



---

# التيار المتردد

---

للفرقة الثانية أساسى

المحاضر/  
د. خالد حسين

## مقدمة فى التيار المتردد

### مقدمة

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

### التيار المستمر DC

ويرمز له اختصارا بالحرفين DC وهما اختصارا من المصطلح الانجليزي Direct current اي 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 الاتجاه اي انه يسري في اتجاه واحد فقط. وفي التيار المستمر تتدفق الشحنة الكهربائيه في نفس الاتجاه بعكس النوع الاخر وهو التيار المتردد. ويظهر التيار المستمر في العديد من التطبيقات المنخفضة الجهد، خصوصا تلك التي تعمل بالبطاريات، التي تولد تيارًا مستمرًا فقط، أو أنظمة الطاقة الشمسية، حيث أن الخلايا

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

### التيار المتردد AC

ويرمز له اختصارا بالحرفين AC وهما اختصارا من المصطلح الانجليزي Alternating Current اي 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 سرعته بين القطبين الموجب والسالب). والتيار المتردد له عدة انواع منها التيار المتردد الجيبي والتيار المتردد المنشاري والتيار المتردد المثلي 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 الكهربائية لأنه ملائم أكثر من التيار المباشر عند النقل لمسافات طويلة ولا يفقد نسبة كبيرة من طاقته لأغراض توزيع ونقل الطاقة الكهربائيه وقله تكلفت نقله 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 ميغافولت.

### الأجهزة في بيوتنا تستخدم التيار الكهربائي المتردد AC

جميع البيوت واغلب الاجهزة الكهربائية المستخدمة في المنازل تستخدم تيارا كهربائي مترددا AC وكما ذكرت بما ان الخلايا الشمسية تقوم بإنتاج تيار كهربائي مستمر فلماذا حتى نستطيع تشغيل الاجهزة الكهربائية التي تعمل بتيار كهربائي متردد فلا بد لنا من تحويل التيار من DC الى AC عن طريق جهاز يسمى inverter (انفيرتر) 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 انفرتر Inverter 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.

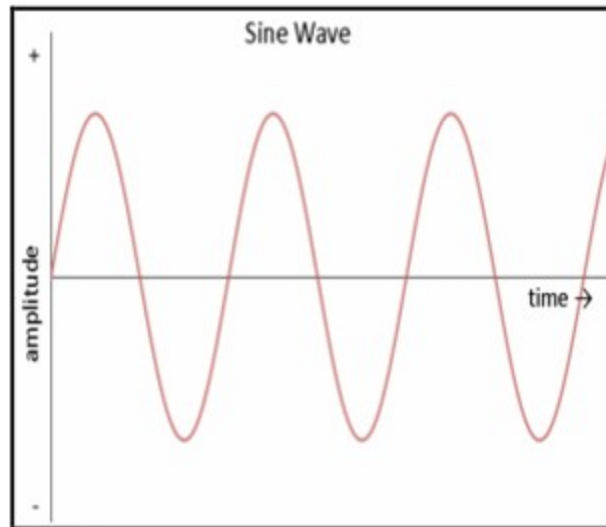


## الأشكال الموجية (waveforms)

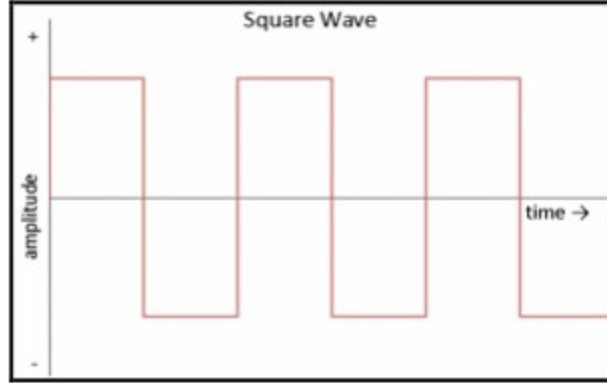
للتيار المتردد أشكال عديدة يمكن أن يتواجد عليها طالما أن التيار والجهد يتغيران. إذا قمنا بتوصيل راسم اهتزازات (oscilloscope) في دائرة تعمل بالتيار المتردد ثم قمنا برسم مخطط لتغير الجهد مع مرور الزمن فربما نلاحظ عدداً من الأشكال الموجية المختلفة. وأكثر أشكال التيار المتردد شيوعاً هي الموجة الجيبية ( sine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

فيما يلي بعض أنواع التيار المتردد :

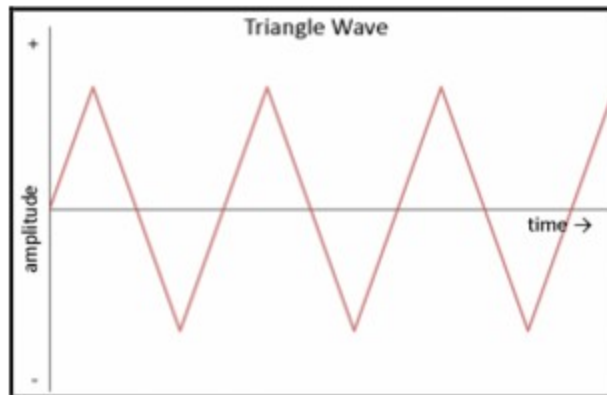
### 1- التيار المتردد الجيبى Sinusoidal Alternating Current



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



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



## الكميات الأساسية للتيار والجهد المتردد

الموجه هي المسار الذي يرسمه الجهد أو التيار بدلالة الزمن

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

التردد هو عدد الذبذبات التي يحدثها التيار او الجهد فى الثانية الواحدة ويرمز لها ب

f وتقاس بالهيرتز Hz

$$\text{KHz} = 1000 \text{ Hz} \quad \text{MHz} = 10^6 \text{ Hz}$$

التردد الزاوى هو مقدار الزاويه المقطوعة فى الثانية الواحدة وتعطى ب

$$\omega = 2\pi f$$

ويقاس التردد الزاوى بوحدرة rad/second أى زاوية نصف قطريه فى الثانية

القيم العظمى  $V_m$  هي مقدار أعلى قيمة للجهد

القيمة الفعالة للتيار المتردد  $I_{eff}$  أو  $I_{r.m.s}$  هي شدة التيار المستمر الذى يولد نفس

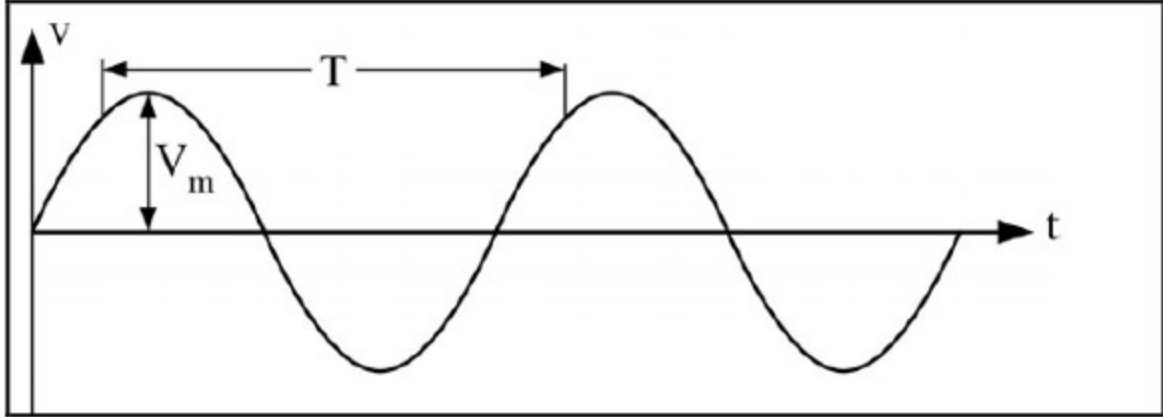
كمية الحرارة التى يولدها تيار متردد خلال نفس الفترة الزمنية فى نفس المقاومه

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

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

القيمة اللحظية  $V_t$  هي مقدار الجهد عند اى لحظة ويعطى ب

$$V_t = V_m \sin wt$$



### خواص التيار المتردد

1. يمكن رفع أو خفض القوة الدافعة الكهربائية للتيار المتردد باستخدام المحولات

الكهربية

2. يمكن نقله لمسافات بعيدة دون فقد كبير في الطاقة الكهربائية

3. يمكن تحويله إلى مستمر

4. يصلح في عمليات الإضاءة والتسخين ولا يصلح في التحليل الكهربائي والطلاء

بالكهرباء.

5. له تأثير حرارى

## المقارنة بين التيار المتردد والتيار المستمر

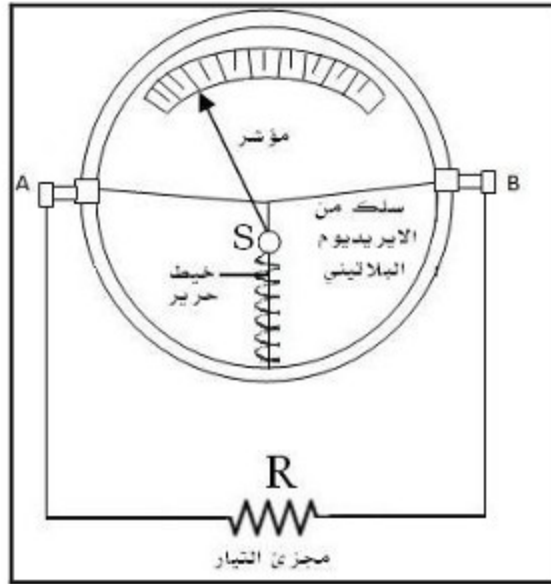
1	متغير الشدة والاتجاه بصفة دورية مع الزمن	ثابت الشدة موحد الاتجاه
2	يتولد من دينامو التيار المتردد	يتولد من دينامو التيار المستمر او البطاريات
3	يمكن رفع او خفض جهده بواسطة المحولات	لا يمكن رفع او خفض جهده
4	ينقل دون فقد كبير في الطاقة عبر اسلاك النقل بواسطة المحولات	ينقل مع فقد كبير في الطاقة عبر اسلاك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

## قياس التيار المتردد

يقاس التيار المتردد باستخدام الاميتر ذو الملف الساخن لان فكرته تعتمد على التأثير

الحراري للتيار الكهربائي

## تركيب الأميتر الحراري



1. سلك رفيع من سبيكة الايريديوم و البلاتين مشدود بين المسمارين A, B.
2. يتصل السلك من منتصفه 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 الحرارى 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 الحرارى

- 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 الحرارى بمقارنته بالأميتر ذو الملف المتحرك عندما يوصلا معاً على التوالي في دائرة ويمر فيهما تيار مستمر لتأثر الأميتر بدرجة حرارة الجو المحيط , لذلك يوجد به مسمار ضبط لإعادة المؤشر الى صفر التدريج قبل القياس بين الأميتر الحرارى والأميتر ذو الملف المتحرك:

## توليد التيار المتردد

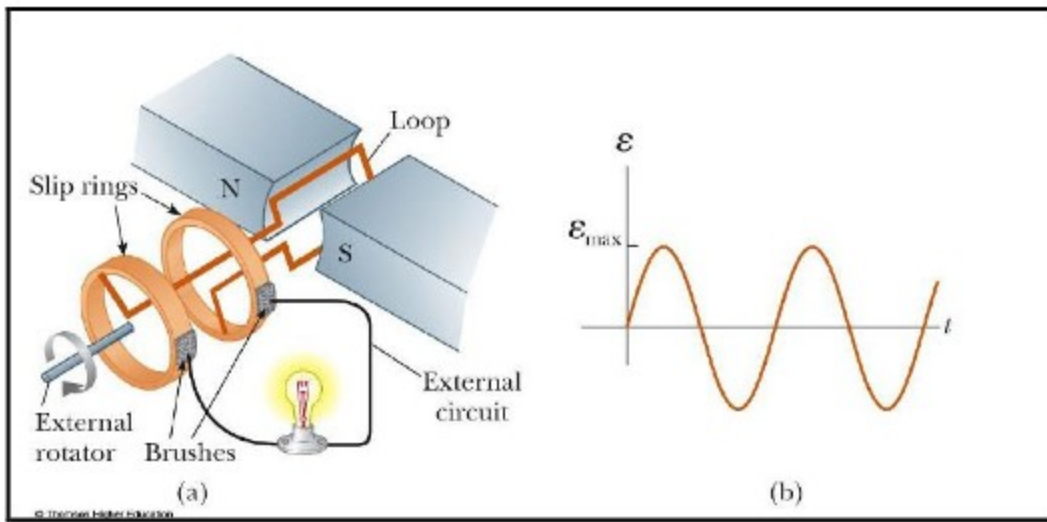
يقوم المولد الكهربائيّ أو الدينامو بتحويل الطاقة الميكانيكيّة إلى طاقة كهربائية لنقلها وتوزيعها خلال خطوط الكهرباء لاستخدامها بالصناعة، والتجارة، كما يتم استخدام الدينامو لإنتاج الطاقة الكهربائيّة اللازمة لحركة السيارات، والسفن، والطائرات، والقطارات ويتم ذلك عن طريق سقوط الشلالات أو حرق المواد البترولية أو الطاقة النووية .



