

الحث الكهرومغناطيسي وأشباه الموصلات

الدرس الأول: التدفق المغناطيسي والحث الكهرومغناطيسي Magnetic Flux and Electromagnetic Induction

التدفق المغناطيسي Magnetic Flux

التدفق المغناطيسي (Magnetic flux Φ_B): يعبر عنه رياضياً بأنه ناتج الضرب القياسي لمتجه المجال المغناطيسي (B) ومتجه المساحة (A).

ويُعبّر عن مقداره بالعلاقة الآتية:

$$\Phi_B = B \cdot A = BA \cos \theta$$

حيث :

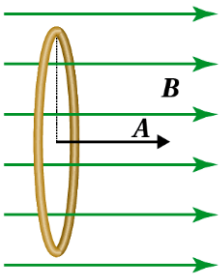
Φ_B : التدفق المغناطيسي

B : المجال المغناطيسي.

A : متجه المساحة مقداره يساوي مساحة سطح الملف، واتجاهه يكون عمودياً على

السطح. في الشكل (1)

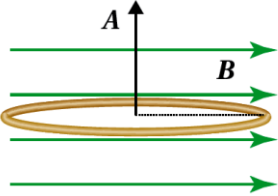
θ : هي الزاوية المحصورة بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة عندما يبدأ المتجهان من النقطة نفسها.



1. مجال مغناطيسي منتظم يخترق عمودياً المساحة (A) المحصورة بالملف.

التدفق المغناطيسي كمية قياسية ناتجة عن ضرب كمية متجهة بكمية متجهة ووحدة قياسه هي ($T.m^2$) وتسمى ويبر (Wb)

$$[\Phi_B] = T.m^2 = Wb$$



2. التدفق المغناطيسي عبر الملف يساوي صفراً؛ لأن ($\theta = 90^\circ$ ، و $\cos 90^\circ = 0$)

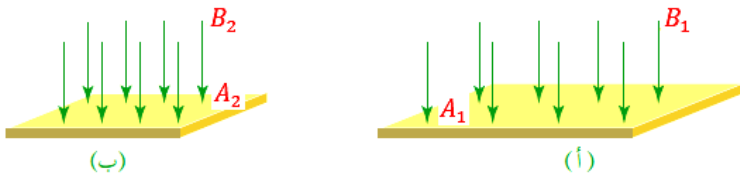
على ماذا يعتمد التدفق المغناطيسي؟

يعتمد على:

1. مقدار المجال المغناطيسي (طردية).
2. مساحة السطح (طردية).
3. جيب تمام الزاوية المحصورة بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة.

متى يكون التدفق المغناطيسي لملف مغمور في مجال مغناطيسي قيمه عظمى؟
عندما تكون الزاوية المحصورة بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة صفر أو (180°) كما في الشكل (1).

متى يكون التدفق المغناطيسي لملف مغمور في مجال مغناطيسي يساوي صفراً؟
عندما تكون الزاوية المحصورة بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة (90°) أو (270°) كما في الشكل (2).

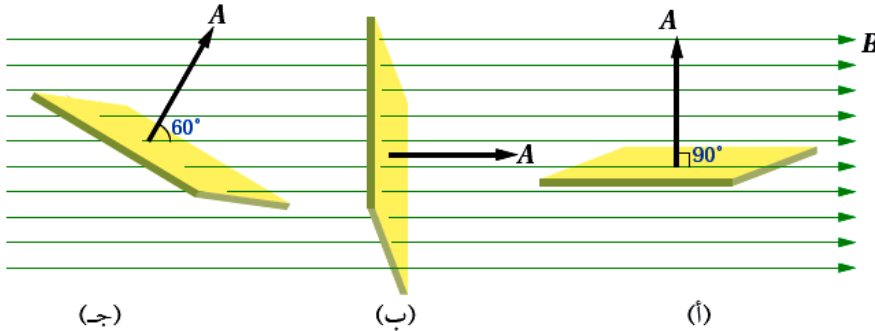


في الشكل المجاور قارن بين المجال المغناطيسي والتدفق المغناطيسي في الحالتين (أ) و (ب).

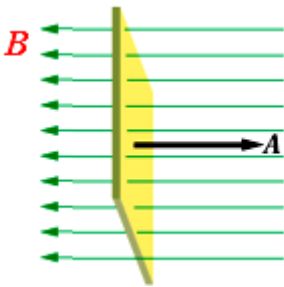
المجال المغناطيسي في الشكل (ب) أكبر من المجال المغناطيسي في الشكل (أ) ، لأن خطوط المجال المغناطيسي في الشكل (ب) أكثر تقارباً منها في الشكل (أ)؛ فكثافة خطوط المجال المغناطيسي في الشكل (ب) أكبر ($B_2 > B_1$) .

التدفق المغناطيسي عبر الشكلين (أ) و (ب) نفسه لأن عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق السطحين نفسه ($\Phi_{B_2} = \Phi_{B_1}$) .

يوضح الشكل المجاور ثلاثة سطوح متماثلة موضوعة في المجال المغناطيسي نفسه. فأَيُّ السطوح يخترقه أكبر تدفق مغناطيسي؟ وأيها يخترقه أقل تدفق مغناطيسي؟



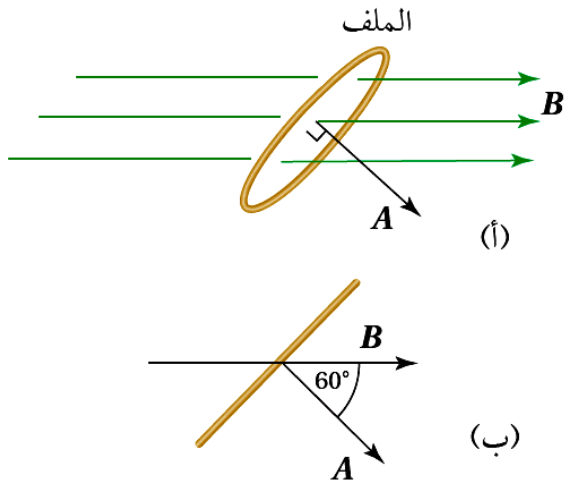
السطح (ب) أكبر تدفق لأن الزاوية (0°) ، ثم يليه السطح (ج) وهو أقل بمقدار ($\cos 60^\circ = 0.5$) ، أي أقل بالنصف عن السطح (ب) ، أما السطح (أ) فالتدفق خلاله يساوي صفر لأن الزاوية (90°) حيث ($\cos 90^\circ = 0$) .



متى يكون التدفق خلال سطح معين قيمة سالبة؟

يكون التدفق خلال سطح معين سالب عندما يكون متجه المساحة معاكس لمتجه المجال المغناطيسي وعندها تكون خطوط المجال داخله الى السطح من جهة متجه المساحة، كما في الشكل المجاور حيث الزاوية (180°) و ($\cos 180^\circ = -1$) .

مثال 1: كتاب



حلقة دائرية مساحتها $(3.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2)$ ، موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (120 mT) على نحو ما هو موضح في الشكل (أ) ويوضح الشكل (ب) منظرًا جانبيًا للحلقة، حيث الزاوية المحصورة بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة (60°) أحسب التدفق المغناطيسي عبر الحلقة:

أ. على نحو ما هي موضحة في الشكل (أ)

ب. عندما يكون مستوى الحلقة عموديًا على اتجاه المجال المغناطيسي.

ج. عندما يكون مستوى الحلقة موازيًا لاتجاه المجال المغناطيسي.

المعطيات: $A = 3.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, $B = 120 \times 10^{-3} \text{ T}$, $\theta_1 = 60^\circ$, $\theta_2 = 0^\circ$, $\theta_3 = 90^\circ$
المطلوب: $\Phi_B = ?$

الحل:

أ. الزاوية بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة (60°) ، وأحسب التدفق المغناطيسي على النحو الآتي:

$$\begin{aligned}\Phi_B &= BA \cos \theta \\ &= 120 \times 10^{-3} \times 3.0 \times 10^{-4} \times \cos 60^\circ \\ &= 1.8 \times 10^{-5} \text{ Wb}\end{aligned}$$

ب. عندما يكون مستوى الحلقة عموديًا على اتجاه المجال المغناطيسي تكون الزاوية بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة (0°) ، وأحسب التدفق المغناطيسي على النحو الآتي:

$$\begin{aligned}\Phi_B &= BA \cos \theta \\ &= 120 \times 10^{-3} \times 3.0 \times 10^{-4} \times \cos 0^\circ \\ &= 3.6 \times 10^{-5} \text{ Wb}\end{aligned}$$

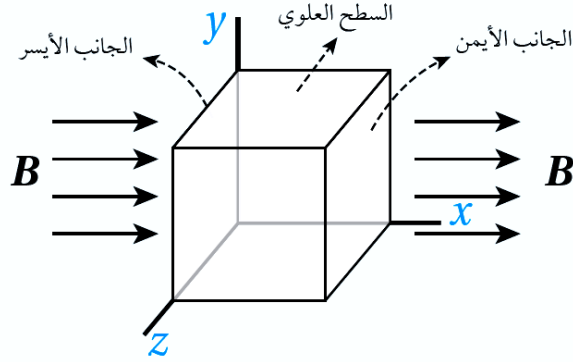
ج. عندما يكون مستوى الحلقة موازيًا لاتجاه المجال المغناطيسي تكون الزاوية بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة (90°) ، وأحسب التدفق المغناطيسي على النحو الآتي:

$$\begin{aligned}\Phi_B &= BA \cos \theta \\ &= 120 \times 10^{-3} \times 3.0 \times 10^{-4} \times \cos 90^\circ = 0\end{aligned}$$

يكون التدفق المغناطيسي صفرًا؛ لأن $\cos 90^\circ = 0$.

تمرين 1: كتاب

مكعب طول ضلعه (2.0 cm) ، موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (1.5 T) على نحو ما هو موضَّح في الشكل المجاور أحسب التدفق المغناطيسي الكلي عبر المكعب.



الحل :

التدفق خلال الأسطح الأربعة الموازية لخط المجال المغناطيسي يساوي صفراً، لأن الزاوية المحصورة بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة (90°)، حيث ($\cos 90^\circ = 0$) كما يلي:

$$\begin{aligned}\Phi_{B_{\text{الجوانب}}} &= BA \cos \theta \\ &= 1.5 \times 4 \times 10^{-4} \times \cos 90^\circ = 0\end{aligned}$$

أما التدفق خلال الجانبين الأيسر والأيمن :

$$\begin{aligned}\Phi_{B_{\text{اليسر}}} &= BA \cos \theta \\ &= 1.5 \times 4 \times 10^{-4} \times \cos 0^\circ \\ &= 6 \times 10^{-2} \text{ Wb}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi_{B_{\text{اليمين}}} &= BA \cos \theta \\ &= 1.5 \times 4 \times 10^{-4} \times \cos 180^\circ \\ &= -6 \times 10^{-2} \text{ Wb}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi_{B_{\text{الكلي}}} &= \Phi_{B_{\text{اليسر}}} + \Phi_{B_{\text{اليمين}}} \\ &= 6 \times 10^{-2} + (-6 \times 10^{-2}) = 0\end{aligned}$$

اذن التدفق الكلي خلال سطح مغلق يساوي صفر (لأن عدد الخطوط الداخلة يساوي عدد الخطوط الخارجة)

الحث الكهرومغناطيسي Electromagnetic Induction

الحث الكهرومغناطيسي: توليد تيار كهربائي في دائرة كهربائية مغلقة عند تغيير التدفق المغناطيسي الذي يخترقها.

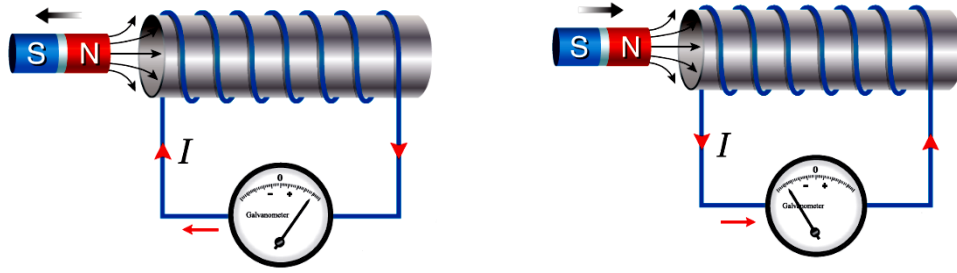
التيار الكهربائي الحثي: التيار المتولد في دائرة كهربائية مغلقة نتيجة تغيير التدفق المغناطيسي الذي يخترقها.

كيف يمكن توليد قوة دافعة كهربائية حثية في ملف من سلك موصل؟



يتولد قوة دافعة كهربائية حثية في ملف من سلك موصل عند تغيير التدفق المغناطيسي الذي يخترقه، ويتم ذلك عن طريق:

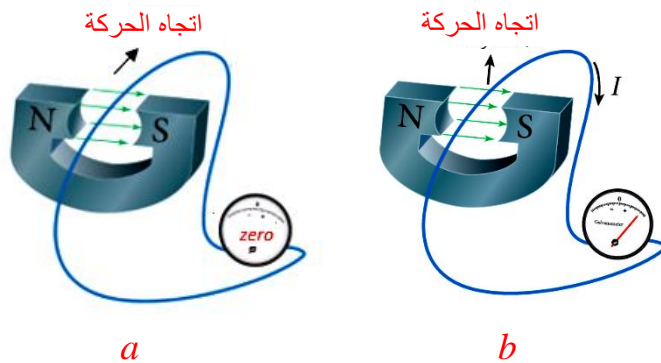
1. تغيير مقدار المجال المغناطيسي، كإبعاد أو تقريب مغناطيس من ملف كما في الشكل أدناه.
2. تغيير المساحة التي يخترقها المجال المغناطيسي.
3. تغيير الزاوية المحصورة بين اتجاهي المجال المغناطيسي والمساحة.



هل ينحرف مؤشر الغلفانوميتر عند تحريك المغناطيس والملف معاً بالاتجاه نفسه بسرعة نفسه؟



لا ينحرف مؤشر الغلفانوميتر، حيث تكون قراءته صفراً؛ لعدم حدوث تغيير في التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف



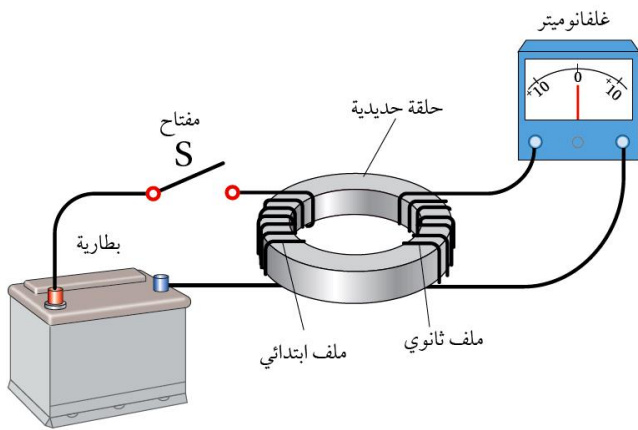
هل يتولد تيار كهربائي حثي في السلك عند تحريكه بموازاة طوليه كما في الشكل (a)، أو لأعلى كما في الشكل (b)؟



عند تحريك السلك بموازاة طوليه كما في الشكل (a) فإنه لا يقطع خطوط المجال المغناطيسي، ولا يتولد تيار حثي. بينما عند تحريكه لأعلى وأسفل كما في الشكل (b) فإنه يتولد تيار حثي.

القوة الدافعة الكهربائية الحثية Induced Electromotive Force

القوة الدافعة الكهربائية الحثية: فرق الجهد الكهربائي المتولد بين طرفي سلك يقطع خطوط مجال مغناطيسي أو في ملف عند تغير التدفق المغناطيسي الذي يخترقه.



في الشكل المجاور طريقة توليد قوة دافعة كهربائية حثية وتيار كهربائي حثي عن طريق لف سلك حول جزء من حلقة حديدية، ثم وصل طرفاه بمفتاح (S) وبطارية، مكونًا الملف الابتدائي Primary coil ، ثم لف سلك آخر حول جزء آخر من الحلقة نفسها، ووصل طرفاه بغلفانوميتر فقط، مكونًا الملف الثانوي Secondary coil.

ماذا يحدث لقراءة الغلفانوميتر في الحالات التالية مع تفسير السبب:



يتولد تيار كهربائي حثي في الملف الثانوي عند تغير مقدار تيار الملف الابتدائي

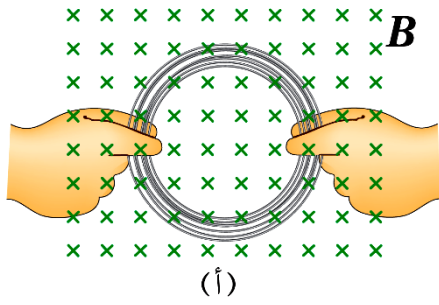
1. لحظة غلق المفتاح (s) .
2. بعد فترة زمنية كافية من غلق المفتاح (s) .
3. لحظة فتح المفتاح (s) .

1. لحظة إغلاق المفتاح (S) ينحرف مؤشر الغلفانوميتر المتصل بالملف الثانوي باتجاه معين، ثم يعود إلى الصفر. فعند إغلاق المفتاح (S) يسري تيار كهربائي في الملف الابتدائي مولدًا مجالًا مغناطيسيًا يخترق الملف الثانوي، فيتغير التدفق المغناطيسي الذي يخترقه من صفر إلى قيمة معينة خلال مدة زمنية معينة، وهذا التغير في التدفق المغناطيسي مع الزمن يولد قوة دافعة كهربائية حثية وتيارًا كهربائيًا حثيًا في الملف الثانوي.
2. بعد فترة زمنية كافية من غلق المفتاح (s) تثبت قراءة الغلفانوميتر على الصفر، لأن التيار وصل إلى قيمته العظمى وثبت عند هذه القيمة فلا يكون هناك تغير في التدفق المغناطيسي ولا يتولد قوة دافعة كهربائية أو تيار حثي .
3. لحظة فتح المفتاح (s) يتكرر ما حدث عند غلق المفتاح لكن انحراف المؤشر يكون باتجاه معاكس إذ يتلاشى التيار الكهربائي المار فيه، وتبعًا لذلك يتناقص التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي، فتتولد فيه قوة دافعة كهربائية حثية وتيار كهربائي حثي خلال مدة تلاشي تيار الملف الابتدائي.

كيف يمكن تغيير التدفق المغناطيسي على ملف لتوليد تيار حثي وقوة دافعة حثية ؟

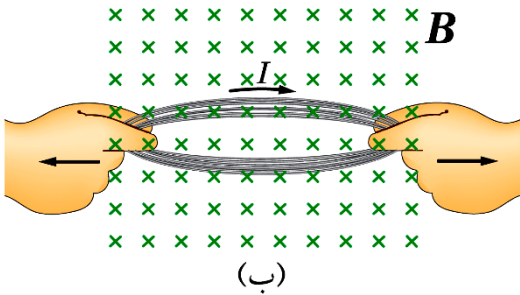


1. عند تقريب قطب مغناطيس من ملف أو إبعاده فيتولد خلاله تيار حثي وقوة دافعة كهربائية حثية . ونفس الشيء يحدث عند تقريب ملف أو إبعاده من المغناطيس.
2. عند تغير في أي من مقدار المجال المغناطيسي، أو المساحة التي يخترقها المجال المغناطيسي، أو الزاوية المحصورة بين اتجاهي المجال المغناطيسي والمساحة.
3. خلال نشو تيار وتلاشيهِ خلال ملف ابتدائي موصول مع ملف ثانوي عبر حلقة حديدية .

مثال 2: كتاب

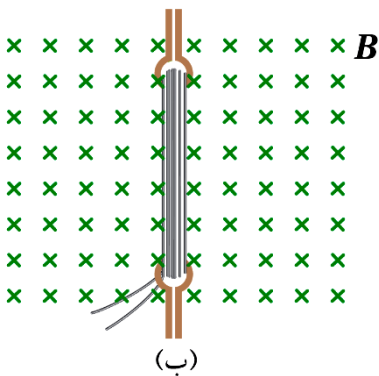
(أ)

يوضح الشكل (أ) ملفاً دائرياً مغموراً في مجال مغناطيسي منتظم عمودي على سطح الملف. هل يتولد تيار كهربائي حثي؟
 أ. عند تحريك الملف نحو اليسار أو نحو اليمين مع بقاءه داخل المجال على نحو ما في الشكل (أ)؟
 ب. في أثناء تغيير شكل الملف على نحو ما في الشكل (ب)؟
المعطيات: الشكلان (أ) و (ب).
المطلوب: تفسير متى يتولد تيار كهربائي حثي.

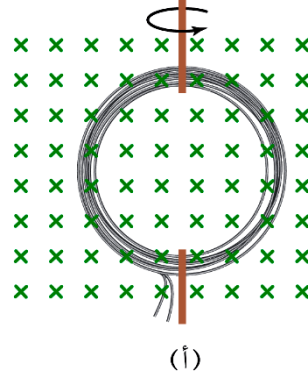
الحل:

(ب)

أ. لا يتولد تيار كهربائي حثي عند تحريك الملف داخل المجال نحو اليسار أو اليمين بسبب ثبات التدفق المغناطيسي.
 ب. عند شدّ الملف يتغير شكله بحيث تقل مساحة سطحه، فيقلّ التدفق المغناطيسي الذي يخترقه، ما يؤدي إلى تولّد قوة دافعة كهربائية حثية، وتيار كهربائي حثي.

تمرين 2: كتاب

(ب)



(أ)

يوضح الشكل (أ) ملفاً دائرياً مغموراً في مجال مغناطيسي منتظم عمودي على سطح الملف. أفسّر ما يحدث في أثناء تدوير الملف في المجال المغناطيسي، على نحو ما هو موضح في الشكل (ب).

