محاضرات في التيار المتردد

قسم الفيزياء

كلية العلوم بقنا

2025-2024

الكلية:التربية

الفرقة: الثانية معلم اعدادي وثانوي

التخصص: الفيزياء

تاريخ النشر: 2024

عدد الصفحات:85

أستاذ المقرر: أ.د. خالد صلاح الدين ابراهيم

المحتويات

الفصل الأول: مقدمة عن التيار المتردد

الفصل الثاني: دوائر التيار المتردد

الفصل الثالث: تطبيقات علي التيار المتردد

مقدمة فى التيار المتردد

مقدمة

ينقسم التيار الكهربائي الى نوعين النوع الأول هو التيار المستمر والذي يرمز له بالإنجليزية بـ DC ، والنوع الأخر هو التيار المتردد والذي يرمز له بالإنجليزية بـ AC.

التيار المستمر DC

ويرمز له اختصارا بـالحرفين DC وهما اختصارا من المصطلح الانجليزي Direct currentاي التيار المستمر بالعربية ويمسى احيانا بالتيار المباشر ويعرف ببساطة على انه: عبارة عن تدفق ثابت للإلكترونات من منطقة ذات جهد عال (القطب السالب) إلى أخرى ذات جهد أقل (القطب الموجب). وبالتالي فهو ثابت الشدة وموحد الأتجاه اي انه يسري في أتجاه واحد فقط. وفي التيار المستمر تتدفق الشحنة الكهربائيه في نفس الاتجاة بعكس النوع الاخر وهو التيار المتردد. ويظهر التيار المستمر في العديد من التطبيقات المنخفضة الجهد، خصوصا تلك التي تعمل بالبطاريات، التي تولد تيارًا مستمرا فقط، أو أنظمة الطاقة الشمسية، حيث أن الخلايا

الشمسية بإمكانها توليد تيارات مستمرة فقط. اذا فنظام توليد الطاقة الكهربائيه من الخلايا الشمسية يقوم بتوليد تيار كهربائي مستمر

التيار المترددAC

ويرمز له اختصارا بالحرفين AC وهما اختصارا من المصطلح الانجليزي Alternating Currentاي التيار المتردد بالعربية ويسمى ايضا بـ التيار المتردد الجيبي وبالإنجليزية Sinusoidal Alternating Current ويطلق عليه ايضا التيار المتناوب ويعرف على انه تيار كهربائي يعكس اتجاهه بشكل دوري ويتذبذب في مكانه ذهابا وإيابا 50 أو 60 مرة في الثانية حسب النظام الكهربائي المستخدم. وبالتالي فهو متغير الشدة ومتغير الاتجاه (أي يتغير اتجاه سريانه بين القطبين الموجب والسالب). والتيار المتردد له عده انواع منها التيار المتردد الجيبي والتيار المتردد المنشاري والتيار المتردد المثلثي والتيار المتردد الرباعي، وكل نوع له خصائص ومميزات. وأكثر الأنواع المستخدم هو التيار المتردد الجيبي. نحن اليوم وفي عالمنا هذا نستخدم التيار المتردد لكل استخدامات نقل الطاقة الكهربية لأنه ملائم أكثر من التيار المباشر عند النقل لمسافات طويلة ولا يفقد نسبه كبيرة من طاقته لأغراض توزيع ونقل الطاقة الكهربائيه وقلة تكلفت نقلة مقارنة بالتيار المستمر الا

ان التيار المستمر ذو الجهد العالي ايضا يُستخدم لنقل الطاقة من نقطة لأخرى لمسافات طويلة وللكابلات التي تمر تحت الماء، وقد تكون قيمة الجهد بضعة كيلوفولت إلي حوالي واحد ميجافولت.

الأجهزة في بيوتنا تستخدم التيار الكهربائي المتردد AC

جميع البيوت واغلب الاجهزة الكهربائية المستخدمه فى المنازل تستخدم تيارا كهربائي مترددا AC وكما ذكرت بما ان الخلايا الشمسية تقوم بإنتاج تيار كهربائي مستمر فلهذا حتى نستطيع تشغيل الاجهزة الكهربائية التي تعمل بتيار كهربائي متردد فلا بد لنا من تحويل التيار من DC الى AC عن طريق جهاز يسمى inverterانفيرتر) او العاكس لو اردنا تحويل التيار المتردد AC الى التيار المستمر DC فاننا نستخدم جهازا يسمى) Rectifier ريكتيفير). اذا فأول ما يجب ان نعرفه عند بناء نظام توليد طاقة كهربائية من الطاقة الشمسية اننا سوف نحتاج انفرترInverter لتحويل التيار الكهربائي من تيار مستمر DC الى تيار متردد AC ان كنا نود تشغيل اجهزة المنزل الكهربائية المعتاده كالتلفزيون والكمبيوتر والاضاءة التي تعمل في المنزل.

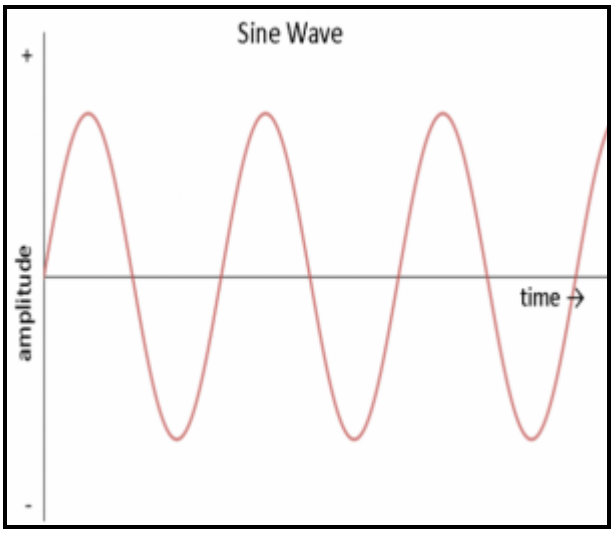
.

الأشكال الموجية (waveforms)

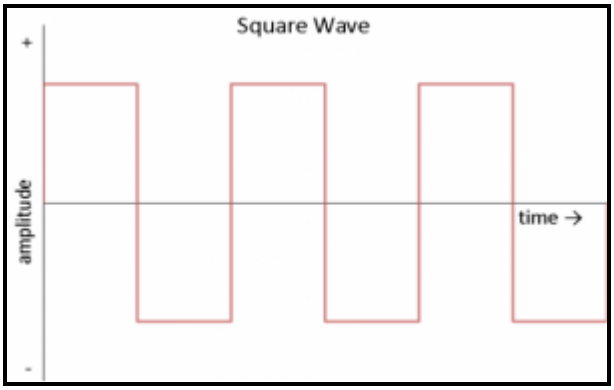
للتيار المتردد أشكال عديدة يمكن أن يتواجد عليها طالما أن التيار والجهد يتغيران. إذا قمنا بتوصيل راسم اهتزازات (oscilloscope) في دائرة تعمل بالتيار المتردد ثم قمنا برسم مخطط لتغير الجهد مع مرور الزمن فربما نلاحظ عدداً من الأشكال الموجيه المختلفة. وأكثر أشكال التيار المتردد شيوعاً هي الموجة الجيبية (sine wave). التيار المتردد في معظم المنازل والمكاتب له جهد متذبذب ينتج عنه موجة جيبية.

فيما يلى بعض أنواع التيار المتردد :

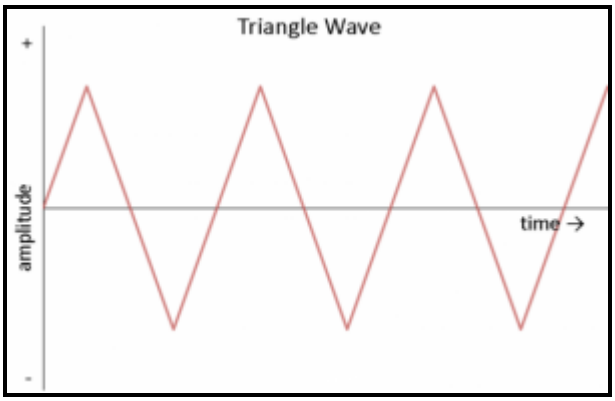
1- التيار المتردد الجيبى Sinusoidal Alternating Current



2- التيار المتردد ذو الموجات المربعة غالباً تُستخدم الموجات المربعة في الإلكترونيات الرقمية وإلكترونيات التحويل لاختبار عملها.



3- التيار المتردد ذو الموجات المثلثية التى تستخدم في توليف الصوت (sound synthesis)، ومفيدة أيضاً في اختبار الإلكترونيات الخطية مثل المضخمات (amplifiers).



الكميات الأساسية للتيار والجهد المتردد

الموجه هى المسار الذى يرسمه الجهد أو التيار بدلالة الزمن

الزمن الدورى هو الزمن اللازم لأتمام دورة كاملة ويرمز لها ب T

التردد هو عدد الذبذبات التى يحدثها التيار او الجهد فى الثانية الواحدة ويرمز لها ب f وتقاس بالهيرتز Hz

KHz =1000 Hz MHz =10^6 Hz

التردد الزاوى هو مقدار الزاويه المقطوعة فى الثانية الواحدة وتعطى ب

$$w = 2\pi f$$

ويقاس التردد الزاوى بوحدة rad/second اى زاوية نصف قطريه فى الثانية

القيم العظمى V_m هى مقدار أعلى قيمة للجهد

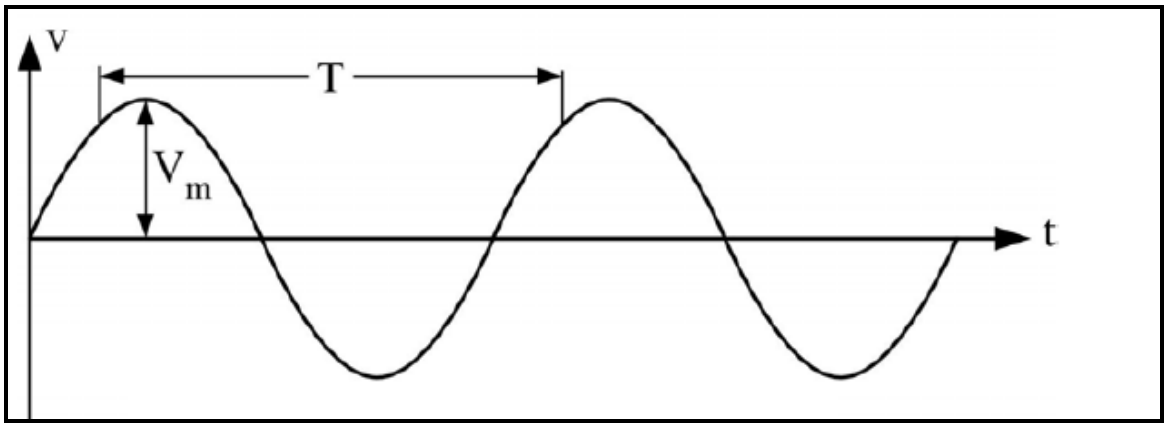
القيمة الفعالة للتيار المتردد I_{eff} او $I_{r.m.s}$ هى شدة التيار المستمر الذى يولد نفس كمية الحرارة التى يولدها تيار متردد خلال نفس الفترة الزمنية فى نفس المقاومه

$$\frac{I_{eff}}{I_m} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

القيمة اللحظية V_t هى مقدار الجهد عند اى لحظه ويعطى ب

$$V_t = V_m \sin wt$$



خواص التيار المتردد

1. يمكن رفع أو خفض القوة الدافعة الكهربية للتيار المتردد باستخدام المحولات الكهربية
2. يمكن نقله لمسافات بعيدة دون فقد كبير في الطاقة الكهربية
3. يمكن تحويله إلى مستمر
4. يصلح في عمليات الإضاءة والتسخين ولا يصلح في التحليل الكهربي والطلاء بالكهرباء.
5. له تأثير حرارى

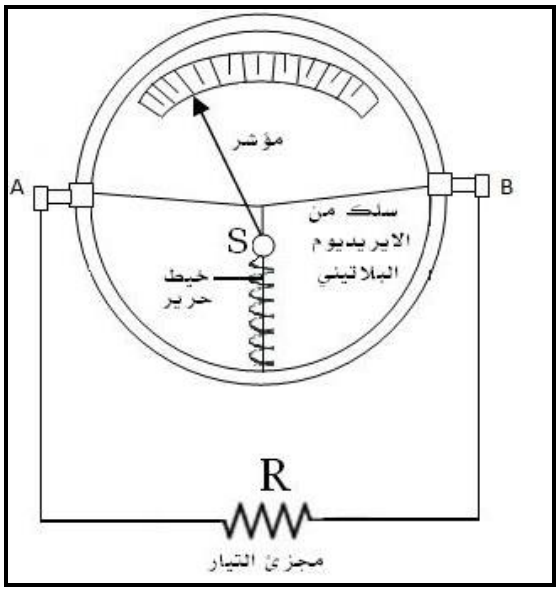
المقارنة بين التيار المتردد والتيار المستمر

1	متغير الشدة والاتجاه بصفة دورية مع الزمن	ثابت الشدة موحد الاتجاه
2	يتولد من دينامو التيار المتردد	يتولد من دينامو التيار المستمر اوالبطاريات
3	يمكن رفع او خفض جهده بواسطة المحولات	لا يمكن رفع او خفض جهده
4	ينقل دون فقد كبير في الطاقة عبر اسلاك النقل بواسطة المحولات	ينقل مع فقد كبير في الطاقة عبر اسلاك النقل
5	يستخدم في الإضاءة وتشغيل الآلات الكهربائية	.يستخدم في الشحن وطلاء المعادن بالتحليل الكهربي
6	يقاس بواسطة الأميتر الحراري (ذو السلك الساخن	يقاس بواسطة الأميتر ذو الملف المتحرك والأميتر الحراري
7	يمر خلال المكثفات	لا يمر خلال المكثفات

قباس التيار المتردد

يقاس التيار المتردد باستخدام الاميتر ذو الملف الساخن لان فكرته تعتمد على التأثير الحراري للتيار الكهربي.

