

# Chapter Six الفصل السادس

## دوائر التيار المتناوب

## Alternating Current Circuits


### Sequence:55

- المقدمة.
- مقاومة أومية في دائرة تيار متناوب.
- ملف ذو حث ذاتي في دائرة تيار متناوب.
- متسعة ذو سعة في دائرة تيار متناوب.
- مقاومة وملف في دائرة توالي لتيار متناوب.

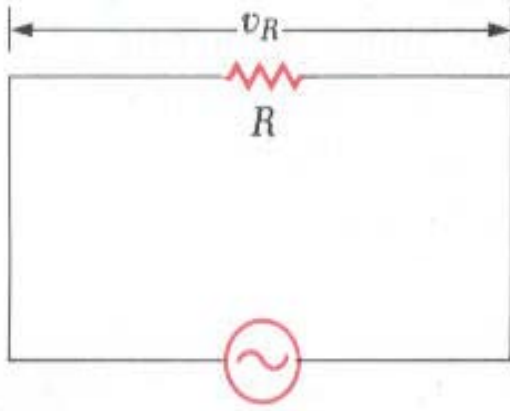
## المقدمة

- من المعروف سابقا ان التيار المتناوب هو تيار كهربائي ناتج عن حركة او بمعنى ادق ناتج عن قطع لخطوط المجال المغناطيسي كما علمنا ويعتبر المولد الكهربائي هو مصدر التيار المتناوب (I) او الجهد المتناوب (V) وكلاهما يمثل سلوك جيبي وله معادلة جيبية وهي:

$$V = V_m \sin \omega t \quad \omega = 2\pi f = 2\pi/T$$

- حيث (V) فرق الجهد الكهربائي له سلوك جيبي يتغير مع الزمن t ويسمى فرق الجهد اللحظي و ( $V_m$ ) القيمة العظمى للجهد و ( $\omega$ ) السرعة الزاوية لملف المولد و (f) هي التردد الذي يتراوح بين 50 , 60 دورة كل ثانية ويقاس التردد بعدد الذبذبات الكاملة الحادثة كل ثانية ووحده قياسه تسمى هيرتز (Hz)
- سندرس في هذه المحاضرة تأثير التيار المتناوب على كل من المقاومة والمكثف والملف وكلاهما معا. وقد سميت بدوائر التيار المتناوب لأن التأثير الكهربائي يتغير مع الزمن بدالة جيبية كما لا حظنا في فكرة عمل المولد الكهربائي (مصدر التيار المتناوب). ونحاول تحليل الدائرة الكهربائية لإيجاد علاقة التيار بالجهد الكهربائي على كل عنصر من عناصر الدائرة الكهربائية.
- ويمثل مصدر القوة الدافعة الكهربائية المتناوبة في الدائرة بالرمز (  )

## مقاومة أومية في دائرة تيار متناوب



شكل (26): مقاومة في دائرة متناوبة.

يمثل الشكل رقم (26) قوة دافعة كهربائية متناوبة متصلة بمقاومة أومية

(أي ليس لها حث) فتكون معادلة الجهد هي:

$$V_R = V_m \sin \omega t$$

وتبعا لقانون أوم تكون القيمة اللحظية لشدة التيار

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V_m}{R} \cdot \sin(\omega t) \quad \text{الكهربائي المار في الدائرة هي:}$$

$$I = I_m \cdot \sin(\omega t)$$

$$I_m = \frac{V_m}{R} \quad \text{حيث ان القيمة العظمى للتيار هي:}$$

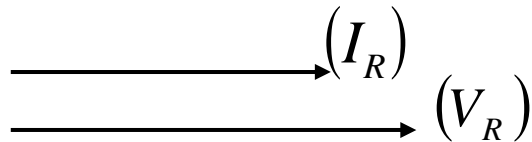
من معادلة التيار والجهد نستنتج أن كلاً من الجهد والتيار يتغيران بدالة جيبيية وبنفس الطور. أي ان كل من

التيار والجهد يمران بنقطة الصفر معا كما انهما يمران بقيمتي النهاية العظمى في كل من الجهتين الموجبة

والسالبة معا ولذلك يقال ان فرق الجهد والتيار بنفس الطور. ويمكن تمثيل منحنيات الطور على شكل متجهات

توضح علاقة الطور بين التيار وفرق الجهد عند أية لحظة زمنية وذلك بتمثيل التيار بمتجه طوله  $I_m$  وفرق الجهد

بمتجه طوله  $V_m$



- تعطى القدرة الكهربائية بالعلاقة (  $P = I^2 R$  أو  $P = I.V$  ) وحيث أن التيار المار في الدائرة الكهربائية هو تيار متردد فإن تأثيره سيكون مختلف فيما لو عوضنا في المعادلة السابقة عن القيمة العظمى للتيار لأن ذلك لا يدوم إلا لفترة زمنية قصيرة وعليه يجب التعامل مع قيمة تعبر عن قيمة التيار المتناوب المؤثرة (  $I_{\text{eff.}}$  ) أو الجهد الكهربائي المؤثر (  $V_{\text{eff.}}$  ) وهذا ما يعرف بالقيمة الفعالة حيث أن:

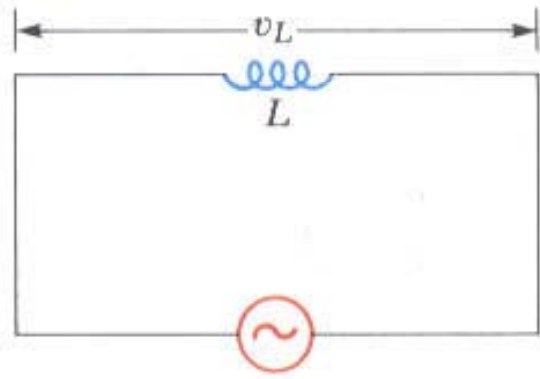
$$V_{\text{eff.}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707 V_m$$

$$I_{\text{eff.}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m$$

- وعليه تعطى القدرة الكهربائية في هذه الدائرة بالعلاقة:

$$( P = I_{\text{eff.}}^2 \cdot R \quad \text{أو} \quad P = I_{\text{eff.}} \cdot V_{\text{eff.}} )$$

## ملف ذو حث ذاتي في دائرة تيار متناوب



شكل (27): ملف ذو حث ذاتي في دائرة متناوبة.

- يمثل الشكل رقم (27) قوة دافعة كهربائية متناوبة متصلة بملف حثه الذاتي
- (L) ومقاومته الاومية مهملة. فإذا كان التيار المار في الدائرة عند اي لحظة
- هو (I) فإن الفيض المغناطيسي المتناوب الناتج عن مرور هذا التيار ينتج
- قوة دافعة كهربائية حثية عكسية (ε) وفقاً للمعادلة التالية:

$$\varepsilon = -L \cdot \frac{dI}{dt}$$

- بتطبيق قانون كيرشهوف الثاني على الدائرة الموضحة في الشكل نحصل على :

$$V - L \cdot \frac{dI}{dt} = 0$$

- وحيث أن:  $V = V_m \sin \omega t$  وبالتعويض وترتين المعادلة السابقة ينتج:

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

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

- وباجراء التكامل للطرفين ينتج:

$$I = \frac{V_m}{L} \int \sin \omega t \cdot dt = -\frac{V_m}{\omega \cdot L} \cdot \cos \omega t$$

• ومن المعروف من حساب المثلثات ان :  $\cos(\omega t) = -\sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$  ، ونحصل على :

$$\therefore I = \frac{V_m}{\omega L} \cdot \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \quad \dots\dots (88)$$

• بمقارنة هذه المعادلة بمعادلة الجهد من المصدر نلاحظ أن:  $V = V_m \sin \omega t$  . نستنتج أن التيار يتأخر عن

الجهد بزاوية مقدارها 90 درجة وهي زاوية الطور  $(\phi)$  بينهما . وأن  $I_m$  يمثل القيمة العظمى للتيار المار في

الملف . ومن المعادلة (88) فإنه يأخذ الصيغة التالية :

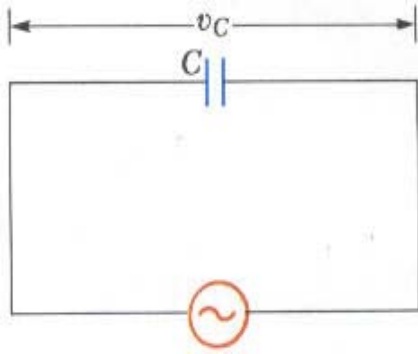
$$I_m = \frac{V_m}{\omega L} = \frac{V_m}{X_L}$$

• أن  $(X_L)$  تمثل الرادة الحثية للملف ووحداتها هي الاوم ومنها يكون:

$$V_m = I_m \cdot X_L \quad , \quad X_L = \omega L \quad , \quad X_L = 2\pi f \cdot L \quad \bullet$$

• تعطى قيمة فرق الجهد اللحظي بدلالة التيار من خلال المعادلة التالية:

$$V_L = V_m \sin \omega t = I_m X_L \sin \omega t \quad \bullet$$



شكل (28): متسعة ذو سعة في دائرة متناوبة.