الحل:

حسب العلاقة ($\Phi_B = BA \cos \theta$)، في أثناء تدوير الملف تتغير الزاوية من (0°) الى (90°) فيتغير التدفق خلال الحلقة وينشئ فيها تيار حثي؛ في الشكل (أ) مقدار الزاوية بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة (0°)، فيكون التدفق المغناطيسي أكبر ما يُمكن، وعند تدوير الملف بحيث يُصبح كما هو موضح في الشكل (ب) تصبح الزاوية بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة (90°)، والتدفق المغناطيسي الذي يخترقه صفراً. ونتيجة لتغير التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف في أثناء تدويره يتولد فيه قوة دافعة كهربائية حثية.

قانون فارادي في الحث Faraday's Law of Induction

قانون فارادي في الحث، الذي ينصّ على أن:

« مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في دائرة كهربائية يتناسب طردياً مع المعدل الزمني لتغير التدفق المغناطيسي الذي يخترقها ».

يُشير قانون فارادي إلى أن إشارتي القوة الدافعة الكهربائية الحثية والتغير في التدفق المغناطيسي متعاكستان ، ويُعبّر عن قانون فارادي في الحث رياضياً:

$$\varepsilon' = - \frac{d\Phi_B}{dt} = - \frac{d}{dt} (BA \cos \theta)$$

والإشارة السالبة تعني أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة تكون في الاتجاه الذي يُقاوم التغير في التدفق المغناطيسي الذي يؤدي إلى توليدها.

وإذا كانت الدارة مكونة من (N) لفة، فإن قانون فارادي في الحث يُعبر عنه بالعلاقة الآتية:

$$\varepsilon' = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

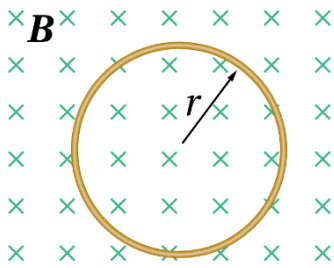
وعندما يحدث التغير في التدفق المغناطيسي، $(\Delta\Phi_B)$ خلال مدة زمنية (Δt) فإنه يُمكن كتابة قانون فارادي في الحث على النحو الآتي لحساب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

وعندما يكون الملف جزءًا من دائرة كهربائية مغلقة، فإنه يسري فيها تيار كهربائي حثي، يُحسب مقداره باستخدام قانون أوم على النحو الآتي:

$$I = \left| \frac{\varepsilon'}{R} \right|$$

مثال 3: كتاب



ملف دائري موضوع في مجال مغناطيسي منتظم.

ملف دائري عدد لفاته (20) لفة، ومتوسط نصف قطر اللفة الواحدة (1.0 cm)، موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (120mT)، كما هو موضح في الشكل المجاور إذا سُحب الملف خارج المجال المغناطيسي خلال زمن مقداره (0.20s)، أحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الملف.

المعطيات:

$$N = 20 \text{ turns}, r = 1.0 \times 10^{-2} \text{ m}, B = 120 \times 10^{-3} \text{ T}, \theta = 0.0^\circ, \Delta t = 0.20 \text{ s}.$$

المطلوب:

$$\bar{\varepsilon} = ?$$

الحل:

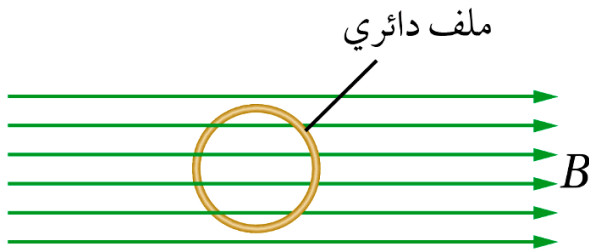
بداية، أحسب مساحة المقطع العرضي للملف.

$$A = \pi r^2 \\ = \pi \times (1 \times 10^{-2})^2 = 3.14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

أحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الملف على النحو الآتي، مع ملاحظة أن التدفق المغناطيسي النهائي يساوي صفرًا، حيث المجال المغناطيسي الذي يخترق الملف يساوي صفرًا:

$$\begin{aligned} \bar{\varepsilon} &= -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -N \frac{\Phi_{B(f)} - \Phi_{B(i)}}{\Delta t} \\ &= -N \frac{0 - BA \cos \theta}{\Delta t} = -20 \times \left(\frac{0 - 120 \times 10^{-3} \times 3.14 \times 10^{-4} \times \cos 0^\circ}{0.20} \right) \\ &= 3.77 \times 10^{-3} \text{ V} \end{aligned}$$

مثال 4: كتاب



ملف دائري في
مجال مغناطيسي منتظم.

ملف دائري عدد لفاته (100) لفة ، ومساحة مقطعه العرضي $(1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2)$ ، موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (1.0 T) كما في الشكل المجاور ، بداية مستوى الملف مواز لخطوط المجال المغناطيسي ، ثم دار الملف بزاوية مقدارها (90°) ، حول محور رأسي بحيث أصبح مستواه عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي خلال (0.50 s) .
أحسب ما يأتي:

- التغير في التدفق المغناطيسي عبر مقطع الملف.
- القوة الدافعة الكهربية الحثية المتوسطة المتولدة في الملف.
- التيار الكهربائي الحثي المتوسط المار في الملف، إذا علمت أن المقاومة الكهربائية للملف (4Ω) .

المعطيات : $N = 100 \text{ turns}$, $A = 1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, $B = 1.0 \text{ T}$, $\theta_i = 90.0^\circ$, $\theta_f = 0.0^\circ$, $\Delta t = 0.50 \text{ s}$, $R = 4.0 \Omega$.

المطلوب :

$$\Delta\Phi_B = ?, \bar{\mathcal{E}} = ?, I = ?.$$

الحل:

أ. أحسب التغير في التدفق المغناطيسي عبر مقطع الملف على النحو الآتي:

$$\begin{aligned}\Delta\Phi_B &= \Phi_{B(f)} - \Phi_{B(i)} \\ &= BA \cos \theta_f - BA \cos \theta_i \\ &= 1.0 \times 1.2 \times 10^{-4} \times \cos 0^\circ - 1.0 \times 1.2 \times 10^{-4} \times \cos 90^\circ \\ &= 1.2 \times 10^{-4} \text{ Wb}\end{aligned}$$

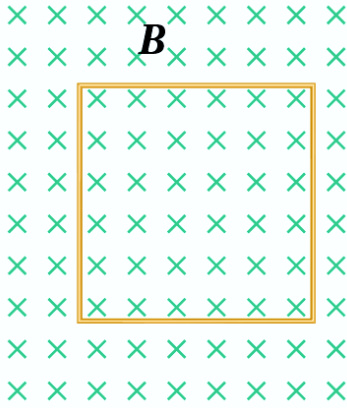
ب. أحسب القوة الدافعة الكهربية الحثية المتوسطة المتولدة في الملف على النحو الآتي:

$$\begin{aligned}\bar{\mathcal{E}} &= -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -100 \times \frac{1.2 \times 10^{-4}}{0.50} \\ &= -2.4 \times 10^{-4} \text{ V}\end{aligned}$$

ج. أستخدم قانون أوم لحساب التيار الكهربائي الحثي المتوسط المار في الملف على النحو الآتي:

$$I = \left| \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} \right| = \left| \frac{-2.4 \times 10^{-4}}{4.0} \right| = 6 \times 10^{-5} \text{ A} = 60 \mu\text{A}$$

تمرين 3: كتاب



حلقة مربعة الشكل مقاومتها (10Ω) ، موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم، حيث مستواها عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي كما هو موضح في الشكل المجاور. إذا تغير التدفق المغناطيسي الذي يخترق الحلقة من قيمة ابتدائية (0.15 Wb) إلى (0.10 Wb) خلال (0.01 s)، أحسب ما يأتي:

أ . القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الحلقة.

ب . التيار الكهربائي الحثي المتوسط المار في الحلقة.

الحل:

حلقة موصلة مربعة
الشكل في مجال مغناطيسي منتظم.

أ . القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الحلقة.

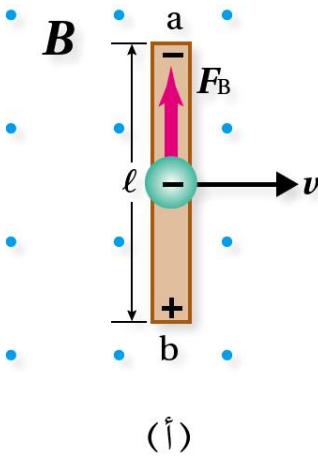
$$\begin{aligned}\Delta\Phi_B &= \Phi_{B(f)} - \Phi_{B(i)} \\ &= 0.10 - 0.15 \\ &= -0.05 \text{ Wb}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{\varepsilon} &= -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -1 \times \frac{-0.05}{0.01} \\ &= 5 \text{ V}\end{aligned}$$

ب . التيار الكهربائي الحثي المتوسط المار في الحلقة.

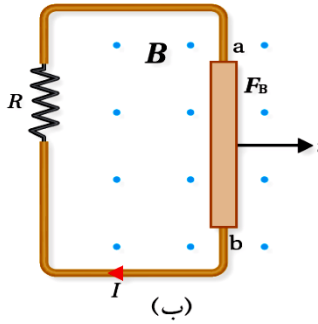
$$I = \left| \frac{\bar{\varepsilon}}{R} \right| = \left| \frac{5}{10} \right| = 0.5 \text{ A}$$

القوة الدافعة الكهربائية الحثية في موصل متحرك Motional EMF



يوضح الشكل (أ) موصل يتحرك باتجاه محور $(+x)$ عمودياً على طوله، وعلى اتجاه مجال مغناطيسي منتظم باتجاه محور $(+z)$ تتحرك الإلكترونات الحرة في الموصل معه باتجاه محور $(+x)$ عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي قاطعة خطوط المجال المغناطيسي، فتتأثر بقوة مغناطيسية باتجاه محور $(+y)$ حسب قاعدة اليد اليمنى. ونتيجة لذلك تتجمع شحنات سالبة عند طرف السلك (a)، تاركة خلفها شحنات موجبة عند الطرف (b)، فيصبح جهد الطرف (b) أكبر من جهد الطرف (a)، أي يتولد فرق في الجهد الكهربائي بين طرفيه، يُسمى القوة الدافعة الكهربائية الحثية (ϵ'). ويُعبّر عن مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في هذا الموصل بالعلاقة الآتية:

$$\epsilon' = B\ell v$$



حيث (B) مقدار المجال المغناطيسي، (ℓ) طول الموصل المتحرك ضمن المجال المغناطيسي، و (v) مقدار سرعة حركة الموصل. وعندما يكون الموصل جزءاً من دائرة كهربائية مغلقة، كما هو موضح في الشكل (ب)، فإنه يسري فيها تيار كهربائي حثي، إذ يعمل الموصل عمل بطارية قطبها الموجب عند الطرف (b)، ويستمر سريان التيار الكهربائي في الدارة الكهربائية ما دام الموصل متحركاً.

على ماذا يعتمد مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة بين طرفي موصل يتحرك عمودياً على طوله وعلى اتجاه المجال المغناطيسي؟
يعتمد مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية (ϵ') المتولدة على :

1. مقدار المجال المغناطيسي (B).
2. طول الموصل (ℓ).
3. مقدار سرعة حركة الموصل (v).

مثال 5: كتاب

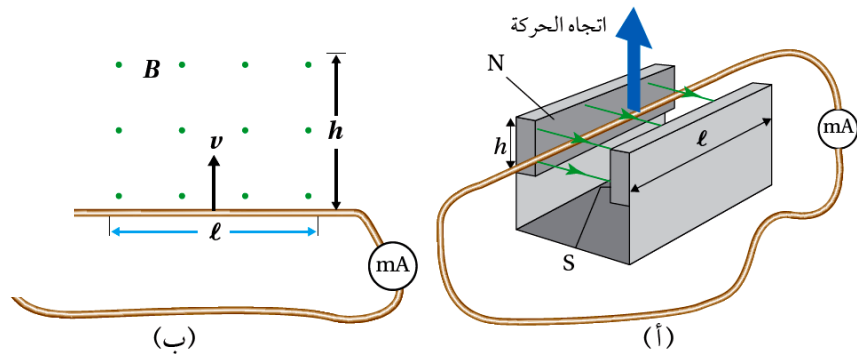
يتقابل القطبان الشمالي (N) والجنوبي (S) لمغناطيسين، طول كلٍ منهما ($\ell = 20.0 \text{ cm}$) وارتفاع كلٍ منهما ($h = 6.00 \text{ cm}$)، بينهما مجال مغناطيسي منتظم مقداره (54.0 mT). حرك سلك مشدود موصول بملي أميتر من الطرف السفلي للمغناطيسين إلى الطرف العلوي عمودياً على اتجاه خطوط المجال المغناطيسي خلال مدة زمنية (0.200 s) كما في الشكل المجاور. أحسب ما يأتي:

أ. مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك.

ب. التيار الكهربائي الحثي المار في الملي أميتر إذا علمت أن المقاومة الكهربائية للدارة (2.0Ω).

(أ) تحريك سلك عمودياً على اتجاه خطوط مجال مغناطيسي منتظم

(ب) منظر أمامي لحركة السلك داخل المجال المغناطيسي



المُعطيات:

$$\ell = 20.0 \text{ cm}, h = 6.00 \text{ cm}, B = 54.0 \times 10^{-3} \text{ T}, \Delta t = 0.200 \text{ s}, R = 2.0 \Omega.$$

المطلوب:

$$\varepsilon = ?, I = ?$$

الحل:

أ. طول السلك داخل المجال المغناطيسي يساوي طول أيٍّ من قطبي المغناطيس. وتحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة فيه كما يلي:

$$\Delta y = h$$

$$v = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{h}{\Delta t} = \frac{6.00 \times 10^{-2}}{0.200} = 0.3 \text{ m/s}$$

$$\varepsilon = B\ell v = 54.0 \times 10^{-3} \times 20.0 \times 10^{-2} \times 0.3 = 3.24 \times 10^{-3} \text{ V} = 3.24 \text{ mV}$$

ب. التيار الكهربائي الحثي المار في الدارة :

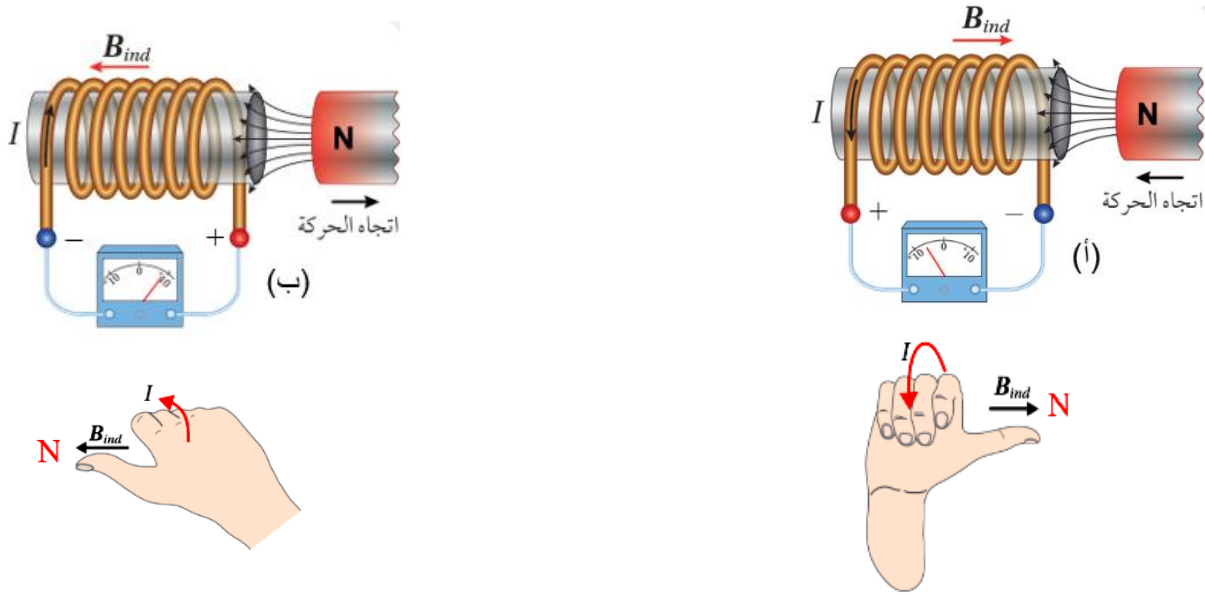
$$I = \left| \frac{\varepsilon}{R} \right| = \left| \frac{3.24 \times 10^{-3}}{2.0} \right| = 1.62 \times 10^{-3} \text{ A} = 1.62 \text{ mA}$$

قانون لنز Lenz's Law

قانون لنز الذي ينص على أن:

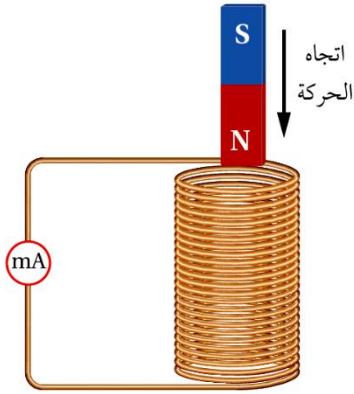
« القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة تكون في الاتجاه الذي يقاوم التغير في التدفق المغناطيسي الذي يؤدي إلى توليدها » .

قانون لنز يساعد في تحديد اتجاه التيار الحثي المار بملف عند اقتراب أو ابتعاد قطب مغناطيسي منه كما في الشكل أدناه :



في الشكل (أ): عند تقريب القطب الشمالي للمغناطيس من أحد طرفي ملف، ونتيجة لذلك يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف، فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية بين طرفيه، تؤدي إلى مرور تيار كهربائي حثي في الاتجاه الذي يولد مجالاً مغناطيسياً يقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي. وهذا يعني أن طرف الملف القريب من المغناطيس يصبح قطباً مغناطيسياً شمالياً، فيتنافر مع القطب الشمالي للمغناطيس. ولأحدد اتجاه التيار الكهربائي الحثي، أستخدم قاعدة اليد اليمنى حيث يُشير الإبهام إلى اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن الملف (B_{ind})، في حين يُشير اتجاه انحناء بقية الأصابع إلى اتجاه التيار الكهربائي الحثي في لفات الملف.

في الشكل (ب): عند إبعاد القطب الشمالي للمغناطيس عن طرف الملف، يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترقه، فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية بين طرفيه تؤدي إلى مرور تيار كهربائي حثي في الاتجاه الذي يولد مجالاً مغناطيسياً اتجاهه نحو اليسار، ليصبح طرف الملف القريب من المغناطيس قطباً مغناطيسياً جنوبياً؛ كي يقاوم النقص في التدفق المغناطيسي، فتنشأ قوة تجاذب بين القطبين تقاوم ابتعاد القطب الشمالي عن الملف. وأحدد اتجاه التيار الكهربائي الحثي المتولد باستخدام قاعدة اليد اليمنى .

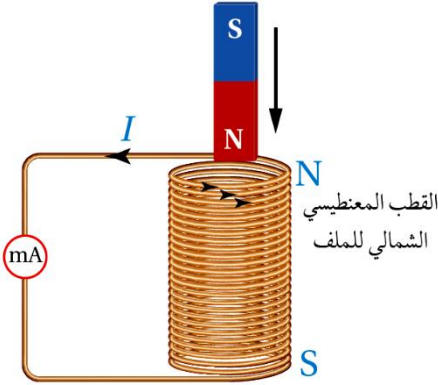
مثال 6: كتاب

يقترّب القطب الشمالي لمغناطيس من ملف، فيتحرّك مؤشر الملي أميتر المتصل به. ويوضّح الشكل منظرًا جانبيًا للمغناطيس في أثناء اقترابه من الملف. كيف أُحدّد اتجاه التيار الكهربائي الحثّي المتولّد في الملف وما اتجاهه عند النظر إلى الملف من الأعلى؟

منظر جانبي لتقريب القطب الشمالي لمغناطيس من أحد طرفي ملف.

المُعطيات: الشكل المجاور

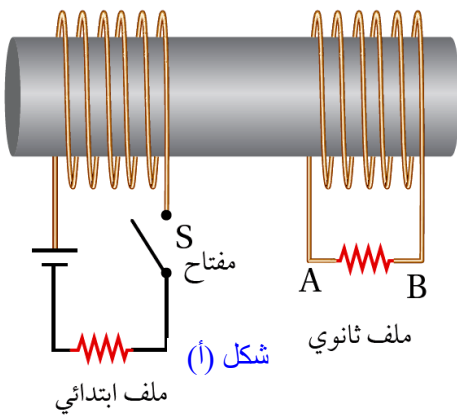
المطلوب : تحديد اتجاه التيار الكهربائي الحثّي.

الحلّ:

بحسب قانون لنز، يكون اتجاه التيار الكهربائي الحثّي المتولّد في الملف في الاتجاه الذي ينشأ عنه مجال مغناطيسي حثّي يُقاوم التغيّر في التدفق المغناطيسي المسبّب في توليده. وفي هذا الشكل، يكون اتجاه التيار الكهربائي الحثّي في الملف، بحيث يولّد مجالاً مغناطيسياً داخل الملف إلى الأعلى؛ باستخدام قاعدة اليد اليمنى أُستنتج أنّ اتجاه التيار الكهربائي الحثّي المتولّد في الملف يكون بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة عند النظر إليه من الأعلى، أي يكون الطرف العلويّ للملف قطباً مغناطيسياً شمالياً؛ كي يقاوم اقتراب القطب الشمالي للمغناطيس المؤدّي إلى توليده. كما في الشكل المجاور.

اتجاه التيار الكهربائي الحثّي المتولّد في الملف واتجاه المجال المغناطيسي الناتج.

مثال 7: كتاب



لُفّ ملفّان عدد لفات كلّ منهما (100) لفّة، ومساحة المقطع العرضي $(3.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2)$ ، على قلب حديدي كما في الشكل المجاور عند إغلاق مفتاح دائرة الملف الابتدائيّ كما في الشكل (ب) يتولّد مجال مغناطيسيّ داخله مقداره $(B_0 = 180 \text{ mT})$ ينتقل عبر القلب الحديدي، وعند فتح الدارة الكهربائية كما في الشكل (أ) يتلاشى هذا المجال المغناطيسيّ خلال (0.10 s). أجب عمّا يأتي:

أ. أحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولّدة في

الملف الثانوي لحظة فتح المفتاح (S).