تركيب الأميتر الحراري



1. سلك رفيع من سبيكة الايريديوم و البلاتين مشدود بين المسمارين. A, B
2. يتصل السلك من منتصفة بطرف خيط حرير يلف لفة واحدة حول بكرة S
3. يشد الخيط الحريري بواسطة زنبرك مثبت في الجدار ويكون مشدود دائماً.
4. يثبت على البكرة مؤشر يتحرك طرفه أمام تدريج غير منتظم لقياس شدة التيار.
5. يوصل سلك الايريديوم -البلاتيني على التوازي بمقاومة R تستخدم كمجزئ التيار.

6. يعطي الاميتر الحراري القيمة الفعالة للتيار المتردد أو شدة التيار المستمر

نظرية عمل الاميتر الحرارى

- يوصل الاميتر الحراري على التوالي بالدائرة المراد قياس شدة التيار (المتردد أو المستمر) بها.
- عند مرور التيار في السلك ترفع درجة حرارته ويتمدد ويرتخي إلى أسفل.
- يقوم خيط الحرير بشد السلك فتدور البكرة ويتحرك المؤشر على التدريج.
- تؤخذ القراءة عند ثبات المؤشر(الاتزان) وذلك عندما تتساوى كمية الحرارة المتولدة في السلك في زمن معين مع كمية الحرارة المفقودة في نفس الزمن
- يدل التدريج(غير منتظم) على القيمة الفعالة للتيار المتردد.
- عند قطع التيار يبرد السلك وينكمش فيعود المؤشر إلى صفر التدريج

عيوب الاميتر الحراري

- تحرك المؤشر ببطء عند القياس وعودته الي الصفر ببطء عن انتهاء القياس (عند قطع التيار)

- يوجد به خطأ صفري لتأثره بدرجة حرارة الجو المحيط للتغلب على هذا العيب يشد السلك على لوحة من مادة لها نفس معامل تمدد السلك مع عزله عنها.

معايرة الاميتر الحرارى

يعاير الاميتر الحراري بمقارنته بالأميتر ذو الملف المتحرك عندما يوصلا معاً على التوالي في دائرة ويمر فيهما تيار مستمر

لتأثر الأميتر بدرجة حرار ة الجو المحيط , لذلك يوجد به مسمار ضبط لإعادة المؤشر الى صفر التدريج قبل القياس بين الأميتر الحراري والأميتر ذو الملف المتحرك:

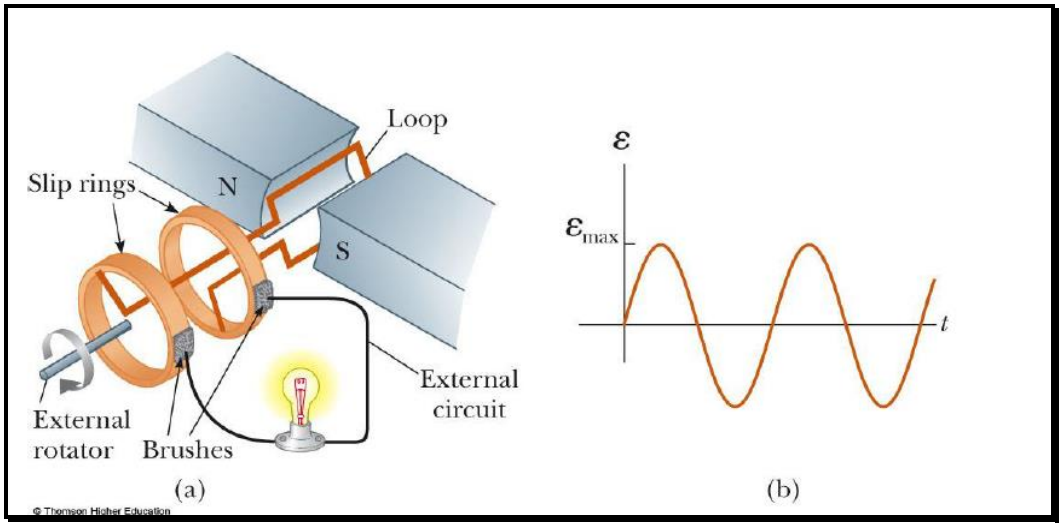
توليد التيار المتردد

يقوم المولّد الكهربائيّ أو الدينامو بتحويل الطاقة الميكانيكيّة إلى طاقة كهر بائية لنقلّها وتوزيعها خلال خطوط الكهرباء لاستخدامها بالصناعة، والتجارة، كما يتم استخدام الدينامو لإنتاج الطاقة الكهربائية اللازمة لحركة السيارات، والسفن، والطائرات، والقطارات ويتم ذلك عن طريق سقوط الشلالات أو حرق المواد البترولیه أو الطاقة النوويه .

تركيب الدينامو

يتكون المولد الكهربى من ملف من النحاس يدور بفعل قوة خارجية بين قلبى مغناطيس ويوضح الشكل التالى المولد الكهربى الفيض المغناطيسى خلال الملف فى

$$\phi_B = BA\cos\varphi = BA\cos wt$$ أى وقت هو



أذا كان عدد اللفات للملف الذى يدور بين قطبى المغناطيس هو N والقوة الدفعة الكهربية المتولدة هى E

$$\varepsilon = -N\frac{d\Phi_B}{dt} = -N\frac{d(BA\cos\omega t)}{dt}$$

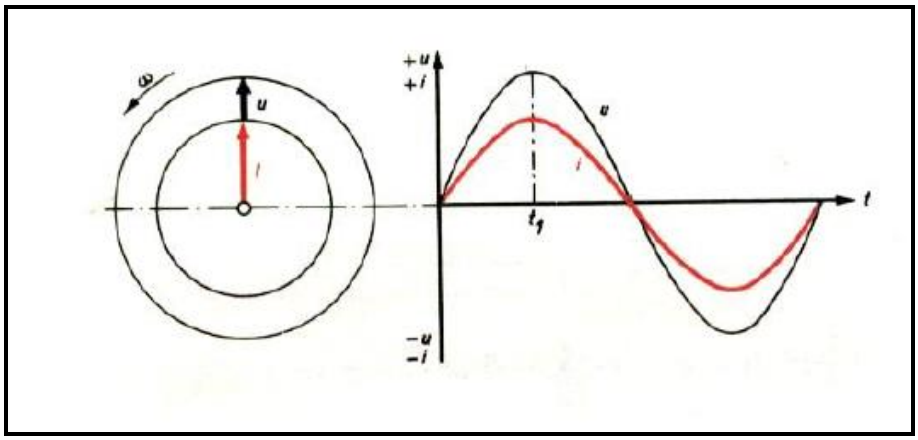
$$= NBA\omega \sin\omega t$$

$$\varepsilon = NBA\omega \sin\omega t = \varepsilon_{max} \sin\omega t$$

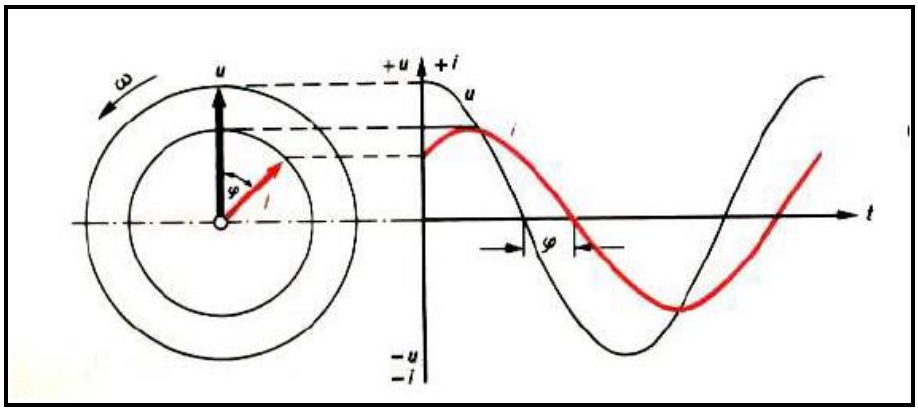
$$\varepsilon_{max} = NBA\omega$$

يمكن تمثيل الموجه الجيبية بمتجه يدور بسرعة ثابتة وفى حالة تمثيل اكثر من موجه جيبية نحصل على مخطط المتجهات

1. موجتان متوافقتان فى الطور اذا كانتا تصلان الى القيمة العظمى والصغرى فى أن واحد كما بالشكل



2. موجتان بينهما زاويه Q تعرف بزاوية الأزاحة مقدارها Q ويقال ان موجة التيار تأخرت عن موجة الجهد بزاوية مقدارها Q كما بالشكل



أسئلة عن الفصل الأول

ضع علامه √ أمام العبارة الصحيحة وعلامة × أمام العبارة الخاطئة

1) التيار المستمر يرمز له بالإنجليزية بـ DC ، و التيار المتردد يرمز له بالإنجليزية بـ AC.
2) التيار المتردد هو تيار ثابت الشده بينما التيار المستمر متغير الشدة والاتجاه
3) تعتبر الخلايا الشمسية أحد مصادر التيار المتردد
4) يستخدم الانفرتر inverter فى تحويل التيار المستمر الى تيار متردد
5) يستخدم التيار المتردد فى الإضاءة وتشغيل الأدوات الكهربية
6) يستخدم التيار المتردد فى طلاء المعادن
7) يمر التيار المتردد خلال المكثفات بينما لا يمر التيار المستمر خلال المكثفات
8) يستخدم الأميتر ذو الملف الساخن فى قياس التيار المستمر
9) القيمة الفعالة للتيار المتردد تساوى القيمة العظمى / $\sqrt{2}$
10) يمكن تحويل التيار المتردد الى مستمر
11) يتكون المولد الكهربى من ملف من النحاس بين قطبى مغناطيس
12) يمكن رفع اوخفض جهد التيار المستمر
13) عند نقل التيار المتردد عبر الاسلاك يفقد كمية كبيرة من قيمته
14) الاميتر ذو الملف الساخن فكرته تعتمد على التأثير الحراري للتيار الكهربي

أختر الأجابة الصحيحة

1-المعادلة التى تحدد الجهد فى التيار المتردد

A. $V\sin \omega$
B. $\sin t$
C. $V_m \sin \omega t$
D. $V=IR$

2-المعادلة التى تحدد قيمة التيار المتردد

A. $I \sin \omega$
B. $\sin t$
C. $I_m \sin \omega t$
D. $V=IR$

3- التيار والجهد للتيار المتردد لهما موجتان متوافقتان فى الطور اذا كانتا

A. تصلان الى القيمة العظمى والصغرى فى أن واحد
B. الجهد يسبق التيار بزاوية
C. التيار يسبق الجهد بزاويه
D. القيمه الصغرى للجهد تساوى القيمة العظمى للتيار

4- يعاير الاميتر الحراري

A. بمقارنته بالأميتر ذو الملف المتحرك
B. بتوصيلة فى دائرة تيار مستمر
C. بتوصيله فى قنطرة مترية
D. بتوصيله مع اميتر على التوازى

5- من عيوب الاميترالحرارى

A. لايقيس التيار مباشرة
B. تحرك المؤشر ببطء عند القياس
C. كبر حجمه
D. يحتاج الى معايرة مستمرة

6- يعطي الاميتر الحراري عند القياس

A. القيمه العظمى للتيار المتردد
B. القيمة الفعالة للتيار المتردد
C. القيمة المتوسطة للتيار المتردد
D. القيمة الصغرى للتيار المتردد

الفصل الثاني

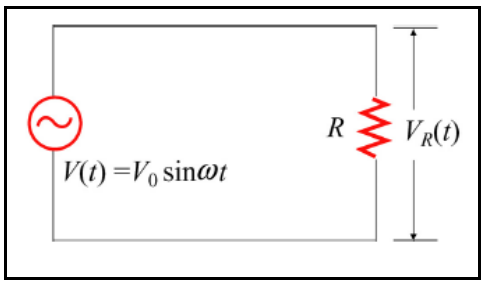
دوائـــــــــــــــــر التيار المتردد

هناك ثلاثة عناصر أساسية في دوائر التيار الكهربي المتردد هي المقاومة والملف والمكثف .فقد تحتوي دائرة التيار المتردد على واحدة او اثنتين من هذه العناصر او عليها جميعا .ويساهم كل من هذه العناصر للدائرة في اعاقة نمو التيار الكهربي ويسمى مجموع تأثيرات هذه العناصر بالمعاوقة الكلية نستعرض هذا فيما يلي بشيء من التفصيل

