

☆ بسيطة

الفيزياء، البكالوريا، الفرع العلمي

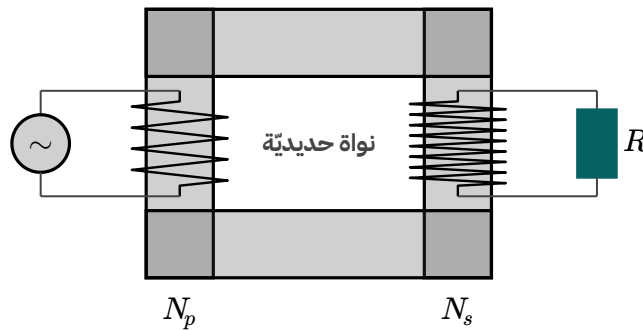
المحوّلة ونقل الطاقة

وشيعتان على نواة حديدية: نسبة التحويل، ومبدأ العمل، والاستطاعات الضائعة، ومردود نقل الطاقة الكهربائية
الكهرباء والمغناطيسية . الوحدة 2 . الدرس 6

شاحن الهاتف يأخذ 220 V من المأخذ ويعطي بضعة فولطات، ومحطة التوليد ترفع التوتر إلى آلاف الفولطات لتنقل الطاقة بعيداً. الجهاز الذي يفعل ذلك هو المحوّلة، وهي تحريص كهربيسي بين وشيعتين. وفي مسائل الامتحان تأتي المحوّلة مع التيار المتناوب في المسألة نفسها، وجاء عنها في دورة 2026 في دمشق سؤال اختيار عن نسبة التحويل. نتابع مع الكتاب في الصفحات 155 إلى 158.

نسبة التحويل

في نشاط الكتاب، الصفحة 155، وشيعة من $N_p = 300$ لفّة موصولة بمصدر تيار متناوب، ووشيعة من $N_s = 600$ لفّة، ملفوفتان حول نواة مغلقة من الحديد اللين. حين نطبّق على الأولى 10 V و 20 V و 40 V نقرأ على الثانية 20 V و 40 V و 80 V ، وشدة الأولى ضعف شدة الثانية. وحين نبذل بين الوشيعتين ينقلب الأمر.



المحوّلة: الوشيعة الأولى إلى اليسار موصولة بالمصدر، والثانوية إلى اليمين موصولة بالحمولة، الكتاب، الصفحة 155. الرسم من عندنا.

تذكّر: «نسبة دارة الوشيعة التي تتلقّى التيار المتناوب بالوشيعة الأولى» ونرمز لعدد لفّاتها N_p ، و«نسبة دارة الوشيعة التي تتلقّى منها التيار المتناوب (التي تطبّق عليها الحمولة) بالثانوية» ونرمز لعدد لفّاتها N_s . الكتاب، الصفحة 155. ونكتب للقيم المنتجة فيهما U_p و I_p و U_s و I_s .

«نسبة التحويل ويُرْمَزُ لها بالرمز μ » الكتاب، الصفحة 155. وفي المحوّلة المثالية، بإهمال
الاستطاعات الضائعة:

$$\mu = \frac{U_s}{U_p} = \frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p}$$

«تكونُ المحوِّلةُ رافعةً للتوتر خافضةً للشّدة إذا كانت $\mu > 1$ »، و«خافضةً للتوتر رافعةً للشّدة إذا كانت $\mu < 1$ ». الكتاب، الصفحة 156. والوشية ذات عدد اللّفات الأقل تُصنع من سلكٍ مقطعه أكبر، لأنّ شدّتها أكبر.

انتبه: ⚠️ التوتر يُضرب في μ ، والشّدة تُقسم عليه: $U_s = \mu U_p$ لكنّ $I_s = \frac{I_p}{\mu}$. وهذا الرمز μ غير عامل النفاذية المغناطيسي $\mu = \frac{B_t}{B}$ في الدرس الأوّل من الوحدة: الرمز واحد والمقداران مختلفان.

في نشاط الكتاب $N_p = 300$ و $N_s = 600$. نسبة التحويل:

كيف أبدأ؟ $\mu = \frac{N_s}{N_p}$ ، الثانويّة في البسط.

(أ) $\mu = 0.5$

(ب) $\mu = 2$

(ج) $\mu = 300$

ب. نعم: $2 = \frac{600}{300}$ ، فالمحوّلة رافعةً للتوتر.

محوّلة نسبة تحويلها $\mu = 3$ ، والشّدة المنتجة في ثانويّتها 6 A . الشّدة المنتجة في أوليّتها، الكتاب، الصفحة 159:

كيف أبدأ؟ $\mu = \frac{I_p}{I_s}$.

(أ) $I_p = 2 \text{ A}$

(ب) $I_p = 6 \text{ A}$

(ج) $I_p = 18 \text{ A}$

ج. نعم: $I_p = \mu I_s = 3 \times 6 = 18 \text{ A}$.