ب. أحرر اتجاه سريان التيار الكهربائي الحثي في المقاومة الكهربائية في الملف الثانوي لحظة فتح المفتاح (S).

المعطيات:

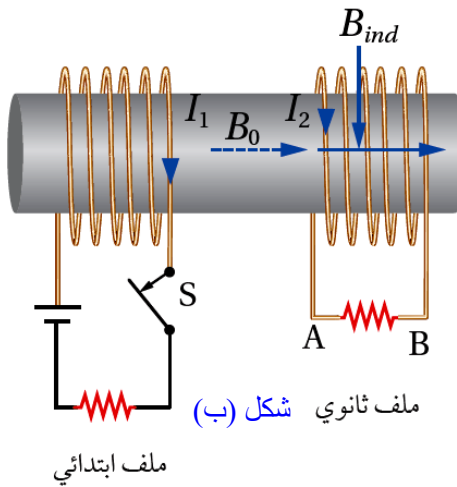
$$N = 100 \text{ turns}, A = 3.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2, B_0 = 180 \times 10^{-3} \text{ T}, \Delta t = 0.10 \text{ s}$$

المطلوب:

$$\bar{\mathcal{E}} = ? , I = ?$$

الحل:

أ. التغيّر في التدفق المغناطيسي ناتج عن تغيّر مقدار المجال المغناطيسي الذي يخترق حلقات الملف الثانوي، وتحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولّدة في الملف كما يلي:



$$\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N \frac{\Phi_{B(f)} - \Phi_{B(i)}}{\Delta t}$$

$$= -N \frac{B_f A \cos 0^\circ - B_i A \cos 0^\circ}{\Delta t}$$

$$= -NA \frac{B_f - B_i}{\Delta t}$$

$$= -100 \times 3.0 \times 10^{-4} \times \frac{0 - 180 \times 10^{-3}}{0.10}$$

$$= 5.4 \times 10^{-2} \text{ V}$$

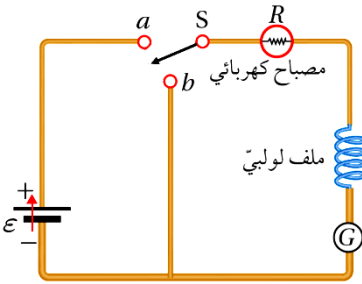
ب. المجال المغناطيسي الناتج عن الملف الابتدائي يكون نحو اليمين وينتقل عبر القلب الحديدي، وعند فتح دائرة الملف الابتدائي، يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي، فتتولّد قوة دافعة كهربائية حثية بين طرفيه تؤدي إلى مرور تيار كهربائي حثي في الملف في الاتجاه الذي يجعله يقاوم النقص في التدفق المغناطيسي؛ أي يكون المجال المغناطيسي الحثي باتجاه المجال المغناطيسي نفسه. وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى نجد أن اتجاه التيار الكهربائي الحثي المار في المقاومة يكون من B إلى A عبر المقاومة.

ملاحظة:

1. فتح المفتاح في دائرة الملف الابتدائي يكافئ إبعاد مغناطيس عن دائرة الملف الثانوي.
2. زمن نمو (نشو) تيار في ملف يساوي زمن اضمحلال (تلاشي) التيار في الملف نفسه.

الحث الذاتي self-induction

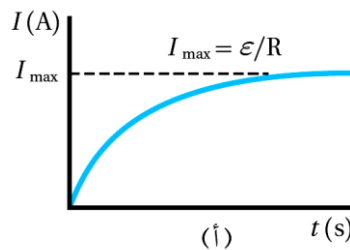
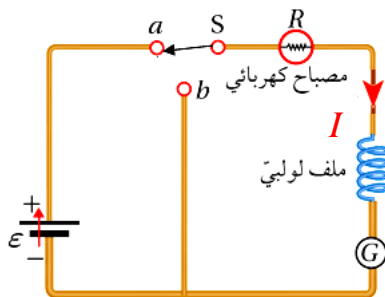
الحث الذاتي: يُعرف بأنه تولّد قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية في دائرة كهربائية مغلقة نتيجة تغيّر التدفق المغناطيسي بسبب تغيّر مقدار تيار الدارة نفسها.



في الشكل المجاور دائرة تتكون من بطارية ومقاومة (مصباح مثلاً)، وملفًا لولبيًا وغلغانوميتر ومفتاح (S). ماذا يحدث عند وصل المفتاح مع النقطة (a)، ثم وصله مع النقطة (b)؟

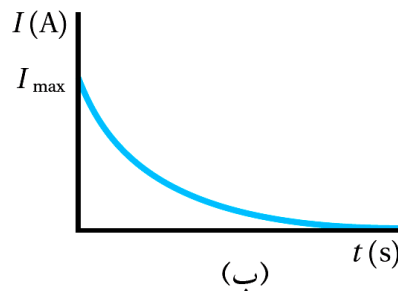
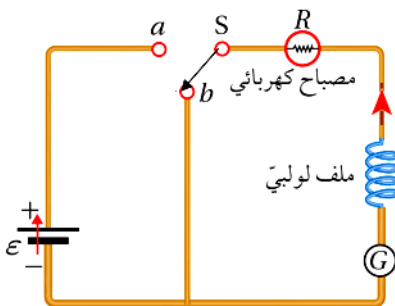


1. عند وصل المفتاح مع النقطة (a):



تزداد شدة إضاءة المصباح تدريجيًا حتى تثبت، ما يعني أنّ التيار لا يصل إلى قيمته العظمى لحظيًا، بل ينمو تدريجيًا من الصفر إلى قيمته العظمى، كما هو مبين في الشكل بسبب وجود الملف اللولبي الذي أعاق نموّ التيار الكهربائي الناتج عن البطارية. فعند وصل المفتاح مع (a) يسري التيار الكهربائي في الدارة الكهربائية، فيتولّد مجال مغناطيسي في الملف اللولبي، ويزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترقه. وبحسب قانون لنز، ينشأ فيه قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية تعاكس القوة الدافعة الكهربائية للبطارية، (ε) ما يؤدي إلى نموّ التيار الكهربائي إلى قيمته العظمى تدريجيًا وليس لحظيًا، كما في الشكل (أ).

2. عند وصل المفتاح مع النقطة (b):



تقل شدة إضاءة المصباح تدريجيًا حتى ينطفئ، ما يعني أنّ التيار لا يصل إلى قيمة الصفر لحظيًا، بل يتلاشى تدريجيًا من قيمته العظمى إلى الصفر، كما هو مبين في الشكل بسبب وجود الملف اللولبي الذي أعاق تلاشي التيار الكهربائي الناتج عن نقصان التدفق المغناطيسي. فعند وصل المفتاح مع (b) يقل التيار الكهربائي في الدارة الكهربائية، ويقل المجال مغناطيسي في الملف اللولبي، ويقل التدفق المغناطيسي الذي يخترقه. وبحسب قانون لنز، ينشأ فيه قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية تعاكس اضمحلال التيار الكهربائي إلى قيمته الصغرى (صفر) تدريجيًا وليس لحظيًا، وفي هذه الحالة البطارية ليست جزءًا من الدارة عند الوصل مع النقطة (b) كما في الشكل (ب).



لماذا يتلاشى التيار الكهربائي تدريجيًا ولا يصل مقداره إلى الصفر مباشرة عند وصل المفتاح مع النقطة (b)؟

عند توصيل المفتاح (s) بالنقطة (b) ، ينعدم التيار الكهربائي الذي تولده البطارية، ويتناقص تدفق المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي (المحث) ، و حسب قانون فارادي، هذا يؤدي إلى توليد قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية في الملف ينشأ عنها تيار كهربائي حثي في الاتجاه نفسه لتيار الدارة (الذي كان ناتجا عن البطارية قبل فصلها عن الدارة)، كي يولد مجالًا مغناطيسيًا يقاوم النقصان في التدفق المغناطيسي.

محاثّة ملف لولبي Inductance of a Solenoid



رمز المحث في الدارات الكهربائية.

يُسمّى الملف اللولبي **محثًا** Inductor وتحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتولدة في المحث باستخدام قانون فارادي على النحو الآتي:

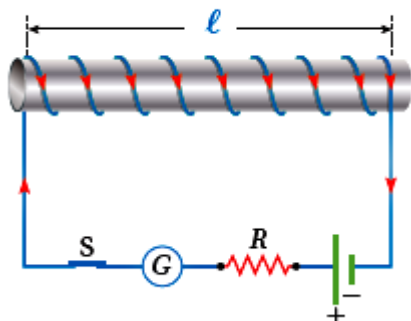
$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

ونظرًا إلى أن التدفق المغناطيسي يتناسب طرديًا مع مقدار المجال المغناطيسي، الذي بدوره يتناسب طرديًا مع مقدار التيار الكهربائي المار في الملف، فإن القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية (\mathcal{E}_L) تتناسب طرديًا مع المعدل الزمني للتغير في مقدار التيار الكهربائي، وأُعتبر عن ذلك رياضياً على النحو الآتي:

$$\mathcal{E}_L = -L \frac{dI}{dt} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

حيث (L) ثابت التناسب، ويُسمّى معامل الحث الذاتي أو (محاثّة المحث) .
معامل الحث الذاتي (محاثّة المحث) : نسبة القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتولدة بين طرفي محث إلى المعدل الزمني للتغير في مقدار التيار الكهربائي المار فيه، وهو مقياس لممانعة المحث للتغير في مقدار التيار الكهربائي المار فيه، ووحدة قياسه هي (V.s/A)، وتُسمّى هنري (H) حسب النظام الدولي للوحدات.

الهنري (H) : هو محاثّة محث تتولد بين طرفيه قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية مقدارها (1 V) ، عندما يكون المعدل الزمني للتغير في مقدار التيار الكهربائي المار فيه (1 A/s) .



في الشكل المجاور وعند غلق المفتاح (S) :
التيار ينمو من الصفر إلى (I) خلال فترة زمنية (Δt)

$$\mathcal{E}_L = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L \frac{I}{\Delta t} \quad \dots\dots(1)$$

ويتزايد مقدار التدفق المغناطيسي الذي يخترق المحث من الصفر إلى (Φ_B) خلال المدة الزمنية نفسها.

$$\mathcal{E}_L = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N \frac{\Phi_B}{\Delta t} \quad \dots\dots(2)$$

وبمساواة المعادلتين (1) و(2)

$$-L \frac{I}{\Delta t} = -N \frac{\Phi_B}{\Delta t}$$

$$L I = N \Phi_B$$

وبما أن خطوط المجال المغناطيسي داخل المحث عمودية على مساحة مقطعه العرضي، فإن التدفق المغناطيسي الذي يخترقه يساوي $(\Phi_B = BA)$ وتعويضها في العلاقة السابقة:

$$L I = N (BA) = NA \frac{\mu I N}{\ell}$$

$$L = \frac{\mu N^2 A}{\ell}$$

هل يتغير معامل الحث الذاتي بتغير التيار المار فيه ؟

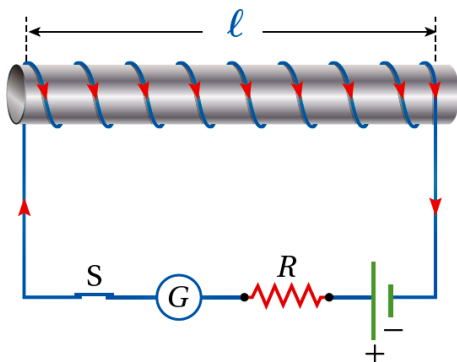
لا ، معامل الحث الذاتي ثابت للمحث نفسه مثل المقاومة الكهربائية فلا يتغير بتغير التيار.

على ماذا يعتمد معامل الحث الذاتي (L) لملف لولبي ؟

يعتمد حسب العلاقة السابقة على:

1. على طول المحث (ℓ) .
2. مساحة المقطع العرضي للملف (A) .
3. عدد لفات الملف (N) .
4. النفاذية المغناطيسية لمادة قلب المحث (μ) ، أو (μ_0) في الهواء.

مثال 8: كتاب



إذا علمت أن طول المحث الموضح في الشكل المجاور يساوي (20.0cm) ومساحة مقطعه العرضي $(2.5 \times 10^{-5} \text{m}^2)$ وعدد لفاته (200) لفة، والمحث ملفوف حول أنبوب كرتوني يملؤه الهواء، ويسري فيه تيار كهربائي (5.0A) أحسب ما يأتي:

- أ. معامل الحث الذاتي للمحث.
- ب. التدفق المغناطيسي الذي يخترق المحث.
- ج. القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتوسطة المتولدة في المحث إذا عكست اتجاه التيار الكهربائي المار فيه.

المعطيات:

$$N = 200 \text{ turns}, \ell = 20.0 \times 10^{-2} \text{ m}, A = 2.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2, I = 5.0 \text{ A}, \Delta t = 0.10 \text{ s}, \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}.$$

المطلوب:

$$L = ?, \Phi_B = ?, \bar{\mathcal{E}} = ?$$

الحل:

أ. أستخدم العلاقة الآتية لحساب معامل الحث الذاتي للمحث مع استخدام النفاذية المغناطيسية للهواء.

$$L = \frac{\mu N^2 A}{\ell} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times (200)^2 \times 2.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2}{20.0 \times 10^{-2}} \approx 6.3 \times 10^{-6} \text{ H}$$

ب. التدفق المغناطيسي الذي يخترق المحث:

$$L I = N \Phi_B$$

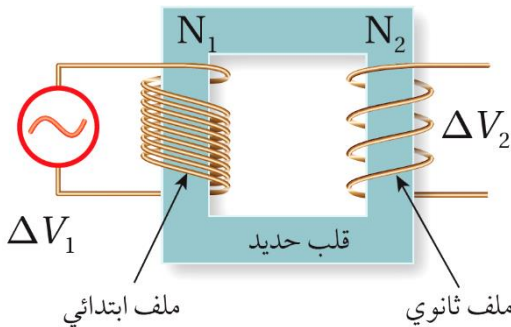
$$\Phi_B = \frac{L I}{N} = \frac{6.3 \times 10^{-6} \times 5.0}{200} = 1.58 \times 10^{-7} \text{ Wb}$$

ج. القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتولدة في المحث إذا عكست اتجاه التيار الكهربائي المار فيه تحسب كما يلي:

$$\begin{aligned} \bar{\mathcal{E}} &= -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L \frac{(I_f - I_i)}{\Delta t} \\ &= -6.3 \times 10^{-6} \times \frac{(-5.0 - 5.0)}{0.10} \\ &= 6.3 \times 10^{-4} \text{ V} \end{aligned}$$

المحول الكهربائي ونقل الطاقة The Transformer and Power

مما يتكون المحول كهربائي؟



1. ملف ابتدائي (N_1) ، وظيفته إنتاج مجال مغناطيسي متغير مع الزمن.
2. ملف ثانوي (N_2) ، وظيفته إنتاج فرق جهد حثي عند تعرضه لمجال مغناطيسي .
3. قلب حديدي ، وظيفته زيادة المجال المغناطيسي داخل الملف الابتدائي، وتدفق أكبر عدد ممكن من خطوط المجال المغناطيسي إلى الملف الثانوي (نقل وتركيز خطوط المجال المغناطيسي من الملف الابتدائي إلى الثانوي).

على ماذا يعتمد المحول الكهربائي في عمله ؟

يعتمد المحول الكهربائي في عمله على الحث الكهرومغناطيسي.

ما أنواع المحولات الكهربائية ، وما استخداماتها ؟

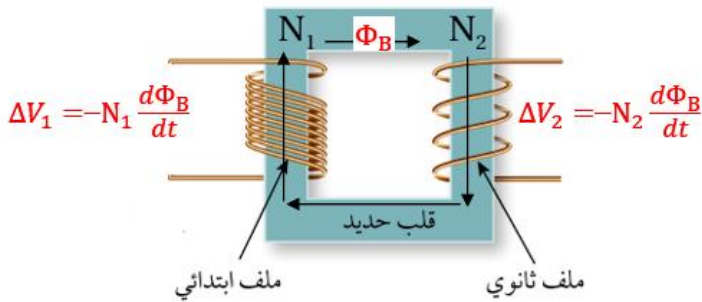
1. محول رافع للجهد ، عندما يكون عدد اللفات (N_2) في الملف الثانوي أكبر من عدد اللفات (N_1) في الملف الابتدائي، فإن ($\Delta V_2 > \Delta V_1$) ، يستخدم للحصول على فرق جهد أعلى من جهد المصدر.
2. محول خافض للجهد ، عندما يكون عدد اللفات (N_2) في الملف الثانوي أقل من عدد اللفات (N_1) في الملف الابتدائي، فإن ($\Delta V_2 < \Delta V_1$) ، يستخدم للحصول على فرق جهد أقل من جهد المصدر.

لماذا يستخدم مصدر جهد متردد (AC) في المحول الكهربائي، وماذا يحدث إذا تم استخدام مصدر جهد

ثابت (DC)؟

يولد مصدر فرق الجهد المتردد تياراً كهربائياً متردداً؛ أي متغيراً في المقدار والاتجاه، فيتولد في الملف الابتدائي مجال مغناطيسي متغير مع الزمن داخل الملف، ما يؤدي إلى تغير في التدفق المغناطيسي، هذا التغير في المجال المغناطيسي يكون دائماً ، وعند استخدام مصدر جهد ثابت فإن التيار في الملف الابتدائي ينمو تدريجياً حتى يثبت عند قيمته العظمى وعندها يتوقف التغير في المجال المغناطيسي اللازم للملف الثانوي وينعدم الجهد الناتج على طرفيه .

ما العلاقة التي تربط بين الجهد الناتج وعدد اللفات في المحول الكهربائي على اعتبار أن المحول مثالي؟



الجهد المطبق على الملف الابتدائي يولد تياراً كهربائياً متردداً؛ أي متغيراً في المقدار والاتجاه، فيتولد في الملف الابتدائي مجال مغناطيسي متغير مع الزمن داخل الملف، ما يؤدي إلى تغير في التدفق المغناطيسي، وبتطبيق قانون فارادي في الحث، فإن فرق الجهد يُعبر عنه بالعلاقة:

$$\Delta V_1 = -N_1 \frac{d\Phi_B}{dt} \rightarrow \frac{d\Phi_B}{dt} = - \frac{\Delta V_1}{N_1}$$

وبما أن التدفق المغناطيسي (Φ_B) ينتقل عبر القلب الحديدي بشكل كامل دون ضياع على اعتبار أنه محول مثالي، فيتولد في الملف الثانوي فرق جهد كما يلي:

$$\Delta V_2 = -N_2 \frac{d\Phi_B}{dt} \rightarrow \frac{d\Phi_B}{dt} = - \frac{\Delta V_2}{N_2}$$

وبتعويض التغير في التدفق من العلاقة الأولى في الثانية نحصل على:

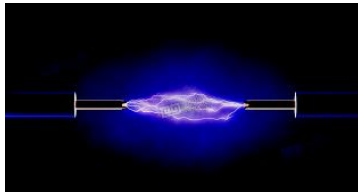
$$\frac{d\Phi_B}{dt} = - \frac{\Delta V_2}{N_2} = - \frac{\Delta V_1}{N_1}$$

$$\frac{\Delta V_2}{N_2} = \frac{\Delta V_1}{N_1}$$

وفي المحول المثالي تكون القدرة الداخلة في الملف الابتدائي مساوية للقدرة الناتجة عن الملف الثانوي، حسب العلاقة:

$$P_1 = P_2 \rightarrow I_1 \Delta V_1 = I_2 \Delta V_2$$

توجد نهاية قصوى لرفع الجهد الكهربائي، عند نقل الطاقة الكهربائية، يؤدي تجاوزها إلى تأيين جزيئات الهواء. فما الذي ينتج عن تأيين الهواء حول خطوط النقل (الأسلاك)؟

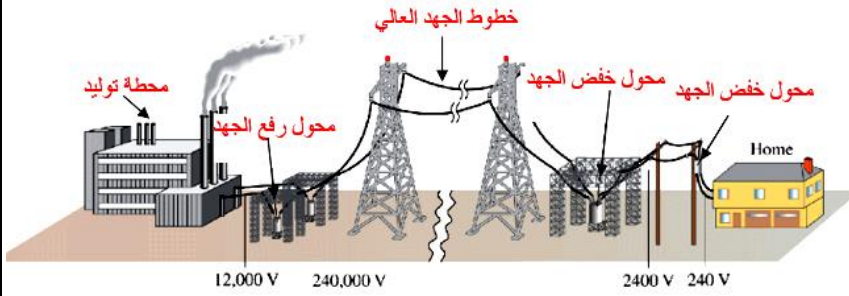


الهواء بطبيعته عازل للكهرباء في ظروف معينة من ضغط جوي وحرارة، لكن في الجهود العالية يتأين الهواء ويصبح موصل وتحدث شرارة بين الأسلاك بالرغم أن بينها مسافة كافية كما في الشكل المجاور، تؤدي في النهاية إلى أعطال في شبكة نقل الكهرباء.

كيف يتم توليد الكهرباء في محطات توليد الطاقة الكهربائية؟

في محطات توليد الطاقة الكهربائية تدور المولدات بسرعات كبيرة جداً، وتستمدّ دورانها من توربينات ضخمة تعمل بالبخر، فتنتج قوة دافعة كهربائية حثية بآلاف الفولتات، ثم تُورّع من خلال شبكات وطنية.