## تركيب الدينامو

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

$$\phi_B = BA \cos \varphi = BA \cos \omega t \text{ أى وقت هو}$$



أذا كان عدد اللفات للملف الذى يدور بين قطبي المغناطيس هو  $N$  والقوة الدفعة

الكهربية المتولدة هى  $E$

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

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

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

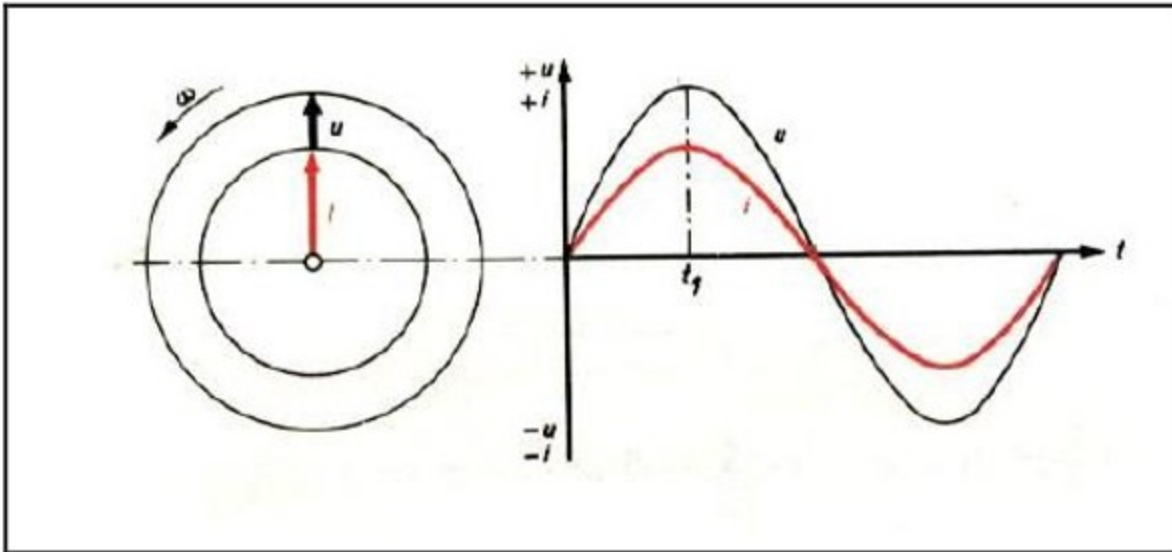
$$\varepsilon_{max} = NBA \omega$$

يمكن تمثيل الموجه الجيبية بمتجه يدور بسرعة ثابتة وفي حالة تمثيل اكثر من موجه

جيبية نحصل على مخطط المتجهات

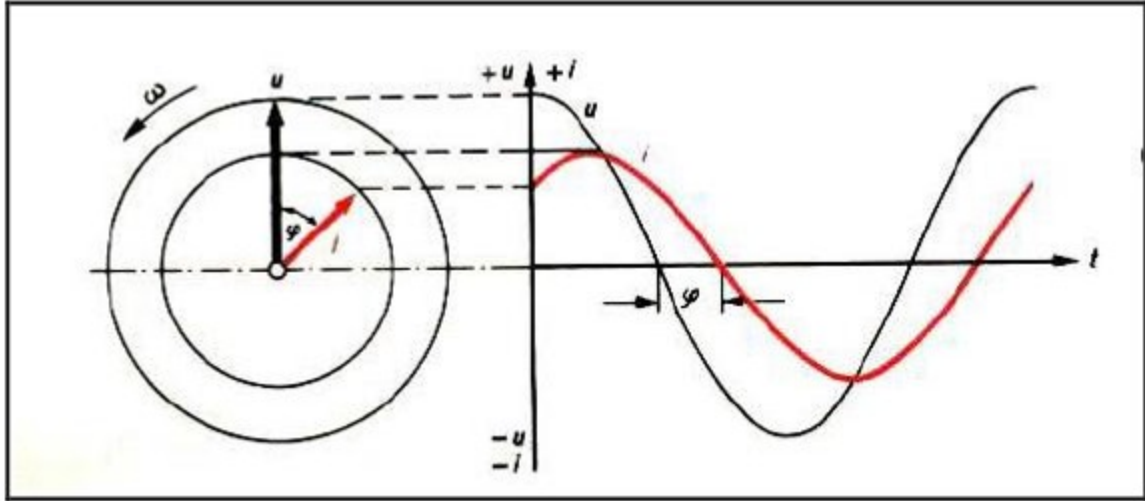
1. موجتان متوافقتان في الطور اذا كانتا تصلان الى القيمة العظمى والصغرى

في أن واحد كما بالشكل



2. موجتان بينهما زاوية  $Q$  تعرف بزاوية الأزاحة مقدارها  $Q$  ويقال ان موجة

التيار تأخرت عن موجة الجهد بزاوية مقدارها  $Q$  كما بالشكل



ضع علامه  $\sqrt{\quad}$  أمام العبارة الصحيحة وعلامة  $\times$  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 الكهربائية
- (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 الكهربى

أختر الأجابة الصحيحة

1- المعادلة التي تحدد الجهد فى التيار المتردد

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

2- المعادلة التي 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 آن واحد
- B. الجهد يسبق التيار بزاوية
- C. التيار يسبق الجهد بزاوية
- D. القيمة الصغرى للجهد تساوى القيمة العظمى للتيار

4- يعاير الاميتر الحراري

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

5- من عيوب الاميتر الحرارى

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

6- يعطي الاميتر الحرارى عند القياس

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



## دوائر التيار المتردد

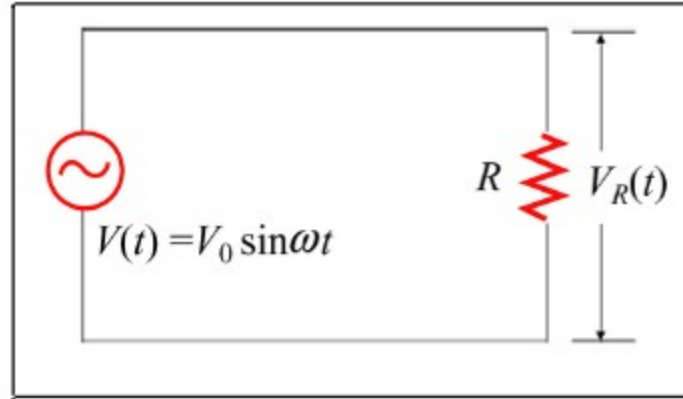
هناك ثلاثة عناصر أساسية في دوائر التيار الكهربائي المتردد هي المقاومة والملف والمكثف. فقد تحتوي دائرة التيار المتردد على واحدة أو اثنتين من هذه العناصر أو عليها جميعا. ويساهم كل من هذه العناصر للدائرة في اعاقه نمو التيار الكهربائي ويسمى مجموع تأثيرات هذه العناصر بالمعاوقة الكلية نستعرض هذا فيما يلي بشيء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

**أولاً: دائرة تحتوة على مقاومة عديمة الحث:**

### المقاومة الاومية

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





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

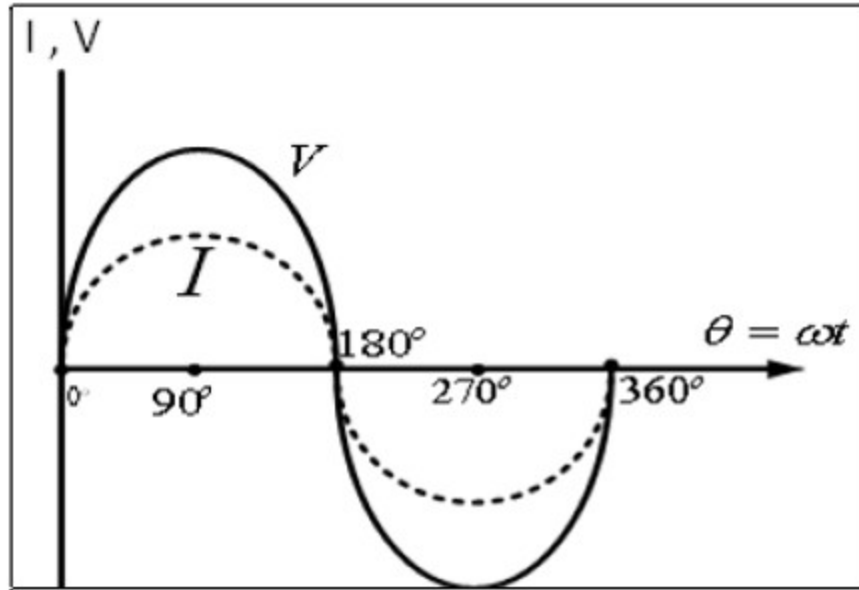
من قانون أوم

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

$$\therefore V = V_{\max} \cdot \sin \theta \quad (1)$$

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

المعادلتان لهما نفس الطور أي 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:

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

يمكن ايجاد القدرة p المتولدة في المقاومة من العلاقي

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

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

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 في الثانية

لتيار مستمر قيمته 2 امبير في مثاومة R

الحل

الحرارة التي تنتج في الثانية من تيار 2 امبير

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

ثلاث امثال الحرارة في الثانية  $R = 12$

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 المقاومه بوحده مللى أمبير
- القدره فى المقاومه بوحده واط
- الحل
- كل من التيار واجهد لهما نفس الطور

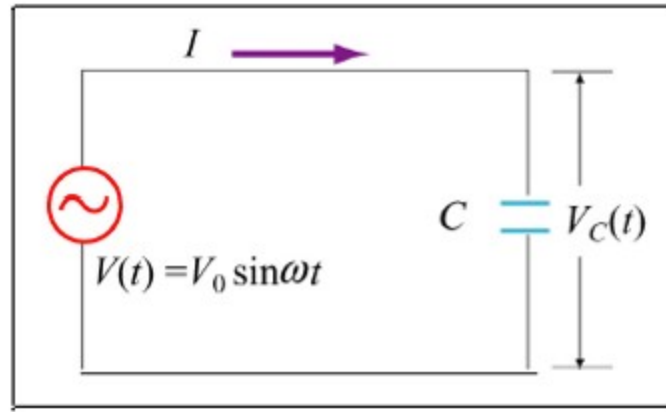
$$V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{4}{\sqrt{2}} = 2.828 \text{ volt}$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{2.828}{100} = 0.028 = 28mA$$

• القدرة في هذه الحالة

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

ثانيا : دائرة تحتوة على مكثف سعته C



المكثف هو عبارة لوحان معدنيين متواز اين بينهما مادة عازلة ويخزن الطاقة

الكهربية على شكل مجال كهربى

سعة المكث هي مقدار الشحنة الكهربائية اللازمة لرفع فرق الجهد بين اللوحين

بمقدار واحد فولت أو هي النسبة بين الشحنة المتراكمة على أي من لوحى

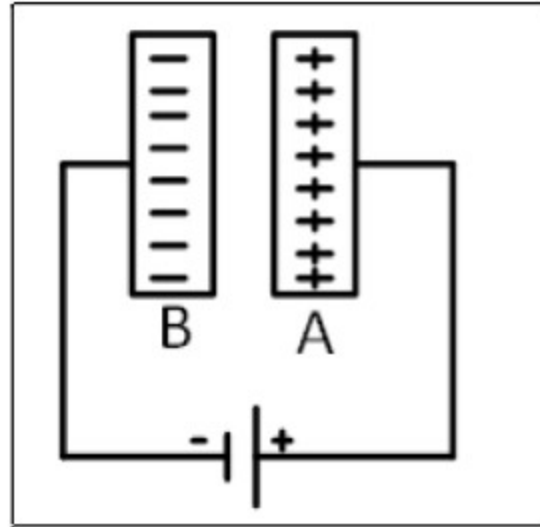
المكثف إلى فرق الجهد بينهما وتقاس بوحدة الفاراد

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

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

لوحيه 1 فولت

توصيل 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.

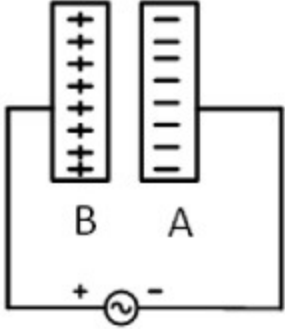
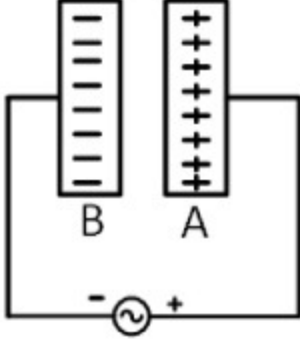
3. يزداد فرق الجهد بين لوحي المكثف تدريجياً بمرور الزمن حتى

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 تماماً عند تمام الشحن.