أولا: دائـــــــرة تحتوة على مقاومة عديمة الحث:

المقاومة الاومية

هي الممانعة التي يلقاها التيار المتردد او المستمر عن مروره في موصل نتيجة تصادم الكترونات التيار مع ذرات وجزيئات الموصل وتستنفذ فيها الطاقة على شكل حرارة



$$V = V_{max} \sin \omega t$$

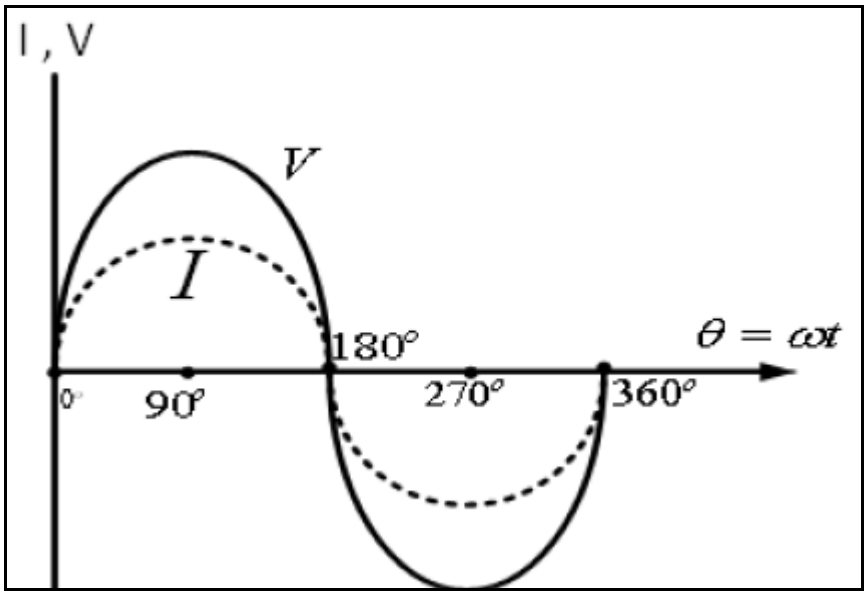
من قانون أوم

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

$$\because V = V_{max} . \sin \theta \quad (1)$$

$$\therefore I = I_{max} . \sin \theta \quad (2)$$

المعادلتان لهما نفس الطور اى أن الجهد والتيار يصلان معا الى النهاية العظمى والصغرى



واضح أن عند مرور التيار المتردد في مقاومة اومية عديمة الحث ينمو الجهد والتيار معاً ويصلان الي قيمة عظمي في آن واحد ثم يهبطان الي الصفر في آن واحد أي انهما في طور واحد حيث المقاومة لا تعتمد علي تردد المصدر وتحسب من العلاقة:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{V_{\max}}{I_{\max}} = \frac{V_{eff}}{I_{eff}}$$

يمكن ايجاد القدرة p المتولدة فى المقاومة من العلاقى

$$P = V_{rms} I_{rms}$$

$$P = \frac{V_{\max} I_{\max}}{\sqrt{2\sqrt{2}}} = \frac{V_{\max} I_{\max}}{2}$$

أيضا يمكن حساب القدرة من العلاقة التالية

$$P = I_{rms}^2 R = \frac{V_{rms}^2}{R}$$

مثال- أحسب القيمة العظمى لتيار متردد ينتج ثلاث امثال حرارة فى الثانية لتيار مستمر قيمته 2 امبير فى مثاومة R

الحل

الحرارة التى تنتج فى الثانية من تيار 2 امبير

$I^2R = 2^2R = 4R$

ثلاث امثال الحرارة فى الثانية $12\ R=$

القدرة يمكن حسابها من

$$P = I_{rms}^2 R$$

$$P = I_{rms}^2 R = 12R$$

$$I_{rms} = \sqrt{12}$$

$$I_{rms} = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{\max} = \sqrt{2} I_{rms} = \sqrt{12}\sqrt{2} = 4.94$$

—

2- وصل جهد متردد قيمته العظمى 4 فولت مع مقاومه قيمتها 100 اوم فما :

- طور التيار والجهد
- التيار فى المقاومة بوحدة ملى أمبير
- القدره فى المقاومة بوحدة ةً ملى وات

الحل

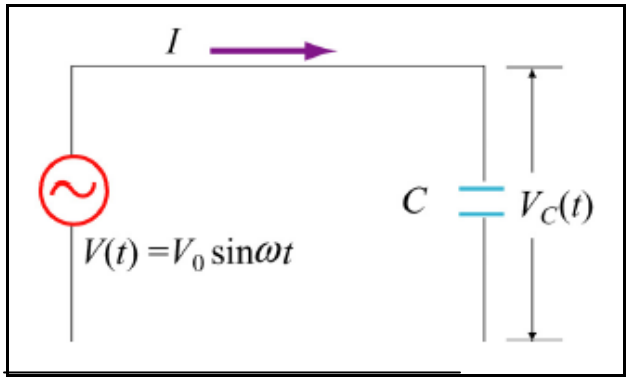
- كل من التيار واجهد لهما نفس الطور

$$V_{rms} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{4}{\sqrt{2}} = 2.828 \text{ volt}$$

- $$\mathrm{I}_{\mathrm{rms}} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{2.828}{100} = 0.028 = 28mA$$
- القدرة فى هذه الحالة

$$P = I_{rms}^2 R = 0.028 \times 0.028 \times 100 = 0.078W = 78mW$$

ثانيا : دائـــــرة تحتوة على مكثف سعته C



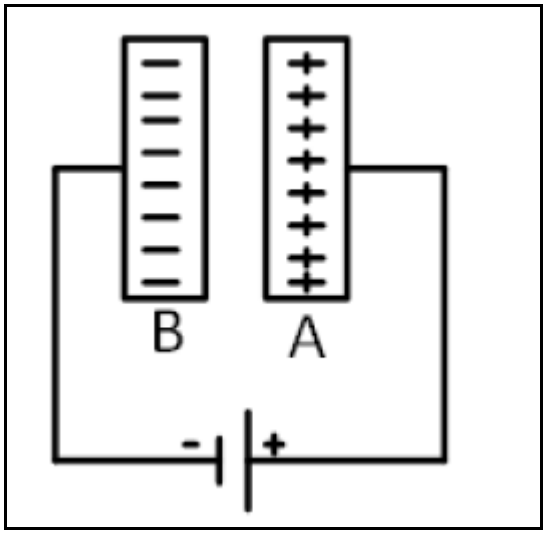
المكثف هو عبارة لوحان معدنيان متوازين بينهما مادة عازلة ويخزن الطاقة الكهربية على شكل مجال كهربي

سعة المكثف هي مقدار الشحنة الكهربية اللازمة لرفع فرق الجهد بين اللوحين بمقدار واحد فولت أو هي النسبة بين الشحنة المتراكمة على أي من لوحي المكثف إلى فرق الجهد بينهما وتقاس بوحدة الفاراد

$$C = \frac{Q}{V}$$

الفاراد هو سعة مكثف إذا شحن بشحنة مقدارها 1 كولوم يكون فرق الجهد بين لوحيه 1 فولت

توصيـــــل المكثف بجهد مستمر

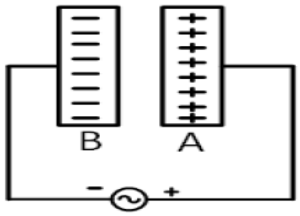
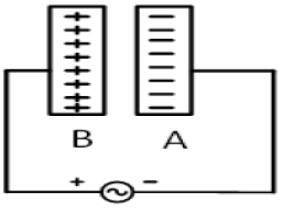


1. اللوح A متصل بالقطب الموجب : يشحن بشحنة موجبة ويرتفع جهده الموجب.

2. اللوح B متصل بالقطب السالب :يشحن بشحنة سالبة ويرتفع جهده السالب.

3. يزداد فرق الجهد بين لوحي المكثف تدريجياً بمرور الزمن حتى يتساوى مع فرق الجهد بين قطبي البطارية وبذلك يكون قد تم شحن المكثف ويتوقف مرور التيار. وبذلك يكون مرور التيار لحظي عند توصيل المكثف بمصدر جهد مستمر(اثناء الشحن فقط) ويتوقف تماما عند تمام الشحن.

توصيـــل المكثف بمصدر جهد متردد

خلال نصف الدورة الأول يكون اللوح A موجب و اللوح B سالب	خلال نصف الدورة الثاني يكون اللوح A سالب و اللوح B موجب
	
في ربع الدورة الأول (شحن)	في ربع الدورة الثالث (شحن)
تزداد emf للمصدر من صفر إلى نهاية عظمى فيشحن المكثف ويزداد فرق الجهد بين اللوحين حتى يصل لقيمة عظمى تساوي emf للمصدر	يعكس التيار اتجاهه ويتم شحن المكثف كما في الربع الأول ولكن بشحنات مضادة ويزداد فرق الجهد بين اللوحين حتى يصل لقيمة عظمى تساوي emf للمصدر
في ربع الدورة الثاني (تفريغ)	في ربع الدورة الرابع (تفريغ)
تقل emf للمصدر من نهاية عظمى إلى صفر ويصبح فرق الجهد بين لوحي المكثف اكبر من emf للمصدر فيفرغ شحنته في المصدر ويقل فرق الجهد بين اللوحين تدريجياً حتى يصل للصفر وذلك عندما تصل emf للمصدر إلى الصفر	تقل emf للمصدر من نهاية عظمى إلى صفر ويصبح V المكثف اكبر من emf للمصدر فيفرغ شحنته في المصدر ويقل فرق الجهد بين اللوحين تدريجياً حتى يصل للصفر وذلك عندما تصل emf للمصدر إلى الصفر كما حدث في الربع الثاني
يتكرر ذلك بصفة دورية وبذلك يمر التيار المتردد في دائرة المكثف عن طريق الشحن والتفريغ	

واضح ان التيار المستمر لا يستطيع ان ينساب خلال المكثف لوجود وسط عازل بين الالواح . على النقيض نجد ان التيار المتردد ينساب خلال المكثف حيث يتم شحن وتفريغ الواح المكثف باستمرار

من المعروف ان التيار هو معدل تغير الشحنة اى ان

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

بفرض ان الجهد المطبق على المكثف هو

$$V = V_{\max} \sin wt$$

مما سبق

$$Q = CV$$
$$= CV_{\max} \sin wt$$

وبالتالى

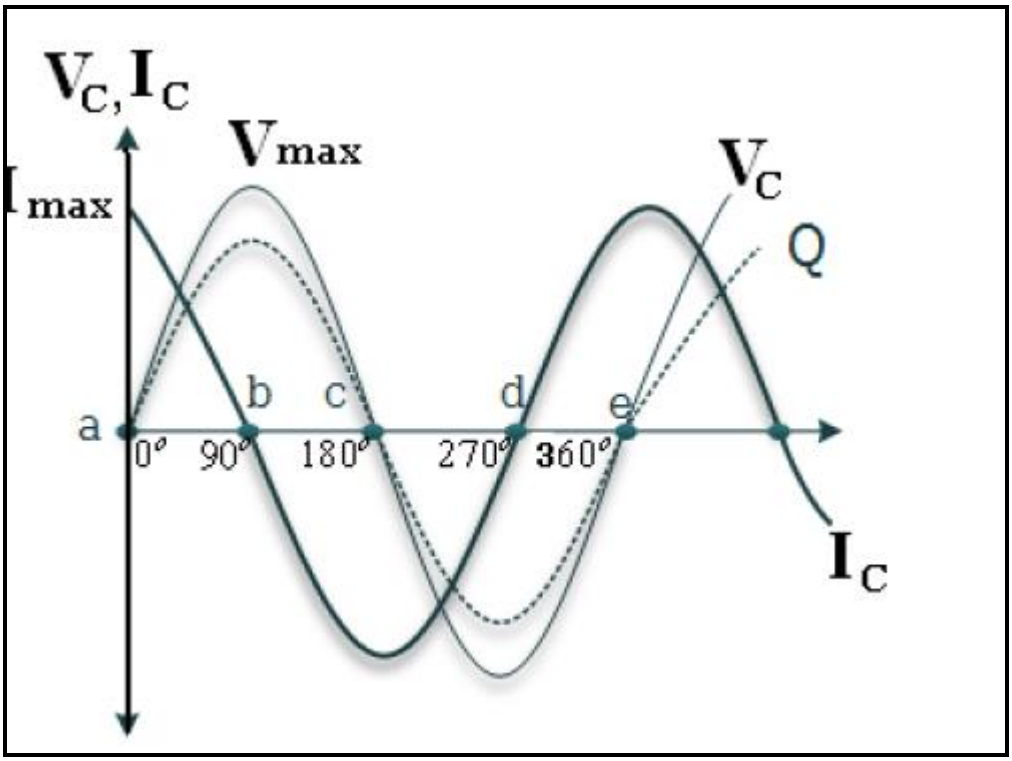
$$I = CV_{\max} w \cos wt$$
$$I = CV_{\max} w \sin\left(wt + 90\right)$$