نقل الطاقة عبر خطوط الجهد العالي



عند نقل الطاقة عبر مسافات طويلة تستخدم شركات توليد الكهرباء أسلاك توصيل ذات مقطع عرضي صغير نسبياً لتقليل الكلفة المالية، لكن هذا يؤدي إلى مقاومة كبيرة، لذلك يجب خفض قيمة التيار لتقليل الطاقة المفقودة. ولتحقيق ذلك، يُستخدم محوّل رافع للجهد في محطات توليد الطاقة لرفع الجهد إلى نحو (230 kV)

مع ثبات قيمة القدرة؛ ما يؤدي إلى خفض قيمة التيار الكهربائي في خطوط نقل الطاقة، ثم تُستخدم محوّلات خافضة للجهد حتى تصل قيمة فرق الجهد في الأحياء السكنية إلى (230 V). والمحوّلات المستخدمة عملياً لا تكون مثالية، إذ إنّ القدرة التي نحصل عليها من الملف الثانوي تكون أقلّ من القدرة التي يُزوّد بها الملف الابتدائي للمحوّل. والشكل في الأعلى يبين مخطط نقل الكهرباء من محطة التوليد ومحوّلات الجهد العالي وخطوط نقل الجهد العالي ومحوّلات خفض الجهد.

لماذا تفضل شركات الكهرباء رفع الجهد عند نقل الطاقة الكهرباء الى مسافات بعيدة .

عند نقل الطاقة الكهربائيّة إلى مسافات كبيرة تؤدّي المقاومة الكهربائيّة للأسلاك الناقلة إلى فقد كبير في الطاقة الكهربائيّة. وللتقليل من هذه الطاقة المفقودة في أثناء عملية النقل، يُستخدم المحوّل الكهربائي ، من نوع رافع للجهد من اجل تقليل التيار المنقول عبر الأسلاك ، وحسب العلاقة ($P = IV$) وحتى تبقى القدرة (P) المنقولة ثابتة ، يجب أن يبقى حاصل الضرب (IV) ثابت ، فإذا زاد الجهد (V) يقل التيار (I) ، وتبقى القدرة المنقولة ثابتة ، أيضاً هذه العملية تقلل من تكاليف النقل اللازمة بنوعية السلك المستخدم وقطره ، وتقل الأعطال الناتجة من سخونة الأسلاك .

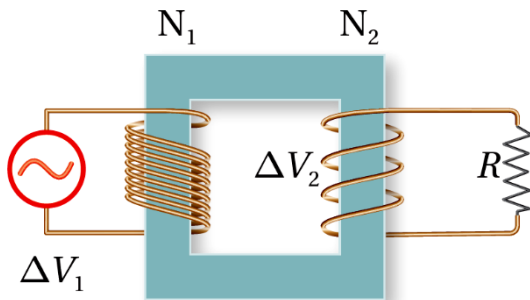
وضّح كيف تنتقل الطاقة الكهربائيّة بين ملفّي المحوّل.

تنتقل الطاقة من الملف الابتدائي للمحوّل إلى ملفّه الثانوي كما يأتي: يولّد مصدر فرق الجهد المتردد المتصل بالملف الابتدائي تياراً كهربائياً متردداً، فيتولّد مجال مغناطيسي متغيّر مع الزمن داخل الملف، ما يؤدي إلى تغيّر في التدفق المغناطيسي فيه. ويعمل القلب الحديدي على زيادة المجال المغناطيسي داخله، وتدفّق أكبر عدد ممكن من خطوط المجال المغناطيسي المتغير مع الزمن إلى الملف الثانوي، فيتولّد قوة دافعة حثيّة (فرق جهد كهربائي) في الملف الثانوي تؤدي الى سريان تيار كهربائي حثي فيه. وفي المحوّل المثالي تكون القدرة الداخلة في الملف الابتدائي مساوية للقدرة الناتجة عن الملف الثانوي.

هل يعمل المحوّل الكهربائي وصل الملف الابتدائي بمصدر تيار مستمر؟

لا. لأن عمل المحوّل يعتمد على التغيّر في التدفق المغناطيسي في الملف الابتدائي مع الزمن والذي ينتج عن تيار كهربائي متردد وليس تيار كهربائي مستمر.

مثال 9: كتاب



محول خافض للجهد
يتصل ملفه الثانوي بمقاومة.

محول كهربائي مثالي خافض للجهد يتصل ملفه الابتدائي بمصدر فرق جهد (240V) ويتصل ملفه الثانوي بمصباح كهربائي مقاومته (2Ω) وعدد لفات الملف الابتدائي (1200) لفة، ولفات الملف الثانوي (30) لفة؟
أ. أحسب فرق الجهد بين طرفي الملف الثانوي.
ب. أحسب التيار في الملف الابتدائي.

المعطيات: $\Delta V_1 = 240 \text{ V}$, $R = 2 \Omega$, $N_1 = 1200$, $N_2 = 30$
المطلوب:

$$\Delta V_2 = ?, I_1 = ?$$

الحل:

أ. فرق الجهد بين طرفي الملف الثانوي:

$$\frac{\Delta V_2}{N_2} = \frac{\Delta V_1}{N_1}$$

$$\frac{\Delta V_2}{30} = \frac{240}{1200}$$

$$\Delta V_2 = 6 \text{ V}$$

ب. التيار الكهربائي المار في الملف الابتدائي:

$$I_2 = \frac{\Delta V_2}{R} = \frac{6}{2} = 3 \text{ A}$$

$$I_1 \Delta V_1 = I_2 \Delta V_2$$

$$I_1 \times 240 = 3 \times 6$$

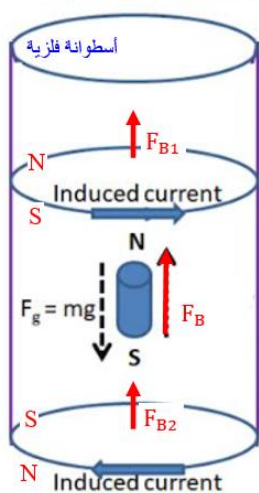
$$I_1 = \frac{18}{240} = 0.075 \text{ A}$$

أسئلة مراجعة الرس الأول

1. **الفكرة الرئيسية:** ما المقصود بالتدفق المغناطيسي؟ ومتى يتولد تيار كهربائي حثي وقوة دافعة كهربائية حثية في دائرة كهربائية؟

التدفق المغناطيسي يعبر عنه رياضياً بأنه ناتج الضرب القياسي لمتجه المجال المغناطيسي (B) ومتجه المساحة (A)، أو عدد الخطوط التي تعبر وحدة المساحة بشكل عمودي عليها. عندما يحدث تغير في التدفق المغناطيسي الذي يخترق ملف يتولد فرق في الجهد الكهربائي ينتج عنه قوة دافعة كهربائية حثية تظهر بين طرفيه، إذا تم غلق الدارة الكهربائية (وصل الطرفين معا أو وصلهما مع مقاومة خارجية)، يتولد تيار حثي.

2. **أحلل وأستنتج:** يستخدم النيوديميوم لصنع مغناط قوية. لدي قطعتا نيوديميوم متماثلتان، إحداها ممغنطة والأخرى غير ممغنطة، وأنبوب نحاسي طوله (l). عندما أمسك بالقطعة الممغنطة على ارتفاع معين فوق الأنبوب النحاسي، ثم أسقطها بداخله فإنها تستغرق زمناً (t) لتخرج من فوهته المقابلة. إذا أسقطت قطعة النيوديميوم غير الممغنطة خلال الأنبوب نفسه من الارتفاع نفسه، فهل تستغرق زمناً أكبر من الزمن (t) أم أقل منه لتخرج من فوهته المقابلة؟ أفسر إجابتي.



عند سقوط قطعة النيوديميوم الممغنطة داخل الأنبوب النحاسي فإنها تنشئ أمامها باتجاه سقوطها تغيراً في التدفق المغناطيسي يؤثر على أسفل الأنبوب مكوناً تيار حثي ينتج عنه مجالاً مغناطيسياً مشابهاً لقطب المغناطيس المسبب فينتج قوة تنافر تعيق حركته للأسفل، وكذلك تنشئ خلفها مجالاً مغناطيسياً معاكساً لقطب المغناطيس المسبب فينتج قوة تجاذب تعيق حركته للأسفل. القوتان تعملان معاً بنفس الاتجاه للأعلى على إعاقة حركة القطعة الممغنطة للأسفل ويتأخر خروجها من فوهة الأنبوب. والشكل المجاور يوضح ما سبق، حيث:

$$F_B = F_{B1} + F_{B2}$$

$$mg - F_B = ma$$

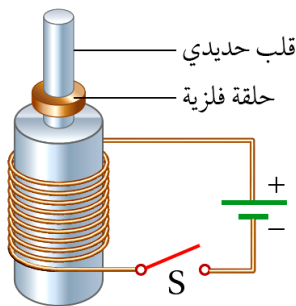
$$a = \frac{mg - F_B}{m}$$

وعند سقوط القطعة غير الممغنطة، فإنها تسقط سقوط حر وتكتسب تسارع الجاذبية:

$$mg = ma$$

$$a = g$$

وبذلك يكون سقوط القطعة الغير ممغنطة لتخرج من فوهة الأنبوب أسرع من القطعة الممغنطة.



3. **أحلل وأستنتج:** ملف لولبي ملفوف على قلب حديدي، وفوقه حلقة فلزية حرة الحركة، كما هو موضح في الشكل المجاور. عند إغلاق المفتاح (S) تقفز الحلقة الفلزية إلى أعلى. أفسر هذا السلوك للحلقة.

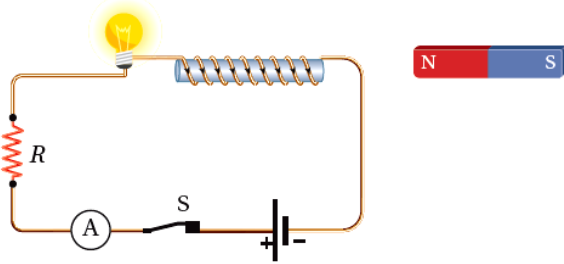
عند غلق المفتاح يُنتج التيار المتردد بعكس اتجاه عقارب الساعة في الملف اللولبي مجالاً مغناطيسياً حول الملف، ويخلق التغير في التدفق المغناطيسي قوة دافعة كهربية تتناسب طردياً مع المعدل الزمني للتغير في التدفق المغناطيسي في الحلقة الفلزية حسب قانون فارادي. تحفز القوة الدافعة الكهربية هذه تياراً في الحلقة يسري فيها بالاتجاه المعاكس للتيار المار عبر الملف اللولبي حسب قانون لينز الذي ينص على أن التيار المستحث سيتدفق دائماً في الاتجاه المعاكس للتيار الذي أنتجه. بعبارة أخرى، تولد القوة الدافعة الكهربية التي يسببها الملف اللولبي تياراً في الحلقة يتدفق في الاتجاه المعاكس لتيار الملف اللولبي. وكنيجة للتيارين المتعاكسان يتولد مجالان مغناطيسيان متعاكسان، الأول ناتج عن تيار الملف بعكس عقارب الساعة يولد مجالاً مغناطيسياً متجهاً للأعلى، والثاني تيار الحلقة الحثي مع عقارب الساعة الذي يولد مجالاً مغناطيسياً للأسفل، ولأن المجالين متعاكسان ينشأ بينهما قوة تنافر تتغلب على وزن الحلقة، وهو ما يتسبب في طرد الحلقة الفلزية بعيداً عن الملف اللولبي.

ملاحظة: 1. الحلقة الفلزية مثل النحاس والألمنيوم (موصله للتيار وغير قابله للتمغنط)

في السؤال السابق إذا عكسنا أقطاب البطارية، تصبح القوة المؤثرة في الحلقة الفلزية ؟
أ. للأعلى ب. للأسفل ج. صفر د. لا يمكن التحديد

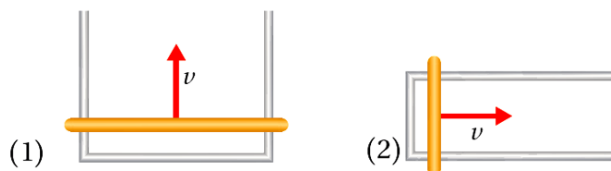
الجواب الصحيح : أ

4. **أتوقع:** يوضّح الشكل المجاور دائرة كهربائية مغلقة. أتوقع ما يحدث لإضاءة المصباح في أثناء:
- أ. تقريب القطب الشمالي للمغناطيس من المحث.
 - ب. تقريب القطب الجنوبي للمغناطيس من المحث.



أ. عند تقريب القطب الشمالي للمغناطيس من المحث يتكون فيه تيار حثي بنفس اتجاه التيار الأصلي (تيار البطارية) فتزداد إضاءة المصباح، لأنه في أثناء تقريب القطب الشمالي للمغناطيس من المحث يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترقه فيتولد فيه تيار كهربائي حثي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يجعل طرف المحث القريب من المغناطيس قطباً شمالياً لمقاومة الزيادة في التدفق المغناطيسي، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى أجد أن اتجاه التيار الكهربائي الحثي في المحث يكون باتجاه التيار الأصلي المار فيه، فتزداد شدة إضاءة المصباح.

ب. عند تقريب القطب الجنوبي للمغناطيس من المحث يتكون فيه تيار حثي بعكس اتجاه التيار الأصلي فتقل إضاءة المصباح. لأنه في أثناء تقريب القطب الجنوبي للمغناطيس من المحث يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترقه فيتولد فيه تيار حثي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يجعل طرف المحث القريب من المغناطيس قطباً جنوبياً لمقاومة الزيادة في التدفق المغناطيسي، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى أجد أن اتجاه التيار الكهربائي الحثي في المحث يكون بعكس اتجاه التيار الكهربائي الأصلي المار فيه، فتقل شدة إضاءة المصباح.



5. **أحل وأستنتج:** يبين الشكل المجاور دارتين موضوعتين في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (B) ، الموصل المستقيم في الدارة (1) طوله (2ℓ) وفي الدارة (2) طوله (ℓ) . الموصلان المستقيمان تحركا بمقدار السرعة نفسها (v) ، فتولد في الدارة (1) تيار كهربائي حثي باتجاه حركة عقارب الساعة. أجب عما يأتي:

- أ. ما اتجاه المجال المغناطيسي (B) ؟
- ب. ما اتجاه التيار الكهربائي الحثي في الدارة (2) ؟
- ج. هل مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الدارة (1)، أكبر أم أقل أم مساوياً لمقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الدارة (2) ؟ أفسر إجابتي.

أ. اتجاه المجال المغناطيسي (B) :

نتيجة لحركة الموصل إلى أعلى يزداد التدفق المغناطيسي عبر الدارة التي يُعدّ الموصل جزءاً منها، فيتولد في الدارة قوة دافعة كهربائية حثية تؤدي إلى سريان تيار كهربائي حثي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يعاكس المجال المغناطيسي (B) كي يُقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي. وبما أن التيار المتولد في الدارة باتجاه حركة عقارب الساعة فإن المجال المغناطيسي الناتج عنه يكون باتجاه $(-Z)$ لذلك يكون المجال (B) باتجاه $(+Z)$.

اتجاه التيار الكهربائي الحثي في الدارة (2):

يكون اتجاه التيار الكهربائي الحثي في الدارة (2) باتجاه حركة عقارب الساعة؛ لكي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يُعكس المجال المغناطيسي الأصلي ويقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي.

ج.

$$\varepsilon = B\ell v$$

$$\varepsilon_1 = B(2\ell)v$$

$$\varepsilon_2 = B\ell v$$

اذن تكون القوة الدافعة الحثية في الدارة (1) أكبر من القوة الدافعة الحثية في الدارة (2).

6. **أحسب:** محثّ معامل حثّه الذاتي ($4.0 \times 10^{-4} \text{ H}$) ، موصول بدارة كهربائية. إذا تغيّر مقدار التيار الكهربائيّ المارّ فيها من (0.0 A) إلى (8.0 A) خلال (0.10 s) ، أحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتوسطة المتولّدة في المحثّ.

$$\begin{aligned}\bar{\varepsilon} &= -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L \frac{(I_f - I_i)}{\Delta t} \\ &= -4.0 \times 10^{-4} \times \frac{(8.0 - 0.0)}{0.10} \\ &= 3.2 \times 10^{-2} \text{ V}\end{aligned}$$

7. **أستخدم المتغيّرات:** يُستخدم في شبكات توزيع الكهرباء محوّل خافض للجهد، عدد لفات ملفّه الابتدائي (6900) والثانوي (600)، فما مقدار فرق الجهد بين طرفي ملفّه الثانوي، إذا كان فرق الجهد بين طرفي الملف الابتدائي (230 kV) ؟

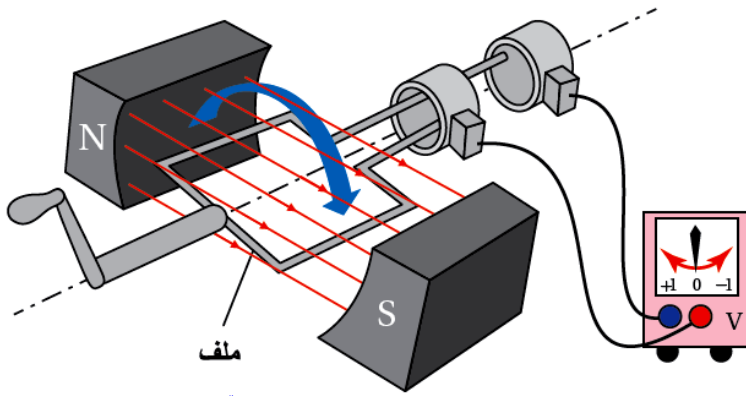
$$\begin{aligned}\frac{\Delta V_2}{N_2} &= \frac{\Delta V_1}{N_1} \\ \frac{\Delta V_2}{600} &= \frac{230 \times 10^3}{6900} \\ \Delta V_2 &= 20000 \text{ V} = 20 \text{ kV}\end{aligned}$$

الدرس الثاني: دارات التيار الكهربائي المتردد Alternating Electric Current

التيار الكهربائي المتردد

التيار الكهربائي المتردد: تيار يسري في دائرة كهربائية مغلقة يتغير مقداره واتجاهه بالنسبة إلى الزمن وفقاً لعلاقة جيبية.

كيف يمكن الحصول على تيار كهربائي متردد؟



مولد كهربائي
يتصل طرفا ملفه بفولتميتر.

نحصل على التيار المتردد من المولد الكهربائي الذي يتكوّن في أبسط أشكاله من ملفّ أحاديّ مصنوع من سلك فلزيّ معزول، يدور داخل مجال مغناطيسي. وعندما يدور الملف تتغير الزاوية المحصورة بين متجه مساحته واتجاه المجال المغناطيسي، ما يؤدي إلى تغيير في التدفق المغناطيسيّ خلال الملف، فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية بين طرفيه الموصولين بفولتميتر، كما هو موضح في الشكل المجاور.

ماذا يحدث لقراءة الفولتميتر في الشكل السابق عند دوران ملف المولد الكهربائي؟

عند دوران الملفّ يتذبذب مؤشر الفولتميتر يميناً ويساراً على جانبي الصفر، ما يعني أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف تتغير مقدارها واتجاهها باستمرار، فيكون أحد طرفي الملف موجباً، والآخر سالباً خلال نصف الدورة الأولى، ثم تتعكس قطبيته خلال النصف الثاني من الدورة.

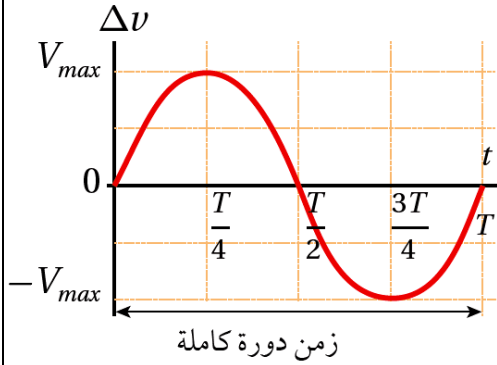
فرق الجهد الكهربائي المتردد

فرق الجهد الكهربائي المتردد: فرق جهد يتغير مقداره واتجاهه بالنسبة إلى الزمن وفقاً لعلاقة جيبية.

كيف يمكن الحصول على جهد كهربائي متردد؟

عند توصيل طرفي المولد الكهربائي بجهاز راسم الموجات وتدوير ملفه بتردد زاوي ثابت، يظهر على شاشة راسم الموجات شكل اقتران جيبّي، أستنتج منه أنّ مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة يتغير بالنسبة إلى الزمن باستمرار، وأنّ اتجاهها يتغير كل نصف دورة. في أثناء دوران الملف في المجال المغناطيسي تتغير الزاوية بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة، ما يجعل التدفق المغناطيسي عبر الملف يتغير باستمرار. وبتطبيق قانون فارادي في الحث على الملف في أثناء دورانه، أجد أنّ القوة الدافعة الكهربائية الحثية تتغير وفقاً لعلاقة جيبية، لذا، فإنّ فرق الجهد بين طرفي الملف يتغير مع الزمن، ويُسمّى فرق جهد متردد. يُعبّر عنه بالعلاقة:

$$\Delta v = V_{max} \sin \omega t$$



حيث: السعة (V_{max}): هي القيمة العظمى لفرق الجهد.
و (ω): التردد الزاوي.
و (t): الزمن اللحظي.

ومن الشكل المجاور الذي يمثل فرق الجهد المتردد بين طرفي الملف مع الزمن خلال دورة كاملة (T).

تغير فرق الجهد المتردد بين طرفي الملف مع الزمن وفقاً لاقتران جيبّي.

حيث (T): زمن دورة كاملة . ومعكوسها التردد (f)

$$f = \frac{1}{T} \quad , \quad \text{Hz (هيرتز)}$$

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad , \quad \text{rad/s}$$

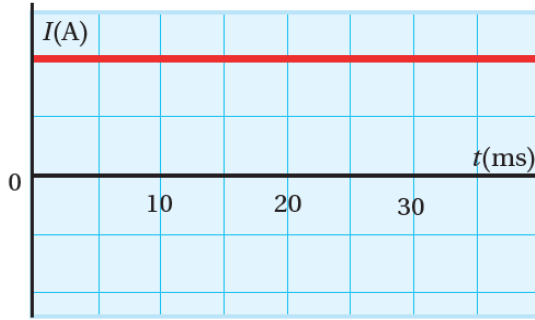
على ماذا يعتمد فرق الجهد اللحظي الناتج من مولد متردد؟
يعتمد على:

1. مقدار المجال المغناطيسي.
2. مساحة مقطع الملف.
3. عدد لفات الملف.
4. على التردد الزاوي.

