منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

الدارات الكهربائية «١و٢»

(التجارب المخبرية للدارات الكهربائية)

الطبعة الثالثة

الدكتور
محمد قرضاب
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
جامعة دمشق

جامعة دمشق

١٤٣١ - ١٤٣٢ هـ
٢٠١٠ - ٢٠١١ م

مقدمة

تعتبر مادة الدارات الكهربائية من اهم المواد الأساسية للهندسة الكهربائية وان استيعابها وبشكل جيد على المستوى النظرى والعملي يسهل كثيرا على الطلاب المهندسين متابعة دراستهم في مواد هم التخصصية سواء في مجال هندسة الطاقة الكهربائية أو في مجال الهندسية الالكترونية .

جمع هذا الكتاب التجارب المخبرية التي لا بد من القيام بها في مخبر الدارات الكهربائية لتثبت المعلومات النظرية التي تعلمها الطالب المهندس في السنة الثالثة كهرباء بفصليها الأول والثاني .

وضعت هذه التجارب باثنتي عشرة تجربة منها التجارب الخمسة الاولى لمنهاج الفصل الأول لمادة الدارات الكهربائية للسنة الثالثة كهرباء والتجارب السبعة الباقية لمنهاج الفصل الثاني لمادة الدارات الكهربائية للسنة الثالثة كهرباء .

ولقد استعرضت في كل تجربة المبدأ النظرى الذى تعتمد عليه هذه التجربة لكي يتمكن الطالب من فهمها بشقيها النظرى والعملي حتى لو لم يكن قد درس الجزء النظرى من المنهاج .

وأخيرا أرجو أن يحقق هذا الكتاب الغاية المرجوه منه .

د . محمد قرضاب

دمشق ـ أيار ـ ١٩٨١

الاصطلاحات والرموز ووحدات قياسها

U_d	التوتر (فرق الجهد) المستمر	/ فولت /	/ V /
I_d	التيار المستمر	/ أمبير /	/ A /
u	القيمة الآنية للتوتر المتناوب	/ فولط /	/ v /
$\hat{U}$	القيمة العظمى (المطال) للتوتر المتناوب	/ فولت /	/ v /
U	القيمة الفعالة للتوتر المتناوب	/ فولت /	/ v /
$\overline{U}$	القيمة العقدية للتوتر المتناوب	/ فولت /	/ v /
U_r	المركبة الحقيقية للتوتر العقدى	/ أمبير /	/ A /
U_x	المركبة التخيلية للتوتر العقدى	/ فولت /	/ V /
i	القيمة الآنية للتيار المتناوب	/ أمبير /	/ A /
$\hat{I}$	القيمة العظمى للتيار المتناوب	/ أمبير /	/ A /
I	القيمة الفعالة للتيار المتناوب	/ أمبير /	/ A /
$\overline{I}$	القيمة العقدية للتيار المتناوب	/ أمبير /	/ A /
I_r	المركبة الحقيقية للتيار العقدى	/ أمبير /	/ A /
I_x	المركبة التخيلية للتيار العقدى	/ أمبير /	/ A /
R	المقاومة (المقاومة الحقيقية)	/ ا و م /	/ Ω /
G	الناقلية (السماحية الحقيقية)	/ موه /	/ moh /
X	المفاعلة (المقاومة التخيلية)	/ ا و م /	/ Ω /

B	النفاذية (السماحية التخيلية)	/ موه /	/moh
L	التحريض (عامل التحريض الذاتي)	/هنرى /	/H
C	السعـــة	/ فاراد /	/ F
X_L	المفاعلة التحريضية	/ اوم /	/ Ω
X_C	المفاعلة السعويـــة	/ ا و م /	/ Ω
B_L	النفاذية التحريضية (السماحية التخيلية التحريضية	/موه /	/ moh /
B_C	النفاذية السعوية (السماحية التخيلية السعوية	/ مـوه /	/ moh /
$\bar{Z}$	الممانعة (المقاومة العقدية)	/ ا و م /	/ Ω
Z	طويلة الممانعة (الممانعة الظاهرية)	/ ! و م /	/ Ω
$\bar{Y}$	المسايرة (السماحة العقدية)	/مـوه /	/ moh /
Y	طويلة المسايرة (السماحية الظاهرية)	/ مـوه /	/ moh /
P	الاستطاعة الكهربائية الآنية	/ وات /	/ W
$\bar{P}$	الاستطاعة الكهربائية الفعلية	/ وات /	/ W
	(الاستطاعة الكهربائية الحقيقية أو المتوسطة)		
Q	الاستطاعة الكهربائية الرد فعلية (التخيلية)	/فولت امبير رد فعلي	/ VAR
S	الاستطاعة الكهربائية الظاهرية	/ فولت امبير /	/ VA
$\bar{S}$	الاستطاعة الكهربائية الظاهرية العقدية	/ فولت أمبير /	/ VA
φ	زاوية السطورفي الدائرة	/ درجـة /	/ deg

$\cos\varphi$ عامل الاستطاعـــة	
$\bar{Z}_c, \bar{Z}_k$ الممانعة المميزه لرباعي الأقطاب	/ أوم / Ω /
$\bar{Z}_o$ الممانعة المميزة الرباعي الأقطاب المتناظر	/ اوم / Ω /
$\bar{Z}_{sc}$ الممانعة في دارة قصيرة	/ اوم / Ω /
$\bar{Z}_{oc}$ الممانعة في دارة مفتوحـة	/ اوم / Ω /
$\bar{Z}_e$ ممانعة الدخل (الممانعة الأولية)	/ اوم / Ω /
$\bar{Z}_s$ ممانعة الـخرج (الممانعة الثانوية)	/ اوم / Ω /
$[\bar{Z}]$ ماتريس الممانعات	
$[\bar{Y}]$ ماتريس المسايرات	
$[\bar{T}]$ ماتريس النـــقل	
$[\bar{H}]$ الماتريس المختلـط	
f التـــردد	/هزه في الثانية/HZ/
ω التردد الزاوى	/راديان في الثانية/r/s/
f_r تـردد الرنيـــن	/هزه في الثانيـة/ HZ /
ω_r تـردد الرنين الزاوى	/راديان في الثانية/r/S/
t الزمـــــن	/ ثانية / S /
T دور التابع الدورى	/ ثانية لكل هزه/ S/HZ /
τ ثابت الزمـــن	/ ثانية / S /
Q جودة الرنين في الدارة الكهربائية	

f_2-f_1 عرض المجـــال / هزه في الثانية / Hz /

γ تابع انتشار الموجه (ثابت انتقال الموجه) .

α ثابت تخامد الموجـــه

β ثابت فـرق الطور (ثابت انزياح زاوية الطور)

σ عامل القيمـة العظمـى

ξ عامـل الشكـل

K عامـل التشويـه

K_n عامـل تشويه التوافقية n

f عامل التوافقيـه الأساسيـة

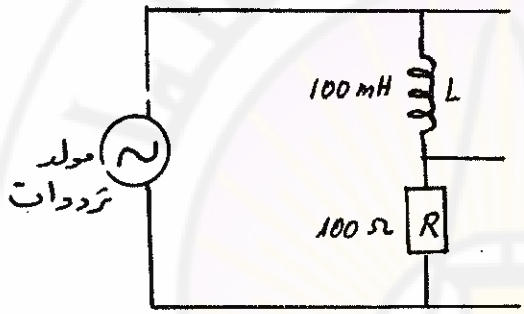
Damascus University

بين كيف يتغير التوتر والتيار والمقاومة مع التردد ؟ .

تأكد من هذه التجربة بأن التوتر والتيار منطبقين بالطور وأن مقاومة الدارة لا تتغير بتغير التردد .

آ ـ المفاعلة التحريضية لدارة كهربائية تحوى على ملف

١ ـ وصل الدارة الكهربائية المبينة بالشكل :



٢ ـ عير مولد الترددات ليعطي جهدا متناوبا قيمته العظمى / 10 V / وبتردد / 10 KHZ / .

٣ ـ عير الاوسيلوسكوب كما يلي :

القنال الأولى / Y_1 / (قنال التيار) / 50 mV/cm /

القنال الثانية / Y_2 / (قنال التوتر) / 2 V/cm /

قاعدة الزمن / 50 μs/cm /

٤ ـ راقب شكل موجات التوتر والتيار على الاوسيلوسكوب وارسمهما في دفترك محافظا على الانزياح النسبي بينهما .

٥ ـ حدد على منحني التيار النقطة التي فيها معدل المشحنات الكهربائية اعظمية وموجبه واين تكون صفرا واين تكون اعظميه وسالبة .

كهربائي شدته ١ آمبير كان هبوط الجهد على طرفيه يساوى ١ فولت ٠

٥ ـ الفاراد / Farad / F /

وهو واحدة السعة ٠ وهو سعة المكثف الكهربائي الذى اذا كان على ليوسيه شحنات كهربائية مقدارها ١ كولون كان فرق الجهد بين ليوسيها ١ فولت ٠

٦ ـ الهنرى / Henri / H /

وهو واحدة عامل التحريض الذاتي ٠ وهو عامل التحريض الذاتي للملف الذى اذا تغيرت فيه شدة التيار الكهربائي بمعدل ١ آمبير في الثانية لتسبب في توليد قوة محركة كهربائية متحرضة مقدارها ١ فولت ٠

٧ ـ الويبر / weber / Wb /

وهو واحدة التدفق المغناطيسي (الفيض المغناطيسي) ويعرف على أنه شدة الحقل المغناطيسي الذى يجتاز نلقلا مُنتجا فيه قوة محركة كهربائية ١ فولت ٠

٨ ـ التسلا / الويبر / المتر المربع / Tesla / T /

وهو واحدة كثافة الفيض المغناطيسي ٠

٩ ـ الامبير ـ لغة / Ampère-Turn / A-T /

وهي واحدة القوة المحركة المغناطيسية ٠

١٠ ـ الأمبير لفة / متر (A-T/m)

وهي واحدة شدة الحقل المغناطيسي (واحدة القوة الممغنطة)

١١ ـ (الفولت / متر) (Volt/metre) V/m

وهو واحدة الكثافة الكهربائية أو واحدة شدة الحقل الكهربائي / E /

وتساوى نيوتن / كولون ٠

١٢ ـ (الكولون / المتر المربع) (Co/m^2)

وهو واحدة كثافة الحقل الكهربائي / D / ٠

١٣ ـ النيوتن / Newton / N /

وهوواحدة القوة ٠ وهو القوة التي تكسب كتلة مقدارها ١ كغ تسارعا مقداره ١م / ثاوالوحدة الأكبر منها / Kg = 9,81N /

١٤ ـ الجول / Joule / J /

وهو واحدة عمل أو واحدة قدره وهو العمل الناتج عن تأثير قوة مقدارها ١ نيوتن عند انتقالها لمسافة ١ م في اتجاه القوة ومضاعفاتها (Kg.m = 9,81J)

١٥ ـ الوات / Watt / W

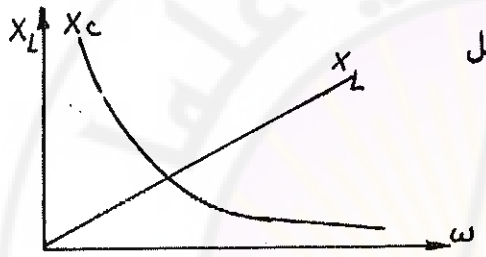
وهو واحدة استطاعة وهو العمل الناتج من جول واحد خلال ثانية واحدة ٠

عند هـا مساويـــة $X = X_C = -\frac{1}{\omega C}$

حيث : / ω /هي النبضة الزاوية للتيار المتناوب : (r/s)

/ f / التـردد بـ/ Hz /

اذ ن المفاعلة التحريضية تتناسب طردا مع التردد والمفاعلة السعوية تتناسـب عكسا مع التردد كما يوضح ذلك الشكل



الا انه للملف المستخدم في الدارات الكهربائية مقاومة داخلية يمكن تحديد هـا بكتابـــة :

$$\bar{Z} = r + j\omega L$$

يمثل التيار المار في الدارة والتوتر المطبق عليها تمثيلا شعاعيا وبمعرفة التوتـر الهابطعلى طرفي / L / يمكن حساب التوتر الهابط على المقاومة الداخليـة للملف وبذلك يمكن معرفـة قيمتها • وبمعرفة التوتر الهابط على طرفي الملف - / U_L / والناتج من المخطط الشعاعي يمكن حساب عامل التحريض الـذاتي لـــه •

كـما ان المادة العازلة بين لبوسي المكثف ليست مادة عازلة مثالية لذلك فـان لكل مكثف مقاومة تتوقف قيمتها على جودة المادة العازلة وهذه المقاومة تسـبب فـقدا في القـدرة = / $I^2 r$ /

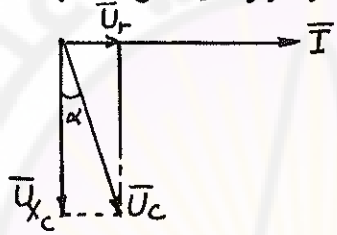
وتسمى الزاوية / α / زاوية الضياع في المكثف حيث :

$$tg\,\alpha = \frac{U_r}{U_{xc}}$$

/ U_r / القيمة الفعالة للتوتر على طرفي مقاومة المكثف

/ U_{xc} / = = = = = مفاعلة المكثف

من المخطط الشعاعي للتيارات والتوترات يمكن حساب سعة المكثف



وعند تطبيق توتر متناوب على دارة تسلسلية تحتوى على اكثر من عنصر مقاومة وملف مثلا أو مقاومة ومكثف فان التوتر المطبق ذو قيمة شعاعية وعقديه يساوى المجموع الشعاعي أو العقدى للتوترات الهابطة على كل عنصر من هذه العناصر ففي دارة تحتوى على مقاومة وملف يكون :

$$\overline{U} = \overline{U}_R + \overline{U}_L$$

وفي دارة تحتوى على مقاومة ومكثف يكون :

$$\overline{U} = \overline{U}_R + \overline{U}_c$$

ويمكن تحديد أى من هذه التوترات شعاعيا اذا علم التوترين الاخرين .

وفي دارة تفرعية يتفرع التيار الكلي المار في الدارة لدى تطبيق توتر متناوب عليها الى الفروع المختلفة والتيار الكلي له قيمة شعاعية أو عقدية ويساوى الى المجموع الشعاعي أو العقدى للتيارات المارة في فروع الدارة .

فاذا احتوت الدارة على فرعين احد هما مقاومة والآخر ملف يكون :

$$\overline{I} = \overline{I}_R + \overline{I}_L$$

واذا احتوت الدارة على فرعين احد هما مكثف والآخر مقاومة يكون :

$$\overline{I} = \overline{I}_R + \overline{I}_C$$

ويمكن تحديد أى من هذه التيارات الثلاث برسم المخطط الشعاعي للتيارين الاخرين :

واذا احتوت الدارة على مقاومة وملف ومكثف على التسلسل يكون

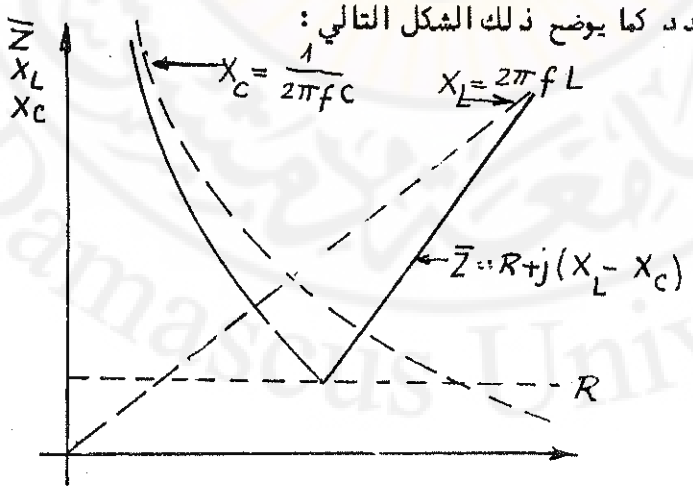
$$\overline{U} = \overline{U}_R + \overline{U}_L + \overline{U}_C$$

حيث :

$$\overline{U} = \overline{I}\ \overline{Z}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

وكما ذكرنا سابقا فان / X_L و X_C / تتناسبان طردا وعكسا على الترتيب مع التردد وبالتالي فان ممانعة هذه الدارة التسلسلية سوف تتغير بتغيير التردد كما يوضح ذلك الشكل التالي :



واذا احتوت الدارة على مقاومة وملف ومكثف على التفرع يكون :

$$\overline{I} = \overline{I}_R + \overline{I}_L + \overline{I}_C$$

حيث :

$$\overline{I} = \frac{\overline{U}}{R} + \frac{\overline{U}}{X_L} + \frac{\overline{U}}{X_C}$$

أو :

$$\overline{I} = \overline{U}\,\overline{Y}$$

$$Y = \sqrt{G^2 + (B_L - B_C)^2}$$

حيث : / G / ناقلية الدارة التفرعية (moh)

/ B_L / تفاذية الملف (moh)

/ B_C / تفاذية المكثف (moh)

الأدوات اللازمة للتجربة :

١ ـ ثلاثة مقاييس ميلي آمبير / 0 - 500mA /

٢ ـ ثلاثة مقاييس جهد / 0 - 50 V /

٣ ـ ملفات ذات تحريض ذاتي / 100mH /

٤ ـ مكثفات / 0,1μF, 6μF, 2,2μF /

٥ ـ مقاومة سحاب / 100 Ω /

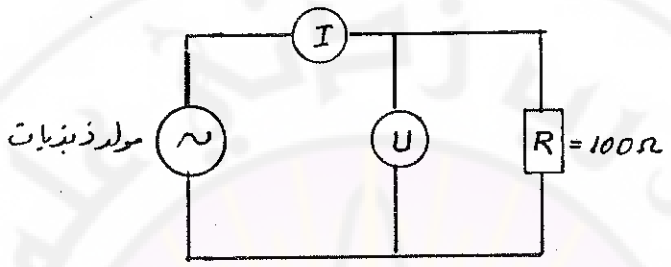
٦ ـ علبة مقاومات / متغيرة / 0 - 10KΩ /

٧ ـ مولد ذبذبات / 50Hz - 10KHz /

٨ ـ اوسيلوسكوب (Double - Beam)

ممانعة دارة تحوى على مقاومة كهربائية

١ - وصل الدارة المبينة بالشكل



٢ - ضع مولد الذبذبات على / 50 HZ / وبخرج مقداره / 5V / وسجل عند هاقراءات التوتر والتيار غير قيمة التردد واعد القراءات وفق الجدول التالي :

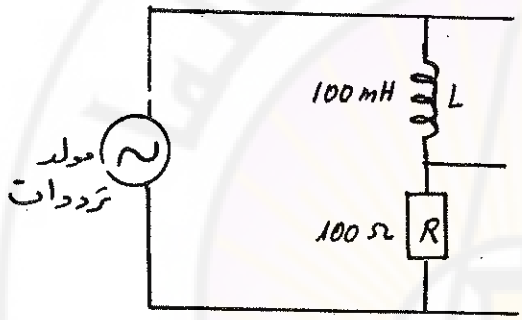
التردد	التوتر	التيار	الممانعة
50			
100			
200			
300			
400			
500			
600			
800			
1000			

بين كيف يتغير التوتر والتيار والمقاومة مع التردد ؟ ٠

تأكد من هذه التجربة بأن التوتر والتيار منطبقين بالطور وأن مقاومة الدارة لا تتغير بتغير التردد ٠

آ ـ المفاعلة التحريضية لدارة كهربائية تحوى على ملف

١ ـ وصل الدارة الكهربائية المبينة بالشكل :



٢ ـ عير مولد الترددات ليعطي جهدا متناوبا قيمته العظمى / 10 V / وبتردد / 10 KHZ / ٠

٣ ـ عير الاوسيلوسكوب كما يلي :

القنال الأولى / Y_1 / (قنال التيار) / 50 mV/cm /

القنال الثانية / Y_2 / (قنال التوتر) / 2 V/cm /

قاعدة الزمن / 50 μS/cm /

٤ ـ راقب شكل موجات التوتر والتيار على الاوسيلوسكوب وارسمهما في دفترك محافظا على الانزياح النسبي بينهما ٠

٥ ـ حدد على منحني التيار النقطة التي فيها معدل المشحنات الكهربائية اعظمية وموجبه واين تكون صفرا واين تكون اعظميه وسالبة ٠

٦ — حدد فرق الطور بين التوتر والتيار وايهما الذى يتأخر عن الآخـر .

٧ — ارسم المخطط الشعاعي الذى يمثل كل من التوتر على طرفي الملف والتيار المار فيه .

ب — ممانعة دارة كهربائية تحوى على ملف ومقاومـة :

١ — غير المقاومة / R / بمقاومة اخرى متغيرة / 10 KΩ /

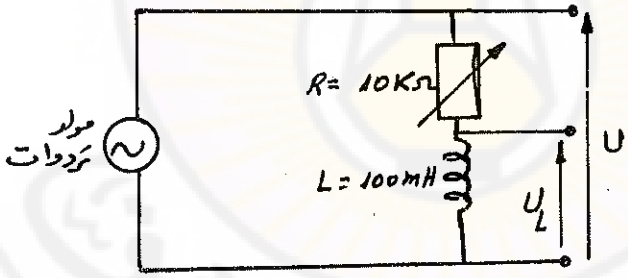
٢ — عير مولد الترددات على / 50 Hz / وخرجه على / 20v /

٣ — عير الاوسيلوسكوب على ما يلي :

القنال ١/ (قنال U) على / 5v/cm /

القنال ٢/ (قنال U_L) على / 5v/cm /

مقياس الزمن / 2mS/cm /



٤ — ضع المقاومة المتغيرة / R / على الصفر وراقب شكل موجة التوتـــر / U_L , U /

٥ — ضع المقاومة المتغيرة على / 100Ω / وراقب شكل موجات التوتـر . ثم قس مطال / U_L / وفرق الصفحة بين / U_L , U /

٦ — كرر الخطوة السابقة بعد تغيير المقاومة الى / 200Ω / ثـــم / 300Ω / ... / 1000Ω / ورتب قراءاتك في جـدول

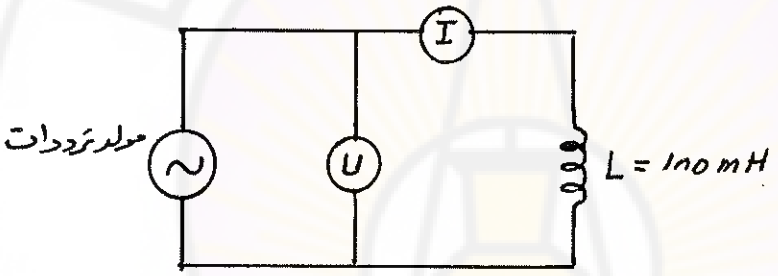
٧ ــ هل توتر السنف / U_L / متأخر أو متقدم على التوتر / U /

٨ ــ ارسم المخطط الشعاعي للتوترات / $\overline{U_L}$ ، $\overline{U_R}$ ، U / استنتج قيمة فرق الطور بين التوترين / U ، U_L /

ما هي قيمة / U_L / عندما تنتهي / R / الى اللانهاية ؟

جـ ــ تغيرات المفاعلة التحريضية لدارة كهربائية تحتوي على ملف بدلالة التردد

١ ــ وصل الدارة الكهربائية التالية :



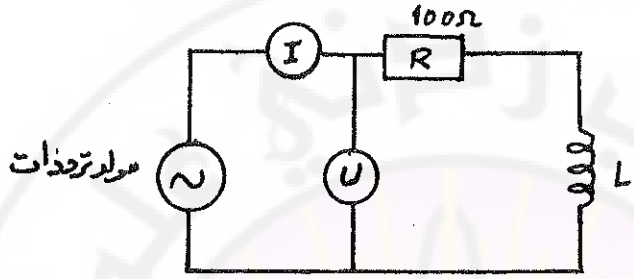
٢ ــ عير مولد الترددات على / 50 HZ / وطبق على الملف توترات مختلفة وسجل في كل مرة التيار المار في الدارة واحسب المفاعلة التحريضية لها ثم غير التردد وكرر نفس الخطوات السابقة كما في الجدول التالي :

٣ ــ ارسم المنحني الذي يمثل تغيرات المفاعلة التحريضية للدارة بدلالة التردد ماذا تستنتج ؟ .

التردد Hz	التوتر المطبق v	التيار المار A	المفاعلة التحريضية Ω
50	2	—	— —
	4	—	—
	6	—	—
	8	—	—
100	2	—	—
	4	—	—
	6	—	—
	8	—	—
200	2	—	—
	4	—	—
	6	—	—
	8	—	—
400	2	—	—
	4	—	—
	6	—	—
	8	—	—
800	2	—	—
	4	—	—
	6	—	—
	8	—	—
1600	2	—	—
	4	—	—
	6	—	—
	8	—	—

د- تغيرات الممانعة الكهربائية لدارة مكونة من مقاومة وملف على التسلسل بدلالة التردد

١ - حقق الدارة المبينة بالشكل :



٢ - غير تردد مولد الترددات على / 800 Hz / وتوتر خرجه على / ١٢ v /
وسجل قراءة التيار، غير توتر الخرج مع المحافظة على التردد ثابت
وفي كل مرة سجل قراءة التيار .

احسب ممانعة الدارة من أجل هذا التردد المطبق - واملأ الجدول

U (v)	2	4	6	8	10	12
I (mA)						
Z (Ω)						

٣ - ارسم المخطط الشعاعي للتوترات والتيار في الدارة لهذه الحالة .

٤ - اعد تعبير تردد مولد الترددات من / 800 Hz / حتى
/ 6400 Hz / وفي كل مرة اعد الخطوة السابقة وسجل نتائجك
في جدول كالآتي :

٥ - احسب الممانعة الوسطية للدارة عند كل تردد من الترددات
السابقة بالاعتماد على التجربة ثم بالاعتماد على العلاقة

$$\overline{Z} = \sqrt{R^2 + X_L^2}\ \angle\varphi$$

التردد HZ	التوتر V	التيار A	الممانعة Ω
800	2 —	—	—
	4 —	—	—
	6 —	—	—
	8 —	—	—
1600	2 —	—	—
	4 —	—	—
	6 —	—	—
	8 —	—	—
3200	2 —	—	—
	4 —	—	—
	6 —	—	—
	8 —	—	—
6400	2 —	—	—
	4 —	—	—
	6 —	—	—
	8 —	—	—

٦ ـ ارسم المنحني الذى يبين تغيرات الممانعة / Z / مع التردد . ناقش هذا المنحني .

التردد HZ	800	1600	3200	6400
الممانعة الوسطية المقاسة Ω				
الممانعة المحسوبة Ω				
φ deg				

٧ ـ هل هناك فرق بين الممانعة المقاسة والممانعة المحسوبة ؟ مـــا سبب ذلك ان وجـد ؟ .

٨ ـ احسب في كل حالة من الحالات السابقة الاستطاعة الفعلية

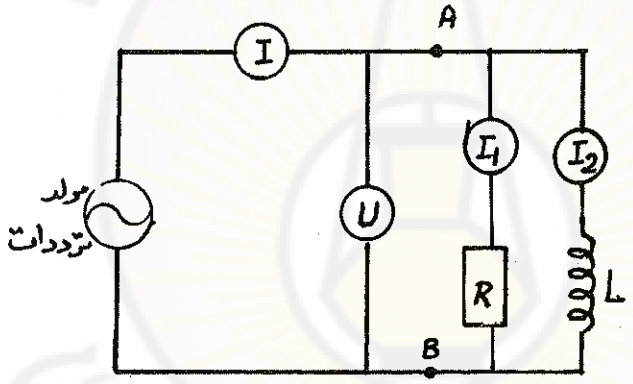
$$P = UI\cos\varphi$$

وقارنها مع الاستطاعة الضائعة / $P = RI^2$ / .

