



الفيزياء، البكالوريا، الفرع العلمي

التيار المتناوب والقيم المنتجة والاستطاعة

تيار المدينة: الشدة والتوتر اللحظيان، وفرق الطور، والقيم المنتجة، والاستطاعة المتوسطة وعامل الاستطاعة الكهربائي والمغناطيسية . الوحدة 2 . الدرس 5 (1 من 4)

التيار الذي يصل إلى البيوت تياراً متناوباً جيّ، يولّده المولد الذي درسناه، ويغيّر جهته مئة مرّة في الثانية. التيار المتناوب أثقل درسي في الوحدة في امتحان الشهادة: من ست عشرة ورقة امتحانٍ فيها قسم مسائل بين 2016 و2026، جاءت مسائله في ثلاث عشرة، ثمانين إلى مئة درجة. نتابع مع الكتاب في الصفحات 133 إلى 138.

التيار المتناوب

يعرض الكتاب، الصفحة 133، ثلاثة أشكالٍ بيانيةٍ لتوترٍ يتغيّر مع الزمن: منحني جيّ، ومنحني منشاري، ومنحني مثلثي. في الثلاثة تتغيّر القيمة والجهة معاً، وتتكّرر بانتظام.

تذكّر: «التيار المتناوب هو التيار الذي تتغيّر شدّته وجهته مع الزمن بشكلٍ دوري.» ومنه «التيار المتناوب الجيّي، والتيار المتناوب المنشاري، والتيار المتناوب المثلثي، والتيار المتناوب الرباعي». الكتاب، الصفحة 133.

أيّ هذه التيارات متناوب؟

كيف أبدأ؟ التعريف يطلب أن تتغيّر الشدة والجهة معاً، وبشكلٍ دوريّ.

(أ) تيارٌ تنعكس جهته وتتغيّر شدّته كلّ 0.02 s بالشكل نفسه

(ب) تيارٌ ثابت الشدة والجهة

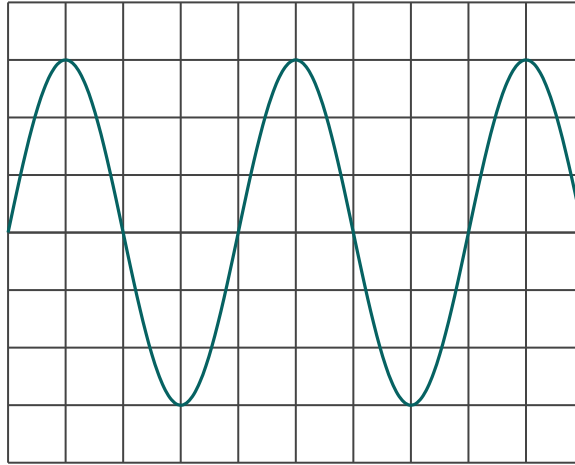
(ج) تيارٌ تتغيّر شدّته وجهته ثابتة

أ. نعم: الشدة والجهة تتغيّران بشكلٍ دوريّ.

على شاشة راسم الاهتزاز

في تجارب الكتاب، الصفحة 134، ضبط حساسية المدخل على 2 V لكلّ تدريجة، وقاعدة الزمن على 1 ms لكلّ تدريجة. التوتر المتواصل يرسم خطاً أفقيّاً، والتوتر المتناوب الجيّي منحنيّاً جيبيّاً. نقرأ القيمة العظمى بعدد التدريجات الشاقولية، والدور بعدد التدريجات الأفقية.

تذكر: «التيار المستمر تيار ثابت الشدة والجهة مع الزمن.» و«التيار المتناوب الجيبي تيار تتغير فيه الشدة، والتوتر جيبياً مع الزمن.»
الكتاب، الصفحة 134.



مثال من عندنا بإعدادات تجربة الكتاب، الصفحة 134: 2 V و 1 ms لكل درجة.

في الشكل يرتفع المنحني ثلاث درجات فوق الخط الأوسط، والحساسية 2 V لكل درجة. ما القيمة العظمى للتوتر؟
كيف أبدأ؟ عدد الدرجات في الحساسية، من الخط الأوسط إلى القمة.

(أ) $U_{\max} = 3\text{ V}$

(ب) $U_{\max} = 12\text{ V}$

(ج) $U_{\max} = 6\text{ V}$

ج. نعم: $3 \times 2 = 6\text{ V}$

في الشكل نفسه يتكرر المنحني كل أربع درجات أفقية، وقاعدة الزمن 1 ms لكل درجة. ما التواتر؟

كيف أبدأ؟ الدور $T = 4\text{ ms}$ ، حوله إلى الثانية ثم $f = \frac{1}{T}$.