مبدأ عمل المحوِّلة

عند تطبيق توترٍ متناوبٍ جيبيٍّ بين طرفي الدارة الأولى يمرّ فيها تيارٌ متناوب، فيتولّد داخلها حقلٌ مغناطيسيٌّ متناوب. تمرّ النواة الحديدية تدفّقه كاملاً تقريباً إلى الدارة الثانويّة، فتتولّد فيها قوّة محرّكة كهربائيّة تساوي التوتر بين طرفيها بإهمال مقاومة الأسلاك، ويمرّ فيها تيارٌ متناوب له تواتر تيار الأولى. الكتاب، الصفحة 156.

تذكّر: «المحوّلة جهاز كهربائي يعتمد على حادثة التحريض الكهرومغناطيسي، يعمل على تغيير التوتّر المنتج، والشّدّة المنتجة للتيار المتناوب، دون أن يغيّر تقريباً من الاستطاعة المنقولة، أو من تواتر التيار، أو شكل اهتزاز التيار.» الكتاب، الصفحة 156.

و«لا تعمل المحوّلات الكهربائيّة عند تطبيق توتّر كهربائيّ متواصل بين طرفي دارتها الأولى»: التيار المتواصل يولّد حقلاً ثابتاً، فلا يتغيّر التدفق في الثانويّة، ولا تحريض. الكتاب، الصفحة 156.

نطبّق على أوليّة محوّل توتراً متواصلاً ثابتاً، وننتظر حتّى يستقرّ التيار. التوتّر بين طرفي الثانويّة:

| كيف أبدأ؟ هل يتغيّر التدفق في الثانويّة؟

(أ) معدوم

(ب) متواصل مضروب في نسبة التحويل

(ج) متناوب

أ. نعم: الحقل ثابت فلا يتغيّر التدفق ولا تحريض.

الاستطاعات الضائعة في المحوّل

تصنّف الاستطاعة الضائعة في المحوّل، كما في الكتاب، الصفحة 156، إلى استطاعة ضائعة حراريّاً بفعل جول في الدارتين، مجموعها $P_E = R_p I_p^2 + R_s I_s^2$ ، واستطاعة ضائعة مغناطيسيّاً P_M نتيجة هروب جزء من خطوط الحقل المغناطيسي خارج النواة الحديدية.

تذكّر: إثراء، الكتاب، الصفحة 157: يسخن شاحن الهاتف بسبب ضياع جزء من الطاقة حراريّاً بفعل جول، وبسبب تيارات فوكو التحريضية في النواة. لذلك تُصنع «أسلاك الوشيع من النحاس ذي المقاومة النوعية الصغيرة»، و«النواة الحديدية من شرائح رقيقة من الحديد اللين معزولة عن بعضها البعض لتقليل أثر التيارات التحريضية».

مردود نقل الطاقة الكهربائيّة

نتبع الكتاب، الصفحة 157: منبع يولّد استطاعة P ، ويضيع منها في أسلاك النقل P' حراريّاً بفعل جول. المردود:

$$\eta = ?$$

1. التعريف نسبة ما يصل إلى ما يتولّد:

$$\eta = \frac{P - P'}{P} = 1 - \frac{P'}{P}$$

2. الاستطاعتان عامل الاستطاعة قريبٌ جدًّا من الواحد، و R مقاومة أسلاك النقل:

$$P = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \quad P = R I_{\text{eff}}^2$$

3. التعويض نعوض ونختصر I_{eff} :

$$\eta = 1 - R \frac{I_{\text{eff}}}{U_{\text{eff}}}$$

«لكي يقترب المردود من الواحد ينبغي تصغير مقاومة أسلاك النقل R أو تكبير U_{eff} ، يتم ذلك باستعمال محوّلات رافعة للتوتر عند مركز توليد التيار ثم خفضه على مراحل عند الاستخدام.» الكتاب، الصفحة 157.

$$\eta = 1 - R \frac{I_{\text{eff}}}{U_{\text{eff}}} \rightarrow 1$$

مثال من عندنا: نقل 10^5 W في أسلاك مقاومتها 5Ω ، مرّة تحت 10^4 V ومرّة تحت 10^3 V .

$$\eta = ?$$

1. تحت 10^4 V $I = \frac{10^5}{10^4} = 10 \text{ A}$ ، و $P = 5 \times 100 = 500 \text{ W}$:

$$\eta = 1 - \frac{500}{10^5} = 0.995$$

2. تحت 10^3 V $I = 100 \text{ A}$ ، و $P = 5 \times 10^4 \text{ W}$:

$$\eta = 1 - \frac{5 \times 10^4}{10^5} = 0.5$$

تقسيم التوتر على عشرة يضرب الشدّة في عشرة، والضياح في مئة:

$$P = R \frac{P^2}{U_{\text{eff}}^2}$$

لماذا تُنقل الطاقة الكهربائية بتوتر آلاف الفولطات ثم يُخفّض إلى 220 V عند الاستهلاك؟ الكتاب، الصفحة 159.