هـ ـ تغيرات ممانعة كهربائية مكونه من مقاومة وملف على التفرع بدلالة التردد :

---

١ ـ حقق الدارة المبينة بالشكل



٢ ـ غير تردد مولد الترددات على / 200 ، 400 ، 800 ، 1600/

وغير توتر خرجه من / 2V ، 4V ---- 10V / وفي كل مـــرة سجل قراءات التيارات ثـم احسب المفاعلة التحريضية والممانعة ـ المقاسة بين المآخذين / A ، B /

التردد Hz	التوتر U_{ar}	التيار I_{mA}	التيار $I_{1\,mA}$	التيار $I_{2\,mA}$	المفاعلة التحريضية X_L (Ω)	الممانعة Z (Ω)
200	2 4 ⋮ 10					
400	2 4 ⋮ 10					
800	2 4 ⋮ 10					
1600	2 4 ⋮ 10					

٣ ـ احسب الممانعة الوسطية للدارة عند كل تردد وذلك بالاعتماد على التجربة ثم بالاعتماد على العلاقة.

$$\bar{Z} = \frac{jRX_L}{R+jX_L} = Z\angle\varphi$$

$$\varphi = \text{arc tg}\ \frac{R}{\omega L}$$

التردد (HZ)	200	400	800	1600
المانعة الوسطية المقاسة (Ω)				
المانعة المحسوبة (Ω)				
φ (deg)				

٤ ـ ارسم المنحني الذي يبين تغيرات المانعة / Z / بدلالة التردد

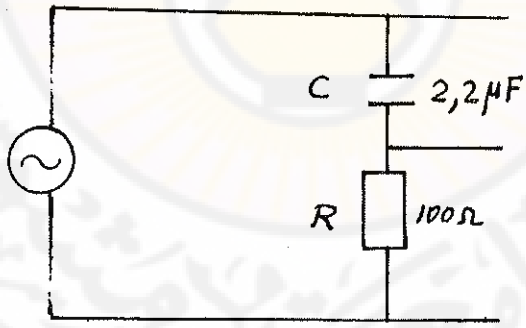
٥ ـ هل هناك فرق بين المانعة المحسوبة والمانعة المقاسة ؟ ما سبب ذلك ان وجد ؟ .

٦ ـ احسب الاستطاعة الفعلية المستهلكة في المانعة $P = UI\cos\varphi$

وقارنها مع الاستطاعة الضائعة . $P = I_1^2 R$

و ـ المفاعلة السعوية لدارة تحوى على مكثف كهربائي :

أ ـ ١ ـ وصل الدارة المبينة بالشكل



٢ ـ عير مولد الذبذبات ليعطي جهدا جيبيا قيمته العظمى / 10 V / .

وذلك عند التردد / 250 HZ /

٣ ـ عير الأوسيلوسكوب كما يلي :

القنال الاولى Y1 (قنال التيار) على (500 mV/cm)

القنال الثانية Y_2 (قنال التوتر) على / 2V/cm /

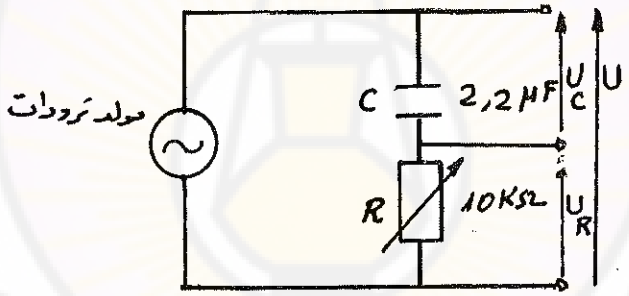
مقياس الزمن / 2mS/cm /

٤ ـ راقب شكل موجات التوتر والتيار على الاوسيلوسكوب وارسمها على دفترك ـ محافظا على الانزياح النسبي بينهما . ولاحظ كيف أن التيار المار في دارة تحوي مكثف يتقدم على التوتر المطبق عليها بمقدار / 90° /

٥ ـ ارسم المخطط الشعاعي الذي يمثل التوتر على طرفي المكثف والتيار المار فيه.

ز ـ ممانعة دارة كهربائية تحوي على مكثف ومقاومة :

١ ـ وصل الدارة المبينة بالشكل :



٢ ـ عير مولد الترددات على / 50HZ / وعير خرجه على توتر جيبي قيمته العظمى / 20V / وعير الاوسيلوسكوب كما يلي :

القنال Y_1 (قنال التوتر U / على / 5V/cm /

القنال Y_2 (قنال U_C / على / 5V/cm /

مقياس الزمن على / 2mS/cm /

٣ ـ ضع / R / على القيمة صفر وقس مطال / U و U_C /وفرق

الطور بين / U ، U_c / كرر نفس الخطوات من أجل قيم / R / المختلفة من / 0 ..... 10 KΩ /

٤ — اعد نفس الخطوات السابقة ممثلا على الاوسيلوسكوب / U ، U_R / وسجل جميع القراءات من اجل جميع المراحل السابقة / لـ R / ورتب جميع قراراتك في جدول .

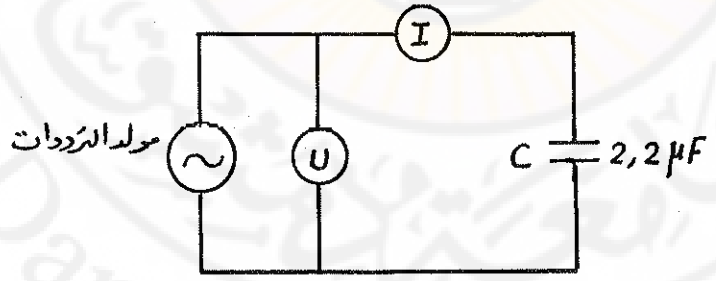
٥ — ارسم المخطط الشعاعي موضحا العلاقة بين / $\overline{U}$ ، $\overline{U_c}$ ، $\overline{U_R}$ / وفرق الطور بين التيار المار في الدارة والتو... / U / المطبق عليها .

٦ — ما هي العلاقة بين / U و U_R و U_c /؟

٧ — ما هي قيمة / U_c / وزاوية طوره عندما تنتهي / R / الى اللانهاية .

ج — تغيرات المفاعلة السعوية لدارة تحتوى على سعة بدلالة التردد :

١ — وصل الدارة الكهربائية التالية :



٢ — عير مولد الذبذبات على /50 HZ/ وطبق على المكثف توترات مختلفة وسجل في كل مرة التيار المار في الدارة واحسب المفاعلة السعوية لها

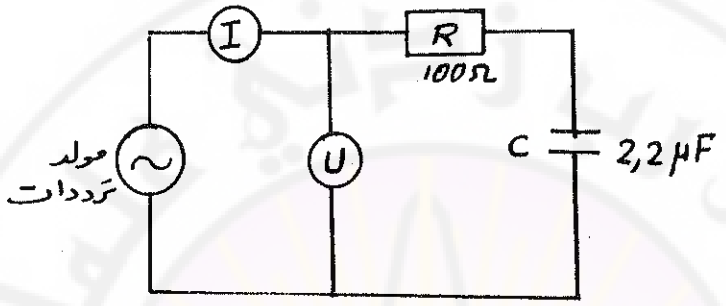
ثم غير التردد وكرر نفس الخطوات كما في الجدول التالي :

التردد HZ	التوتر المطبق U (V)	التيار المار I (mA)	المفاعلة (Ω)
50	2 4 6		
100	2 4 6		
200	2 4 6		
400	2 4 6		
800	2 4 6		
1600	2 4 6		

٣ ـ ارسم المنحني الذي يبين تغيرات المفاعلة السعوية للدارة بدلالة التردد ـ ماذا تستنتج ؟ .

ط ــ تغيرات ممانعة دارة كهربائية مكونة من مقاومة ومكثف على التسلسل مع التردد

١ ــ حقق الدارة المبينة بالشكل



٢ ــ غير تردد مولد الترددات على / 200 HZ / وتوتر خرجه على / 2v / وسجل قراءة مقياس الامبير ، وغير توتر الخرج مع المحافظة على التردد ثابت وفي كل مرة سجل قراءة التوتر والتيار .

احسب ممانعة الدارة من اجل التردد المطبق / 200HZ / واملاء الجدول

U (v)	2	4	6	8	10	12
I (mA)						
Z						

٣ ــ ارسم المخطط الشعاعي للتوترات والتيارات في الدارة لهذه الحالة .

٤ ــ اعد تعيير تردد مولد الترددات من / 50HZ / الى / 1600 HZ / وفي كل مرة اعد الخطوة السابقة وسجل نتائجك في جدول كالاتي :

التردد $f\ (HZ)$	التوتر $U\ (v)$	التيار $I\ (mA)$	الممانعة $Z\ (\Omega)$
50	2 4 ⋮ 10		
100	2 4 ⋮ 10		
200	2 4 ⋮ 10		
400	2 4 ⋮ 10		
800	2 4 ⋮ 10		
1600	2 4 ⋮ 10		

Damascus University

٤ — أحسب الممانعة الوسطية للدارة عن كل تردد من الترددات السابقة بالاعتماد على العلاقة

التردد HZ						
الممانعة المقاسة (Ω)						
الممانعة المحسوبة						
φ (deg)						

٥ — ارسم المنحني الذي يبين تغيرات الممانعة بدلالة التردد

٦ — هل تتغير الممانعة مع التردد ؟ علل ذلك .

٧ — هل هناك فرق بين الممانعة المقاسة والمحسوبة ، ما سبب ذلك ان وجد ؟

٨ — احسب في كل حالة من الحالات السابقة الاستطاعة الكهربائية المستهلكة في الدارة $P=I^2R$ وقارنها مع الاستطاعة الضائعة $P=UI\cos\varphi$.

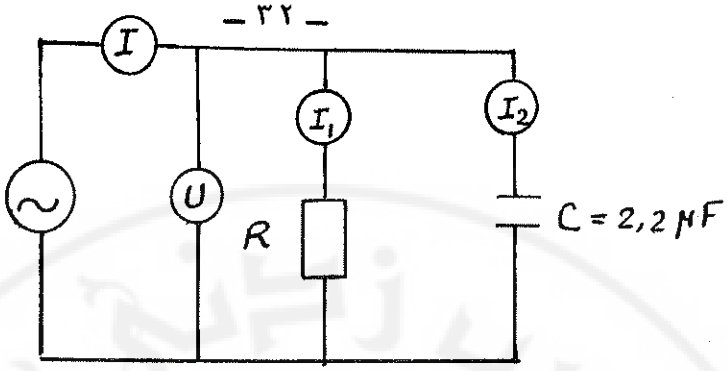
ي — تغيرات ممانعة دارة كهربائية مكونة من مقاومة ومكثف على التفرع بدلالة التردد :

---

١ — حقق الدارة المبينة بالشكل

٢ — عير مولد الترددات على / 400 HZ .. 200 HZ حتى 1600 HZ /

وفي كل مرة غير توتر الخرج من / ٢ حتى ١٠ / وسجل قراءات التيارات واحسب المفاعلة السعوية والممانعة المقاسة بين المأخذين A . B



التردد f (Hz)	التوتر U (V)	التيار I (mA)	التيار I_1 (mA)	التيار I_2 (mA)	المفاعلة السعوية X_C (Ω)	الممانعة Z (Ω)
200	2 4 ⋮ 10					
400	2 4 ⋮ 10					
800	2 4 ⋮ 10					
1600	2 4 ⋮ 10					

٣ ـ احسب الممانعة الوسطية للدارة عند كل تردد وذلك بالاعتماد على التجربة

ثم بالاعتماد على العلاقة $\bar{Z} = \frac{jRX_c}{R+jX_c} = Z\angle\varphi$

$$\varphi = -\omega C R$$

التردد f (HZ)	200	400	800	1600
الممانعة الوسطية المقاسة (Ω)				
الممانعة المحسوبة (Ω)				
φ (deg)				

٤ ـ ارسم المنحني الذي يبين تغيرات الممانعة Z بدلالة التردد

٥ ـ هل هناك فرق بين الممانعة المحسوبة والممانعة المقاسة ؟ ما سبب ذلك ان

٦ ـ احسب الاستطاعة الفعلية المستهلكة في الممانعة

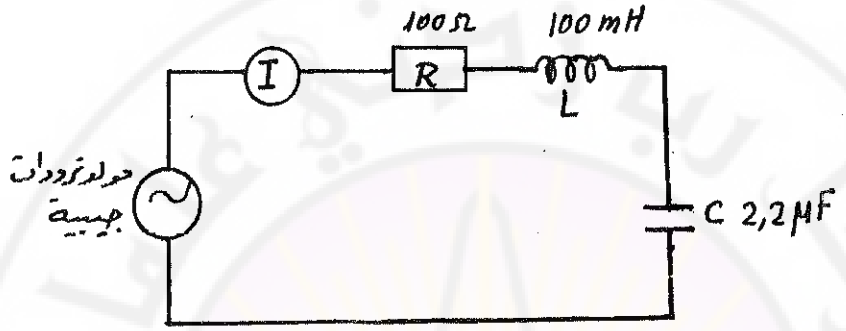
$$P = UI\cos\varphi$$

وقارنها مع الاستطاعة الضائعة

$$P = RI_1^2$$

ك ـ دراسة الدارة الكهربائية التسلسلية المكونة من مقاومة ومكثف وملف :

١ ـ حقق الدارة المبينة بالشكل



٢ ـ غير تردد مولد الترددات على / 1000 HZ / وخرجه على / 8 V / وسجل قراءة التيار والتوترات على طرفي كل عنصر من عناصر الدارة (U_R ، U_L ، U_C) وارسم المخطط الشعاعي للتوترات معتبرا التيار هو المرجع ، واستنتج

آ ـ ما هي العلاقة بالطور بين التوتر U_L و U_C وما هو حاصل الجمع الشعاعي لهمـــا ؟

بـ ما هي زاوية طور التوتر الكلي U بالنسبة للتيار ؟

جـ احسب التوترات U_R و U_L و U_C واستنتج قيمة التوتر الكلي واحسب قيمة الممانعة

$$U^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2$$

$$(IZ)^2 = (IR)^2 + (IX_L - IX_C)^2$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

د ـ قارن بين قيم التوترات المقاسة والمحسوبة والممانعة المقاسة بالحسابة بمقارنتها

$$\overline{Z} = \frac{\overline{U}}{\overline{I}}$$

٣ ـ اعد تعيير مولد التردد على ترددات مختلفة من /50HZ حتى/1000HZ وسجل في كل مرة قراءة التوتر والتيار واحسب الممانعة من اجل كل تردد حسب الجدول التالي :

التـــــردد f (HZ)	U (v)	I (mA)	الممانعة Z (Ω)
50			
100			
200			
300			
.			
.			
.			
.			
.			
900			
1000			

٤ ـ ارسم المنحني الذي يبين تغيرات Z بدلالة التردد واستنتج

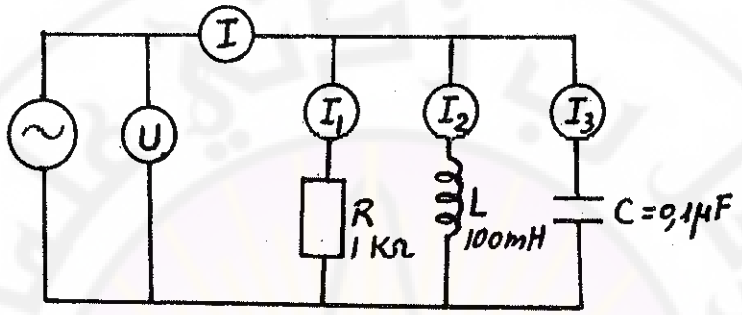
آ ـ قيمة التردد الذي تكون عنده الممانعة بقيمتها الصغرى

ب ـ قس التوترات U_L و U_C و U_R و U عند هذا التردد وارسم المخطط الشعاعي للدارة عند هذا التردد

جـ ـ ما هي العلاقة بين U و U_R و Z و R عند هذا التردد ؟

ل ــ الدارة الكهربائية التفرعية المكونة من مقاومة وملف ومكثف :

١ ــ حقق الدارة المبينة بالشكل



٢ ــ عير تردد مولد الترددات على /1600HZ/ وتوتر خرجه على / 6V /

وسجل قراءات التيارات I و I_1 و I_2 , I_3 والتوتر المطبق U

وارسم المخطط الشعاعي للتيارات معتبرا التوتر U هو المرجع

ما هي العلاقة بين I و I_1 و I_2 و I_3 حيث

$$\bar{I}=\frac{\bar{U}}{\bar{Z}} \quad , \quad I_1=\frac{\bar{U}}{R} \quad , \quad \bar{I}_2=\frac{\bar{U}}{X_L} \quad , \quad \bar{I}_3=\frac{\bar{U}}{X_C}$$

$$\frac{1}{\bar{Z}}=\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2+\left(\frac{1}{X}\right)^2}=\bar{Y}=\sqrt{G^2+B^2}$$ واستنتج

حيث G ناقلية الدارة Conductance

$X=(X_L-X_C)$ مفاعلة الدارة Reactance

$B=\frac{1}{X}$ نفاذية الدارة Susceptance

التجربـــــة الثانيـــــــة

دارات الرنيـــن التسلسليـــــــة والتفرعيـــــــة

اولا - دارت الرنين التسلسلية :

الهدف من التجربة :

١ - دراسة تغير التيار في دارة الرنين التسلسلية والتوترات على طرفي عناصرها مع تغير التردد .

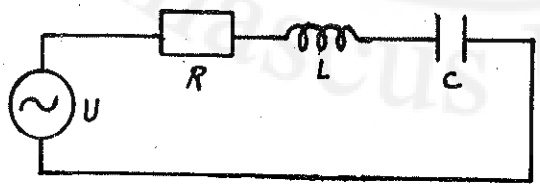
٢ - دراسة تغير الممانعة في دارة الرنين التسلسلية بدلالة التردد

٣ - دراسة تغير التوترات على طرفي عناصر الدارة التلسلية بدلالة تغير عامل التحريض الذاتي للملف او بدلالة تغير سعة المكثف .

٤ - ايجاد عامل جودة دارة الرنين التسلسلية .

المبدأ النظرى :

عند توصيل مقاومة / R / مع ملف ذو تحريض ذاتي / L / مع مكثف ذو سعة / C / على التسلسل ينتج لدينا دارة كهربائية متسلسلة كما هو مبين بالشكل التالي ، فان التيار الكهربائي المار في الدارة من جراء تطبيق توتر متناوب على طرفيها يعطى بالعلاقة التالية :



$$\bar{I} = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}} = \frac{\bar{U}}{R + j\,(X_L - X_C)}$$

وتكون قيمة هذا التيار اعظمية عند ما تتساوى المفاعلة التحريضية للملف مع المفاعلة السعوية للمكثف

$$X_L = X_C$$

وعند ها تصبح

$$\overline{U} = \overline{U}_R$$

اى

$$\overline{I} = \frac{\overline{U}}{R}$$

ونسمي هذه الحالة التي تصبح فيها ممانعة الدارة التسلسلية اصغرية " حالة الرنين في هذه الدارة " .

ويحصل الرنين في مثل هذه الدارات بعدة طرق :

١ — بتغيير تردد التوتر المطبق على الدارة ، وهنا يحصل الرنين عند قيمة f التي تحقق العلاقة $\overline{I} = \frac{\overline{U}}{R}$ وعند L و C ثابتة

٢ — بتغيير التحريض الذاتي للملف وهنا يحصل الرنين عند قيمة L التي تحقق العلاقة السابقة وبحيث يبقى f و C ثابتين .

٣ — بتغيير سعة المكثف وهنا يحصل الرنين عند قيمة C التي تحقق العلاقة السا وبحيث تبقى L و f ثابتين .

آ — الرنين في دارة تسلسلية يتغير فيها تردد التوتر المطبق

يتحقق في هذه الحالة

$$X_L = X_C \quad , \quad \omega L = \frac{1}{\omega C}$$

وعند هذه الحالة نرمز للتردد الزاوى للرنين بـ ω_r ولتردد الرنين بـ

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

حيث ω_r التردد الزاوى للرنين وتقاس (r/s)

f_r تردد الرنين ويقاس (HZ)

C تقاس بالفاراد (F)

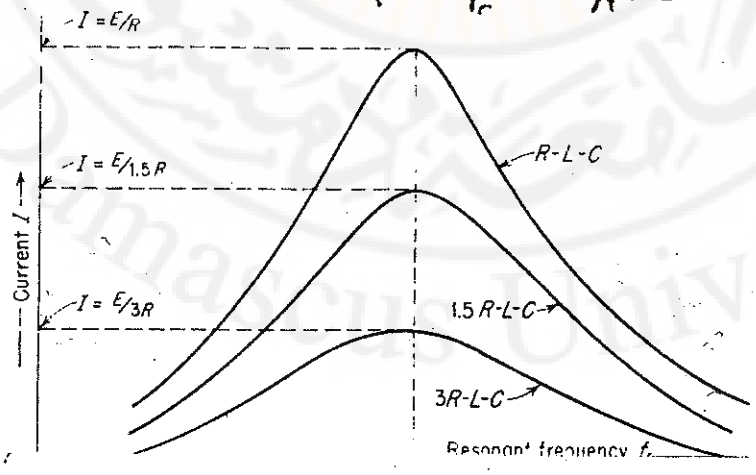
L تقاس بالهنرى (H)

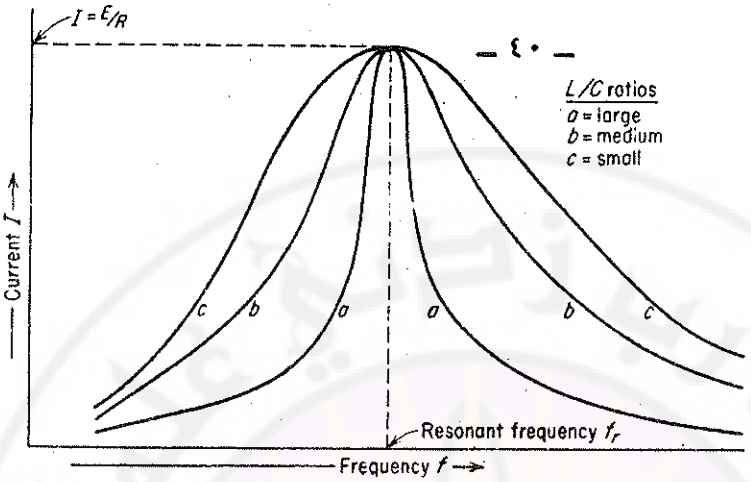
وعليه فان تردد الرنين في الدارة التسلسلية لا علاقة له بمقاومة الدارة ، الا ان منحني الرنين يكون حادا اكثر كلما صغرت المقاومة كما يوضح ذلك الشكل وتعطى قيمة التوتر على طرفي الملف

$$U_L = \frac{U}{R} \cdot 2\pi f_r L = \frac{U}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

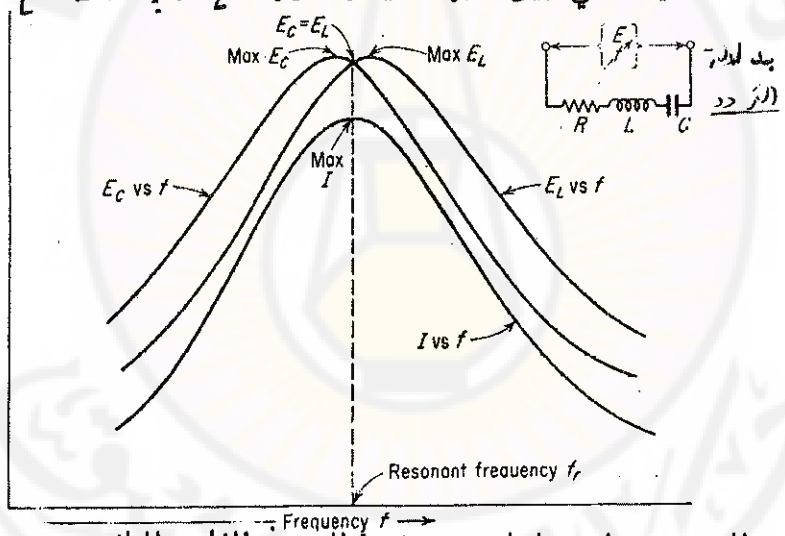
كما تعطى قيمة التوتر على طرفي المكثف

$$U_C = \frac{U}{R} \cdot \frac{1}{2\pi f_r C} = \frac{U}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$



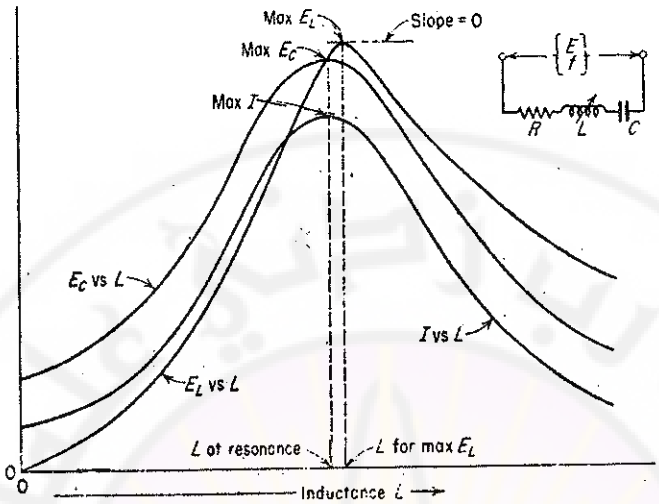


اما المنحنيات التي تبين تغيرات كل من التوترات U_L و U_C و I و X_L و X_C



ب ــ الرنين في دارة تسلسلية يتغير فيها التحريض الذاتي للملف

في هذه الحالة تتغير قيمة المفاعلة التحريضية في الدارة وبالتالي تتغير قيمة التوتر على طرفي الملف ، اما المفاعلة السعوية للدارة تبقى ثابتة والتوتر على طرفـــــي المكثف يتغير حسب تغيرات منحني التيار . والمنحنيات التي تبين تغيرات التوترات U_L و U_C و I في الدارة بدلالة تغيرات L مبينة بالشكل التالي :

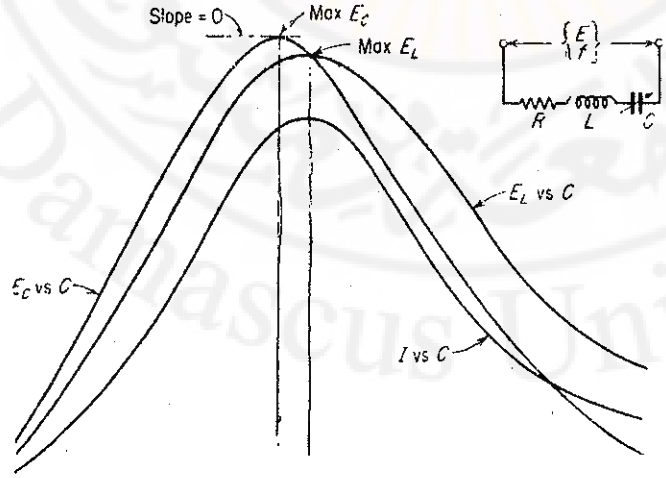


تكون قيمة التوتر على طرفي الملف اعظمية عند L_2 حيث يكون عند هـ ـا

$$X_L = \frac{R^2 + X_C^2}{X_C} \Longrightarrow \quad L = C\,(R^2 + X_C^2)$$

جـ ـ الرنين في دارة تسلسلية تتغير فيها سعة المكثف :

في هذه الحالة تتغير قيمة المقاعلة السعوية في الدارة وبالتالي تتغير قيمة التوتر على طرفي المكثف ،اما المفاعلة التحريضية فتبقى ثابتة والتوتر على طرفي الملف يتغير حسب تغيرات منحني التيار • والمنحنيات التي تبين تغيرات التوترا ت U_L



U_C و I ،

تكون قيمة التوتر على طـــرفي المكثف أعظمية عند C_1 حيث يكون عند ها

$$X_C = \frac{R^2 + X_L^2}{X_L}$$

$$C = \frac{L}{R^2 + X_L^2}$$

يرمز لعامل جودة دارة الرنين بـ Q واذا كانت مقاومة الدارة التسلسلية معدومة

$$Q_1 = \frac{\omega_r L}{R} = \frac{2\pi f_r L}{R} = \frac{1}{2\pi f_r C}$$

حيث ω_r التردد الزاوي عند الرنين ، f_r تردد الرنين — R المقاومة الداخلية للملف ،اما اذا كان للدارة مقاومة R_S تكون جودة الرنين

$$Q_2 = \frac{\omega_r L}{R + R_S} = \frac{2\pi f_r L}{R + R_S}$$

ومنه يمكن حساب المقاومة الداخلية للملف

$$R = R_S \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

عندما تتساوى في الدارة التسلسلية المفاعلة X مع المقاومة R يكون

$$\bar{Z} = R + jR = Z \angle 45^\circ$$

$$Z = \sqrt{2}\, R$$

والاستطاعة الكهربائية المستهلكة عند هذه القيمة للمانعة

$$P = I^2 R = \left(\frac{U}{\sqrt{2}\, R}\right)^2 \cdot R = \frac{1}{2}\,\frac{U^2}{R}$$

وهذه الاستطاعة تساوي نصف الاستطاعة المستهلكة عند الرنين التي تساوي $\frac{U^2}{R}$ لذا تسمى النقطتان الموافقتان لقيمة التيار $\frac{U}{\sqrt{2}\, R}$ هذه،نقطتا نصف الاستطاعة والترددان الموافقان هما ترددا نصف الاستطاعة .

$$\omega_1 = -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 + \frac{1}{LC}} = -\frac{R}{2L} \pm \omega_r \sqrt{1 + \left(\frac{R}{2L\omega_r}\right)^2}$$

$$\omega_2 = +\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 + \frac{1}{LC}} = +\frac{R}{2L} \pm \omega_r \sqrt{1 + \left(\frac{R}{2L\omega_r}\right)^2}$$

$$\omega_2 - \omega_1 = \frac{R}{L}$$

$$\frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_r} = \frac{R}{\omega_r L} = \frac{1}{Q}$$

يسمى $\omega_2 - \omega_1$ عرض المجال

فاذا كان عرض المجال كبير فهذا يعني ان المفاعلة التحريضية في الدارة اكبر بكثير من المقاومة ، اما اذا كان عرض المجال صغير فهذا يعني ان الدارة ذات ناخبية جيدة .

