الضاغط في محطة الهواء المضغوط وتحديد عدد ساعات عمل كل ضاغط والتأكد من عدم وجود تسريب زيت، وفحص وحدات المعالجة والمبردات والخزانات ووحدات التصريف وإعلام المختصين إذا كانت كمية السائل أكثر من (0.5 L).
- فحص محرك المضخة في محطة الفاكيوم وتحديد عدد ساعات عمل كل مضخة والتأكد من عدم وجود تسريب زيت، وفحص الفلاتر الجرثومية ووحدات التصريف للتأكد من عدم وجود سائل [9].

6-2-16-3 أعمال الصيانة الفصلية:

تُنفذ هذه الأعمال على كل المحطات المركزية وشبكات الأنابيب والوحدات الطرفية، ويمكن إيجازها كما يلي:

6-2-16-3 أ المحطة المركزية للهواء الطبي والهواء الجراحي :

- فحص ضواغط المحطة ومراوح التبريد وكاماتات الصوت ومخمدات الاهتزاز والوصلات المرنة.
- تنظيف ساحب وفلتر الهواء واستبدالهما عند الحاجة.
- فحص مخفضات ومقاييس الضغط والتأكد من أنها تعمل بشكل صحيح.
- فحص خزانات الهواء و وحدات التصريف.
- فحص فلاتر المحطة (زيت، بكتيريا، رائحة) وفواصل الماء والمجففات.
- فحص نظام التنبيه والإنذار والتأكد من عمل الإنذارات الصوتية.
- فحص كافة صمامات المحطة (أمان، عزل، عدم عودة) .
- إجراء التحاليل اللازمة للتأكد من أن جودة الهواء الناتج عن المحطة وفق المواصفات المحددة [9].

6-2-16-3 ب مجمعات الغاز الطبي:

- فحص الاسطوانات و حاملاتها ورؤوسها والتأكد من سلامتها، وعدم تعرضها للكسر .
- فحص لوحة التحكم والتأكد من أن صمامات العزل وصمامات الأمان ومنظمات ومقاييس الضغط تعمل بشكل صحيح.
- التأكد من عمل المبدل الآلي و المبدل اليدوي.
- فحص كافة الوصلات الكهربائية والفيوزات وأجهزة الإنذار في لوحة التحكم.

6-2-16-3 ج مجمع الاحتياط:

- فحص الحالة العامة للاسطوانات، والتأكد من سلامة التثبيتات ومن عدم وجود أي تسريب في مناطق الربط.
- التأكد من أن صمامات الاسطوانات وصمامات العزل وصمامات الأمان ومنظمات ومقاييس الضغط تعمل بالشكل المطلوب.

6-2-16-3 د المحطة المركزية للفاكيوم:

- فحص مضخات المحطة والحالة العامة لكافة تجهيزاتها، والتأكد فيما إذا كانت بحاجة إلى تزييت.
- فحص خزانات التخلية.
- فحص وحدات التصريف و فلاتر المحطة واستبدالها عند الضرورة.
- فحص صمامات المحطة (عزل، عدم عودة) وقواطع ومقاييس الضغط.

- فحص العوادم والوصلات المرنة وكاتمات الصوت.
- فحص لوحات التحكم والتأكد من سلامة كافة التوصيات الكهربائية، ومن عمل مفاتيح إقلاع المضخات آلية/يدوية ومن سلامة أجهزة الإنذار.
- التأكد من عمل المحطة وأن التخلية الناتجة ضمن حدود التدفق والضغط المطلوبة.

6-2-16-3-هـ شبكة أنابيب التوزيع:

- فحص الأنابيب وداعماتها والتأكد من صحة التعليم، ومن عدم تعرضها لأي تلف أو كسر.
- فحص صمامات العزل ووحدات AVSU والتأكد من نظافتها وصحة تعليمها واتجاهها وعملها.
- فحص وحدات تخفيض الضغط والتأكد أن مخفضات الضغط وصمامات الأمان تعمل ضمن حدود الضغط المحددة.
- فحص الحالة العامة للوحدات الطرفية والتأكد من صحة التعليم و من عدم وجود أي تسريب، وأنها لا تعمل إلا بواسطة مسبار نوعي خاص بالغاز.
- التأكد أن تدفق الغاز والضغط عبر كل وحدة طرفية ضمن الحدود المطلوبة، وذلك باستخدام أجهزة قياس تدفق مُعايرة وأجهزة قياس ضغط وأجهزة نفث مُعايرة خاصة [2].
- فحص الوحدات الطرفية السقفية المعلقة وذات الذراع والتأكد من سلامة أماكن التعليق والمثبتات، والتأكد من حركتها بالشكل الصحيح، بالإضافة إلى كافة الاختبارات السابقة الذكر من أجل الوحدات الطرفية الثابتة.

6-2-16-3-و أنظمة التنبيه والإنذار:

- التأكد من الحالة العامة لكافة اللوحات ومن الأسلاك الكهربائية، ومن أن التعليم بشكل واضح ومقروء.
- التأكد من الحالة العامة لأجزاء اللوحات من لمبات، فيوزات، وامضات، محولات ضغط منخفض، وحساسات الضغط الخطية ومن عملها بشكل صحيح.
- التأكد من عمل الإنذارات الصوتية.
- فحص البطاريات الاحتياطية.

6-2-16-3-ل أنظمة طرد غازات التخدير (AGSS):

- فحص المضخة والوصلات المرنة ومخمدات الاهتزاز وأجهزة التثبيت، والتأكد فيما إذا كانت المضخة بحاجة إلى تزييت.
- التحقق من موقع الإطلاق.

- التأكد من الحالة العامة للوحدات الطرفية، ومن التدفق والضغط الصحيحين باستخدام أجهزة اختبار مُعايرة.
- فحص نظام الاستقبال والوصلات المرنة والفلاتر، والتأكد من مدخل الهواء، ومن عمل مؤشر التدفق [9].

6-2-16-4 أعمال الصيانة السنوية:

تُنفذ هذه الأعمال بالإضافة إلى أعمال الصيانة الفصلية، حيث يجب فحص شبكة أنابيب التوزيع للتحقق من أنها مطابقة للمخططات، وعدم وجود أي كسر أو تلف، والتأكد من عمل وحدات تخفيض الضغط ضمن الحدود المطلوبة، وفحص توصيلات الوحدات الطرفية المعلقة وتفكيكها عند اللزوم لإجراء الفحص الشامل، واستبدال أنبوبة الذيل للاستوانات في أنظمة مجمعات الاسطوانات، واستبدال المراوح وتنظيف المبردات والمجففات واستبدالها عند الحاجة في محطات الهواء المضغوط وفحص ملفات ومساند محركات الضواغط، بالإضافة إلى إجراء اختبارات مقاومة على الدارات الكهربائية [2].

الفصل السابع

الأسس العملية لتصميم أنظمة شبكات الغاز الطبي

7-1 مقدمة:

وبعد أن تعرفنا على الأسس النظرية لتصميم أنظمة شبكات الغاز الطبي وفق النظامين الإنكليزي والفرنسي، آن الأوان لتطبيق كل من هذين النظامين، وقد تم التطبيق على مستشفيات وتم تصميم أنظمة شبكات الغازات الطبية لهما، حيث قمنا باختيار مخططين معماريين لمستشفيات تحتوي كل منهما على (100 سرير).

تتكون المستشفى الأولى من ثمانية طبقات (تصميم عمودي) حيث يحتوي القبو على قسم التشخيص والتصوير وقسم الإسعاف، بينما نجد في الطابق الأرضي العيادات الخارجية وغرفة عمليات مخصصة لطفل الأنبوب، أما الطابق الأول فيحتوي على قسم الولادة والذي يتألف من غرفتي ولادة وغرفة عمليات قيصرية و15 حاضنة، أما قسم العمليات فهو موجود في الطابق الثاني ويتألف من أربع غرف عمليات عامة وأسرة الإنعاش وقسم العناية المركزة، بينما خصصت كل من الطوابق الثالث والرابع والخامس لإقامة المرضى، أما الطابق السادس فقد خصص لقسم جراحة القلب حيث احتوى على ثلاث غرف عمليات قلبية وقسم العناية المركزة القلبية.

أما المستشفى الثانية فهي تمتد على مساحة واسعة من الأرض (تصميم أفقي) وتتألف من طبقتين فقط تحتوي الطبقة الأولى على قسم الإسعاف وقسم التشخيص والتصوير والعيادات الخارجية وقسم غسيل الكلية، بينما تحتوي الطبقة الثانية على قسم العمليات الذي يتألف من خمس غرف عمليات وأسرة إنعاش وقسم العناية المركزة وقسم الولادة والحواضن وأربعة أجنحة لإقامة المرضى. ثم بعد ذلك قمنا بحساب التكلفة وتقدير الفعالية للتصاميم الأربعة، وتحديد النظام الأنسب لكل من المستشفيات.

وبما أنه لكل من النظامين الإنكليزي والفرنسي أسس عملية خاصة لتصميم شبكات الغازات الطبية وكلاهما يعتمد على الجداول والمخططات المتوفرة والتي كانت قد أنتجت اعتماداً على المعادلات التي تحكم عملية التصميم، فقد رأينا أن نعتد أسلوباً مغايراً في التصميم ونستعيض عن الجداول ونقوم بالتصميم انطلاقاً من المعادلات الرياضية الخاصة بعملية التصميم والتي كانت قد أوجدت للتحكم بجريانات الغازات.

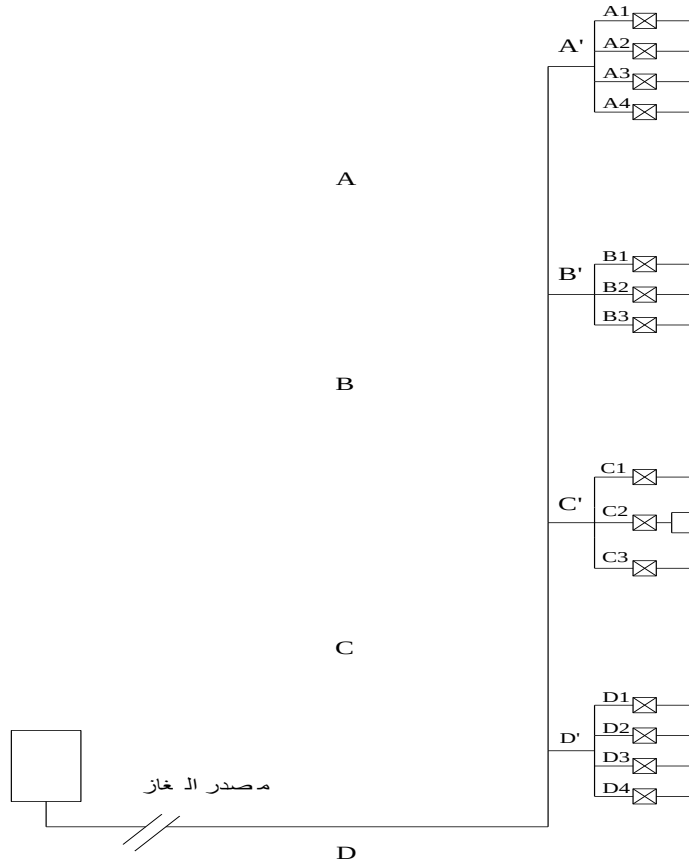
لذلك سنقوم في هذا الفصل بالتعرف على الأسس العملية لتصميم الشبكات وفق النظامين المعتمدين، ومن ثم التعرف على الأسلوب المعتمد عند وضعنا للتصاميم الأربعة .

2-7 بارامترات التصميم:

إن تصميم شبكة الغازات الطبية يقتضي حساب كل من البارامترات التالية:

- تدفق الغاز وضغطه وسرعته في كل أنبوب من أنابيب الشبكة.
- أقطار أنابيب الشبكة.
- استطاعة المحطة المركزية وتحديد شكل وحجم استطاعة مصادرها الثلاثة.

وسنعمل على توضيح طريقة حساب كل من هذه البارامترات باستخدام الشبكة البسيطة المبينة في الشكل (1-7) والتي تتألف من مصدر للغاز وخط أنابيب رئيسي (A, B, C, D) يتفرع إلى عدة فروع (A', B', C', D') موزعة في أقسام المستشفى والتي بدورها تتفرع إلى تفرعات في غرف كل قسم (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, C1, C2, C3, D1, D2, D3, D4).



الشكل (1-7) شبكة أنابيب غاز بسيطة

3-7 الأسس العملية لتصميم شبكة الغازات وفق النظام الفرنسي:

يتم تصميم أنظمة شبكات الغاز الطبي في المستشفى وفق النظام الفرنسي وفق الخطوات التالية:

- تحديد الوحدات الطرفية اللازمة في كل غرفة من غرف المستشفى وذلك انطلاقاً من الجدول (1-5).

- تحديد أماكن تركيب وحدات عزل صمام المناطق ZSU ووحدات تخفيض الضغط الثانية، ووحدات إنذار المنطقة في مدخل كل قسم من أقسام المستشفى.
- تحديد مسارات أنابيب كل من الشبكتين الرئيسية والثانوية، وتوزيع الصمامات اللازمة على الشبكة.
- حساب تدفق الغاز في أنابيب الشبكة، وذلك انطلاقاً من الجدول (5-2) الذي يحدد تدفق الغاز المطلوب عند كل مأخذ ومعامل الاستخدام الذي يُعطى على شكل نسبة مئوية تحدد عدد المآخذ المستخدمة في نفس الوقت في قسم ما، والذي تختلف قيمته من قسم لآخر وذلك وفق العلاقة التالية:

$$\text{تدفق الفرع المستخدم} = \text{تدفق المأخذ} \times \text{معامل الاستخدام} \times \text{عدد المآخذ}$$

ففي الشبكة البسيطة السابقة الواردة في الشكل (7-1) إذا كان الأنبوب A1 يغذي جناح إقامة مرضى داخلي وكان تدفق المأخذ (10 L/min) ومعامل الاستخدام (10 %) وعدد المآخذ (30) فيكون التدفق المستخدم لهذا القسم وفق العلاقة السابقة (30 L/min)، وهكذا بالنسبة لكافة الفروع، أما تدفق الغاز عبر الأنبوب A' فهو عبارة عن مجموع تدفقات الفروع (A1,A2,A3,A4) وهكذا وصولاً إلى تدفق المحطة والذي يعبر عن مجموع تدفقات الفروع (A',B',C',D').
- تحديد أقطار أنابيب الشبكة: بمعرفة تدفق الغاز المضغوط عبر أنبوب الشبكة ومعرفة فيما إذا كان من الشبكة الرئيسية أو الثانوية يمكن معرفة قطر الأنبوب من الجدول (7-1)، أما بالنسبة لشبكة الفاكيوم فيمكن معرفة قطر الأنبوب من الجدول (7-2):

الجدول (7-1) أقطار وتدفقات شبكة الغاز المضغوط وفق النظام الفرنسي [10]

تدفق الغاز الأقصى (L/min)		القطر الداخلي (mm)	القطر الخارجي (mm)
الشبكة الثانوية (P=4 bar)	الشبكة الرئيسية (P=9 bar)		
226,3	-	8	10
353,7	707,3	10	12
509,3	1018,5	12	14
693,2	1386,2	14	16
905,4	1810,6	16	18
1145,9	2291,5	18	20
1414,7	2829,1	20	22
-	4781,1	26	28
-	6365,4	30	32

-	11316,2	40	42
-	17681,6	50	52
-	25439	60	62
-	34625,3	70	72
-	45224,9	80	82
-	57237,7	90	92
-	70663,8	100	102

الجدول (2-7) أقطار وتدفقات شبكة الفاكيوم وفق النظام الفرنسي [10]

القطر الداخلي (mm)	تدفق الفاكيوم الأقصى (m^3/h)
10	7,4
12	10,7
14	14,6
16	19
18	24,1
20	29,7
26	50,2
30	66,8
40	118,8
50	185,7
60	267,4
80	475,3
100	742,7

- تحديد حجم وأشكال مصادر الغاز (الرئيسي، الثانوي، الاحتياط، الصيانة) في كافة المحطات المركزية وفق ما ورد في الفصل الخامس في الفقرات (2-4-2-5) و(3-4-2-5) و(5-2-5-4-2-5).
- لا بد عند تصميم شبكة أنابيب الشبكة الالتزام بالقواعد والتوصيات الواردة في الفصل الخامس في الفقرات (1-9-2-5) و(4-9-2-5).
- لا يتطلب تصميم الشبكات وفق هذا النظام حساب انخفاضات الضغط في الأنابيب، ما لم يتجاوز طول شبكة الأنابيب (300 m) وفق ما ورد في الفصل الخامس في الفقرة (5-2-5-9-2-5).