## متسعة ذو سعة في دائرة تيار متناوب

- يمثل الشكل رقم (28) قوة دافعة كهربائية متناوبة متصلة بدائرة تحتوي على متسعة
- سعتها (C) ، فإذا كان التيار المار في الدائرة في أي لحظة هو (I) فإن الشحنة
- على المتسعة عند أي لحظة هي (q):

$$q = C.V = C.V_m \cdot \sin \omega t$$

- ومن المعروف ان التيار هو معدل التغير الزمني للشحنة الكهربائية فيكون:

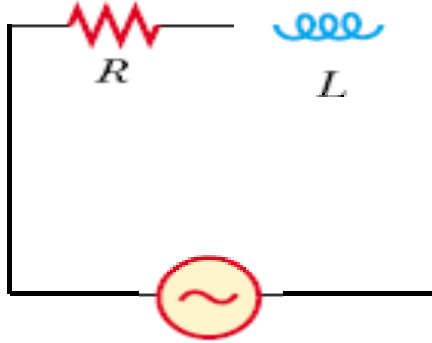
$$\therefore I = \frac{dq}{dt} = C.V_m \cdot \sin \omega t = C.\omega.V_m \cdot \cos \omega t = C.\omega.V_m \cdot \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

- حيث ان الرادة السعوية هي  $(X_C = \frac{1}{\omega.C})$  أو  $(X_C = \frac{1}{2\pi f.L})$  وبالتعويض يمكن كتابة معادلة التيار كما يلي:

$$I = \frac{V_m}{X_C} \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right) = I_m \cdot \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right) \dots\dots\dots (89)$$

- بمقارنة المعادلة (89) للتيار بمعادلة التيار الاصيلي من المصدر نلاحظ أن التيار يتقدم عن الجهد بزاوية مقدارها 90 درجة وهنا يكون الطور بينهما مختلف.

## مقاومة وملف في دائرة توالي لتيار متناوب



- يمثل الشكل رقم (29) قوة دافعة كهربائية متناوبة يتصل بها على التوالي
- ملف حثه الذاتي (L) ومقاومة اومية (R) وهذه المقاومة قد تكون المقاومة
- الاومية للملف نفسه او تكون مستقلة اذا كانت مقاومة الملف مهملة.
- وعند مرور التيار في الدائرة نلاحظ أن التيار والجهد في المقاومة لهما

شكل (29): مقاومة وملف  
في دائرة توالي متناوبة.

- نفس الطور (كما عرفنا مما سبق) بينما في ملف الحث نجد أن فرق الجهد ( $V_L$ )

- يسبق التيار بمقدار  $90^\circ$  ويمكن تمثيل ذلك اتجاهياً وإيجاد محصلة الجهد ونوجد زاوية الطور النهائية بين محصلة الجهد والتيار وأيضا منها نوجد الممانعة الكلية للدائرة (Z) كما يلي:-

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

- وحيث (  $V_L = I \cdot X_L$  ,  $V_R = I \cdot R$  ,  $V = I \cdot Z$  ) وبالتعويض في المعادلة السابقة والاختصار ينتج:-

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

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

- ولحساب زاوية الطور ( $\varphi$ ) نوجد ظل الزاوية التي يصنعها محصلة الجهد مع التيار وتكون:

$$\tan \varphi = \frac{V_L}{V_R} = \frac{I X_L}{I R} = \frac{X_L}{R}$$



• **مثال :** يتصل جهد متردد قيمته 100 V وتردده 25 Hz على التوالي مع مقاومة قيمتها  $1.5 \Omega$  وملف حثه

الذاتي 0.01 H احسب تيار الدائرة وزاوية الطور وفرق الجهد بين طرفي كل من المقاومة والملف.

**الحل:**  $V = 100 \text{ V}$  ,  $f = 25 \text{ Hz}$  ,  $R = 1.5 \Omega$  ,  $L = 0.01 \text{ H}$  ,  $I = ??$

نوجد الرادة الحثية:  $X_L = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2\pi \times 25 \times 0.01 = 1.57 \Omega$

ثم نجد الممانعة الكلية:  $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{(1.5)^2 + (1.57)^2} = 2.17 \Omega$

نوجد شدة التيار في الدائرة:  $I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{2.17} = 46 \text{ A}$

• ومنها يكون:

$$V_R = I \cdot R = 46 \times 1.5 = 69 \text{ V} \quad \bullet$$

$$V_L = I \cdot X_L = 46 \times 1.57 = 72 \text{ V} \quad \bullet$$

## الخلاصة Summary

- في هذه المحاضرة تم إلقاء الضوء بايجاز على :
- - سميت بدوائر التيار المتناوب لأن التأثير الكهربائي يتغير مع الزمن بدالة جيبيية كما لا حظنا في فكرة عمل المولد الكهربائي (مصدر التيار المتناوب).
- - نستنتج أن كلاً من الجهد والتيار يتغيران بدالة جيبيية وبنفس الطور. أي ان كل من التيار والجهد يمران بنقطة الصفر معا كما انهما يمران بقيمتي النهاية العظمى في كل من الجهتين الموجبة والسالبة.
- - نستنتج أن التيار المار في الملف يتأخر عن الجهد بزواوية مقدارها 90 درجة وهي زاوية الطور ( $\phi$ ) بينهما.
- - التيار المار في المتسعة يتقدم عن الجهد بزواوية مقدارها 90 درجة وهنا يكون الطور بينهما مختلف ايضاً.
- - مثال .
- - أختبار.

Start Formative Assessment