الاجهزة اللازمة للتجربة :

١ ــ مولد ترددات جيبية بتردد منخفض 100HZ-1KHZ

٢ ــ مقياس ميلي امبير متناوب 0 - 100 mA

٣ ــ ملف 100 mH

٤ ــ علبة ملفات متغيرة التحريض الذاتي

٥ ــ مكثف

٦ ــ علبة مكثفات متغيرة السعة

٧ ــ مقاومة 100 Ω

٨ ــ علبة مقاومات متغيرة 0 - 1KΩ

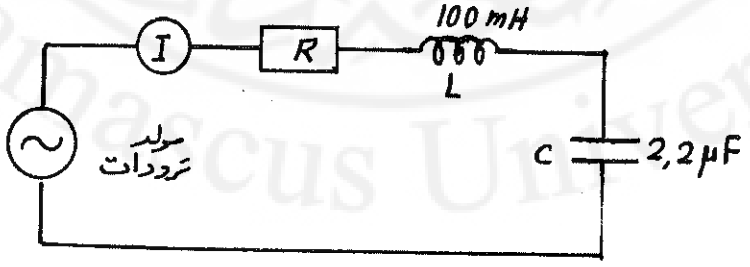
٩ ــ مقياس فولت 0 - 10 V

١٠ ــ لوحة التجربة

خطوات العمل في التجربة :

آ ــ الرنين في الدارة التسلسلية عند تغير تردد منبع التغذية :

١ ــ حقق توصيل الدارة المبينة بالشكل



٢ ـ غير توتر خرج منبع التغذية على / ٥ ڤ / وغير تردد ، من 100HZ الى 1KHZ / وسجل قراءات التيار والتوترات U_L و U_C في كل مره مع المحافظة على توتر التغذية ثابت .

٣ ـ غير قيمة R الى 100Ω واعد الخطوات السابقة

٤ ـ غير قيمة R = 1000Ω واعد الخطوات السابقة

سجل ذلك في جدول كالاتي :

التردد	R = 0				R = 100 Ω				R = 1000 Ω			
	I (mA)	U_L (V)	U_C (V)	Z (Ω)	I (mA)	U_L (V)	U_C (V)	Z (Ω)	I (mA)	U_L (V)	U_C (V)	Z (Ω)
100												
200												
300												
1000												

٥ ـ ارسم منحنيات تغيرات I و U_L و U_C و Z بدلالة التردد وذلك من اجل القيم المختلفة لـ $/R/$ وحدد على كل منحني تردد الرنين

٦ ـ ما هي قيم كل من U_L و U_C عند هذا التردد ؟ وهل هناك اى علاقة بينهما عند هذا التردد ؟ اذا كان نعم لماذا ؟

٧ ـ ماهي النسبة $\frac{U_L}{U}$, $\frac{U_C}{U}$ عند تردد الرنين ؟

٨ ـ احسب جودة الرنين والمقاومة الداخلية للملف وذلك باستخدام العلاقة

$$R = R_S \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

ب ـ الرنين في الدارة التسلسلية عند تغير عامل التحريض الذاتي L :

---

١ ـ اربط في الدارة علبة ملفات متغيرة بدلا من الملف الثابت وغير تردد مولد الترددات على تردد ثابت ليكن $/ 500\ HZ /$ وثبت توتره على $5v$ طوال التجربة غير في الملف L عدة مرات وفي كل مرة سجل قراءات التيار والتوترات U_L و U_C في جدول كالاتي :

L (mH)	I (mA)	U_L (v)	U_C (v)	Z (Ω)
-				
-				
-				
-				
-				

Damascus University

٢ ـ ارسم المنحنيات التي تبين تغيرات I و U_L و U_C و Z بدلالة تغيرات عامل التحريض الذاتي للملف ·

٣ ـ حدد على هذه المنحنيات قيمة L_1 التي فيها I و U_C اعظمية و L_2 التي فيها U_L اعظمية ، ايهما الموافقة لحالة الرنين في الدارة ·

٤ ـ احسب من العلاقات النظرية قيمة كل من L_1 و L_2 وقارنهما مع ما نتج من المنحنيات ·

جـ ـ الرنين في الدارة التسلسلية عند تغير سعة المكثف C

١ ـ اربط في الدارة التسلسلية السابقة علبة مكثفات متغيرة بدلا من المكثف ذو C الثابتة ، وغير تردد مولد الترددات على تردد ثابت ليكن / 200 HZ / وثبت توتره على 5 V طول فترة التجربة · غير في سعة المكثف المربوط في الدارة عدة مرات وفي كل مرة سجل قراءات التيار والتوترات U_L و U_C في جدول كالاتي :

C (μF)	I (mA)	U_L (V)	U_C (V)	Z (Ω)
-				
-				
-				
-				
-				

٢ ــ ارسم المنحنيات التي تبين تغيرات I و U_L و U_C بدلالـــــة تغيرات سعة المكثف .

٣ ــ حدد على هذه المنحنيات قيمة C_1 التي فيها U_C أعظمية و C_2 التي فيها I و U_L أعظمية أيهما الموافقة لحالة الرنين في الدارة .

٤ ــ احسب من العلاقات النظرية قيمة كل من C_1 و C_2 وقارنهما مع ما ينتج مـــن المنحنيات .

ثانيا ـ دارات الرنين التفرعية :

الهدف من التجربة :

١ ـ دراسة تغير التوتر على طرفي دارة الرنين التفرعية مع تغير التردد .

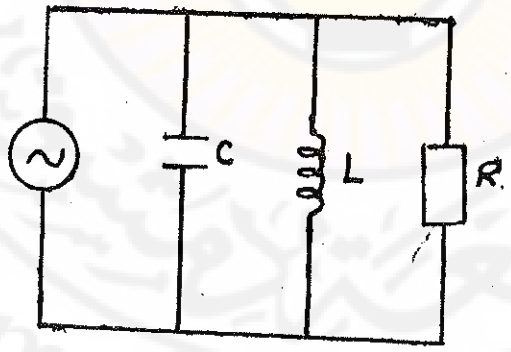
٢ ـ دراسة تغير ممانعة دارة الرنين التفرعية مع تغير التردد

٣ ـ دراسة تغير التيارات المارة في دارة الرنين التفرعية مع تغير التردد

٤ ـ ايجاد عامل الجودة لدارة الرنين التفرعية وعرض المجال فيها

المبدأ النظري للتجربة :

عند توصيل مقاومة كهربائية / R / مع ملف ذو تحريض ذاتي / L / مع مكثف سعته / C / على التفرع ينتج لدينا دارة كهربائية تفرعية كما هو مبين بالشكل :



والممانعة المكافئة $\bar{Z}$ لهذه الدارة تعطى بالعلاقة التالية :

$$\frac{1}{\bar{Z}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + j\omega C$$

اى ان السماحية المكافئة للدارة : $\bar{Y}$

$$\overline{Y} = \frac{1}{\overline{Z}} = G + j\left(\omega_L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

$$\overline{Y} = \frac{1}{\overline{Z}} = G + j\,B$$

$$\overline{Y} = \sqrt{G^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}$$

$$\varphi = arc\ tg\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)/G$$

وعندما تصبح مسايرة الدارة اصغر ما يمكن اى عندما يتساوى

$$\omega C = \frac{1}{\omega L}$$

يحدث الرنين في الدارة

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

وبالتالي فان تردد الرنين لا يتعلق بمقاومة الدارة التفرعية كما حصل في الدارة التسلسلية

وعند تطبيق توتر متناوب ثابت U على هذه الدارة فان التيار الناتج في الدارة

$$\overline{I} = \overline{U}\,\overline{Y} = \overline{U}\,(G + jB)$$

$$\overline{I} = \overline{I}_R + \overline{I}_L + \overline{I}_C$$

وعند الرنين يكون التيار المار في الدارة اصغريا حيث : $\overline{I}_L + \overline{I}_C = 0$

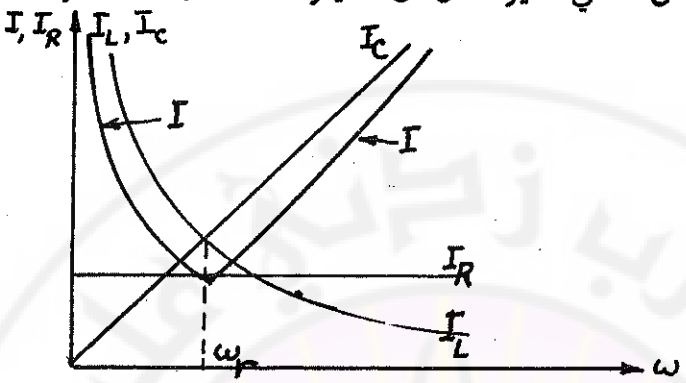
والتيار الناتج

$$\overline{I} = \overline{I}_R = UG$$

$$I_L = \frac{U}{\omega L}$$

$$I_C = \omega C\,U$$

يوضح الشكل التالي تغيرات كل من التيارات الثلاثة بدلالة التردد



يحدد عامل الجودة لدارة الرنين التفرعية على الشكل التالي :

$$Q = \frac{\omega_r C}{G} = \frac{1}{\omega_r L G}$$

كما يحدد عرض المجال من العلاقة التالية :

$$\frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_r} = \frac{G}{\omega_r C} = \frac{1}{Q}$$

الادوات اللازمة :

١ ـ مولد ترددات جيبية بتردد منخفض / 100HZ – 1KHZ /

٢ ـ مقياس ميلي اميير عدد ٣ / 0 – 100 mA /

٣ ـ مقياس فولت / 0 – 10 V /

٤ ـ مقاومة 9 MΩ – 10MΩ

٥ ـ مقاومة R = 1 KΩ

٦ ـ مكثف 2,2 μF

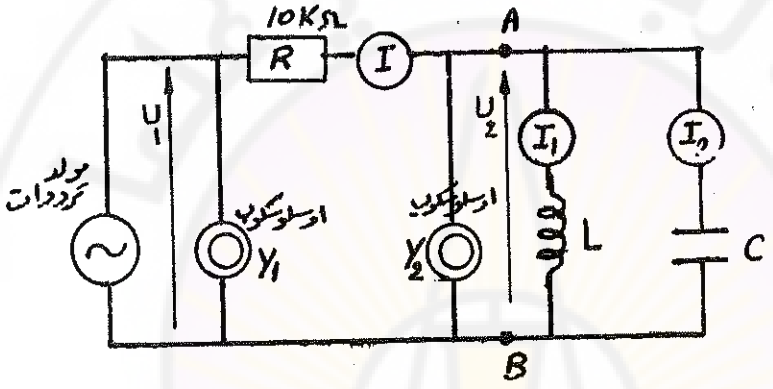
٧ ـ ملف 100 mH

٨ ـ اوسلوسكوب ذو قناتين (يجب ان يكون الاوسلوسكوب ذو ممانعة دخل عالية

وللحصول على ذلك يوصل على التسلسل مع دخل الاوسلوسكوب ممانعة 9MΩ/

خطوات العمل :

١ ـ حقق مخطط التوصيل للدارة المبينة بالشكل :



٢ ـ غير تردد مولد الترددات من 100HZ الى 1000 HZ ولاحظ موجة التوترين على شاشة الاوسيلوسكوب ، هل يتغير التوتر على طرفي كل من L و C

٣ ـ ما هي العلاقة بين U_1 و U_2 و I

٤ ـ هل يتغير التيار I مع التردد ؟

٥ ـ هل للتوتر U_{AB} وللتيار I قيمة عظمى او صغرى عند الرنين ؟

٦ ـ غير تردد المولد ليعطي القيمة الصغرى للتيار I وحدد قيمة التردد

٧ ـ احسب التيار عند الرنين من العلاقة

$$I = \frac{U_1 - U_2}{10^4}$$

٨ ـ احسب ممانعة الدارة التفرعية بين المأخذين A و B من العلاقة $Z=\frac{U_2}{I}$

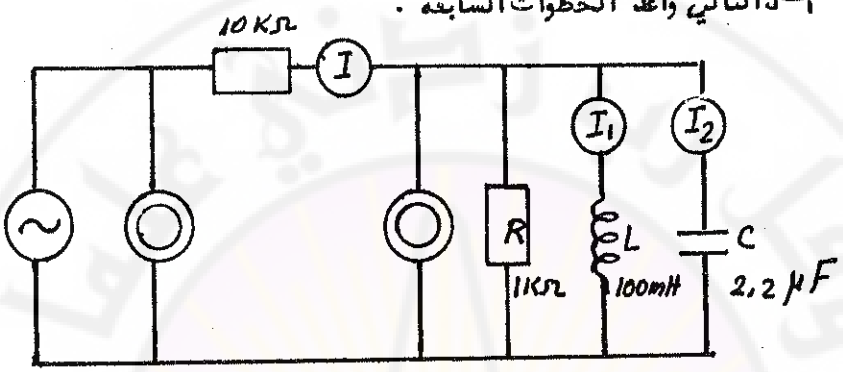
٩ ـ هل هذه الممانعة عظمى ام صغرى عند الطنين ؟ قارنها مع ممانعة الدارة التسلسلية .

١٠ ـ عيّر التردد على / 150 HZ / وغيّر توتر الخرج بحيث يكون التوتر U_L يساوى / 100 mV / من القمة الى القمة ، وقس عند ها U_1 . كرر هذه الخطوة من اجل الترددات المختلفة حتى 1KHZ وسجل ذلك في جدول كالاتي :

التردد (HZ)	U_1 (V)	U_2 (V)	$U_1 - U_2$ (V)	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I (mA)	Z (Ω)
100							
150							
200							
-							
-							
-							
-							
-							
-							
-							
-							
-							
-							
1000							

١١ — ارسم على ورق ميلمترى لوغارتمي تغيرات I و Z بدلالة التردد

١٢ — اربط على التفرع بين A و B مقاومة $R=1K\Omega$ على التفرع كما في الشكل التالي وأعد الخطوات السابقة .



آ — ارسم شكل موجتي التوتر الناتجتين على الاوسلوسكوب

ب — أى من الدارتين القديمة ام الجديدة لها عامل جودة أعلى ؟

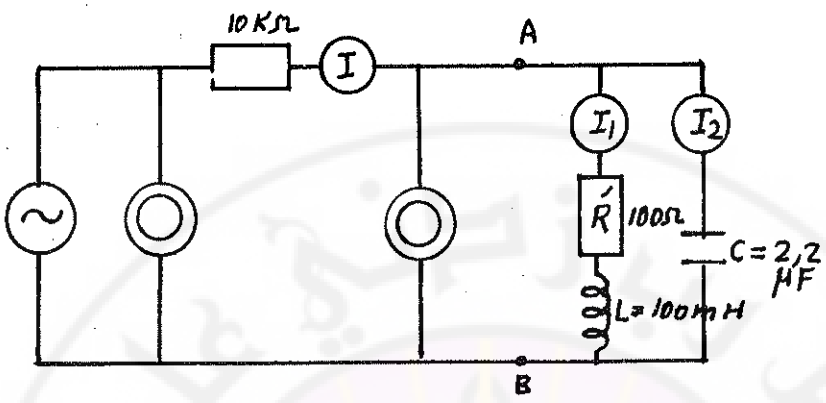
جـ — ما تردد الرنين في الدارة الجديدة هل يختلف عنه عندما كانت في الدارة ؟

د — حدد عرض المجال من المنحنيات التي حصلت عليها لكلا الدارتين ثم احسب عرض المجال من تردد الرنين وعامل الجودة .

١٣ — افصل المقاومة R واربط على التسلسل مع الملف مقاومة $R' = 100\Omega$ / كما في الشكل التالي ، واعد الخطوات السابقة وخذ القراءات عند الترددات من / 100 HZ الى 1KHZ /

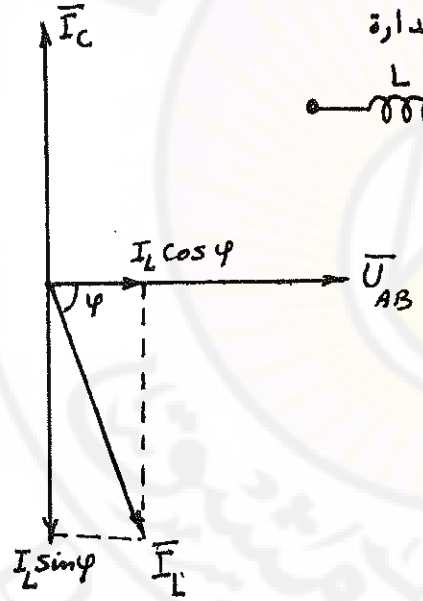
آ — ارسم منحني الممانعة بدلالة التردد واوجد تردد الرنين للدارة

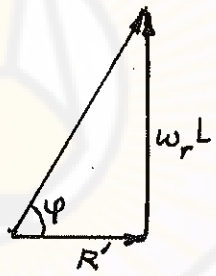
ب — كيف يتغير عامل الجودة Q للدارة ؟



٥ ـ استنتج علاقة تردد الرنين في هذه الحالة

٦ ـ استنتج الممانعة عند الرنين للدارة





$$f_r = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R'^2}{L^2}}$$

$$Z_r = \frac{L}{C R'}$$

Damascus University

التجربـــــة الثالثـــــــة

قياس المكثفات باستعمال الجســـور وقياس الملفـــــات

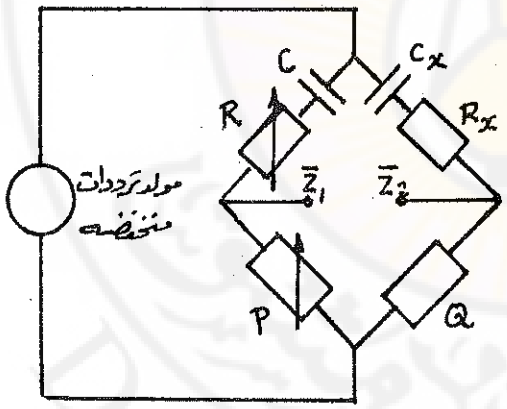
١ ـ قياسات المكثفات باستعمال الجسور :

الهدف من التجربـــة :

قياس سعة مكثفة وزاوية الفقد فيها

المبدأ النظري :

يبين الشكل الجسر المستعمل وقياس سعة مكثفة (C_x) ومقاومة (R_x) عند حالة التوازن



$$\frac{P}{Q} = \frac{\bar{Z}_1}{\bar{Z}_2}$$

$$\bar{Z}_1 = R + \frac{1}{j\omega C}$$

$$\bar{Z}_2 = R_x + \frac{1}{j\omega C_x}$$

$$P\left(R_x + \frac{1}{j\omega C_x}\right) = Q\left(R + \frac{1}{j\omega C}\right)$$

وبمساواة الحدود الحقيقية نجد $R_x = \frac{Q}{P} R$

وبمساواة الحدود التخيلية في الطرفين نجد : $C_x = \frac{P}{Q} C$

التجربـــة :

١ – حقق مخطط التوصيل حسب القيم التالية :

$Q = 100\ \Omega$ مقاومة ثابتة .

$P = 11110\ \Omega$ (علبة مقاومات Max Box)

$R = 1111\ \Omega$ مقاومة ثابتة

$C = 0{,}1\ \mu F$ سعة ثابتة .

٢ – ضع احدى المكثفات المجهولة في مكانها على لوحة التوصيل

٣ – عيّر راسم الاشارة حتى تحصل على موجة جيبية على الشاشة .

٤ – طبق على الدخل اشارة جيبية من مولد الذبذبات ذات سعة عظمى وذات تردد معين ثم ضع خرج الجسر على مدخل الانحراف العمودي لـــراسم الاشـــارة .

٥ – حاول تغيير المقاومات (R) و (P) حتى تحصل على اصغر ســـعة لاشارة الخرج على شاشة راسم الاشارة ، وعندها تكون قد حققت التوازن .

٦ سجل في جدول قيـم كل من العناصر التالية :

واحسب منها قيمة (C_x) و (R_x)

رقم التجربة	Q	P	R	C_x	R_x	δ
1	100					
2	100					
3	100					

(٧) ضع بقية المكثفات التي امامك على لوحة التوصيل الواحدة تلو الاخـــرى وأجـر نفس العمليات وضع نتائجها في الجدول حاسبا زاوية الفقد / δ / لكل مكثف : $tg\,\delta = \frac{R_x}{C_x}$

الاسئلـــــــة :

١ ــ ما هو السبب الذى يجعل من الصعب الحصول على خرج صفرى علـــى الكاشـف (راسم الاشارة)

٢ ــ ما هي الاسباب التي تجعل زاوية الفقد مختلفة باختلاف انواع المكثفات واذكر انواع المكثفات المستعملة وقارن اختلاف زوايا الفقد فيها ٠

٣ ــ ارسم المخطط الشعاعي للجسر في حالة التوازن لكل حالة قياس ٠

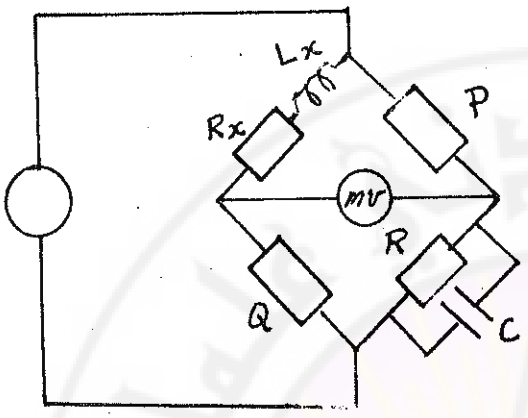
٢ ــ جسر مـاكسـويـل : قياس عامل التحريض الذاتي باستخدام الجسور

الهدف مـن التجربـــة :

استخدام جسر ماكسويل في قياس عامل التحريض الذاتي والمقاومة الماديـة لملف

المبدأ النظـرى :

يبين الشكل الدارة الاساسية لجسر ماكسويل ٠ حتى يكون الجسر فـــي حالة توازن يجب أن يتحقق الشرط :



$$P\,Q = \bar{Z}_1\,\bar{Z}_2$$

حيث

$$\bar{Z}_1 = R_x + j\omega L_x$$

$$\bar{Z}_2 = \frac{R}{1+j\omega CR}$$

$$PQ = (R_x + j\omega L_x)\left(\frac{R}{1+j\omega CR}\right)$$

$$R(R_x + j\omega L_x) = PQ\,(1+j\omega CR)$$

لكي تتحقق هذه العلاقة يجب أن تتساوى القيم الحقيقية والقيم التخيلية مع بعضها في كلا الطرفين .

بمساواة القيم الحقيقية مع بعضها نحصل على :

$$R_x = \frac{P\,Q}{R} \qquad (1)$$

وبمساواة القيم التخيلية نحصل على :

$$L_x = P Q C \qquad (2)$$

المواد اللازمة للتجربة في الحالتين (١) و (٢) :

في كلا جزئي التجربة : - قياس المكثفات باستعمال الجسور وجسر ماكسويل تلزم للتجربة المواد التالية :

١ - [illegible] مع مولد ذبذبات / ١ KHZ /

٢ - علبة مقاومات (١٠٠ Ω - ١١١) عدد (٢)

٣ - مكثف / ٠,٤٧ μF /

٤ - مقاومة / ١٠٠ Ω /

٥ - ثلاثة ملفات مختلفة

٦ - مقياس ميلي فولت أو راسم اشارة

٧ - مقياس اوم جسرى (سيمنس)

طريقة العمل :

١ - حقق مخطط التوصيل المبين بالشكل ، يوضع : Q = 100Ω على علبة مقاومات P , Q

وغذى الجسر باشارة ترددها / 1000 HZ / (من المأخذ في اسفل ويمين مقدمه الجهاز المركب عليه لوحة الجسر)

٢ - بتغيير قيم (P) و (Q) حاول ان تحصل على اصغر جهد على مقياس الميلي فولت الالكتروني وذلك لتحقيق توازن الجسر .

٣ ـ أوجد قيمة عامل التحريض الذاتي للملف (L_x) والمقاومة (R_x) باستعمال العلاقتين (١) و (٢) وضع نتائجك في جدول مماثل للجدول التالي :

	Q	P	R_L	R_x	L_x	R	$Q=\frac{\omega L_x}{R_L}$
1							
2							
3							

٤ ـ قس بواسطة الجسر الذى امامك المقاومة المادية للملف / R_L / واحسب عامل الجودة له عند تردد / 1 KHZ / وذلك من العلاقة :

$$Q = \frac{\omega L}{R_L}$$

٥ ـ كرر العملية السابقة من أجل بقية الملفات الموضوعة امامك .

الاسئلة :

١ ـ ما هي الاسباب التي تؤدى الى اختلاف المقاومة المادية للملف (R_L) عن القيمة المعطاة في التجربة (R_x)

٢ ـ ما هي الاسباب التي تجعل من المتعذر الحصول على خرج صفرى على مقياس الفولت .