7-4 الأسس العملية لتصميم شبكة الغازات وفق النظام الإنكليزي:

يتم تصميم أنظمة شبكات الغاز الطبي في المستشفى وفق النظام الإنكليزي وفق الخطوات التالية:

- توزيع الوحدات الطرفية في كل غرفة من غرف المستشفى وذلك انطلاقاً من الجدول (6-2).
- تحديد أماكن تركيب وحدات AVSU ووحدات إنذار المنطقة.
- تحديد مسارات أنابيب الشبكة، وتوزيع الصمامات اللازمة على الشبكة.
- تحديد تدفق الغاز المستخدم في أنابيب الشبكة، وذلك انطلاقاً من الجدول (6-3) الذي يحدد تدفق الغاز المطلوب عند كل مأخذ ومن الجداول (6-4) و (6-5) و (6-6) و (6-7) و (6-8) والتي تتضمن معادلات لحساب التدفق المستخدم لكل قسم من أقسام المستشفى ولكافة الشبكات، إذ أن معامل الاستخدام في النظام الإنكليزي يُعطى على شكل معادلة يختلف شكلها من قسم لآخر، ففي الشبكة السابقة (الشكل (7-1)) إذا كان الأنبوب A1 يغذي جناح إقامة مرضى داخلي وكان تدفق المأخذ (10 L/min) وعدد المآخذ (n=30) فيحسب التدفق المستخدم لهذا القسم وفق العلاقة التالية:

$$Q = 10 + [(n - 1) * 6 / 4] = 53,5 \text{ L/min}$$

وهكذا بالنسبة لكافة الفروع، أما تدفق الغاز عبر الأنبوب A' فهو عبارة عن مجموع تدفقات الفروع (A1,A2,A3,A4) وهكذا وصولاً إلى تدفق المحطة والذي يعبر عن مجموع تدفقات الفروع (A',B',C',D').

- تحديد أقطار أنابيب الشبكة: يتم اختيار قطر أنبوب مناسب من الأقطار المبينة في الجدول (6-23) والذي يحقق أدنى انخفاض ضغط، فإذا لم يكن ذلك محققاً (وذلك بحساب انخفاض الضغط عبر ذلك الأنبوب باستخدام معادلة انخفاض الضغط ونجد أن $\Delta p > \Delta p_1$) يتم اختيار القطر الأعلى مباشرة.
- حساب طول أنبوب الشبكة (L) وهو عبارة عن طول الأنبوب المقاس مضافاً إليه الأطوال المكافئة لتجهيزات الشبكة المربوطة إلى ذلك الأنبوب والمحسوبة وفق ما ورد في الفصل الرابع في الفقرة (4-3-5-2)، ويمكن في التصميم البسيطة إضافة (25 - 30 %) من طول الأنبوب المقاس.
- حساب انخفاض الضغط الناتج عن ذلك الأنبوب بمعرفة طوله (L) وتدفق الغاز عبره (Q) من العلاقة التالية [8]:

$$\Delta p = \frac{L}{L_1} \times \left(\frac{Q}{Q_1} \right)^2 \times \Delta p_1$$

حيث : L1 طول الأنبوب الأقرب إلى الطول (L) والمعطى في الجداول.

Q1 التدفق الأقرب من التدفق (Q) والمعطى في الجداول.

Δp_1 انخفاض الضغط المعطى في الجداول.

ذلك أن النظام الإنكليزي يعتمد جداول تربط بين تدفقات الغاز وأقطار وأطوال الأنابيب المختلفة وانخفاض الضغط، وهذه الجداول كبيرة تبين انخفاضات الضغط لكافة أقطار الأنابيب القياسية بأطوال مختلفة ولقيم تدفقات غاز مختلفة، لذلك سنعطي مثلاً لها في الجدول (7-3) والذي يبين قيم الانخفاض في الضغط لأنابيب ذات أطوال (8, 15, 30 m) وأقطار (12, 15, 22 mm) من أجل تدفقات مختلفة:

الجدول (7-3) انخفاض الضغط لأنظمة الغاز المضغوط (4 بار) وفق النظام الإنكليزي [8]

(m) المسافة عن المصدر L1			انخفاض الضغط Δp_1 (kPa)	القطر الخارجي (mm)
30	15	8		
(L/min) التدفق Q1				
141	209	311	7	12
207	307	455	14	
258	382	564	21	
263	391	579	7	15
386	572	845	14	
481	711	1038	21	
768	1135	1677	7	22
1123	1656	2441	14	
1395	2053	3023	21	

وكمثال تطبيقي:

نحسب انخفاض الضغط الناتج عن أنبوب قطره (15 mm) وطوله (30 m) ويمر عبره هواء طبي بتدفق (225 L/min):

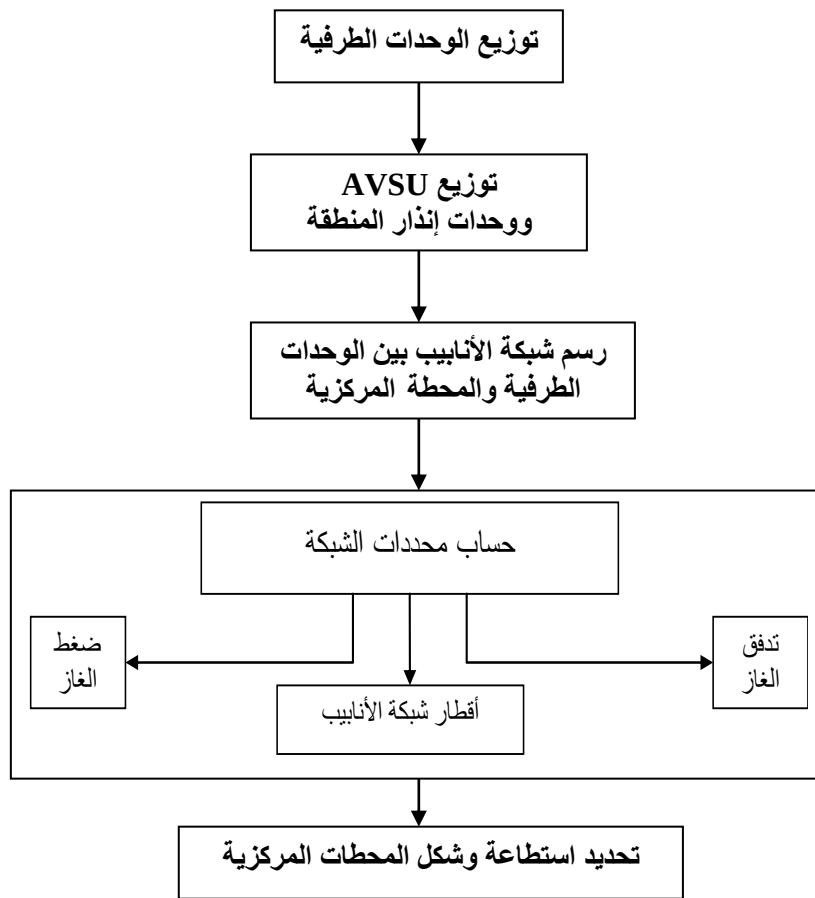
$$\Delta p = \frac{30}{30} \times \left(\frac{225}{263} \right)^2 \times 7 = 5.1 \text{ kPa}$$

وعند التصميم يجب حساب انخفاض الضغط الناتج عن خطوط أنابيب الشبكة التي تصل بين كل وحدة طرفية والمحطة المركزية ويجب أن لا يزيد مجموع انخفاضات ضغط أجزاء ذلك الخط عن (0,2 bar)، حتى نحصل على الضغط الاسمي المطلوب عند المآخذ. كما أن هناك جداول مماثلة لشبكات الغاز المضغوط (7 بار) وللفاكيوم من أجل حساب انخفاض الضغط عبر أنابيبها.

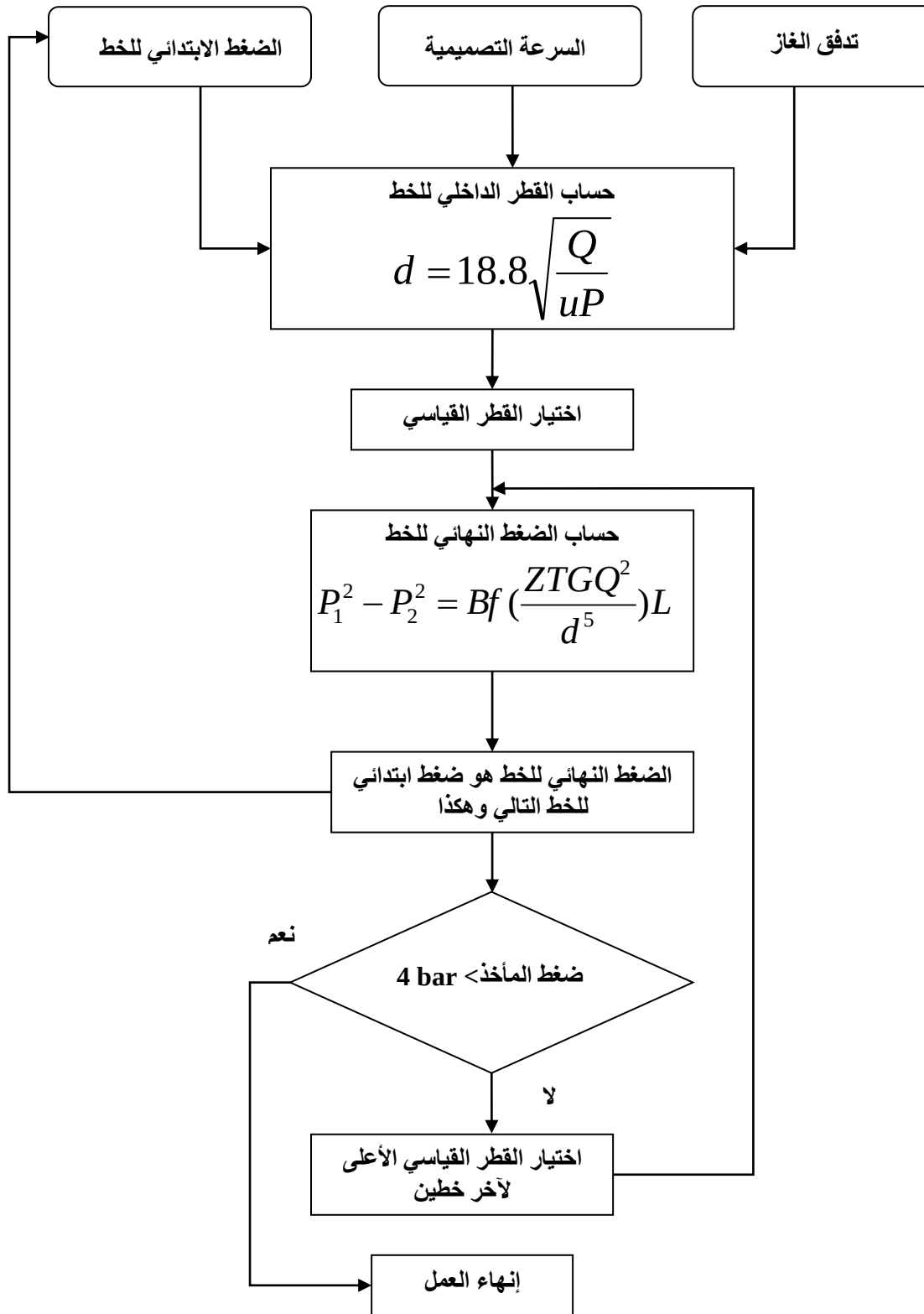
- تحديد حجم وأشكال مصادر الغاز (الرئيسي، الثانوي، الاحتياطي) في المحطات المركزية وفق ما ورد في الفصل السادس في الفقرات (6-2-6) و (7-2-6) و (8-2-6) و (9-2-6) و (10-2-6).

5-7 الأسس العملية لتصميم شبكة الغازات باستخدام العلاقات الرياضية:

وبعد أن تعرفنا على الأسس العملية لتصميم الشبكات وفق النظامين الفرنسي والإنكليزي، ووجدنا أنها تعتمد وبشكل كبير على الجداول، فقد رأينا تصميم الشبكات بالاعتماد على العلاقات الرياضية (والواردة في الفصل الرابع) التي استخدمت أساساً لبناء هذه الجداول حيث تم العمل باستخدام الحاسوب وبذلك لا نحتاج إلى العودة إلى الجداول ونقوم بتصميم الشبكة ككتلة واحدة. والمخطط الانسيابي لعملية تصميم شبكة الغازات الطبية وفق هذه الطريقة مبين في الشكل (2-7)، أما الشكل (3-7) فيبين المخطط الانسيابي لعمليات حساب محددات الشبكة.



الشكل (2-7) المخطط الانسيابي لعملية تصميم شبكة الغازات الطبية



الشكل (3-7) المخطط الانسيابي لعمليات حساب محددات الشبكة

7-5-1 توزيع مآخذ الغازات وتحديد مسارات الأنابيب:

- تحديد الغازات المطلوبة في كل غرفة من غرف المستشفى، ومن ثم تحديد نوع وشكل الوحدات الطرفية اللازمة، وتحديد أماكن تركيبها وفق ما ورد في الفقرات (3-7) و (4-7).
- توزيع وحدات المراقبة ووحدات إنذار المناطق في أماكنها المحددة ووحدات تخفيض الضغط الثانية عند التصميم وفق النظام الفرنسي وفق ما ورد في الفقرات (3-7) و (4-7).
- رسم شبكة الأنابيب التي تصل بين الوحدات الطرفية والمحطة المركزية، وذلك باختيار الطريق الأمثل.

2-5-7 حساب تدفق الغاز:

- حساب التدفق الحجمي المستخدم في كافة فروع الشبكة والتي تغذي كل منها قسماً مختلفاً من أقسام المستشفى وذلك بدءاً من أبعد مأخذ في الفرع، مع الأخذ بعين الاعتبار الاختلاف في كيفية حساب التدفق المستخدم بين النظامين كما ورد سابقاً في الفقرتين (1-7) و (2-7)، أي حساب تدفق الغاز المار عبر الفروع (A', B', C', D').
- حساب تدفقات الأنابيب الرئيسي وذلك كما يلي:

$$\text{تدفق الأنبوب (A)} = \text{تدفق الأنبوب (A')}$$

$$\text{تدفق الأنبوب (B)} = \text{تدفق الأنبوب (A)} + \text{تدفق الأنبوب (B')}$$

$$\text{تدفق الأنبوب (C)} = \text{تدفق الأنبوب (B)} + \text{تدفق الأنبوب (C')}$$
وبذلك يكون التدفق التصميمي لمصدر الغاز:

$$\text{تدفق الأنبوب (D)} = \text{تدفق الأنبوب (C)} + \text{تدفق الأنبوب (D')}$$
وبذلك نكون قد حسبنا تدفق الغاز في كل أنبوب من أنابيب الشبكة، وحسبنا التدفق التصميمي الكلي للمحطة المركزية.

3-5-7 حساب أقطار أنابيب الشبكة:

- لحساب القطر الداخلي لأنبوب الشبكة المستقيم ودائري المقطع ننتقل من المعادلة الواردة في الفقرة (3-3-4):

$$d = 18.8 \sqrt{\frac{Q}{uP}}$$

حيث:

- Q تدفق الغاز في الأنبوب وهو معلوم في كافة أنابيب الشبكة (من الخطوة السابقة).
 - u سرعة جريان الغاز في الأنبوب حيث حددت الحدود العليا لسرعات جريان الغاز ضمن الأنابيب في كل من النظامين الإنكليزي والفرنسي كما في الجدول (4-7).
- الجدول (4-7) الحدود العليا للسرعات التصميمية

السرعة التصميمية m/s	نظام إنكليزي	نظام فرنسي
غاز مضغوط (O ₂ , N ₂ O, AIR)	6 [17]	15 [11]
فاكيوم	25 [16]	100 [11]

- P ضغط الغاز المطلق: وبما أن الضغط المعلوم والمحدد وفق المعايير هو ضغط الغاز الخارج من المحطة، لذلك سنبدأ بحساب أقطار أنابيب الشبكة بدءاً من الخط الرئيسي (D) الخارج من محطة الغاز المركزية، وبالتعويض في علاقة حساب قطر الأنبوب الداخلي نحسب القطر الداخلي لخط الغاز الرئيسي D.
- وبما أن هناك أقطاراً قياسية للأنابيب حددت في كل من النظامين لذلك نقوم باختيار القطر الداخلي المساوي أو الأعلى مباشرةً من القطر المحسوب، واعتماده كقطر للأنبوب.
- لا بد من التأكيد هنا أنه لا يمكننا حساب قطر الأنبوب التالي (C أو D') وذلك لعدم معرفتنا لضغط الغاز في ذلك الأنبوب، ولذلك لابد من حساب الضغط في نهاية الأنبوب (D) واعتماده كضغط في بداية كل من الأنبوبين (C و D')، حيث يحسب هذا الضغط من الخطوة التالية.

