



الفيزياء، البكالوريا، الفرع العلمي

قوانين أوم: المقاومة والوشية والمكثفة

كل عنصرٍ وحده في التيار المتناوب: الممانعة، وفرق الطور بين التوتر والشدة، والاستطاعة المستهلكة
الكهرباء والمغناطيسية . الوحدة 2 . الدرس 5 (2 من 4)

في التيار المتواصل يكفي قانون أوم $U = R I$. في المتناوب تتصرف الوشية والمكثفة تصرفاً آخر: لكلٍ منهما ممانعة تتعلق بالتواتر، وتزيح التوتر عن الشدة، برع دورٍ إن أهملنا مقاومة الوشية. هذه القوانين أساس كل مسألة تيار متناوب في امتحان الشهادة. نتابع مع الكتاب في الصفحات 138 إلى 143.

ثلاث تجارب

في تجارب الكتاب، الصفحتان 138 و139، نطبق توتراً متواصلاً ثم متناوباً على ناقلٍ أومي، ثم على وشية، ثم على مكثفة، ونقيس التوتر والشدة في كل مرة. مع الناقل الأومي تبقى النسبة $\frac{U_{eff}}{I_{eff}} = R$ في التيارين.

تذكر: «يسلك الناقل الأومي السلوك نفسه في التيارين المتواصل والمتناوب.» «تقوم الوشية بدور مقاومة أومية في التيار المتواصل وتقوم بدور مقاومة ذاتية في التيار المتناوب.» «لا تسمح المكثفة بمرور التيار المتواصل في حين أنها تمرر التيار المتناوب.» الكتاب، الصفحة 139.

العازل بين لبوسي المكثفة يمنع التيار المتواصل. أما في المتناوب فالإلكترونات الحرة تشحن اللبوسين بشحنتين متساويتين ومختلفتين خلال ربع دور، ثم تفزعهما في الربع الثاني، وتكرر العمليتان مع تغير الشحنة، دون أن تخترق العازل. والحقل الكهربائي الناتج عن شحنتها يجعلها تبدي ممانعة للتيار المتناوب. الكتاب، الصفحة 140.

نطبق توتراً متواصلاً على مكثفة مع مقياس أمبير على التسلسل. ماذا يُظهر المقياس بعد انتهاء الشحن؟

| كيف أبدأ؟ هل تعبر الإلكترونات العازل بين اللبوسين؟

(أ) شدة ثابتة لا تنعدم

(ب) الصفر

(ج) شدة متناوبة

ب. نعم: «لا تسمح المكثفة بمرور التيار المتواصل»، الكتاب، الصفحة 139.

مقاومة أومية في دائرة تيار متناوب جيبي

نتبع الكتاب، الصفحة 140: نطبق توتراً لحظياً على مقاومة أومية صرف R ، فيمرّ تيارٌ تابع شدّته اللحظية

$$\bar{i} = I_{\max} \cos \omega t$$

$$\bar{u}, \bar{\varphi} = ?$$

1. التوتّر قانون أوم في كلّ لحظة:

$$\bar{u} = R \bar{i} = R I_{\max} \cos \omega t$$

2. فرق الطور $U_{\max} = R I_{\max}$ ، والتوتّر والشدّة على توافقٍ بالطور:

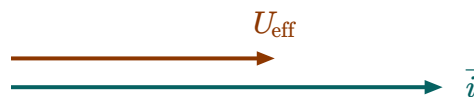
$$\bar{u} = U_{\max} \cos \omega t \quad \bar{\varphi} = 0$$

3. القيم المنتجة نقسم $U_{\max} = R I_{\max}$ على $\sqrt{2}$:

$$U_{\text{eff}} = R I_{\text{eff}}$$

و $\cos \varphi = 1$ ، فالاستطاعة المتوسطة كلّها حرارةً بفعل جول، الكتاب، الصفحة 141:

$$P_{\text{avg}} = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} = R I_{\text{eff}}^2$$



تمثيل فريزل للمقاومة: التوتّر بجهة الشدّة، الكتاب، الصفحة 140. الرسم من عندنا.