٣ ـ هل لعامل جودة الملف المقاس اثر على صحة القياس؟

Damascus University

التجربـــة الرابعـــــــة

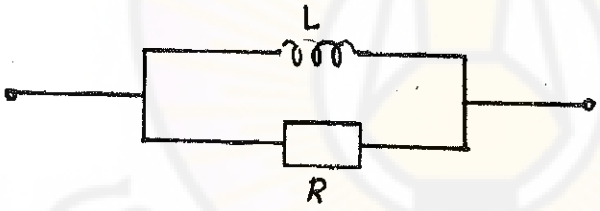
حل الدارات الكهربائية بواسطة المخطط الدائـرى

الهدف من التجربـــــة :

ايجاد الممانعـة والمسايرة المكافئـة للدارات الكهربائيـة باســتخـدام المخطـط الدائـــرى ٠

المبدأ النـظرى :

اذا وجدت دارة تفرعيـة فيها مقاومـــة / R / على التفرع مع ملـــف ذو - تحريض ذاتي / L /



يمكن رسم المحل الهندسي للمسايرة / $\overline{Y}$ / عندما تتغير / L / ومـــن أجـل قيم مختلفة / لـ R / ٠ كما يمكن رسم الحل الهندسي عندما تتغير / R / ومن اجل قيم مختلفة / لـ L / ٠ كذلك اذا استبدلت / L / بمكثـف يمكن رسـم المحل الهندسي لهذه المسايرة اذا تغيرت / C / ومن أجل قيم مختلفة / لـ R /

لدينا : $$\overline{Y} = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} = G - jB$$

١- المحل الهندسي لهذه المسايرة عندما تكون / G / ثابته هو خطوط مستقيمة موجودة في الربع الرابع موازيـة للمحور التخيلي ٠

٢ ــ المحل الهندسي لها عندما / ωL / ثابتة و / R / متغيرة هو خطوط مستقيمة موجودة في الربع الرابع وموازية للمحور الحقيقي ٠

٣ــ المحل الهندسي للممانعة / $\bar{Z} = \frac{1}{\bar{Y}}$ / عندما تتغير / ωL / ومن اجل قيم مختلفة / لـ R / هو مقلوب المحل الهندسي للمسايرة في الحالة (١) فهو انصاف دوائر تقع مراكزها على المحور الحقيقي وتمر من مركز الاحداثيات وموجودة في الربع الأول ٠

٤ــ المحل الهندسي للممانعة / $\bar{Z} = \frac{1}{\bar{Y}}$ / عندما تتغير / R / ومن أجل قيم مختلفة / لـ ωL / هو انصاف دوائر تقع مراكزها على المحور التخيلي وتمر من مركز الاحداثيات وموجودة في الربع الأول ٠

اذا استبدل التحريض / L / بسعة / C / فيصبح لدينا ما يلي :

١ ــ المحل الهندسي للمسايرة / $\bar{Y} = \frac{1}{R} + j\omega C = G + jB$ /

عندما تتغير / ωC / ومن اجل قيم مختلفة / لـ G / هو خطوط مستقيمة موازية للمحور التخيلي وموجودة في الربع الأول

٢ ــ المحل الهندسي للمسايرة / $\bar{Y}$ / عندما تتغير / R / ومن أجل قيم مختلفة / لـ ωC / هو خطوط مستقيمة موازية للمحور الحقيقي وموجودة في الربع الأول ٠

٣ــ المحل الهندسي للممانعة / $\bar{Z} = \frac{1}{\bar{Y}}$ / عندما تتغير / ωC / ومن أجل قيم مختلفة / لـ R / هو مقلوب الحالة الأولى فهو انصاف دوائر تقع مراكزها على المحور الحقيقي وتمر من مركز الاحداثيات وموجودة في الربع الرابع ٠

٤ ـ المحل الهندسي للممانعة / $\bar{Z}=\frac{1}{Y}$ / عندما تتغير / R / ومن اجل قيم مختلفة / لـ ωc / هو مقلوب الحالة الثانية فهو انصاف دوائر تقع مراكزها على المحور التخيلي وتمر من مركز الاحداثيات وموجودة في الربع الرابع ٠

من الخطوات الثمان السابقة يتكون مخطط الدائرة الذي يحتوي على مجموعة من الدوائر التي تقع مراكزها على المحور الحقيقي والتي تمثل قيم ثابته للناقلية في الدارة التفرعية وتسمى بدوائر / G /كما تحتوي على دوائر تقع مراكزها على المحور التخيلي والتي تمثل قيم ثابته للنفاذية / B /في الدارة التفرعية لذلك فقد سميت بدوائر / B /

وبواسطة مخطط الدائرة هذا يمكن ايجاد الدارة التسلسلية المكافئة لدارة تفرعية مكونه من مقاومة ومفاعلة أو العكس كما ويمكننا بواسطة هذا المخطط ايجاد الممانعة أو المسايرة المكافئة لدارة ذات عناصر مختلفة موصلة مع بعضها تسلسليا أو تفرعيا ٠

الشكل التالي يبين الشكل العملي لمخطط الدائرة ٠

الأجهزة والادوات اللازمة :

١ ـ ٣ مقاييس أمبير / $100mA - 1A$ /

٢ ـ ٣ مقاييس فولت / $0 - 100V$ /

٣ ـ ملف ذو تحريض ذاتي متغير ٠

٤ ـ مكثف ذو سعة متغيرة

٥ ـ مقاومة متغيرة ٠

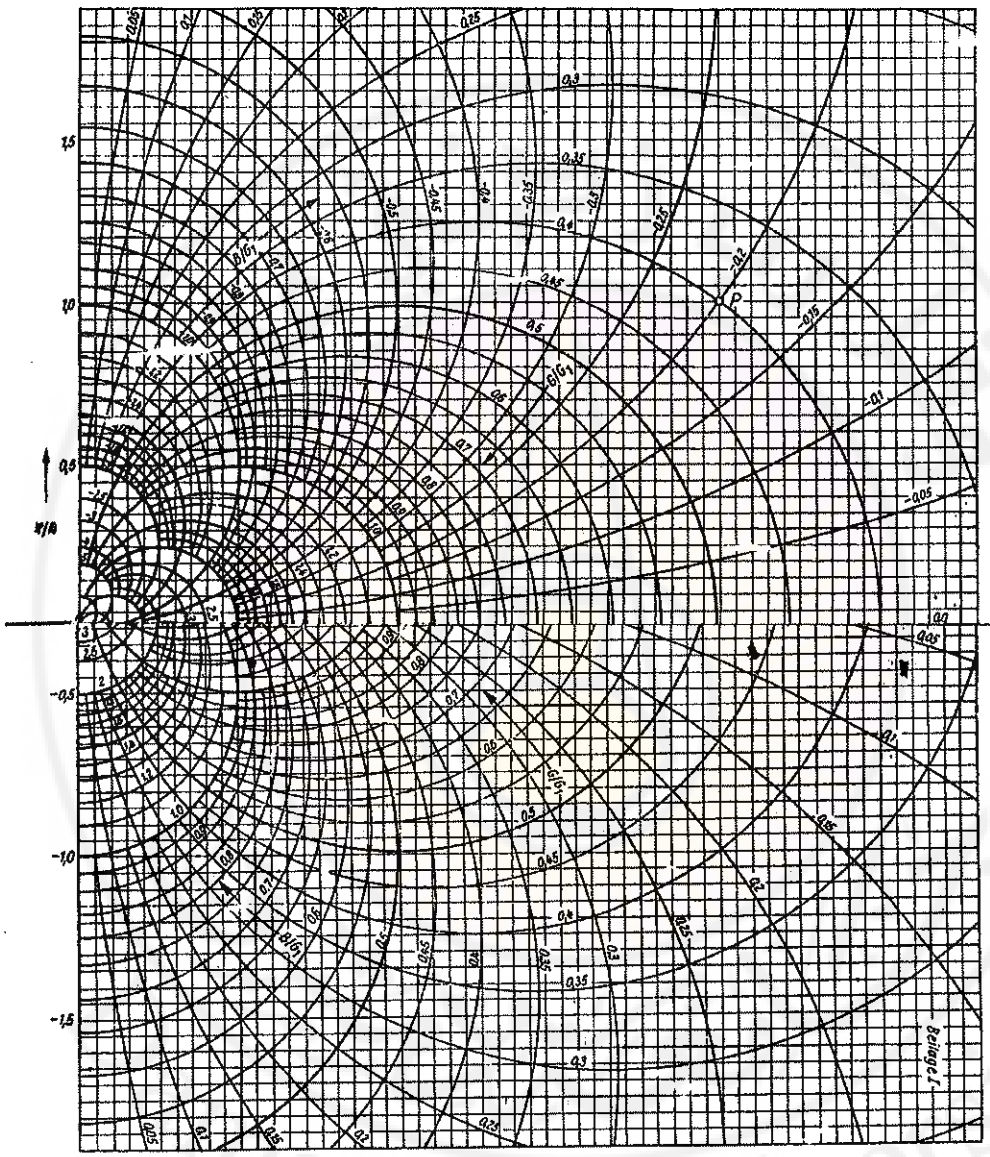
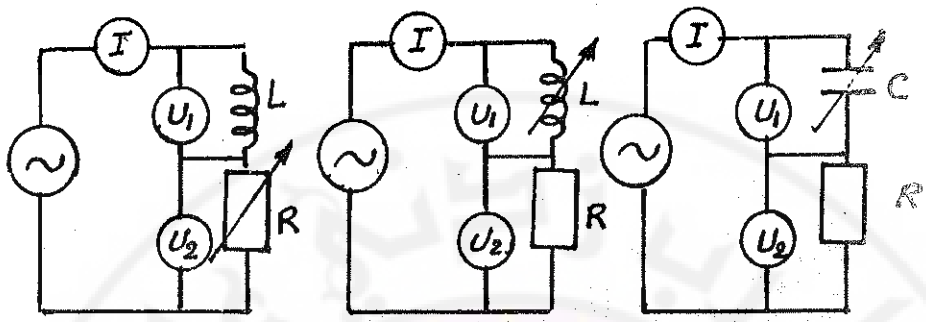


Bild 1.76. Kreisdiagramm $R_1 = 1/G_1$ ist willkürliche Bezugsgröße (Maßstabsfaktor)



آ ب حـ

خطـــوات العـــمل :

١ ـ حقق الدارة المبينـــة في الشكل آ ٠

ثبت قيمة التحريض الذاتي عند قيمة ثابتة / L_1 / ومعلومة وغير / R / من الصفر الى قيمتها العظمى على عدة خطوات ٠ وسجل قراءات التيار ـ والتوتـــرات ٠

٢ ـ غير قيمـــة / L / وثبتها عند قيمة ثابتة / L_2 / و غير / R / كما فـــي السابق وسجل نتائجك في جدول كالآتي :

$L_1 =$, $L_1\omega =$				$L_2 =$, $L_2\omega =$			
U_R	U_L	I	R	U_R	U_L	I	R

٣ ـ ارسم المحـل الهندسي للممانعة / $\bar{Z} = R + j\omega L$ /

٤ ـ ثبت المقاومة عند قيمة ثابتة / R_1 /ومعلومة وغير / L / من قيمتها الصغرى الى العظمى كما في الشكل /ب / على عدة خطوات وفي كل مرة سجـــل قراءات التوترات والتيار

٥ ـ غير قيمة المقاومة وثبتها على قيمة ثابتة اخرى / R_2 / وغير / L / كـما في السابق وسجل نتائجك في جدول كالآتي :

R_1 =				R_2 =			
U_R	U_L	I	L	U_R	U_L	I	L

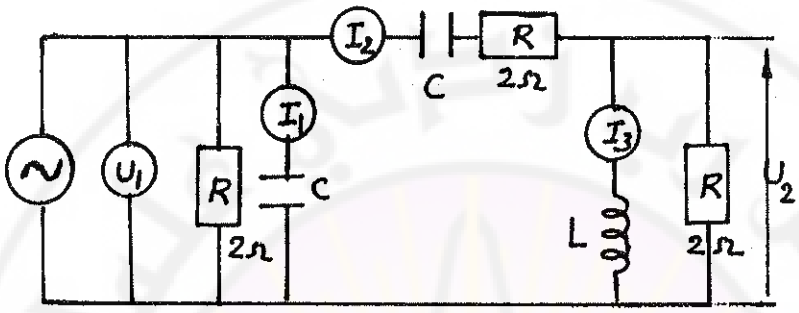
٦ ـ ارسم المحل الهندسي للممانعة /$\bar{Z} = R + j\omega L$/

٧ ـ غير الملف بالمكثف المتغير كما في الشكل /جـ /واجرى خطوات مماثلـــة للخطوات/ ٤ و ٥ / وسجل نتائجك في جدول كالآتي :

R_1 =				R_2 =			
U_C	U_R	I	C	U_C	U_R	I	C

٨ ــ ارسم المحل الهندسي للممانعة / $\overline{Z} = R - \frac{j}{\omega C}$

٩ ــ حقق الدارة المبينة بالشكل التالي :



آ ــ طبق توترا متناوبا على هذه الدارة وسجل قراءات التوترات والتيارات واستنتج عناصر الدارة

ب ــ استنتج الممانعة المكافئة للدارة بواسطة مخطط الدائرة

جـ ــ استنتج الممانعة المكافئة للدارة بواسطة الحساب وقارن النتائج .

ملاحظة : (يترك اختيار قيم كل من / L و C / والتوتر المطبق للمجرب بحيث ينتج قيم قابلة للتطبيق على المخطط الدائرى)

التجربـــة الخامســـــــــة

قياس الاستطاعة في الدارات الأحاديـــة الـطور ٠

الهدف من التجربـــــة :

١ ــ قياس الاستطاعة الفعلية المستهلكة في دارة كهربائية احادية الطـور اما باستعمال مقياس وات أو ثلاث مقاييس امبير ٠ أو ثلاث مقاييـــس فولت وحساب عامل الاستطاعة وايجاد الاستطاعة العظمى المستهلـكة فيها

٢ ــ قياس الاستطاعة الرد فعلية بواسطة مقياس فار ٠

٣ ــ تحسين عامل استطاعة دارة كهربائية باضافة مكثف على التفرع معـها ٠

المبدأ النظرى للتجربـــة :

آ ــ عند وجود دارة كهربائية احادية الطور ممانعتها الكهربائية / $\overline{Z}$ /
يسرى فيها تيار كهربائي متناوب جيبي قيمته الآنيـة

$$i = I\sqrt{2}\ \sin \omega t$$

وذلك عند تطبيق توتر متناوب جيبي على طرفيها قيمته الآنيه

$$u = U\sqrt{2}\ \sin(\omega t + \varphi)$$

وبالتالي فسوف تستهلك استطاعة كهربائية بأشكال مختلفة

١ ــ استطاعة آنية تعطي بالعلاقـة / $p = u \cdot i$ /

٢ ــ استطاعة حقيقية أو فعلية أو متوسطة وهي متوسط الاستطاعـــــة

الآنية التي تستهلكها الدارة خلال دور حسب العلاقة

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T p\,dt = UI\cos\varphi$$ وتقاس بالواط

٣ ـ الاستطاعة الرد فعلية وهي الاستطاعة الكهربائية التي تستهلكها ـ المفاعلة في الدارة

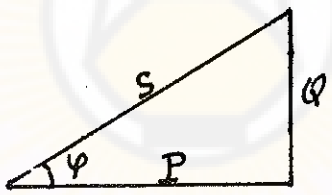
$Q = UI \sin\varphi$ وتقاس بالفولت أمبير رد فعلي .

٤ ـ الاستطاعة الظاهرية / S / وتقاس بالفولت أمبير .

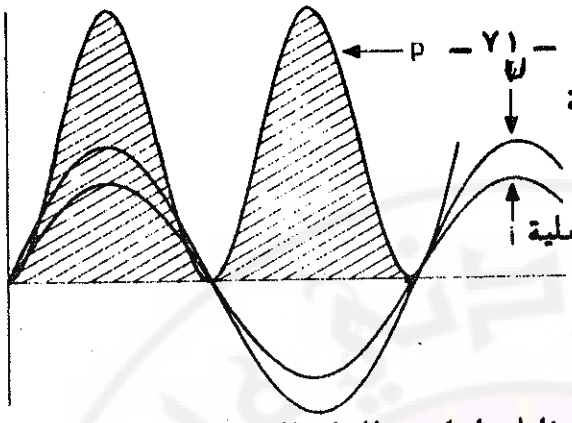
$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

ويعبر عن هذه الاستطاعة بمثلث الاستطاعة كما في الشكل

نسمي / $\cos\varphi$ / عامل الاستطاعة في الدارة



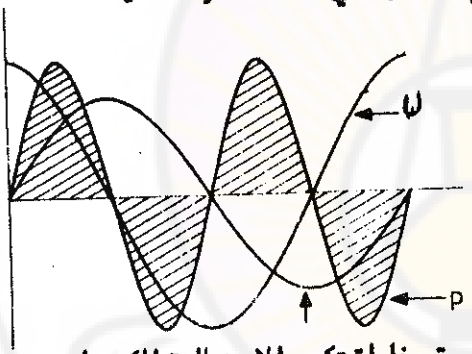
ب ـ وتختلف الاستطاعة الفعلية المستهلكة في الدارة حسب مفاعلة الدارة ـ فاذا كانت مفاعلة الدارة معدومة اي لا تحتوى الا على مقاومة كهربائية فقط يكون التيار والتوتر متفقين بالطور والاستطاعة المستهلكة في الدارة استطاعة فعلية اعظمية / $P = UI$ / كما يوضح ذلك الشكل التالي :



ـ الاستطاعة الكهربائية الفعلية اعظمـــــية

ـ الاستطاعة الكهربائية الرد فعلية معـــــدومـــة

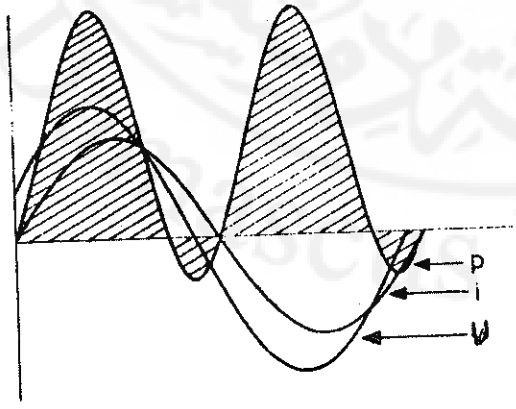
واذا كانت ممانعة الدارة تساوى مفاعلتها يكـون التيار والتوتر مزاحين عـــن بعضهما بالطور بزاوية/ $\frac{\pi}{2}$ / ٠ والاستطاعة الكهربائية الفعلية معدومـــة اما الاستطاعة الكهربائية المستهلكة في الدارة هي استطاعة رد فعلية فقط.



ـ الاستطاعة الكهربائية الفعلية معدومـــــة

ـ الاستطاعة الكهربائية الرد فعلية اعظميـــــة

وعند ماتحتوى ممانعة الدارة على مقاومة ومفاعلة تكون الاستطاعة الكهربائية الفعلية الرد فعلية في الدارة على الشكل التالي :



ـ الاستطاعة الكهربائية الفعلية

$P = UI\cos\varphi$

ـ الاستطاعة الكهربائية الرد فعلية

$Q = UI\sin\varphi$

جـ - اذا احتوت الدارة الأحادية الطور على مولد ذو ممانعة داخلية / $\overline{Z}_o$ / وحمل بممانعة / $\overline{Z}_\ell$ /فاذا كانت / $\overline{Z}_\ell$ / قابلة للتغيير فان الاستطاعة الفعلية / P_ℓ / المغذاة الى الحمولة تتغير بتغير ممانعة الحمولة وتبلغ القيمة العظمى للاستطاعة في الحالات التالية :

$$\overline{Z}_o = R_o + j X_o \,, \quad \overline{Z}_\ell = R_\ell + j X_\ell$$

١ - فاذا كانت / X_ℓ / متغيرة تكون الاستطاعة الفعلية المستهلكة في الدارة الكهربائية اعظمية عند ما / $X_\ell = - X_o$ /

٢ - واذا كانت / R_ℓ / متغيرة تكون الاستطاعة الفعلية المستهلكة في الدارة الكهربائية اعظمية عند ما

$$R_\ell = \sqrt{R_o^2 + (X_\ell - X_o)^2}$$

٣ - واذا تغيرت كل من / R_ℓ و X_ℓ / بشكل مستقل فتكون الاستطاعة الفعلية المستهلكة في الدارة الكهربائية اعظمية عند ما

$$R_\ell = R_o \quad , \quad X_\ell = - X_o$$

٤ - اذا تغيرت قيمة الممانعة / Z_ℓ / وبقيت زاوية طورها / φ_ℓ / ثابتة فتكون الاستطاعة الفعلية المستهلكة في الدارة الكهربائية اعظمية عند ما / $Z_\ell = Z_o$ /

نسمي عملية اختيار قيمة ممانعة الحمولة بتوافق الممانعة . وتعتبر عملية توافق الممانعات مهمة جدا في دارات الاتصالات الكهربائية .

د ـ اذا كان عامل الاستطاعة صغيرا في الدارة يمكن تحسينه باضافة مفاعلة على التسلسل أو على التفرع مع الدارة بحيث تعاكس هذه المفاعلة مفاعلة الدارة. فاذا كانت ممانعة الدارة ذات مفاعلة تحريضية يضاف على التسلسل أو على التفرع مع الممانعة مكثف لتحسين عامل الاستطاعة بحيث تكون الاستطاعة الرد فعلية عند الحمل تساوى الاستطاعة الرد فعلية للمكثف المضاف.

وعند اضافة مكثف على التفرع تكون سعته

$$C_p = \frac{P \operatorname{tg} \varphi}{\omega U^2}$$

وعند اضافة مكثف على التسلسل تكون سعته

$$C_s = \frac{P}{U^2 \omega \sin\varphi \cos\varphi}$$

الاجهزة والادوات اللازمة للتجربة :

١ ـ ثلاث مقاييس فولت / ٠ - 220 v /

٢ ـ ثلاث مقاييس أمبير / ٠ - 5 A /

٣ ـ مقياس وات

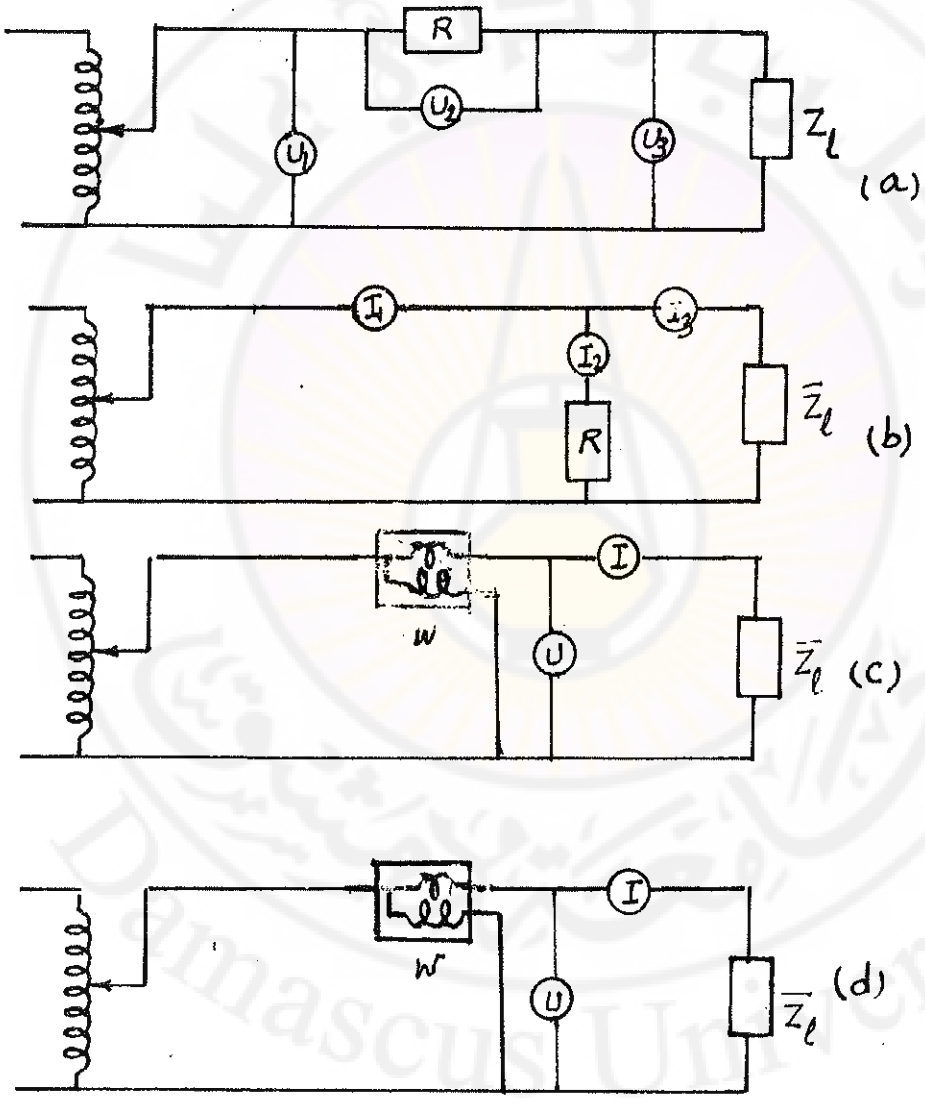
٤ ـ مقياس فار

٥ ـ مقاومات / 100Ω ، 50Ω /

٦ ـ ممانعة حمل متغيرة مكونه من مقاومات متغيرة (لمبات) + ملفات

٧ ـ مكثفات ذات سعة / 10μF, 5μF, 2μF, 1μF /

مخططات التوصيل :



خطـوات العمـــل :

آ ـ المرحلة الأولـى : قياس الاستطاعة الفعلية بواسطة ثلاثة مقاييس فولت :

١ ـ حقق مخطط التوصيل المبين بالشكل (a) مستخدما مقاومة معلومة ـ ($R = 50\,\Omega$) وثلاثة مقاييس فولت .

٢ ـ طبق توترا متناوبا احادي الطور على الدارة وذلك على شكل خطوات متزايدة وقس في كل مرة التوترات (U_1 ، U_2 ، U_3) واستنتج قيمة الاستطاعة الفعلية المصروفية في الحمل / Z_ℓ /

٣ ـ غير قيمة المقاومة / R / من ($R = 50\,\Omega$) الى ($R = 100\,\Omega$) واعد الخطوات السابقة وقارن النتائج وناقشها .

ب ـ المرحلة الثانية : قياس الاستطاعة الفعلية بواسطة ثلاثة مقاييس أمبير :

١ ـ حقق مخطط التوصيل المبين في الشكل (b) مستخدما الحمل السابق نفسه ومقاومة معلومة مقدارها ($R = 50\Omega$) وثلاثة مقاييس أمبير .

٢ ـ طبق على الدارة توترا متناوبا احادي الطور متزايدا بشكل تدريجي وقس قيم التيارات التي تسجلها مقاييس الامبير / I_1 ، I_2 ، I_3 / واستنتج قيمة الاستطاعة الفعلية المستهلكة في الحمل / Z_ℓ / في كل مرّة .

٣ ـ غير المقاومة (R الى $100\,\Omega$) واستنتج قيمة الاستطاعة الفعلية المصروفة في كل مرة وقارن النتائج التي حصلت عليها في المرحلة

الاولى وناقشها .

جـ - المرحلة الثالثة : قياس الاستطاعة الفعلية بواسطة مقياس الوات :

١ - حقق مخطط التوصيل المبين في الشكل (C) مستخدما حملا مكونا من مقاومة مقدارها لمبة / R_ℓ / وطبق توترا احادي الطور متزايدا حتى الاستطاعة والتوتر والتيار .

٢ - احسب الاستطاعة المصروفة في المقاومة وذلك من قراءة قيمتي التوتر والتيار وقارن النتائج مع قراءات مقياس الوات .

٣ - صل على التسلسل مع المحول الذاتي مقاومة مقدارها ($R_S = 50\Omega$) نسميها مقاومة المنبع ولتكن مقاومة الحمل المستخدم متغيرة من الصفر حتى (R_ℓ)قس قراءات مقاييس التوتر والتيار والوات عند ما تتغير / R_ℓ / واحسب في كل مرة الاستطاعة المصروفة في الحمل مع النسبة بين مقاومة الحمل ومقاومة المنبع واستنتج القيمة العظمى لها .

٤ - صل بدلا عن الحمل المقاوم ملفاً تحريضيا وقس قيمة الاستطاعة والتوتر والتيار وذلك على خطوات .

٥ - قس عامل التحريض الذاتي للملف المستخدم باحدى الطرق المعروفة سابقا (جسر ماكسويل) وقس قراءات التوتر والتيار والوات واحسب ممانعة الملف ، والاستطاعة الفعلية المصروفة فيه وقارنها مع قراءة مقياس الوات واستنتج عامل الاستطاعة والاستطاعة الرد فعلية والظاهرية .

٦ — صل على التسلسل مع الملف السابق مقاومة مقدارها ($R_S = 50\Omega$)

وخذ قراءات مقياس الوات والفولت والامبير ، واحسب قيمة الاستطاعة المصروفة في الدارة من قراءة مقاييس التوتر والتيار وقيمة المقاومة الاومية للملف ، وقارنها مع قراءة مقياس الوات .

٧ — ارسم مثلث الاستطاعة لكل حالة من الحالات السابقة .

٨ — حقق مخطط التوصيل (d) واعد الخطوات الواردة في ٦ و ٧ ، ماذا تستنتج ؟

٩ — ضع بدلا عن الملف السابق مكثف ذو سعة معروفة ، واعد نفس الخطوات السابقة وناقش النتائج .