4-5-7 حساب انخفاض الضغط عبر أنابيب الشبكة:

في الجريانات المستقرة الإيزوثيرمية (أي مع ثبات درجة الحرارة) للغازات القابلة للانضغاط ضمن شبكة أنابيب دائرية وثابتة المقطع نجد أن انخفاض الضغط تحدث نتيجة لاحتكاك جزيئات الغاز أثناء جريانها مع السطح الداخلي للأنبوب وهو ما يسمى خسارة الضغط الطولية، ونتيجة لتغير اتجاه الغاز ضمن التجهيزات الملحقة بالشبكة (نقاط تفرع (تيات)، صمامات، أكواع، نقاصات، توسعات، فتحات) وهي خسارة مكانية للضغط، كما وضح في الفصل الرابع.

ولحساب انخفاض الضغط في الأنابيب دائرية المقطع والأفقية نستخدم المعادلة:

$$P_1^2 - P_2^2 = Bf \left(\frac{ZTGQ^2}{d^5} \right) L$$

أما بالنسبة للأنابيب دائرية المقطع والعمودية فيمكن حساب انخفاض الضغط انطلاقاً من المعادلة:

$$P_1^2 - e^s P_2^2 = Bf \left(\frac{ZTGQ^2}{d^5} \right) L_e$$

وأما بالنسبة لشبكات الفاكيوم فإن الضغط السلبي للشبكة يزداد، وذلك حسب ما ورد وبشكل مفصل في الفصل الرابع في الفقرة (4-3-5).

ويتطبيق معادلة حساب انخفاض الضغط في الشبكة السابقة (الشكل (7-1)) للأنبوب (D) نحصل على P2 للأنبوب (D)، والذي هو P1 للأنبوب (C).

وكمثال تطبيقي: - يُطلب حساب قطر الأنبوب اللازم وانخفاض الضغط الناتج عن جريان هواء طبي بتدفق (225 L/min) عبر أنبوب أفقي طوله (30 m) وتحت ضغط (4 bar) وعند درجة حرارة (20°C):

باستخدام معادلة حساب القطر الداخلي للأنبوب وفق النظام الإنكليزي نجد:

$$d = 18.8 \sqrt{\frac{13.5}{5 \cdot 6}} = 12.61 \text{ mm}$$

لذلك نختار القطر القياسي الأقرب وهو (13.4/15 mm)، وباستخدام معادلة حساب انخفاض الضغط في الأنابيب دائرية المقطع والأفقية نجد: $\Delta p = 5.003 \text{ kPa}$

- يُطلب حساب قطر الأنبوب اللازم وانخفاض الضغط الناتج عن جريان هواء طبي بتدفق (225 L/min) عبر أنبوب صاعد (عمودي) طوله (3.5 m) وتحت ضغط (4 bar) وعند درجة حرارة (20°C):

باستخدام معادلة حساب القطر الداخلي للأنبوب وفق النظام الإنكليزي نجد:

$$d = 18.8 \sqrt{\frac{13.5}{5 \cdot 6}} = 12.61 \text{ mm}$$

لذلك نختار القطر القياسي الأقرب وهو (13.4/15 mm)، ثم نحسب معامل تصحيح الارتفاع: $s = 0.00082$ ونحسب الطول المكافئ للأنبوب: $L_e = 3.50143 \text{ m}$ ، وباستخدام معادلة حساب انخفاض الضغط للأنابيب دائرية المقطع والعمودية نجد: $\Delta p = 0.7455 \text{ kPa}$

5-5-7 المتابعة في الشبكة:

• وبعد أن أصبحت قيمتا التدفق والضغط للأنبوب (C) في الشبكة السابقة (الشكل (7-1)) معلومتين أصبح بالإمكان حساب القطر الداخلي له، وبعدها اختيار القطر القياسي المتاح، ومن ثم حساب الضغط النهائي P2 له، والذي بدوره يكون ضغط ابتدائي للأنبوب التالي (B).

• نتابع بنفس الأسلوب في الفروع أيضاً ذلك أن الضغط P1 للأنبوب (D') هو الضغط P2 للأنبوب (D) وبذلك يمكن تحديد القطر الداخلي وحساب الضغط النهائي له للأنبوب (D') وذلك في النظام الإنكليزي أما في النظام الفرنسي فيتم تركيب مجموعة تخفيض الضغط الثاني قبل الأنبوب (D') مباشرةً وهي التي ستحدد الضغط P1 لهذا الأنبوب.

• نتابع في الفرع (D') حتى نصل إلى الضغط المطبق قبل المأخذ في نهاية الفرع (D1) مباشرةً، فنقوم بطرح انخفاض الضغط عبر المأخذ فنحصل على ضغط الغاز عند المأخذ.

- مقارنة ضغط الغاز النهائي بعد المأخذ مع قيمة الضغط الاسمي المطلوب واعتباره مقبولاً إذا كان أعلى من القيمة (4 bar)، أما إذا كان أدنى من ذلك الضغط يجب عندها اختيار القطر القياسي الأعلى مباشرة لآخر أنبوب (وأحياناً قد يضطر إلى اختيار أقطار أعلى لأكثر من أنبوب واحد) وإعادة الحساب من جديد حتى نحصل على ضغط للمأخذ أعلى من القيمة (4 bar) [18].
- ونتابع في الشبكة بنفس الأسلوب السابق حتى نصل إلى أبعد مأخذ عن المحطة A1، ونكون بذلك قد حسبنا كافة محددات الشبكة المطلوبة.
- مما يجب ذكره أنه في النظام الإنكليزي للمحافظة على قيم انخفاض ضغط مقبولة نحتاج إلى استخدام أنابيب ذات أقطار كبيرة، وبذلك فإننا قد اضطررنا إلى استخدام أقطار كبيرة جداً، ولذلك فقد لجأنا إلى تصميم صاعدين ينطلقان من المحطة المركزية ويغذيان المستشفى وذلك بالنسبة للشبكات ذات التدفق التصميمي الكبير.
- بالرغم من أنه لا حاجة في النظام الفرنسي من حساب انخفاض الضغط عبر أنابيب الشبكة، إلا أننا قمنا بحسابه وذلك لمعرفة ضغط الغاز عند كل مأخذ في الشبكة، وذلك بغرض مقارنته مع ضغوط الغاز عند المأخذ عند التصميم وفق النظام الإنكليزي.

7-5-6 حساب استطاعة المحطات المركزية:

بعد حساب التدفق التصميمي الكلي لابد من تحديد استطاعة المحطة المركزية وتحديد شكل وسعة مصادر التغذية الثلاثة لكل محطة وقد تم ذلك وفق ما ورد في الفصلين الخامس والسادس.

الفصل الثامن

المقارنة وتحليل النتائج

8-1 مقدمة:

وبعد أن قمنا بتصميم أنظمة شبكات الغازات الطبية لكلتا المشفيين وفق النظامين الفرنسي والإنكليزي، فإنه لا بد من إجراء مناقشة وتحليل لهذه النتائج والتصاميم، حتى نحصل على استنتاجاتٍ وقراءاتٍ توضح مواصفات وخصائص كل نظام من حيث الفعالية والتكلفة الإنشائية وتكلفة الصيانة، وتبين العلاقة التي تربط بين كل نظام والتصميم المعماري للمستشفى.

وسنعمد في مناقشة وتحليل النتائج على مقارنة عناصر التصاميم الأربعة كافة (مأخذ، تدفقات وضغوط، محطات مركزية، شبكات أنابيب...) وذلك من حيث الكمية والشكل والتكلفة.

ومن أجل ذلك تم تثبيت نتائج كل تصميم في كشوف تقديرية خاصة لكميات وأسعار العناصر في الجداول (1-8) و (2-8) و (3-8) و (4-8)، كما تم نسخ مخططات التصاميم (مخططات أوتوكاد) على قرص مضغوط (CD) وتم وضعه في قسم الهندسة الطبية.

الجدول (1-8) الكميات والأسعار التقديرية لأنظمة شبكات الغازات الطبية وفق النظام الإنكليزي للمستشفى الطابقية

مستشفى طابقية				البيان حسب المعيار HTM 02 01
السعر الإجمالي (يورو)	السعر الافرادي (يورو)	الكمية	الوحدة	
				المحطات المركزية
50000	50000	1	مجموعة	محطة الهواء المضغوط استطاعة ($150 m^3 / h$) (7 bar) (ضاغطان)
				مجموعة مخفض ضغط الهواء إلى (4 bar)
1200	1200	1	مجموعة	مجموعة مخفض ضغط مزدوج استطاعة ($126 m^3 / h$)
20000	20000	1	مجموعة	محطة الفاكيوم استطاعة ($93 m^3 / h$) (ثلاث مضخات)
30000	30000	1	مجموعة	محطة طرد غازات التخدير استطاعة ($120 m^3 / h$) (مضختان)
				مجمع الاسطوانات
				مجمع اسطوانات مصدر رئيسي
32000	32000	2×52	مجموعة	مجمع اسطوانات الأكسجين المضغوط
8400	8400	2×4	مجموعة	مجمع اسطوانات النيتروس
				مجمع اسطوانات مصدر ثانوي

7000	7000	2×4	مجموعة	مجمع اسطوانات الأكسجين
5000	5000	2×1	مجموعة	مجمع اسطوانات النيتروس
9000	9000	2×10	مجموعة	مجمع اسطوانات الهواء (4 bar)
5000	5000	2×1	مجموعة	مجمع اسطوانات الهواء (7 bar)
				مجمع اسطوانات الاحتياط / الطوارئ
5000	5000	2×1	مجموعة	مجمع اسطوانات الأكسجين
5000	5000	2×1	مجموعة	مجمع اسطوانات النيتروس
5000	5000	2×1	مجموعة	مجمع اسطوانات الهواء (4 bar)
				اسطوانات
15600	200	78	عدد	اسطوانات أكسجين
1200	200	6	عدد	اسطوانات النيتروس
				الأنابيب النحاسية مع الإكسسوارات حسب المواصفة BS EN 1057:1996
12740	7	1820	م.ط	قطر 8.8/10 مم
4072	8	509	م.ط	قطر 10.8/12 مم
4970	10	497	م.ط	قطر 13.4/15 مم
13800	23	600	م.ط	قطر 20.8/22 مم
9744	29	336	م.ط	قطر 26.2/28 مم
2812	37	76	م.ط	قطر 32.6/35 مم
1560	40	39	م.ط	قطر 39.6/42 مم
4560	60	76	م.ط	قطر 51.6/54 مم
160	80	2	م.ط	قطر 73.6/76 مم
				صمام نحاسي كروي مع قفل
600	600	1	عدد	قطر 15 مم
3600	900	4	عدد	قطر 28 مم
1100	1100	1	عدد	قطر 35 مم
2700	1350	2	عدد	قطر 54 مم
				لوحة AVSU وقاطعات الضغط
500	500	1	مجموعة	2 غاز (O2+VAC)
7200	900	8	مجموعة	3 غاز (O2+A4+VAC)
2600	1300	2	مجموعة	4 غاز (O2+N2O+A4+VAC)
18700	1700	11	مجموعة	5 غاز (O2+N2O+A4+A7+VAC)
				لوحة إنذار المنطقة مع حساسات الضغط
300	300	1	مجموعة	2 غاز (O2+VAC)

4000	500	8	مجموعة	3 غاز (O2+A4+VAC)
1400	700	2	مجموعة	4 غاز (O2+N2O+A4+VAC)
9900	900	11	مجموعة	5 غاز (O2+N2O+A4+A7+VAC)
				لوحة الإنذار الرئيسية
6000	2000	3	مجموعة	4 غاز (O2+N2O+A4+VAC)
				الوحدات الطرفية
				جدارية مع غطاء
5130	95	54	مجموعة	O2
1520	95	16	مجموعة	N2O
4845	95	51	مجموعة	A4
5600	800	7	مجموعة	A7
5415	95	57	مجموعة	VAC
3200	200	16	مجموعة	AGSS
				BHU
17005	95	179	مجموعة	O2
1710	95	18	مجموعة	N2O
15010	95	158	مجموعة	A4
17195	95	181	مجموعة	VAC
3600	200	18	مجموعة	AGSS
				مآخذ سقفية تثبت على حامل الغازات السقفي
665	95	7	مجموعة	O2
570	95	6	مجموعة	N2O
665	95	7	مجموعة	A4
9600	800	12	مجموعة	A7
1425	95	15	مجموعة	VAC
1200	200	6	مجموعة	AGSS
402773				المجموع العام

الجدول (2-8) الكميات والأسعار التقديرية لأنظمة شبكات الغازات الطبية وفق النظام الإنكليزي للمستشفى الأفقية

مستشفى أفقية				البيان حسب المعيار HTM 02 01
السعر الإجمالي (يورو)	السعر الإفرادي (يورو)	الكمية	الوحدة	
				المحطات المركزية
38000	38000	1	مجموعة	محطة الهواء المضغوط استطاعة (114 m ³ / h)(7 bar) (ضاغطان)
				مجموعة مخفض ضغط الهواء إلى (4 bar)
800	800	1	مجموعة	مجموعة مخفض ضغط مزدوج استطاعة (90 m ³ / h)
18000	18000	1	مجموعة	محطة الفاكيوم استطاعة (78 m ³ / h) (ثلاث مضخات)
25000	25000	1	مجموعة	محطة طرد غازات التخدير استطاعة (96 m ³ / h) (مضختان)
				مجمع الاسطوانات
				مجمع اسطوانات مصدر رئيسي
23000	23000	2×38	مجموعة	مجمع اسطوانات الأكسجين
8000	8000	2×3	مجموعة	مجمع اسطوانات النيتروس
				مجمع اسطوانات مصدر ثانوي
6000	6000	2×2	مجموعة	مجمع اسطوانات الأكسجين
5000	5000	2×1	مجموعة	مجمع اسطوانات النيتروس
8000	8000	2×6	مجموعة	مجمع اسطوانات الهواء (4 bar)
5000	5000	2×1	مجموعة	مجمع اسطوانات الهواء (7 bar)
				مجمع اسطوانات الاحتياط / الطوارئ
5000	5000	2×1	مجموعة	مجمع اسطوانات الأكسجين
5000	5000	2×1	مجموعة	مجمع اسطوانات النيتروس
5000	5000	2×1	مجموعة	مجمع اسطوانات الهواء (4 bar)
				اسطوانات
11400	200	57	عدد	اسطوانات أكسجين
1000	200	5	عدد	اسطوانات النيتروس
				الأنابيب النحاسية مع الإكسسوارات حسب المواصفة BS EN 1057:1996
12320	7	1760	م.ط	قطر 8.8/10 مم
7456	8	932	م.ط	قطر 10.8/12 مم

8000	10	800	م.ط	قطر 13.4/15 مم
18722	23	814	م.ط	قطر 20.8/22 مم
5278	29	182	م.ط	قطر 26.2/28 مم
8103	37	219	م.ط	قطر 32.6/35 مم
5480	40	137	م.ط	قطر 39.6/42 مم
10980	60	183	م.ط	قطر 51.6/54 مم
5040	80	63	م.ط	قطر 73.6/76 مم
				صمام نحاسي كروي مع قفل
1200	600	2	عدد	قطر 22 مم
900	900	1	عدد	قطر 42 مم
1100	1100	1	عدد	قطر 54 مم
1350	1350	1	عدد	قطر 76 مم
				لوحة AVSU وقاطعات الضغط
500	500	1	مجموعة	2 غاز (O2+VAC)
7200	900	8	مجموعة	3 غاز (O2+A4+VAC)
2600	1300	2	مجموعة	4 غاز (O2+N2O+A4+VAC)
10200	1700	6	مجموعة	5 غاز (O2+N2O+A4+A7+VAC)
				لوحة إنذار المنطقة مع حساسات الضغط
300	300	1	مجموعة	2 غاز (O2+VAC)
4000	500	8	مجموعة	3 غاز (O2+A4+VAC)
1400	700	2	مجموعة	4 غاز (O2+N2O+A4+VAC)
5400	900	6	مجموعة	5 غاز (O2+N2O+A4+A7+VAC)
				لوحة الإنذار الرئيسية
6000	2000	3	مجموعة	4 غاز (O2+N2O+A4+VAC)
				الوحدات الطرفية
				جدارية مع غطاء
3515	95	37	مجموعة	O2
855	95	9	مجموعة	N2O
2755	95	29	مجموعة	A4
5600	800	7	مجموعة	A7
3040	95	32	مجموعة	VAC
1800	200	9	مجموعة	AGSS
				BHU