$$I_{\max} = CV_{\max} w$$

وبالتالى يكون

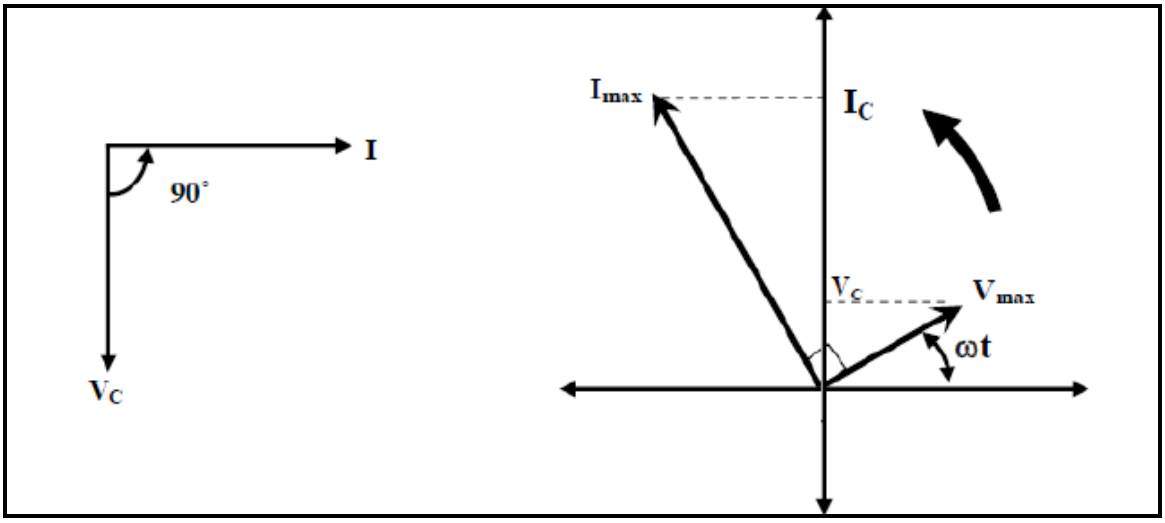
$$\frac{V_{\max}}{I_{\max}} = \frac{1}{wC}$$

فى هذه الحالة يكون التيار متقدما على الجهد بزاوية 90



يتضح انه عندما يكون الجهد فى اقصى قيمة فان المكث قد شحن تماما

التمثيل الاتجاهى للتيار والجهد



المفاعلة السعويه لمكثف هي الممانعة التي يلقاها التيار المتردد في مكثف نتيجة سعة المكثف

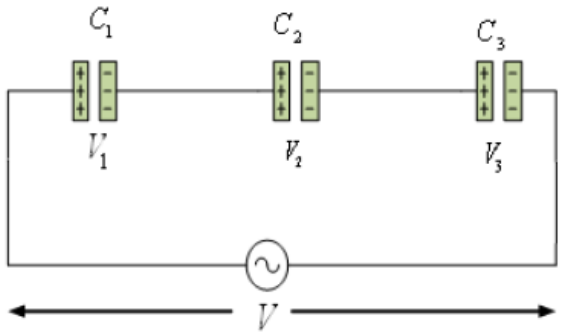
$$X_c = \frac{1}{wC} = \frac{1}{2\pi fC}$$

العوامل التى تتوقف عليها المفاعلة السعوية

1. تردد التيار(علاقة عكسية)
2. سعة المكثف(علاقة عكسية)

توصيل المكثفات :

التوالى



تشحن جميع المكثفات بنفس الشحنة ويجزئ فرق الجهد

$$\therefore V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\therefore \frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} = \frac{Q}{C_2} = \frac{Q}{C_3}$$

$$\therefore \boxed{\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_3}}$$

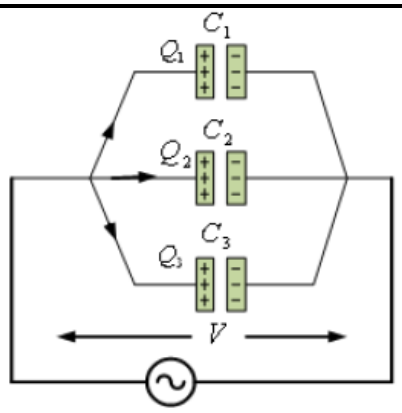
اذا كانت السعات متساوية

$$\boxed{C = \frac{C_1}{N}} \; farad$$

السعة الكلية لمكثفين:

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

التوازى



يكون فرق الجهد ثابت وتجزئ الشحنة.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$\therefore VC = VC_1 + VC_2 + VC_3$$

$$\therefore \boxed{C = C_1 + C_2 + C_3} \; farad$$

اذا كانت السعات متساوية

$$\boxed{C = N C_1} \; farad$$

مثال

دائرة تيار متردد تحتوى على مكثف سعته 1 ميكروفاراد أذا كان التردد 1000 هيرتز والتيار المنساب خلال الدائرة يساوى2 مللى امبير I_{rms} احسب الجهد عبر

المكثف وما هو التيار المنساب عندما يكون الجهد المتردد هو 20 فولت (V_{rms}) والتردد يساوى 50 هيرتز المستخدم مع المكثف

الحل

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 1000 \times 10^{-6}} = 159 \text{ ohom}$$

ولكن

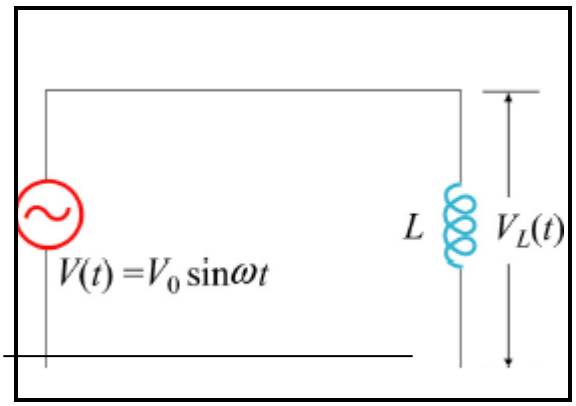
$$V = IX_c = \frac{2}{1000} \times 159 = 0.32 \text{ volt}$$

عند استخدام تردد 50 هيرتز و جهد 20 فولت تكون الممانعة السعوية

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 10^{-6}} = 3180 \text{ ohom}$$

$$\mathrm{I} = \frac{V}{X_c} = \frac{20}{3180} = 6.3 \times 10^{-3} \, Ampere$$

ثالثا دائـــــــرة تحتوى على ملف حث عديم المقاومة :



عند توصيل مصدر تيار متردد بملف حث عديم المقاومة فإن

1. ينمو التيار تدريجيا من صفر إلى نهاية عظمى بمعدل $\frac{\Delta L}{\Delta t}$

2. يتغير قيمة شدة التيار بمرور الزمن يولد قوة دافعة مستحثة عكسية بالحث الذاتي مقدارها

$$e.m.f = -L\frac{dI}{dt}$$

القوة الدافعة الكهربية ا لمستحثة العكسية تقاوم التغير الحادث في شدة التيار ويكون اتجاهها معاكساً(مضاداً)لاتجاه القوة الدافعة الكهربية للمصدر ويكون ترددها مساوياً لتردد المصدر.

أي أن القيمة اللحظية للجهد

$$V_L = -L\frac{dI}{dt}$$

بتطبيق قانون كيروشوف

$$V_t - V_L = V_t - L\frac{dI}{dt} = 0$$

$$\boldsymbol{V_t = L\frac{dI}{dt}}$$

$$\boldsymbol{\frac{V_m}{L}\sin wt.dt = dI}$$

بأجراء التكامل

$$\frac{V_m}{L}\int \sin wt.dt = \int dI$$

$$-\frac{V_m}{L.w}.\cos wt = I$$

$$I = \frac{V_m}{L.w}.\sin\left(wt - \frac{\pi}{2}\right)$$

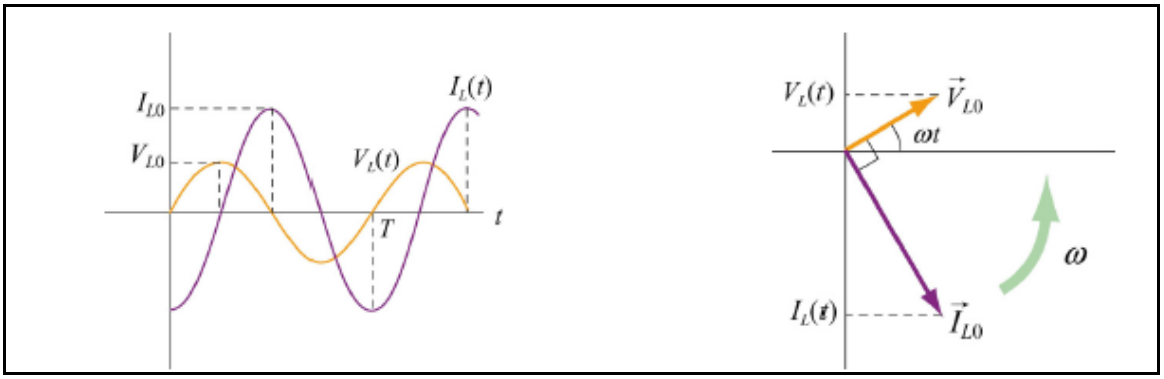
$$I = I_m \sin\left(wt - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$I_m = \frac{V_m}{wL}$$

$$\frac{V_m}{I_m} = wL$$

$$X_L = 2\pi fL$$

X_L تسمى المفاعلة الحثية ووحداتها أوم وتعتمد طرديا على التردد الزاوى w . اى ان المعاوقة تزداد مع زيادة التردد.برسم التيار والجهد نحصل على شكل الموجه لهما وفرق الطور كما واضح بالشكل التالى

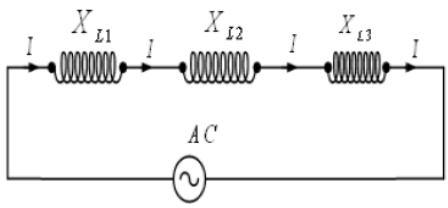
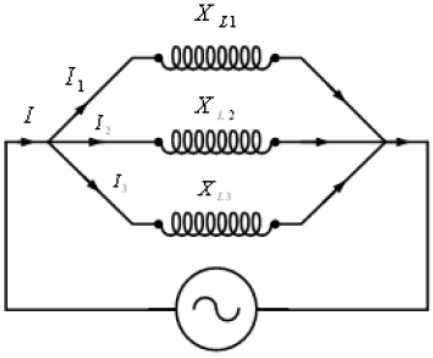


نجد ان الجهد يسبق التيار بزاويه $\pi/2$ حيث يصل الى القيمه العظمى بعد ربع دورة اى ان التيار يتأخر عن الجهد فى حالة دائرة تيار متردد تحتوى على ملف حث عديم المقاومة

العوامل التى تتوقف عليها المفاعلة الحثية

1. تردد التيار علاقة طردية

2. معامل الحث الذاتى علاقة طردية

المفاعلة الحثية المكافئة لعدة ملفات متصلة علي التوالي	المفاعلة الحثية المكافئة لعدة ملفات متصلة علي التوازي
	
المفاعلة الحثية المكافئة: $V = V_1 + V_2 + V_3$ $IX_L = I X_{L1} + I X_{L2} + I X_{L3}$ $X_L = X_{L1} + X_{L2} + X_{L3}$ وحيث أن: $X_L = 2\pi f L$ وبالتالي يكون: $L = L_1 + L_2 + L_3$	**المفاعلة الحثية المكافئة:** $I = I_1 + I_2 + I_3$ $\frac{V}{X_L} = \frac{V}{X_{L1}} + \frac{V}{X_{L2}} + \frac{V}{X_{L3}}$ $\frac{1}{X_L} = \frac{1}{X_{L1}} + \frac{1}{X_{L2}} + \frac{1}{X_{L3}}$ وحيث أن: $X_L = 2\pi f L$ وبالتالي يكون: $\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$ في حالة وجود ملفين: $X_L = \frac{X_{L1} X_{L2}}{X_{L1} + X_{L2}}$ OR $L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$
إذا كانت المفاعلات أو معامل الحث الذاتي متساوي	
$X'_L = N X_L$ $L' = N L$	$X'_L = \frac{X_L}{N}$ $L' = \frac{L}{N}$

مثال

ملف حثى حثه الذاتى 2 هنرى مهمل المقاومة الكهربية وصل بمصدر جهد متردد 12 فولت وتردده 50 هيرتز اوجد :