توصيل المكثف بمصدر جهد متردد

<p>خلال نصف الدورة الثاني يكون اللوح A سالب و اللوح B موجب</p>	<p>خلال نصف الدورة الأول يكون اللوح A موجب و اللوح B سالب</p>
	
<p>في ربع الدورة الثالث (شحن)</p>	<p>في ربع الدورة الأول (شحن)</p>
<p>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</p>	<p>تزداد emf للمصدر من صفر إلى نهاية عظمى فيشحن المكثف ويزداد فرق الجهد بين اللوحين حتى يصل لقيمة عظمى تساوي emf للمصدر</p>
<p>في ربع الدورة الرابع (تفريغ)</p>	<p>في ربع الدورة الثاني (تفريغ)</p>
<p>تقل emf للمصدر من نهاية عظمى إلى صفر ويصبح <math>v</math> 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</p>	<p>تقل emf للمصدر من نهاية عظمى إلى صفر ويصبح فرق الجهد بين لוחي 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</p>
<p>يتكرر ذلك بصفة دورية وبذلك يمر التيار المتردد في دائرة المكثف عن طريق الشحن والتفريغ</p>	

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

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

مما سبق

$$\begin{aligned} Q &= CV \\ &= CV_{\max} \sin \omega t \end{aligned}$$

وبالتالى

$$\begin{aligned} I &= CV_{\max} \omega \cos \omega t \\ I &= CV_{\max} \omega \sin(\omega t + 90) \end{aligned}$$

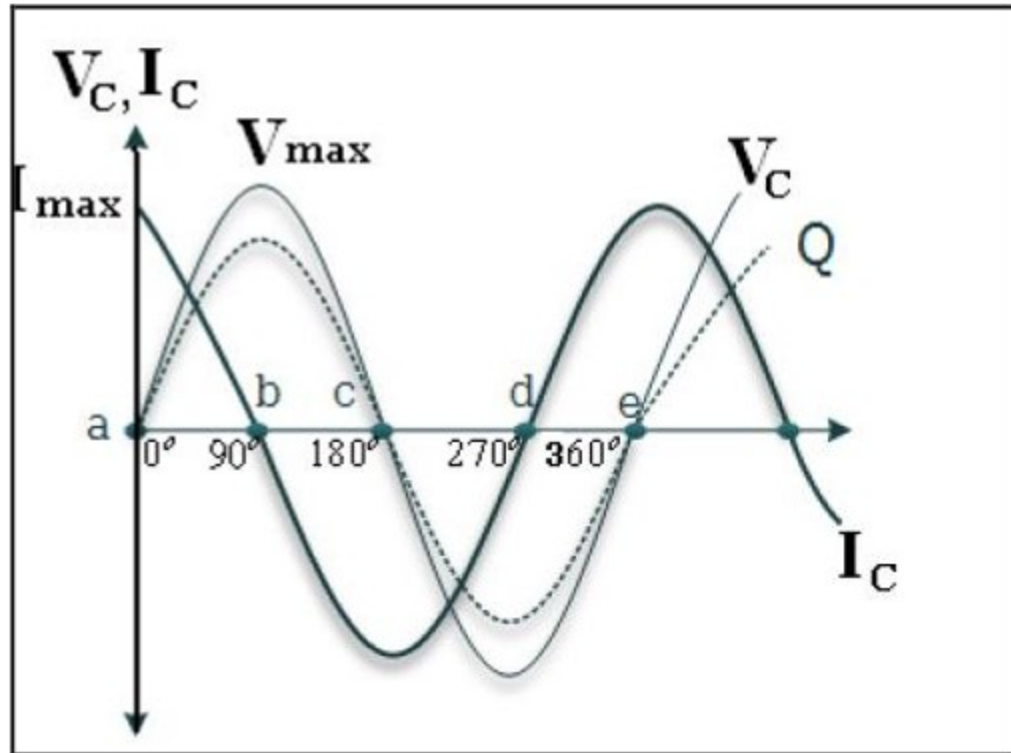


$$I_{\max} = CV_{\max} \omega$$

وبالتالى يكون

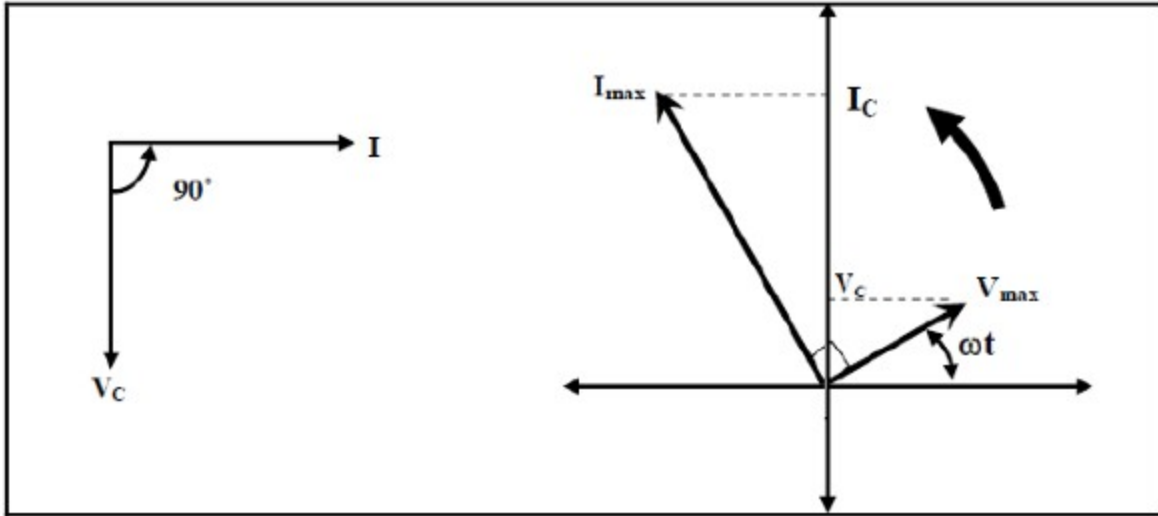
$$\frac{V_{\max}}{I_{\max}} = \frac{1}{\omega C}$$

فى هذه الحالة يكون التيار متقدما على الجهد بزاوية 90



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

## التمثيل الاتجاهي للتيار والجهد



المفاعلة السعوية لمكثف هي الممانعة التي يلقاها التيار المتردد في مكثف

نتيجة سعة المكثف

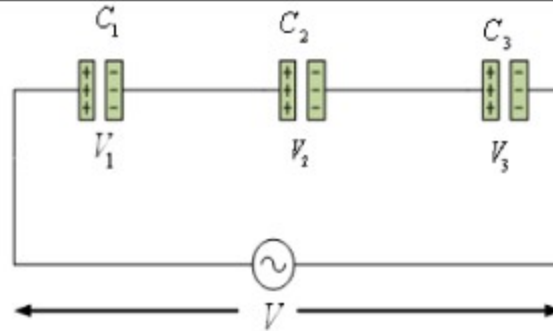
$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

العوامل التي تتوقف عليها المفاعلة السعوية

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

## توصيل المكثفات :

## التوالي



تشحن جميع المكثفات بنفس الشحنة ويحزئ فرق

الجهد

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

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

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

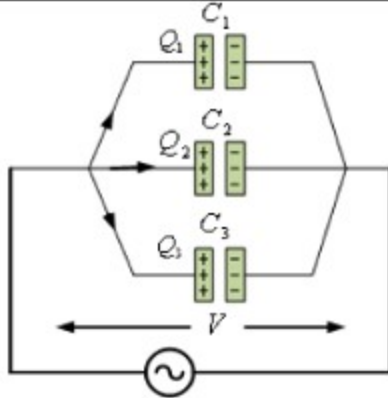
إذا كانت السعات متساوية

$$C = \frac{C_1}{N} \text{ farad}$$

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

السعة الكلية لمكثفين:

## التوازي



يكون فرق الجهد ثابت وتحزئ الشحنة.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

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

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

إذا كانت السعات متساوية

$$C = N C_1 \text{ farad}$$

## مثال

دائرة تيار متردد تحتوى على مكثف سعته 1 ميكروفاراد إذا كان التردد 1000 هيرتز والتيار المناسب خلال الدائرة يساوى 2 مللى امبير  $I_{rms}$  احسب الجهد عبر المكثف وما هو التيار المناسب عندما يكون الجهد المتردد هو 20 فولت ( $V_{rms}$ ) والتردد يساوى 50 هيرتز المستخدم مع المكثف

## الحل

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

ولكن

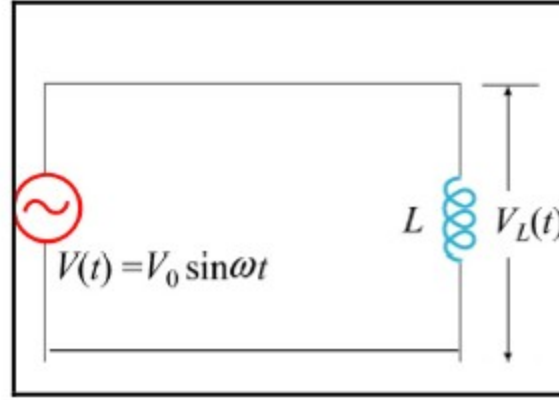
$$V = IX_c = \frac{2}{1000} \times 159 = 0.32 \text{ volt}$$

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

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

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

### ثالثاً دائرة تحتوي على ملف حث عديم المقاومة :



عند توصيل مصدر تيار متردد بملف حث عديم المقاومة فإن

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

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

بالحث الذاتي مقدارها

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

القوة الدافعة الكهربائية المستحثة العكسية تقاوم التغير الحادث في شدة التيار

ويكون اتجاهها معاكساً (مضاداً) لاتجاه القوة الدافعة الكهربائية للمصدر ويكون

ترددتها مساوياً لتردد المصدر.

أي أن القيمة اللحظية للجهد

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

بتطبيق قانون كيرشوف

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

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

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

بأجراء التكامل

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

$$-\frac{V_m}{L \cdot \omega} \cdot \cos wt = I$$

$$I = \frac{V_m}{L.\omega} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

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

$$I_m = \frac{V_m}{\omega L}$$

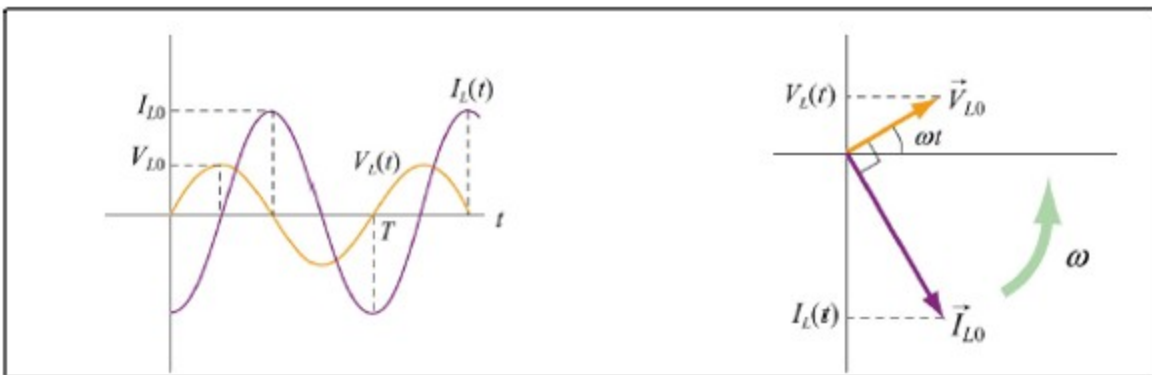
$$\frac{V_m}{I_m} = \omega L$$

$$X_L = 2\pi fL$$

$X_L$  تسمى المفاعلة الحثية ووحداتها أوم وتعتمد طرديا على التردد الزاوي  $\omega$

. اي ان المعاوقة تزداد مع زيادة التردد. يرسم التيار والجهد نحصل على

شكل الموجه لهما وفرق الطور كما واضح بالشكل التالي



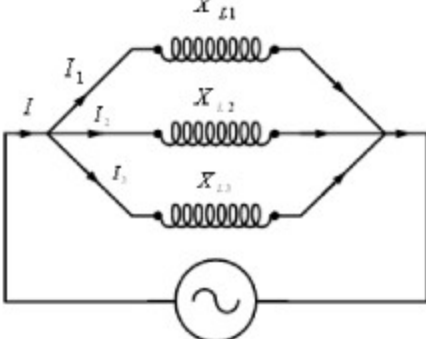
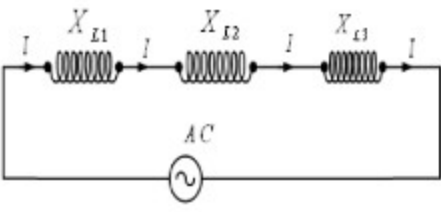
نجد ان الجهد يسبق التيار بزاويه  $\pi/2$  حيث يصل الى القيمه العظمى بعد ربع دورة اى ان التيار يتأخر عن الجهد فى حالة دائرة تيار متردد تحتوى على ملف حث عديم المقاومة

العوامل التى تتوقف عليها المفاعلة الحثية

1. تردد التيار علاقة طردية

2. معامل الحث الذاتى علاقة طردية



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

**مثال**

ملف حثي حثه الذاتي 2 هنري مهمل المقاومة الكهربائية وصل بمصدر جهد

متردد 12 فولت وتردده 50 هيرتز اوجد :