20900	95	220	مجموعة	O2
2090	95	22	مجموعة	N2O
18810	95	198	مجموعة	A4
21850	95	230	مجموعة	VAC
4400	200	22	مجموعة	AGSS
				مآخذ سقفية تثبت على حامل الغازات السقي
570	95	6	مجموعة	O2
570	95	6	مجموعة	N2O
570	95	6	مجموعة	A4
4800	800	6	مجموعة	A7
570	95	6	مجموعة	VAC
1200	200	6	مجموعة	AGSS
381624				المجموع العام

الجدول (3-8) الكميات والأسعار التقديرية لأنظمة شبكات الغازات الطبية وفق النظام الفرنسي للمستشفى الطابقية

طابقية				البيان حسب المعيار FDS 90 155 & ISO 7396
السعر الإجمالي (يورو)	السعر الإفرادي (يورو)	الكمية	الوحدة	
				المحطات المركزية
32000	32000	1	مجموعة	محطة الهواء المضغوط استطاعة (9 bar)(105 m ³ / h) (ضاغطان)
28000	28000	1	مجموعة	محطة الفاكيوم استطاعة (216 m ³ / h) (ثلاث مضخات)
15000	15000	1	مجموعة	محطة طرد غازات التخدير استطاعة (60 m ³ / h) (مضختان)
				مجمع الاسطوانات
				المصدر الرئيسي
125000	125000	1	مجموعة	خزان أكسجين سائل (9.5 m ³)
8000	8000	2×3	مجموعة	مجمع اسطوانات النيتروس
				مجمع اسطوانات مصدر ثانوي
14000	14000	2×14	مجموعة	مجمع اسطوانات أكسجين مضغوط
5000	5000	2×1	مجموعة	مجمع اسطوانات النيتروس
				مجمع اسطوانات الاحتياط / الطوارئ

8500	8500	2×10	مجموعة	مجمع اسطوانات أكسجين مضغوط
5000	5000	2×1	مجموعة	مجمع اسطوانات النيتروس
8000	8000	2×6	مجموعة	مجمع اسطوانات الهواء (4 bar)
				مجموعة الصيانة
200	200	1	مجموعة	اسطوانة أكسجين مضغوط
200	200	1	مجموعة	اسطوانة هواء (4 bar)
200	200	1	مجموعة	اسطوانة النيتروس
				اسطوانات مخزنة
1000	200	5	عدد	اسطوانات النيتروس
				الأنابيب النحاسية مع الإكسسوارات حسب المعيار FDS 90 -155
18616	8	2327	م.ط	قطر 10/12 مم
7160	10	716	م.ط	قطر 12/14 مم
2915	11	265	م.ط	قطر 14/16 مم
1800	15	120	م.ط	قطر 16/18 مم
1890	21	90	م.ط	قطر 18/20 مم
1325	25	53	م.ط	قطر 20/22 مم
1830	30	61	م.ط	قطر 26/28 مم
805	35	23	م.ط	قطر 30/32 مم
1360	40	34	م.ط	قطر 40/42 مم
3180	60	53	م.ط	قطر 50/52 مم
5280	80	66	م.ط	قطر 60/62 مم
				صمام نحاسي كروي مع قفل
250	250	1	عدد	قطر 12 مم
300	300	1	عدد	قطر 14 مم
450	450	1	عدد	قطر 16 مم
580	580	1	عدد	قطر 20 مم
2400	1200	2	عدد	قطر 62 مم
				لوحة ZSU ومخفضات وقاطعات الضغط
12000	1200	10	مجموعة	3 غاز (O2+A4+VAC)
3200	1600	2	مجموعة	4 غاز (O2+N2O+A4+VAC)
20000	2000	10	مجموعة	5 غاز (O2+N2O+A4+A7+VAC)
				لوحة إنذار المنطقة مع حساسات الضغط

5000	500	10	مجموعة	3 غاز (O2+A4+VAC)
1400	700	2	مجموعة	4 غاز (O2+N2O+A4+VAC)
9000	900	10	مجموعة	5 غاز (O2+N2O+A4+A7+VAC)
				لوحة الإنذار الرئيسية
6000	2000	3	مجموعة	4 غاز (O2+N2O+A4+VAC)
				الوحدات الطرفية
				مآخذ جدارية مع غطاء
5000	100	50	مجموعة	O2
1600	100	16	مجموعة	N2O
3500	100	35	مجموعة	A4
400	100	4	مجموعة	A7
6900	100	69	مجموعة	VAC
2880	180	16	مجموعة	AGSS
				BHU
12100	100	121	مجموعة	O2
11900	100	119	مجموعة	A4
15300	100	153	مجموعة	VAC
				مآخذ سقفية تثبت على حامل الغازات السقفي
1200	100	12	مجموعة	O2
900	100	9	مجموعة	A4
800	100	8	مجموعة	A7
1800	100	18	مجموعة	VAC
419621				المجموع العام

الجدول (4-8) الكميات والأسعار التقديرية لأنظمة شبكات الغازات الطبية وفق النظام الفرنسي للمستشفى الأفقية

أفقية	البيان حسب المعيار FDS 90 155
-------	-------------------------------

السعر الإجمالي (يورو)	السعر الإفرادي (يورو)	الكمية	الوحدة	& ISO 7396
				المحطات المركزية
28000	28000	1	مجموعة	محطة الهواء المضغوط استطاعة (79.8 m ³ / h) (9 bar) (ضاغطان)
21000	21000	1	مجموعة	محطة الفاكيوم استطاعة (144 m ³ / h) (ثلاث مضخات)
10000	10000	1	مجموعة	محطة طرد غازات التخدير استطاعة (42 m ³ / h) (مضختان)
				مجمع الاسطوانات
				المصدر الرئيسي
100000	100000	1	مجموعة	خزان أكسجين سائل (5.49 m ³)
8000	8000	2×3	مجموعة	مجمع اسطوانات النيتروس
				مجمع اسطوانات مصدر ثانوي
9000	9000	2×8	مجموعة	مجمع اسطوانات أكسجين مضغوط
5000	5000	2×1	مجموعة	مجمع اسطوانات النيتروس
				مجمع اسطوانات الاحتياط / الطوارئ
7000	7000	2×4	مجموعة	مجمع اسطوانات أكسجين مضغوط
5000	5000	2×1	مجموعة	مجمع اسطوانات النيتروس
7000	7000	2×4	مجموعة	مجمع اسطوانات الهواء (4 bar)
				مجموعة الصيانة
200	200	1	مجموعة	اسطوانة أكسجين مضغوط
200	200	1	مجموعة	اسطوانة هواء (4 bar)
200	200	1	مجموعة	اسطوانة النيتروس
				اسطوانات مخزنة
1000	200	5	عدد	اسطوانات النيتروس
				الأنابيب النحاسية مع الإكسسوارات حسب المعيار FDS 90 -155
23600	8	2950	م.ط	قطر 10/12 مم
9870	10	987	م.ط	قطر 12/14 مم

4147	11	377	م.ط	قطر 14/16 مم
2955	15	197	م.ط	قطر 16/18 مم
1365	21	65	م.ط	قطر 18/20 مم
2200	25	88	م.ط	قطر 20/22 مم
870	30	29	م.ط	قطر 26/28 مم
3360	35	96	م.ط	قطر 30/32 مم
2160	40	54	م.ط	قطر 40/42 مم
5700	60	95	م.ط	قطر 50/52 مم
2240	80	28	م.ط	قطر 60/62 مم
6100	100	61	م.ط	قطر 80/82 مم
				صمام نحاسي كروي مع قفل
300	300	1	عدد	قطر 14 مم
900	450	2	عدد	قطر 16 مم
550	550	1	عدد	قطر 18 مم
1500	1500	1	عدد	قطر 82 مم
				لوحة ZSU ومخفضات وقاطعات الضغط
12000	1200	10	مجموعة	3 غاز (O2+A4+VAC)
1600	1600	1	مجموعة	4 غاز (O2+N2O+A4+VAC)
12000	2000	6	مجموعة	5 غاز (O2+N2O+A4+A7+VAC)
				لوحة إنذار المنطقة مع حساسات الضغط
5000	500	10	مجموعة	3 غاز (O2+A4+VAC)
700	700	1	مجموعة	4 غاز (O2+N2O+A4+VAC)
5400	900	6	مجموعة	5 غاز (O2+N2O+A4+A7+VAC)
				لوحة الإنذار الرئيسية
6000	2000	3	مجموعة	4 غاز (O2+N2O+A4+VAC)
				الوحدات الطرفية
				مآخذ جدارية مع غطاء
3300	100	33	مجموعة	O2
900	100	9	مجموعة	N2O
2500	100	25	مجموعة	A4

100	100	1	مجموعة	A7
4100	100	41	مجموعة	VAC
1620	180	9	مجموعة	AGSS
				BHU
19400	100	194	مجموعة	O2
200	100	2	مجموعة	N2O
18800	100	188	مجموعة	A4
23300	100	233	مجموعة	VAC
360	180	2	مجموعة	AGSS
				مآخذ سقفية تثبت على حامل الغازات السقفي
600	100	6	مجموعة	O2
600	100	6	مجموعة	A4
600	100	6	مجموعة	A7
1200	100	12	مجموعة	VAC
391197				المجموع العام

2-8 المحطات المركزية:

1-2-8 استطاعة المحطات المركزية:

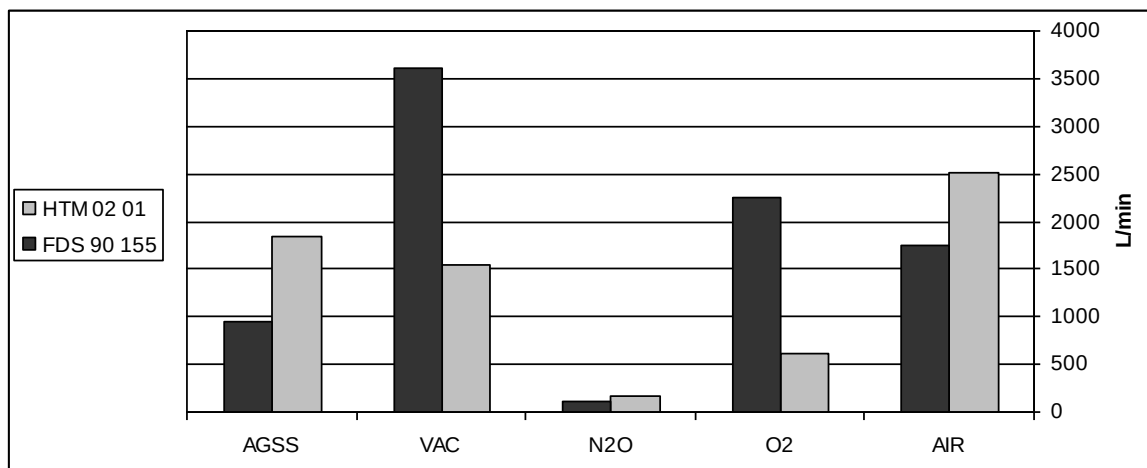
لقد أنتجت التصميمات المختلفة في التدفقات التصميمية المحسوبة للمحطات المركزية كما هو مبين في الجدول (5-8) والمخططات البيانية في الشكلين (1-8) و(2-8) وهذا بالضرورة يستدعي اختلافاً في شكل واستطاعة هذه المحطات، وينتج هذا الاختلاف عن عدة عوامل :

- اختلاف التدفقات الاسمية المطلوبة للمآخذ.
- اختلاف عدد المآخذ في أقسام المستشفى.
- اختلاف معاملات الاستخدام بين النظامين الإنكليزي والفرنسي.
- اختلاف الأقسام الموجودة في المستشفى (وجود قسم جراحة القلب في المستشفى الطابقية فقط مثلاً).

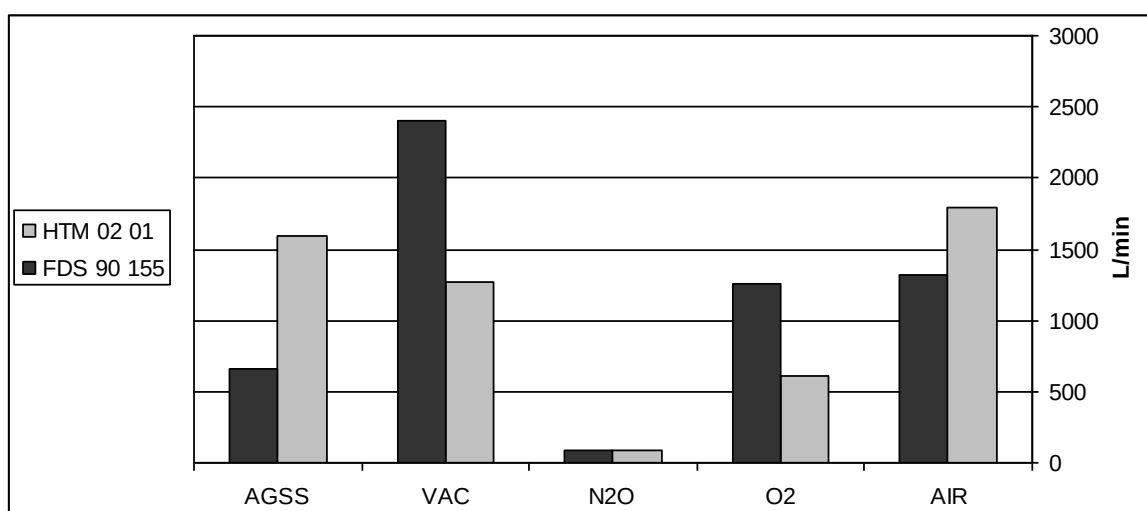
الجدول (5-8) التدفقات التصميمية للمحطات المركزية

الغاز الطبي	مستشفى طابقية (عمودية)	مستشفى أفقية
-------------	------------------------	--------------

L/min		L/min		
نظام فرنسي	نظام إنكليزي	نظام فرنسي	نظام إنكليزي	
1262	614	2250	607	O2
92	92	106	165	N2O
1316	1798	1751	2513	AIR
2402	1270	3604	1550	VAC
657	1593	954	1850	AGSS



الشكل (1-8) مقارنة تدفقات المحطات التصميمية الكلية وفق النظامين للمستشفى الطابقية



الشكل (2-8) مقارنة تدفقات المحطات التصميمية الكلية وفق النظامين للمستشفى الأفقية

وسنتحدث بشيء من التفصيل عن كل محطة من المحطات:

1-1-2-8 استطاعة المحطة المركزية لغاز الأكسجين:

نجد من الجدول (5-8) أن التدفقات التصميمية لمحطتي الأكسجين المصممتين وفق النظام الفرنسي أكبر وبشكل واضح من التدفقات التصميمية لمحطتي الأكسجين المصممتين وفق النظام الإنكليزي، ويعود ذلك إلى عاملين رئيسيين هما إلى ارتفاع تدفق المأخذ الاسمي واعتماد معامل استخدام كبير في النظام الفرنسي، ففي غرف العمليات مثلاً نجد أن النظام الإنكليزي يعتمد تدفق مأخذ (100 L/min) إلا أن هذا التدفق نبضي أي أنه يُعطى للمريض لبرهة قصيرة جداً بغرض إنعاشه بعد إجراء العمل الجراحي، ويفترض النظام أيضاً أنه لن يتم استخدام هذا التدفق النبضي في كافة غرف العمليات في نفس الوقت لذلك فإنه يمرر هذا التدفق لغرفة عمليات واحدة ويمرر تدفق (10 L/min) لبقية الغرف، بينما نجد أن النظام الفرنسي يمرر تدفق (60 L/min) لكل غرفة عمليات قلبية و (20 L/min) لكل غرفة عمليات أخرى، وكذلك نجد اختلافاً كبيراً في قسم العناية المركزة فبينما يمرر النظام الإنكليزي تدفق (10 L/min) للسرير الأول ويمرر (4,5 L/min) لبقية الأسرة نجد أن النظام الفرنسي يمرر تدفق (72 L/min) لكل سرير عناية مركزة.