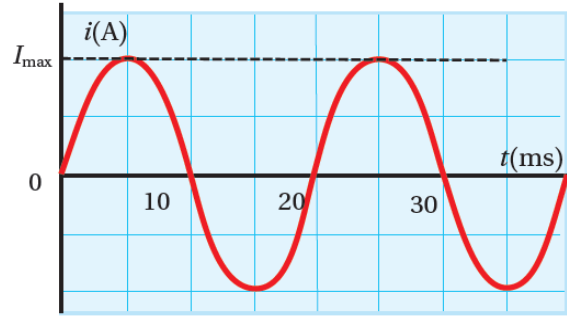
لماذا لا ألاحظ تغير سطوع إضاءة مصباح كهربائي مع الزمن، عندما يعمل باستخدام تيار متردد؟
يتغير سطوع إضاءة المصباح بتردد التيار نفسه، أي 50 مرة في الثانية، بينما عين الإنسان لا يمكنها ملاحظة الأحداث التي تدوم أقل من (0.06 s) ، لذلك نرى إضاءة المصباح ثابتة السطوع.

المقارنة بين التيار الكهربائي المتردد (AC) والتيار الكهربائي المستمر (المباشر) (DC)

1. من حيث المصدر :
المستمر: تزودنا البطاريات بمختلف أنواعها بتيار كهربائي مستمر (DC).
المتردد: يزودنا المولد الكهربائي بتيار متردد (AC).
2. من حيث المقدار والاتجاه:
المستمر: ثابت في المقدار وفي الاتجاه.
المتردد: مقدار التيار المتردد يتغير باستمرار مع الزمن، ويتغير أيضاً اتجاه سريانه (اتجاهه) كل نصف دورة ؛ بسبب تغير اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المسيبة له.
3. من حيث الاستخدام :
المستمر: تزود شركات الكهرباء المنازل والمباني بالطاقة الكهربائية على شكل تيار متردد، ونحصل على التيار المتردد من المقابس الكهربائية في المنازل مثلاً، ولما كان كثير من الأجهزة الكهربائية، مثل الحاسوب والتلفاز والهاتف يعمل بالتيار المستمر، فإنها تكون مزودة بدارة إلكترونية لتحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر.
المتردد: هناك أجهزة تعمل مباشرة على التيار المتردد ، كالغسالة والمدفأة.



(ب): علاقة التيار المستمر بالزمن.



(أ): علاقة التيار المتردد بالزمن.

مقارنة بين التيار المتردد والتيار المستمر من حيث المقدار والاتجاه.

ما مقدار التردد في الشكل السابق (أ) و (ب) ؟

في (أ) يكون زمن الدورة الواحدة (T) يساوي (20ms) وتحسب (f) كما يلي:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \times 10^{-3}} = 50 \text{ Hz}$$

في (ب) ، لا يوجد تغير مع الزمن ويكون التردد يساوي صفر.

مثال 10: كتاب

يُزودنا مولّد كهربائي بفرق جهد متردد، قيمته العظمى تساوي (310V) وتردّده (50 Hz) أكتب معادلة فرق الجهد المتردد، ثم أجد مقدار فرق الجهد وتردّده عند اللحظة ($t = \frac{1}{600}$ s).

المُعطيات : $V_{max} = 310 \text{ V}, f = 50 \text{ Hz}, t = \frac{1}{600} \text{ s}$
المطلوب : $\Delta v = ?$

الحل:تحسب قيمة (ω) باستخدام العلاقة:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 100\pi \text{ rad/s}$$

ثم تكتب معادلة فرق الجهد:

$$\Delta v = V_{max} \sin \omega t = 310 \sin 100\pi t$$

مقدار فرق الجهد وتردّده عند اللحظة ($t = \frac{1}{600}$ s):

$$\Delta v = 310 \sin 100 \pi t = 310 \sin (100 \pi \frac{1}{600}) = 155 \text{ V}$$

دارات التيار الكهربائي المتردد البسيطة Simple AC Circuits**مقاومة في دارة تيار كهربائي متردد**

في الشكل المجاور دارة بسيطة تتكون من مصدر جهد متردد (AC) ومقاومة، وبتطبيق قاعدة كيرشوف الثانية، فإن المجموع الجبري للتغيرات في الجهود في الدارة المغلقة عند أي لحظة زمنية يساوي صفراً، ومنه نتوصل إلى أن فرق الجهد بين طرفي المقاومة يساوي فرق الجهد للمصدر ويُعبّر عنه بالعلاقة:

$$\Delta v_R = \Delta v = V_{max} \sin \omega t$$

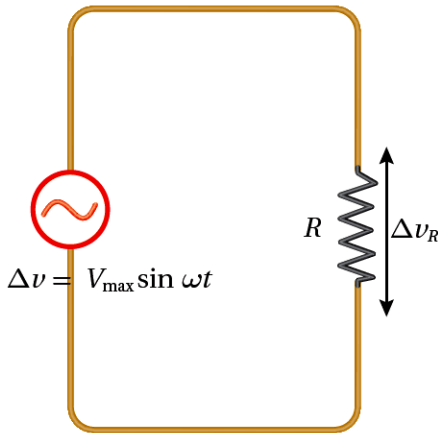
(Δv_R): فرق الجهد بين طرفي المقاومة عند لحظة ما.

$$i = \frac{\Delta v}{R} \rightarrow i_R = \frac{\Delta v_R}{R} \rightarrow I_{max} = \frac{V_{max}}{R}$$

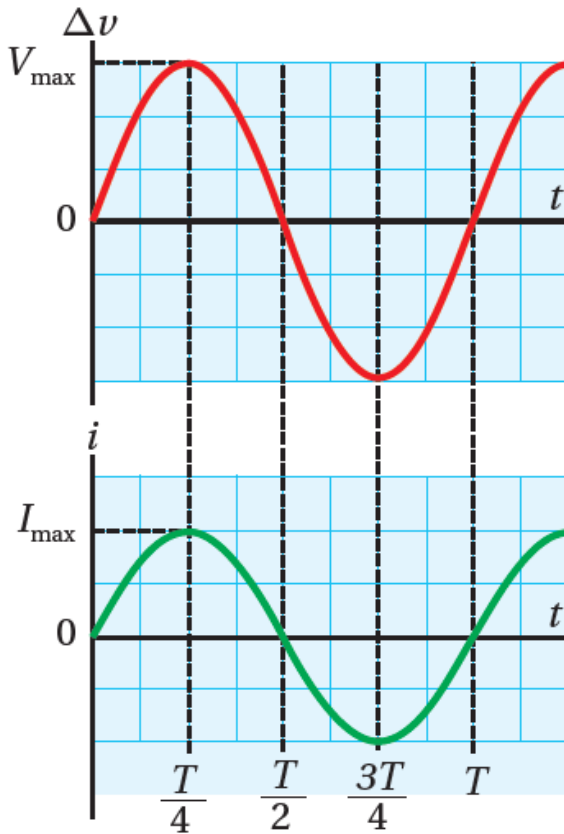
(i) : التيار المتردد في أي لحظة.

(I_{max}) : القيمة العظمى للتيار محسوبة عند الجهد الأعظم.وبذلك يكون التيار في أي لحظة (i) بالنسبة للتيار الأعظم (I_{max}) كما في العلاقة التالية:

$$i = I_{max} \sin \omega t$$



دارة تيار متردد تحتوي
على مقاومة فقط.



تغيّر كلّ من فرق
الجهد والتيار بالنسبة إلى الزمن في
دائرة تيار متردد تحتوي مقاومة فقط.

والشكل المجاور يوضح الجهد (v) وما يقابله من تيار (i) في أي لحظة زمنية (t) التي تظهر على جهاز راسم الإشارة (الذبذبات) :

ما الفرق بين القيمة التي يقيسها الفولتميتر والقيمة الحقيقية للجهد والتيار المتردد التي تظهر على راسم الإشارة؟

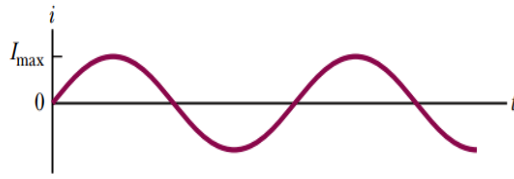
الأميتر والفولتميتر المستخدم لقياس التيار وفرق الجهد يقرأ القيمة الفعالة لفرق الجهد والتيار (V_{rms}) و (I_{rms})، في حين يُستخدم جهاز راسم الذبذبات للحصول على القيمة اللحظية الحقيقية، كما في منحنى (فرق الجهد المتردد - الزمن) و (التيار المتردد - الزمن).

القيمة الفعالة لفرق الجهد المتردد (V_{rms}) : ناتج قسمة القيمة العظمى لفرق الجهد على ($\sqrt{2}$).

$$V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} = 0.71 V_{max}$$

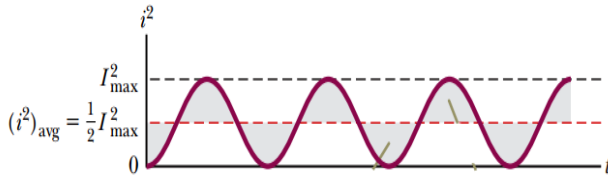
القيمة الفعالة للتيار المتردد (I_{rms}) : ناتج قسمة القيمة العظمى للتيار المتردد على ($\sqrt{2}$).

$$I_{rms} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0.71 I_{max}$$



ماذا تعني القيمة الفعالة (rms) لقيمة التيار؟

هو قيمة التيار المستمر (I) الذي يمروره بمقاومة معينه (R) يحدث نفس الأثر الحراري (القدرة) (P) للتيار المتردد الذي يمر بنفس المقاومة ونفس الزمن .



فعند اخذ مربع التيار المتردد للتخلص من القيمة السالبة فيصبح شكل الموجه كما في الشكل المجاور ثم اخذ متوسطها (avg) الذي يحسب كما يلي :

$$i^2_{avg} = \frac{1}{2} I^2_{max}$$

$$I_{rms} = \sqrt{i^2_{avg}} = \sqrt{\frac{1}{2} I^2_{max}} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0.71 I_{max}$$

$$V_{rms} = \sqrt{v^2_{avg}} = \sqrt{\frac{1}{2} V^2_{max}} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} = 0.71 V_{max}$$

(I_{rms}) القيمة الفعالة للتيار المتردد : وتعني الجذر التربيعي للقيمة المتوسطة لمربع التيار وتساوي ناتج قسمة القيمة العظمى للتيار المتردد على ($\sqrt{2}$).
(V_{rms}) القيمة الفعالة للجهد المتردد : وتعني الجذر التربيعي للقيمة المتوسطة لمربع الجهد وتساوي ناتج قسمة القيمة العظمى للجهد المتردد على ($\sqrt{2}$).

القدرة المستهلكة في المقاومة

تستخدم القيمة الفعالة (المكافئة) للتيار المتردد لحساب القدرة المتوسطة لنتيجة من سريان التيار المتردد في مقاومة كما يلي :

$$\bar{P} = I^2_{rms} R$$

أي إن القدرة المتوسطة المستهلكة في مقاومة عند سريان تيار متردد فيها، هي القدرة المستهلكة نفسها الناتجة عن سريان تيار ثابت في المقاومة نفسها.

كيف يمكن حساب القدرة الكهربائية التي تستهلكها مقاومة كهربائية عندما تعمل بتيار متردد، ومقارنتها بقدرتها في حالة عملها بالتيار المستمر؟

القدرة الكهربائية المستهلكة في مقاومة عندما يسري فيها تيار متردد تساوي حاصل ضرب مربع القيمة الفعالة للتيار المتردد في مقدار المقاومة، أما عندما يسري فيها تيار مستمر، فإن القدرة تساوي حاصل ضرب مربع التيار المستمر في مقدار المقاومة.

مثال 11: كتاب

جهاز كهربائي مقاومته (65Ω) ، وُصل بمصدر فرق جهد متردد، إذا علمت أن القيمة العظمى لفرق الجهد المتردد بين طرفيه (325 V) ، وتردده (60 Hz) ، أحدد:

- أ. الزمن الدوري لفرق الجهد المتردد.
 ب. القيمة العظمى للتيار المتردد الذي يسري في الجهاز.
 ج. الاقتران الذي يعبر عن التيار المتردد بدلالة الزمن (t).
 المُعطيات : $V_{max} = 325 \text{ V}, f = 60.0 \text{ Hz}, R = 65 \Omega$
 المطلوب : $T = ?, I_{max} = ?, i_R = ?$

الحل:1. الزمن الدوري (T):

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{60} = 0.017 \text{ s} = 17 \text{ ms}$$

2. القيمة العظمى للتيار المتردد (I_{max}):

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{R} = \frac{325}{65} = 5 \text{ A}$$

3. اقتران التيار المتردد :

$$\begin{aligned} \omega &= 2\pi f = 2\pi \times 60 = 120 \pi \\ i_R &= I_{max} \sin(\omega t) \\ &= 5 \sin(120 \pi t) \end{aligned}$$

مثال 12: كتاب

القيمة العظمى لمصدر فرق الجهد المتردد في دائرة كهربائية (56 V) والقيمة العظمى للتيار المتردد (2.8 A) احسب القيمتين الفعالتين (I_{rms}, V_{rms}) للجهد والتيار في الدارة، وما المقدار المتوقع لمقاومة الدارة ؟

المُعطيات:

$$I_{max} = 2.8 \text{ A}, V_{max} = 56 \text{ V}$$

المطلوب:

$$I_{rms} = ?, V_{rms} = ?, R = ?$$

الحل:

$$V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} = 0.71 V_{max} = 0.71 \times 56 \approx 40 \text{ V}$$

$$I_{rms} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0.71 I_{max} = 0.71 \times 2.8 \approx 2 \text{ A}$$

$$R = \frac{V_{max}}{I_{max}} = \frac{56}{2.8} = 20 \Omega \quad \text{or} \quad (R = \frac{V_{rms}}{I_{rms}} = \frac{40}{2} = 20 \Omega)$$

مثال 13: كتاب

مدفأة كهربائية مقاومتها (40Ω)، تعمل على فرق جهد متردد بوحدة الفولت مُعَبَّر عنه بالعلاقة: ($310 \sin \omega t$) حيث (t) بوحدة الثانية، أحسب:
 أ. مقدار القيمة الفعالة للتيار الذي يسري في المدفأة.
 ب. القدرة الكهربائية المتوسطة المستهلكة في مقاومة المدفأة.

المُعطيات : $R = 40 \Omega$, $\Delta v = 310 \sin \omega t$

المطلوب : $I_{rms} = ?$, $P = ?$

الحل:

أجد أن:

أ. مقارنةً بالمعادلة ($\Delta v = V_{max} \sin \omega t$) أجد أن:

$$V_{max} = 310 \text{ V}$$

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{R} = \frac{310}{40} = 7.75 \text{ A}$$

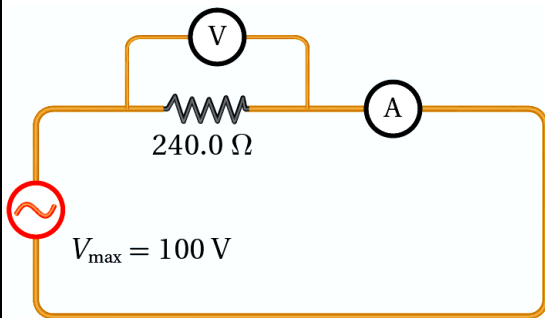
$$I_{rms} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0.71 I_{max} = 0.71 \times 7.75 \approx 5.5 \text{ A}$$

ب. القدرة الكهربائية المتوسطة (\bar{P})

$$\bar{P} = I_{rms}^2 R = (5.5)^2 \times 40 = 1210 \text{ W}$$

تمرين 4: كتاب

يبين الشكل المجاور دائرة كهربائية تتكوّن من مقاومة مقدارها (240.0Ω)، وصلت بمصدر فرق جهد متردد، حيث القيمة العظمى لفرق الجهد بين طرفيه (100 V). أستخدم أميتر وفولتميتر مثاليين لقياس التيار وفرق الجهد بين طرفي المقاومة. أحسب قراءة كلّ من الأميتر والفولتميتر.



المُعطيات : $R = 240 \Omega$, $V_{max} = 100 \text{ V}$

المطلوب : $V_{rms} = ?$, $I_{rms} = ?$

الحل:

$$V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} = 0.71 V_{max} = 0.71 \times 100 = 71 \text{ V}$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{71}{240} \approx 0.3 \text{ A}$$

المعاوقة Reactance

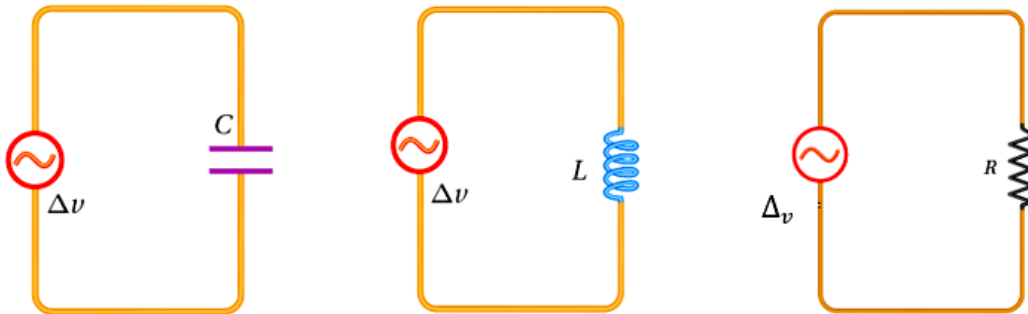
المعاوقة: هي الممانعة التي تبديها عناصر الدارة (محثّ أو مواسع) لمرور التيار الكهربائي فيها. ويرمز إلى المعاوقة بالرمز (X) وتُقاس بوحدة قياس المقاومة نفسها، وهي الأوم .

المعاوقة المحثّية: المقاومة الكهربائية التي يواجهها التيار المتردد عند مروره بين طرفي محثّ، وتساوي حاصل ضرب محاثّة المحثّ في التردد الزاويّ لفرق الجهد.

$$X_L = \omega L$$

المعاوقة المواسعية: المقاومة الكهربائية التي يواجهها التيار المتردد عند مروره بين طرفي مواسع، وتساوي مقلوب حاصل ضرب المواسعة في التردد الزاويّ لفرق الجهد.

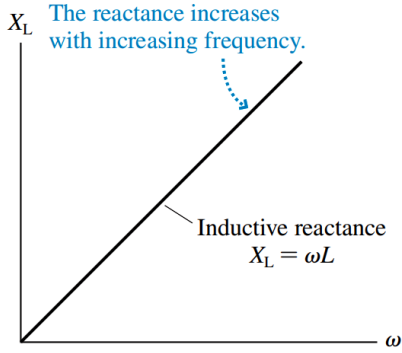
$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$



(أ) دارة مقاومة ومصدر فرق جهد متردد (ب) دارة محثّ ومصدر فرق جهد متردد (ج) دارة مواسع ومصدر فرق جهد متردد

عناصر الدارة	المقاومة/ المعاوقة	I_{\max}	I_{rms}
مقاومة	R	$I_{\max} = \frac{V_{\max}}{R}$	$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{R}$
محثّ	$X_L = \omega L$	$I_{\max} = \frac{V_{\max}}{X_L}$	$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{X_L}$
مواسع	$X_C = \frac{1}{\omega C}$	$I_{\max} = \frac{V_{\max}}{X_C}$	$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{X_C}$

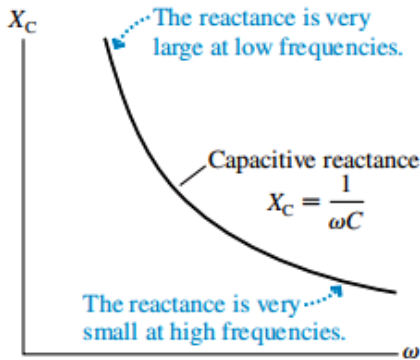
والشكل في الأعلى يبين توصيل مقاومة ومحثّ ومواسع في دارة جهد متردد ، والجدول بين الفرق في العلاقات الرياضية الخاصة في كل عنصر من الدوائر الثلاث .



على ماذا تعتمد الممانعة التي يبديها المحث لمرور التيار الكهربائي المتردد؟

تعتمد معاوقة محث على :

1. المواصفات الهندسية للمحث. أي مقدار المحاثية (L) .
 2. تردد المصدر، حيث تزداد معاوقة محث محاثته (L) بزيادة (ω) .
- والشكل المجاور يمثل العلاقة بين المعاوقة الحثية (X_L) والتردد الزاوي (ω) .



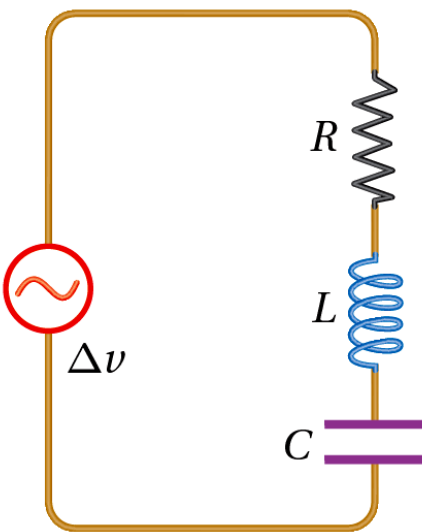
على ماذا تعتمد الممانعة التي يبديها المواسع (المكثف) لمرور التيار الكهربائي المتردد؟

تعتمد معاوقة المواسع على :

1. المواصفات الهندسية للمواسع. أي مقدار المواسعة (C) .
 2. تردد المصدر، حيث تقل معاوقة مواسع سعته (C) بزيادة (ω) .
- والشكل المجاور يمثل العلاقة بين المعاوقة المواسعية (X_C) والتردد الزاوي (ω) .