(أ) $f = 0.25\text{ Hz}$

(ب) $f = 250\text{ Hz}$

(ج) $f = 500\text{ Hz}$

ب. نعم: $f = \frac{1}{4 \times 10^{-3}} = 250\text{ Hz}$

الشدة اللحظية والتوتر اللحظي

مرّ معنا في المولد أنّ القوة المحركة المتناوبة الجيبية $\bar{\varepsilon} = \varepsilon_{\max} \sin \omega t$. والتوتر بين طرفي المولد يساويها تقريباً في كلّ لحظة، فنستخدم التوتر بدلاً منها، ونكتب، كما في الكتاب، الصفحة 135:

$$\begin{aligned}\bar{i} &= I_{\max} \cos(\omega t + \bar{\varphi}_1) \\ \bar{u} &= U_{\max} \cos(\omega t + \bar{\varphi}_2)\end{aligned}$$

حيث $\bar{\varphi}_1$ الطور الابتدائي للشدة، و $\bar{\varphi}_2$ الطور الابتدائي للتوتر، و $\omega = 2\pi f$ النبض. والفرق بينهما:

$$\bar{\varphi} = \bar{\varphi}_2 - \bar{\varphi}_1$$

تذكّر: $\bar{\varphi}$ «تمثّل فرق الطور بين الشدة والتوتر، ويتغيّر بتغيّر مُكوّنات الدّارة.» الكتاب، الصفحة 135.

انتبه: فرق الطور طور التوتر ناقص طور الشدة، لا العكس. إن كان موجباً فالتوتر يتقدّم على الشدة.

في دائرة $\bar{i} = 2 \cos(100\pi t)$ و $\bar{u} = 10 \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$. ما فرق الطور $\bar{\varphi}$ ؟

كيف أبدأ؟ $\bar{\varphi} = \bar{\varphi}_2 - \bar{\varphi}_1$ ، التوتر ناقص الشدة.

(أ) $\bar{\varphi} = -\frac{\pi}{3}$

(ب) $\bar{\varphi} = +\frac{\pi}{3}$

(ج) $\bar{\varphi} = 0$

ب. نعم: $0 - \frac{\pi}{3}$ ، فالتوتر يتقدّم على الشدة.

القيم المنتجة

في تجربة الكتاب، الصفحة 135، دارتان متماثلتان فيهما مصباحان متماثلان، الأولى بمولد تيار متواصل والثانية بمولد تيار متناوب جيبي. نغيّر توتر المتناوب حتّى يتوهّج المصباحان بالقدر نفسه، فيشير مقياسا الأمبير إلى القيمة ذاتها. ثمّ نقرأ القيمة العظمى على راسم الاهتزاز ونقارنها بقراءة مقياس الفولط.

تذكّر: «الشدة المنتجة للتيار المتناوب الجيبي: هي شدة تيار متواصل يُعطي الطاقة الحرارية نفسها التي يعطيها التيار المتناوب الجيبي عند مرورهما في الناقل الأوميّ نفسه خلال الزمن نفسه.» الكتاب، الصفحة 136.

من أين يأتي $\sqrt{2}$ ؟ الكتاب يعطي النتيجة من التجربة، وهذا شرح من عندنا. تيار متناوب $i = I_{\max} \cos \omega t$ يمر في ناقل أومي مقاومته R .

$$I_{\text{eff}} = ?$$

1. الاستطاعة اللحظية الاستطاعة الحرارية في كل لحظة:

$$P = R i^2 = R I_{\max}^2 \cos^2 \omega t$$

2. المتوسط $\cos^2 \omega t$ يتأرجح بين 0 و 1 بانتظام، ومتوسطه خلال دور $\frac{1}{2}$:

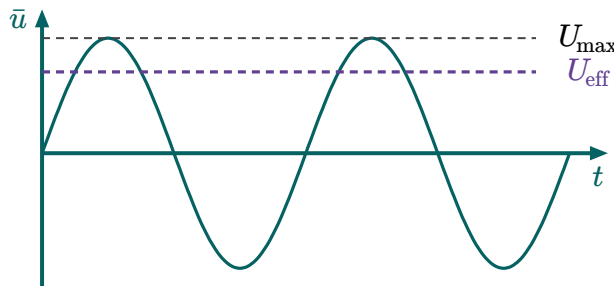
$$P_{\text{avg}} = \frac{1}{2} R I_{\max}^2$$

3. التيار المتواصل المكافئ تيار متواصل I_{eff} يعطي الحرارة نفسها $R I_{\text{eff}}^2$:

$$R I_{\text{eff}}^2 = \frac{1}{2} R I_{\max}^2$$

ومنه، كما في الكتاب، الصفحة 136، وبالطريقة نفسها للتوتر:

$$I_{\text{eff}} = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} \quad U_{\text{eff}} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$$



التوتر المتناوب الجيبي وقيمته المنتجة، الكتاب، الصفحة 136. الرسم من عندنا.

انتبه: مقياس الأمبير ومقياس الفولط في دائرة التيار المتناوب يقيسان القيم المنتجة، لا العظمى. والقيمة العظمى في التابع اللحظي، أمام $\cos$.