وبذلك فإن الاستطاعة الأعلى لمحطات الأكسجين وفق النظام الفرنسي وفرت أمان أعلى للمريض وجعلت الشبكة ذات فعالية أكبر مما هو عليه في شبكة الأكسجين وفق النظام الإنكليزي.

8-2-1-2 استطاعة المحطة المركزية للهواء الطبي:

أما بالنسبة للهواء الطبي فإننا نجد من الجدول (5-8) أن التدفقات التصميمية لمحطتي الهواء المصممتين وفق النظام الإنكليزي أكبر من التدفقات التصميمية للمحطتين المصممتين وفق النظام الفرنسي، ويعود ذلك إلى عاملين رئيسيين هما إلى اختلاف تدفق المأخذ الاسمي ومعامل الاستخدام بين النظامين، ففي غرف العمليات مثلاً نجد أن النظام الإنكليزي يمرر تدفق (40 L/min) لغرفة عمليات واحدة ويمرر (10 L/min) لبقية الغرف، بينما نجد أن النظام الفرنسي يمرر تدفق (10 L/min) لكل غرفة عمليات، وكذلك نجد اختلافاً كبيراً في قسم العناية المركزة فبينما يمرر النظام الإنكليزي تدفق (80 L/min) للسرير الأول ويمرر (40 L/min) لبقية الأسرة نجد أن النظام الفرنسي يمرر تدفق (36 L/min) لكل سرير عناية مركزة.

وبذلك فإن الاستطاعة الأعلى لمحطات الهواء وفق النظام الإنكليزي وفرت أمان أعلى للمريض وفعالية أكبر لشبكة الهواء.

8-2-1-3 استطاعة المحطة المركزية لغاز أكسيد النيتروس:

نجد من الجدول (5-8) أن استطاعة هذه المحطات منخفضة نسبياً مقارنةً مع باقي المحطات، وكذلك وجود اختلاف بين التدفقات التصميمية لمحطتي غاز أكسيد النيتروز المصممتين وفق النظامين في المستشفى الطابقية، على الرغم من أن تدفق المأخذ الاسمي في النظامين (10 L/min) وذلك بسبب أن النظام الإنكليزي يطلب تأمين هذا الغاز في قسم العناية المركزة ولا يطلب النظام الفرنسي ذلك،

وهذا يجعل الشبكة وفق النظام الإنكليزي أكثر فعالية بسبب الحاجة إلى استخدام أكسيد النيتروس في القسم المذكور لتهدئة المرضى.

8-2-1-4 استطاعة المحطة المركزية للفاكيوم:

أما بالنسبة للفاكيوم فنجد من الجدول (8-5) أن التدفقات التصميمية لمحطتي الفاكيوم المصممتين وفق النظام الفرنسي أكبر وبشكل واضح من التدفقات التصميمية لمحطتي الأكسجين المصممتين وفق النظام الإنكليزي، ويعود ذلك إلى الاختلاف في تدفق المأخذ الاسمي ومعامل الاستخدام والاختلاف في أقسام المستشفى، ففي حين يطلب النظام الإنكليزي تدفق (40 L/min) للغرفة الأولى ويمرر (10 L/min) لبقية الغرف بشكل عام، نجد أن النظام الفرنسي يمرر تدفق (90 L/min) لكل غرفة عمليات، وتدفق (90 L/min) لكل سرير عناية مركزة، وتدفق (18 L/min) لكل غرفة ولادة، وبذلك فإن الاستطاعة الأعلى لمحطات الفاكيوم وفق النظام الفرنسي وفرت أمان أعلى للمريض وجعلت الشبكة ذات فعالية أكبر مما هو عليه في النظام الإنكليزي.

8-2-1-5 استطاعة المحطة المركزية لأنظمة طرد فائض غازات التخدير:

أما بالنسبة لأنظمة AGS فإننا نجد من الجدول (8-5) أن التدفقات التصميمية لمحطتي AGS المصممتين وفق النظام الإنكليزي أكبر من التدفقات التصميمية للمحطتين المصممتين وفق النظام الفرنسي، ويعود ذلك إلى اختلاف تدفق المأخذ الاسمي ومعامل الاستخدام بين النظامين، ذلك أن النظام الإنكليزي يمرر تدفق (130 L/min) لكل غرفة عمليات، ويمرر تدفق (130 L/min) للسرير الأول و (32,4 L/min) لبقية الأسرة في باقي الأقسام، بينما نجد أن النظام الفرنسي يمرر تدفق (90 L/min) لكل غرفة عمليات، وبذلك فإن الاستطاعة الأعلى لمحطات AGSS وفق النظام الإنكليزي جعلت فعالية الشبكة أعلى ووفرت سوية أمان أعلى للمريض بشكل خاص ولكافة الطاقم الطبي والمستشفى بشكل عام وذلك بسبب عمل النظام على خفض تلوث الهواء المحيط بغازات التخدير إلى أدنى مستوى ممكن.

8-2-2 التكلفة الإنشائية للمحطات المركزية:

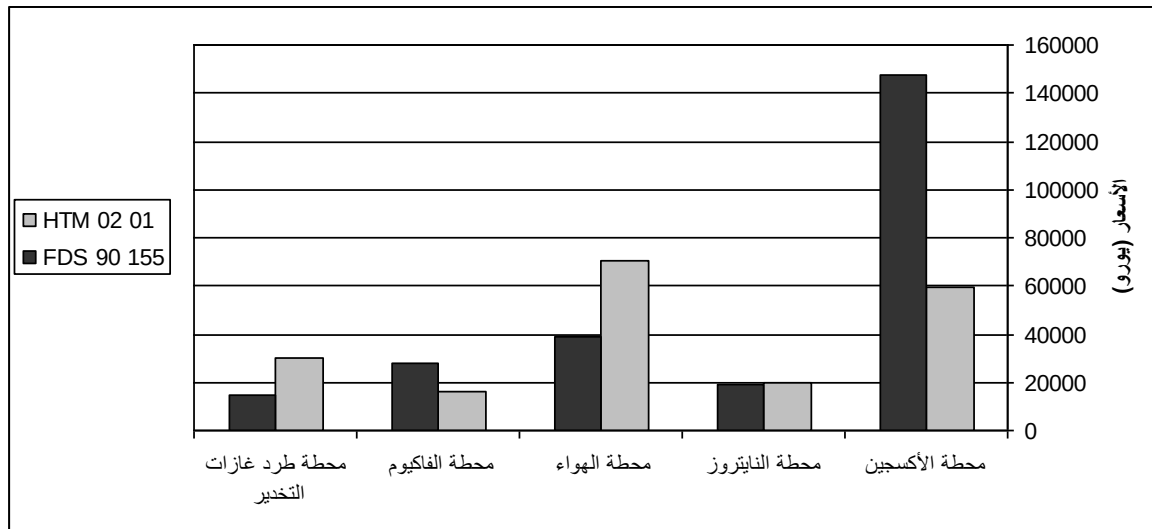
وبما أن اختلاف التدفقات التصميمية المطلوبة ينعكس على استطاعة المحطات وبالتالي على تكلفة هذه المحطات، فبالنسبة إلى المحطات المركزية لغاز الأكسجين وفي كلتا المستشفيات فقد تم استخدام مجمعات اسطوانات غاز أكسجين مضغوط في النظام الإنكليزي، بينما تم استخدام خزانات أكسجين سائل (كمصدر رئيسي) في النظام الفرنسي كون التدفق التصميمي فيه أكبر، مما جعل التكلفة الإنشائية للمحطات المركزية لغاز الأكسجين في النظام الفرنسي أعلى منها في النظام الإنكليزي، وبالرغم من التكلفة المالية الأعلى إلا أن ذلك يوفر فعالية وسوية أمان أعلى، كما يوفر خدمة أفضل إذ لا حاجة عندها إلى استخدام الاسطوانات وتبديلها وتخزينها ومراقبتها.

وكذلك بالنسبة لمحطات الفاكيوم كون التدفق التصميمي أعلى وفق النظام الفرنسي في كلتا المستشفيات، أدى هذا الى رفع الاستطاعة المطلوبة لهذه المحطات وجعلها أعلى سعراً وأكثر تكلفةً، ولكنه بذلك أيضاً رفع من فعالية الشبكة وحقق سوية أمان أعلى للمريض.

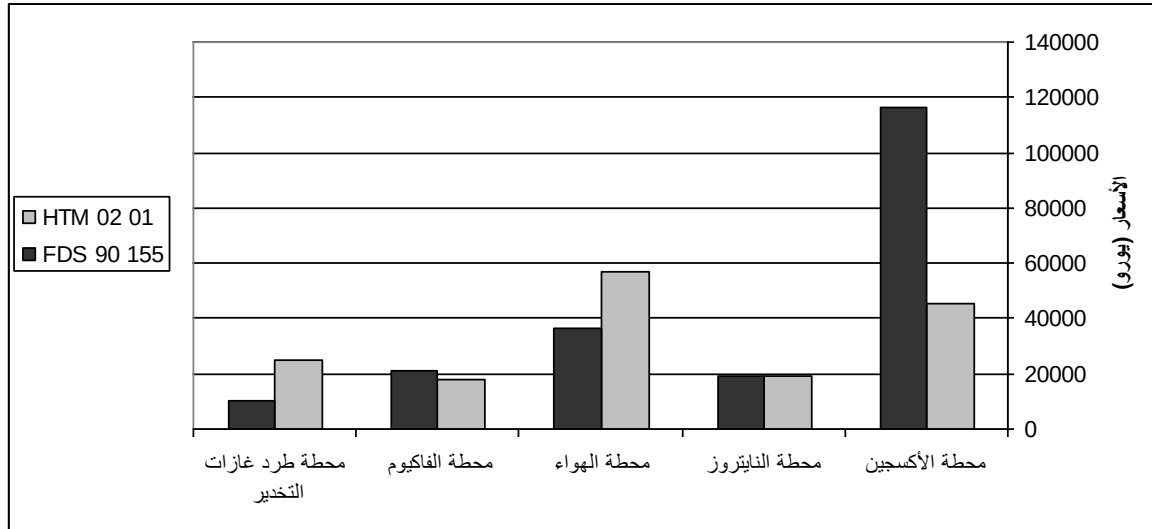
أما بالنسبة لمحطات غاز أكسيد النيتروس تكاد تكون التكلفة المالية متساوية في كلتا المستشفيات لتقارب استطاعات هذه المحطات ولكن مع ذلك نجد أن النظام الإنكليزي أعلى فعالية لتأمينه غاز أكسيد النيتروس في قسم العناية المركزة وعدم تأمين النظام الفرنسي للغاز في هذا القسم.

وكذلك بالنسبة لمحطات الهواء المضغوط ومحطات طرد غازات التخدير، فإن التدفق التصميمي أعلى وفق النظام الإنكليزي في كلتا المستشفيات، رفع الاستطاعة المطلوبة لهذه المحطات وجعلها أعلى سعراً وأكثر تكلفةً، ولكن بالطبع لا يغيب عنا أنها تؤمن فعالية أعلى للشبكة وسوية أمان أعلى للمريض والطاقم الطبي.

و تبين المخططات البيانية الموضحة في الشكلين (3-8) و (4-8) مقارنة بين التكلفة الإنشائية لكافة المحطات المركزية وكلتا المستشفيات.



الشكل (3-8) مقارنة التكلفة الإنشائية للمحطات المركزية وفق النظامين للمستشفى الطابقية



الشكل (4-8) مقارنة التكلفة الإنشائية للمحطات المركزية وفق النظامين للمستشفى الأفقية

3-2-8 ضغط الغاز في المحطات المركزية:

يختلف ضغط الغاز في المحطات المركزية بين النظامين الإنكليزي والفرنسي، ففي محطات الأكسجين ومحطات أكسيد النيتروس ومحطات الهواء الطبي يخضع الغاز إلى تخفيض ضغطه إلى الضغط (4,2 bar) في النظام الإنكليزي، وإلى الضغط (9 bar) في النظام الفرنسي، ثم شبكة الأنابيب وبالطبع فإن ضغط الغاز المنخفض في النظام الإنكليزي يؤمن سوية أمان أعلى وزمن خدمة أطول إلا أنه يخفض من فعالية النظام ككل ويجعل وصول الغاز إلى المآخذ البعيدة عن المحطة تحت الضغط الاسمي المطلوب أمراً بحاجة إلى تصميم أدق وشبكة ذات أقطار كبيرة، بينما نجد أن ضغط الغاز العالي في النظام الفرنسي يؤمن فعالية أعلى إذ يصل الغاز إلى المآخذ البعيدة عن المحطة تحت الضغط الاسمي بكل سهولة، إلا أنه يخفض من سوية الأمان إذ أن أي تسرب للغاز تحت هذا الضغط سيشكل خطراً حقيقياً.

أما بالنسبة لمحطات الهواء الجراحي فهي تعمل على ضغط الهواء في الخزانات إلى الضغط (8,5 bar) ثم إلى شبكة أنابيب الهواء الجراحي في النظام الإنكليزي، بينما تعمل ضواغط المحطات في النظام الفرنسي على ضغط الهواء في الخزانات إلى الضغط (9 bar) ثم ضخه في شبكة أنابيب الهواء الجراحي ونظراً لتقارب هذين الضغطين نجد أن هاتين المحطتين تؤمنان الفعالية وسوية الأمان نفسها.

وكذلك الحال بالنسبة لمحطات الفاكيوم فالاختلاف بينها غير كبير في النظامين، إذ تعمل مضخات الفاكيوم للحصول على فاكيوم (-0,6 bar) في الخزانات في النظام الإنكليزي، بينما يصل الفاكيوم إلى (-0,65 bar) في الخزانات في النظام الفرنسي وهذا الضغط يفرضه التدفق التصميمي الأعلى لمحطات الفاكيوم في النظام الفرنسي، وبذلك تؤمن المحطات درجة الأمان ذاتها، إلا أنهما تختلفان في

الفعالية إذ أن التدفق التصميمي الأعلى وفق النظام الفرنسي يجعل الحصول على فاكيوم عند الضغط الاسمي المطلوب في المآخذ البعيدة بحاجة إلى شبكة أنابيب ذات أقطار كبيرة. أما محطات أنظمة طرد فائض غازات التخدير فلا يوجد أي اختلاف بينها، إذ تعمل هذه المحطات للحصول على فاكيوم (-0,2 bar) في خزانات المحطات كافة ووفق النظامين وبالتالي تحققان نفس الدرجة من الفعالية والأمان.

3-8 الوحدات الطرفية:

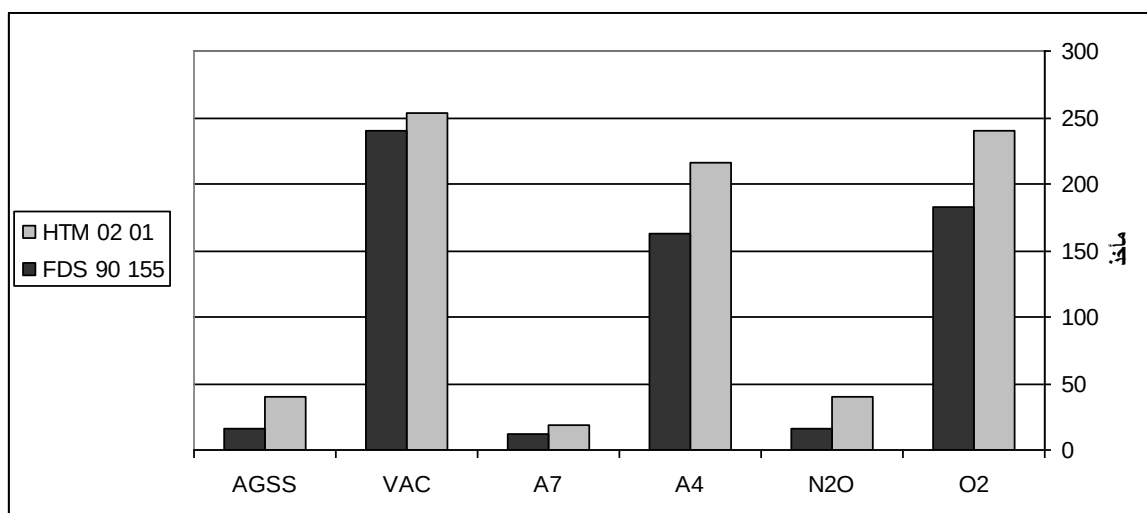
أما بالنسبة للوحدات الطرفية فالأمر مختلف، حيث يجب هنا مناقشة أعداد هذه الوحدات وبالتالي التكلفة المترتبة، وكذلك الضغوط الاسمية المطلوبة عند كل مأخذ ووفق النظامين.