1. شدة التيار المار
2. شدة التيار عندما يتغير الحث اى 6 هنرى

الحل

$$X_L = 2\pi fL = 2 \times 3.14 \times 50 \times 2$$

628 ohm

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{12}{628} = 19mA$$

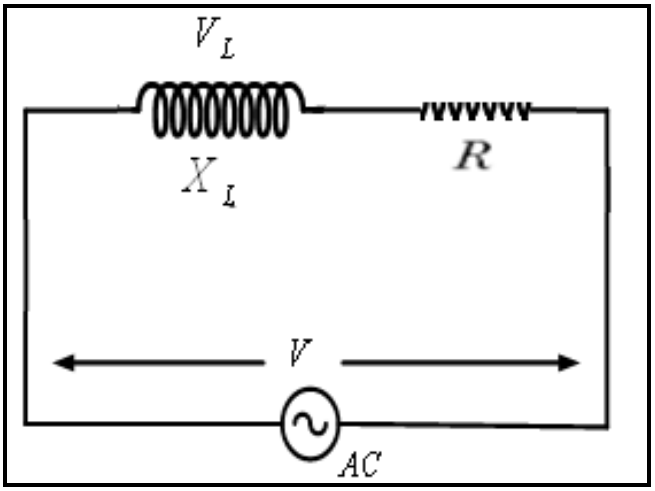
$$X_L = 2\pi fL = 2 \times 3.14 \times 50 \times 6$$

=1884 ohm

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{12}{1884} = 6\,mA$$

دوائر التوالى فى التيار المتردد

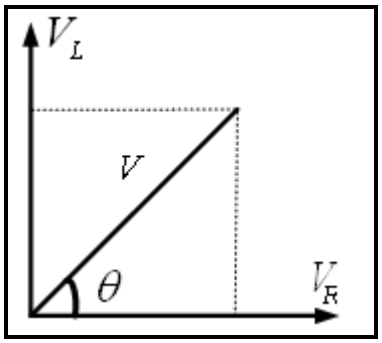
1- دائرة تحوى على ملف حث ومقاومة كهربية



الدائرة تحتوى على ملف حث حثه الذاتى L ومقاومة كهربية R متصلين على التوالى مع مصدر تيار متردد . من المعروف سابقا انه عند مرور تيار كهربى فى الدائرة يكون :

- في المقاومة الأومية يكون فرق الجهد والتيار في نفس الطور
- .في ملف الحث يسبق فرق الجهد التيار بزاوية فرق طور = 90

ويمكن تمثيل ذلك بالمتجهات



يكون فرق الجهد الكلى

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

ولكن

$$V_L = IX_L \quad V_R = IR \quad V = IZ$$

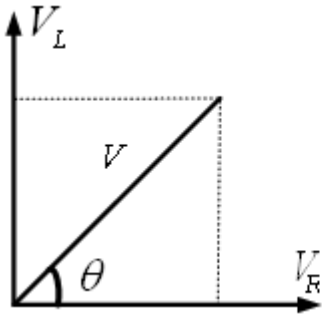
بالتعويض فى المعادلة السابقة

$$IZ = I\sqrt{R^2 + X_L{}^2}$$

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

حيث Z المعاوقة الكلية و لحساب زاوية الطور نحسب ظل الزاوية بين الجهد

المحصل والتيار



$$\tan\theta = \frac{V_L}{V_R} = \frac{X_L}{R}$$

مثال

ملف حثه الذاتى 2 هنرى ومقاومته الكهربية 50 اوم وصل على التوالى مع مقاومة كهربية 450 اوم ومصدر جهد متردد 100 فولت ذو تردد 50 هيرتز اوجد :

1. شدة التيار المار فى الملف
2. زاوية طور التيار بالنسبة للجهد المستمد من المصدر
3. الجهد خلال الملف

الحل

(1)

$$X_l = 2\pi fl = 2 \times 3.14 \times 50 \times 2 = 628\,\Omega$$

$$\mathrm{R} = 50 + 450 \quad \Omega$$

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

$$Z = \sqrt{(500)^2 + (638)^2} = 803\,\Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{100}{803} = 12.5\,\text{mA}$$

(2)

$$\tan\phi = \frac{X_L}{R} = \frac{628}{500} = 1.256$$

$$\phi = 515.5^0$$

(3)

$$X_L = 628\ \Omega \qquad \text{R} = 50\ \Omega$$

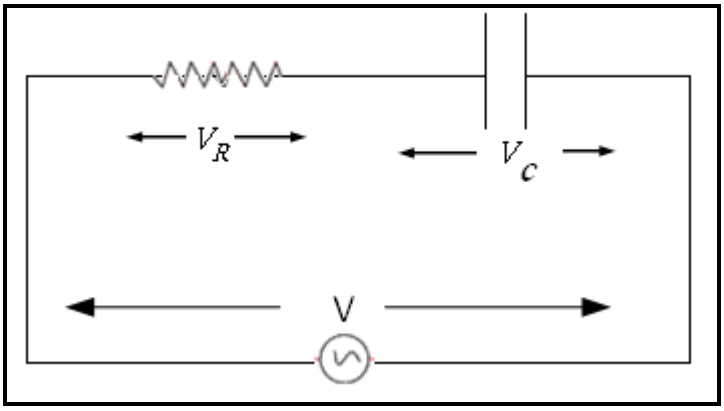
$$Z = \sqrt{R^2 + X_L{}^2}$$

$$Z = \sqrt{(628)^2 + (50)^2} = 630\ \ \Omega$$

فرق الجهد عبر الملف

$$V = IZ = 12.5 \times 10^{-3} \times 630 = 7.9\ \text{Volt}$$

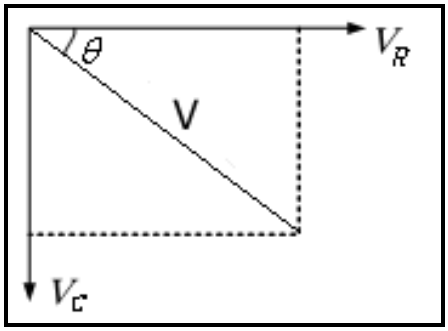
2- دائرة تحوى على مكثف ومقاومة كهربية RC :



دائرة تحتوى على مكثف سعته (C)متصل على التوالى مع مقاومة أوميه (R)

ومصدر جهد متردد .عند **مرور التيار فى الدائرة يكون :**

- في المقاومة الأومية يكون فرق الجهد والتيارمتفقين فى الطور اى لهما نفس الطور
- .فى المكثف يتاخر فرق الجهد عن التيار بزاوية فرق طور = 90



$$V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

$$V_C = I\ X_C \quad V_R = IR \quad \text{and} \quad V = I\ Z$$

بالتعويض

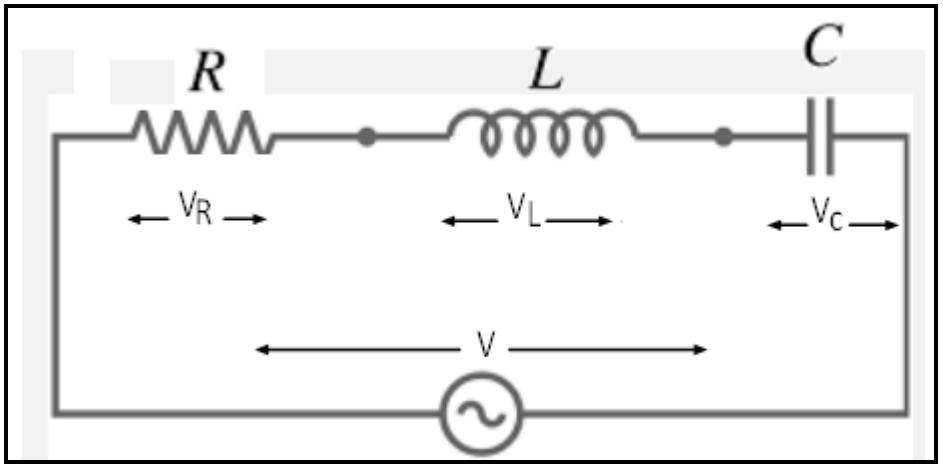
$$IZ = I\sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

ولحساب زاوية الطور نوجد ظل الزاوية التى يصنعها الجهد المحصل مع التيار

$$\tan \Phi = \frac{-V_c}{V_R} = \frac{-IX_C}{IR} = \frac{-X_C}{R}$$

3- دائرة تحتوى على مقاومة وملف حث ومكثف RLC



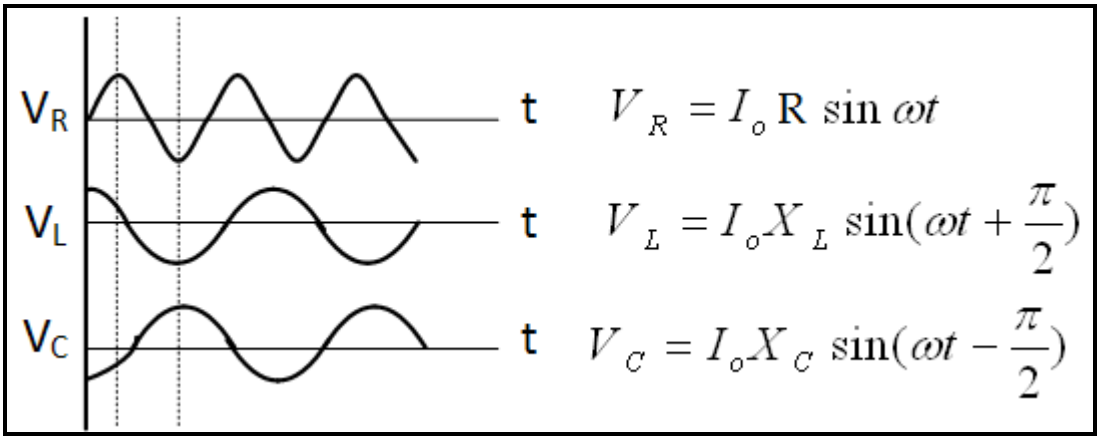
الدائرة الموضحة بالشكل تحتوى على كل من مكث و مقاومة وملف حث متصلين على التوالى مع مصدر تيار متردد يكون جهدة

$$V = V_m \sin wt$$

من المعروف سابقا ان عند مرور التيار فى الدائرة

- الجهد والتيار متفقان فى الطور
- عند مرور التيار فى الملف يتقدم الجهد عن التيار بزاوية 90
- عند مرور التيار فى المكثف يتخلف الجهد عن التيار بزاوية 90

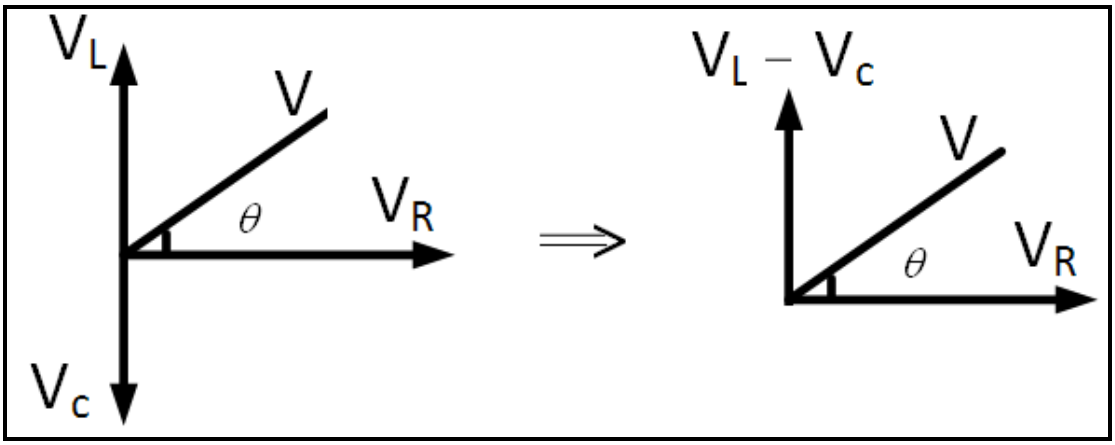
يمكن تمثيل ذلك اتجاهي كالاتى



$$V_R = I_o \mathrm{R} \sin \omega t$$

$$V_L = I_o X_L \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

$$V_C = I_o X_C \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$



واضح من الشكل أن

$$V = \sqrt{V_R{}^2 + (\mathrm{V_L} - \mathrm{V_C})^2}$$

ولكن

$$V_C = I\ X_C \qquad \mathrm{V_R} = IR \qquad \mathrm{V_L} = \mathrm{IX_L} \qquad \mathrm{V} = \mathrm{I\ Z}$$

$$IZ = I\sqrt{R^2 + \left[\left(X_L - X_C\right)^2\right]}$$

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

زاوية الطور تحدد من العلاقة التالية

$$\tan \Phi = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$X_L > X_C$	فرق الجهد الكلي يتقدم شدة التيار بزاوية فرق طور تقع في الربع الأول ويكون: $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	حثيه
$X_L < X_C$	فرق الجهد الكلي يتأخر عن شدة التيار بزاوية فرق طور تقع في الربع الرابع ويكون $Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}$	سعويه
$X_l = X_c$	فرق الجهد الكلي يتفق مع شدة التيار في الطور ويكون: Z=R	أوميه