مقاومة ومحث ومواسع (RLC) على التوالي في دائرة تيار كهربائي متردد

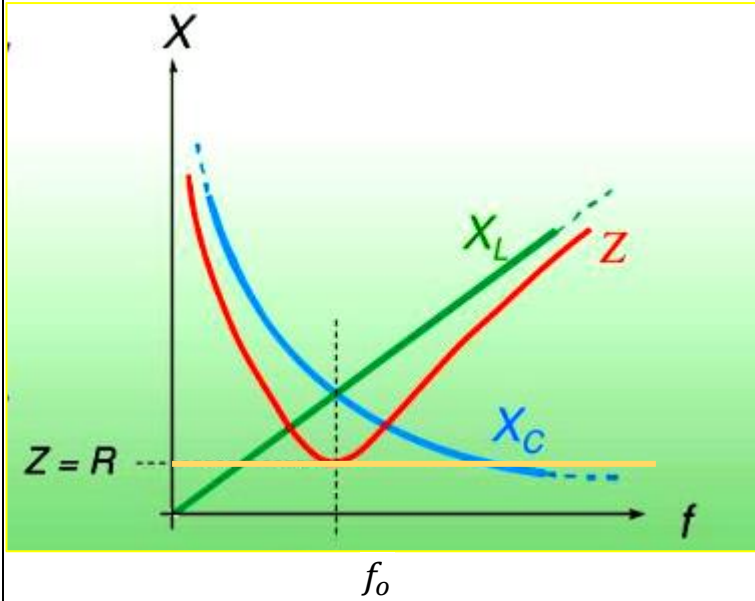
في الشكل المجاور مقاومة (R) ومحث (L) ومواسع (C) موصولة جميعها على التوالي بمصدر فرق جهد متردد، وتحسب الممانعة الكلية (Z) للعناصر الثلاث كما يلي:



$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z}$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$



متى يمكن أن تصبح الممانعة الحثية للملف مساوية للممانعة المواسعية للمكثف عندما تتصل جميعها بمصدر الجهد المتردد نفسه؟
بما أن الممانعة الحثية تزداد بزيادة (ω) ، والممانعة المواسعية تقل بزيادة (ω) ، فيكون هناك نقطة تلتقي فيها الممانعتين عند تردد معين، انظر الرسم البياني المجاور:
ملاحظة: زيادة (ω) تعني زيادة (f) لأن العلاقة التي تربطهما هي $(\omega = 2\pi f)$

من الشكل لاحظ :

1. قيمة (X_L) تزداد بزيادة التردد (f)
2. قيمة (X_C) تقل بزيادة التردد (f) .
3. قيمة (R) ثابتة لا تتغير.
4. عند زيادة (X_L) ونقصان (X_C) تلتقي القيمتين عند نقطة محددة تتساوى فيها القيمتين $(X_L = X_C)$ عند تردد معين يسمى **تردد الرنين**.
5. عند تردد الرنين تصبح الممانعة الكلية (Z) في دائرة الـ (RLC) أقل ما يمكن وتساوي (R) . وإذا كانت الدارة مكونة من (LC) فقط تصبح الممانعة الكلية (Z) مساوية للصفر.

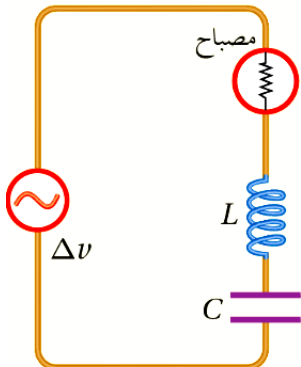
تردد الرنين Resonance Frequency: تردد مصدر فرق الجهد في دائرة (RLC) ، الذي يحدث عنده الرنين، وتكون قيمة التيار الفعال أكبر ما يمكن.
اذن عند تردد الرنين (ω_0) يمكن إعادة كتابة معادلة (Z) كما يلي:

$$1. X_L = X_C \rightarrow X_L - X_C = 0 \rightarrow I_{rms} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2}} = \frac{V_{rms}}{R}$$

$$2. X_L = X_C \rightarrow \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} \rightarrow \omega_0 L \times \omega_0 C = 1 \rightarrow \omega_0^2 LC = 1 \rightarrow \omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

ويحدد مقدار تردد الرنين للمصدر بناءً على التردد الطبيعي للدائرة الذي يعتمد على قيمة كلٍّ من مواسعة المواسع ومحاثة المحث.



في الدارة المبينة في الشكل المجاور، ما الشرط اللازم توافره كي يضيء المصباح بأقصى شدة ممكنة؟

يحدث ذلك عندما تصبح الممانعة الكلية (Z) للدائرة مساوية لمقاومة المصباح وهذا يتحقق عندما تصبح معاوقة المحث مساوية لمعاوقة المواسع عند تردد معين هو تردد الرنين.

$$X_L = X_C \rightarrow \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}$$

ما مقدار معاوقة كلٍّ من المحث والموسع عندما يكون تردد التيار الكهربائي صغيرًا جدًا، وعندما يكون تردده كبيرًا جدًا؟

في (المحث): ($X_L = \omega L$) فعندما يكون تردد التيار الكهربائي صغيرًا جدًا (أو صفر) تكون (X_L) صغيرة جدًا (أو تساوي صفر) تناسب طردي.
وعندما يكون تردد التيار الكهربائي كبير جدًا تكون (X_L) كبيرة جدًا.
(أو تؤول إلى اللانهاية). تناسب طردي.

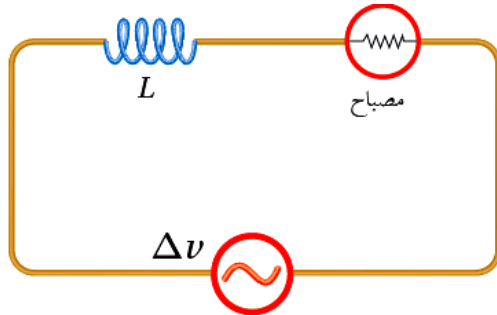
في (الموسع): ($X_C = \frac{1}{\omega C}$) فعندما يكون تردد التيار الكهربائي صغيرًا جدًا (أو صفر) تكون (X_C) كبيرة جدًا. (أو تؤول إلى اللانهاية). تناسب عكسي.
وعندما يكون تردد التيار الكهربائي كبير جدًا تكون (X_C) صغيرة جدًا.
(أو تساوي صفر) تناسب عكسي.

صف اتجاه المجال المغناطيسي الذي يولده مرور تيار متردد في محث، وأقارنه بالمجال الذي يولده مرور تيار مستمر فيه؟

ينشأ عن مرور تيار كهربائي متردد في محث مجال مغناطيسي متردد؛ أي يتغير مقداره واتجاهه بتردد يساوي تردد التيار، فيتحول القطب الشمالي إلى جنوبي والعكس كل نصف دورة، بينما يكون المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار مستمر ثابت في المقدار والاتجاه.

مثال 14: كتاب

يبين الشكل المجاور دائرة يتصل فيها محثٌ ومصباح بمصدر فرق جهد متردد، ماذا يحدث لإضاءة المصباح عند نقصان تردد المصدر مع بقاء القيمة العظمى لفرق الجهد ثابتة.



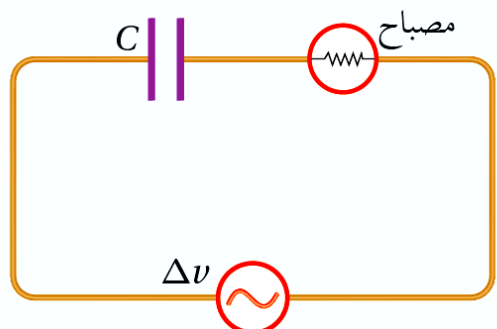
المُعْطيات: (V_{max}) ثابتة، (ω) قلّت.
المطلوب: كيف تتغير إضاءة المصباح؟

الحل:

وفقًا للعلاقة ($X_L = \omega L$) فإنّ نقصان تردد المصدر يؤدي إلى نقصان معاوقة المحث؛ فتقلّ الممانعة التي يبديها المحث لمرور التيار. ما يعني زيادة مقدار التيار المارّ في الدارة، ومن ثمّ زيادة القدرة المستهلكة في المصباح فتزداد الإضاءة.

تمرين 5: كتاب

يبين الشكل المجاور دائرة يتصل فيها مواسع ومصباح بمصدر فرق جهد متردد، ماذا يحدث لإضاءة المصباح عند نقصان تردد المصدر مع بقاء القيمة العظمى لفرق الجهد ثابتة؟ أفسّر إجابتي.



المُعْطيات: (V_{max}) ثابتة، (ω) قلّت.
المطلوب: كيف تتغير إضاءة المصباح؟

الحل:

وفقًا للعلاقة ($X_C = \frac{1}{\omega C}$) فإنّ نقصان تردد المصدر يؤدي إلى زيادة معاوقة المواسع؛ فتزيد الممانعة التي يبديها المواسع لمرور التيار. ما يعني نقصان مقدار التيار المارّ في الدارة، ومن ثمّ تقلّ القدرة المستهلكة في المصباح فتقلّ الإضاءة، بالرغم من عدم تغير القيمة العظمى لفرق الجهد.



ماذا تمثل حالة الرنين في دارة مقاومة ومحث ومواسع؟

يحدث الرنين في دارة مقاومة ومحث ومواسع عند تردد معين لفرق الجهد، حيث تتساوى معاوقة المحث مع معاوقة المواسع، وتكون معاوقة الدارة مساوية للمقاومة فقط، والتيار الفعّال فيها له أكبر قيمة ممكنة .

مثال 15: كتاب

دارة تحتوي على مصدر فرق جهد متردد قيمته الفعّالة (150V) وتردده (60Hz)، يتصل على التوالي بمقاومة (420Ω) ومحث محاثته (1.8H)، ومواسع مواسعته (7μF) أجد كلا مما يلي:
أ. المعاوقة المحثية، والمعاوقة المواسعية، والمعاوقة الكلية للدارة.
ب. القيمة الفعّالة للتيار المتردد.

المُعطيات:

$$C = 7 \times 10^{-6} \text{F}, V_{rms} = 150 \text{ V}, f = 60 \text{ Hz}, R = 420 \Omega, L = 1.8 \text{ H}$$

المطلوب:

$$I_{rms} = ?, X_C = ?, X_L = ?, Z = ?$$

الحل:

أ. المعاوقة المحثية، والمعاوقة المواسعية، والمعاوقة الكلية للدارة:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 60 = 377 \text{ rad/s}$$

$$X_L = \omega L = 377 \times 1.8 = 679 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{377 \times 7 \times 10^{-6}} = 379 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \\ = \sqrt{(420)^2 + (679 - 379)^2} \\ = \sqrt{176400 + 90000} \approx 516 \Omega$$

ب. القيمة الفعّالة للتيار المتردد:

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z} = \frac{150}{516} \approx 0.3 \text{ A}$$

تطبيقات تكنولوجيا

1. جهاز كشف الفلزّات

تُستخدم في المطارات بوابات للكشف عن الفلزّات، عندما يمرّ المسافر خلالها فإنّها تُصدر إشارة إذا كان المسافر يخفي أداة فلزيّة. ويحتوي إطار الباب المبيّن على ملفّ من سلك نحاسيّ يمثل محثًا في دارة (RLC) كم في الشكل المجاور وتكون الدارة متّصلة بمصدر فرق جهد متردد، قد ضُبط تردده لإحداث حالة الرنين، وعند اقتراب جسم فلزيّ من المحثّ، فإنّه يؤديّ إلى زيادة في محاثته، فينعدم الرنين في الدارة، وينخفض التيار الفعّال فيها عن أكبر قيمة له، ثم تحوّل دارة إلكترونيّة ذلك التغيير في التيار إلى إشارة تحذيريّة مسموعة وأخرى مرئيّة .



على ماذا يعتمد مبدأ عمل جهاز كشف الفلزّات ؟

يعتمد على انخفاض قيمة التيار وانعدام تردد الرنين في دارة (RLC) مضبوطة مسبقا على تردد الرنين ، وذلك عند مرور جسم (أداة) فلزية عبر محثها الذي يؤدي إلى زيادة في محاثته.

2. أجهزة المذياع والاتصال اللاسلكي



دارات الاستقبال في أجهزة المذياع وأجهزة الاتصال اللاسلكي، تُعدّ مثلاً مهمّاً على دارة الرنين، فمحطات الإذاعة تبتّ برامجها على شكل موجات كهرومغناطيسية، ولكلّ إذاعة تردّدات محدّدة. عندما يضبط أحدنا مفتاح الموجة في المذياع على إذاعة معينة، فإنّه يغيّر من موسعة المواسع في دارة الرنين داخل المذياع، ما يغيّر من تردّد الرنين لدارة الاستقبال ليصبح مطابقاً لتردّد موجات الإذاعة، ثم تُمرّر هذه الموجات بعد تكبيرها إلى مكبّر الصوت في المذياع فنسمعها بوضوح، في حين تتلاشى موجات الإذاعات الأخرى التي يختلف تردّدها عن تردّد الرنين. وبالطريقة نفسها تعمل أجهزة الاتصال اللاسلكيّة التي تتكوّن من دارتيّ إرسال واستقبال، على نحو ما هو مبين في الشكل تُستخدم في مجالات كثيرة، مثل التواصل بين دوريات السير، واتصال الطائرات والسفن بالمراكز الأرضيّة، وغير ذلك الكثير من الاستخدامات.

على ماذا يعتمد مبدأ عمل أجهزة المذياع والاتصال اللاسلكي؟



يعتمد على مواسع متغير القيمة في دارة الاستقبال يمكن ضبطه لتغير قيمة تردد الرنين ليوافق التردد المراد سماعه للإذاعة في جهاز استقبال الراديو أو أجهزة الاستقبال اللاسلكية.

مثال 16: كتاب

تتكوّن دارة استقبال (RLC) في جهاز مذياع من مقاومة ومحثّ محاثته (1.4 mH) ومواسع. أجد موسعة المواسع المستخدم لضبط المذياع على استقبال موجات محطة إذاعة عمان (FM) وتردّدها (99 MHz).
المعطيات:

$$L = 1.4 \times 10^{-3} \text{ H}, f_0 = 99 \times 10^6 \text{ Hz}$$

المطلوب:

$$C = ?$$

الحل:

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = 2 \times 3.14 \times 99 \times 10^6 = 6.2 \times 10^8 \text{ rad/s}$$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \rightarrow C = \frac{1}{L \omega_0^2} = \frac{1}{1.4 \times 10^{-3} \times (6.2 \times 10^8)^2} \approx 1.86 \times 10^{-15} \text{ F}$$

أسئلة مراجعة الرس الثاني

1. الفكرة الرئيسية: أوضح المقصود بكلٍ من؛ المعاوقة المحثية والمعاوقة المواسعية، وأبين العوامل التي تؤثر في كلٍ منهما.

المعاوقة المحثية: المقاومة الكهربائية التي يواجهها التيار المتردد عند مروره بين طرفي محث، وتساوي حاصل ضرب محاثّة المحث في التردد الزاوي لفرق الجهد.

$$X_L = \omega L$$

تعتمد معاوقة محث على :

1. تردد المصدر، حيث تزداد معاوقة محث محاثته (L) بزيادة (ω) تناسب طردي
2. مقدار المحاثّة (L). تناسب طردي

المعاوقة المواسعية: المقاومة الكهربائية التي يواجهها التيار المتردد عند مروره بين طرفي مواسع، وتساوي مقلوب حاصل ضرب المواسعة في التردد الزاوي لفرق الجهد.

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

تعتمد معاوقة المواسع على :

1. تردد المصدر، حيث تقل معاوقة مواسع سعته (C) بزيادة (ω). تناسب عكسي
2. مقدار المواسعة (C). تناسب عكسي

2. أوضح المقصود بالقيمة العظمى والقيمة الفعالة لفرق الجهد المتردد.
القيمة العظمى للجهد المتردد: هي أعلى قيمة لسعة لجهد المتردد في موجة جيبية وتحدث عندما يكون ($\sin \omega t = 1$) أو عندما يصبح زمن الموجة (t) مساوي لربع الزمن الدوري أو مضاعفاته، كما يلي:

$$\Delta v = V_{max} \sin \omega t = V_{max} \sin \frac{2\pi}{T} t$$

$$t = \frac{1}{4} T$$

$$\Delta v = V_{max} \sin \frac{2\pi}{T} \left(\frac{1}{4} T \right) = V_{max} \sin \left(\frac{\pi}{2} \right) = V_{max}$$

(V_{rms}) القيمة الفعالة للجهد المتردد: وتعني الجذر التربيعي للقيمة المتوسطة لمربع الجهد وتساوي ناتج قسمة القيمة العظمى للجهد المتردد على ($\sqrt{2}$).

3. تفكير ناقد: أوضح لماذا ينعدم التيار المتردد في دارة (AC) تحتوي على مواسع فقط عند الترددات المنخفضة جداً. وأوضح لماذا ينعدم التيار في دارة (AC) تحتوي على محث فقط عند الترددات العالية جداً.

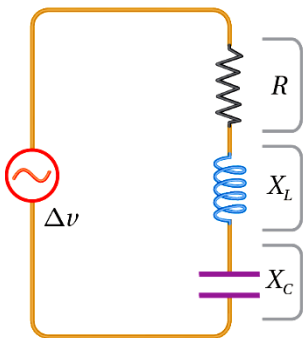
في دارة تحتوي مواسع فقط:

في دوائر التيار المتردد عند الترددات المنخفضة جداً ، التردد يقترب من الصفر ($f \rightarrow 0$)، وتصبح معاوقة المكثف ($X_C = \frac{1}{2\pi fC}$) عالية جداً تقترب من المالا نهائية ($X_C \rightarrow \infty$)، حيث تتناسب معاوقة المواسع عكسياً مع تردد فرق الجهد. وبما أن ($I = \frac{V}{Z}$) و ($Z = X_C$) في دارة تحتوي مكثف فقط تصبح قيمة التيار (I) قليلة جداً ($I = \frac{V}{\infty}$) أو معدومة.

في دارة تحتوي محث فقط:

في دوائر التيار المتردد عند الترددات العالية جداً ، التردد يقترب من المالا نهائية ($f \rightarrow \infty$)، وتصبح معاوقة المحث ($X_L = 2\pi fL$) عالية جداً تقترب من المالا نهائية ($X_L \rightarrow \infty$)، حيث تتناسب معاوقة المحث طردياً مع تردد فرق الجهد. وبما أن ($I = \frac{V}{Z}$) و ($Z = X_L$) في دارة تحتوي مكثف فقط تصبح قيمة التيار (I) قليلة جداً ($I = \frac{V}{\infty}$) أو معدومة.

4. أفسر: عند مضاعفة تردد مصدر فرق الجهد إلى مثليه، في دارة تيار متردد تحتوي (RLC) ، على نحو ما هو مبين في الشكل، ماذا يحدث لكل من: (R, X_L, X_C)



$$R(f) = R_{(2f)} = R$$

أي أن قيمة المقاومة لا تتغير بتغير التردد.

$$X_{L(f)} = 2\pi fL , \quad X_{L(2f)} = 2\pi 2fL$$

$$\rightarrow X_{L(2f)} = 2 X_{L(f)}$$

أي أن معاوقة المحث تتضاعف عندما يزداد التردد إلى الضعف.

$$X_{C(f)} = \frac{1}{2\pi fC} , \quad X_{C(2f)} = \frac{1}{2\pi 2fC}$$

$$\rightarrow X_{C(2f)} = \frac{1}{2} X_{C(f)}$$

أي أن معاوقة المواسع تقل إلى النصف عندما يزداد التردد إلى الضعف.

5. استخدم المتغيرات: ما القيمة العظمى للتيار المتردد في دارة (AC) تحتوي على مواسع موسعته ($5 \mu F$)، ومصدر فرق جهد قيمته العظمى (111 V) وتردده (86 Hz) ؟

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \times 86 \times 5 \times 10^{-6}} \approx 370 \Omega$$

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{X_C} = \frac{111}{370} = 0.3A$$

6. أحسب: عند أي تردد زاوي تتساوى المعاوقة المحثية لمحث ($57 \mu\text{H}$) مع المعاوقة المواسعية لمواسع ($57 \mu\text{F}$) في دائرة تيار متردد؟ وماذا يُسمّى هذا التردد؟

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{57 \times 10^{-6} \times 57 \times 10^{-6}}} = 17543 \text{ Hz} = 17.543 \text{ kHz}$$

ويُسمّى هذا التردد بتردد الرنين.

7. أستخدم المتغيرات: دائرة (RLC) تتكوّن من مقاومة (80Ω) ومواسع ($5 \mu\text{F}$) ، ومحث ، موصولة على التوالي بمصدر فرق جهد متردد، جهده الفعّال (12 V) ، وتردده الزاوي (2000 rad/s) أجد محاثّة المحثّ التي تجعل للتيار الفعّال أكبر قيمة، ثم أجد أكبر قيمة للتيار الفعّال.