1. شدة التيار المار

2. شدة التيار عندما يتغير الحث اى 6 هنري

**الحل**

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

**628 ohm**

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

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

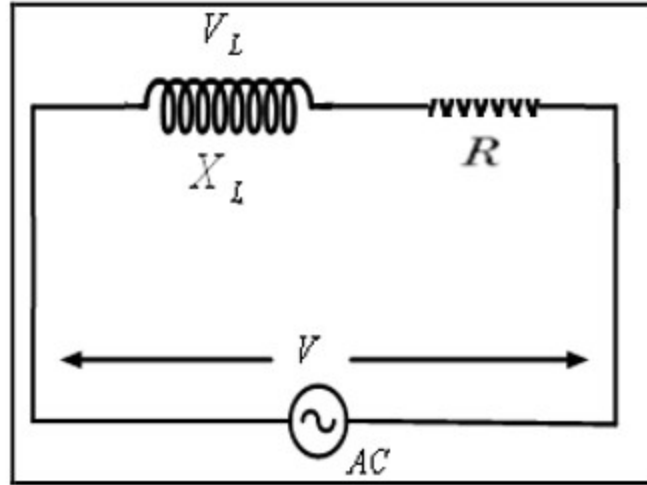
=1884 ohm

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



## دوائر التوالي في التيار المتردد

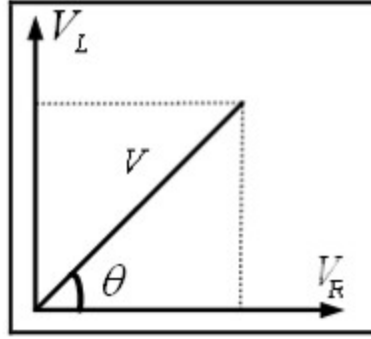
## 1- دائرة تحوى على ملف حث ومقاومة كهربية



الدائرة تحتوى على ملف حث حثه الذاتى  $L$  ومقاومة كهربية  $R$  متصلين على التوالي مع مصدر تيار متردد . من المعروف سابقا انه عند مرور تيار كهربي في 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

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

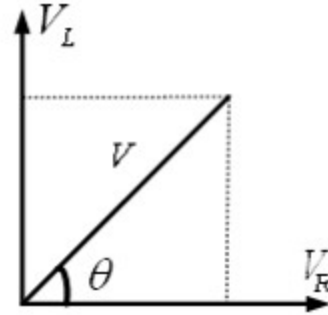
بالتعويض فى المعادلة السابقة

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

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

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 التوالي 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)

$$X_L = 2\pi fl = 2 \times 3.14 \times 50 \times 2 = 628 \Omega$$

$$R = 50 + 450 \Omega$$

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

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

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

(2)

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

$$\phi = 51.5^\circ$$

(3)

$$X_L = 628 \Omega \quad R = 50 \Omega$$

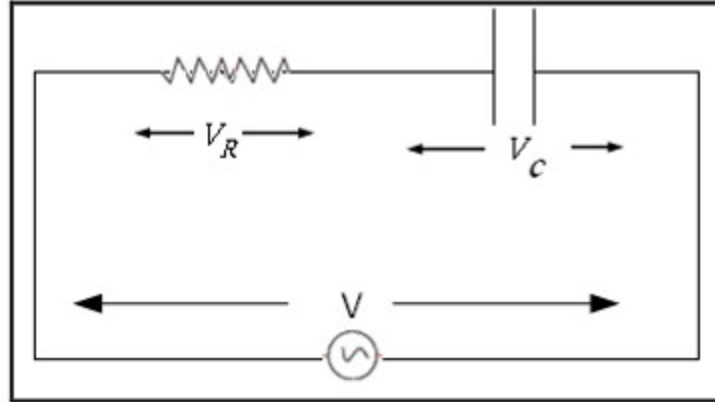
$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

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

## 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 أومييه

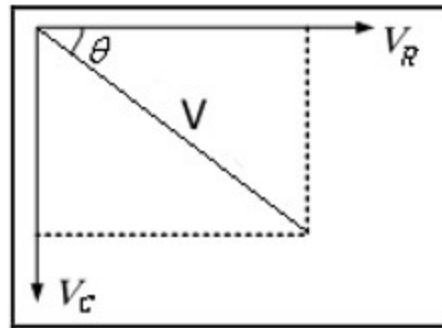
(R) ومصدر جهد متردد . عند مرور التيار فى الدائرة يكون :

• فى المقاومة الأومية يكون فرق الجهد والتيار متفقين 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

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

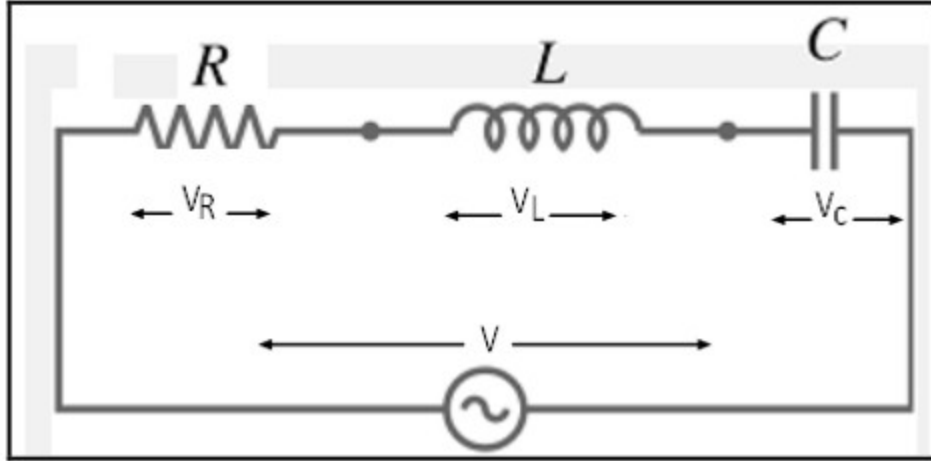
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

ولحساب زاوية الطور نوجد ظل الزاوية التي يصنعها الجهد المحصل مع

التيار

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

## 3- دائرة تحتوي على مقاومة وملف حث ومكثف RLC



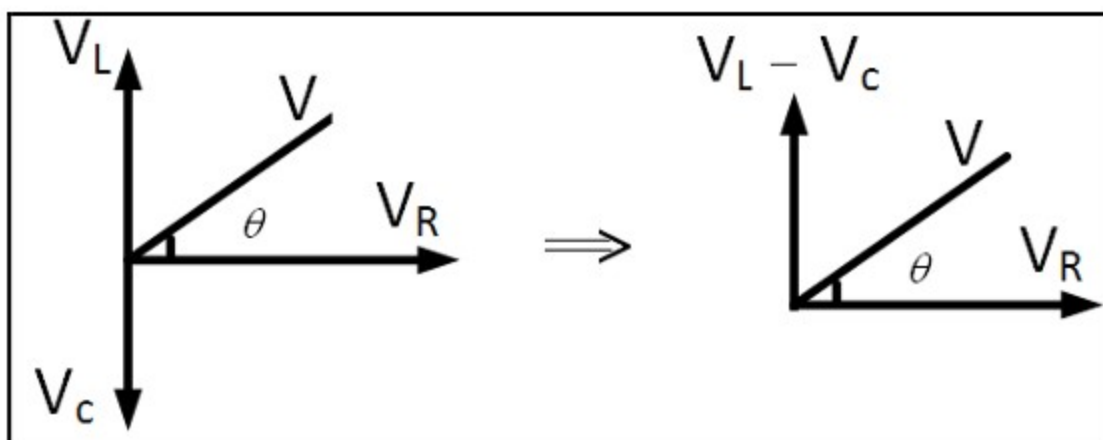
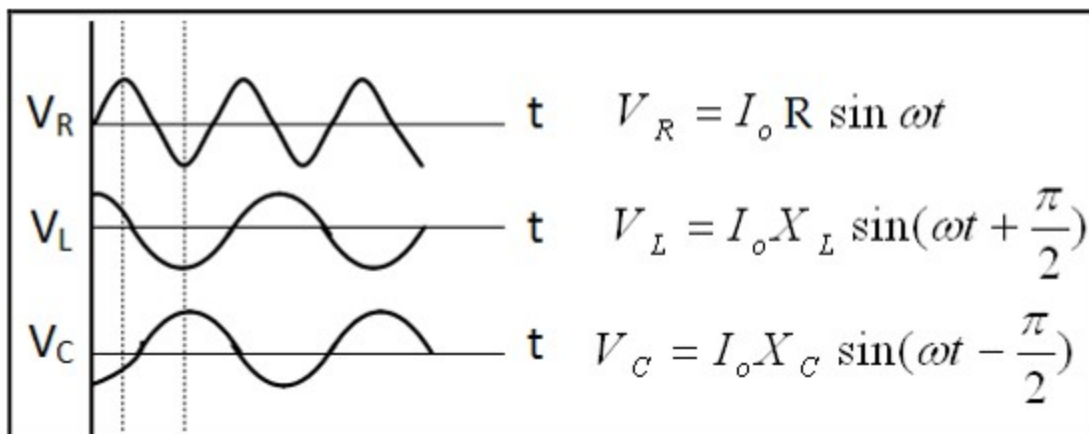
الدائرة الموضحة بالشكل تحتوي على كل من مكثف و مقاومة وملف حث متصلين على التوالي مع مصدر تيار متردد يكون جهدة

$$V = V_m \sin \omega t$$

من المعروف سابقا ان عند مرور التيار في الدائرة

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

يمكن تمثيل ذلك اتجاهي كالاتي



واضح من الشكل أن

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

ولكن

$$V_C = I X_C \quad V_R = IR \quad V_L = IX_L \quad V = IZ$$

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

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

زاوية الطور تحدد من العلاقة التالية

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

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

عندما تكون المفاعلة الحثية 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

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

$$Z = R$$

$$X_L = X_C$$

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

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

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

اى ان حالة الرنين تحدث عند قيمة معينة من التردد

جدير بالذكر ان نذكر ان الحالة التي 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  $X_L = X_C$

$$X_L = X_C$$

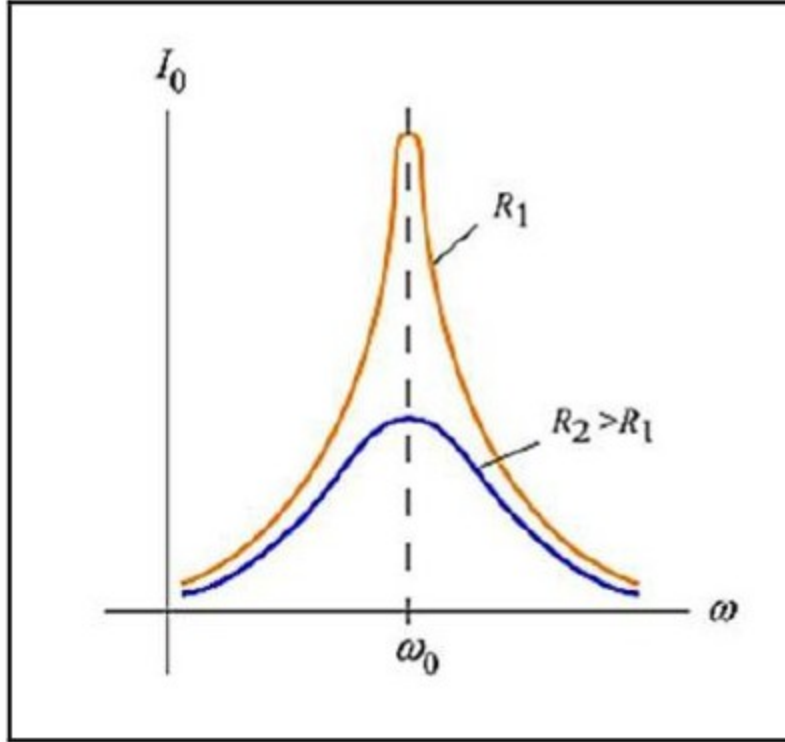
$$\omega_r L = \frac{1}{\omega_r C}$$

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

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

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

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



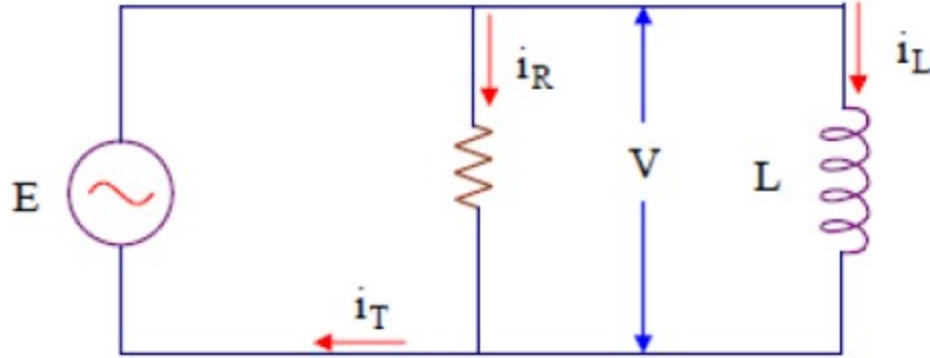
### عند حدوث الرنين في دائرة RLC

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 التوازي :

