Chapter Six الفصل السادس

دوائر التيار المتناوب

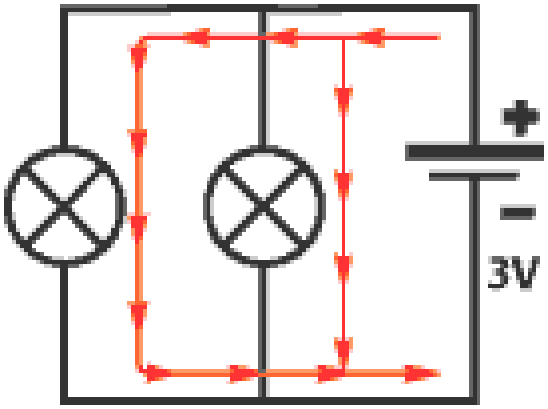
Alternating Current Circuits

Sequence:54

- المقدمة.
- شبكات التيار المتناوب.
- قاعدة كرايمر لحل ومعالجة الشبكات المعقدة.
- الرنين في الدوائر الكهربائية المعقدة.

المقدمة

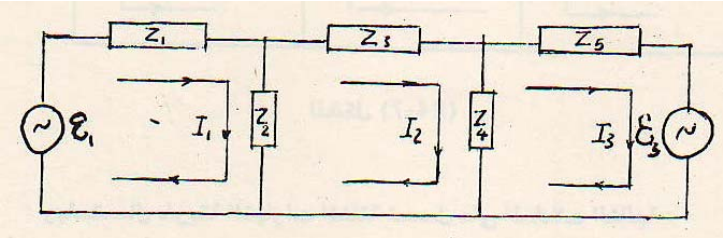
- التيار المتناوب يتفوق على التيار المستمر بعدة مزايا منها سهولة وكفاءة نقله من محطات القوى .وتُفقد أقل كمية ممكنة من الطاقة الكهربائية عندما تُنقل عند فروق جهد مرتفعة .ولكن فروق الجهد المرتفعة تشكل خطرًا عند استخدامها في المنازل .وتستطيع أجهزة تسمى المحوِّلات تقليل أو زيادة فرق الجهد المتناوب بسهولة، بينما لا يمكن تغيير فرق الجهد المستمر بنفس السهولة والكفاءة.
- دائرة التوازي: عند توصيل مصباحين أو أكثر على التوازي مع بطارية 3 فولت كما بالشكل نقول عن هذه الدائرة دائرة التوازي. نلاحظ عند قياس الفولت على طرفي كل مصباح أنها متساوية وأن التيار موزع بشكل متساوي ويزداد في استهلاك التيار إذا زدنا أكثر من مصباح ويكون موصل إذا تلفت أحد المصابيح.



- يشاع استخدام دائرة التوازي في البيوت والسيارات بحيث يتوزع
- التيار فيه لتعطي شدة إضاءة أقوي وإذا عطل إحد المصابيح لا يؤثر
- على الآخرين

شبكات التيار المتناوب

- اذا رتبت مجموعة من ممانعات مختلفة في دائرة كهربائية يمر فيها تيار متناوب بحيث ان هذا الترتيب لا يمكن تحليله على التوالي أو على التوازي فان هذه الدائرة تسمى شبكة كهربائية للتيار المتناوب. وفي هذه الحالة تستعمل قاعدتا كيرشهوف وطريقة التيارات المغلقة التي تعلمها الطالب في معالجة دوائر التيار المستمر لمعالجة هذه الشبكات الكهربائية للتيار المتناوب . ولتوضيح ذلك نلاحظ الشبكة الموضحة في الشكل رقم (23) الذي يمثل شبكة كهربائية لتيار متناوب والمطلوب فيها حساب التيارات الفرعية الموضحة في الشكل أدناه.