مقاومة أومية $R = 50 \Omega$ تحت توتّر منتج 220 V . ما الشدّة المنتجة؟

$$I_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{eff}}}{R} \quad \text{كيف أبدأ؟}$$

$$I_{\text{eff}} \approx 6.22 \text{ A} \quad (\text{أ})$$

$$I_{\text{eff}} = 11000 \text{ A} \quad (\text{ب})$$

$$I_{\text{eff}} = 4.4 \text{ A} \quad (\text{ج})$$

$$\text{ج. نعم: } \frac{220}{50} = 4.4 \text{ A}$$

وشيعةٌ مهمةٌ المقاومة، ثمّ وشيعةٌ لها مقاومة

نتبع الكتاب، الصفحة 141: نطبق توتراً لحظياً على وشيعة ذاتيتها L ومقاومتها مهملة، فيمرّ تيار $\vec{i} = I_{\max} \cos \omega t$.

$$\bar{u}_L, X_L = ?$$

1. التوتّر بين طرفي الوشيعة:

$$\bar{u}_L = L \frac{d\vec{i}}{dt}$$

2. المشتق نشتق تابع الشدة:

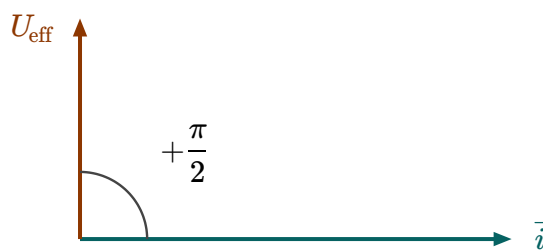
$$\begin{aligned} \frac{d\vec{i}}{dt} &= -I_{\max} \omega \sin \omega t \\ \frac{d\vec{i}}{dt} &= I_{\max} \omega \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \end{aligned}$$

3. التعويض نعوض، ونسمي $X_L = L\omega$:

$$\bar{u}_L = X_L I_{\max} \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

نسَمي المقدار $X_L = L\omega$ بممانعة الوشيعة مُهملة المقاومة ونُسمي رديّة الوشيعة «الوشيعة» الكتاب، الصفحة 141. والتوتّر يتقدّم على الشدة بـ $\frac{\pi}{2}$ ، وبالقسمة على $\sqrt{2}$:

$$U_{\text{eff}} = X_L I_{\text{eff}} \quad X_L = L\omega$$



تمثيل فريزل للوشيعة مهملة المقاومة: التوتّر يتقدّم ربع دور، الكتاب، الصفحة 142. الرسم من عندنا.

و $\bar{\varphi} = +\frac{\pi}{2}$ ، ف $\cos \varphi = 0$ والاستطاعة المتوسطة معدومة: «فالوشيعة مُهملة المقاومة تختزن طاقةً كهربائيةً خلال ربع دور لتعيدها كهربائياً إلى الدارة الخارجيّة خلال ربع الدّور الذي يليه، أي أنّ الوشيعة لا تستهلك طاقة» الكتاب، الصفحة 142.

وإذا كانت للوشيعة مقاومةً أوميّة r ، فممانعتها وعامل استطاعتها، كما في ملاحظة الكتاب، الصفحة 142:

$$Z_L = \sqrt{r^2 + X_L^2} \quad \cos \varphi_L = \frac{r}{Z_L}$$

ويتقدّم التوتّر على الشدّة بمقدار φ_L ، بين 0 و $\frac{\pi}{2}$ ، و $U_{\text{eff}} = Z_L I_{\text{eff}}$. والاستطاعة المتوسطة تُستهلك في المقاومة r وحدها.

انتبه: في وشيعة لها مقاومة لا تنسى r : الممانعة Z_L لا X_L ، وعامل الاستطاعة $\frac{r}{Z_L}$ لا صفر.