1- دائرة تحتوي على مقاومة وملف متصلين على التوازي مع مصدر تيار

متردد

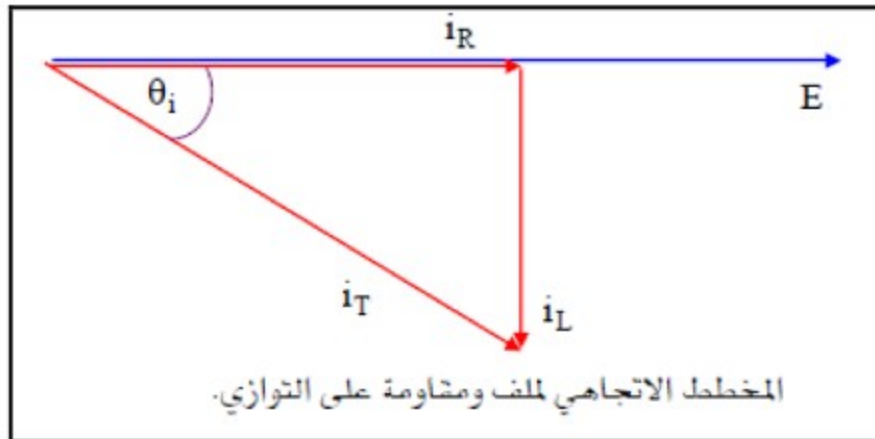


مقاومة وملف على التوازي

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 الكهربائية in parallel connection





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

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

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

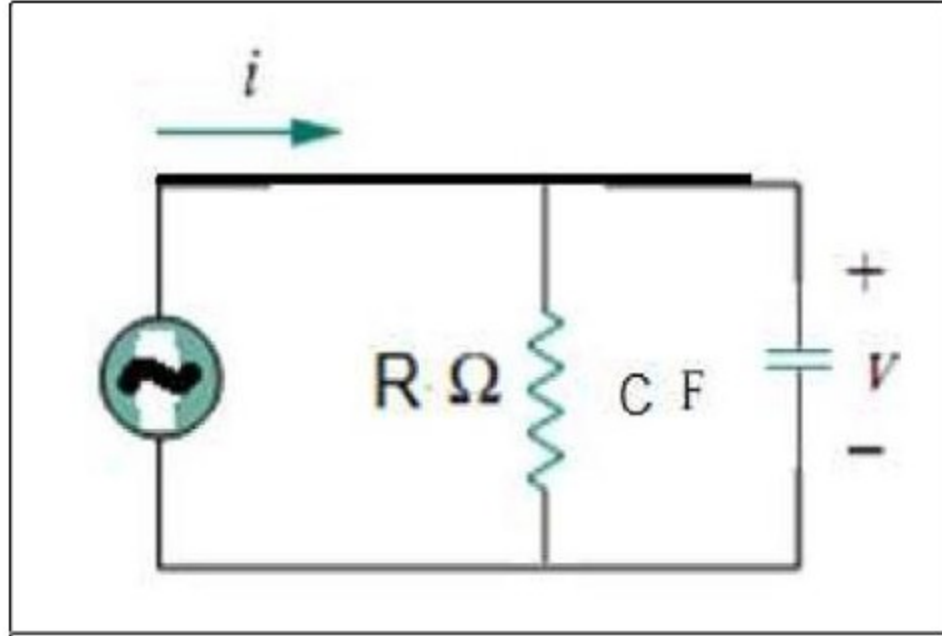
$$I_t = V \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2}}$$

يتخلف التيار الكلى عن الجهد الكلى بزاوية  $\phi$

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

## 2-دائرة تحتوي على مقاومة ومكثف سعوى متصلين على التوازي مع

مصدر تيار متردد



فى هذه الحالة تيار المكثف يتقدم على تيار المقاومة 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 الكلي للدائرة عن الجهد بزاوية

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



## الفصل الثالث : القدرة الكهربائية للتيار المتردد

١-٣-١ مقدمة

عندما نغذي حملاً معاوقة  $Z = Z \angle \theta$  بالجهد

$$v(t) = V_m \sin \omega t = V\sqrt{2} \sin \omega t$$

فإن التيار

$$i(t) = I_m \sin(\omega t - \theta) = I\sqrt{2} \sin(\omega t - \theta)$$

سيمر في هذا الحمل. وفي اللحظة  $t$  فإن القدرة الداخلة في الحمل هي

$$p(t) = v(t)i(t) \quad 1-47$$

وتسمى القدرة اللحظية للحمل. وتكون هذه القدرة موجبة عندما تكون إشارة التيار تساوي إشارة الجهد، وفي هذه الحالة نقول إن الحمل يستهلك تلك القدرة. أما إذا اختلفت الإشارتان فإن القدرة تكون سالبة، وهنا يصبح 'الحمل' مصدراً للقدرة. ويتعويض قيمتي الجهد والتيار وبعد حسابات طفيفة نجد

$$p(t) = VI \cos \theta - VI \cos \theta \cos 2\omega t + VI \sin \theta \sin 2\omega t \quad 1-48$$

وكما نلاحظ فإن القدرة اللحظية تتركب من ثلاثة أجزاء : جزء ثابت ويمثل القيمة المتوسطة، وجزء يتذبذبان بتردد يساوي ضعف تردد الجهد (والتيار).

أما الشغل الكهربائي الذي يبذل في الحمل بين الفترتين الزمنية  $t_1$  و  $t_2$  فهو

$$W = \int_{t_1}^{t_2} p(t) dt \quad 1-49$$

ووحده الجول (Joule) ورمزه (J).

وفيما يلي تفاصيل لأنواع القدرة المستعملة في دوائر التيار المتردد.

## ١- ٢- القدرة الفعالة

نلاحظ أن القيمة المتوسطة للقدرة اللحظية هي

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = VI \cos \theta \quad 1-50$$

و نسميها القدرة الفعالة أو الحقيقية للحمل، وهي القدرة التي يستهلكها الحمل فعلياً (التي تتحول إلى حرارة في مقاومة مثلاً)، ووحدتها الواط (Watt ورمزه W).

ففي حالة حمل مادي مقاومته R فإن الجهد و التيار لهما نفس الطور وتكون الزاوية  $\theta=0$  وبهذا فإن القدرة اللحظية تصبح

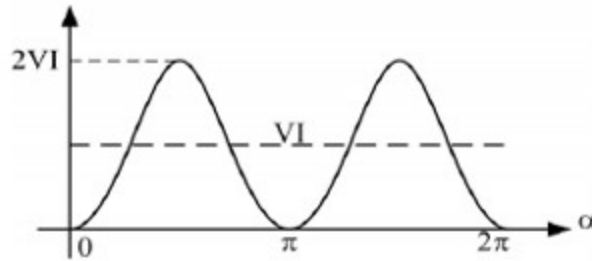
$$p_R(t) = VI - VI \cos 2\omega t \quad 1-51$$

وهي مبيّنة في الشكل ١- ٥٢ نلاحظ أن هذه القدرة موجبة في كل لحظة وهي متذبذبة حول قيمتها المتوسطة

$$P = VI = RI^2 = V^2 / R \quad 1-52$$

بتردد  $2f$  حيث  $f$  هو تردد الجهد (والتيار). وهذا يعني أن الحمل المادي يستهلك كل القدرة التي تأتيه من المصدر. أما الشغل الكهربائي المستهلك في المقاومة خلال دورة تيار كاملة فهو

$$W_R = \int_0^T p_R(t) dt = VIT = RI^2 T = (V^2 / R) T \quad 1-53$$



الشكل ١- ٥٢ : القدرة اللحظية في مقاومة

أما في حالة حمل حثي (سعوي) فإن الجهد يتقدم (يتأخر) على التيار بزاوية  $\theta=90^\circ$  وبهذا فإن القدرة الفعالة تساوي الصفر، وعليه فإن كلاً من الحمل الحثي والحمل السعوي لا يستهلكان أي قدرة فعلياً وإنما يستعيرانها كما سنرى فيما بعد.

## ١- ٣- ٢ القدرة الظاهرية ومعامل القدرة

القدرة الظاهرية  $S$  في حمل معاوقته  $Z$  هي حاصل ضرب القيمة الفعالة للتيار المار في هذا الحمل والقيمة الفعالة للجهد بين طرفيه، ووحدتها الفولط أمبير (VA)، أي

$$S = VI = Z I^2 = V^2 / Z \quad 1-54$$

ورغم أنها ليست هي القدرة المستهلكة فعلياً في كل الحالات إلا أنها مهمة في تحديد القدرة التصوي المتوفرة عندتيار وجهد معينين) لعدد من الأجهزة كالمحولات مثلاً.

ومن المعادلتين ١- ٥٠ و ١- ٥٤ نرى أن العلاقة بين القدرتين الظاهرية والفعالة هي

$$P = S \cos\theta \quad 1-55$$

ونسمي النسبة

$$\cos\theta = \frac{P}{S} \quad 1-56$$

معامل القدرة، لأنه يعطي نسبة القدرة المتوفرة التي تستهلك فعلياً من طرف الحمل. فبالنسبة للحمل الذي على شكل مقاومة فإن  $\theta=0$ ، وبهذا فإن كل القدرة الظاهرية الداخلة في المقاومة ستستهلك فعلياً (تحول إلى حرارة). أما بالنسبة لحمل حثي أو سعوي فإن  $\cos\theta=0$  ولن يستهلك هذا النوع من الأحمال أي جزء من القدرة الظاهرية فعلياً.

وكلما كان معامل القدرة قريباً من الواحد، كلما كان استعمال القدرة المتوفرة أحسن. وفي الحالات التي يكون فيها هذا المعامل صغيراً، نلجأ إلى تحسينه أي الرفع من قيمته.

## ١- ٣- ٤ القدرة غير الفعالة

في حالة حمل حثي (ملف) نعوض الزاوية  $\theta$  بـ  $90^\circ$  في المعادلة ١- ٤٨، وبهذا تصبح القدرة اللحظية

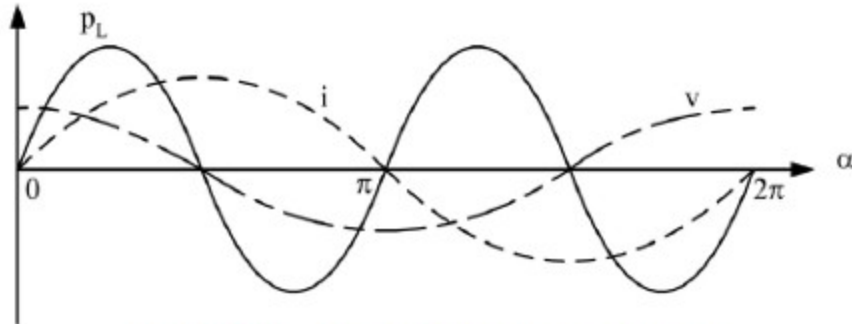
$$p_L(t) = VI \sin 2\omega t \quad 1-57$$

وكما نرى فإنها متذبذبة بتردد يساوي ضعف تردد التيار وبقيمة قصوى تساوي القدرة الظاهرية، كما أن قيمتها المتوسطة معدومة.

ويبين الشكل ١- ٥٤ كلاً من القدرة  $p_L$  وموجات الجهد والتيار في الحمل الحثي. وهنا فإن الحمل يستعير القدرة الظاهرية  $VI$  من المصدر ( $p_L$  موجبة) عندما تتساوى إشارة الجهد مع إشارة التيار، وعندئذ فإن الملف يحول طاقة المصدر إلى طاقة مغناطيسية تتخزن في مجاله المغناطيسي. وعندما تختلف إشارة



الجهد مع إشارة التيار فإن الطاقة المغناطيسية تتحول إلى طاقة كهربائية وترجع إلى المصدر. وهكذا فلن يستهلك الملف أي قدرة.



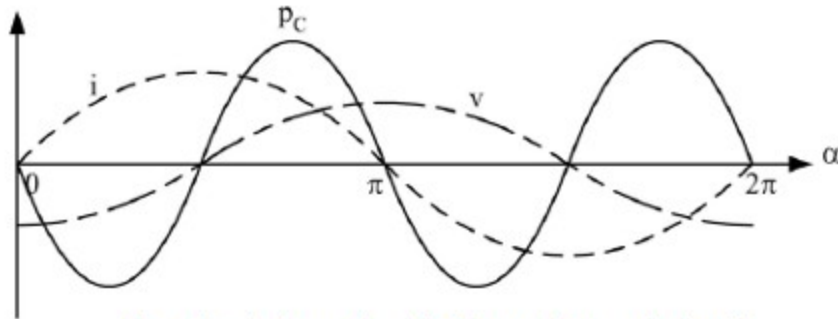
الشكل ١- ٥٤: القدرة اللحظية و الجهد والتيار في ملف

وفي حالة حمل سعوي (مكثفة) فإننا نعوض الزاوية  $\theta$  بـ  $-90^\circ$  في المعادلة ١- ٤٨، وهكذا تصبح القدرة اللحظية

$$p_c(t) = -VI \sin 2\omega t \quad 1-58$$

وكما نرى فإنها متذبذبة بتردد يساوي ضعف تردد التيار وبقيمة قصوى تساوي القدرة الظاهرية، كما أن قيمتها المتوسطة معدومة.

ويبين الشكل ١- ٥٥ كلاً من القدرة  $p_c$  وموجات الجهد والتيار في الحمل السعوي. وهنا كذلك فإن الحمل يستعير القدرة الظاهرية  $VI$  من المصدر ( $p_c$  موجبة) عندما تتساوى إشارة الجهد وإشارة التيار، وعندئذ فإن المكثفة تخزن طاقة المصدر في مجالها الكهروستاتيكي. وعندما تختلف إشارة الجهد مع إشارة التيار فإن الطاقة المخزنة تسترجع إلى المصدر. وهكذا فلن تستهلك المكثفة أي قدرة.