1-3-8 عدد وتكلفة الوحدات الطرفية:

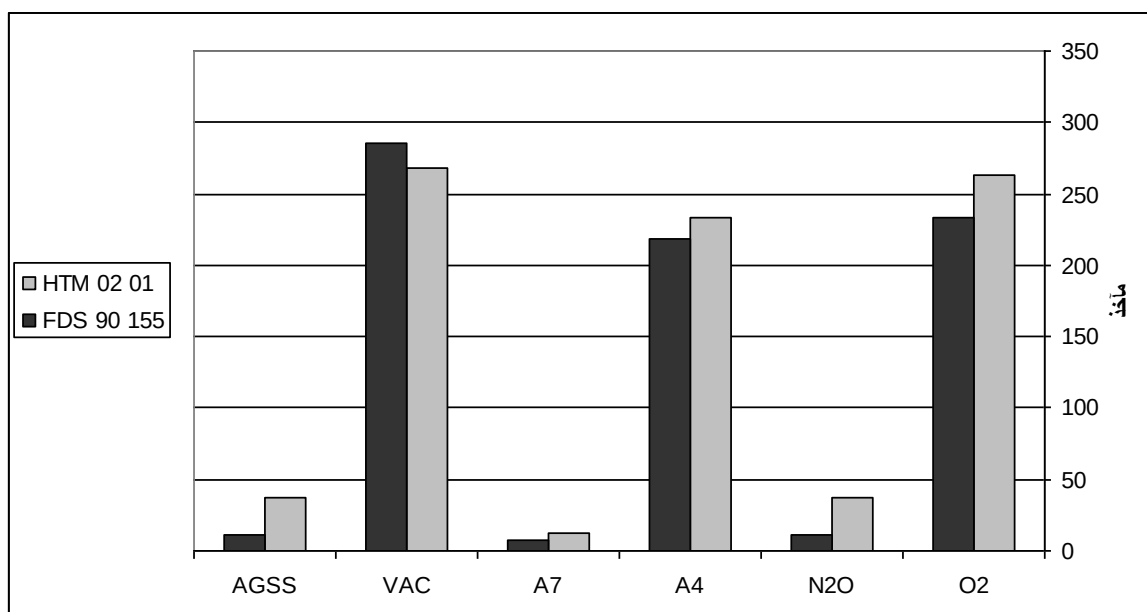
بالرجوع إلى الجداول (1-5) و(2-6) نجد أن كلاً من النظامين الإنكليزي والفرنسي يعمل على توزيع مآخذ الغازات في أقسام المستشفى المختلفة، ولكن يختلف عدد هذه المآخذ ونوعها باختلاف الغرف، حيث نجد أن العدد الإجمالي للمآخذ في كلتا المستشفيات ولكافة الشبكات وبشكل عام أعلى في النظام الإنكليزي منه في النظام الفرنسي، كما هو موضح في الجدول (6-8) والمخططات البيانية في الشكلين (5-8) و(6-8)، ولهذا الأمر انعكاس إيجابي بالطبع فهو يرفع من سوية الأمان إذ يتيح للطاقم الطبي استخدام أكثر من وحدة طرفية في نفس الوقت وإجراء أكثر من عمل فوجود أربعة مآخذ فاكيوم في غرفة العناية المركزة مثلاً يمكن من ربط أكثر من جهاز للمريض، كما أنه يجعل حدوث أي عطل مفاجئ في أحد الوحدات الطرفية أمراً غير ذي أهمية. ولكن زيادة العدد بالطبع ستجعل التكلفة الإنشائية وتكلفة الصيانة للوحدات الطرفية في النظام الإنكليزي أعلى منه في النظام الفرنسي كما هو مبين في المخطط البياني الذي يوضحه الشكل (8-7)، ولكن هذه الكلفة العالية تعتبر ضرورية لأنها بذلك تقدم خدمة كبيرة للمريض وتؤمن له سوية أمان عالية.

الجدول (6-8) العدد الإجمالي للوحدات الطرفية

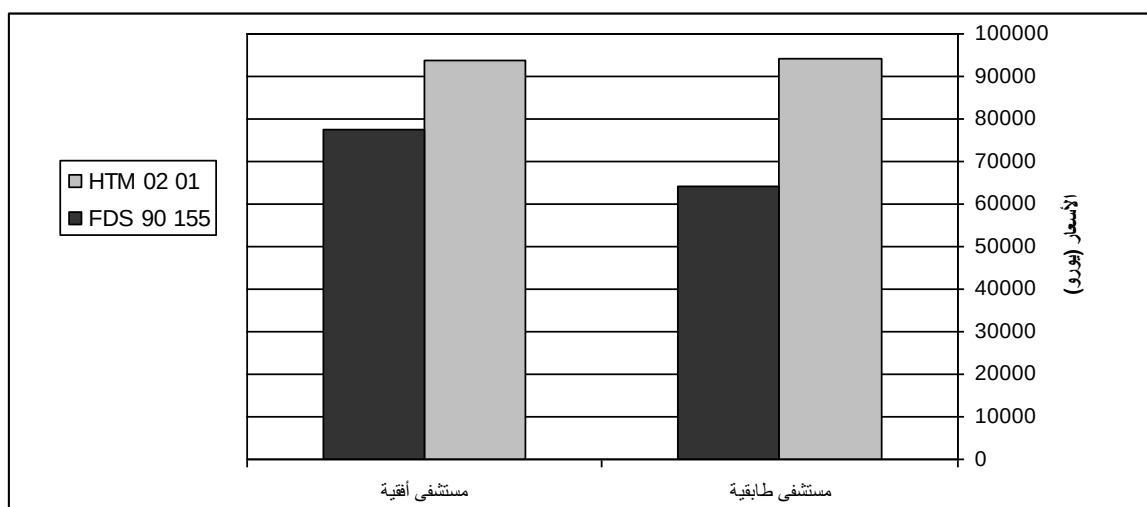
الغاز الطبي	مستشفى طابقية		مستشفى أفقية	
	نظام إنكليزي	نظام فرنسي	نظام إنكليزي	نظام فرنسي
O2	240	183	263	233
N2O	40	16	37	11
A4	216	163	233	219
A7	19	12	13	7
VAC	253	240	268	286
AGSS	40	16	37	11



الشكل (5-8) مقارنة عدد الوحدات الطرفية الكلي وفق النظامين للمستشفى الطابقية



الشكل (6-8) مقارنة عدد الوحدات الطرفية الكلي وفق النظامين للمستشفى الأفقية



الشكل (7-8) مقارنة التكلفة الإنشائية للوحدات الطرفية وفق النظامين وللمستشفيات الطابقية والأفقية

8-3-2 ضغوط الوحدات الطرفية:

أما بالنسبة لضغوط الوحدات الطرفية فإننا نثبت في الجدول (7-8) أدنى وأعلى ضغط يصل به الغاز إلى المآخذ في كل شبكة في التصاميم الأربعة، حيث نلاحظ أن ضغوط المآخذ بالنسبة لأنظمة غاز الأكسجين وغاز أكسيد النيتروس والهواء الطبي المصممة وفق النظام الإنكليزي الذي يعتمد مبدأ الشبكة الموحدة لا تزيد عن الضغط الاسمي المطلوب للمآخذ (4 bar) إلا ببضعة كيلو باسكال، ويكاد يساوي ضغط المآخذ البعيدة عن المحطات الضغوط الاسمية، وذلك في كلتا المستشفيات، بينما ترتفع ضغوط الوحدات الطرفية في نفس الأنظمة المذكورة والمصممة وفق النظام الفرنسي الذي يعتمد مبدأ الشبكات ذات الجزأين عن الضغط الاسمي المطلوب بشكل ملحوظ، وهذا يجعل النظام الفرنسي في هذه النقطة أكثر فعالية ويمكنه من التغلب على مشكلة انخفاض الضغط في الشبكات بين المحطة والمآخذ ويجعله مناسباً لأنظمة الشبكات الطويلة والتي نصادفها غالباً في المستشفيات ذات التصميم المعماري الأفقي، على الرغم أنه يمكن أيضاً أن تزيد ضغط المآخذ عند التصميم وفق النظام الإنكليزي وذلك باستخدام شبكة أنابيب ذات أقطار كبيرة أو استخدام أكثر من صاعد للشبكة مما ينعكس بشكل سلبي على التصميم.

أما بالنسبة لأنظمة شبكات الغازات الأخرى (هواء جراحي، فاكيوم، طرد فائض غازات التخدير) والتي يتم تصميمها بالطريقة ذاتها (مبدأ الشبكة الموحدة) في النظامين فنجد أن ضغوط المآخذ متقاربة، ماعدا في أنظمة شبكات الهواء الجراحي فإننا نجد اختلافاً بين هذه الضغوط يعود إلى اختلاف الضغط الاسمي المطلوب للمآخذ بين النظامين حيث أنه (7 bar) في النظام الإنكليزي و(8 bar) في النظام الفرنسي.

الجدول (7-8) مقارنة ضغوط الوحدات الطرفية

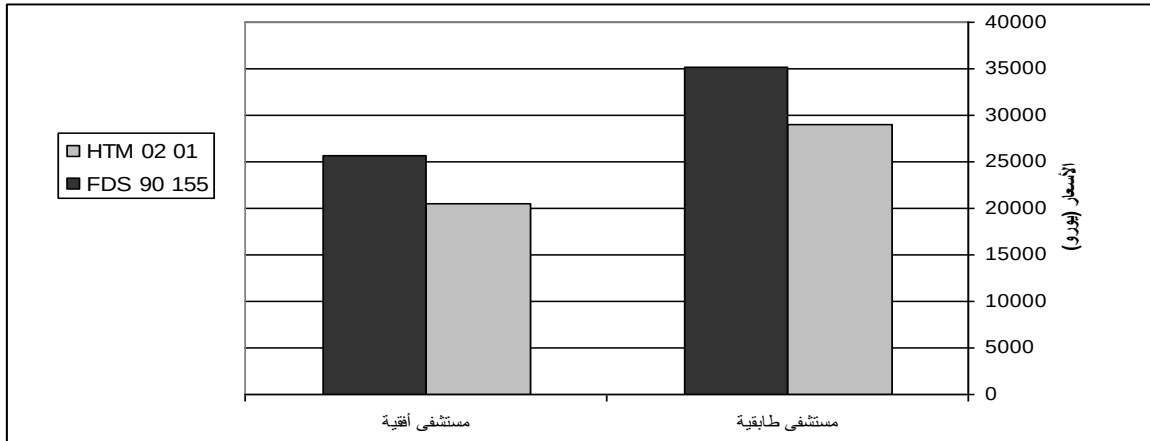
الغاز الطبي	مستشفى طابقية (عمودية)		مستشفى أفقية	
	نظام إنكليزي (bar)	نظام فرنسي (bar)	نظام إنكليزي (bar)	نظام فرنسي (bar)
أكسجين	4.033 – 4.010	4.648 – 4.148	4.012 – 4.008	4.649 – 4.184
أكسيد النيتروس	4.033 – 4.002	4.05 – 4.049	4.045 – 4.020	4.05 – 4.048
هواء طبي	4.031 – 4.002	4.347 – 4.119	4.031 – 4.000	4.349 – 4.340
هواء جراحي	7.332 – 7.032	8.165 – 8.061	7.64 – 7.077	8.238 – 8.043
فاكيوم	-0.449 – -0.402	-0.464 – -0.401	-0.463 – -0.404	-0.478 – -0.401
AGSS	-3.335 – -1.191 kPa	-2.261 – -1.018 kPa	-4.142 – -1.154 kPa	-3.234 – -1.334 kPa

4-8 وحدات خدمة صمام المنطقة:

يتم توزيع وحدات خدمة صمام المنطقة (AVSU) كما يُطلق عليها في النظام الإنكليزي أو وحدات خدمة المنطقة (ZSU) كما تُسمى في النظام الفرنسي في مداخل القطاعات الطبية ذاتها من المستشفى (غرف عمليات، وحدات عناية مركزة، وحدات إقامة...) كما ورد في الفصلين الخامس والسادس، وذلك للتحكم بعمل الوحدات الطرفية في تلك المنطقة، بالإضافة إلى أنها تقوم بتخفيض ضغط الغاز الثاني لأنها تحتوي على مجموعات تخفيض الضغط الثانية في النظام الفرنسي، وبالرجوع إلى الجداول (1-8) و(2-8) و(3-8) و(4-8) نجد أن (22 وحدة) تتوزع في أقسام المستشفى الطابقية المختلفة، بينما تُركب (17 وحدة) في مداخل أقسام المستشفى الأفقية، ووجود هذا الاختلاف في العدد هو انعكاس لاختلاف الأقسام الموجودة في كلتا المستشفيات، وبذلك نجد أن النظامين يؤمنان الفعالية وسوية الأمان ذاتها من هذه الناحية.

أما بالنسبة للتكلفة الإنشائية لهذه الوحدات فهي موضحة في المخطط البياني المبين في الشكل (8-8)، حيث نجد أن التكلفة هذه الوحدات وفق النظام الفرنسي أعلى منه وفق النظام الإنكليزي على الرغم من تساوي عدد الوحدات، وذلك بسبب اختلاف سعر الوحدة الواحدة لأنها تضم عناصر إضافية (مخفضات ضغط الخط).

كما إن اختلاف عدد وحدات خدمة صمام المنطقة ينعكس على تكلفة الصيانة، حيث كلما زاد عدد هذه الوحدات زادت تكلفة صيانتها.



الشكل (8-8) مقارنة التكلفة الإنشائية لوحدات (AVSU) وفق النظامين وللمستشفيات الطابقية والأفقية

5-8 وحدات التنبيه والإنذار:

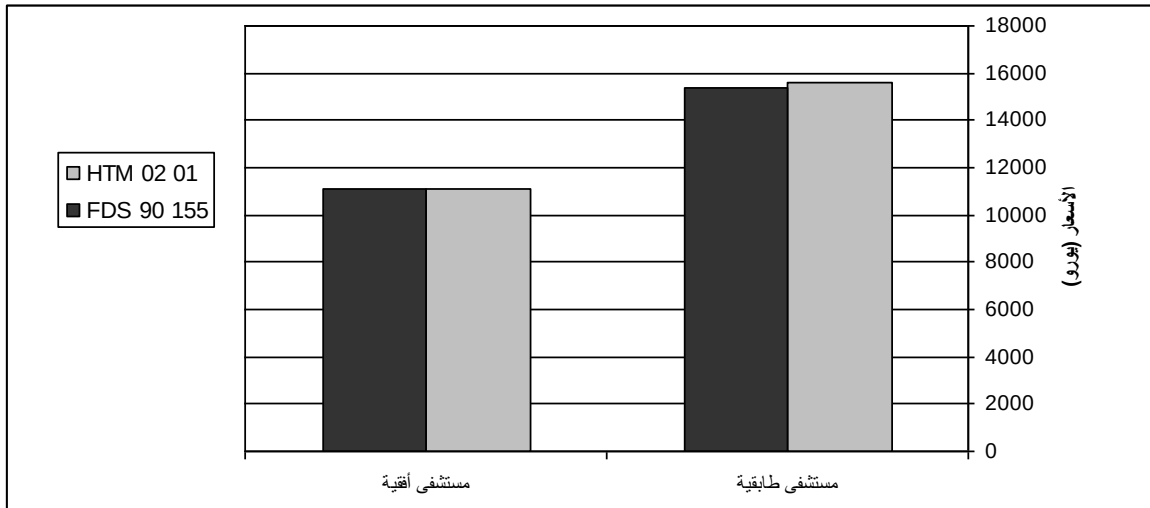
يتوزع في المشافي نوعان من وحدات المراقبة والإنذار وهما:

1-5-8 وحدات الإنذار الرئيسية:

نجد في التصميم الأربعة العدد ذاته من وحدات الإنذار الرئيسية وموجودة في الأماكن نفسها، وبالتالي يكون لها التكلفة ذاتها.