يُعطى التوتّر اللحظي بين نقطتين $\bar{u} = 130\sqrt{2} \cos 100\pi t$ ، المسألة الأولى، الكتاب، الصفحة 151. ما التوتّر المنتج والتواتر؟

كيف أبدأ؟ $U_{\max} = 130\sqrt{2} \text{ V}$ ، $\omega = 100\pi \text{ rad.s}^{-1} = 2\pi f$ و

(أ) $U_{\text{eff}} = 130\sqrt{2} \text{ V}$ ، $f = 50 \text{ Hz}$

(ب) $U_{\text{eff}} = 130 \text{ V}$ ، $f = 100\pi \text{ Hz}$

(ج) $U_{\text{eff}} = 130 \text{ V}$ ، $f = 50 \text{ Hz}$

ج. نعم: $\frac{130\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 130 \text{ V}$ ، و $f = \frac{100\pi}{2\pi} = 50 \text{ Hz}$

قوانين أوم في كلّ لحظة

في التيار المتواصل تتحرك الإلكترونات الحرة باتجاه واحد. وفي المتردد تهتزّ حول مواضع وسطية بسعة من رتبة الميكرومتر، بتواتر التيار، وينتشر تغير الحقل الكهربائي على طول الناقل بسرعة الضوء. طول موجة الاهتزاز $\lambda = \frac{c}{f}$ ، ولتيار المدينة $f = 50 \text{ Hz}$:

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{50} = 6 \times 10^6 \text{ m}$$

وهذا طول كبير جداً أمام أبعاد الدارة، فالإلكترونات في كامل الدارة تتحرك في اللحظة نفسها بالاتجاه نفسه، ويجتاز كلّ مقطع العدد نفسه منها. لذلك تُطبق قوانين أوم في التيار المتواصل على التيار المتردد في كلّ لحظة، إذا تحقّق الشرطان، الكتاب، الصفحة 137: «الدائرة قصيرة بالنسبة لطول الموجة» و«تواتر التيار المتردد الجيبي صغير».

وتهتزّ الإلكترونات بالنبض الذي يفرضه الموّلد، لا بنبض خاصّ بالدائرة كما في الدارة المهتزة، لذلك تُسمّى هذه الاهتزازات الكهربائية بالاهتزازات القسريّة: الموّلد جملّة محرّضة وبقية الدارة جملّة مجاوبة.

الاستطاعات في التيار المتردد

الاستطاعة اللحظية جداء التوتّر اللحظي في الشدّة اللحظية، $P = \bar{u} \bar{i}$ ، وتتغير من لحظة إلى أخرى تبعاً لتغيرهما. أمّا الاستطاعة المتوسطة فهي «معدّل الطاقة الكهربائية المقدّمة نتيجة مرور التيار المتردد خلال الزمن t » الكتاب، الصفحة 138:

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

وجداء التوتّر المنتج في الشدّة المنتجة هو الاستطاعة الظاهريّة $P_A = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}}$ ، وهي تمثّل أكبر قيمةٍ للاستطاعة المتوسطة، حين يكون $\varphi = 0$ و $\cos \varphi = 1$. والنسبة بينهما عامل الاستطاعة:

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{avg}}}{P_A}$$

تذكّر: «إنّ الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في جملة ثنائي قطبٍ موصولين على التسلسل أو على التفرّع تساوي مجموع الاستطاعتين المستهلكتين في ثنائي القطب.» الكتاب، الصفحة 138.

مثال من عندنا: جهازٌ تحت توتّرٍ منتج 220 V تمرّ فيه شدّة منتجة 5 A ، وفرق الطور $\frac{\pi}{3}$.

$$P_A, P_{\text{avg}} = ?$$

1. الظاهريّة جداء القيمتين المنتجين:

$$P_A = 220 \times 5 = 1100 \text{ V.A}$$

2. المتوسطة $\cos \frac{\pi}{3} = 0.5$:

$$P_{\text{avg}} = 1100 \times 0.5 = 550 \text{ W}$$

عامل الاستطاعة يخبرنا أيّ جزء من الاستطاعة الظاهريّة يُستهلك فعلاً:

$$\cos \varphi = \frac{550}{1100} = 0.5$$

جهازٌ استطاعته المتوسطة 600 W واستطاعته الظاهريّة 1000 V.A . ما عامل الاستطاعة؟

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{avg}}}{P_A} \quad \text{كيف أبدأ؟}$$

$$\cos \varphi = 0.6 \quad (\text{أ})$$

$$\cos \varphi = 1.67 \quad (\text{ب})$$

$$\cos \varphi = 0.4 \quad (\text{ج})$$

$$\text{أ. نعم: } \frac{600}{1000} = 0.6$$

المصدر: الفيزياء، الصفحات 133 إلى 138 من الطبعة الرسمية 2025 / 2026.