شكل (23): شبكة كهربائية لتيار متناوب

- فعند أستعمال طريقة التيارات المغلقة لمعالجة هذه الشبكة
- نحصل على المعادلات التالية:
- 1) من الدائرة المغلقة الأولى :

$$I_1 Z_1 + (I_1 - I_2) Z_2 = \varepsilon_3$$

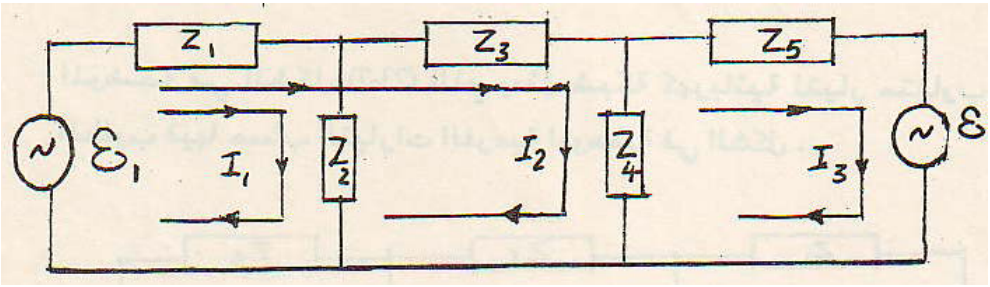
- 2) من الدائرة المغلقة الثانية :

$$I_2 Z_3 + (I_2 - I_3) Z_4 + (I_2 - I_1) Z_2 = 0$$

- 3) من الدائرة المغلقة الثالثة :

$$I_3 Z_5 + (I_3 - I_2) Z_4 = \varepsilon_3$$

- وبمعرفة قيم كل من $Z_5, Z_4, Z_3, Z_2, Z_1, \varepsilon_3, \varepsilon_1$ يمكن حساب كل من I_3, I_2, I_1
- وذلك بحل المعادلات الثلاث حلاً آنياً. ويجب الأشارة هنا الى ان توزيع التيارات الموضح في الشكل (23) هو ليس التوزيع الوحيد المتبع لمعالجة هذه الشبكة فيمكن مثلا استعمال التوزيع الموضح في الشكل رقم (24).
- فعند أستعمال طريقة التيارات المغلقة لمعالجة
- هذه الشبكة نحصل على المعادلات التالية:



شكل (24): شبكة كهربائية لتيار متناوب

- 1) من الدائرة المغلقة الأولى :

$$(Z_1 + Z_2)I_1 + Z_1 I_2 = \varepsilon_1$$

- 2) من الدائرة المغلقة الثانية :

$$Z_1 I_1 + (Z_1 + Z_3 + Z_4)I_2 - Z_4 I_3 = \varepsilon_1$$

- 3) من الدائرة المغلقة الثالثة :

$$(Z_4 + Z_5)I_3 - Z_4 I_2 = \varepsilon_3$$

- وبحل هذه المعادلات الثلاث نستطيع إيجاد قيم I_3, I_2, I_1

قاعدة كرايمر لحل ومعالجة الشبكات المعقدة

- **********

- لتوضيح هذه الطريقة بأختصار نأخذ مجموعة من المعادلات الأخيرة الخاصة بالشبكة الموضحة بالشكل رقم (24).

ونرتب المعادلات الثلاث بالصورة التالية:

$$(Z_1+Z_2)I_1+Z_1I_2+0=\mathcal{E}_1$$

$$Z_1I_1+(Z_1+Z_3+Z_4)I_2-Z_4I_3=0$$

$$0-Z_4I_2+(Z_4+Z_5)I_3=\mathcal{E}_3$$

- ويمكن كتابة المعادلات الثلاث الأخيرة على شكل

- مصفوفة بالشكل التالي :

$$\begin{pmatrix} Z_1+Z_2 & Z_1 & 0 \\ Z_1 & Z_1+Z_3+Z_4 & -Z_4 \\ 0 & -Z_4 & Z_4+Z_5 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} \mathcal{E}_1 \\ 0 \\ \mathcal{E}_3 \end{pmatrix}$$

- وهذه المصفوفة تكافىء المعادلة التالية:

$$Z\ \ I=\varepsilon$$

- أن قاعدة كرايمر لحل معادلة المصفوفات أعلاه تعطينا قيم التيارات I_3, I_2, I_1 كما يلي:

$$I_1 = \frac{\begin{pmatrix} \mathcal{E}_1 & Z_1 & 0 \\ 0 & Z_1+Z_3+Z_4 & -Z_4 \\ \mathcal{E}_3 & -Z_4 & Z_4+Z_5 \end{pmatrix}}{Z}$$