الحل:

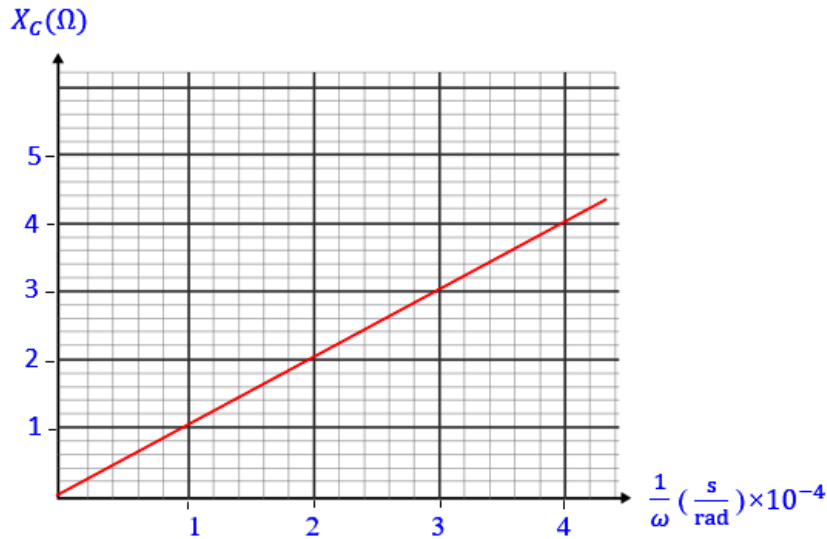
تتساوى معاوقة المحث مع معاوقة المواسع عند تردد الرنين الذي يجعل للتيار الفعّال اعلى قيمة ، وتحسب محاثّة المحث كما يلي:

$$X_L = X_C \rightarrow \omega_0^2 = \frac{1}{LC} \rightarrow L = \frac{1}{\omega_0^2 \times C} = \frac{1}{(2000)^2 \times 5 \times 10^{-6}} = 5 \times 10^{-2} \text{ H}$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2}} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{12}{80} = 0.15 \text{ A}$$

من كتاب الأنشطة والتجارب

في الشكل المجاور الذي يمثل العلاقة بين مقلوب التردد الزاوي على محور (x) والمعاوقة المواسعية على محور (y) ، جد ميل المنحنى وسعة المواسع؟



1. ميل المنحنى:

$$\begin{aligned} \text{Slope} &= \frac{\Delta y}{\Delta x} \\ &= \frac{3-2}{3 \times 10^{-4} - 2 \times 10^{-4}} \\ &= 10000 \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right). \Omega \end{aligned}$$

ميل المنحنى يمثل $\left(\frac{X_c}{1/\omega} = X_c \omega \right)$

2. سعة المواسع:

$$\begin{aligned} X_c &= \frac{1}{\omega C} \rightarrow C = \frac{1}{X_c \omega} \\ C &= \frac{1}{10000} = 1 \times 10^{-4} \text{ F} \\ &= 0.1 \text{ mF} \end{aligned}$$

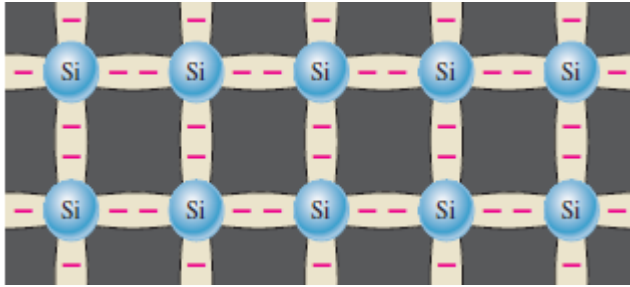
الدرس الثالث : أشباه الموصلات

الموادّ الموصلة والعازلة وشبه الموصلة Conductors, Insulators and Semiconductors

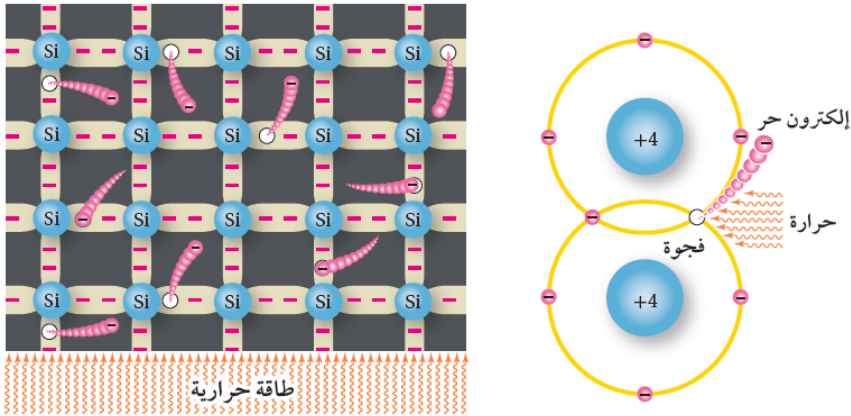
إلكترونات التكافؤ Valance Electrons: الإلكترونات الموجودة في آخر مستوى طاقة للذرة، وهي المسؤولة عن تحديد كثير من خصائص المادة مثل، التوصيل الكهربائي والتوصيل الحراري.

وتُصنّف الموادّ من حيث قابليتها لتوصيل الكهرباء إلى الأنواع الآتية:

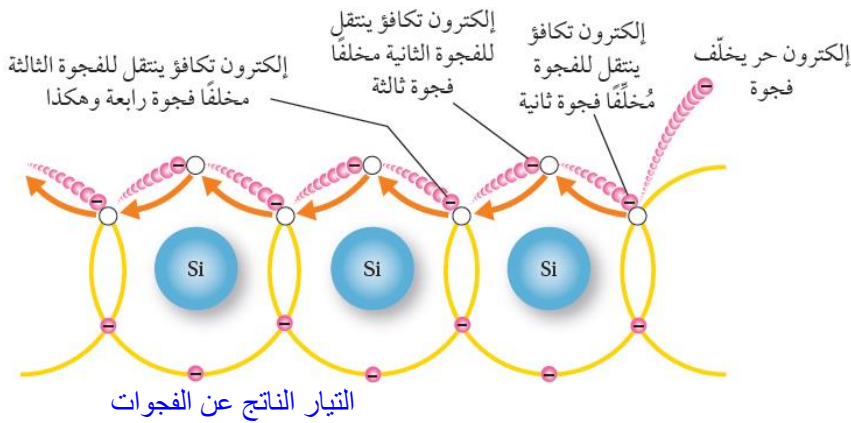
1. **موادّ عازلة Insulators:** عدد إلكترونات التكافؤ لها أكثر من أربعة، وترتبط بذرات المادة بقوى كهربائية كبيرة، لذلك، لديها عدد قليل من الإلكترونات الحرة ما يجعلها مادة عازلة للكهرباء. وعادة توجد على شكل مركّبات، مثل المطاط والمايكا والزجاج.
2. **موادّ موصلة Conductors:** عدد إلكترونات التكافؤ لها أقلّ من أربعة، لكن قوى ارتباطها بالذرات ضعيفة، لذلك، لديها الكثير من الإلكترونات الحرة ما يجعلها موصّلات جيدة للتيار الكهربائي، وتوجد في العادة على شكل عناصر منفردة، مثل الحديد والنحاس والفضة.
3. **موادّ شبه موصلة Semiconductors:** تقع بين الموادّ الموصلة للكهرباء والموادّ العازلة من حيث قدرتها على توصيل التيار الكهربائي. ومن الأمثلة على الموادّ شبه الموصلة الجرمانيوم (Ge) والسليكون (Si)، وهما من أهمّ أشباه الموصّلات المستخدمة في التطبيقات الإلكترونية. لكلّ ذرة من ذرات السليكون أو الجرمانيوم أربع إلكترونات تكافؤ. فمثلاً، ترتبط كل ذرة من ذرات السليكون بأربع ذرات مجاورة لها بروابط تساهمية، وتشكّل بذلك بلورة السليكون، وعند درجة حرارة الصفر المطلق (0k) تكون جميع إلكترونات التكافؤ للسليكون النقي مقيدة نتيجة للروابط التساهمية، ولا يوجد إلكترونات حرة كما في الشكل المجاور.



بلورة السليكون عند درجة حرارة الصفر المطلق



الإلكترونات الحرة والفجوات في بلورة السليكون



في الشكل المجاور الذي يوضح امتصاص الذرة للطاقة وانتقال الإلكترونات إلى مستوى التوصيل وتكوين الفجوات ، ومن الشكل يمكن ملاحظة ما يلي:

1. تبدو الفجوة وكأنها شحنة موجبة نتيجة للنقص في الشحنة السالبة الكلية على الذرة عند ترك الإلكترون موقعه.
2. تسهم الفجوات في التوصيل الكهربائي مثل إلكترونات التوصيل، فحين تتكوّن فجوة نتيجة لإفلات إلكترون عند كسر رابطة تساهمية يصبح من السهل للإلكترون ذرة مجاورة الانتقال إلى تلك الفجوة تاركاً خلفه فجوة جديدة.
3. يمكن افتراض أنّ الفجوات عبارة عن تيار كهربائي يسري بعكس اتجاه حركة الإلكترونات.

إلكترونات التوصيل Conduction electrons : هي الإلكترونات حرة ناتجة عن كسر الرابطة التساهمية نتيجة امتصاص طاقة وانتقال الإلكترون إلى مستوى التوصيل .
الفجوة Hole: الفراغ الناتج عن ترك الإلكترون مكانه في الذرة وتبدو وكأنها شحنة موجبة نتيجة للنقص في الشحنة السالبة الكلية.

زوج إلكترون – فجوة Electron-Hole pair : هو الزوج الناتج عن ترك الإلكترون مكانه مخلفاً وراءه فجوة تبدو كشحنة موجبة، ويكون عدد الفجوات مساوياً لعدد الإلكترونات تظهر على شكل أزواج.

أشباه الموصلات من النوع n والنوع p n -type and p -type Semiconductors

الإشابة Doping : زيادة الموصليّة الكهربائيّة لأشباه الموصلات، بإضافة بعض الموادّ إليها تُسمّى شوائب Impurities .

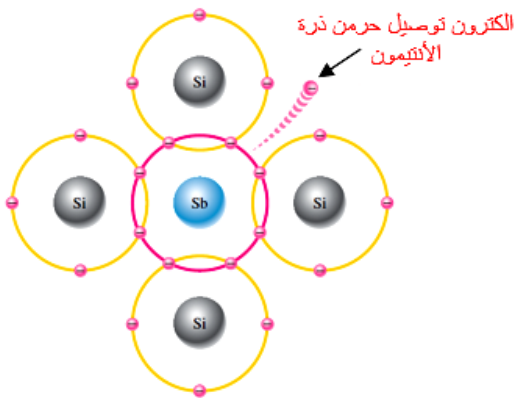
ما الهدف من الإشابة (إضافة الشوائب)؟

أشباه الموصلات النقيّة لا توصل التيار الكهربائي جيّدًا، لكن يمكن زيادة موصليتها الكهربائيّة بإضافة بعض الموادّ إليها تُسمّى شوائب.

ما هي أنواع الإشابة وماذا ينتج عنها ؟

1. الإشابة السالبة - البلورة السالبة (n -type):

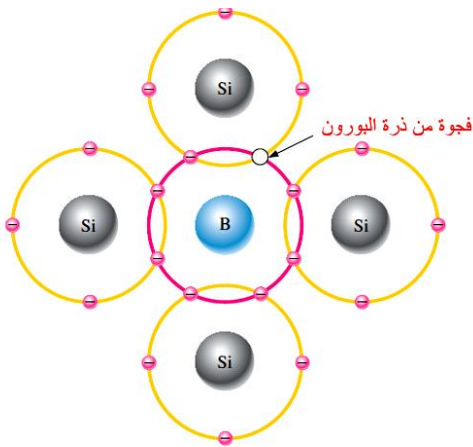
عند اضافة عنصر خماسي التكافؤ (يملك خمس إلكترونات تكافؤ في غلافه الأخير) مثل، (الأنثيمون أو الفسفور أو الزرنيخ) الى بلورة السيليكون . في هذه الحالة تحلّ ذرّة أنثيمون (Sb) محلّ ذرّة سليكون مركزية، وتكوّن أربع روابط تساهمية مع أربع ذرات سليكون مجاورة لها، ويبقى إلكترون التكافؤ الخامس حرّاً كما يظهر في الشكل المجاور ونتيجة لذلك يزداد عدد إلكترونات التوصيل في بلورة السليكون النقي، ويصبح أكثر من عدد الفجوات. وتُسمّى البلّورة في هذه الحالة بالبلّورة السالبة أو بلّورة من النوع (n). وتكون ناقلات التيار الأغلبية فيها الإلكترونات.



إضافة عنصر خماسي التكافؤ مثل ذرّة أنثيمون (Sb) إلى بلورة السليكون. يصبح الإلكترون الزائد إلكترونًا حرّاً.

2. الإشابة الموجبة - البلورة الموجبة (p -type):

عند اضافة عنصر ثلاثي التكافؤ (يملك ثلاث إلكترونات تكافؤ في غلافه الأخير) مثل، (الغاليوم أو البورون) الى بلورة السيليكون . في هذه الحالة تحلّ ذرّة البورون (B) محلّ ذرّة سليكون مجاورة لها، وتشارك إلكتروناتها الثلاثة لتكوين ثلاث روابط تساهمية مع ثلاث ذرات سليكون، أمّا الرابطة الرابعة فينقصها إلكترون واحد، فتنشكّل فجوة ، وهذا يعني أنّ كلّ ذرّة بورون تضاف إلى بلّورة السليكون تُنتج فجوة جديدة؛ فيزداد بذلك عدد الفجوات في بلّورة السليكون، ويصبح عددها أكبر من عدد إلكترونات التوصيل. وتُسمّى البلّورة في هذه الحالة بالبلورة الموجبة، أو بلّورة من النوع (P). وتكون ناقلات التيار الأغلبية فيها الفجوات.

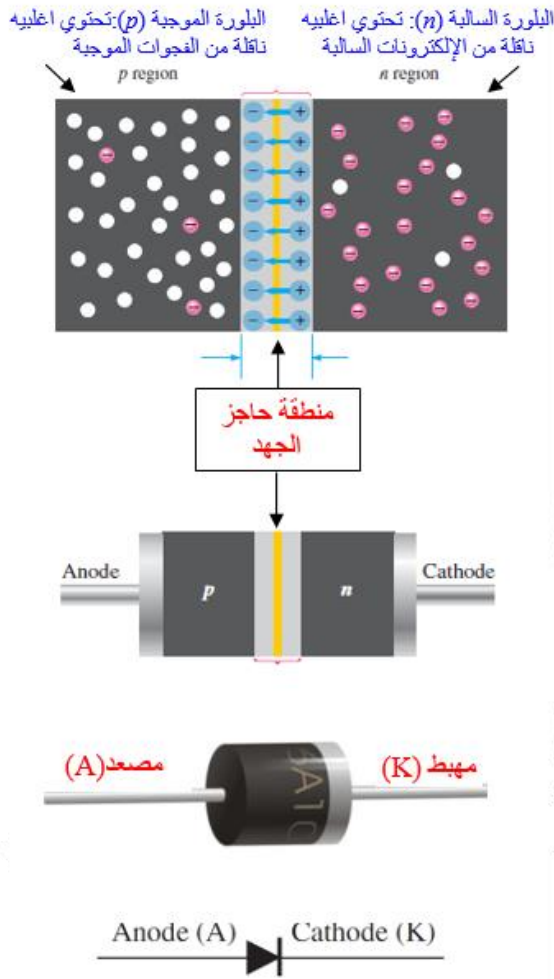


إضافة عنصر ثلاثي التكافؤ مثل ذرّة البورون (B) إلى بلورة السليكون. يصبح مكان الإلكترون الناقص فجوة.

ناقلات التيار الأغلبية والأقلية: هي الإلكترونات والفجوات التي ينتج عن حركتها تيار عند تطبيق فرق جهد بين طرفي بلورة سالبة أو موجبة.

الشحنة الكليّة للبلورة السالبة أو البلورة الموجبة تساوي صفرًا؛ لأنّ عدد الشحنات الموجبة فيها يساوي عدد الشحنات السالبة.

الثنائي البلوري Diode



الثنائي البلوري (الديود): التركيب الناتج من تلامس البلورتين السالبة (n) والموجبة (p) واختصارها (وصلة P-N)

في الشكل المجاور يوضح وصلة الثنائي البلوري (الديود)، لاحظ من الشكل:

1. البلورة الموجبة (P): تحتوي أغلبية ناقلية من الفجوات الموجبة وأقلية ناقلية من الإلكترونات السالبة.
2. البلورة السالبة (n): تحتوي أغلبية ناقلية من الإلكترونات السالبة وأقلية ناقلية من الفجوات الموجبة.
3. عند دمج البلورتين معا ينتج ما يسمى بوصلة الثنائي البلوري (الديود).
4. يتكون بين البلورتين مجال كهربائي حاجز بين البلورتين ينتج عنه جهد يسمى بحاجز الجهد للثنائي (يمكن معاملته مثل بطارية موجودة عند الحاجز)
5. تسمى منطقة البلورة الموجبة بالمصعد (A): (Anode)، وتسمى منطقة البلورة السالبة بالمهبط (K): (Cathode).
6. من أهم سمات الديود توصيله للتيار باتجاه واحد فقط من المصعد الى المهبط (باتجاه السهم الذي يمثله).

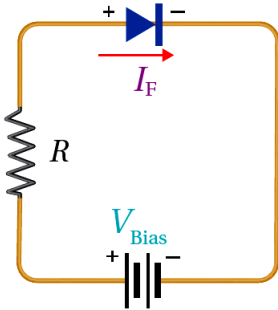
حاجز الجهد للثنائي: تعتمد قيمته على مادة البلورة؛ فعند درجة حرارة 25°C ، يكون في بلورة السليكون (0.7 V) ، في حين يساوي (0.3 V) في بلورة الجرمانيوم.

بين سبب أن حاجز الجهد للثنائي المصنوع من السليكون أكبر منه للثنائي المصنوع من الجرمانيوم؟

تحتوي ذرة الجرمانيوم المتعادلة على عدد أكبر من الإلكترونات من ذرة السليكون المتعادلة؛ لذا فإن إلكترونات التكافؤ في ذرة الجرمانيوم تكون أبعد عن النواة ويسهل انتزاعها من الذرة، لذلك فحاجز الجهد للجرمانيوم أقل من حاجز الجهد للسليكون.

الانحياز الأمامي Forward bias والانحياز العكسي Reverse bias

أولاً : الانحياز الأمامي Forward bias :



(أ) انحياز أمامي

حيث يوصل الثنائي بمصدر فرق جهد (بطارية مثلاً) ، على أن يوصل القطب الموجب للبطارية بمصدر الثنائي، ويوصل القطب السالب للبطارية بمهبط الثنائي على نحو ما في الشكل المجاور فينشأ تيار كهربائي (I_F) عندما يكون فرق جهد المصدر (V_{Bias}) أكبر من فرق جهد معين يُسمى حاجز الجهد للثنائي. وسبب وجود المقاومة حماية الثنائي من التلف عند مرور تيار عالي.

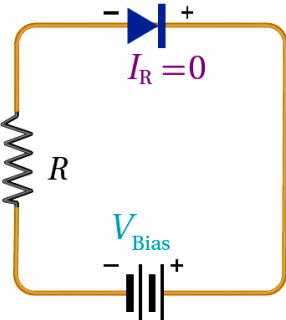
ما هي شروط مرور التيار في الثنائي (الديود) ؟

1. أن يكون انحياز المصدر أمامي (القطب الموجب للبطارية بمصدر الثنائي، ويوصل القطب السالب للبطارية بمهبط الثنائي)
2. أن يكون جهد المصدر اعلى من جهد الحاجز (لان الحاجز يعامل معاملة البطارية المعكوسة) لذلك يجب أن يكون جهد المصدر اعلى من (0.7V) للسيلكون و (0.3V) للجermanيوم .

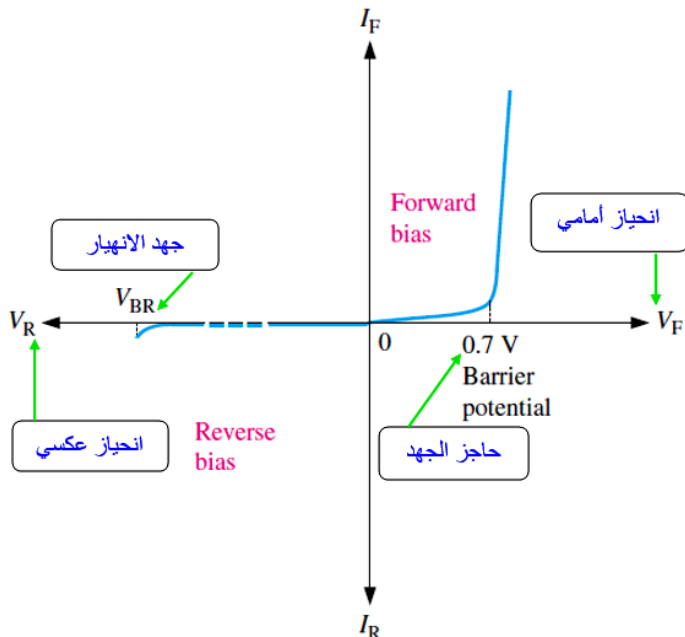
هل ينشئ تيار في حالة الثنائي بدون وجود مقاومة موصولة على التوالي مع الثنائي؟

المقاومة ضرورية فقط لحماية الثنائي من التلف في حالة التيار الزائد وهي ليس شرط لمرور التيار.

ثانياً : الانحياز العكسي Reverse bias :



يوصل القطب الموجب للمصدر بمهبط الثنائي، ويوصل قطبه السالب بمصدر الثنائي على نحو ما في الشكل المجاور وتصبح مقاومة الثنائي كبيرة جداً (يمكن تمثيلها بمفتاح مفتوح)، ولا يسمح بعبور تيار كهربائي. ($I_R = 0$) وإذا زاد فرق جهد المصدر عن قيمة معينة، تُسمى جهد الانهيار Breakdown voltage (V_{BR})، فإن مقاومة الثنائي تنهار، ويسري فيه تيار كبير يؤدي إلى تلف الثنائي البلوري . في الشكل المجاور التمثيل البياني لعلاقة التيار الكهربائي بفرق الجهد على طرفي ثنائي السليكون في منحنى ($I-V$) ، لاحظ ما يلي:

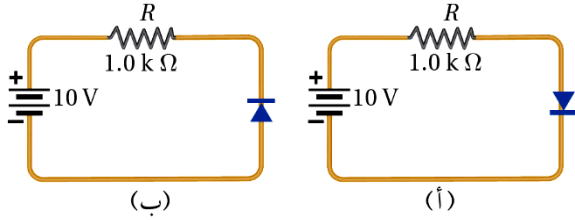


1. أن التيار يكون صغيراً عندما يكون فرق الجهد على طرفي الثنائي أقل من حاجز الجهد، وهو (0.7 V) للثنائي المصنوع من السليكون.
2. زيادة فرق جهد المصدر إلى قيمة أعلى من حاجز الجهد، بمقدار قليل في فرق الجهد تؤدي إلى زيادة كبيرة في التيار الكهربائي.
3. مقاومة الثنائي في وضعية الانحياز الأمامي صغيرة جداً. في حين أنه في وضعية الانحياز العكسي، يكون التيار الكهربائي صغيراً جداً (بالميكرو أمبير)، ما يعني أن مقاومة الثنائي كبيرة جداً.