كيف أبدأ؟ الضياع في الأسلاك $P = R I^2$ ، وما الذي يصغّر I لاستطاعةٍ معيّنة؟

(أ) لأنّ التوتر الكبير يصغّر الشدّة فيقلّ الضياع بفعل جول

(ب) لأنّ التوتر الكبير يزيد الاستطاعة المنقولة

(ج) لأنّ الأسلاك لا تحمل إلّا التوتّرات الكبيرة

أ. نعم: $I = \frac{P}{U}$ ، والضياع يتناسب مع I^2 .

وللمحوّلات الخافضة للتوتر استخداماتٌ عديدة، الكتاب، الصفحة 158: شحن بعض الأجهزة الكهربائية، وألعاب الأطفال التي يُخفّض فيها التوتر للأمان من 220 V إلى 12 V أو أقلّ، وعمليّات اللحام الكهربائي التي تحتاج تيّاراً من رتبة مئات الأمبيرات، وأفران الصهر.

من الكتاب: مسألتان

المسألة الأولى، الكتاب، الصفحة 159: $N_p = 125$ و $N_s = 375$ ، والتوتر اللحظي بين طرفي الثانويّة $\bar{u}_s = 120\sqrt{2} \cos 100\pi t$. نصل الثانويّة بمقاومةٍ صرفة 30Ω ، ثم نصل على التفّرّع معها وشيعةً مهملة المقاومة تمرّ فيها 3 A .

$$\mu, U_p, I_s, X_L, I, P_{\text{avg}} = ?$$

1. نسبة التحويل $\mu = \frac{N_s}{N_p}$:

$$\mu = \frac{375}{125} = 3 > 1$$

2. التوتّران المحوّلة رافعةً للتوتر، و $U_s = 120 \text{ V}$:

$$U_p = \frac{U_s}{\mu} = \frac{120}{3} = 40 \text{ V}$$

3. الفرعان في المقاومة، ثم ردّيّة الوشيعة:

$$I_s = \frac{120}{30} = 4 \text{ A} \quad X_L = \frac{120}{3} = 40 \Omega$$

4. تابع شدة الوشيعة متأخرة بـ $\frac{\pi}{2}$ عن التوتّر:

$$\bar{i}_L = 3\sqrt{2} \cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$$

5. الشدة الكليّة والاستطاعة الشدّتان متعامدتان، والوشيعة لا تستهلك:

$$I = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \text{ A}$$

$$P_{\text{avg}} = 30 \times 16 = 480 \text{ W}$$

وعامل الاستطاعة:

$$\cos \bar{\varphi} = \frac{480}{120 \times 5} = 0.8$$

المسألة الثانية، الكتاب، الصفحة 159: محوّلٌ مثاليّةٌ عدد لفّات ثانويّتها 480 ، يُطبّق بين طرفي أوليّتها 240 V ، ويوصل بثانويّتها مصباحٌ استطاعته 24 W يعمل تحت 2 V .

$$I_s, I_p, N_p, \mu, R = ?$$

1. شدة الثانويّة $P = U_s I_s$:

$$I_s = \frac{24}{2} = 12 \text{ A}$$

2. شدة الأوليّة المحوّلّة مثاليّة، فالاستطاعة نفسها في الدارتين:

$$I_p = \frac{24}{240} = 0.1 \text{ A}$$

3. نسبة التحويل وعدد اللّفات $\mu = \frac{U_s}{U_p}$ و $N_p = \frac{N_s}{\mu}$:

$$\mu = \frac{2}{240} = \frac{1}{120} \quad N_p = 480 \times 120 = 57600$$

4. مقاومة المصباح $R = \frac{U_s}{I_s}$:

$$R = \frac{2}{12} = \frac{1}{6} \Omega$$

تحقق: نسبة الشدّتين تساوي نسبة التحويل:

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{0.1}{12} = \frac{1}{120}$$

محوّلة التوتّر المنتج بين طرفي أوليّتها 20 V وبين طرفي ثانويّتها 40 V . نسبة تحويلها، الكتاب، الصفحة 159:

كيف أبدأ؟ $\mu = \frac{U_s}{U_p}$.

(أ) $\mu = 0.5$

(ب) $\mu = 20$

(ج) $\mu = 2$

ج. نعم: $\frac{40}{20} = 2$.

محوّلة مثاليّة تحت 220 V تغذي جهازاً استطاعته 110 W . الشدّة المنتجة في أوليّتها:

كيف أبدأ؟ المحوّلة المثاليّة لا تغيّر الاستطاعة: $U_p I_p = P$.

(أ) $I_p = 2 \text{ A}$

(ب) $I_p = 0.5 \text{ A}$

(ج) لا تُحسب دون نسبة التحويل

ب. نعم: $\frac{110}{220} = 0.5 \text{ A}$ ، مهما كانت نسبة التحويل.

المصدر: الفيزياء، الصفحات 155 إلى 158 من الطبعة الرسمية 2025 / 2026.