المسألة الأولى، الكتاب، الصفحة 151: $\bar{u} = 130\sqrt{2} \cos 100\pi t$ بين النقطتين a و b . نصل بينهما وشيعة مقاومة $r = 25 \Omega$ وذاتيتها $L = \frac{3}{5\pi} \text{ H}$. احسب الشدّة المنتجة، وعامل الاستطاعة، والاستطاعة المتوسطة.

$$I_{\text{eff}}, \cos \varphi, P_{\text{avg}} = ?$$

1. القيم من التابع:

$$U_{\text{eff}} = 130 \text{ V} \quad \omega = 100\pi \text{ rad.s}^{-1}$$

2. الممانعة الرديّة ثم الممانعة:

$$X_L = \frac{3}{5\pi} \times 100\pi = 60 \Omega$$

$$Z_L = \sqrt{25^2 + 60^2} = 65 \Omega$$

3. الشدّة المنتجة $U_{\text{eff}} = Z_L I_{\text{eff}}$:

$$I_{\text{eff}} = \frac{130}{65} = 2 \text{ A}$$

4. الاستطاعة $\cos \varphi = \frac{r}{Z_L}$:

$$\cos \varphi = \frac{25}{65} = \frac{5}{13} \approx 0.38$$

$$P_{\text{avg}} = 130 \times 2 \times \frac{5}{13} = 100 \text{ W}$$

تحقق: الاستطاعة كلّها في المقاومة r :

$$r I_{\text{eff}}^2 = 25 \times 4 = 100 \text{ W}$$

المسألة الثانية، الكتاب، الصفحة 151: نطبق توتراً متواصلاً 6 V على طرفي وشية فيمّر 0.5 A ، ثم توتراً متناوباً جيّياً منتجه 130 V وتواتره 50 Hz فتَمَرّ شِدَّةُ منتجة 10 A . احسب مقاومة الوشية وذاتيتها.

$$r, L = ?$$

1. **المقاومة** في التيار المتواصل الوشية مقاومة أومية فقط:

$$r = \frac{6}{0.5} = 12 \Omega$$

2. **الممانعة** في المتناوب:

$$Z_L = \frac{130}{10} = 13 \Omega$$

3. **الذاتية** $X_L = \sqrt{Z_L^2 - r^2}$ و $\omega = 100\pi \text{ rad.s}^{-1}$:

$$X_L = \sqrt{169 - 144} = 5 \Omega$$

$$L = \frac{5}{100\pi} = \frac{1}{20\pi} \approx 1.59 \times 10^{-2} \text{ H}$$

التيار المتواصل يكشف r وحدها، والمتناوب يضيف الذاتية:

$$Z_L = \sqrt{r^2 + (L\omega)^2}$$

وشية مهمة المقاومة ذاتيتها 0.2 H في تيار تواتره 50 Hz . ما ردّيتها؟

كيف أبدأ؟ $X_L = L\omega$ مع $\omega = 2\pi f$.

$$X_L \approx 62.8 \Omega \quad (\text{أ})$$

$$X_L = 10 \Omega \quad (\text{ب})$$

$$X_L \approx 0.016 \Omega \quad (\text{ج})$$

أ. نعم: $0.2 \times 2\pi \times 50 = 20\pi \approx 62.8 \Omega$.

وشية مهملية المقاومة تحت توتر منتج 100 V تمرّ فيها شدّة منتجة 2 A . ما الاستطاعة المتوسطة المستهلكة فيها؟

كيف أبدأ؟ $P_{\text{avg}} = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos \varphi$ ، وما φ في وشية مهملية المقاومة؟

$$P_{\text{avg}} = 0 \quad (\text{أ})$$

$$P_{\text{avg}} = 200\text{ W} \quad (\text{ب})$$

$$P_{\text{avg}} = 50\text{ W} \quad (\text{ج})$$

أ. نعم: $\bar{\varphi} = \frac{\pi}{2}$ ، فالوشية تخزن الطاقة ربع دور وتعيدها في الربع التالي.