الشكل ١- ٥٥: القدرة اللحظية و الجهد والتيار في مكثفة



وعلى العموم نعرف القدرة غير الفعالة أو المفاعلة  $Q$  في أي حمل معاوقته  $Z = Z \angle \theta$  بالمعادلة

$$Q = V I \sin \theta \quad 1-59$$

وحداتها الفولت-أمبير مفاعل (volt-ampere reactive) ورمزه VAR) وهي نسبة القدرة الظاهرية التي تستعار من طرف الحمل لإحداث مجال مغناطيسي (ملف) أو مجال كهروستاتيكي (مكثفة).

ففي ملف ممانعته  $X_L$ ، فإننا نرمز للقدرة المفاعلة التي يستعيرها بالرمز  $Q_L$  وهي تساوي

$$Q_L = V I = X_L I^2 = V^2 / X_L \quad 1-60$$

وكما نرى فإنها موجبة، ولهذا نقول أن الملف "يستهلك" القدرة المفاعلة.

وفي مكثفة ممانعتها  $X_C$ ، فإننا نرمز للقدرة المفاعلة التي تستعيرها بالرمز  $Q_C$  وهي تساوي

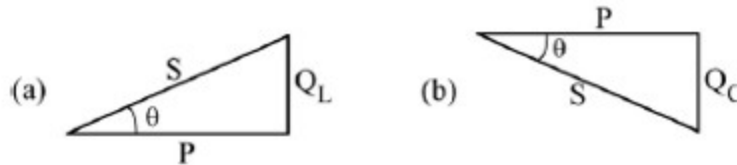
$$Q_C = -V I = -X_C I^2 = -V^2 / X_C \quad 1-61$$

وهي سالبة، ولهذا السبب نقول إن المكثفة "تولد" القدرة المفاعلة.

### ١-٣-٥ مثلث القدرة

نستطيع تمثيل العلاقة بين أنواع القدرة الثلاثة باستعمال مثلث القدرة. فلو رسمنا مثلثاً قائماً تساوي قاعدته القدرة الفعالة، ويساوي ارتفاعه القدرة غير الفعالة، فإن الوتر سيساوي القدرة الظاهرية وذلك حسب المعادلات ١-٥٠ و ١-٥٤ و ١-٥٩.

ويبين الشكلان ١-٥٦ و ١-٥٧ مثلثي القدرة في حالة حمل مادي-حثي وفي حالة حمل مادي-سعوي. وإذا كان الحمل يحتوي على مقاومة وملف ومكثفة فإن القدرة غير الفعالة  $Q$  تساوي مجموع  $Q_L$  و  $Q_C$ ، حيث  $Q_L$  هي القدرة المفاعلة للملف و  $Q_C$  هي القدرة المفاعلة للمكثفة. فإذا كانت القدرة الأولى أكبر فإن  $Q$  تكون موجبة ويظهر الحمل كأنه مادي-حثي، وإذا كان العكس فإن الحمل يظهر كأنه مادي-سعوي. أما إذا تساوت  $Q_L$  و  $Q_C$  فإن الحمل يصبح مادي بحت.



الشكل ١-٥٦ : مثلث القدرة في حمل مادي-حثي (a)، وفي حمل مادي-سعوي (b)

ونستطيع استعمال العلاقة

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

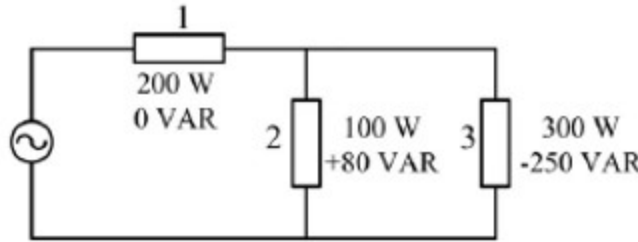
1-62

لحساب إحدى القدرات عندما تكون القدرتان الأخرتان معلومتين.

في دائرة كهربائية مكونة من عدة عناصر نحسب القدرات الكلية و معامل القدرة الكلي حسب الطريقة الآتية:

- تساوي القدرة الفعالة الكلية  $P_T$  مجموع القدرات الفعالة لكل عنصر؛
- تساوي القدرة المفاعلة الكلية  $Q_T$  مجموع القدرات المفاعلة لكل عنصر؛
- تعطى القدرة الظاهرية الكلية  $S_T$  بالمعادلة  $S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2}$ . نلاحظ هنا أن القدرة الظاهرية الكلية لا تساوي مجموع القدرات الظاهرية لكل عنصر، فلننتبه لهذا.
- معامل القدرة الكلي هو:  $\cos \theta_T = \frac{P_T}{S_T}$

مثال ١- ٢- ١: احسب القدرات الفعالة والمفاعلة والظاهرية الكلية وكذلك معامل القدرة الكلي للدائرة المبينة في الشكل ١- ٥٧، ثم ارسم مثلث القدرة. بين طبيعة كل حمل من الأحمال الثلاثة.



الشكل ١- ٥٧

الحل:

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 200 + 100 + 300 = 600 \text{ W}$$

القدرة الفعالة الكلية:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 + 80 - 250 = -170 \text{ VAR}$$

القدرة المفاعلة الكلية:

نستنتج أن الحمل الكلي مادي- سعوي.

القدرة الظاهرية الكلية:

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{(600)^2 + (-170)^2} = 624 \text{ VA}$$

### المحولات الكهربائية

تسمى المحولات الكهربائية بقلب المحطات فهي تعتبر من أهم المعدات الموجودة في المحطات أو غيرها من الأماكن التي تتطلب تخفيض أو رفع الجهد الكهربائي

ويمكن تعريف المحول الكهربائي بأنه جهاز يعمل بالتيار المتردد يحول الجهد أما لقيمة أعلى أو أقل حسب المطلوب من قبل المستخدم

#### الغرض منه :

رفع أو خفض القوة الدافعة الكهربائية المترددة

نقل الطاقة الكهربائية من أماكن توليدها إلى أماكن استهلاكها

#### فكرة عمله

يتم توصيل تيار متردد في الملف الابتدائي فيتكون مجال مغناطيسي على

القلب الحديدي ثم يمر بالملف الثانوي فيتكون تيار متردد تعتمد قيمته على

عدد لفات الملف وعلى قيمه الفيض المغناطيسي وقيمته تردد التيار

**تركيب المحولات:****ملف ابتدائي :**

وهي ملفات مصنوعة من النحاس الأحمر المعزول بالورنيش ويتوقف قطر الموصل على قيمة التيار المار فيه

**ملف ثانوي :**

وهي ملفات مصنوعة من النحاس الأحمر المعزول بالورنيش وتتميز لصغر مساحة المقطع نظرا لانخفاض التيار

**القلب الحديدي:**

يلف حوله الملفات ويعزل بينهما الورق المشبع بالزيت وهذا الورق يكون عازل لكل لفة عن الأخرى ويعزل ايضا الملف عن القلب الحديدي مصنوع من مادة الحديد المطاوع السليكوني وهو يكون على شكل شرائح رقيقة معزولة عن بعضها البعض وذلك للحد من التيارات الدوامية

**الخرزان الرئيسي:**

وظيفته تقتصر على احتواء الملفات بداخله بأرضيه معزولة ويكون مملوءاً  
بالزيت.

**الخرزان الاضافي:**

يكون متصل بالخرزان الرئيسي ووظيفته الأساسية السماح بتمديد الزيت  
و ضمان عدم خروجه خارج المحول

**شرح عمله**

يوصل طرفا الملف الابتدائي بمصدر التيار المتردد ويوصل الملف الثانوي  
الجهاز المستهلك للطاقة الكهربائية عند غلق دائرة الملف الثانوي فان التيار  
المر في الملف الابتدائي يحدث سيلا مغناطيسيا متناوبا في القلب الحديدي  
يولد في كل لفة من كلا الملفين قوة دافعة كهربائية في كلا الملفين تكون  
متناسبة طرديا مع عدد اللفات فيهما

عند فتح دائرة الملف الثانوي فان تيار الملف الابتدائي يكاد ينعدم حيث أن الحث الذاتي للملف الابتدائي يعمل على توليد تيار تأثيري عكسي يكاد يكون مساويا ومعاكسا للتيار الأصلي فينعدم التيار في الابتدائي ولا يحدث استهلاك للطاقة - العمل العقيم للمحول -

### أنواع المحولات

#### محول رافع STEP UP TRANSFORMERS

محول يرفع القوة الدافعة المترددة ويكون فيه عدد لفات الملف الثانوي أكبر من عدد لفات الملف الابتدائي

#### محول خافض STEPDOWN TRANSFORMERS

محول يقوم بتحويل قوة دافعة مترددة كبيرة الى قوة دافعة مترددة صغيرة ويكون فيه عدد لفات الملف الابتدائي أكبر من عدد لفات الملف الثانوي

### كفاءة المحول

هي النسبة بين الطاقة الكهربائية في الملف الثانوي الى الطاقة الكهربائية في الملف الابتدائي أو هي النسبة بين قدرة الملف الثانوي وقدرة الملف الابتدائي

### **استخدام المحول في نقل القدرة الكهربائية**

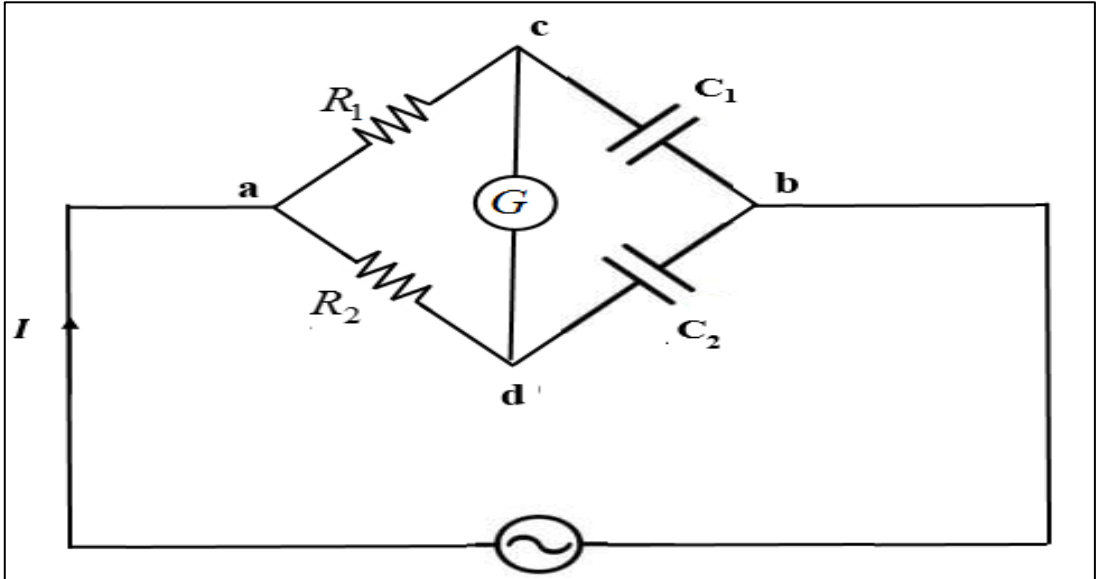
لا يمكن تحقيق الاستعمال الفعال للطاقة الكهربائية الا بواسطة نقلها لمسافات بعيدة بأقل خسارة ممكنة ويجب لهذا نقل الطاقة تحت جهد عالي جدا حيث توجد محولات رافعة عند أماكن توليد الطاقة وتنقل الطاقة عبر الأسلاك والأبراج الهوائية الى أماكن الاستهلاك حيث توجد محولات لخفض القوة الدافعة

## قنطرة دى سوتيه

تعيين سعة مكثف مجهول.

تتكون قنطرة دى سوتى كما هو موضح شكل (1) من مقاومتين معلومتين  $R_1$ ,  $R_2$  وكذلك مكثفان  $C_1$ ,  $C_2$  أحدهما معلوم السعة والاخر مجهول.

يتصل الجميع على هيئة قنطرة رباعية بمصدر جهد متردد منخفض القيمة عند  $a, b$ . والنقطتان  $d, c$  تتصل بجلفانومتر، عند توصيل مصدر الجهد المتردد للدائرة ينحرف مؤشر الجلفانومتر عند مرور تيار بداخله، اى عند اختلاف قيمة الجهد عند النقطتين  $c, d$  وعندما يكون فرق الجهد بين النقطتين يساوى صفر لا ينحرف مؤشر الجلفانومتر نتيجة عدم مرور تيار وتسمى هذه الحالة بالاتزان الكهربى. ويعرف الاتزان الكهربى بانه اعدام مرور التيار الكهربى في أحد أفرع دائرة مغلقة نتيجة تساوى الجهد بين طرفى هذا الفرع. ويمكن ان نحصل على هذا الاتزان بتغيير قيم المقاومات.