د — المرحلة الرابعة : قياس الاستطاعة الرد فعلية المستهلكة في الدارة :

— صل مقياس الغاز بدلا من مقياس الوات وقس الاستطاعة الرد فعلية المستهلكة في الدارة في كل من الحالات التالية :

١ — الدارة تحوى على مقاومة فقط $\bar{Z}_\ell = R$

٢ — الدارة تحوى على مفاعلة تحريضية فقط $\bar{Z}_\ell = jX_\ell$

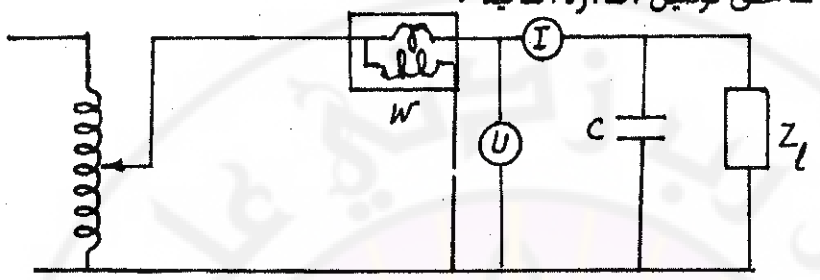
٣ — الدارة تحوى على مفاعلة سعوية فقط $Z_\ell = jX_C$

٤ — الدارة تحوى على ممانعة ذات مفاعلة تحريضية $\bar{Z}_\ell = R + jX_L$

٥ — = = = = = = سعوية $Z_\ell = R + jX_C$

هـ ـ المرحلة الخامسة : تحسين عامل الاستطاعة :

١ ـ حقق توصيل الدارة التالية :



٢ ـ ثبت قيمة الممانعة / Z_l / وقبل وصل المكثف قس الاستطاعة الكهربائية الفعلية المستهلكة في الدارة .

٣ ـ احسب سعة المكثف اللازم وصلها على التفرع مع الممانعة ليصبح عامل الاستطاعة / g, o / ثم اوصل على التفرع هذا المكثف وقس الاستطاعة الكهربائية الفعلية المستهلكة هل توافق هذه الاستطاعة ما حصلت عليه في الحساب .

٤ ـ احسب سعة المكثف اللازم وصلها على التفرع ليصبح عامل الاستطاعة 1

٥ ـ ما هي سعة المكثفات السابقة اذا وصلت على التسلسل مع الممانعة ؟

Damascus University

التجـــربة الســـادســـة

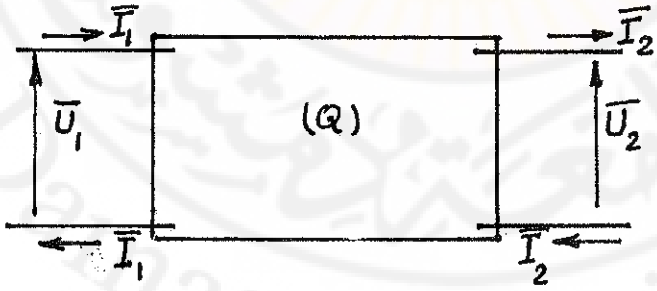
رباعيات الأقطاب الخطيـة المطاوعـة ـ المرشـــحات

الهدف من التجـربة :

دراسة رباعي الاقطاب وايجاد عناصر ماتريس النقل والممانعات والمسايـرات له وتطبيق هذه الدراسة على المرشحات ذات التمرير المنخفض والعالي ٠

المبـدأ النـظرى :

رباعي الاقطاب الخطي المطاوع هو جزء من شبكة كهربائية مكونه مـــن مجموعة عناصر كهربائية خالية من أي مولد كهربائي ولا توجد بينها وبـــين الدارات الكهربائية الخارجية أية صلة كهربائية أو مغناطيسية ٠ الا عـــن طريق التيارات المؤدية الى الأقطاب الأربعة علما أن هذه التيارات متساوية مثنى مثنى ومتعاكسه بالاتجاه ٠ كما في الشكل :



آ ـ يعبر عن رباعي الاقطاب بواسطة معادلاته التي يمكن أن تكون باشكال ـ خمس مختلفة وهـــي ٠

١ — معادلات رباعي الأقطاب بالممانعات :

وتعبر عن توترات الدخل والخرج في رباعي الأقطاب بدلالة تيارات الدخل والخرج وتكتب على شكل معادلة ماتريسية كما يلي :

$$\begin{bmatrix} \overline{U}_1 \\ \overline{U}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{Z}_{11} & \overline{Z}_{12} \\ \overline{Z}_{21} & \overline{Z}_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \overline{I}_1 \\ \overline{I}_2 \end{bmatrix}$$

وتسمى / $\overline{Z}_{11}$ و $\overline{Z}_{12}$ و $\overline{Z}_{21}$ و $\overline{Z}_{22}$ / عناصر ماتريس الممانعة / $[\overline{Z}]$ / لرباعي الاقطاب .

٢ — معادلات رباعي الأقطاب بالمسايرات :

وتعبر عن تيارات الدخل والخرج في رباعي الأقطاب بدلالة توترات الدخل والخرج وتكتب على شكل معادلة ماتريسية كما يلي :

$$\begin{bmatrix} \overline{I}_1 \\ \overline{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{Y}_{11} & \overline{Y}_{12} \\ \overline{Y}_{21} & \overline{Y}_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \overline{U}_1 \\ \overline{U}_2 \end{bmatrix}$$

نسمي / $\overline{Y}_{11}$ و $\overline{Y}_{12}$ و $\overline{Y}_{21}$ و $\overline{Y}_{22}$ / عناصر ماتريس المسايرات / $[\overline{Y}]$ / لرباعي الأقطاب .

٣ — معادلات النقل لرباعي الأقطاب :

وتعبر هذه المعادلات عن توتر الدخل وتيار الدخل في رباعي الاقطاب بدلالة توتر وتيار الخرج وتكتب على شكل معادلة ماتريسية كما يلي :

$$\begin{bmatrix} \overline{U}_1 \\ \overline{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{A} & \overline{B} \\ \overline{C} & \overline{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \overline{U}_2 \\ \overline{I}_2 \end{bmatrix}$$

ونسمي / $\overline{A}$ و $\overline{B}$ و $\overline{C}$ و $\overline{D}$ / عناصر ماتريس النقل / $[\overline{T}]$ / لرباعـــــي الأقطـاب

٤ ـ المعادلات الهجينة لرباعي الاقطاب :

وتعبر هذه المعادلات عن توتر الدخل وتيار الخرج بدلالة تيار الدخـل وتوتر الخرج وتكتب هذه المعادلات على شكل معادلة ماتريسية كما يلي :

$$\begin{bmatrix} \overline{U}_1 \\ \overline{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{H}_{11} & \overline{H}_{12} \\ \overline{H}_{21} & \overline{H}_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \overline{I}_1 \\ \overline{U}_2 \end{bmatrix}$$

ونسمي / $\overline{H}_{11}$ و $\overline{H}_{12}$ و $\overline{H}_{21}$ و $\overline{H}_{22}$ / عناصر الماتريس الهجينه (المختلـط) / $[\overline{H}]$ / لرباعي الأقطـاب .

ويمكن تجريبيا تحديد عناصر ماتريس الممانعات أو عناصر ماتريس المسايرات أو عناصر ماتريس النقل أو عناصر الماتريس المختلط وعند ايجاد عناصر أي من هذه الماتريسات يمكن ايجاد عناصر الماتريسات الباقيـة .

ب ـ يتحقق في رباعي الأقطـاب.

$$\overline{Z}_{12} = -\overline{Z}_{21}$$

$$\overline{Y}_{12} = -\overline{Y}_{21}$$

$$[\overline{Z}] = [\overline{Y}]^{-1}$$

$$[\overline{z}][\overline{y}] = 1$$

$$\Delta\overline{T} = \overline{A}\,\overline{D} - \overline{B}\,\overline{C} = 1$$

جـ - ممانعة دخل رباعي الأقطاب عندما يكون خرجه محمل بممانعة / $\bar{Z}$ /

$$\bar{Z}_{1e} = \frac{\bar{A}\bar{Z} + \bar{B}}{\bar{C}\bar{Z} + \bar{D}}$$

- ممانعة خرج رباعي الأقطاب عندما يكون دخله محمل بممانعة / Z /.

$$\bar{Z}_{2s} = \frac{\bar{D}\bar{Z} + \bar{B}}{\bar{C}\bar{Z} + \bar{A}}$$

- ممانعة دخل رباعي الأقطاب عندما يكون دخله محمل بممانعة / /

- ممانعة دخل رباعي الأقطاب عندما يكون خرجه مفتوح / $\bar{Z}_{1o}$ /

- ممانعة دخول رباعي الأقطاب عندما يكون خرجه مقصور / $\bar{Z}_{1sc}$ /

- ممانعة خرج رباعي الأقطاب عندما يكون دخله مفتوح / $\bar{Z}_{2o}$ /

- ممانعة خرج رباعي الأقطاب عندما يكون دخله مقصور / $\bar{Z}_{2sc}$ /

- الممانعة المميزه لرباعي الاقطاب .

$$\bar{Z}_c = \frac{\bar{A} - \bar{D} \mp \sqrt{(\bar{A}-\bar{D})^2 + 4\bar{B}\bar{C}}}{2\bar{C}}$$

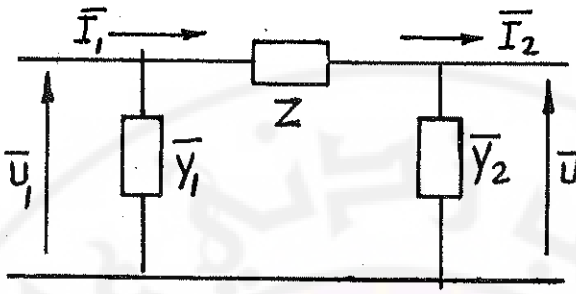
وعندما يكون رباعي الأقطاب متناظرا

$$Z_c = \sqrt{\frac{\bar{B}}{\bar{C}}} = \sqrt{Z_{2o} \cdot Z_{1sc}}$$

د - الدارات المكافئة لرباعي الأقطاب

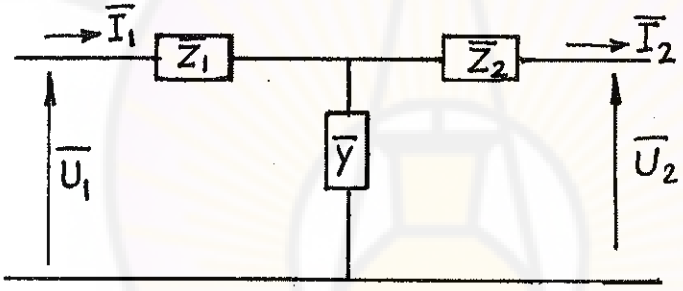
- الدارة المكافئة لرباعي الأقطاب على شكل / ٣٢ / كما في

الشكل التالـــي :



ـالدارة المكافئـة لرباعي الأقطاب على شـكل / ٣ / كما فـــي

الشكل التالـــي :



ويمكـن استنتاج ماتريسات الممانعات والمسايرات والنقل والهجينـــه بتطبيق قانوني كيرشوف على هذه الدارات ..

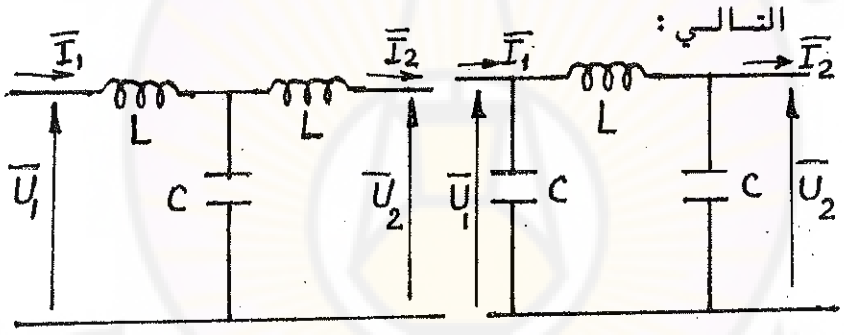
هـ ـ باستخدام الدارات المكافئة لرباعي الأقطاب يمكن دراسة المرشـــحات غـير الفعالـة .والمرشح هو رباعي أقطاب على شكل / ٣ / أو علـــى شكل / ٣ /فيه/ $\overline{Z_1}$ و $\overline{Z_2}$ و $\overline{Y_1}$ و $\overline{Y_2}$ / لها قـيم خاصـــة بحيث تمرر مدا معينا من الترددات وتضعف نوعا آخـر وبالتالي فـــان للمرشح حزمه من الترددات يمررها وهي الحزمه التي يكون فيها التضعيف ه

معدوما وتسمى حزمه التمرير • والتردد الذى يفصل بين حزمة التمريـــر وحزمة التضعيف يسمى تردد القطع / ω_c /

يراعى أن تكون نسبة التوترين / $\frac{U_1}{U_2}$ / مساوية للواحد في مجال حزمـــة التمرير الترددات وتكون صغيرة خارج حزمه التمرير الترددات •

وابسط انواع المرشحات هي تلك التي تمرر حزمة من الترددات وتضـــعف اخرى والتي سندرسها عمليا •

١ — مرشح التمرير المنخفض/ Law pass filter / كما في الشكل التـالـي :



مرشح تمرير منخفض على شكل / π / مرشح تمرير منخفض على شكل/ T / يسمى العنصر / $\bar{A}$ / في ماتريس النقل بتابع النقل في المرشـــح ويعطى بالعلاقة التالية بالنسبة للمرشح على شكل / T /

$$\bar{A} = ch\,\gamma = 1 + \bar{Z}_1 \bar{Y} = 1 - \omega^2 LC$$

حيث : $\gamma = \alpha + j\beta$

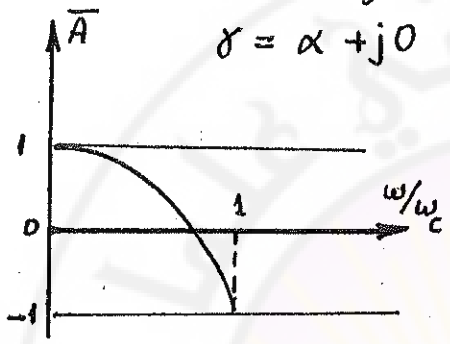
تسمي / γ / ثابت الانتشار (تابع الانتشار)

α ثابت التضعيف (تابع التضعيف)

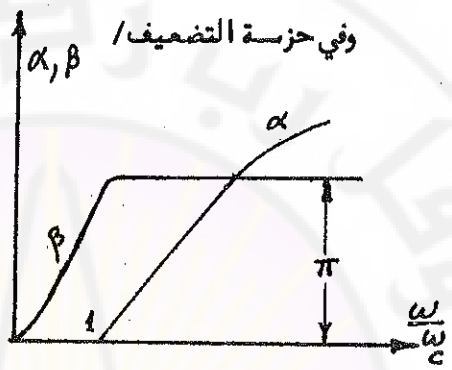
β ثابت الطور (تابع الطـور)

ففي حزمة التمرير / $\gamma = 0 + j\beta$

وفي حزسة التضعيف/ $\gamma = \alpha + j0$



تغيرات / $\overline{A}$ / بدلالة التردد



تغيرات/ α / و β / بدلالة التردد

يعطى تردد القطع بالعلاقة

$$\omega_c = \sqrt{\frac{2}{LC}}$$

والممانعة المميزة لهذا الموشح على شكل / T /

$$Z_c = \sqrt{\frac{2L}{C}\left(1 - \frac{\omega}{\omega_c}\right)}$$

وهي حقيقية في مجال تمرير الترددات وتخيله في مجال التضعـيف

٢ ـ مرشـح التمرير العالي : High passfilter

يبين الشكل مرشحات التمرير العالي على شكل / T / و / π /

مرشح تمرير عالي على شكل / T / مرشح تمرير عالي على شكل / π /

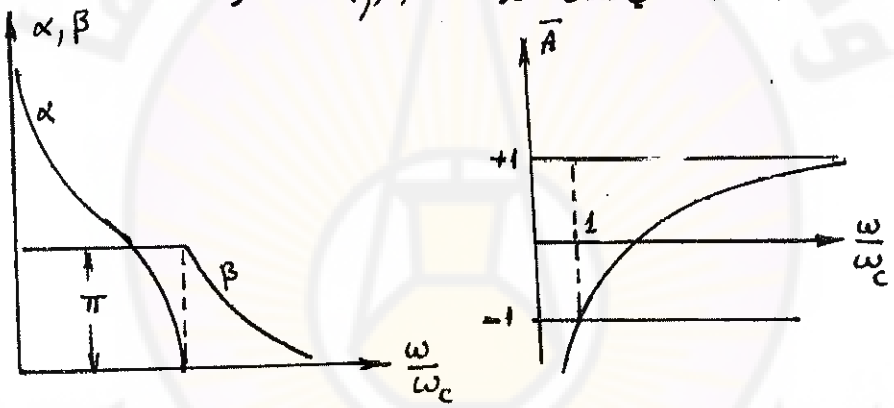
لدينا تابع النقل في هذا المرشح بالنسبة للشكل / T /

$$\bar{A} = 1 - \frac{1}{\omega^2 LC}$$

وتردد القطع في تلك الحالة

$$\omega_c = \frac{1}{\sqrt{2LC}} \quad , \quad \bar{A} = 1 - 2\left(\frac{\omega_c}{\omega}\right)^2$$

والشكل التالي يبين تغيرات $\bar{A}, \alpha, \beta$ بدلالة التردد



والممانعة المميزة

$$Z_c = \sqrt{\frac{2L}{C}\left(\frac{\omega_c}{\omega}\right)^2}$$

ولهذه الممانعة قيمة حقيقية عندما / $\omega > \omega_c$ / وقيمة تخيلية عندما / $\omega < \omega_c$ /

الأجهزة والادوات اللازمة :

١ ــ مولد ترددات منخفض ــ عالي .

٢ ــ محول احادي الطور ــ لاستعماله كرباعي اقطاب .

٣ ـ مقياسي فولت / 0 - 100V

٤ ـ مقياسي أمبير / 0 - 0,5A

٥ ـ ملفات كل منها ذو عامل تحريض ذاتي / 150mH

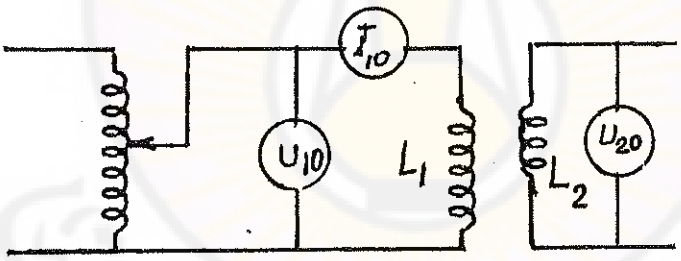
٦ ـ مكثفات كل منهما ذو سعة / 0,2 μF

٧ ـ مقاومة متغيرة من الصفر حتى / 2 KΩ

خطوات العمل :

آ ـ ايجاد عناصر ماتريسات الممانعات والمسايرات والنقل والهجين لرباعي الأقطاب

١ ـ حقق الدارة المبينة بالشكل / a /



(a)

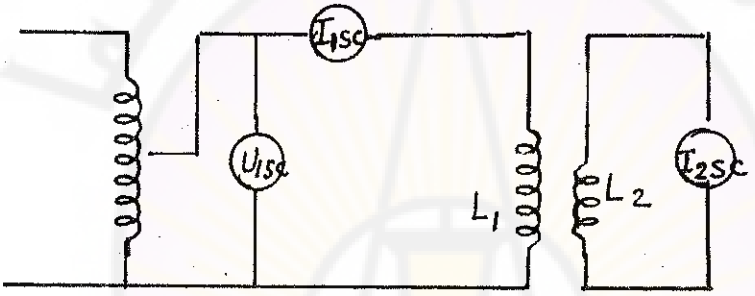
٢ ـ طبق توتر متناوب على الملف الأولي (وذلك على عدة خطوات) / L_1 / للمحول وسجل قراءات التوترات / $\bar{U}_{10}$ ، $\bar{U}_{20}$ ، $\bar{I}_{10}$ / .

٣ ـ احسب ممانعة دخل رباعي الأقطاب ومخرجه مفتوح / $\bar{Z}_{10} = \bar{Z}_{11}$ / عند كل قراءة واستنتج القيمة الوسطية لهذه الممانعة .

٤ ــ احسب الممانعة الخلفية المنقولة من الثانوى الى الأولي

$$\overline{Z}_{21} = \overline{U}_{20} / \overline{I}_{10}$$

٥ ــ حقق الدارة المبينة بالشكل ، b / وطبق على الملف الأولي توترا وعلى عدة خطوات واقصر الملف الثانوى للمحول وسجل في كل مرة قراءات التوتر / $\overline{U}_{1sc}$ / والتيارات / $\overline{I}_{1sc}$ و $\overline{I}_{2sc}$ /

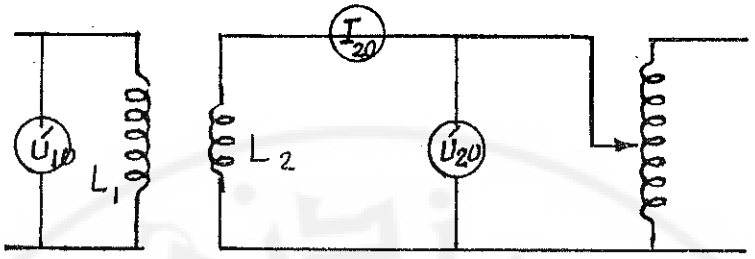


٦ ــ احسب ممانعة دخل رباعي الأقطاب وخرجه مقصورا / $\overline{Z}_{1sc}$ / عند كل قراءة واستنتج القيمة الوسطية لهذه الممانعة واستنتج المسايرة الأولية لرباعي الأقطاب/ $\overline{Y}_{11}$ /

٧ ــ احسب المسايرة الخلفية المنقولة من الثانوى الى الأول

$$\overline{Y}_{21} = \frac{\overline{I}_{2sc}}{\overline{U}_{1sc}}$$

٨ ــ حقق الدارة المبينة بالشكل التالي بحيث تتم التغذية للملف الثانوى للمحول ويبقى الملف الأول مفتوحا .



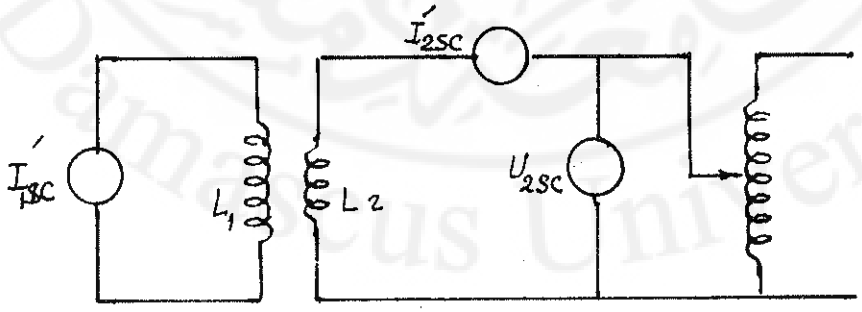
٩ ــ غذى الملف الثانوى بتوتر متناوب على عدة خطوات وسجل في كل مرة التوترات / $\bar{U}'_{20}$ و $\bar{U}'_{10}$ والتيار / $\bar{I}_{20}$

١٠ــ احسب الممانعة الثانوية والمدخل مفتوح / / عند كل قراءة واستنتج القيمة الوسطية لهذه الممانعة

١١ــ احسب الممانعة الخلفية المنقولة من الأولي الى الثانوى

$$\bar{Z}_{12} = \frac{\bar{U}'_{10}}{\bar{I}_{20}}$$

١٢ ــ حقق الدارة المبينة بالشكل التالي بحيث تتم تغذية الملف الثانوى للمحول ويكون الملف الاولي في دارة قصيرة



١٣ ـ غذى الملف الثانوى للمحول زملفه الأولي مقصور بتوتر متناوب وعلـــى عدة خطوات وفي كل مـــرة سجل التوتر / $\overline{U}_{2sc}$ / والتيارات / I'_{1sc}, I'_{2sc} /

١٤ ـ احسب الممانعة الثانوية والمدخل مقصور / $\overline{Z}_{2sc}$ / من أجل كـــل قراءة واحسب القيمة الوسطية لهذه الممانعـــة واستنتج المسايرة الثانوية لرباعي الأقطاب / $\overline{Y}_{22}$ /

١٥ ـ احسب المسايرة الخلفية المنقولة من الأولي الي الثانوى

$$\overline{Y}_{12} = \frac{I'_{1sc}}{U_{2sc}}$$

١٦ ـ من التجارب الأربعة السابقة اكتب ماتريس الممانعات وماتريس المسايـــرات واستنتج ماتريس النقل والماتريس المختلط حـــيث :

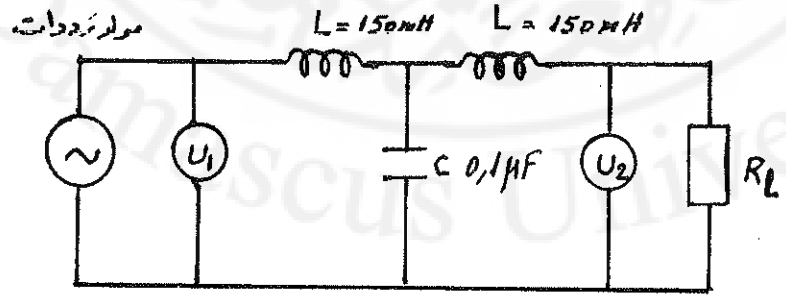
$$\overline{Z}_{2sc} = \frac{\overline{B}}{\overline{A}} \quad , \quad \overline{Z}_{1sc} = \frac{\overline{B}}{\overline{D}} \quad , \quad \overline{Z}_{20} = \frac{\overline{D}}{\overline{C}} \quad , \quad \overline{Z}_{10} = \frac{\overline{A}}{\overline{C}}$$

كذلك :

$$Z_c^2 = \overline{Z}_{20} \cdot \overline{Z}_{1sc} = \frac{B}{C}$$

ب ـ مرشحات التمرير المنخفض / Law Pass filters /

١ ـ حقق الدارة المبينة بالشكل التالي :



٢ـ طبق على مدخل المرشح على شكل / T / اشارة مطالها / 5V / من مولد الترددات وغير ترددها على خطوات محافظا على المطـــال ثابت وسجل قراءات التوترات / $\overline{U_1}$ و $\overline{U_2}$ والتردد f وذلك مـــن اجل قيـــم مختلفة لـ R_ℓ

٣ـ احسب قيمة المقاومة / R_ℓ / الواجب ربطها عند الخرج ليصبح المرشح محملا بممانعته المميزه وسجل عندها النتائج في جدول كالآتي :

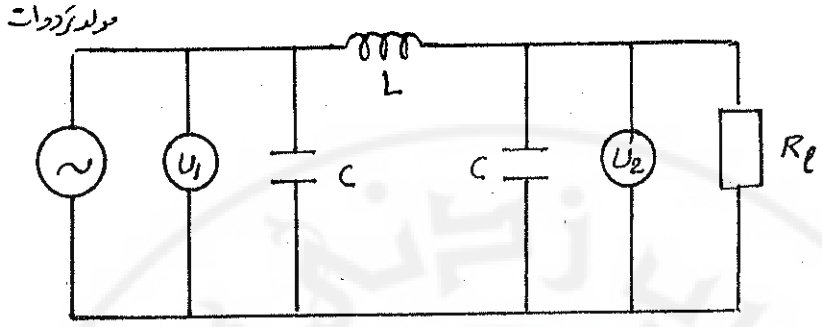
التردد (HZ)	Log f	U_1 (V)	U_2 (V)	$G = \frac{U_1}{U_2}$
100				
200				
400				
800				
1600				
3200				
6400				

٤ـ احسب تردد القطع لهذا المرشح

٥ ـ احسب عناصر ماتريس النقل لهذا المرشح واكتبه

٦ـ ارسم المنحني الذي يمثل تغيرات تابع التقل / $\overline{A}$ /بدلالة التردد ـ واستنتج منه تردد القطع . وقارنه مع تردد القطع المحسوب ماذا تستنتج؟

٧ ـ حقـق الدارة المبينة بالشكل التالي :



٨ ـ طبق على مدخل هذا المرشح على شكل / T / لتمرير الترددات المنخفضة اشارة مطالها ثابت / 5 V / من مولد الترددات وغير ترددها على خطوات محافظا على المطال ثابت وسجل قراءات التوترات والتردد / f / وذلك من اجل قيم مختلفة لـ R_ℓ

R_ℓ = 1 KΩ , 1,5 KΩ, 3KΩ

٩ ـ احسب قيمة المقاومة / R_ℓ / الواجب ربطها عند الخرج ليصبح المرشح محملا بممانعته المميزه وسجل عندها النتائج في جدول ـ كالآتي :

التردد f	Log f	U_1	U_2	$G = \frac{U_1}{U_2}$
100				
200				
400				
800				
1600				
3200				

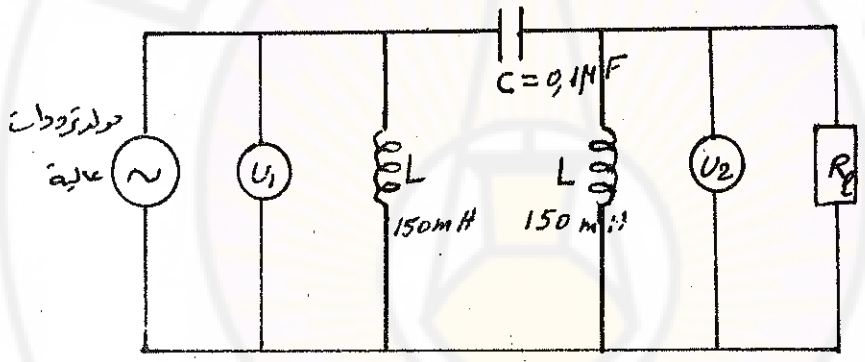
١٠ ـ احسب تردد القطع لهذا المرشح

١١ ـ احسب عناصر ماتريس النقل لهذا المرشح واكتبه

١٢ ـ ارسم المنحني الذي يمثل تغيرات تابع النقل / $\bar{A}$ / بدلالة التردد ـ واستنتج منه تردد القطع وقارنه مع تردد القطع المحسوب ماذا تستنتج ؟

جـ ـ مرشحات التمرير / High pass filters

١ ـ حقق الدارة المبينة بالشكل الذي يمثل مرشحا ذو تمرير عالي على شكل :



٢ ـ طبق على مدخل المرشح اشارة مطالها / 5v / من مولد الترددات وغير ترددها على خطوات محافظا على المطال ثابتا وسجل قراءات ـ التوترات / U_1 و U_2 والتردد f / وذلك من أجل قيم مختلفة / R_ℓ /

٣ ـ احسب قيمة المقاومة الواجب ربطها عند الخرج ليصبح المرشح محملا بممانعته المميزه سجل عندها النتائج في جدول كالآتي :

التردد f	Log f	U_1	U_2	$a = \frac{U_1}{U_2}$

٤ ــ احسب تردد القطع لهذا المرشح

٥ ــ احسب عناصر ماتريس النقل لهذا المرشح واكتبه

٦ ــ ارسم المنحني الذى يمثل تغيرات تابع النقل / $\overline{A}$ / بدلالة التردد واستنتج منه تردد القطع وقارنه مع تردد القطع المحسوب ماذا تستنتج ؟ .