مكثفة في دائرة تيار متناوب جيبّي

تبع الكتاب، الصفحتان 142 و 143: نطبق توتراً لحظياً على مكثفة غير مشحونة سعتها C ، فيمرّ تيار $\bar{i} = I_{\text{max}} \cos \omega t$.

$$\bar{u}_C, X_C = ?$$

1. الشحنة $d\bar{q} = \bar{i} dt$ ، نكامل:

$$\bar{q} = \int I_{\text{max}} \cos \omega t dt = \frac{1}{\omega} I_{\text{max}} \sin \omega t$$

2. التوتّر $\bar{u} = \frac{\bar{q}}{C}$:

$$\bar{u}_C = \frac{1}{\omega C} I_{\text{max}} \sin \omega t$$

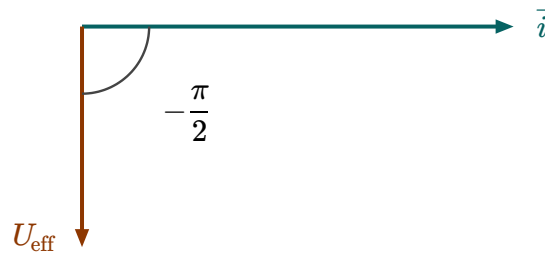
$$\bar{u}_C = \frac{1}{\omega C} I_{\text{max}} \cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

3. الممانعة نسّمي $X_C = \frac{1}{\omega C}$:

$$\bar{u}_C = X_C I_{\text{max}} \cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

X_C ممانعة المكثفة «وتُسمى اتّساعية المكثفة، وتقدر بوحدة الأوم في الجملة الدولية» الكتاب، الصفحة 143. والتوتّر يتأخّر عن الشدّة بـ $\frac{\pi}{2}$ ، وبالقسمة على $\sqrt{2}$:

$$U_{\text{eff}} = X_C I_{\text{eff}} \quad X_C = \frac{1}{C\omega}$$



تمثيل فريزل للمكثفة: التوتّر يتأخّر برّبع دور، الكتاب، الصفحة 143، الرسم من عندنا.

و $\bar{\varphi} = -\frac{\pi}{2}$ ، ف $\cos \varphi = 0$: «فالمكثفة لا تستهلك أيّة طاقة، لأنّها تختزن الطاقة كهربائياً خلال ربع دور، وتعيدها كهربائياً في ربع الدّور الذي يليه» الكتاب، الصفحة 143.

تذكّر: خلاصة العناصر الثلاثة: المقاومة $\bar{\varphi} = 0$ وتستهلك $R I_{\text{eff}}^2$ ؛ الوشية مهملة المقاومة $\bar{\varphi} = +\frac{\pi}{2}$ و $X_L = L\omega$ تكبر مع التواتر؛ المكثفة $\bar{\varphi} = -\frac{\pi}{2}$ و $X_C = \frac{1}{C\omega}$ تصغر مع التواتر. الوشية مهملة المقاومة والمكثفة لا تستهلكان استطاعة.

مكثفة سعتها $\frac{10^{-4}}{\pi} \text{ F}$ في تيارٍ تواتره 50 Hz . ما اتّساعيّتها؟

كيف أبدأ؟ $X_C = \frac{1}{C\omega}$ مع $\omega = 100\pi \text{ rad.s}^{-1}$.

(أ) $X_C = 0.01 \Omega$

(ب) $X_C \approx 628 \Omega$

(ج) $X_C = 100 \Omega$

ج. نعم: $C\omega = \frac{10^{-4}}{\pi} \times 100\pi = 10^{-2}$ ، و $X_C = 100 \Omega$.

نضاعف تواتر التيار المارّ في مكثفة. اتّساعيّتها:

كيف أبدأ؟ $X_C = \frac{1}{C\omega}$.

(أ) تتضاعف

(ب) تنقص إلى النصف

(ج) لا تتغيّر

ب. نعم: ω في المقام، فتنقص X_C إلى النصف.

المصدر: الفيزياء، الصفحات 138 إلى 143 من الطبعة الرسمية 2025 / 2026.