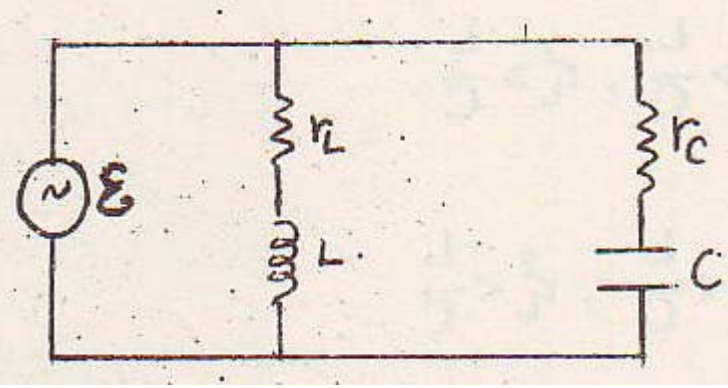
$$I_2 = \frac{\begin{pmatrix} Z_1+Z_2 & \mathcal{E}_1 & 0 \\ Z_1 & 0 & -Z_4 \\ 0 & \mathcal{E}_3 & Z_4+Z_5 \end{pmatrix}}{Z}$$

$$I_3 = \frac{\begin{pmatrix} Z_1+Z_2 & Z_1 & \mathcal{E}_1 \\ Z_1 & Z_1+Z_3+Z_4 & 0 \\ 0 & -Z_4 & \mathcal{E}_3 \end{pmatrix}}{Z}$$

- **وهذه القاعدة تستعمل لاي عدد من التيارات في الشبكة الكهربائية.**

الرنين في الدوائر الكهربائية المعقدة

- لقد أشرنا سابقاً الى ان اي دائرة معقدة يمكن حساب ممانعتها الكلية وكتابتها على الشكل التالي: $Z = R + jX$
- أو حساب سماحيتها الكلية وكتابتها على الشكل التالي : $Y = G - jB$
- **********
- وبهذا فأن الدائرة الكهربائية للتيار المتناوب اذا كانت في حالة رنين فأن : $Z = R \quad , \quad X = 0$; $Y = G \quad , \quad B = 0$
- ولتوضيح ذلك نلاحظ الدائرة الكهربائية الموضحة في
- الشكل رقم (25). ومن ملاحظة هذه الدائرة نجد أنه
- من المناسب حساب سماحية هذه الدائرة وكالآتي :



شكل (25): شبكة كهربائية معقدة لتيار متناوب

$$Y = Y_L + Y_C = \frac{1}{r_L + jX_L} + \frac{1}{r_C - jX_C}$$

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

$$\therefore Y = \left(\frac{r_L}{r_L^2 + X_L^2} + \frac{r_C}{r_c^2 + X_C^2}\right) + j\left(\frac{X_C}{r_C^2 + X_C^2} - \frac{X_L}{r_L^2 + X_L^2}\right) \quad \text{..... (86)}$$

- والدائرة في الشكل (25) تكون في حالة رنين اذا كانت (Y) حقيقية اي ان الجزء

$$\frac{X_C}{r_C^2 + X_C^2} = \frac{X_L}{r_L^2 + X_L^2}$$

- الخيالي يكون مساوياً للصفر، وعليه فأن :---------->

- أو أن : ---------->>>

$$\frac{1}{\omega_\circ C}(r_L^2 + \omega_\circ^2 L^2) = \omega_\circ L\left(r_C^2 + \frac{1}{\omega_\circ^2 C^2}\right)$$

- وبحل هذه المعادلة الاخيرة نحصل على التردد الرنيني :

$$\omega_\circ = \frac{1}{\sqrt{LC}}\sqrt{\frac{r_L^2 - L/C}{r_C^2 - L/C}} \quad \text{..... (87)}$$