د ــ المناقشة والاستنتاجات :

اجب على الاسئلة التاليـــة :

١ــ من النتائج التي حصلت عليها في الفقرات ب و جـ استنتج مساوىء تحميل المرشح بحمل اكبر أو أصغر من الممانعة المميزه له .

٢ــ عرف ما يلي في مرشحات التمرير المنخفض والعالي: تردد القطع ــ مجال التمرير ــ ممانعة الخرج ــ ممانعة الدخل ــ المقاومة المميزه .

٣ــ احسب ثابت التضعيف وثابت الطور في كل من المرشحين السابقين ومـــن اجل الدارة علـى شكل / π /وارسمهما بدلالـة التردد .

التجربـــة السابعـــــة

تجميع رباعيات الأقطاب الخطية المطاوعة ـ خطوط النقل

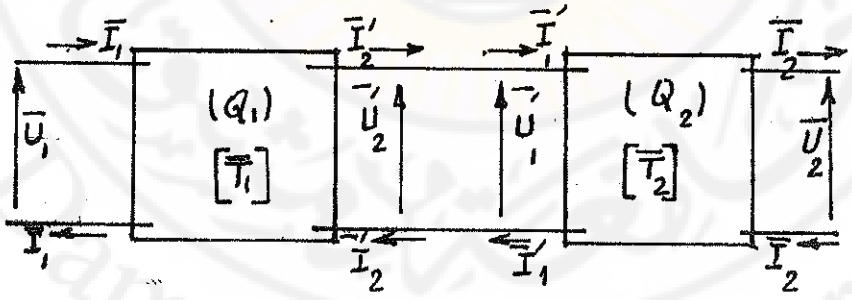
الهدف من التجربـــــة :

دراسة تجميع رباعيات الاقطاب على التتالي والتسلسل والتفرع والتجميـــع المختلط . ثم استخدام النتائج لدراسة خواص خط نقل هوائي في الحالـــة المستقرة ممثلا بنموذج صناعي ومحمل يحمل ساكن .

المبدأ النظرى للتجربـــة :

أولا ـ يمكن تجميع رباعيات الأقطاب على التتالي وعلى التسلسل وعلى التـوازى كما يمكن تجميعها تجمعاً تسلسلياً عند الدخل وتفرعياً عند الخرج ويسـمى هذا التجميع مختلطاً .

١ ـ تجميع رباعيات الأقطاب على التتالي ويتم ذلك حسب الشكل التالي :

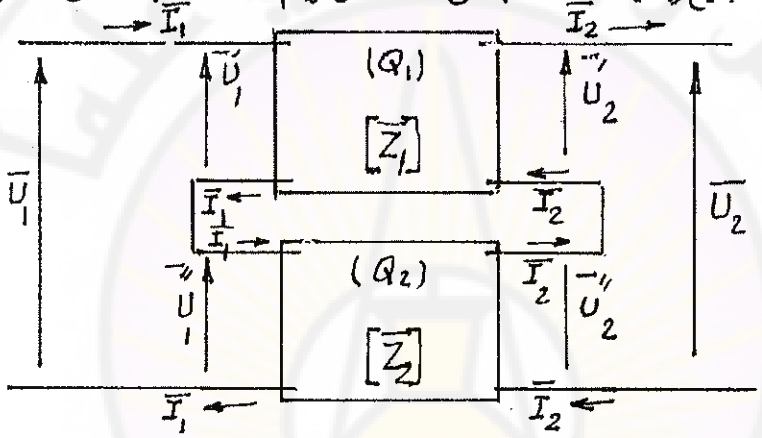


تجميع رباعيات الأقطاب على التتالي :

وينتج عن ذلك رباعي اقطاب مكافىء فيه ماتريس النقل يساوى حاصل ضرب ماتريسات النقل لرباعيات الأقطاب المجمعة مع بعضها على التتالي :

$$[\overline{T}] = [\overline{T_1}]\ [\overline{T_2}]$$

٢ ـ تجميع رباعيات الأقطاب على التسلسل ويتم ذلك حسب الشكل التالي :

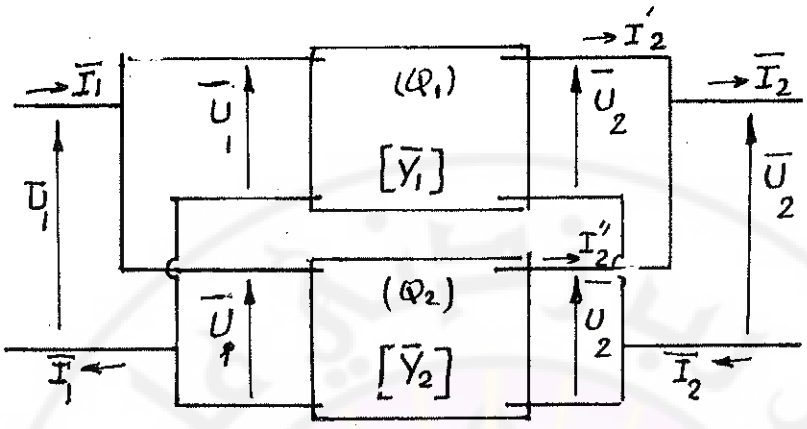


تجميع رباعيات الأقطاب على التسلسل

وينتج عن ذلك التجميع رباعي اقطاب مكافىء فيه ماتريس الممانعات يساوى ـ حاصل جمع ماتريس الممانعات لرباعي الاقطاب المجمعين على التسلسل

$$[\overline{Z}] = [\overline{Z_1}] + [\overline{Z_2}]$$

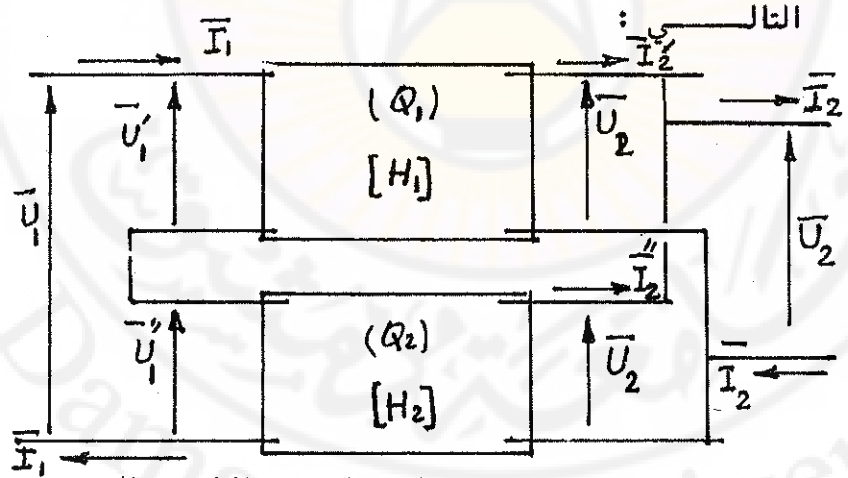
٣ـ تجميع رباعيات الأقطاب على الترازى ، ويتم ذلك حسب الشكل التالي :



وينتج عن ذلك التجميع رباعي اقطاب مكافئ فيه ماتريس المسايرات يساوى حاصل جمع ماتريسي المسايرات لرباعي الأقطاب المجمعين على التوازى ٠

$$[\overline{Y}] = [\overline{Y}_1] + [\overline{Y}_2]$$

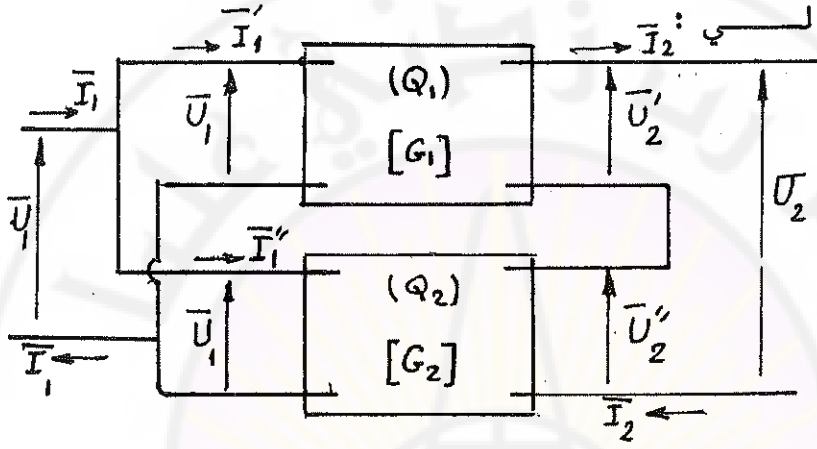
٤ ــ تجميع رباعيات الأقطاب على التسلسل التفرعي ويتم ذلك حسب الشكل التالي :



وينتج عن ذلك التجميع رباعي اقطاب مكافئ فيه الماتريس الهجين / / يساوى حاصل جمع الماتريسية الهجينية لرباعي الاقطاب المجمعين ٠

$$[\overline{H}] = [\overline{H_1}] + [\overline{H_2}]$$

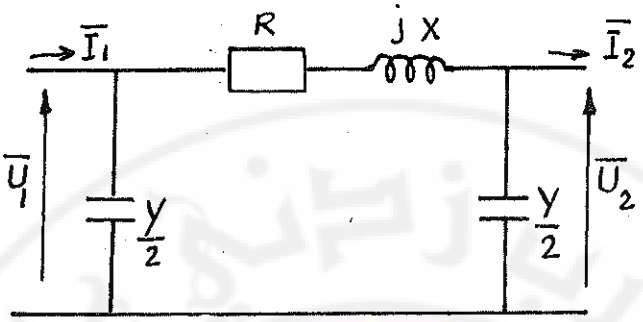
٥ ــ تجميع رباعيات الأقطاب على التفرع التسلسلي ويتم ذلك حسب الشكل التالي :



وينتج عن ذلك التجميع رباعي اقطاب مكافئ فيه الماتريس الهجين / / يساوى حاصل جمع الماتريسين الهجينين لرباعيي الأقطاب المجمعين

$$[\overline{G}] = [\overline{G_1}] \quad [\overline{G_2}]$$

ثانيا ــ يمكن اعتبار خطوط نقل القدرة الكهربائية وكذلك خطوط الهاتف السلكية بانها مكونة من عدة رباعيات اقطاب مجمعة مع بعضها على التتالي ولذلك تدرس هذه الخطوط على عدة اجزاء يوضع لكل جزء من اجزاء خط النقل على شكل / T / أو على شكل / π / فاذا كانت على شكل / π / كما يلي :



وتكتب معادلات النقـل :

$$\bar{U}_1 = \bar{A}\,\bar{U}_2 + B\,\bar{I}_2$$

$$\bar{I}_1 = \bar{C}\,\bar{U}_2 + \bar{D}\,\bar{I}_2$$

حيـث : $\bar{I}_1 , \bar{U}_1$ توتر وتيار الارسـال

$\bar{I}_2 , U_2$ توتر وتيـار الاستقبال

عناصر ماتريس النقل التي تعطي معلالة ثوابت $\bar{D}, \bar{C}, \bar{B}, \bar{A}$

الخط

$$\bar{A} = 1 + \frac{\bar{Z}\bar{Y}}{2!} + \cdots$$

$$\bar{B} = \bar{Z}\left(1 + \frac{\bar{Z}\bar{Y}}{3!} + \frac{\bar{Z}^2\bar{Y}^2}{5!} + \cdots\right)$$

$$\bar{C} = \bar{Y}\left(1 + \frac{\bar{Z}\bar{Y}}{3!} + \frac{Z^2Y^2}{5!} + \cdots\right)$$

$$\bar{D} = \bar{A}$$

$$\bar{Z} = R + jX = R + j\omega L$$

$$\bar{Y} = j\omega C$$

وعند دراسة الخطوط تمثل عناصر الدارات المكافئة لها بالكميات الواحدية تسهيلا للعمليات الحسابية حيث تنسب هذه العناصر الى كميات تؤخذ كأساس للتوترات والتيارات .

فاذا وجد خط نقل هوائي ذو توتر عال له الثوابت التالية :

$Y = 3,46\ mho/Km$, $R = 0,01\ \Omega/Km$, $X = 0,38\ \Omega/Km$

واختير اساس التوتر كل / 220 KV / تساوى الواحدة

واختير اساس الاستطاعة الظاهرية كل / 100 MVA / تساوى الواحدة

وعليه تعطي ثوابت الخط ممثلة بالكميات الواحدية

$$R = \frac{100\ 10^6}{(220\ 10^3)^2} \cdot 0,01 = 0,2066\ 10^{-3}$$

$$X = \frac{100\ 10^6}{(220\ 10^3)^2} \cdot 0,38 = 0,785\ 10^{-3}$$

$$\frac{Y}{2} = \frac{3,46}{2} \frac{100\ 10^6}{(220\ 10^3)^2} = 0,837\ 10^{-3}$$

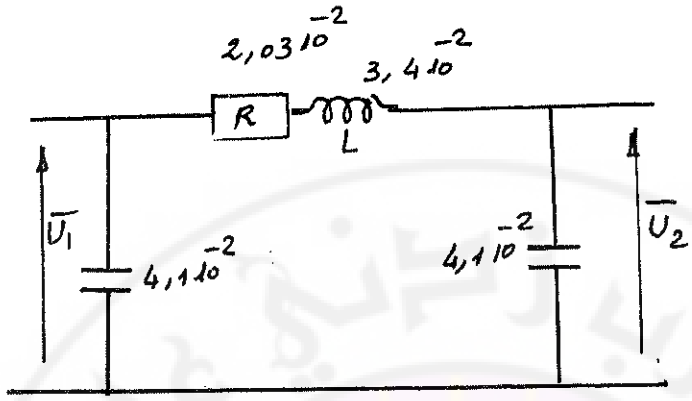
اما في النموذج المخبرى :

تؤخذ الكميات التالية كأسس

كل / ١٠٠ ف / تساوى الوحدة وكل / 1,5 A / تساوى الوحدة

وعليه يكون اساس الممانعة / 66,7 / واساس الاستطاعة / 150 /

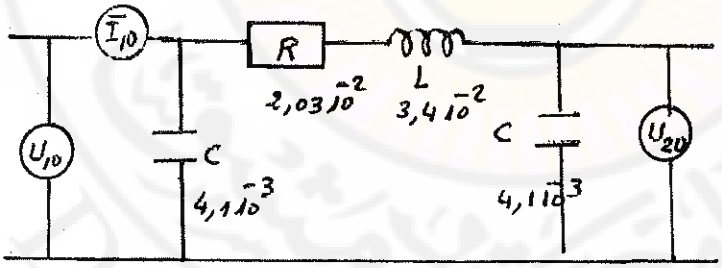
النموذج المخبرى مكون من اربع اجزاء كل منها يمثل ٥٠ كم من طول خط النقل وهو على شكل / π / وله القيم المميزة التالية :



المرحلة الأولى :

١ ــ اعتبر كل جزء من اجزاء نموذج خط النقل على انه يمثل رباعي اقطاب مستقل وحسب الدارة التالية .

٢ ــ طبق توتر على دخل رباعي الأقطاب واعتبر خرجه مفتوحا وسجل قراءات التوترات / $\overline{U_{10}}$ و $\overline{U_{20}}$ والتيار / $\overline{I_{10}}$ /



٣ ــ طبق توتر دخل لرباعي الأقطاب بمقداره / 10 % / من توتره الاسمي واقصر خرجه وسجل قراءات التوتر / U_{1C} و I_{1C} و /

٤ ــ احسب عناصر ماتريس النقل لرباعي الأقطاب هذا واستنتج ماتريس

الممانعات والمسايرات والماتريس الهجين ٠

٥ ـ أعد نفس الخطوات على كل جزء من اجزاء نموذج خط النقل واحسب عناصر ماتريس النقل لكل جزء واستنتج عناصر ماتريس الممانعات والمسايرات والماتريس الهجين ٠

٦ ـ جمع رباعيات الأقطاب على التتالي وطبق على دخلها توتر متناوب بحيث يكون خرجها مفتوحا وسجل قراءات التوترات / /

٧ ـ طبق على دخلها توترا بها دي ١٥ ٪ من توترها الاسمي واقصر الخرج وسجل القراءات / U_{1c} و I_{1c} و I_{2c} / واحسب عناصر ماتريس النقل المكافىء وقارن عناصر هذا الماتريس مع العناصر المحسوبة من تجميع رباعيات الأقطاب على التتالي ماذا تستنتج ؟٠

٨ ـ جمع رباعيات الأقطاب على التسلسل وطبق على دخلها توتر متناوب وابق الخرج مفتوحا وسجل قراءات التوترات / U_{1o} و U_{2o} و I_{1o} / وطبق على خرجها توترا متناوبا وابق الدخل مفتوحا وسجل قراءات التوترات / $\bar{U}_{2o}$ و $\bar{U}_{1o}$ و $\bar{I}_{2o}$ / ومن ذلك احسب عناصر ماتريس الممانعات لرباعي الأقطاب المكافىء

٩ ـ احسب ماتريس الممانعات من علاقة تجميع رباعيات الأقطاب على التسلسل وقارن ذلك مع الماتريس الناتج من التجربة ماذا تستنتج ؟٠

١٠ ـ جمع رباعيات الأقطاب على التوازى وطبق على دخلها توتر متناوب واقصر

الخرج وسجل قراءات التوترات / I_{1c} ، I_{2c} ، U_{1c} / كما طبق على خرجها توترا متناوبا واقصر الدخل وسجل القراءات / I'_{1c}، I'_{2c} و U'_{1c} / ومن ذلك احسب عناصر ماتريس المسايرات لرباعي الأقطاب المكافئ .

١١ـ احسب ماتريس المسايرات المكافئ من علاقة تجميع رباعيات الأقطاب على التوازى وقارن ذلك مع الماتريس الناتج من التجربة ماذا تستنتج ؟

١٢ـ استنتج الماتريس الهجين / $[\overline{H}]$ / و / $[\overline{G}]$ / لرباعي الأقطاب المكافئ الناتج عن تجميع رباعيات الأقطاب على التسلسل التفرعي وعلى التفرع ـ التسلسلي .

المرحلة الثانيـــة :

١ـ أعد توصيل أجزاء نموذج خط النقل مع بعضها على التتالي

٢ـ افتح المخرج (جهة الاستقبال) واضبط توتر الدخل (توتر الارسال) حتى تحصل على / ١٠٥ ف / أى توتر يساوى / 1pu / وعند هاسجل قراءات / U_{10} ، U_{20} ، I_{10} /

٣ـ خفض توتر الدخل الى / ١٠ ٪ من القيمة الاسمية واقصر الخرج وسجل توتر الدخل / U_{1c} / وتيار الدخل / I_{1c} / وتيار الخرج / I_{2c} /

٤ـ احسب قيم ثوابت الخط / $\overline{A}$ و $\overline{B}$ و $\overline{C}$ و $\overline{D}$ /والممانعة في دارة مفتوحة / Z_{oc} / والممانعة في دارة قصيرة / Z_{sc} / والممانعة المميزة / Z_o

٥ـ اعد حساب / $\overline{A}$، $\overline{B}$، $\overline{C}$، $\overline{D}$ / وقارنها مع القيم التجريبيـة .

التجربة الثامنة :

التحقق من سلاسل فوريه عمليا

الهدف من التجربة :

دراسة توافقيات أحد التوابع الدورية بعد نشره وفق سلسلة فوريه والتأكد بشكل رياضي من أن مجموع هذه التوافقيات يعطينا التابع الدورى الاصلي وذلك عن طريق تطبيق هذه التوافقيات على راسم اشارة مهبطي . وأخذ عينات منها عند ازمنة محددة . ومن ثم جمع قيم هذه العينات.

— الادوات والأجهزة اللازمة :

١ — راسم اشارة مهبطي بقناتين أو قناة واحدة .

٢ — مولد ترددات جيبية (مولد اشارة جيبية)

٣ — كابلات محورية لراسم الاشارة

— الخطوات العملية :

١ — يتم التأكد من دقة عمل راسم الاشارة ودقة تعيير مفاتيحه وذلك بادخال اشارة جيبية من مولد الاشارة بحيث تكون ذات تردد معلوم يساوى / 1 KHZ / وسعة محددة . ومن ثم يوضع مفتاح تقسيم الزمن على / 0,2 ms/cm / وفي هذه الحالة فان دور الاشارة يساوى خمس تدريجات

على المحور الافقي وفي حال عدم التطابق يتم ضبط مفاتيح التحكم على الوضع الصحيح ·

٢ ــ ليكن لدينا التابع الدوري / $u(t)$ / والذي يعطى حسب نشر سلسلة فوريه بالعلاقة

$$u(t) = \frac{8U}{\pi^2}\left(\sin \omega t - \frac{1}{3^2}\sin 3\omega t + \frac{1}{5^2}\sin 5\omega t - \frac{1}{7^2}\sin 7\omega t - \dots\right)$$

حيث ان / U / هي السعة العظمى للتابع الأصلي / $u(t)$ /

٣ ــ نختار قيمة محددة لسعة التوافقية الأولى ولتكن / $9v$ / / $\frac{8U}{\pi^2} = 9v$ /

٤ ــ نختار تردد التوافقيه الأولى بحيث يكون / $f = 1\ KHZ$ /

٥ ــ ضع مفتاح تقسيم الزمن على الوضع / $0{,}1ms/cm$ / وطبق من مولد الترددات الجيبية اشارة ترددها / $1KHZ$ / تماما وسعتها / $9v$ / مع ملاحظة ان شعاع المسح الألكتروني في حال عدم وجود اشارة يقع في منتصف الشاشة·

٦ ــ خذ عشر عينات من هذه التوافقية بأخذ القراءات عند قيم الزمن وسجلها في الجدول ·

$$t = 0, \frac{T}{10}, \frac{2T}{10}, \frac{3T}{10}, \frac{4T}{10}, \frac{5T}{10} \dots\dots \frac{9T}{10}, T$$

يجب الانتباه الى ضبط الشعاع الألكتروني بحيث يكون مركزاً قدر الامكان

وذلك بواسطة زر التمحرق ويجب ان تؤخذ القراءات بدقة ٠

٧ ـ طبق الآت من مولد الاشارة التوافقية الثالثة ذات التردد / 3f / سعة هذه التوافقية أصغر من سعة الأولى بتسع مرات كما أنها مزاحة بالصفحة بمقدار / 180° / لذلك يجب اخذها بعين الاعتبار.لزيادة الدقة في القراءة يمكن زيادة الحساسية عند تناقص سعة الاشارة المطبقة بتغيير المفتاح / 2v/cm / وأيضا يمكن تغيير مجال تقسيم الزمن مع زيادة التردد ٠ مع الانتباه الى المحافظة على الاوضاع النسبية للتوافقيات بالنسبة لبعضها البعض ٠

٨ ـ خذ عشر كميات كما في الخطوة السادسة وسجلها في الجدول ٠

٩ ـ كرر الخطوات السابقة من أجل جميع التوافقية الخامسة والسابعة وسجل القراءات في الجدول

١٠ ـ خذ المجموع الجبرى عند قيم الزمن المبينة بالجدول ٠

١١ ـ ارسم التابع / u(t) / على ورقة مليمترية ومن ثم استنتج معادلة التابع الدورى الأصلية ٠

U_{MAX}	f	n	o	$\frac{I}{10}$	$\frac{2T}{10}$	$\frac{3T}{10}$	$\frac{4T}{10}$	$\frac{5T}{10}$	$\frac{6T}{10}$	$\frac{7T}{10}$	$\frac{8T}{10}$	$\frac{9T}{10}$	T
	1 KHZ												
	3KHZ												
	5KHZ												
	7KHZ												
	δ												
	γ												

ـ نسمي / δ / الخطأ المطلق ويساوى الى الفرق بين القيمة الفعلية للتابع / u(t) / والقيمة المحسوبة تجريبيا ويتم حساب القيمة الدقيقة للتابع / u(t) / عند اللحظة الزمنية المعتبرة مباشرة من معادلته الزمنية والتي تستنتج بعد رسم منحني التابع.

ـ كما نسمي / δ / الخطأ النسبي ويساوى الى الخطأ المطلق / δ / منسوبا الى القيمة الاسمية (الفعلية) للتابع في اللحظة المعتبرة

١٢ ـ تعاد جميع الخطوات السابقة الذكر من اجل التابع:

$$u(t) = \frac{2U}{\pi}\left(1 - \frac{2}{1\cdot 3}\cos 2\omega t - \frac{2}{3\cdot 5}\cos 4\omega t - \frac{2}{5\cdot 7}\cos 6\omega t\right)$$

ـ الاسئلة والاستنتاجات :

١ ـ اعتمادا على الدراسة النظرية بين نوع التناظر في التوابع التي أجريت عليها التجارب .