## القانون

عند حدوث الاتزان في الفرع cd يكون التيار المار في المقاومة  $R_1$  هو نفسه التيار  $I_1$  المار في المكثف  $C_1$  وكذلك التيار  $I_2$  المار في المقاومة  $R_2$  هو نفسه التيار المار في المكثف  $C_2$  وحيث ان الجهد على النقطتين c و d تساوي اذن فرق الجهد على الذراعين ac و ad متساوي اي ان

$$V_{ab} = V_{ac}$$

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 \quad (1)$$

كذلك الجهد على الذراعين bc ، bd متساوي اي ان

$$V_{bd} = V_{bc}$$

$$I_1 X_{C1} = I_2 X_{C2}$$

حيث  $X_C = \frac{1}{\omega C}$  تدل على الممانعة السعوية للمكثف

حيث C سعة المكثف وF التردد العام للمصدر المستخدم

$$I_1 C_2 = I_2 C_1 \quad (2)$$

بقسمة المعادلة (1) على المعادلة (2) نحصل على

$$\frac{R_1}{C_2} = \frac{R_2}{C_1} \quad (3)$$

وبذلك يمكن استخدام المعادلة (3) لمعرفة سعة مكثف مجهول بمعلومية مقاومتين وسعة مكثف اخر معلوم.

**خطوات العمل: -**

1- وصل الدائرة التي امامك كما موضح بالشكل (1) مع ملاحظة وضع قيم دائمة للمقاومتان  $R_1, R_2$  وعدم جعلهما اصفار اثناء التجربة.

2- ثبت المقاومة  $R_1$  عند قيمة معينة وغير من قيمة  $R_2$  حتى نحصل على حالة الاتزان (عندما يعود مؤشر الجلفانومتر الى الصفر) ودون قيمة  $R_1, R_2$  اللازمة لحدوث الاتزان.

3-كرر الخطوة السابقة عدة مرات مع تغيير قيمة  $R_1$  في كل مرة ودون النتائج في جدول  
 4-ارسم العلاقة بين  $R_1, R_2$  تبعا للمعادلة (4) وبذلك يمكن تعيين قيمة المكثف المجهول من  
 من الميل بمعلومية المكثف الاخر.  
 جدول النتائج: -

$R_1,$	$R_2$

ميل الخط الناتج من الرسم يساوى:

$$slope = \frac{R_1}{R_2} = \frac{C_2}{C_1}$$

سعة المكثف المعلوم = ميكروفاراد

سعة المكثف المجهول = ميكروفاراد

مرة وصل المكثفين  $C_1, C_2$  مرة على التوالي ثم على التوازي وضعها فى الذراع CD  
 وعين السعة الكلية فى كلتا الحالتين من المعادلة (4).

-السعة الكلية على التوالي = ميكروفاراد

-السعة الكلية على التوازي = ميكروفاراد

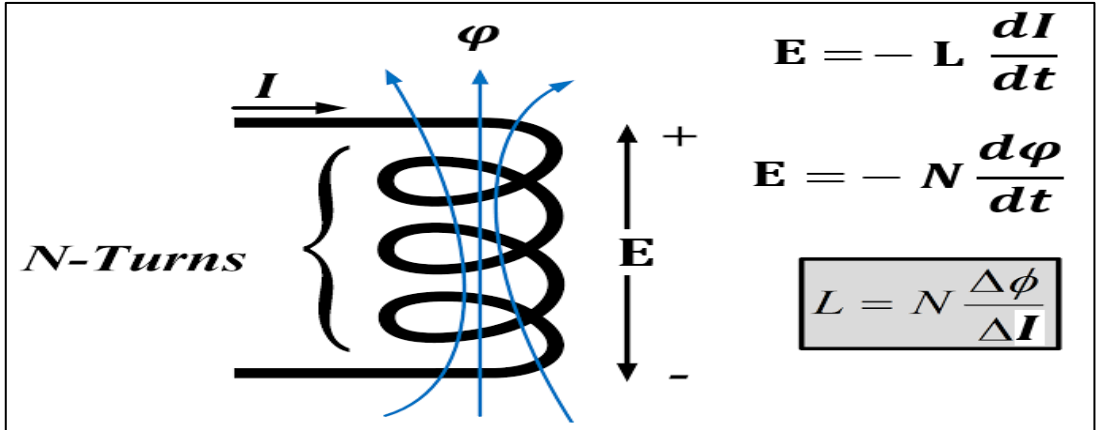
من الخطوة 6 نستنتج ان .....

س1: هل يمكن استخدام مصدر جهد مستمر بدلا من الجهد المتردد فى هذه الدائرة؟

## ايجاد معامل الحث الذاتي لملف باستخدام طريقة المتجهات.

الحث الذاتي هو ظاهرة تولد قوة دافعة كهربية عكسية في ملف نتيجة تغير التيار المار في الملف. فعند مرور تيار كهربي في احدى لفات الملف يتولد مجال مغناطيسي وهذا المجال سوف يؤثر على الشحنات الى تمر في باقى لفات الملف بقوة معاكسة لحركة الشحنات وبالتالي فان هذه القوة سوف تعيق حركة الشحنات وبالتالي نقول ان الملف يمتلك قوة معاوقة تختلف عن المقاومة الاومية الناتجة من تصادم الالكترونات مع ذرات الموصل المصنوع منه الملف. وهذه المعاوقة التي تنشأ من التأثير المغناطيسي تسمى بالممانعة الحثية ويرمز لها بالرمز  $(X_L)$ .

ولقد وجد فاراداي ان القوة الدافعة العكسية تتناسب مع التغير في الفيض المغناطيسي حول دائرة الملف وحيث ان التغير في الفيض يتناسب مع التغير في التيار المار في الدائرة فان القوة الدافعة المستحثة المتولدة تتناسب مع معدل تغير التيار وثابت التناسب بينهما يسمى معامل الحث الذاتي.



### القانون

لحساب قيمة هذه المقاومة الحثية الناشئة من الحث الذاتي نفرض ملف (نقى) عديم المقاومة الاومية (اي باهمال مقاومة مادة اسلاكه) متصل بطرفي مصدر تيار متردد يعطى بالعلاقة

$$I = I_m \sin wt \quad (1)$$

بتطبيق قانون كيرشوف فان: -

$$V = L dI / dt$$

اي ان فرق الجهد على طرفى الملف

$$V = L \frac{dI}{dt} = I_m \omega L \cos \omega t$$

$$= I_m \omega L \sin(\omega t + 90)$$

$$V = V_m \sin(\omega t + 90) \quad (2)$$

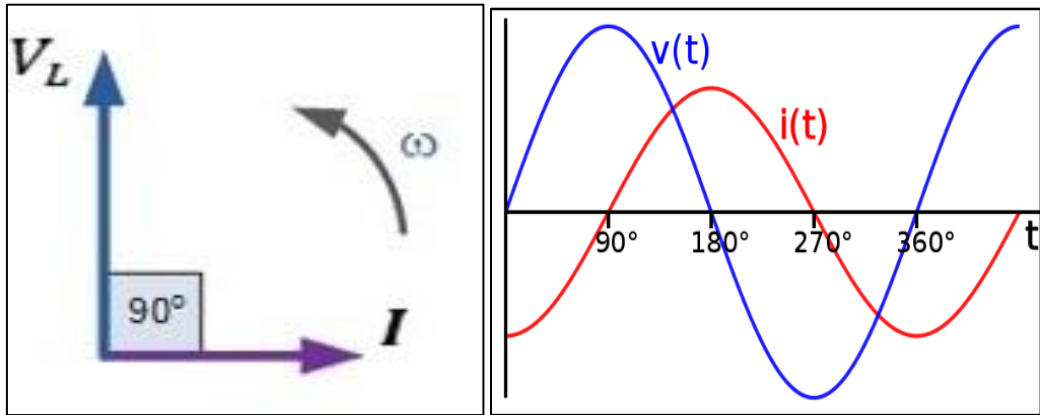
حيث ان  $V_m$  هي النهاية العظمى لفرق الجهد على طرفى الملف ويمكن ان نرى ان

$$V_m = I_m \omega L$$

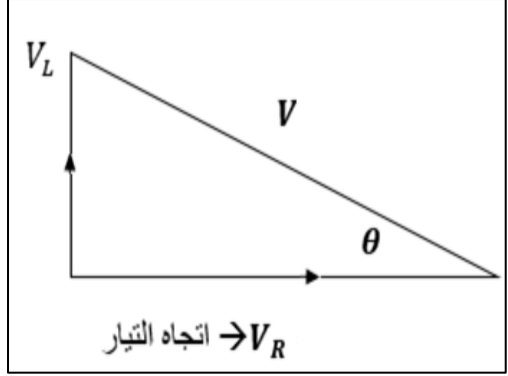
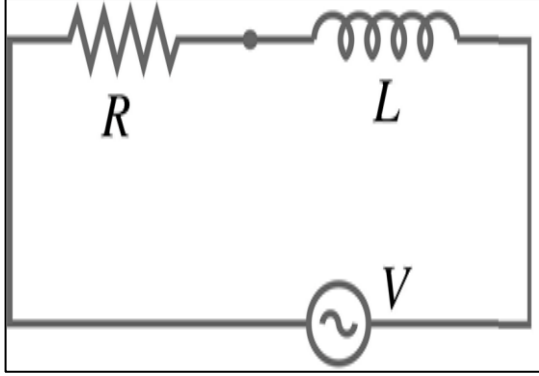
منها نرى ان المقاومة التي تنشأ في هذا الملف في حالة التيار المتردد الذي له تردد  $F$  تسمى

$$X_L = \omega L = 2\pi F L \text{ وهي تساوى } X_L = \omega L = 2\pi F L$$

وبمقارنة المعادلتان (1)، (2) نجد ان التيار الذي يمر في الملف لا يتغير في نفس اللحظة بنفس الطريقة التي يتغير بها الجهد فبينما يتزايد الجهد حتى يصل قيمته العظمى  $V_0$  نجد ان التيار في نفس اللحظة يبدأ في القراء من الصفر ونجد ان الجهد يسبق التيار في الملف بربع دورة اي بفرق في الطور مقداره  $90$  درجة.



إذا احتوت الدائرة على مقاومات اومية بالإضافة الى المقاومة الحثية للملف فان فرق الطور في هذه الحالة سيقبل عن  $90$  وليكن  $(\alpha)$  مثلاً وهذا سيتضح كما في الشكل فان الدائرة الكهربائية تتكون من مصدر للتيار المتردد ومقاومة اومية وملف له معامل حث ذاتي  $L$ .



معادلة الجهود طبقا لقانون كيرشوف هي

$$V = V_R + V_L$$

$$V = RI + L \frac{dI}{dt}$$

وان التيار المار يمثل منحنى جيبي على الصورة:

$$I = I_0 \sin \omega t$$

فاذا علمنا ان قيمتى  $R, L$  ثوابت وبالتعويض عن قيمة التيار فى المعادلة السابقة يكون:

$$V = I_m R \sin \omega t + I_m \omega L \cos \omega t$$

وحيث ان الفرق بين دالة الجيب ودالة جيب التمام هو 90 درجة بذلك فان الجهد على الملف يختلف عن جهد المقاومة فى الاتجاه وكذلك الجهد الكلى.

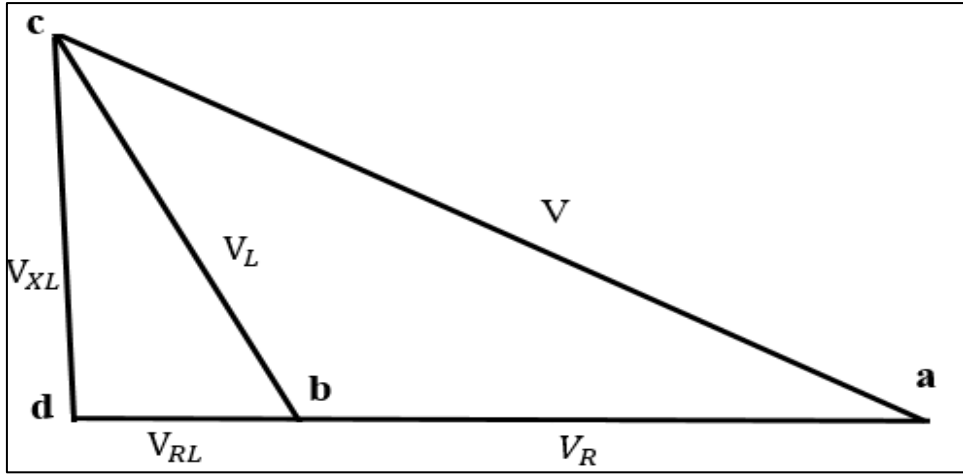
ويمكن ملاحظة ان الجهد الكلى هو محصلة مركبتين متعامدتين أحدهما مقاومة اومية  $R$  الى جانب الممانعة الحثية للملف مما يسبب فرقا فى الطور بين الجهد والتيار يختلف عن 90 وهذا يعنى ان الجهد الكلى يسبق التيار بفرق فى الطور مقداره  $\alpha$  حيث

$$\tan \alpha = \frac{\omega L}{R}$$

المقاومة الكلية للدائرة تحسب بطريقة المتجهات حيث تمثل  $R$  بيانيا على أحد اضلاع مثلث قائم الزاوية وتمثل  $\omega L$  بيانيا على الضلع الراسى فيكون الوتر ممثلا للمقاومة الكلية للدائرة الكهربائية. وتكون الزاوية المحصورة بين الوتر واتجاه الضلع الذى يمثل المقاومة الاومية هي زاوية الطور فى هذه الحالة.