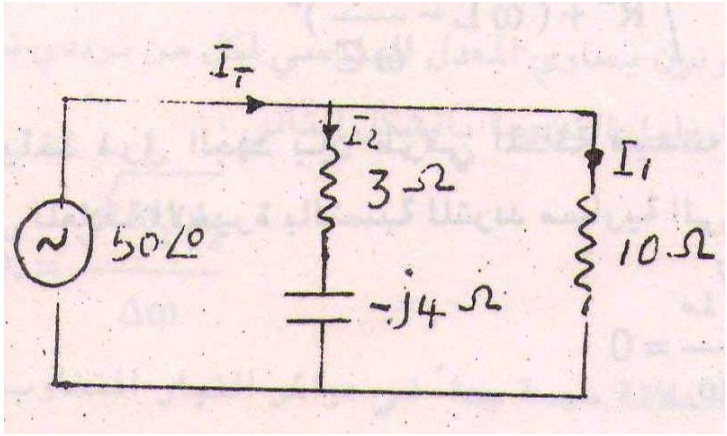
- ومن هذا نجد ان تردد الرنين لهذه الدائرة يختلف عن تردد الرنين
- لدائرة التوازي المثالية التي مر ذكرها سابقا بالعامل

$$\sqrt{\frac{r_L^2 - L/C}{r_C^2 - L/C}}$$

- وبما ان تردد الرنين يجب ان يكون عدداً حقيقياً فأن لهذه الدائرة تردد رنين اذا كان :

- $r_C^2 < \frac{L}{C}$, $r_L^2 < \frac{L}{C}$ أو $r_C^2 > \frac{L}{C}$, $r_L^2 > \frac{L}{C}$

- اما اذاكانت $r_L^2 = r_C^2 = L/C$ فأن الدائرة تكون في حالة رنين لكل قيم التردد (w).



مثـــــــال : أوجد التيارات الفرعية والتيار الكلي والممانعة الكلية للدائرة الموضحة في الشكل؟

الحـــــــل:

1) نحسب أولاً ممانعة الفرع الأيمن من الدائرة والمتكون من مقاومة خالصة مقدارها 10أوم وتسمى هذه الممانعة :

$$Z_1 = 10\Omega$$

- **2) نحسب ثانياً ممانعة الفرع الأيسر من الدائرة المتكون من مقاومة خالصة مقدارها 3 أوم مربوطة على التوالي مع متسعة رادتها السعوية (-j/w C) وتسمى هذه الممانعة (Z_2) ومقدارها :**

$$Z_2 = 3 - j4 = 5\angle -53^0\Omega$$

- **3) لأستخراج التيار المار في الفرعين الأيمن والأيسر نقسم القوة الدافعة الكهربائية على الممانعة المكافئة لكل فرع:**

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{Z_1} = \frac{50\angle 0}{10\angle 0} = 5\angle 0 \quad Amp\ .$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{Z_2} = \frac{50 \angle 0}{5 \angle -53}$$

$$I_2 = 10 \angle 53^0 = (6 + j8) \ \ Amp \ .$$

- **اما التيار الكلي فيساوي مجموع التيارين في الفرعين الأيمن والأيسر، وكما يلي :**

$$I_T = I_1 + I_2 = 5 + 6 + j8 = (11 + j8) \ \ Amp.$$

- **4) يتم حساب ممانعة الدائرة الكلية من خلال قسمة القوة الدافعة الكهربائية على التيار الكلي المار في الدائرة:**

$$Z_T = \frac{\varepsilon}{I_T} = \frac{50 \angle 0}{11 + j8}$$

$$Z_T = \frac{50 \angle 0}{13.6 \angle 36^0} = 3.7 \angle -36^0 \Omega$$

الخلاصة Summary

- **في هذه المحاضرة تم إلقاء الضوء بايجاز على :**
- **ـ الشبكة الكهربائية للتيار المتناوب هي عبارة عن مجموعة من ممانعات مختلفة في دائرة كهربائية يمر فيها تيار متناوب بحيث ان هذا الترتيب لا يمكن تحليله على التوالي أو على التوازي. وفي هذه الحالة تستعمل قاعدتا كيرشهوف وطريقة التيارات المغلقة المستخدمة في معالجة دوائر التيار المستمر لمعالجة هذه الشبكات الكهربائية للتيار المتناوب .**
- **في الشبكات الكهربائية المعقدة يفضل استخدام قاعدة كرايمر واستعمال طرق المصفوفات التي تمكننا من حل عدد كبير من المعادلات الآنية بصورة مباشرة.**
- **اذا كانت الممانعة هي مقاومة أومية خالصة فأن الدائرة الكهربائية في حالة رنين. وان تردد الرنين يجب ان يكون عدداً حقيقياً .**
- **مثـــــال .**
- **أختبـــار.**

Start Formative Assessment