٢ ـ ما الذي يحدد مقدار دقة القياسات وأنطباق النتائج العملية مع القيم النظرية ؟

٣ ـ الى أي حد يمكن الاستمرار في اخذ التوافقيات الموضحة بعين الاعتبار وأخذ قياسات عندها ؟

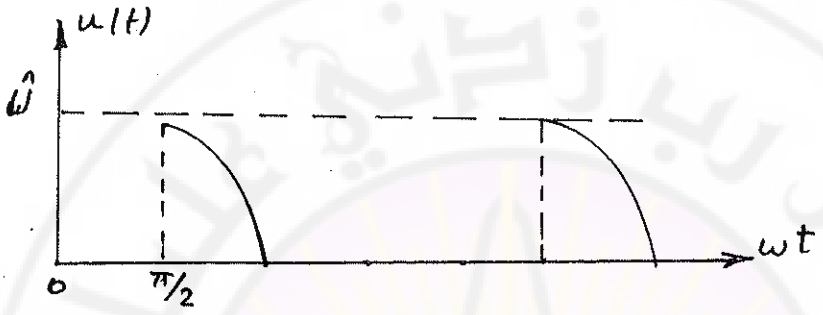
٤ ـ أوجد نشر فوريه بالشكل المثلثي ثم العقدي للتوابع التالية:

$$u(t) = e^{-t} \qquad 0 < t < 2$$

$$u(t) = t - t^3 \qquad -1 < t < 1$$

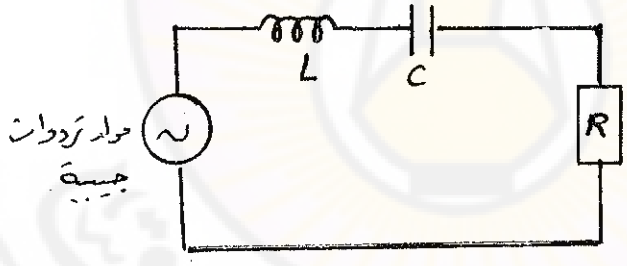
وبين نوع التناظر / ان وجد / في كل تابع ٠

٥ـ أوجد سلسلة فوريه ذات الشكل المثلثي للتابع المبين بالشكل :



حيث يعبر عن الجزء المنحني بمعادلة تابع جيبي / $\hat{U}\sin\omega t$ /

٦ ـ لتكن لدينا الدارة المبينة بالشكل :



بفرض اننا طبقنا عليها الجهد المبين :

$$u(t) = 150\sin\omega t + 100\sin 2\omega t + 75\sin 3\omega t$$

حيث أن : / $\omega = 1KHZ$ / $C = 50\mu F$, $L = 5mH$, $R = 5\Omega$,

والمطلوب : ١ـ القيمة الآنيه للتيار ٠

٢ـ القيمة الفعالة والاستطاعة المتوسطة ٠

التجربـــة التاســـــعة :

الدارات الكهربائية في الحالات العابرة :

الهدف من التجـربة :

دراسة عمل الدارة / R و L والدارة / R و C / في حالـــة الوصل والفصل الآنـي .

المبـدأ النظـــرى :

عند تطبيق توتر مستمر على دارة كهربائية مكونه من مكثف سوف يـــمر

عند تطبيق التوتر تيارا / $i_c = c \frac{du_c}{dt}$

ان التوتر الناتج على طرفي المكثف / u_c / لا يمكن أن يطبق علـــى المكثف بشكل مفاجئ انما يتغير بالتدريج .

واذا احتوت الدارة على مكثف ومقاومة يكون

$$Ri + u_c = U_d$$

$$Rc \frac{du_c}{dt} + u_c = U_d$$

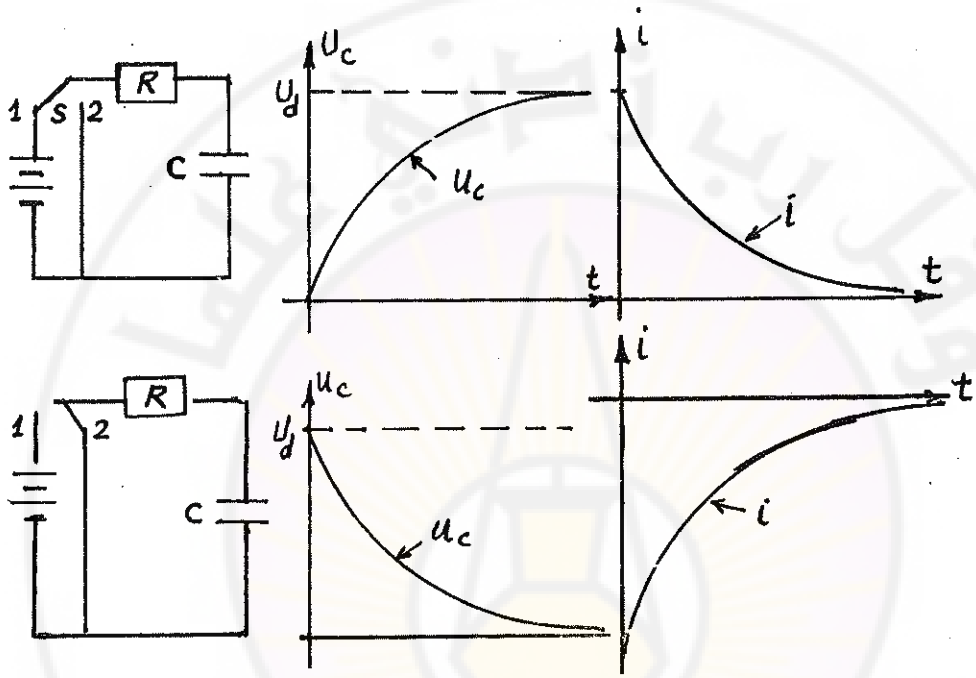
وحيث ان حل المعادلة التفاضلية ينتج

$$u_c = Ae^{-t/\tau} + U_d$$

وتتحدد قيمة ثابت التكامل / A / من الشروط البدائية التي تم فـــيها تطبيق التوتر المستمر وبشكل مفاجئ . وتسمى $\tau = RC$ بثابت الزمن

فاذا كانت/ $u_c = o$ / عند لحظة تطبيق التوتر فان تغيرات التوتر / u_c /

والتيار في الدارة تعطى بالشكل التالي :



اما عند قطع التوتر المستمر وبشكل مفاجيء عن الدارة ووصل المفتاح / S /

على الوضع / 2 / ينتج :

$$RC \frac{du_c}{dt} + u_c = o$$

وبالتالي سيتغير التوتر على طرفي المكثف من قيمة تساوي / U_d / الى الصفر .

أما التيار في الدارة ينعدم عند تطبيق التوتر المستمر واستقرار الدارة

ويسري باتجاه معاكس للاتجاه الأول عند فصل التوتر المستمر ووضع المفتاح على الوضع / 2 / ـ كما في الشكل السابق .

واذا احتوت الدارة على ملف وطبق عليها توتر مستمر بشكل مفاجيء فان التيار سيمر في الملف وسيؤدي الى خلق فيض مغناطيسي وبالتالي الى تولد قوة محركة كهربائية تعاكس السبب الذي أدى الى حدوثها . وتعطى بالعلاقة /

$$u_L = L \frac{di}{dt}$$

والتيار الذي سيمر في الملف لا يمكن أن يتغير من قيمة معدومة الى قيمته النهائية بشكل مفاجيء وانما سيحدث ذلك بشكل تدريجي .

واذا احتوت الدارة على ملف ومقاومة على التسلسل وطبق عليها توتر مستمر وبشكل مفاجيء وذلك بوضع المفتاح / S / على الوضع / 1 / سيحصل في الدارة المعادلة التفاضلية التالية :

$$Ri + L \frac{di}{dt} = U_d$$

وبحل هذه المعادلة التفاضلية ينتج :

$$i = A e^{-t/\tau} + \frac{U_d}{R}$$

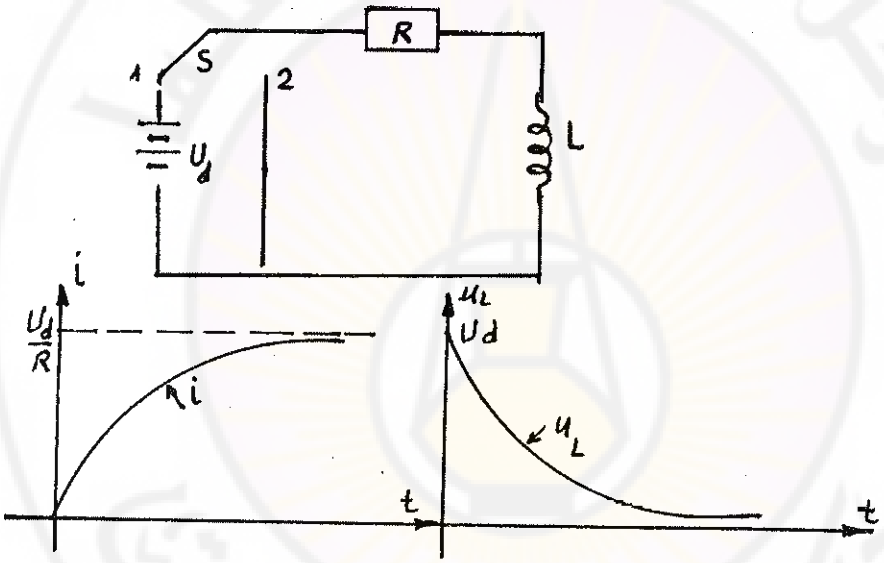
وتتحدد قيمة ثابت التكامل / A / حسب الشروط البدائية لتطبيق التوتر المستمر في الدارة .

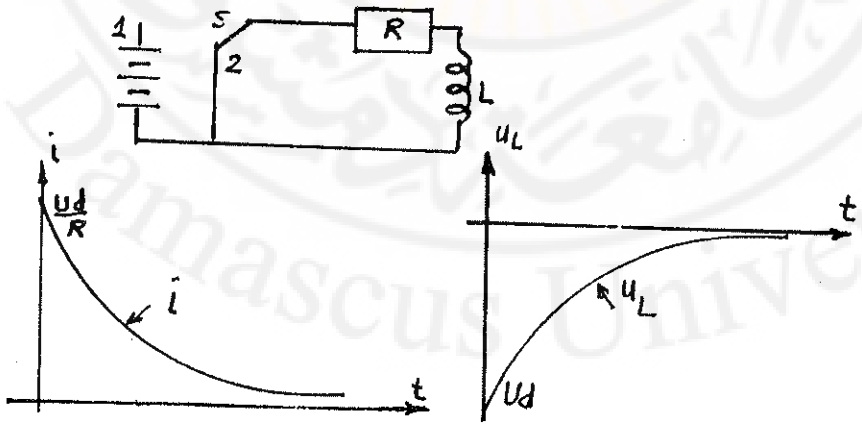
فاذا كان / $i = 0$ / عند تطبيق التوتر المستمر يكون :

$$i = \frac{U_d}{R}\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

$$u_L = L\frac{di}{dt} = U_d\, e^{-t/\tau}$$

حيث $\tau = \frac{L}{R}$ ثابت زمن الدارة.





يعطي الشكل التالي تغيرات كل من التيار / i /والتوتر / u_L / بدلالة الزمن أما عند قطع التوتر المستمر وبشكل مفاجيء عن الدارة وذلك بوصل المفتاح / S / الى الوضع / 2 / ينتج :

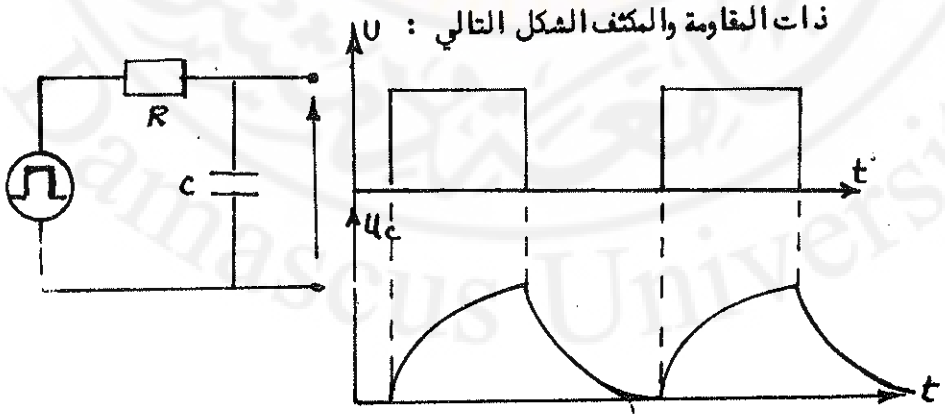
$$iR + L\frac{di}{dt} = o$$

وتصبح معادلة التيار / $i = \frac{U_d}{R} e^{-t/\tau}$

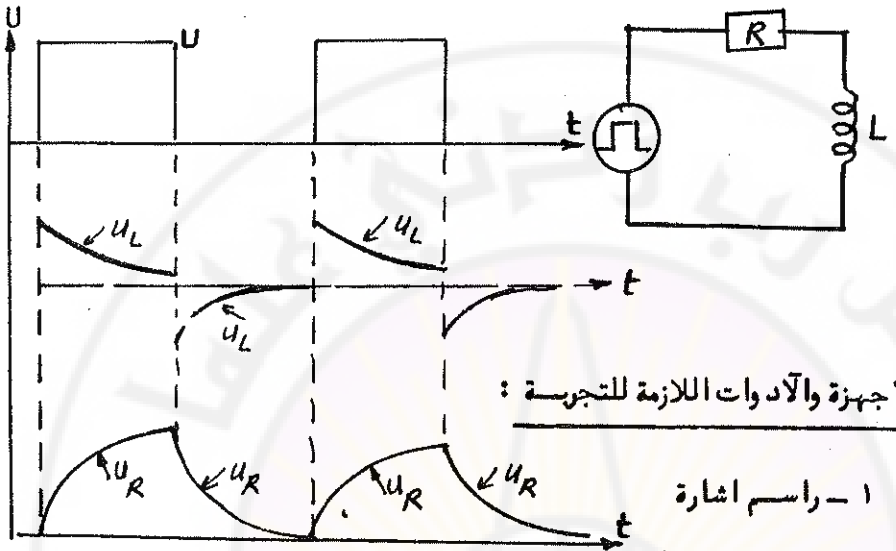
وسيتغير هذا التيار من قيمة ثانية ومستمرة / $\frac{U_d}{R}$ / الى الصفر وبشكل تدريجي كما يوضح ذلك الشكل السابق .

أما التوتر على طرفي الملف سوف يتغير باتجاه يعاكس اتجاه التوتر السابق . وينتهي الى الصفر كما يوضح ذلك الشكل السابق

عند تطبيق اشارة مربعة على دارة فيها مقاومة ومكثف أو مقاومة وملف وذلك من مولد موجات مربعة ـ فان توتر خرج مولد الاشارة هذا يتغير من قيمة معدومة الى قيمة عظمى / U / وبالتالي يطبق على الدارة توتر معدوم في لحظة ثم توتر مستمر قيمته / U / في لحظة اخرى وسوف يتحقق في الدارة ذات المقاومة والمكثف الشكل التالي :



كما سيتحقق في الدارة ذات المقاومة والملف الشكل التالي :



الأجهزة والآدوات اللازمة للتجربة :

١ ـ راسم اشارة

٢ ـ مولد اشارة ذات موجه مربعة

٣ ـ مقاومة / 3,9kΩ /

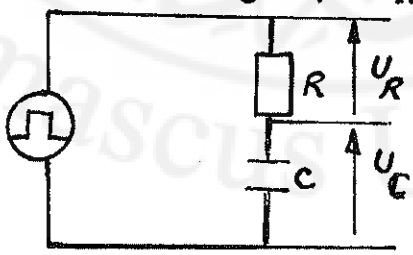
٤ ـ مقاومة / 220Ω /

٥ ـ مكثف / 0,47μF /

٦ ـ ملف / 150mH /

الدارة ذات مقاومة ومكثف :

١ ـ حقق الدارة المبينة بالشكل :



٢ — طبق على الدارة اشارة مربعة وبتردد / 10HZ / وسجل مطال توتر هذه الاشارة وارسم شكل منحني التوتر على طرفي المقاومة وشكل منحني التوتر على طرفي المكثف وذلك بواسطة راسم الاشارة.

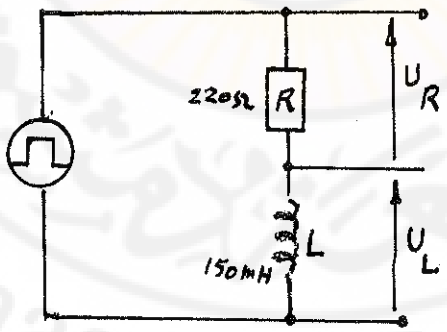
٣ — غير تردد الاشارة المطبقة الى / 1KHZ , 500HZ , 100HZ / وفي كل مرة كرر الخطوة ٢ .

٤ — ضاعف قيمة سعة المكثف / C / في الدارة واعد الخطوة السابقة بتردد / 100HZ / ما هو الأثر الذي ينتج لدى مضاعفة سعة المكثف في الدارة ؟

٥ — ضاعف قيمة المقاومة في الدارة وعند التردد / 100HZ / وكرر الخطوة (٢) ما هو الاثر الذي ينتج لدى مضاعفة قيمة / R / في الدارة؟

الدارة ذات مقاومة وملف :

١ — حقق الدارة المبينة بالشكل



٢ — صبق على الدارة اشارة مربعة وبتردد / 10HZ / وسجل

مطال توتر هذه الاشارة وارسم شكل منحني التوتر على طرفي المقاومة وشكل منحني التوتر على طرفي الملف وذلك بواسطة راسم الاشارة .

٣ - غير تردد الاشارة المطبق من ١٠ الى ١٥٠ HZ الى ٥٠٠ HZ الى ١ KHZ / وفي كل مرة كرر الخطوات السابقة .

٤ - ضاعف قيمة التحريض الذاتي للملف في الدارة واعد الخطوة / ٢ / - انما عند التردد / ١٥٠ HZ / ماذا تستنتج لدى مضاعفة قيمة التحريض الذاتي في الدارة ؟

٥ - ضاعف قيمة المقاومة وابق قيمة التحريض الذاتي كما كان عليه واعد الخطوة (٢) عند التردد / ١٥٠ HZ / ماذا تستنتج لدى مضاعفة المقاومة في الدارة .

التجـــربة العاشـــرة

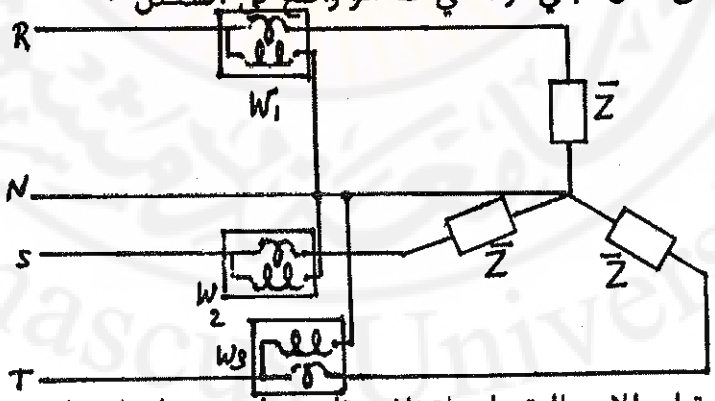
قياس الاستطاعة الفعلية في الدارات الثلاثية الاطوار المتوازنـة

الهدف من التجـربة :

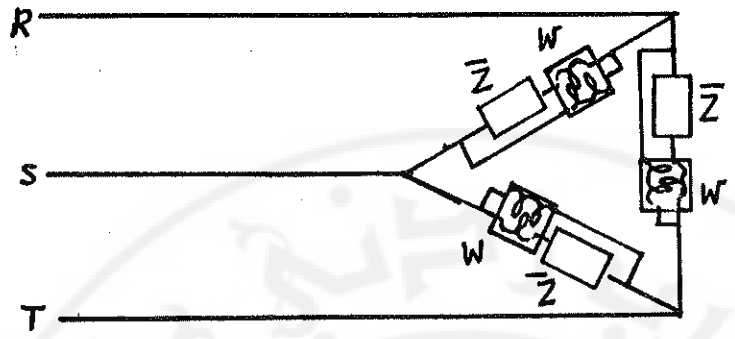
قياس الاستطاعة الفعلية المستهلكة في دارة ثلاثية الأطوار متوازنة بواسطة مقياس وات أو مقياسي وات ،أو ثلاث مقاييس وات .

المبدأ النظـرى للتجربـة :

ـ تقاس الاستطاعة الكهربائية في دارة ثلاثية الأطوار بنفس المبدأ الذى تقاس بواسط الاستطاعة الكهربائية في دارة احادية الطور . ولذلك يجب استخدام ثلاث مقاييس وات لقياس الاستطاعة المستهلكة في كل طور من اطوار الـدارة الثلاثية الأطوار . ويختلف توصيل المقاييس الثلاث حسبما تكون الدارة موصلة على شكل نجمي أو مثلثي كما هو واضح في الشـكل .

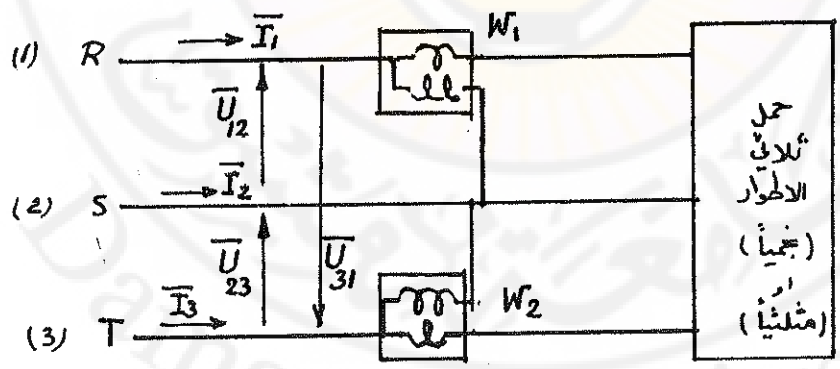


مقياس الاستطاعة بواسطة ثلاث مقاييس وات في دارة كهربائية ثلاثية الاطوار موصلة بشكل نجـمى .



قياس الاستطاعة بواسطة ثلاث مقاييس وات في دارة كهربائية ثلاثية الأطوار موصلة بشكل مثلثي .

وتشير قراءة هذه المقاييس الثلاثة الى الاستطاعة الفعلية المستهلكة في كل طور من الاطوار الا أنه يمكن تخفيض عدد المقاييس الى مقياسين سواء أكانت الدارة ذات توصيل نجمي أو مثلثي كما يتضح ذلك فيما يلي :



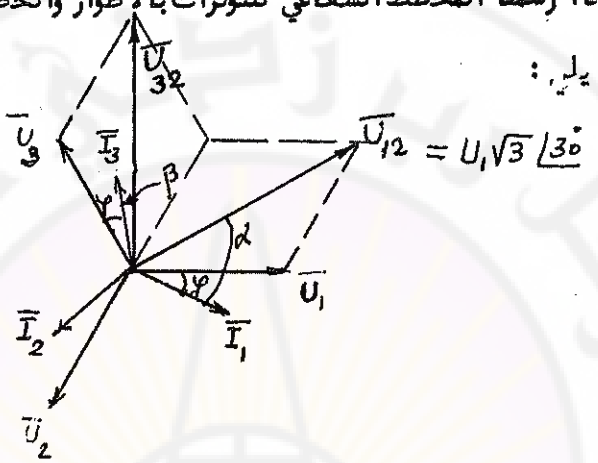
يقيس مقياس الاستطاعة الاول / W_1 /

$$P_1 = U_{12}\, I_1 \cos\alpha$$

ويقيس مقياس الاستطاعة الثاني / W_2 /

$$P_2 = -U_{23}\ I_3 \cos\beta$$

واذا رسمنا المخطط الشعاعي للتوترات بالأطوار والخطوط في الدارة ينتج ما يلي :



نستنتج من الشكل :

$$\alpha = 30 + \varphi$$

$$\beta = 30 - \varphi$$

$$U_{12} = U_{23} = U_L \quad , \quad I_1 = I_2 = I_3 = I_L$$

$$P_1 = U_L I_L \cos(30 + \varphi)$$

$$P_2 = U_L I_L \cos(30 - \varphi)$$

$$P = P_1 + P_2 = \sqrt{3}\, U_L I_L \cos\varphi$$

وهي صيغة الاستطاعة الثلاثية الأطوار المستهلكة في الدارة الثلاثية الأطوار المتوازنة بدلالة توترات وتيارات الخطوط .

وتجدر الاشارة هنا الى ان قراءة المقياسين مختلفة بصورة عامة وتتساويان

اذا اصبح عامل الاستطاعة يساوى الواحد • واذا نقص عامل الاستطاعة عن / 0,5 / أى اذا زادت الزاوية φ عن 60° فان الاستطاعة التي يقيسها احد المقياسين تكون سالبة أى ان ابرة المقياس تنحرف بالاتجاه المعاكس فيجب تبديل وصل اقطابه للحصول على القراءة الموجبة وتكون الاستطاعة المستهلكة في الدارة هي حاصل طرح القراءتين •

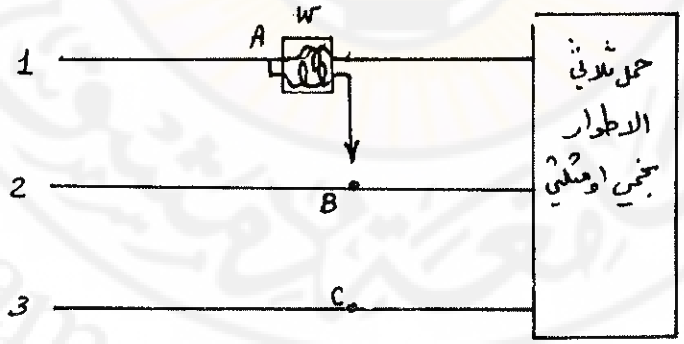
ويمكن حساب عامل الاستطاعة للدارة من قراءتي المقياسين •

$$P_2 - P_1 = U_L I_L \sin\varphi$$

$$\frac{P_2 - P_1}{P_2 + P_1} = \frac{1}{\sqrt{3}} tg\varphi$$

ومنه نستنتج عامل الاستطاعة

كما انه يمكن قياس الاستطاعة في الدارة الثلاثية الاطوار السابقة بواسطة مقياس وات واحد •



ويتم ذلك بوصل ملف التيار في مقياس الوات على التسلسل مع الخط الأول —

فيسرى فيه تيار الخط في الدارة ثلاثية الأطوار المتوازنة . واثناء التجـــربة يوصل ملف التوتر الى الخط الاول والثاني بين النقطتين / A و B /فيقيس بذلك مقياس الاستطاعة / P_1 / ثم نوصل ملف التوتر الى الخط الأول — والثالث بين النقطتين / A و C / ويقيس بذلك الاستطاعة / P_2 / وتكون مجموع القراءتين الاستطاعة الكهربائية الفعلية المستهلكة في الدارة.

الأجهزة والآدوات اللازمة للتجربـــة :

— ثلاث أحمال مقاومة احادية الأطوار متماثلـــة

— ثلاث مـــلفات ذات مفاعلة تحريضية متساوية / 100 mH /

— ثلاث مكثفات ذات مفاعلة سعوية متساوية / 5 μF /

— ثلاث مقاييس آمبـــير / 0 - 5A /

— مقـياس فولـــــت / 0 - 220V /

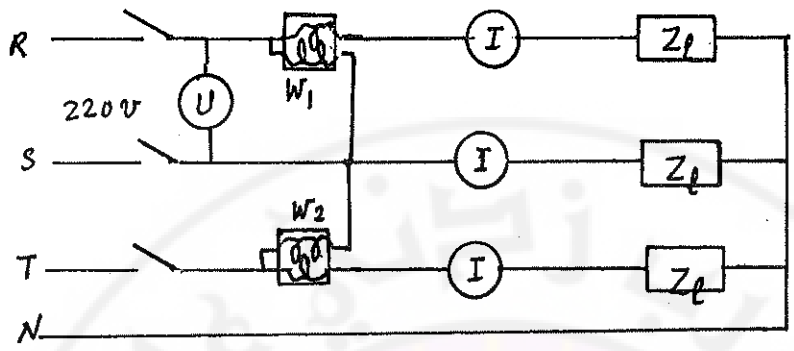
— مقياســـي وات .

خطـــوات العمـــــل :

آ — قياس الاستطاعة في دارة ثلاثية الأطوار متوازنـــة بواسطـــة مقياسي وات

١ — حقـــق الدارة المبينـــة بالشـــكل :

٢ — وصل الأحمال الثلاثة المقاومة بشكل نجمي كما هو موضـــح وسجـــل قراءات مقاييس التيار والتوتر والاستطاعات .