8-5-2 وحدات إنذار المنطقة:

تتوزع وحدات إنذار المنطقة في أقسام المستشفى المختلفة، كما ورد في الفصلين الخامس والسادس وتكون عادةً مرافقة لوحدة خدمة صمام المنطقة، ووظيفتها بيان ضغوط الغاز في تلك الأقسام وإطلاق التنبيهات في حال خروج تلك الضغوط عن الحدود المسموحة في كل نظام. ووفقاً لذلك نجد أنه لدينا (22 وحدة إنذار منطقة) في المستشفى الطابقية، و(17 وحدة) في المستشفى الأفقية، وبذلك يؤمن النظامان درجة الأمان ذاتها من هذه الناحية، ولكن ترتفع تكلفة الصيانة لهذه الوحدات في المستشفى الطابقية نظراً لزيادة عددها. أما بالنسبة للتكلفة الإنشائية فنجد أنها متقاربة كثيراً في التصميم الأربعة كما هو مبين في المخطط البياني المبين في الشكل (8-9).



الشكل (8-9) مقارنة التكلفة الإنشائية لوحدة إنذار المنطقة وفق النظامين والمستشفيين الطابقية والأفقية

8-6 شبكة الأنابيب:

لقد تم في التصميم الأربعة استخدام أنابيب نحاسية كما أوصى النظامين الإنكليزي والفرنسي، ومع ذلك نجد اختلافات بين شبكات أنابيب الأنظمة في النظامين.

8-6-1 أقطار وسماكات جدران الأنابيب:

يوجد وفق النظامين اختلافاً في أقطار الأنابيب النحاسية القياسية المستخدمة في شبكات أنابيب الغازات الطبية، حيث وضع كل من النظامين مجالاً من أقطار الأنابيب المختلفة كما هو مبين في الجدولين (1-7) و(6-23)، ولكن هذا الاختلاف لا يؤثر بشكل سلبي على أي من النظامين إذ يتوفر لكليهما أقطار أنابيب مناسبة عند تصميم شبكات الأنابيب.

ولكن الاختلاف بين سماكات جدران هذه الأنابيب هو الذي يشكل فارقاً هاماً بين النظامين، ففي حين تزداد وفق النظام الإنكليزي سماكات جدران الأنابيب بازدياد أقطارها، نجد أن سماكات جدران الأنابيب وفق النظام الفرنسي ثابتة ولا تتغير بتغير أقطارها، ذلك أن النظام الفرنسي يوصي باستخدام أنابيب

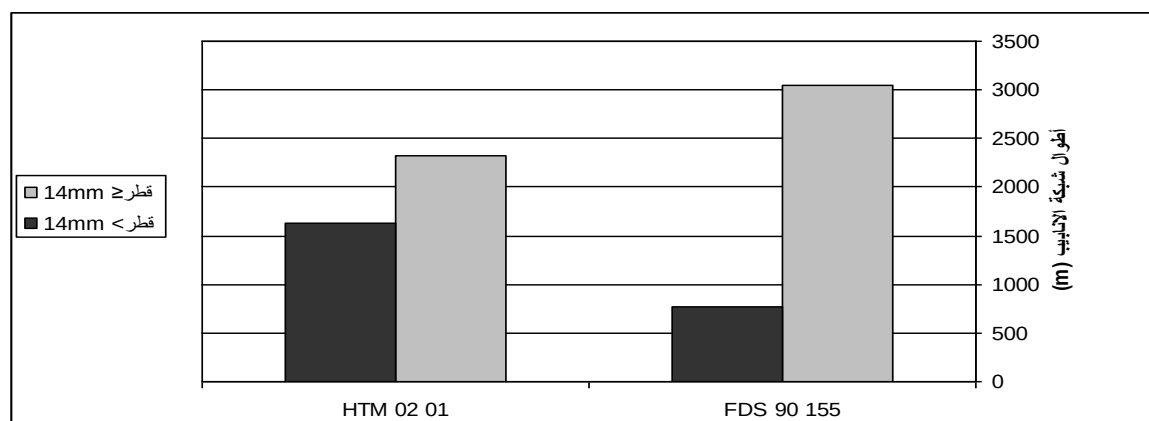
ذات سماكة جدران ثابتة (1 mm) لأن هذه السماكة تساعد على الانحناء بسهولة فيتمكن بذلك من الاستغناء عن استخدام الأكواع لربط أنابيب الشبكات، وبما أن الأنابيب ذات الأقطار الأكبر تستخدم في خط الأنابيب الرئيسي وفي الشبكات الرئيسية فهي بذلك تتعرض لضغوط أعلى من الأنابيب ذات الأقطار الصغيرة التي تستخدم في التفرعات وفي الشبكات الثانوية، لذلك فإنه من المناسب أن تكون عندئذٍ سماكات جدران الأنابيب ذات الأقطار الكبيرة أعلى من تلك ذات الأقطار الصغيرة، وبذلك نجد أن النظام الإنكليزي الذي أخذ هذا الأمر بعين الاعتبار وفر سوية أمان أعلى للمرضى والمستشفى كاملة أكثر من النظام الفرنسي، كما أن الأنابيب ذات سماكة الجدران العالية الحاوية على غاز عند ضغط ما ستؤمن فترة خدمة أطول من تلك الأنابيب ذات سماكة الجدران الأصغر الحاوية على نفس غاز عند الضغط ذاته.

8-6-2 ضغوط شبكات الأنابيب:

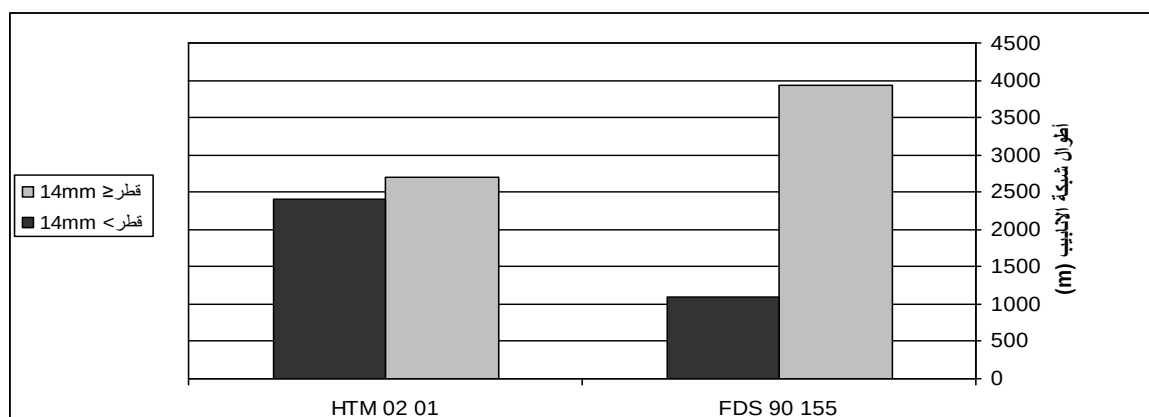
وبالنسبة إلى ضغط الغاز في الشبكات (أكسجين، أكسيد النيتروس، هواء طبي) فإنه وفق النظام الإنكليزي يخرج الغاز من المحطة تحت ضغط المحطة (4.2 bar) ويتدفق في الأنابيب فلا يتعرض لأي تخفيض ضغط عدا تخفيض الضغط الناتج عن الاحتكاك بجدران الأنابيب الداخلية والتجهيزات الملحقة بالشبكة ليصل إلى المآخذ بضغط (4 bar)، ولكن وفق النظام الفرنسي يخرج الغاز من المحطة تحت ضغط المحطة (9 bar) ويتدفق في أنابيب الشبكة الرئيسية ثم يتعرض في مدخل كل قسم من أقسام المستشفى إلى تخفيض ثاني للضغط ليصل إلى ضغوط أعلى حتى من ضغط المحطة في النظام الإنكليزي، ثم يصل إلى المآخذ لنحصل على الغاز بضغط عالٍ نسبياً مقارنةً بضغط الغاز عند المآخذ في النظام الإنكليزي (جدول (3-8))، وهذا المبدأ في التصميم يجعل النظام الفرنسي أكثر فعاليةً وأنسب للشبكات الطويلة، ولكنه بالمقابل يرفع من سوية الأمان بالنسبة للنظام الإنكليزي إذ أن جريان الغاز تحت ضغط عالٍ في الشبكات الرئيسية في ممرات وأقسام المستشفى يعرضها لأخطار كبيرة، إذ أن تعرض أي أنبوب من أنابيب الشبكة لأذى ما يمكن أن يؤدي إلى تشققه وبالتالي يعمل ذلك الضغط العالي (9 bar) على تسريب الغاز بشكل قوي وأكبر مما هو عليه فيما إذا كان حدث ذلك التسريب في أنابيب يمر فيها غاز تحت ضغط منخفض (4 bar)، بالإضافة إلى أن تعرض الأنابيب المستمر إلى ذلك الضغط العالي بشكل دائم يمكن أن يتسبب في اهتراءها السريع وظهور التشققات فيها، وهذا يستدعي إجراء الصيانة المتتابعة لشبكة الأنابيب مما يزيد من تكلفة الصيانة. أما بالنسبة للشبكات الأخرى (هواء جراحي، فاكيوم، طرد فائض غازات التخدير) فإننا نجد تمرر غاز عند الضغوط نفسها في النظامين فلا يوجد اختلاف يُذكر بينها.

8-6-3 أطوال شبكات الأنابيب:

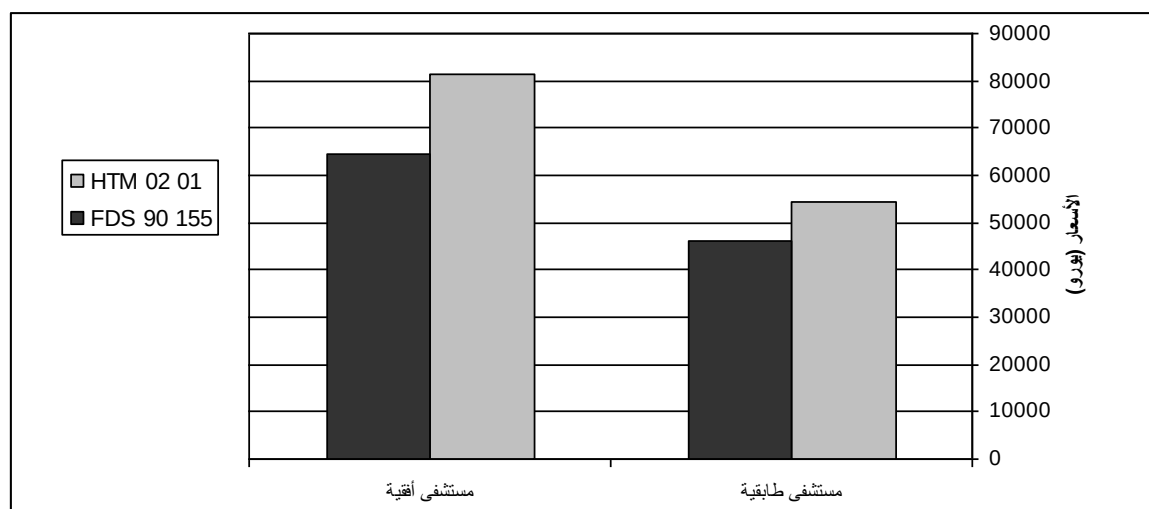
تبين بعد مقارنة التصاميم الأربعة أنه يتم استخدام أنابيب ذات أقطار صغيرة أقل من 14 mm في النظام الفرنسي بشكل أكبر من النظام الإنكليزي، وهذا بفضل اعتماده مبدأ الشبكة ذات الجزأين في التصميم، حيث نجد أن مجموع أطوال الأنابيب ذات الأقطار الصغيرة أقل من 14 mm أكبر من مجموع أطوال الأنابيب ذات الأقطار الأعلى من 14 mm في التصاميم وفق النظام الفرنسي، بينما نجد أن مجموع أطوال الأنابيب ذات الأقطار الصغيرة يساوي تقريباً مجموع أطوال الأنابيب ذات الأقطار الأعلى من 14 mm في التصاميم وفق النظام الإنكليزي ولكلنا المستشفيين كما هو موضح في المخططين البيانيين المثبتين في الشكلين (8-10) و(8-11)، وهذا بالتالي سوف ينعكس على التكلفة المادية لشبكات الأنابيب إذ ستكون التكلفة الإنشائية لشبكات الأنابيب في النظام الإنكليزي أعلى منها في النظام الفرنسي وذلك لكلنا المستشفيين أيضاً كما هو مبين في المخطط البياني الوارد في الشكل (8-12)، ولكن ذلك سوف يرفع من سوية الأمان بالنسبة للنظام الإنكليزي إذ أنه عند ذاك يستخدم في شبكته أنابيب ذات أقطار أعلى أي أنابيب ذات سماكات جدران أعلى، بينما يعتمد النظام الفرنسي على شبكة أنابيب ذات أقطار صغيرة عموماً وذات سماكات جدران ثابتة.



الشكل (8-10) مقارنة أطوال شبكات الأنابيب وفق النظامين للمستشفى الطابقية



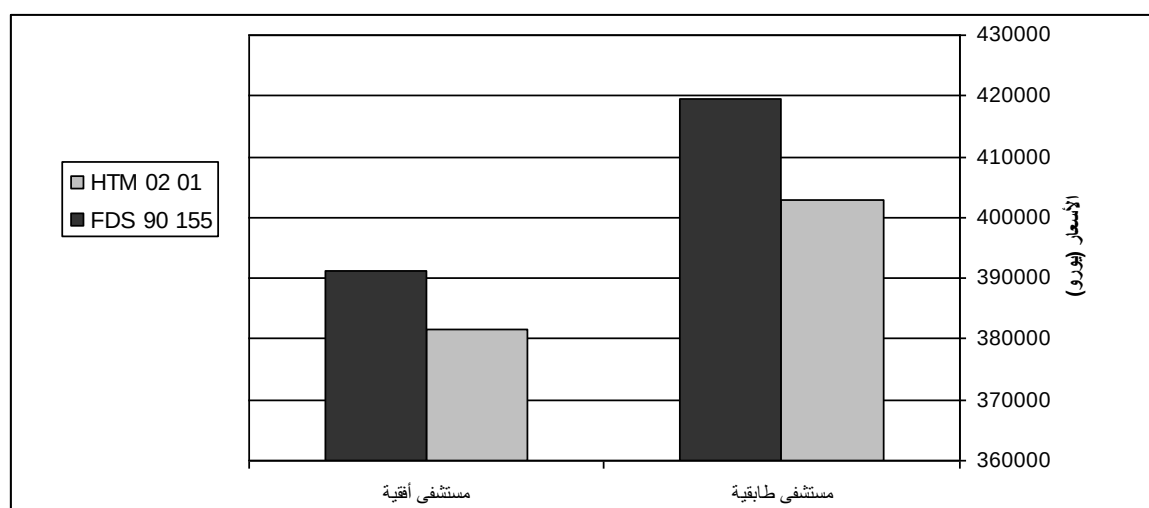
الشكل (8-11) مقارنة أطوال شبكات الأنابيب وفق النظامين للمستشفى الأفقية



الشكل (8-12) مقارنة التكلفة الإنشائية لشبكات الأنابيب وفق النظامين وللمستشفيات الطابقية والأفقية

7-8 التكلفة الإنشائية الكلية:

وبعد إجراء المقارنة بين كافة بنود الكشف التقديرية للتصاميم كافة، وتحديد أيها الأعلى سعراً، كان لا بد من إجراء مقارنة التكلفة الإنشائية الإجمالية لهذه التصاميم، إذ اتضح أن التكلفة الإنشائية لأنظمة شبكات الغازات الطبية المصممة وفق النظام الفرنسي ولكل من المستشفيات الطابقية والأفقية أعلى من التكلفة الإنشائية لأنظمة شبكات الغازات الطبية المصممة وفق النظام الإنكليزي، كما هو مبين في المخطط البياني الوارد في الشكل (8-13)، حيث تنتج هذه الزيادة من ارتفاع تكلفة المحطة المركزية للأكسجين في أنظمة الشبكات المصممة وفق النظام الفرنسي، وكذلك من تكلفة مجموعات تخفيض الضغط الثانية الموزعة في مداخل أقسام المستشفى.