عندما تكون المفاعلة الحثيه للملف تساوى المفاعلة السعوية للمكثف $X_C=X_L$ وذلك يعنى ان معاوقة الدائرة للتيار المتردد تساوى المقاومة الاومية وذلك يحدث عندها تردد الرنين Resonance وفى حالة دائرة RLC فتكون المعاوقة الكلية

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

$$Z = R$$

$$X_L = X_C$$

$$\therefore 2\pi f\ L = \frac{1}{2\pi f\ C}$$

$$\therefore 4\pi^2 f^2 LC = 1$$

$$\therefore f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad Hz$$

اى ان حالة الرنين تحدث عند قيمة معينة من التردد

جدير بالذكر ان نذكر ان الحالة التى تكون المعاوقة الكلية اقل ما يمكن والتيار اكبر ما يمكن تسمى حالة الرنين وتحدث عند قيمة معينة من التردد يسمى تردد الرنين f_r عند $X_L = X_c$

$$X_L = X_C$$

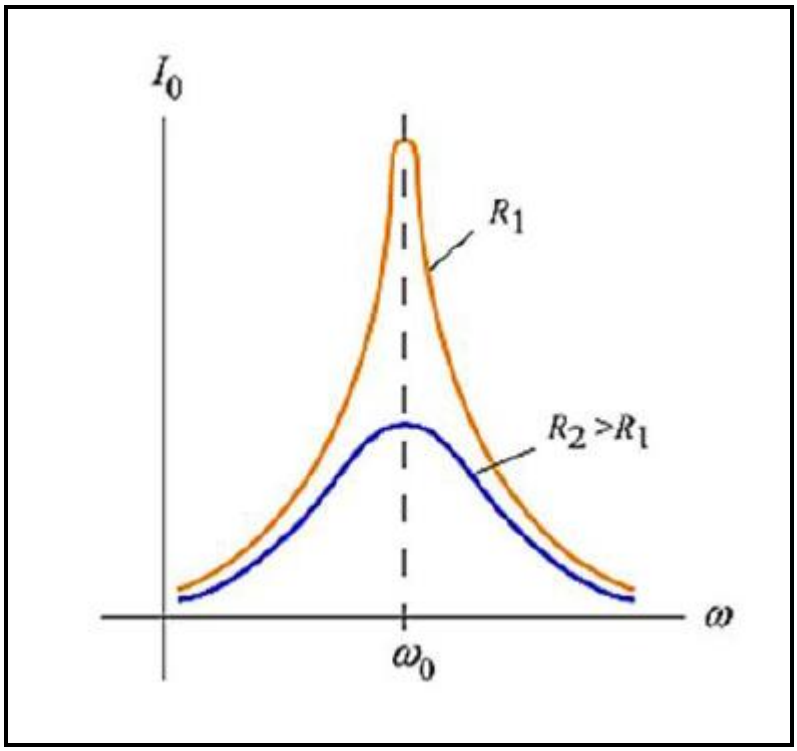
$$w_r L = \frac{1}{w_r C}$$

$$w_r^2 = \frac{1}{LC}$$

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

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

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

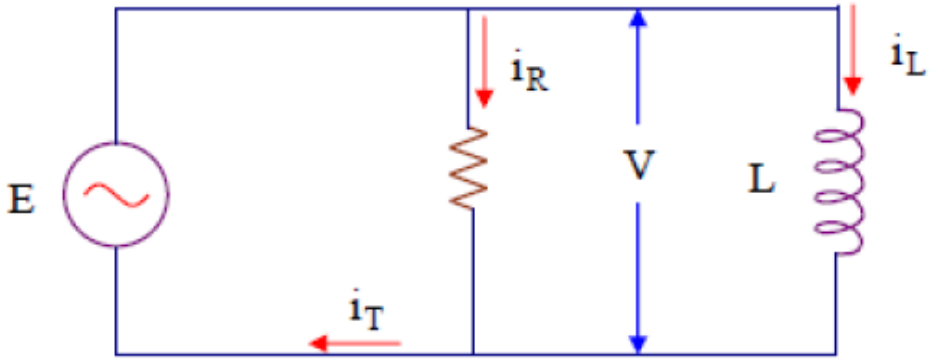


عند حدوث الرنين فى دائرة RLC

1. المفاعلة الحثية = المفاعلة السعوية.
2. المقاومة في الدائرة تساوي المقاومة الأومية فقط.
3. الجهد الكلي يتساوى مع فرق الجهد بين طرفي المقاومة الأومية.
4. فرق الطور بين التيار والجهد يساوي الصفر.
5. يتفق التيار والجهد الكلي في الطور.
6. تكون للدائرة أقل مقاومة.
7. يمر في الدائرة أقصى شدة تيار

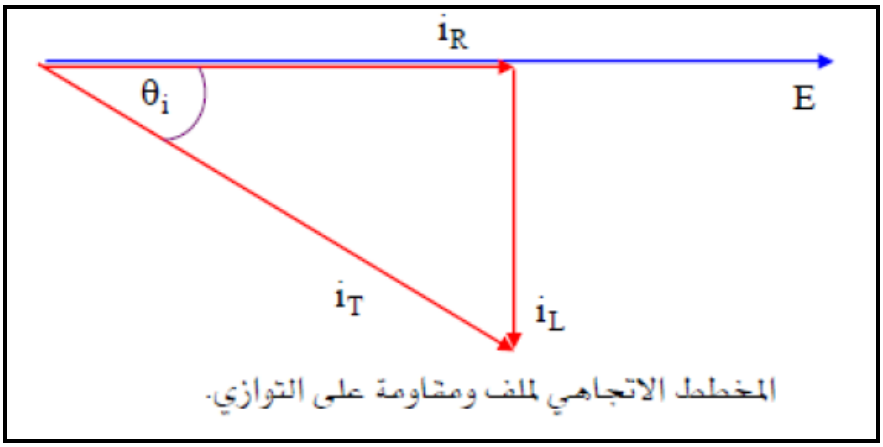
التوصيل على التوازى :

1-دائرة تحتوى على مقاومة وملف متصلين على التوازى مع مصدر تيار متردد



مقاومة وملف على التوازي

يمثل الشكل السابق حالة مستقرة state steady لدائرة تيار متردد AC تحتوي على عنصرين فقط هما المقاومة R والملف L متصلين على التوازي مع مصدر القدرة الكهربية in parallel connection



المخطط الاتجاهي لملف ومقاومة على التوازي.

من المعروف سابقا ان تيار الحث I_L يتاخر عن تيار المقاومه I_R وذلك لان تيار المقاومه I_R فى نفس الطور مع الجهد V وتيار الحث I_L يتخلف 90 درجة عن الجهد

من الشكل نجد ان

$$I_t^2 = I_R^2 + I_L^2$$

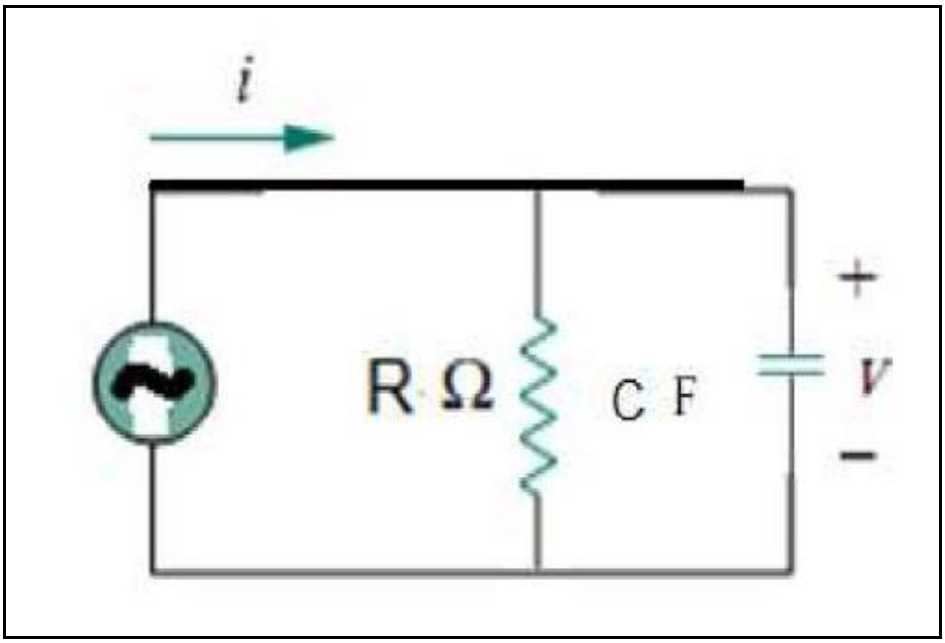
$$= \left(\frac{V}{R}\right)^2 + \left(\frac{V}{X_L}\right)^2$$

$$I_t = V\sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L{}^2}}$$

يتخلف التيار الكلى عن الجهد الكلى بزاوية $\phi_.$

$$\tan \Phi_i = \frac{I_L}{I_R} = \frac{R}{X_L}$$

2-دائرة تحتوى على مقاومة ومكثف سعوى متصلين على التوازى مع مصدر تيار متردد



فى هذه الحالة تيار المكثف يتقدم على تيار المقهومة بزاوية 90 حيث ان تيار المقاومة فى نفس الطور مع الجهد. يكون تيار المكثف متقدما ب 90 عن الجهد

$$I_t^2 = I_R^2 + I_c^2$$

$$= \left(\frac{V}{R}\right)^2 + \left(\frac{V}{X_C}\right)^2$$

$$I_t = V\sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C{}^2}}$$

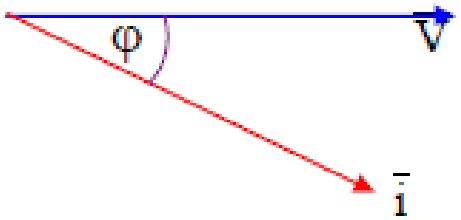
يتقدم التيار الكلى للدائرة عن الجهد بزاوية

$$\tan\Phi_i = \frac{I_C}{I_R} = \frac{R}{X_C}$$

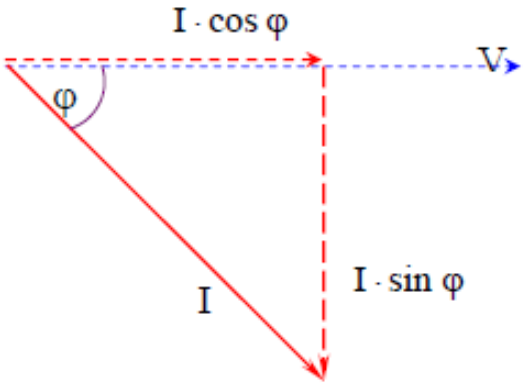
القدرة في التيار المتردد

مثلث القدرة Power Triangle

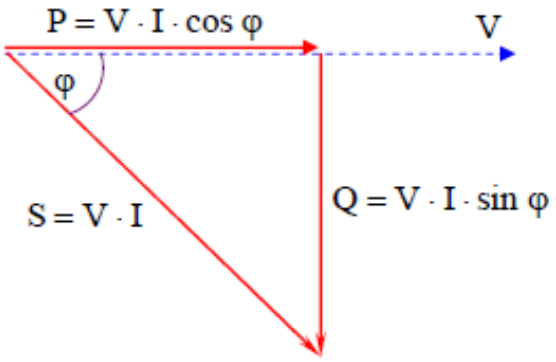
لان كل من الجهد و التيار في دوائر التيار المتردد هي كميات اتجاهية، ويمكن التعامل معها على انها متجهات وقد سبق ان اوضحنا كيف يسبق الجهد التيار في بعض الاحيان كما انهفي بعض احيان اخرى يسبق التيار الجهد و يمكن ايضا ان يكون كل من الجهد و التيار في نفس الحالة او نفس زاوية الطور فلا يسبق اي منهما الاخر ، وبشكل عام توجد زاوية تفصل بين الجهد و التيار تسمى زاوية φ كما بالشكل



ويمكن تحليل التيار I الى مركبتين : مركبة في اتجاه الجهد $= I\cos\varphi$ ومركبة عمودية على اتجاه الجهد $= I\,sin\,\varphi$ كما بالشكل التالي



تسمى مركبة التيار التي في اتجاه الجهد بالمركبة الفعالة للتيار، أما مركبة التيار العمودية على اتجاه الجهد فتسمى المركبة غير الفعالة للتيار. وبضرب كل قيمة من قيم التيار و مركباته في الجهد V نحصل على المثلث الموضح بالشكل التالي



مثلث القدرة

ويسمى هذا المثلث: مثلث القدرة حيث كل ضلع من اضلاع المثلث يمثل قدرة كهربية ما على النحو التالي:

القدرة الظاهرية (S): *Apparent Power*

$$S = VI$$

القدرة الفعالة (P): *Active Power:*

$$P = VI \cos \varphi$$

القدرة الغير فعالة (Q): *reactive Power*

$$Q = VI \sin \varphi$$

معامل القدرة Power Factor

هو النسبة بين القدرة الفعالة و القدرة الظاهرية وهو بهذا يساوي $cos\varphi$

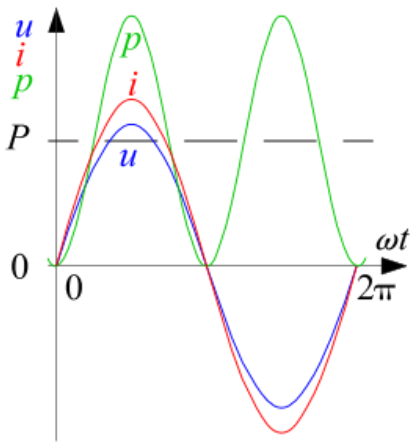
$$cos\varphi = \frac{P}{S}$$

القدرة في دوائر التيار المتردد

أ- في حالة مقاومة الكهربية R

القدرة المستنفذة $P = VI$ في حالة المقاومة الاومية فان $V = IR$ وبالتالي تكون القدرة $P = I^2R$ ايضا يمكن كتابتها على الصورة الاتية

$$P = V_{rms}I_{rms} = \frac{V_m I_m}{2}$$



ب- في حالة ملف حث L

في حالة ملف حث فان فرق الجهد عبر طرفيه يسبق التيار I بمقدار 90 ولذا عندما $I = I_m \sin \omega t$ فان

$$V = V_m sin(\omega t + 90)$$ اي ان

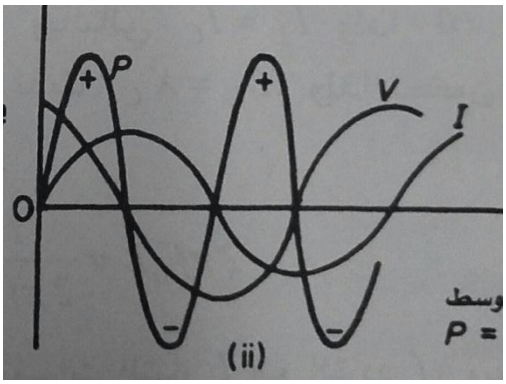
$$V = V_m cos\omega t$$

ومن ثم عند اي لحظة تكون القدرة المستنفذة هي:

$$P = I\,V = I_m V_m \sin \omega t \cos \omega t$$

$$= \frac{1}{2} I_m V_m \sin 2\omega t$$

الشكل التالي يوضح التغير في القدرة P مع الزمن t .



انه منحنى جيبي و متوسط القدرة صفرا. ومن ثم لا توجد قدرة مستنفذة في ملف الحث . اي طالما القيمة المطلقة للتيار في حالة تزايد (بغض النظر عن اتجاه التيار سواء موجب او سالب) في هذا الوقت حيث تتراكم الطاقة في المجال المغناطيسي للملف. و عندما تبدأ شدة التيار في الانخفاض ينخفض مجاله المغناطيسي في الملف ايضا اما الطاقة فتعود مرة اخرى الى المصدر بواسطة القوة الدافعة الكهربائية للملف. وتصبح القدرة سالبة في الربع الثاني للدورة وذلك لان الملف لا يستهلك طاقة بل على العكس في هذا الجزء من الدورة يصبح مصدر للطاقة يعطيها للمصدر المتردد.

ج- في حالة مكثف ذو السعة C

في حاله وجود مكثف متصل بمصدر جهد متردد فان فرق الجهد V عبر طرفية يتأخرعن التيار بمقدار 90 ، ولذا عندما $I = V_m \sin \omega t$ فان:

$$V = V_m sin(\omega t - 90)$$

$$= -V_m cos\omega t$$

ومن ثم تكون القدرة عند اي لحظة تساوي:

$$P = IV = I_m V_m sin\omega t\, cos\omega t$$

$$= \frac{I_m V_m}{2} sin2\omega t$$

لهذا في حالة المكثف تكون القدرة المستنفذة في الدورة الكاملة صفرا .

تفسير ذلك انة في الربع الاول من الدورة تكون الطاقة مختزنة بين لوحي المكثف على هيئة مجال كهروستاتيكي بينما في الربع الثاني من الدورة يفرغ المكثف شحنتة و تعود الطاقة الى المصدر.

مثال١٠

دائرة تتكون من مكثف سعتة $2mf$، ومقاومة كهربية 1000Ω ، ومصدر تيار متردد قوتة الدافعة $2V$ و ترددة $50\ Hz$.اوجد

أ- التيار المارفي الدائرة

ب- فرق الجهد عبرطرفي المكثف

ج- زاوية الطور بين الجهد المصدر و التيار

د- متوسط القدرة المستخدمة.

الحل

المفاعلة السعوية X_C

$$X_c = \frac{1}{2\pi fc}$$

$$= \frac{1}{2x3.14x50x2x10^{-6}}$$

$$= 1590\Omega$$

المعاوقة الكلية Z

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$= \sqrt{1000^2 + 1590^2}$$

$$= 1880\Omega$$

التيار I

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

$$= \frac{12}{1880} = 6.4x10^{-3}A$$

فرق الجهد

$$V_c = I\,X_c$$

$$= 6.4x10^{-3}x1590 = 10.2\ volt$$

زاوية الطور

$$tan\theta = \frac{X_c}{R} = \frac{1590}{1000} = 1.59$$

$$\theta = 58^o$$

القدرة المستنفذة

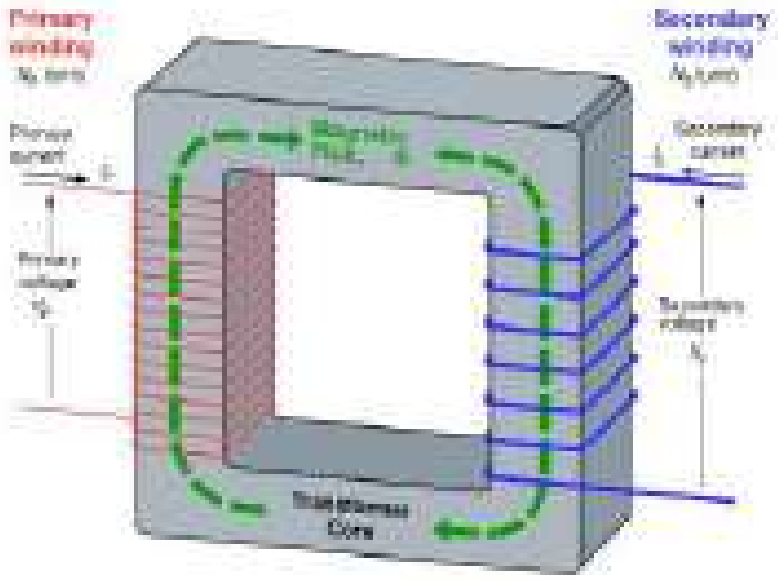
$$P = I^2R = \left(\frac{12}{1880}\right)^2 x1000 = 0.04W$$

الفصل الثالث

تطبيقات على التيار المتردد

١- المحول الكهربي

يستخدم المحول الكهربي لتحويل الجهد الكهربي من مستوى إلى مستوى اخر و تعتمد فكرته على الحث المتبادل بين الملفات لتحويل مستوى الجهد أو التيار



- طبقا لقانون فاراداى فان فرق الجهد v_1 عبر الملف الابتدائي يعطى بالعلاقة

$$v_1 = -N_1 \frac{d\Phi_B}{dt}$$

- حيث Φ_B هو الفيض المغناطيسي خلال كل لفة و يفرض ان كل خطوط المجال المغناطيسي تنتقل بواسطة القلب الحديدي إلى الملف الثانوي أى يفرض أن الفيض المغناطيسي خلال الملف الابتدائي يساوي الفيض المغناطيسي خلال الملف الثانوي فان

$$v_2 = -N_2 \frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$v_2 = \frac{N_2}{N_1} v_1$$

- عندما يكون $N_2 > N_1$ فان الجهد الخارج v_2 بين طرفي الملف الثانوي يكون اكبر من الجهد الداخل v_1 إلى الملف الابتدائي أى $v_2 > v_1$ و يسمى المحول في هذه الحالة "بالمحول الرافع"

- عندما يكون $N_2 < N_1$ فان الجهد الخارج v_2 بين طرفي الملف الثانوي يكون اقل من الجهد الداخل v_1

إلى الملف الابتدائي أى $v_2 < v_1$ و يسمى المحول في هذه الحالة "بالمحول الخافض"

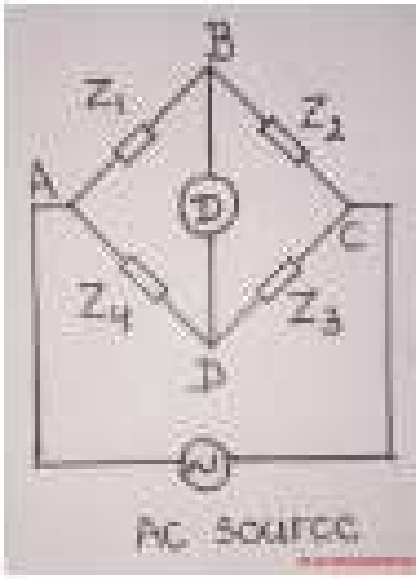
- عندما يتغير التيار I_1 المار في الملف الابتدائي يتولد بالحث المتبادل في الملف الثانوي تيارا مستحثا I_2 بنفس التغير و بفرض انه لا يوجد فقد في الطاقة فان القدرة الكهربية $I_1 v_1$ الداخلة للمحول تنتقل بالكامل إلى الملف الثانوي لتكون $I_2 v_2$ أى

$$I_1 v_1 = I_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{I_1}{I_2} v_1$$

٢- قناطر التيار المتردد

في حالة التيار المستمر استخدمنا قنطرة هوتيسون لمقارنة و ايجاد قيمة مقاومة مجهولة كما يمكن استخدام قنطرة هوتيسون مع التيار المتردد تستبدل المقاومات بالمعاوقة و بالتالي يكون شرط الاتزان في حالة التيار المتردد(اي سماع اقل صوت في السماعة) هو



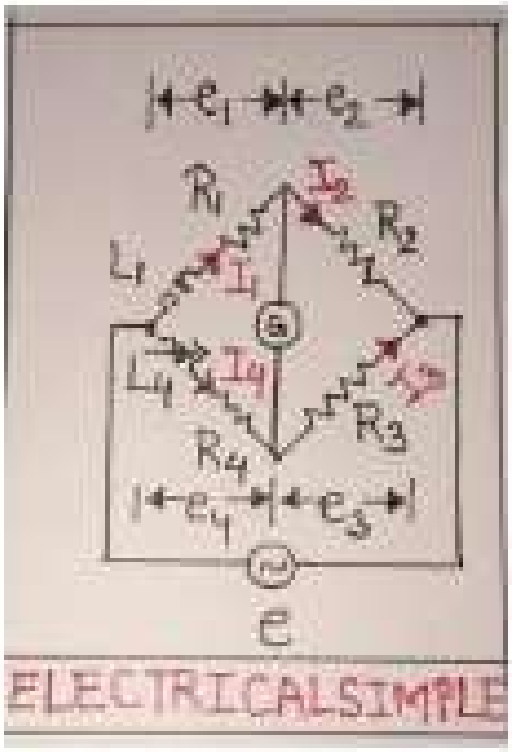
$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_4}{Z_3}$$

او $Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4$

- **لقياس الحث الذاتي**

١ - قنطرة ماكسويل للتيار المتردد

تستخدم هذه القنطرة للمقارنة بين حثين ذاتيين او ايجاد الحث الذاتي المجهول بدلاله الاخر المعلوم وكما هو مبين بالشكل تستخدم R_2, R_3 يمثلان ذراعي النسبة في القنطرة، و(L_1) الحث المجهول للملف و (R_1)المقاومة للملف المجهول و (L_4) الحث المعلوم ومتغير



شرط الاتزان هو :

$$Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4$$
$$(R_1+jwL_1)R_3 = (R_4+jwL_4)R_2$$

بمساواة الاعداد الحقيقية نحصل على

$$R_1 R_3 = R_2 R_4$$
and
$$L_1 = L_4R_2 /R_3$$

٢- قنطرة هي ***Hay's Bridge***

تتكون القنطرة من اربعة اذرع تحتوي على

ملف حثة الذاتي مجهول وله مقاومة اومية (L_1) (R_1)

R_2, R_3, R_4 *مقاومات اومية معلومة* C_4 *مكثف معلوم السعة*

يحدث الاتزان عندما لايمر تيار في الجلفانومتر وعندها تكون

$$e_1 = e_2 \quad \text{and} \quad e_3 = e_4$$

or

$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$

$(R_1 + jwL_1)[R_4 - (j/wC_4)] = R_2 R_3$

بمساواة الاعداد الحقيقية معا و التخيلية معا

$R_1 R_4 + (L_1/C_4) = R_2 R_3$ ...(1)

and

$jwL_1R_4 - (jR_1/wC_4) = 0$ ...(2)