٣ ـ تأكد من أن الاستطاعة المقاسة بواسطة مقياسي الوات هي نفسها الاستطاعة المصروفة في الحمل الأومي وذلك بإيجاد حاصل الضرب $3I^2R$

٤ ـ اضف الى الاحمال الثلاثة المقاومة ثلاث احمال تحريضية على التسلسل / $Z_l = R_l + j X_L$ / واعد تسجيل قراءات مقاييس التيار والتوترات ـ والاستطاعات ـ بماذا تختلف الاستطاعة المسجلة عن السابق ؟

٥ ـ ارسم المخطط الشعاعي للتوتر والتيار في طور من اطوار الدارة واستنتج عامل الاستطاعة

٦ ـ احسب عامل الاستطاعة من العلاقة

$$tg\varphi = \sqrt{3}\ \frac{P_2 - P_1}{P_2 + P_1}$$

وقارنه مع عامل الاستطاعة المستنتج .

٧ ـ بدل الحمل التحريضي في كل طور من الأطوار بحمل سعوي .

$$\bar{Z}_l = R + j X_C$$

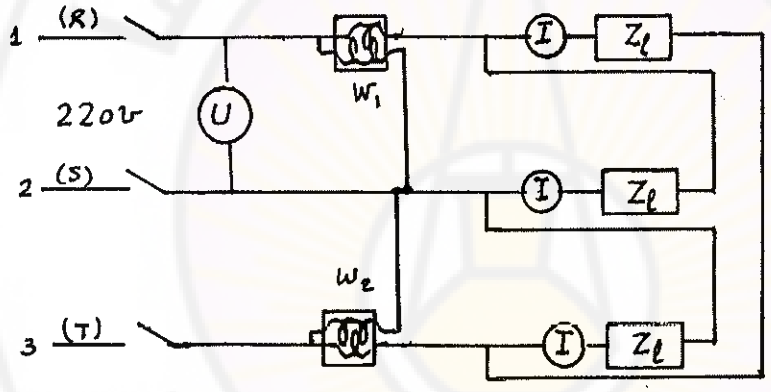
واعد الخطوات السابقة واستنتج ما يلي :

آ ــ بماذا تختلف الاستطاعة الكهربائية الفعلية المستهلكة ؟

ب ــ ارسم المخطط الشطعي للتوتر والتيار في طور من اطوار الدارة واستنتج عامل الاستطاعة ٠

جـ ــ واحسب عامل الاستطاعة من العلاقة الرياضية وقارن القيمتين ٠

٨ ــ أعد الخطوات ٢ و ٤ و ٧ بعد توصيل الممانعات بشكل مثلثي حسب المخطط التالـــي :



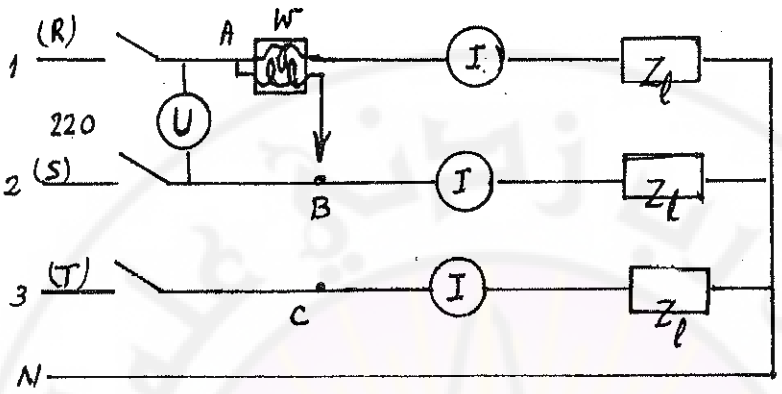
آ ــ قارن الاستطاعة الناتجة مع تلك الناتجة في الفقرات السابقة ماذا تستنتج ؟

ب ــ احسب عامل الاستطاعة من العلاقة الرياضية بدلالة الاستطاعة

جـ ــ ارسم المخطط الشطعي للتيار والتوتر بطور من أطوار الدارة الجـديدة واستنتج عامل الاستطاعة قارنه مع عامل الاستطاعة المحسوب٠

ب ــ قياس الاستطاعة في دارة ثلاثية الاطوار متوازنة بواسطة مقياس وات واحد :

١ ـ حقـق الدارة المبينـة بالشكل التالي :



٢ ـ يوضع / $Z_\ell = R$ / سجل قراءات مقاييس التيار والتوتر والاستطاعة عند وصل ملف توتر المقياس بين / A ، B / ثم الاستطاعة عند وصل ملف التوتر بين / A ، C /

٣ ـ قارن هذه النتيجة مع النتيجة السابقة

٤ ـ غير وصل المقاومات من الوصل النجمي الى الوصل المثلثي وسجل القراءات السابقة وقارن النتائج ماذا تستنتج ؟ .

٥ ـ اجعل الممانعة / Z_ℓ / ذات مفاعلة تحريضية

$$\bar{Z}_\ell = R + j\omega L$$

واعد الخطوات الثلاث السابقة وقارن بين النتائج .

٦ ـ اجعل الممانعة / Z_ℓ / ذات مفاعلة سعوية

$$\bar{Z}_\ell = R + \frac{1}{j\omega C}$$

واعد الخطوات السابقة وقارن بين النتائج .

التجربة الحادية عشر :

المحولة الأحادية الطور .

الهدف من التجربة :

دراسة عمل المحولة الاحادية الطور على فراغ (بدون حمل) وتحديد التيار الذى تستهلكه والضياعات في الحديد وتحديد نسبة عدد اللفات كذلك دراسة عمل المحولة في دارة قصيرة من أجل تعيين الضياعات النحاسية فيها .

الاجهزة والأدوات اللازمة :

١ — محول احادى الطور

٢ — مقياس امبير / ٥-2A /

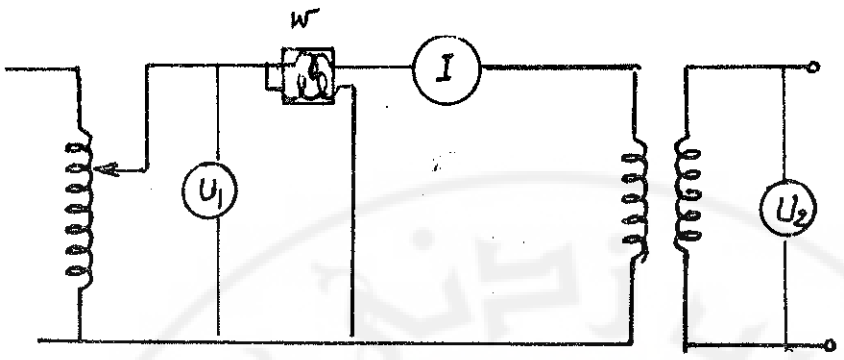
٣ — مقياس فولت / ٥ - 220 /

٤ — مقياس وات

٥ — محول ذاتي لتغذية المحول بتوتر متغير القيمة الفعالة

أولا — تجربة المحولة الأحادية الطور على فراغ:

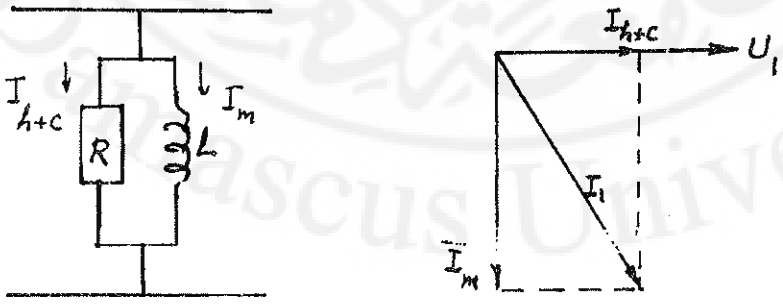
١ — حقق الدارة المبينة بالشكل بعد أن تتأكد من صلاحية المحولة الآحادية الطور وأخذ جميع المواصفات المسجلة على لوحتها .



٢ ـ طبق على الملف الأولي للمحولة توترا ذو قيمة فعالة متغيرة على خطوات حتى تصل قيمة التوتر المطبق ١٢٥٪ من توترها الاسمي وسجل في كل مرة قيم التوترات / U_1 و U_2 والتيار I_1 / والاستطاعة الكهربائية المصروفة

٣ ـ تذكر انه عند اجراء التجربة على فراغ يمكن اعتبار التيار المار في الملف الاولي ذو مركبتين : مركبة متفقة بالطور مع التوتر المطبق على الملف وتعبر عن الضياع بسبب البطاء المغناطيسي / I_{h+c} / والضياع في نحاس الملف بفعل جول عند مرور هذا التيار الصغير

(والذى يمكن اهماله في تجربة المحول على فراغ) كما في الشكل :



ومركبة عمودية على التوتر المطبق وتعبر عن تيار المغنطة / I_m

والاستطاعة المستهلكة على فراغ

$$W_0 = U_1 I_1 \cos\varphi_0 = U_1 I_{h+c}$$

$$I_{h+c} = \frac{W_0}{U_1}$$

$$\cos\varphi_0 = \frac{W_0}{U_1 I_0}$$

$$I_m = I_0 \sin\varphi_0$$

٤ ــ استنتج عند كل قراءة تيار الضياع / I_{h+c} / والتيار الممغنط / I_m / وسجل نتائجك في جدول كالآتي :

U_1	U_2	I_1	W	I_{h+c}	I_m

٥ ــ عين عند القيمة الاسمية للتوتر الأولي المطبق

آ ــ التيار على فراغ / / وما هي النسبة المئوية لهذا التيـــار بالنسبة لتيار الحمل الاسمي للمحولة

ب ــ حدد قيمة الضياعات في الحديد ونسبة هذه الضياعات للاستطاعة الظاهرية الاسمية للمحولة .

جـ — اوجد عامل الاستطاعة للمحولة على فراغ

د — ارسم الدارة المكافئة للمحولة بدون حمل بعد حساب المقاومة المكافئة والمفاعلة المكافئة ٠

$$R = \frac{\omega_0}{(I_{h+c})^2}$$

$$X_m = \frac{U_1}{I_m}$$

هـ — ما هي طبيعة الضياعات في الحديد والعوامل التي تؤثر فيها ٠

ثانيا : تعيين عدد اللفات في المحولة وحساب القيمة الظمى لكثافة الفيض المغناطيس :

١ — لمعرفة عدد اللفات في كل من ملفي المحولة الأولي والثانوى ٠ اضف عدد معلوم من اللفات / N_3 / على القلب الحديدى مستعملا سلكا معزولا ثم طبق توتر التغذية على الملف الأولي وقس التوتر الناتج بين طرفي الملف الجديد وليكن / U_3 /

$$\frac{N_1}{N_3} = \frac{U_1}{U_3}$$

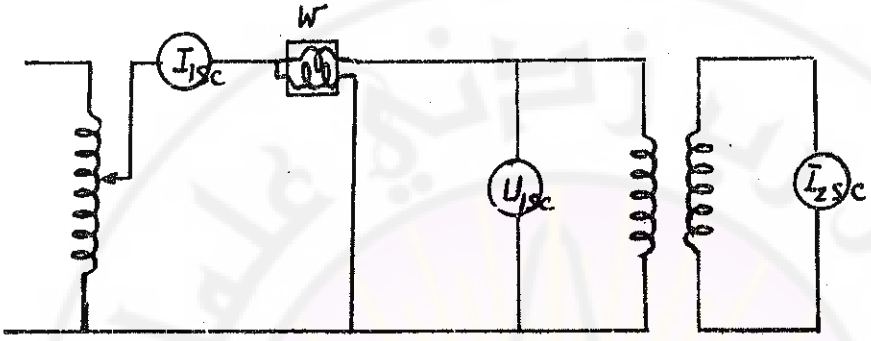
٢ — قس ابعاد القلب الحديدى للمحولة واحسب بشكل تقريبي مقطعه ثم احسب الكثافة العظمى للفيض المغناطيسي من العلاقة ٠

$$E = 4,44 \Phi N$$

وذلك عند التوتر الاسمي ٠

ثالثـا : المحولة الاحادية الطور في دارة قصيرة :

١ ــ حقـق الدارة المبينـة بالشكل :



٢ ــ اقصر الملف الثانوي للمحولة بواسطة مقياس أمبير

٣ ــ طبق على الملف الأولي توترا بدءا من الصفر وعلى خطوات حتى يصبح التيار المار في ملفات المحولة مساو لـ ١٢٥٪ من قيمته الاسمية وسجل قراءات التوتر والتيارات / و والاستطاعة / عند كل خطوة .

٤ ــ افصل توصيلات المحولة وقس المقاومة الأوميه لكل من الملفين الأولي والثانوي وذلك بتغذية كل ملف بتوتر مستمر وقياس التيار المار والتوتر المطبق (أو بواسطة جسر ونستون) .

٥ ــ ارسم المنحنيات التي تبين /

٦ ــ احسب الممانعة المكافئة للمحولة منسوبة الى الملف الأولي

$$w_{sc} = I_{1sc}^{2} R_{eq}$$

$$Z_{eq} = \frac{U_{1sc}}{I_{1sc}}$$

$$X_{eq}^{2} = Z_{eq}^{2} - R_{eq}^{2}$$

٧ ــ قارن / R_{eq} / مع المقاومة الناتجة عند استعمال جسر ونستون ...

٨ ــ ارسم الدارة المكافئة للمحولة .

٩ ــ ارسم المخطط الشعاعي الكامل للمحولة في حالة الدارة القصيرة ومن اجل التيار الاسمي .

١٠ ــ هل تتغير الضياعات في المحولة في الدارة القصيرة هي الضياعات في نحاس المحولة ؟ علل ذلك ؟ .

١١ ــ احسب مردود المحولة وارسم المنحنيات بالنسبة للحمولات المختلفة وعند .

آ ــ عامل استطاعة يساوى الواحد

ب ــ = = = ٠ر٨ متأخر

جـ ــ = = = ٠ر٨ متقدم

١٢ ــ ما هي الحمولة الموافقة للمردود الاعظمي ؟ .

التجربة الثانية عشر :

تعيين تتابع الأطوار :

الهدف من التجربة :

تعيين تتابع الأطوار للمنهج بعدة طرق مختلفة ورسم المخططات الشعاعية التي تحقق النتائج .

المبدأ النظري :

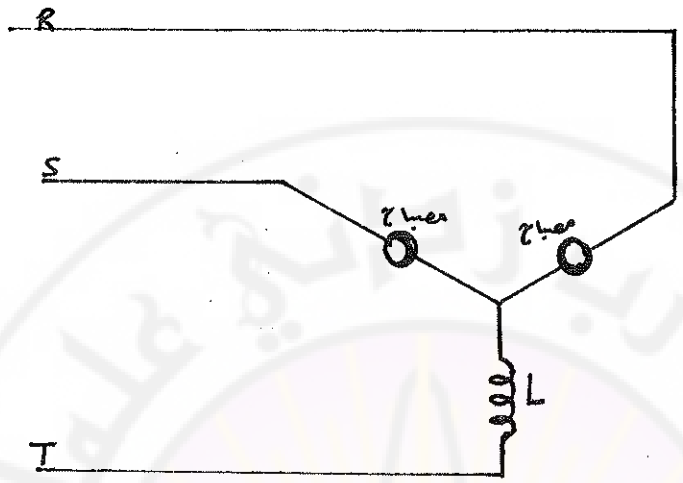
يقصد بتتابع الاطوار بانه الترتيب الذي تتبعه توترات الخطوطفي وصولها لقيمتها العظمى فالتتابع للأطوار / R,S,T / يعني انه الطور / R / - يصل الى قيمته العظمى أولا ثم يتبعه الطور / S / ثم الطور / T /

ان معرفة تتابع الأطوار له أهميته من الناحية العمليه فهي تفيدنا عند اجراء عملية التوافق بين المنوبات والمحركات التوافقية كما تفيدنا عند توصيل المحولات الثلاثية الطور على التوازي كذلك في معرفة اتجاه دوران المحركات الثلاثية الطور .

الطريقة الأولى : استعمال مصباحين وملف تحريضي .

خطوات العمل :

١ - حقق مخطط الوصل التالي بعد اختيار الأجهزة المناسبة وبحيث تكون القيمة العددية لممانعات الفروع الثلاثة متقاربة .



٢ ــ وصل المنبع ثم لاحظ أن أحد المصباحين سيضيء أكثر من الآخر . وان الطور الموصل الى المصباح المضيء يتأخر عن الطور الموصل الـــى المصباح المعتم وعندئذ عين تتابع الأطوار / R,S,T / أم / R,T,S /

٣ ــ قس التوتر عبر كل فرع وكذلك التوتر بين نقطة النجمة والخط الحيادى ثم ارسم المخطط الشعاعي وتحقق من النتائج

٤ ــ بدل اثنين من خطوط الأطوار الموصلة الى الدارة وتأكد من النتيجة السابقة .

الطريقة الثانية : استعمال مصباحين ومكثف :

خطوات العمل :

١ ــ بدل الملف التحريضي في الدارة السابقة بمكثف .

٢ ــ صل المنبع ولاحظ أن الطور الموصل الى المصباح المضيء يتقدم عـــن

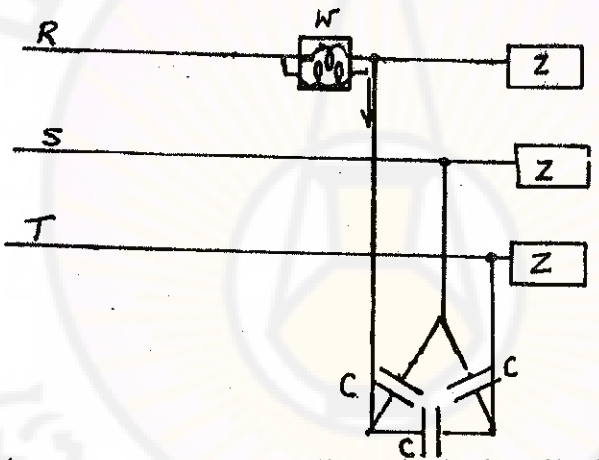
الطور الموصل الى المصباح المعتـم ٠

٣ ـ قس التوترات كالسابق وارسم المخطط الشعاعي الذى يبين هذه النتائج

الطريقـة الثالثـة : استعمال حمل سعوى متزن ثلاثي الطور ٠

خطـوات العمل :

١ ـ حقق مخطط التوصيل المبين بالشكل (بحيث يكون عامل الاستطاعـة للحمل السعوى حوالي ٠,٥)



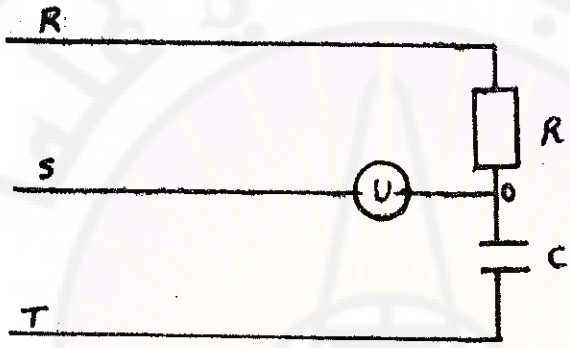
٢ ـ صل ملف التوتر لمقياس الاستطاعة عبر / R,S / وخذ قراءة مقياس الاستطاعة هذا ولتكن / W_1 / ثم غير وصل ملف التوتر الى / R,T / وخذ القراءة ولتكن / W_2 /

٣ ـ ارسم المخطط الشعاعي المناظر وبرهن أن / W_1 / ستكون أكـبر من أجل التتابع / R,S,T / وعلى العكس ستكون / W_2 / هـي الاكبر من اجل التتابع / R,T, S /

الطريقة الرابعة : استعمال مقاومة ومكثف ومقياس فولت :

خطوات العمل :

١ ــ صل المقاومة / / على التسلسل مع المكثف / / الى خطين من خطوط المنبع كما في المخطط التالي :



٢ ــ قس التوتر عبر / C , R / وكذلك بين النقطة / / والخط الثالث للمنبع باستخدام مقياس الفولت ذى المقاومة العالية واذا كان هذا التوتر (بين / O / والخط الثالث) اقل من جهد الخط / فان تتابع الاوجه هو / R,S,T / ، اما اذا كان أكبر فالتتابع هو / R T S /

٣ ــ بدل اثنين من الخطوط الموصلة للدارة وتأكد من النتائج السابقة .

٤ ــ ارسم المخطط الشعاعي الذى يحقق هذه النتائج .

الاستنتاجات ومناقشة النتائج :

آ - بماذا تفيدنا معرفة تتابع الأطوار في الحياة العملية .

ب - ما هو عدد احتمالات تعيير نتائج الأطوار في المجموعات الثلاثية الطور .

جـ - ما هو تأثير تغير تتابع الأطوار على اتجاه دوران محركات التيار المتناوب ثلاثية الطور .

د - سجل ملاحظاتك حول هذه التجربة وأى من هذه الطرق تفضل ولماذا ؟

Damascus University

قواعد الأمن الكهربائي

يتطلب التعامل مع الأجهزة الكهربائية درجة عالية من الحيطة والحذر - فالحوادث المؤسفة التي تسببها الكهرباء يمكن ان تحدث عند التعامل مع التجهيزات الكهربائية الدوارة كالآلات الكهربائية والميكانيكية وكذلك نتيجة لتماس مباشر بين الانسان ومع الاجزاء التي تحمل تيارا كهربائيا . وغالبا ما تؤدي هذه الحوادث الى الوفاة .

لذلك فان معرفة قواعد الآمن الكهربائي يعتبر شرطا مهما والزاميا لكل كهربائي يتعامل مع الكهرباء وذلك قبل السماح له بالعمل .

ولما كان كتابنا هذا موجها للطلاب الذين سيعملون بالتجارب المخبرية فاننا نرى لزاما علينا توجيه الضوء على اسباب الاصابة بالتيار الكهربائي وأهم الوسائل للوقاية من الاصابة واهم الاسعافات الأولية التي يجب أن تقدم للمصاب بالكهرباء .

آ - أثر التيار الكهربائي في جسم الانسان:

أن اصابة الانسان بالتيار الكهربائي تسبب تقلصا في عضلاته وكذلك الى حروق قد تكون خطرة في جسمه ،وعند تقلص عضلات الجسم ولفترة طويلة فان ذلك يؤدي الى توقف التنفس وتوقف حركة القلب . اما اهمية الحروق التي تصيب الانسان من جراء التيار الكهربائي وخطورتها تتبع لشدة هذا التيار فاذا كانت شدة التيار الذي يخترق جسم الانسان اكثر من ٢٪ من الأمبير

فان ذلك يكون خطرا عليه وتصل درجة الخطورة الى الموت اذا ما كانت شدة التيار أكبر من ١٠٪ من الامبير ٠

ب ـ اسباب الاصابة بالتيار الكهربائي :

تتعلق مقاومة جسم الانسان للتيار الكهربائي بعدة عوامل منها :

ـ طول خط سير التيار الكهربائي في جسم الانسان ومكانه ٠

ـ حالة الجلد عند مرور التيار ٠

ـ الحالة العصبية للانسان ٠

ـ مقاومة اللباس الذى يرتديه المصاب والحذاء ٠

ـ مفرش الأرض التي يقف عليها ٠

والمقاومة الكهربائية لجسم الانسان تتراوح بين ٦٠٠ أوم حتى ١٠٠٠٠٠ أوم ولكي لا تحدث الاصابة بالتيار الكهربائي وبالتالي حتى لا يمر التيار الكهربائي في جسم الانسان يجب أن يتحقق ما يلي :

١ ـ عدم حصول التماس المباشر مع الاجزاء الكهربائية الموصلة بالتيار والموجودة باستمرار تحت التوتر في الآلة الكهربائية ٠

٢ ـ عدم التماس المباشر مع الأجزاء أو القطع الكهربائية الغير موجودة تحت الجهد ولكنها تصبح خطرة في لحظة وقوع الاصابة ٠

٣ ـ عدم الاقتراب من اجزاء أو عناصر موجودة تحت الجهد العالي أو التي يمكن أن تقع تحت تأثير الجهد العالي لحظة وقوع الحادث أو الاصابة ٠

وتجدر الاشارة هنا الى ان الاصابات الكهربائية خطيرة فيما لو كانت مسببة

من كهرباء ذات توتر عالي أو ذات توتر منخفض وتشير الاحصاءات الى ان — ٨٠٪ من الحوادث الكهربائية تتم بالتوتر المنخفض .

جـ — وسائل الوقاية من الاصابة بالتيار الكهربائي :

وتقسم هذه الوسائل الى وسائل عامة لحماية السكان الذين يستهلكون الطاقة الكهربائية ووسائل خاصة تتعلق بالاشخاص الذين يقومون بتركيب التجهيزات الكهربائية .

الوسائل العامة :

١ — العزل الكهربائي الجيد للتجهيزات ولخطوط نقل وتوزيع القدرة الكهربائية .

٢ — التأريض وشكل خاص

— تأريض أغطية وقواعد وهياكل الآلات الكهربائية والمحولات — والقواطع والآلات الأخرى .

— تأريض الهياكل المعدنية في لوحات التوزيع ولوحات التحكم .

٣ — الوقاية من التوتر الكهربائي الزائد .

٤ — الحواجز ولافتات الانذار .

الوسائل الخاصة :

وهي وسائل لحماية العاملين في تركيب واصلاح واستثمار التجهيزات الكهربائية والذين تقتضي ظروف عملهم التماس مع بعض الاجزاء الحية

اثناء العمل ومن اهم هذه الوسائل

١ ــ استعمال مؤرضات متنقلة مؤقتة

٢ ــ استعمال حبال مرنة ذات مماسك لولبيه لقص الدارة الكهربائية وتأريض خطوط الطور

٣ ــ لبس قفازات مطاطية

٤ ــ استعمال احذية من المطاط

٥ ــ استعمال بساط عازل من المطاط .

٦ ــ تلبيس مماسك ورؤوس ادوات العمل بعازل مطاطي .

٧ ــ قضيب خاص لقطع التيار

٨ ــ نظارات واقية

د ــ قواعد الأمن الرئيسية من الحوادث الكهربائية :

١ ــ عدم الاقتراب من الأجزاء الواقعة تحت التوتر في أي جهاز كهربائي .

٢ ــ عدم لمس الاجهزة والنواقل الكهربائية حتى لو كانت معزولة .

٣ ــ عدم التأكد من وجود توتر في الدارة الكهربائية بواسطة الاصبع مهما كانت الظروف

٤ ــ عدم لمس الاسلاك المقطوعة الواقعة على الأرض وذلك من أجل فحصها كما يمنع الاقتراب من هذا السلك الى مسافة تقل عن خمسة امتار وعند

وعند اكتشاف سلك مقطوع يجب اخذ جميع الاحتياطات لابعاد الناس عنه وعدم اقترابهم منه ثم المبادرة الفورية الى قطع التيار عنه .

٥- تجرى جميع الاصلاحات وقياس العازلية للأسلاك المقطوعة بعد قطع التيار .

٦ - يمنع منعا باتا القيام باية اعمال على الاجهزة الكهربائية في الظلام .

٧ - عدم اجراء أى اعمال خارجية على العناصر الكهربائية اثناء المطر

هـ - تقديم الاسعافات الأولية في حال وقوع أى حادث كهربائي :

١ - يجب تقديم المساعدة الفورية للمصاب بالكهرباء فور اختفاء علامات الحياة كالنبض والتنفس . وغالبا ما تكون حوادث الوفاة ظاهرية عند الاصابة بالتيار الكهربائي والطبيب وحده هو الذى يقرر عدم جدوى متابعة المحاولات لانقاذ حياة المصاب . والاسعافات الأولية الواجب تقديمها .

آ - عندما يكون المصاب فاقدا الوعي ينبغي تمديده بهدوء وبشكل مريح ثم تحل ثيابه ويعطى جرعة من الهواء النقي ويشم رائحة روح النشادر ويرش بالماء ويدلك جسمه ويدفاء

ب - اذا كان تنفس المصاب سيئا ودقات قلبه مكبلة وغير مسموعة يجب عندها اجراء التنفس الاصطناعي وتمسيد القلب بسرعة . ويجب تجنب الضغط الزائد على خلايا الصدر كي لا تنكسر ضلوع المصاب .

٢ - يجب استدعاء الطبيب سريعا .

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University