وإذا كان للملف مقاومة اومية فان فروق الجهد يمكن تمثيلها بيانيا كما فى الشكل التالى فاذا كان لدينا ملف حثه  $L$  ومقاوته الاومية  $R_L$  يتصل على التوالى مع مقاومة  $R$  وكان الجهد على المقاومة  $V_R$  ومصدر التيار المتردد جهده  $V$  وفرق الجهد على الملف  $V_L$  وهو يساوى فرق الجهد الحثى  $V_{XL}$  وفرق الجهد الناتج عن المقاومة الاومية للملف  $V_{RL}$

$$V_L = V_{XL} + V_{RL}$$



ويتم رسم المثلث الموضح في الشكل باستخدام الخطوات التالية

#### خطوات العمل :-

- 1- وصل الدائرة المكونة من مصدر تيار متردد منخفض الجهد على التوالى مع ملف  $L$  وصندوق مقاومات  $R$ .
- 2- قم بإدخال قيمة للمقاومة ولتكن  $R=100$
- 3- باستخدام فولتمتر لقياس فرق الجهد المتردد، قس فرق الجهد على المقاومة  $V_R$
- 4- احسب قيمة التيار من المعادلة  $I = \frac{V_R}{R}$
- 5- افتح الفرجار مسافة تساوى  $V_R$  ثم قف بسن الفرجار عند  $b$  وارسم قوسا.
- 6- افتح الفرجار مسافة تساوى  $V_T$  ثم قف بسن الفرجار عند  $a$  وارسم قوسا اخر يتقاطع مع القوس الأول عند نقطة (c).
- 7- وصل النقطة (c) مع (a) وكذلك النقطة (c) مع (b) نحصل على المثلث abc

8- مد الخط ab افقيا على استقامتها وأسقط من النقطة (c) خطا عموديا يتقاطع مع الخط الافقى عند النقطة (d) كما بالشكل.

9- قم بقياس المسافة الراسية (cd) وهي تمثل فرق الجهد الحثي للملف ( $V_{XL}$ ).

10- قم بالتعويض في المعادلة  $V_{XL} = I. 2\pi F. L$  واحسب قيمة معامل الحث الذاتي L.

11- قم بقياس المسافة (bd) وهي تمثل فرق الجهد الناتج عن المقاومة الاومية للملف  $V_{RL}$

12- قم بحساب قيمة المقاومة الاومية للملف من المعادلة

$$V_{RL} = I. R_L$$

13- قم بتغيير قيمة المقاومة عند  $R=200\Omega$ ،  $R=300\Omega$  وكرر الخطوات السابقة. واحسب

في كل مرة معامل الحث الذاتي والمقاومة الاومية للملف ثم احسب متوسط القراءات الثلاثة.

النتائج: -

R	$V_R$	$V_L$	V	$I = \frac{V_R}{R}$
100				
200				
300				

قيمة التردد (F) = 50 هرتز

$$L = \frac{V_{XL}}{I. 2\pi F} =$$

## قياس السعة باستخدام دائرة التيار المتردد (RC)

المكثف عبارة عن لوحين معدنيين متوازيين يفصل بينهما مادة عازلة وتعتمد فكرة عمله على مبدأ الشحن والتفريغ للشحنات بين طرفيه. فعند توصيله بمصدر جهد مستمر فإن الشحنة الكهربائية تنتقل من المصدر ويكون التيار أكبر ما يمكن وتتراكم هذه الشحنات على لوحى المكثف ويزداد فرق الجهد بين طرفى المكثف حتى يتساوى مع فرق جهد المصدر وعند هذه اللحظة يقل التيار حتى يصل الى الصفر وهذه الشحنة المخزنة Q على لوحى المكثف تتناسب مع فرق الجهد المطبق V.

$$Q = C V$$

حيث C هي سعة المكثف، وهذا يعنى ان التيار المار فى الدائرة يعطى من العلاقة

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

وعندما يطبق فرق جهد متردد بين لوحى مكثف يعطى من المعادلة

$$V = V_m \sin wt$$

فان التيار المار سيعطى من العلاقة

$$I = -wc V_m \cos wt = wc V_m \sin(wt + 90)$$

ويمكن وضعها على الصورة

$$I = I_m \sin(wt + 90)$$

ويحسب فرق الجهد بين طرفى المكثف من المعادلة

$$I_m = wc V_m = \frac{V_m}{X_c} \Rightarrow X_c = \frac{1}{wc}$$

ومنها نلاحظ ان للمكثف نوع من المقاومة يسمى بالممانعة السعوية  $X_c$  او "رد الفعل السعوي" وهي تتناسب عكسيا مع سعة المكثف وتردد التيار.

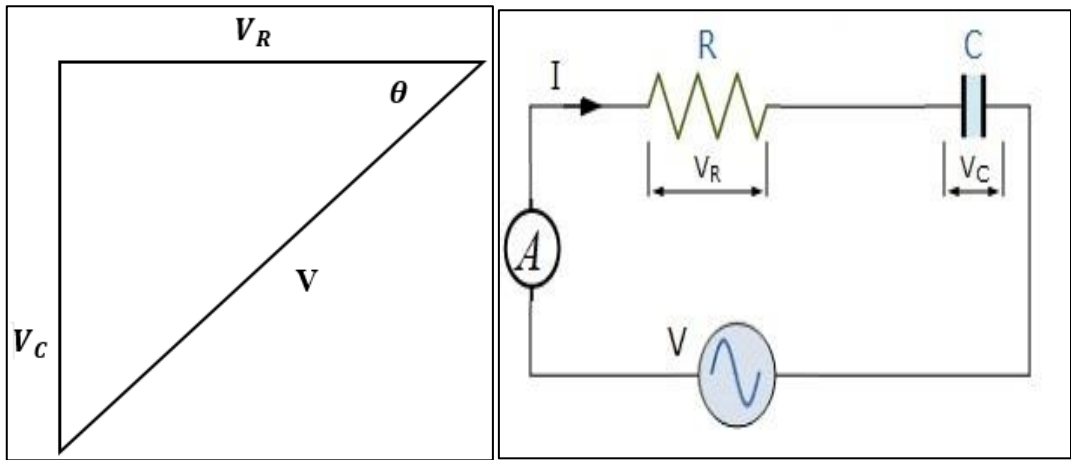
ومن هذه المعادلة نستنتج ان التيار المتردد يمر فى دائرة المكثف ويتقدم فى الطور عن فرق الجهد بمقدار 90 درجة. اى انه فى ربع الدورة الاول عندما يبدا فرق الجهد بين طرفى المكثف فى



النمو نتيجة لتخزين الشحنات بين طرفيه يكون التيار قيمة عظمى ويقل التيار تدريجيا مع زيادة فرق الجهد حتى يصل الجهد الى قيمته العظمى وعندها يكون التيار مساويا للصفر وفى ربع الدورة الثانى يقل فرق جهد المصدر مما يؤدي الى ان يقوم المكثف بتفريغ شحنته اى ان التيار يزداد في الاتجاه العكسى ويقل فرق الجهد على المكثف.

### القانون

إذا كان مصدر جهد متردد مطبق على دائرة تحتوي مكثف متصل مع مقاومة على التوالي سيكون التيار المار واحد ولكن فرق الجهد بين طرفى المكثف سيختلف عن فرق الجهد بين طرفى المقاومة في الطور بمقدار 90 درجة.



ويجب في هذه الحالة اعتبار فرق الجهد الكلى محصلة فرق الجهدين على طريقة متوازي الاضلاع اى باعتبار الكميات المذكورة كميات متجهة تنطبق عليها نظرية فيثاغورث كما بالشكل

تمثل قيمة فرق الجهد بين طرفى المكثف  $(\frac{I}{\omega C})$  بالضلع الراسى ويمثل فرق الجهد بين طرفى

المقاومة  $(I R)$  بالضلع الافقى ولذا فان الوتر يمثل فرق الجهد الكلى.

$$V = I \cdot Z$$

$$V^2 = I^2 \cdot \left\{ R^2 + \left( \frac{1}{\omega C} \right)^2 \right\}$$

$$R^2 = V^2 \cdot \frac{1}{I^2} - \left( \frac{1}{\omega C} \right)^2$$

وتبين المعادلة ان العلاقة بين  $R^2$  و  $\frac{1}{I^2}$  علاقة خط مستقيم يقطع جزء سالب مقداره  $(\frac{1}{wc})^2$

الدائرة

محول 12 فولت يتصل مع مكثف موصل على التوالي مع صندوق مقاومات عيارى واميتتر AC.

خطوات العمل: -

1-صل الدائرة كما في الشكل.

2-ادخل قيمة للمقاومة  $R$  وسجل قراءة الاميتتر  $I$ .

3-كرر الخطوة السابقة عدة مرات مع تغيير قيمة المقاومة في كل مرة وتسجيل قيمة التيار.

4-ارسم خطا بيانيا يمثّل العلاقة بين  $(R^2)$  على المحور الراسى وبين  $\frac{1}{I^2}$  على المحور الافقى.

5-من تقاطع الخط المستقيم على المحور الراسى نوجد سعة المكثف.

النتائج: -

R	I	$R^2$	$1/I^2$

$$\text{الجزء المقطوع} = \left(\frac{1}{wc}\right)^2$$

من الخط البيانى

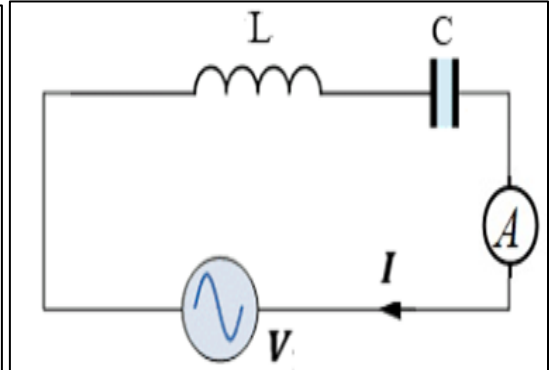
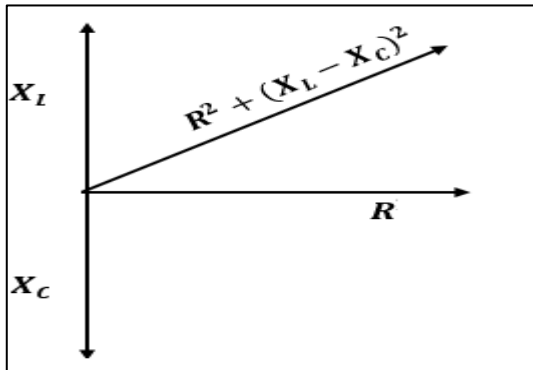
$$w=2\pi f \rightarrow C=$$

## منحنى الرنين في دائرة التيار المتردد

تحقيق حالة الرنين في الدائرة (LC) عن طريق تغيير تردد التيار.

عند توصيل مولد للذبذبات على التوالي مع ملف (L) ومكثف متغير السعة (C) وملى اميتر (mA) لقياس شدة التيار في الدائرة. فان التيار المار في الدائرة تعتمد قيمته على المعاوقة الكلية للدائرة (Z) والتي تساوى محصلة كلا من الممانعة الحثية للملف ( $X_L = \omega L$ ) والممانعة السعوية للمكثف ( $X_C = \frac{1}{\omega C}$ ) بالإضافة الى المقاومة الاومية للدائرة (R) وتعطى بالمعادلة

$$Z^2 = R^2 + \left\{ (\omega L) - \left( \frac{1}{\omega C} \right) \right\}^2$$



وحيث ان كلا من الممانعة الحثية والممانعة السعوية تعتمد على تردد التيار فان المعاوقة الكلية للدائرة وكذلك التيار المار سوف يتغيران بتغير تردد التيار (F). في البداية فاذا كانت قيمة التردد تساوى صفر فان الممانعة السعوية ستكون كبيرة جدا ( $\infty$ ) والممانعة الحثية تساوى صفر ولذلك لا يمر تيار في الدائرة وعند زيادة التردد من مولد الذبذبات فان الممانعة السعوية تقل بصورة كبيرة جدا والممانعة الحثية تزداد زيادة صغيرة ولذلك يزداد التيار تدريجيا لان المعاوقة الكلية تقل وعند قيمة معينة للتردد ( $F_r$ ) تتساوى الممانعة الحثية مع الممانعة السعوية ( $X_L = X_C$ ) وتكون المقاومة الكلية أصغر ما يمكن، وتكون قيمتها مساوية لقيمة المقاومة الاومية فقط وتكون قيمة التيار الناتج في الدائرة أكبر ما يمكن.

كما ان التيار يكون متفقا فى الطور مع الجهد وتكون الدائرة فى حالة رنين والتردد المسبب لتلك الحالة يسمى تردد الرنين.

مما سبق يتضح ان شرط الرنين لابد ان يكون:

$$X_L = X_C$$

$$2\pi F_r L = \frac{1}{2\pi F_r C}$$

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

وعند زيادة التردد مرة أخرى فان التيار يقل تدريجيا وذلك لان مقدار قيمة الممانعة السعوية ستقل والممانعة الحثية تزداد وبذلك تزداد المعاوقة الكلية مرة أخرى مما يؤدي الى نقصان التيار. ويمكن تحقيق ذلك برسم العلاقة بين التردد والتيار الما في الدائرة وستلاحظ ان التيار سيبلغ نهاية عظمى عند حالة الرنين والتردد المقابل لذلك هو تردد الرنين عمليا. ويمكن مقارنة القيمة العملية بالقيمة النظرية المحسوبة من المعادلة السابقة بمعلومية سعة المكثف والحث الذاتي للملف.