الشكل (8-13) مقارنة التكلفة الإنشائية الكلية وفق النظامين وللمستشفيات الطابقية والأفقية

8-8 الفعالية الكلية:

وكنتيجة عن كل ما سبق نجد أن أنظمة شبكات الغازات المصممة وفق النظام الفرنسي أكثر فعاليةً من أنظمة شبكات الغازات المصممة وفق النظام الإنكليزي، حيث تعتبر الاستطاعة العالية للمحطة المركزية للأكسجين في أنظمة الشبكات المصممة وفق النظام الفرنسي من أهم عوامل رفع الفعالية وكذلك لأن هذا النظام بفضل مبدأ الشبكة ذات الجزأين في التصميم يجعل الغاز يصل إلى كافة مآخذ النظام (حتى البعيدة منها) عند التدفق المطلوب وبضغط أعلى من الضغط الاسمي المطلوب، ولكن هذا لا يعني أن أنظمة الشبكات المصممة وفق النظام الإنكليزي غير فعالة ولكن كي نحقق الفعالية وجب علينا عند التصميم استخدام شبكات ذات أنابيب أقطار أعلى من المطلوب واستخدام أكثر من صاعد وخاصة إذا كانت الشبكة طويلة، وهذا ما لجأنا إليه في تصاميمنا لأنظمة الشبكات وفق النظام الإنكليزي ولم نضطر إليه في تصاميمنا لأنظمة الشبكات وفق النظام الفرنسي.

8-9 سوية الأمان الكلية:

أما بالنسبة لسوية الأمان التي تحققها الأنظمة فإننا نجد أن أنظمة شبكات الغاز الطبي المصممة وفق النظام الإنكليزي تحقق سوية أمان أعلى من أنظمة شبكات الغاز الطبي المصممة وفق النظام الفرنسي، وذلك بسبب استخدامها مبدأ الشبكة الموحدة في التصميم والذي يجعل الغاز يجري في شبكة الأنابيب الموزعة في ممرات المستشفى وغرفها تحت ضغط منخفض، وأيضاً بسبب استخدامها لأنابيب تتناسب فيها سماكات الجدران مع الأقطار وبالتالي مع ضغط الغاز المار في تلك الأنابيب، مما يجعل حدوث اهتراء وتشققات في الأنابيب أمراً صعباً، بينما جريان الغاز ضمن شبكات أنابيب الغاز الطبي المصممة وفق النظام الفرنسي تحت ضغط عالٍ وضمن أنابيب ذات سماكات جدران ثابتة يجعل تلك الأنابيب عرضة لحدوث اهتراءات وتشققات بشكل سهل ويجعل أي تسريب للغاز قوياً وعنيفاً، وكذلك يعتبر ارتفاع عدد الوحدات الطرفية الموزعة في أقسام المستشفى المختلفة في النظام الإنكليزي من العوامل الهامة في رفع سوية أمان تلك الأنظمة.

8-10 الخلاصة:

وكخلاصة لكل ما سبق نجد أن الكلفة العالية لأنظمة شبكات الغازات المصممة وفق النظام الفرنسي قد زادت من فعالية تلك الأنظمة، ولكنها لم تساهم في رفع سوية الأمان فيها، وطالما أن أنظمة شبكات الغازات المصممة وفق النظام الإنكليزي تحقق سوية أمان عالية وفعالية مقبولة، فإنه ينصح بالتصميم وفق النظام الإنكليزي، طالما أمكن الوصول إلى فعالية مقبولة وإلا فإنه سيكون لازماً علينا التصميم وفق النظام الفرنسي (وذلك إذا كانت الشبكات طويلة جداً).

الفصل التاسع

خاتمة وآفاق مستقبلية

9-1 الخاتمة:

لقد شملت هذه الدراسة على واحدة من الموضوعات الهامة في القطاع الطبي ألا وهي تصميم أنظمة شبكات الغازات الطبية في المستشفيات، وتكمن الأهمية في كون هذه الأنظمة على تماس مباشر مع المريض في قطاعات وأقسام المستشفى المختلفة، وبخاصة في غرف العمليات وغرف العناية المشددة والتي لا مجال فيها للخطأ إطلاقاً.

وينعكس هذا التماس المباشر على هذه الأنظمة فهي عندئذٍ لا بد أن تحقق سويات عالية من الأمان والأداء بما يضمن سلامة المرضى والطاقم الطبي عند استخدامها، واستجابةً لذلك فقد وضعت كل دولة معياراً لتصميم أنظمة شبكات الغازات الطبية يتم تطويرها بشكل مستمر لتحقيق أعلى درجات الفعالية والأمان، ولكن تعدد هذه المعايير وكذلك تنوع التصميم المعماري لمباني المستشفيات جعل اختيار أحد هذه المعايير ومعرفة مدى ملاءمته للتصميم المعماري لمبنى المستشفى ليس أمراً سهلاً، لذلك فقد اخترنا معيارين من هذه المعايير وهما المعيار الإنكليزي HTM 02 01 والمعيار الفرنسي FDS 90 155 وتم تصميم أنظمة شبكات الغازات الطبية وفقهما لمستشفيين اثنتين إحداهما ذات تصميم معماري طابقي والأخرى ذات تصميم معماري أفقي وتم بعد ذلك تقدير التكلفة المادية لكافة أنظمة شبكات الغازات، وذلك بغرض المقارنة بين هذين النظامين وتحديد خصائص كل منهما لتكون هذه الدراسة كقاعدة للمصممين يلجئون إليها عند تصميمهم لأنظمة شبكات الغازات لمستشفيات ذات تصميم معماري طابقي أو أفقي وفق أحد هذين النظامين.

وقد توصلنا إلى النتائج التالية:

1. تصميم وحساب محددات أنظمة شبكات الغازات وفق النظام الفرنسي أسهل مما هو عليه في النظام الإنكليزي.
2. تحديد مواصفات ومتطلبات كافة عناصر التصميم بشكل واضح ودقيق (وخاصة استطاعة المحطات المركزية) في النظام الإنكليزي، بينما تجاوز النظام الفرنسي عن تحديد هذه المواصفات وترك تحديدها لخبرة المصمم وظروف التصميم.
3. اعتماد النظام الفرنسي مبدأ الشبكة ذات الجزأين في التصميم يجعل أنظمة شبكات الغازات المصممة وفق هذا النظام أعلى فعالية من تلك الأنظمة المصممة وفق النظام الإنكليزي، وذلك بسبب أن هذا التصميم يجعل الغاز يصل إلى كافة مآخذ النظام (حتى البعيدة منها)

- عند التدفق المطلوب وبضغط أعلى من الضغط الاسمي المطلوب، ولذلك يكون النظام الفرنسي مناسباً لتصميم شبكات الغاز الطويلة والتي نجدها في المستشفيات الأفقية غالباً.
4. ارتفاع استطاعة المحطات المركزية لغاز الأكسجين في الأنظمة المصممة وفق النظام الفرنسي يرفع من فعالية تلك الأنظمة، بالمقارنة مع الأنظمة المصممة وفق النظام الإنكليزي والتي تستخدم محطات مركزية لغاز الأكسجين ذات استطاعة منخفضة.
5. اعتماد النظام الإنكليزي مبدأ الشبكة الموحدة في التصميم الذي يقتضي جريان الغاز ضمن شبكات الأنابيب تحت ضغط منخفض يرفع من سوية الأمان في الأنظمة المصممة وفقه، بينما يخفض جريان الغاز ضمن شبكات الأنابيب المصممة وفق النظام الفرنسي تحت ضغط عالٍ من سوية أمان تلك الأنظمة.
6. استخدام النظام الإنكليزي أنابيب تزداد سماكات الجدران فيها بازدياد أقطارها، بينما يعتمد النظام الفرنسي على أنابيب لها سماكة جدران ثابتة مهما اختلف قطرها، وهذا مما يرفع من سوية الأمان بالنسبة لشبكات الأنابيب المصممة وفق النظام الإنكليزي.
7. ارتفاع عدد الوحدات الطرفية الإجمالي المستخدم في أنظمة شبكات الغازات المصممة وفق النظام الإنكليزي مقارنة بعدد الوحدات الطرفية المستخدم في أنظمة شبكات الغازات المصممة وفق النظام الفرنسي يرفع من سوية الأمان في تلك الأنظمة، ويمكن الطاقم الطبي من استخدام عدد أكبر من الوحدات الطرفية.
8. التكلفة الإنشائية الإجمالية لأنظمة شبكات الغازات الطبية المصممة وفق النظام الفرنسي أعلى من التكلفة الإنشائية الإجمالية لأنظمة شبكات الغازات الطبية المصممة النظام الإنكليزي وفي كلتا المستشفيات.

2-9 المقترحات المستقبلية:

بعد إجراء هذه الدراسة والحصول على النتائج والمقارنات الواردة والتي تعطي للمصمم فكرة مسبقة عن نتيجة تصميم أنظمة شبكات الغازات الطبية للمستشفيات ذات التصميم المعماري الطابقي أو الأفقي وفق النظامين الإنكليزي والفرنسي، وتمكنه بالتالي اختيار التصميم وفق النظام الذي يراه مناسباً بحسب الظروف المتاحة للتصميم ليحصل على التصميم الأمثل، فقد رأينا أنه:

1. لا بد من توسيع هذا العمل بحيث يتم تصميم أنظمة شبكات الغازات الطبية للمستشفيات بأي تصميم معماري (أفقي، طابقي، ذو كتل منفصلة...) وفق كافة معايير تصميم أنظمة شبكات الغازات (فرنسي، إنكليزي، ألماني، أمريكي، كندي...) ومن ثم إجراء المقارنة بين كافة التصاميم وفق المنهجية المتبعة في هذا البحث من أجل تقديم فكرة مسبقة للمصممين عن تصميم هذه الأنظمة لأي مستشفى كانت ووفق أي معيار كان.

2. ضرورة عمل قواعد بيانات تقوم بتخزين أسس وثابت كافة المعايير العالمية الخاصة بتصميم أنظمة شبكات الغازات الطبية وذلك لتسهيل استخدامها، كما يجب أن تسمح بإمكانية التعديل لمواكبة أي تطور للمعايير.
3. ضرورة وضع برنامج حاسوبي باستخدام لغة برمجية عالية المستوى يقوم بإجراء كافة الحسابات اللازمة لحساب محددات الشبكات لأي مستشفى مُختارة ووفق أي معيار يحدده المصمم.
4. ضرورة إجراء دراسات مستقبلية حول أسباب اختلاف التدفقات الاسمية المطلوبة في النظامين الإنكليزي والفرنسي للمآخذ وبالنسبة لكافة الغازات، والذي ينتج عنه اختلاف في استطاعات المحطات المركزية للأنظمة.
5. ضرورة إجراء دراسات إحصائية لعدد كبير من المستشفيات تكون نتيجتها إيجاد علاقة تربط بين استطاعة المحطات المركزية وعدد أسرة المستشفى.

المراجع

1. NHS estates, 1997, HTM 2022: Medical gas Pipeline systems Design, installation, validation and verification.
2. NHS estates, 1997, HTM 2022: Medical gas Pipeline systems Operational management.
3. Association française de Normalisation (AFNOR), 1990, NF S 90-155 Réseaux de distribution de gaz médicaux non inflammables,.
4. European standard, 1998, EN737-1: Medical gas pipeline systems Part 1: Terminal units for compressed medical gases and vacuum, CEN.
5. European standard, 1998, EN737-2: Medical gas pipeline systems Part 2: Anesthetic gas scavenging disposal systems - Basic requirements, CEN.
6. European standard, 2000, EN737-3: Medical gas pipeline systems Part 3: Pipelines for compressed medical gases and vacuum, CEN.
7. European standard, 1998, EN737-4: Medical gas pipeline systems Part 4: Terminal units for anesthetic gas scavenging systems, CEN.
8. DH Estates and Facilities Directorate, 2006, HTM 02- 01: Medical gas pipeline systems Part A: Design, installation, validation and verification.
9. DH Estates and Facilities Directorate, 2006, HTM 02- 01: Medical gas pipeline systems Part B: Operational management.
10. International standard, 2007, ISO 7396-1: Medical gas pipeline systems Part 1: Pipeline systems for compressed medical gases and vacuum.
11. Association française de Normalisation (AFNOR), 2008, FD S 90-155: Systèmes de distribution pour gaz médicaux comprimés et vide Compléments pour la conception et la réception.
12. International standard, 2008, ISO 7396-2: Medical gas pipeline systems Part 2: Anesthetic gas scavenging disposal systems.
13. Mohinder L. Nayyar, 2000, PIPING HANDBOOK, McGraw-Hill Companies, 7th ed.
14. Menon E. Shashi, 2005, GAS PIPELINE HYDRAULICS, Taylor & Francis Group.
15. <http://www.pipeflowcalculations.com/pipeflowtheory/density.php> Density of gas, compressibility factor, gas pressure, temperature and density relation.
16. The Chartered Institution of Building Services Engineers, 2004, CIBSE Guide G Public health engineering, section 11: Miscellaneous piped services.
17. The Chartered Institution of Building Services Engineers, 1986, CIBSE Guide C reference data, section 4: Flow of Fluids.
18. Medical Gas Design Guide, 2006, chapter 11: sizing medical gas pipeline, Beacon Medæ's Continuing Education.

19. British Standards Institution, 2001, BS EN 13348 Copper and copper alloys. Seamless, round copper tubes for medical gases or vacuum.
20. Engineering Department, 1988, FLOW OF FLUIDS through valves, fittings, and pipe, CRANE.
21. T. Guenoun, D. Journois, E.J. Aka, H. Philippe, J.-B. Cazalaà, D. Safran, 2005, Normalisation européenne et systèmes de distribution de gaz médicaux (European normative recommendations for medical gas pipeline systems), Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation 25 (2006), 63–68.
22. Asia Industrial Gases Association (AIGA 049/08), 2008, Guideline to Medical Bulk Oxygen Supply System For Healthcare Facilities.
23. Association française de Normalisation (AFNOR), 1986, NF X 08-100 Couleurs - Tuyauteries rigides - Identification des fluides par couleurs conventionnelles.
24. International standard, 2008, ISO 5359 Low-pressure hose assemblies for use with medical gases.
25. Association française de Normalisation (AFNOR), 1986, NF X C8-107 Couleurs - Bouteilles à gaz à usage médical - Identification des gaz par couleurs conventionnelles.
26. BOC A Member of the Linde Group, 2000, Medical Gas Data Sheet (MGDS) Medical oxygen (compressed gas), Summary of Product Characteristics.
27. Compressed Gas Association, 1990, Hand book of Compressed Gases, Second edition.
28. Council of Europe (COE) - European Directorate for the Quality of Medicines (EDQM) , 2007, European Pharmacopoeia (Ph Eur) 6th Edition.
29. AIR LIQUID, SAFETY DATA SHEET.
<http://encyclopedia.airliquide.com/encyclopedia.asp?CountryID=19&LanguageID=11>

30. انطانيوس عقل، 1999، ميكانيك السوائل التكنيكي، منشورات جامعة دمشق.
31. محمد ماجد الخلوصي، 1999، المستشفيات والمراكز الصحية و الاجتماعية، الموسوعة الهندسية المعمارية، دار قابس للطباعة والنشر.

32. The American Institute of Architects Academy of Architecture for Health (AIA) With assistance from the U.S. Department of Health and Human Services, 2006, Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities.
33. World Health Organization (WHO), 1998, District Health Facilities Guidelines for development and operations, chapter 1.5: Departmental Planning and Design

- 34.The Department of Human Services (DHS),2004, Design Guidelines for Hospitals and Day Procedure Centres- Standard Components Room Data Sheets, Health Project International.
- 35.NHS estates, 1992, Design Guide-the design of community hospitals.
- 36.ASHRAE HANDBOOK SERIES, 2008, HVAC Systems and Equipment, chapter 45: PIPES, TUBES, AND FITTINGS.
- 37.ASHRAE HANDBOOK SERIES, 2005, Fundamentals, chapter 2: FLUID FLOW.
- 38.Patricia L. Carroll, 2006, The Principles of Vacuum and Its use in the Hospital Environment, Ohio Medical Corporation.
- 39.Derek Black, Martin Forbes, 1989, Analysis of an anesthetic gas scavenging system hazard, Canadian Journal of Anaesthesia, /36 /pp 204-208.
- 40.British Standards Institution , 1984, BS 1710, Specification for identification of pipelines and services.