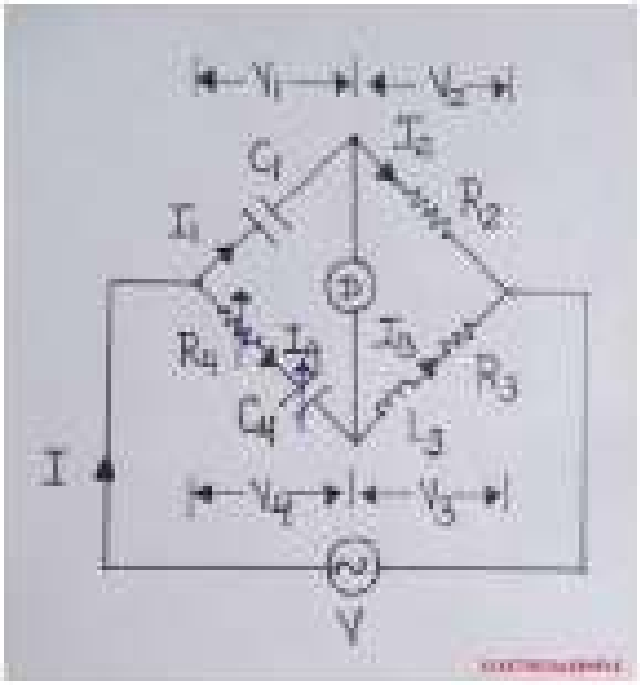
بحل المعادلتين السابقتين نحصل على:

$L_1 = R_2R_3C_4/(1+w^2C_4^2R_4^2)$

$R_1 = w^2C_4^2R_2R_3C_4 / (1+w^2C_4^2R_4^2)$

٣- قنطرة أومين لتعيين الحث الذاتي

في هذه القنطرة فانة يمكن قياس L وذلك بمعلومية المقاومات و السعة القياسية ترتيب المقاومات و المكثف و الملف موضح بالشكل التالي



L_3 ملف مجهول الحث الذاتي و مقاومة الاومية R_3

R_2 مقاومة اومية غير حثية ثابتة القيمة

C_1 مكثف قياسي ثابت السعة

C_4 مكثف قياسي متغير السعة

R_4 مقاومة اومية غير حثية متغيرة

عند الاتزان

$\therefore V_1 = V_4$

$V_2 = V_3$

$I_2 = I_1$

$I_3 = I_4$

From

$V_1 = V_4$

$$I_1\left(\frac{-1}{wc_1}\right)=I_4\left(R_4-\frac{1}{wc_4}\right) \qquad \ldots(1)$$

From $V_2 = V_3$

$$I_2R_2=I_3(R_3+jwL_3)$$

or $$I_1R_2=I_4(R_3+jwL_3) \qquad \ldots(2)$$

dividing (1) by (2)

$$\frac{\left(\frac{-1}{wc_1}\right)}{R_2}=\frac{\left(R_4-\frac{1}{wc_4}\right)}{(R_3+jwL_3)}$$

or $$\left(\frac{-1}{wc_1}\right)(R_3+jwL_3)=R_2\left(R_4-\frac{1}{wc_4}\right)$$

or $$\left(\frac{-jR_3}{wc_1}+\frac{L_3}{c_1}\right)=\left(R_2R_4-\frac{jR_2}{wc_4}\right)$$

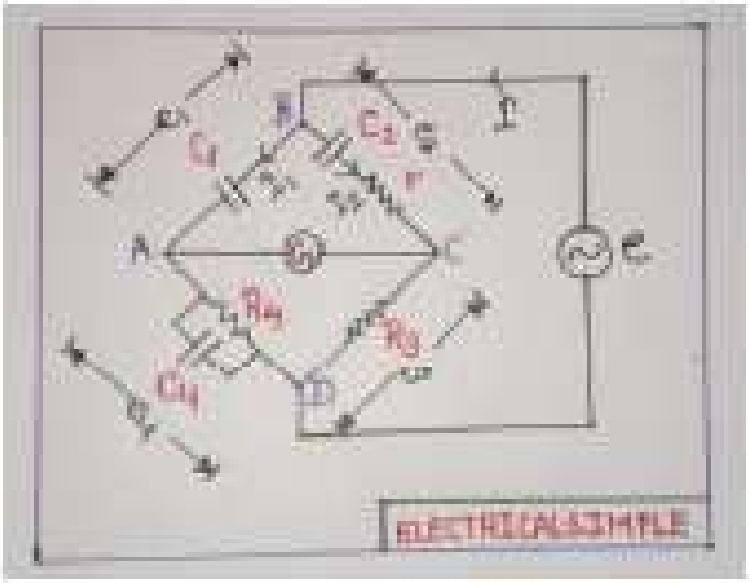
compairing real and imaginary parts, we get

$$L_3=R_2R_4C_1$$

$$R_3=\frac{R_2C_1}{C_4}$$

٤- قنطرة شيرنج لقياس السعة:

تعتبر من الطرق الدقيقة لتعيين سعة مكثف بمعلومية مكثف معلوم السعة.



C_2 مكثف مجهول السعة

C_1 مكثف قياسي ثابت السعة

C_4 مكثف متغير السعة

R_4 مقاومة اومية غير حثية متصلة على التوازي مع C_4

R_3 مقاومة اومية ثابتة القيمة

$e_1=e_2$

$e_3=e_4$

$$e_1 \times e_3 = e_2 \times e_4$$

$$Z_1 \times Z_3 = Z_2 \times Z_4$$

$$(R_3) \times (1/jwc_1) = (r + (1/jwc_2)) \times (R_4/(1 + jwc_4R_4))$$

$$r = c_4R_3/c_1$$

$$c_2 = c_1R_4/R_3$$

اساسيات حل الدوائر الكهربية

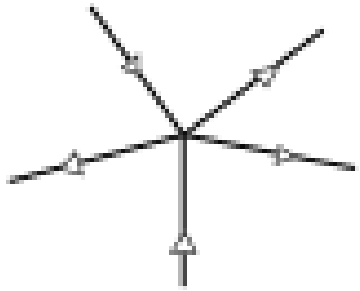
١- قانونا كيرشوف للدوائر الكهربية

ينص قانون كيرشوف الأول على : في اي شبكة من الموصلات يكون المجموع الجبري للتيارات عند نقطة تجميع Junction مساويا للصفر. و يعني ذلك أن مجموع التيارات الداخلة على النقطة مساويا لمجموع التيارات الخارجة ، وهذا صحيح لعدم وجود تخزين أو نقص عند هذه النقطة. والشكل (١) يوضح النقطة A ومجموعة من التيارات المختلفة و المعادلات الخاصة بالتيارات.

$I_1 + (-I_2) + (-I_3) + I_4 + (-I_5) = 0$

or $I_1 + I_4 - I_2 - I_3 - I_5 = 0$

or $I_1 + I_4 = I_2 + I_3 + I_5$



شكل (١)

اي ان مجموع التيارات الداخلة للنقطة

= مجموع التيارات الخارجة منها

$\Sigma I = 0$ at any junction

و ينص قانون كيرشوف الثاني على : المجموع الجبري لحاصل ضرب التيار في المقاومة في مسار مغلق closed mech +

المجموع الجبري للقوة الدافعة الكهربية في هذا المسار يساوي الصفر . والعلاقة التالية تلخص هذا القانون:

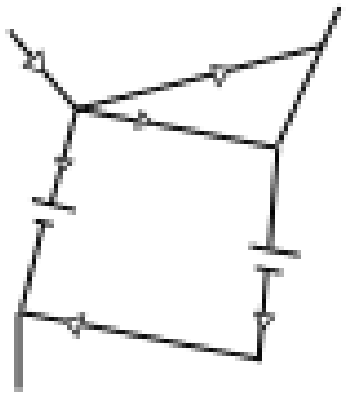
$\Sigma IR + \Sigma e.m.f. = 0$ round mesh

و لتحديد الأشارة يتم اتباع التالي:

١. القوة الدافعة المتزايدة : + ٢. القوة الدافعة المتناقصة : -

٣.مع اتجاه التيار في المقاومة : - ٤. عكس اتجاه التيار في المقاومة : +

و يوضح الشكل (٢) مثالا لتطبيق اشارة الجهد الكهربي داخل حلقة مغلقة في اتجاه ABCD .



شكل (٢)

I_1R_1 is –ve (fall in potential)

I_2R_2 is –ve (fall in potential)

I_3R_3 is –ve (fall in potential)

I_4R_4 is +ve (rise in potential)

E_2 is –ve (fall in potential)

E_1 is +ve (rise in potential)

و بتطبيق قانون كيرشوف الثاني:

$$-I_1R_1 - I_2R_2 - I_3R_3 + I_4R_4 - E_2 + E_1 = 0$$

$$I_1R_1 + I_2R_2 + I_3R_3 - I_4R_4 \cdot E_2 - E_1$$

اتجاه التيار

عند تطبيق قانونا كيرشوف للدوائر الكهربية يتم فرض اتجاه التيار مع الساعة أو عكس الساعة و في حالة أن يكون الفرض معاكسا للواقع تنتج اشارة سالبة للتيار. و يتم استخدام الفرض خلال كل المعادلات. و يمكن تطبيق قانونا كيرشوف لدوائر التيار المستمر و التيار المتردد. و في حالة التيار المتردد يلزم اعتبار الجهد علي المكثف و المحاثة.

تمارين

١- لوحة القدرة لمحرك يعمل بالتيار المتردد حيث ان

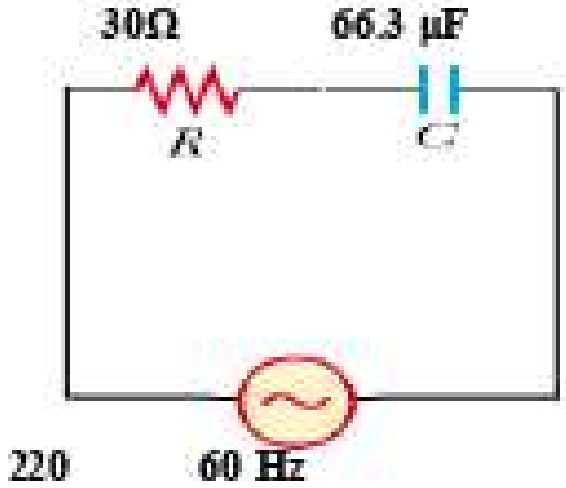
$V = 220\,volt \;\; , \;\; I = 15A \;\; , \;\; cos\varphi = 0.8$

احسب أ. القدرة الفعالة المستهلكة بواسطة المحرك (P)

ب. القدرة الفعالة المستهلكة بواسطة المحرك (Q)

ج. القدرة الظاهرية (S)

٢-احسب شدة التيار لمحرك يعمل بالتيار المتردد اذا كان يسحب قدرة مقدارها 8KW عند جهد 220volt وتردد 50Hz ومعامل قدره 0.8 ، ثم اوجد S



٣-في الدائرة الموضحة احسب:

أ) التيار المار في الدائرة

ب) زاوية الطور بين التيار والجهد

٤-يتصل جهد متردد قيمته 100 V وتردده 25 Hz على التوالي قيمتها 1.5 Ω وملف حثه الذاتي 0.01 H احسب تيار الدائرة وزاوية الطور وفرق الجهد بين طرفي كل من المقاومة والملف.

٥- في دائرة تيار متردد مكونة من مقاومة وملف ومكثف ومصدر متردد على التوالي كان فرق الجهد بين لوحي المكثف = فرق الجهد بين طرفي الملف = 22 فولت. فإذا علمت ان تردد المصدر 50 هرتز وسعة المكثف 100 µf .احسب:

أ . معامل الحث الذاتي ب . شدة التيار المار في الدائرة

٦. احسب الحث الذاتي للملف الذي يجب توصيله على التوالي مع مصباح كهربي مقاومته 44 اوم ومصدر متردد تردده 42 ذ/ث وقوته الدافعة 220 فولت بحيث يمر تيار كهربي شدته 4 أمبير.

٧. ملف عديم المقاومة حثه الذاتي 1 هنري وصل على التوالي بمقاومة اومية 30 أوم ومصدر متردد قوته الدافعة 200 فولت وتردده $\frac{70}{\pi}$ هرتز. احسب فرق الجهد بين طرفي كل من الملف والمقاومة.

٨. إذا وصل ملف حث بمصدر مستمر قوته الدافعة 11 فولت كانت شدة التيار 2.2 أمبير وعندما وصل بمصدر متردد تردده 50 هرتز وقوته الدافعة 13 فولت كانت شدة التيار 1 أمبير احسب الحث الذاتي للملف.

المراجع

١-الكهرباء الساكنة و المتحركة أ.د/ مجدي صبحي نظير
الطبعة الاولى ٢٠٠٦

٢-مقدمة عن التيار المتردد د/ اسعد عبد الخالق

٣-مبدئ التيار المتردد و تحليل دوائره
WWW.alfreed-Ph.com/2017/02/principles of AC and analyze .

٤- AC Bridge Pdf