مثال 17: كتاب

في الشكل المجاور ثنائي مصنوع من مادة السليكون،
موصول مع مصدر جهد ($10V$) مهمل المقاومة الداخلية،
أجد لكلٍ من الشكلين (أ و ب)

1. فرق الجهد على طرفي الثنائي (ΔV_D).
2. فرق الجهد على طرفي المقاومة (ΔV_R).
3. التيار الكهربائي المار في المقاومة (I).

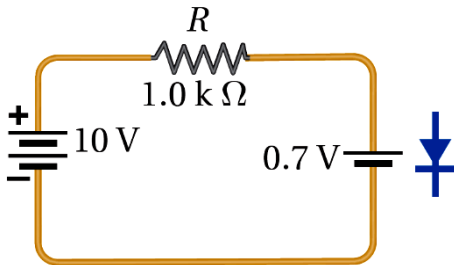


المُعطيات : بيانات الشكل

المطلوب : $\Delta V_D = ?$, $\Delta V_R = ?$, $I = ?$

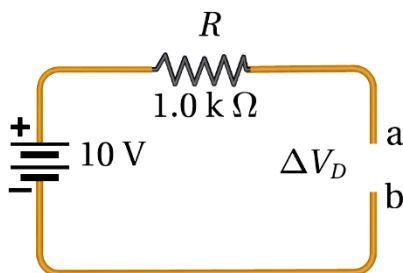
الحل:

في الشكل (أ): الثنائي في حالة انحياز أمامي يمكن تمثيل الدارة في هذه الحالة كما يلي :



حيث تم استبدال الثنائي ببطارية جهدها ($0.7V$) للتوضيح فقط ، وبما أن جهد البطارية اعلى من حاجز الجهد للثنائي ومهبط الثنائي متّصل بالقطب السالب للبطارية، فإن الثنائي في حالة انحياز أمامي ، وبما انه مصنوع من السيليكون فانه يقطع من جهد المصدر ($0.7V$) وبذلك يكون:

- 1 (أ) . $\Delta V_D = 0.7 V$
- 2 (أ) . $\Delta V_R = 10 - 0.7 = 9.3 V$
- 3 (أ) . $I = \frac{10 - 0.7}{1 \times 10^3} = 9.3 \times 10^{-3} A = 9.3 \text{ mA}$



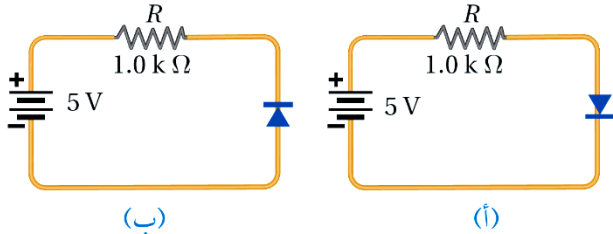
في الشكل (ب): الثنائي في حالة انحياز عكسي يمكن تمثيل الدارة في هذه الحالة كما يلي :

حيث تم استبدال الثنائي بمفتاح مفتوح (وكأنه مقاومة لانهاية)؛ كونه لا يمرر تياراً للتوضيح فقط ، لان مهبط الثنائي متّصل بالقطب الموجب للبطارية، فإن الثنائي في حالة انحياز عكسي ، وبذلك يكون:

- 1 (ب) . $\Delta V_D = V_a - V_b = 10 v$
- 2 (ب) . $\Delta V_R = 0 V$
- 3 (ب) . $I = 0 A$

تمرين 6 : كتاب

في الشكل المجاور ثنائي مصنوع من مادة الجرمانيوم، موصول مع مصدر جهد (5V) مهمل المقاومة الداخلية، أجد لكلٍ من الشكلين (أ و ب)



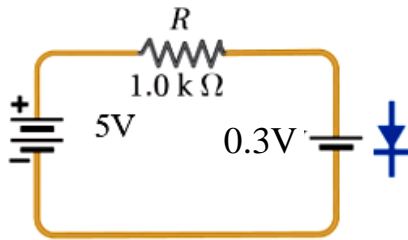
1. فرق الجهد على طرفي الثنائي (ΔV_D).
2. فرق الجهد على طرفي المقاومة (ΔV_R).
3. التيار الكهربائي المار في المقاومة (I).

المُعطيات : بيانات الشكل

المطلوب : $\Delta V_D = ?$, $\Delta V_R = ?$, $I = ?$

الحل:

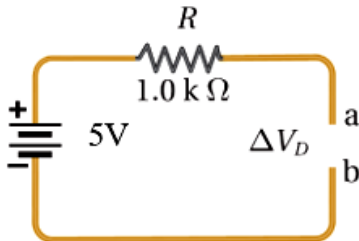
في الشكل (أ): الثنائي في حالة انحياز أمامي يمكن تمثيل الدارة في هذه الحالة كما يلي :



حيث تم استبدال الثنائي ببطارية جهدها (0.3V) للتوضيح فقط ، وبما أن جهد البطارية اعلى من حاجز الجهد للثنائي ومهبط الثنائي متّصل بالقطب السالب للبطارية، فإن الثنائي في حالة انحياز أمامي ، وبما انه مصنوع من الجرمانيوم فانه يقطع من جهد المصدر (0.3V) وبذلك يكون:

- 1 (أ) . $\Delta V_D = 0.3 \text{ V}$
- 2 (أ) . $\Delta V_R = 5 - 0.3 = 4.7 \text{ V}$
- 3 (أ) . $I = \frac{5 - 0.3}{1 \times 10^3} = 4.7 \times 10^{-3} \text{ A} = 4.7 \text{ mA}$

في الشكل (ب): الثنائي في حالة انحياز عكسي يمكن تمثيل الدارة في هذه الحالة كما يلي :

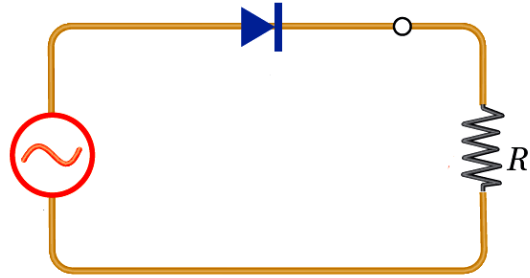
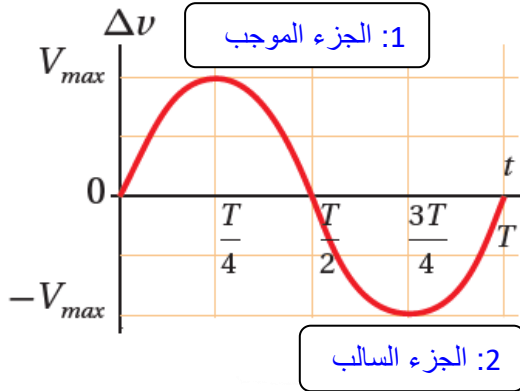


حيث تم استبدال الثنائي بمفتاح مفتوح (وكأنه مقاومة لانهائية)؛ كونه لا يمرر تياراً للتوضيح فقط ، لان مهبط الثنائي متّصل بالقطب الموجب للبطارية، فإن الثنائي في حالة انحياز عكسي ، وبذلك يكون:

- 1 (ب) . $\Delta V_D = V_a - V_b = 5 \text{ v}$
- 2 (ب) . $\Delta V_R = 0 \text{ V}$
- 3 (ب) . $I = 0 \text{ A}$

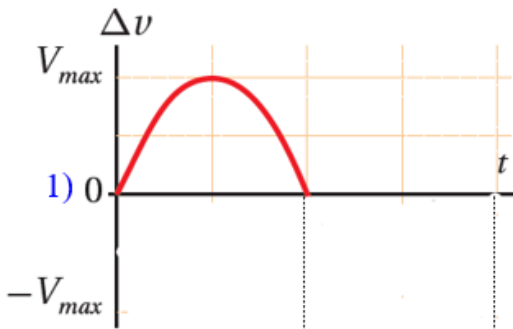
الثنائي بوصفه مقوّمًا للتيار المتردد Diode as a Current Rectifier

تقويم التيار: هي عملية يتم فيها تحويل التيار المتردد الى تيار شبه مباشر (جزء موجب أو سالب فقط) عن طريق الثنائي البلوري .

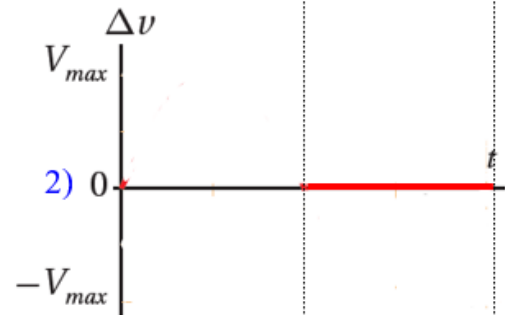


في الشكل السابق الموجة الكاملة مكونة من جزئين :

1. **الجزء الموجب:** عند مروره على الثنائي ، يكون الانحياز الناتج عليه أمامي ، ويمر نصف الموجة الموجب كما هو موضح بالشكل (1) التالي :



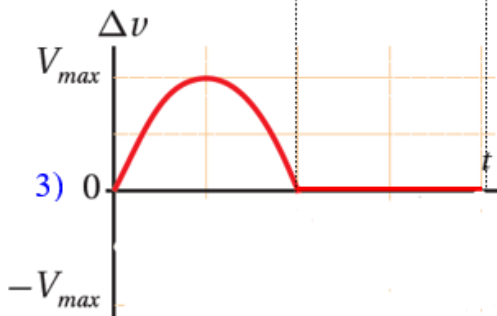
2. **الجزء السالب:** عند مروره على الثنائي ، يكون الانحياز الناتج عليه عكسي ، فلا يمر الجزء السالب من الموجة كما هو موضح بالشكل (2) التالي :

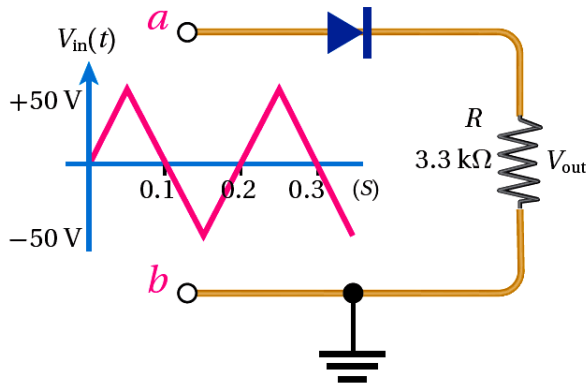


وعند جمع الموجتين معا ينتج الشكل النهائي للموجة على شكل موجة نصف جيبية باتجاه واحد (موجة فقط) كما في الشكل (3).

وتسمى الدارة في الشكل السابق **بدارة تقويم نصف موجة Half wave rectifier**

وفي هذه الحالة يكون تردد الموجة الناتجة مساوياً لتردد الموجة الداخلة.



مثال 18: كتاب

يمثل الشكل المجاور دائرة مقوم نصف موجة، إذا كانت الموجة الكهربائية الداخلة مثلثة الشكل، بإهمال فرق الجهد على الثنائي أجيب عما يأتي:

أ. في أي الفترات الزمنية يكون الثنائي في حالة انحياز أمامي؟ وفي أيها يكون في حالة انحياز عكسي؟

ب. أرسم شكل الموجة الناتجة على المقاومة (R).

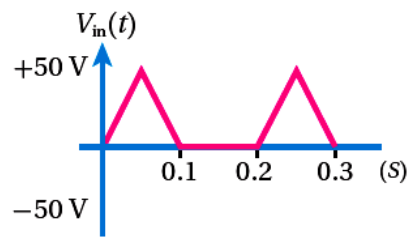
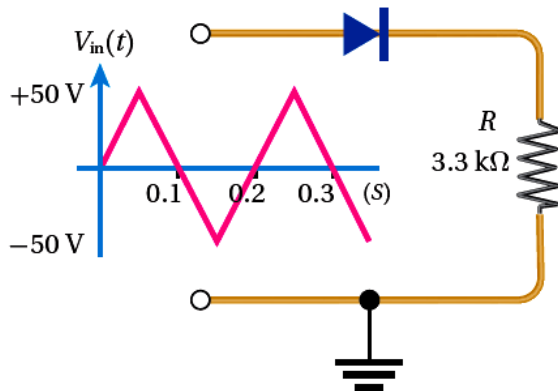
المعطيات: الشكل

المطلوب: شكل الموجة الخارجة.

الحل:

أ. في الفترة الزمنية (0-0.1 s) والفترة (0.2-0.3 s) يكون جهد النقطة (a) أكبر من جهد النقطة (b)، أي إن جهد مصعد الثنائي أكبر من جهد مهبطه، لذلك يكون الثنائي في حالة انحياز أمامي. أما في الفترة الزمنية (0.1-0.2 s) فيكون جهد النقطة (a) أقل من جهد النقطة (b)، أي إن جهد مصعد الثنائي أقل من جهد مهبطه، لذلك يكون الثنائي في حالة انحياز عكسي.

ب. في الفترة التي يكون فيها الثنائي في حالة انحياز أمامي يمرر الموجة الكهربائية، وأما في الفترة التي يكون فيها الثنائي في حالة انحياز عكسي فلا يمرر الموجة الكهربائية، ويكون شكل الموجة الخارجة كما في الشكل المجاور.



الترانزستور Transistor

الترانزستور Transistor: هو أحد أهم عناصر الدارات الإلكترونية، ويدخل في تركيب الأجهزة الإلكترونية كلها. ويُصنع الترانزستور من موادّ شبه موصلة مثل، السليكون أو الجرمانيوم.

ما هي استخدامات الترانزستور؟

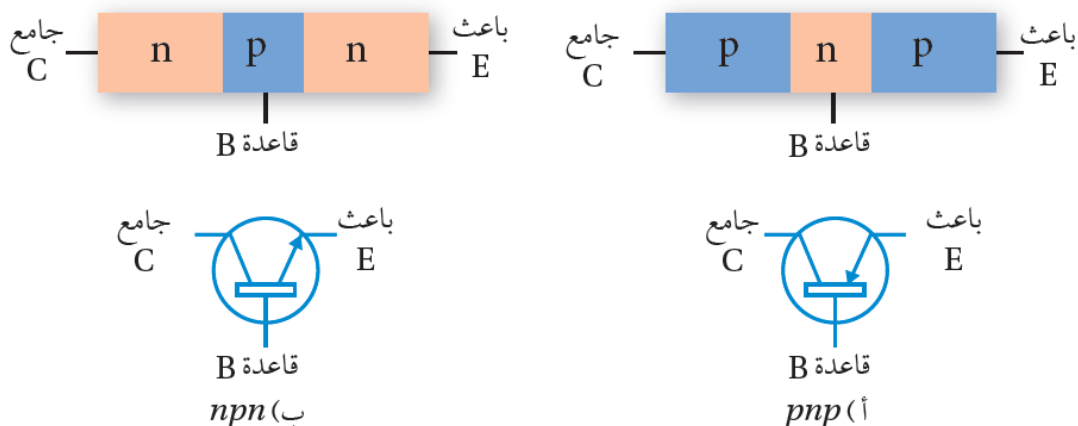
1. مُضخِّمًا (مكبرًا) للتيار الكهربائي.
2. مُضخِّمًا (مكبرًا) للجهد الكهربائي.
3. مُضخِّمًا (مكبرًا) للقدرة الكهربائية.
4. مفتاحًا سريع الفتح والإغلاق.

ماهي أنواع الترانزستورات؟

يوجد نوعان رئيسان من الترانزستورات هما:

1. الترانزستور ثنائي القطبية: **Bipolar Junction Transistor (BJT)**
2. وترانزستور تأثير المجال : **Field Effect Transistor (FET)**

الترانزستور ثنائي القطبية: **Bipolar Junction Transistor (BJT)**



يتكوّن الترانزستور ثنائي القطبيّة من ثلاث طبقات شبه موصلة، حيث تختلف الطبقة الوسطى في النوع عن الطبقتين الأخريين وينتج عن ذلك نوعان من الترانزستور ثنائي القطبية :

- الترانزستور (npn) : تكون الطبقة الوسطى فيه من النوع (n) والطبقتان الأخريان من النوع (p) ، يكون نوع الترانزستور (npn).
- الترانزستور (pnp) : تكون الطبقة الوسطى فيه من النوع (p) والطبقتان الأخريان من النوع (n) ، يكون نوع الترانزستور (pnp).

اذكر طبقات الترانزستور ورمزه في الدارات الإلكترونية.

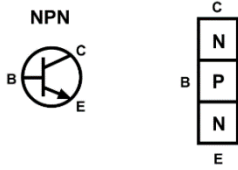
1. القاعدة (Base) وهي الطبقة الوسطى للترانزستور ويرمز إليها بالرمز (B) .
2. الجامع (Collector) ورمزه (C) .
3. الباعث (Emitter) ورمزه (E).

كيف يمكن تحديد نوع الترانزستور ؟
هناك حالتين للتحديد :

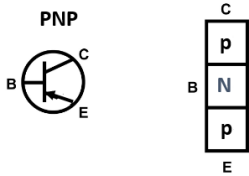


الحالة الأولى: من نوعية الطبقة الوسطى:
الترانزستور (npn): تكون الطبقة الوسطى فيه من النوع (n) والطبقتان الأخريان من النوع (p) ،
يكون نوع الترانزستور (npn).
الترانزستور (pnp): تكون الطبقة الوسطى فيه من النوع (p) والطبقتان الأخريان من النوع (n) ،
يكون نوع الترانزستور (pnp).

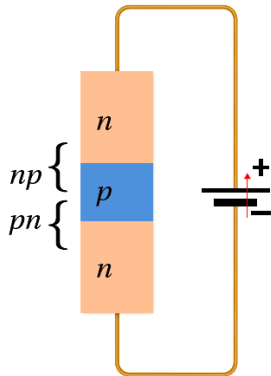
الحالة الثانية من اتجاه سهم الباعث حيث اّتجاه السهم يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحي الموجب:
1. السهم خارجًا من القاعدة (B) نحو الباعث (E) في الترانزستور (npn)
كما في الشكل المجاور.



2. السهم خارجًا من الباعث (E) نحو القاعدة (B) في الترانزستور (pnp)
كما في الشكل المجاور.



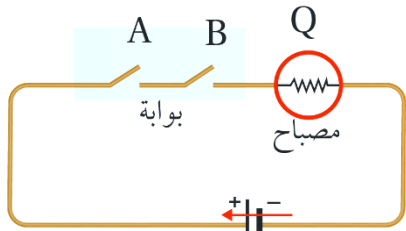
ويمكن تخيل الترانزستور بأنّه يتكوّن من ثنائيتين على نحو ما هو مبين في الشكل،
حيث البلّورة الوسطى (القاعدة) من النوع (p) تكون رقيقة، وتركيز الفجوات فيها
قليل كما في الشكل المجاور.



الإثراء والتوسع: البوابات المنطقية Logic Gates

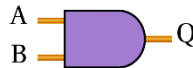
البوابات المنطقية: عبارة عن دارات إلكترونية يستخدم فيها الترانزستور بوصفه مفتاحاً سريع الفتح والإغلاق، وتعتمد مخرجاتها على قيم مدخلاتها بسلوك منطقي. وهي عبارة عن مجموعة ترانزستورات ومقاومات وعناصر إلكترونية أخرى تقوم بعملية منطقية على مدخل واحد أو أكثر، وتخرج مخرجاً منطقياً واحداً.

ولتبسيط مبدأ عملها سندرس الدارة الموضحة في الشكل المجاور حيث تستخدم الرموز التالية في البوابات المنطقية:



جدول الحقيقة لبوابة (AND) ورمزها.

A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



أولاً : المدخلات (A,B)

1. المفتاح المفتوح يستخدم الرمز (0).

2. المفتاح المغلق يستخدم بالرمز (1).

ثانياً: المخرجات (Q)

3. إضاءة المصباح بالرمز (1) .

4. عدم إضاءة المصباح يستخدم بالرمز (0).

أنواع البوابات المنطقية:

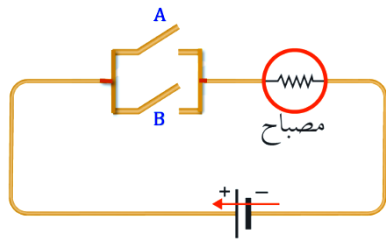
(أ) بوابة (AND) ومن شروطها:

1. المفتاحين (A,B) موصولان معا على التوالي .

2. حتى تكون النتيجة (المصباح مضاء) أي

تساوي (1) ، يجب أن يكون المفتاحين مغلقان

.(A=1 AND B=1)



جدول الحقيقة لبوابة (OR) ورمزها.



INPUT		OUTPUT
A	B	
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

(ب) بوابة (OR) ومن شروطها:

1. المفتاحين (A,B) موصولان معا على

التوازي .

2. حتى تكون النتيجة (المصباح مضاء) أي تساوي (1) ، يجب أن يكون

أحد المفتاحين مغلق

.(A=1 OR B=1) والشكل المجاور يمثل جدول

الحقيقة لبوابة (OR).

NOT



INPUT	OUTPUT
A	
0	1
1	0

جدول الحقيقة لبوابة (NOT) ورمزها.

(ج) بوابة (NOT)

وتسمى البوابة العاكسة لها محل واحد ومخرج واحد فإذا كان (A=1)

يكون (Q=0)، وإذا كان (A=0) يكون (Q=1)

والشكل المجاور يبين رمزها وجدول حقيقتها .

ما أهمية البوابات الرقمية؟

الأجهزة الإلكترونية المعتمدة في تصميمها على البوابات المنطقية تُسمى إلكترونيات رقمية، حيث تأخذ القيم (1) أو (0) لمدخلاتها ومخرجاتها. وتمتاز أنظمة الإلكترونيات الرقمية كونها أسهل نسبياً في التصميم وإمكانية برمجتها، ومناعتها ضد الضوضاء والتشويش، وسهولة تخزينها للبيانات، وسهولة تصنيعها على شكل دائرة متكاملة (Integrated circuit (IC ، ما يؤدي إلى تصميم دارات تقوم بوظائف أكثر تعقيداً وبحجم أصغر.

أسئلة مراجعة الرس الثالث

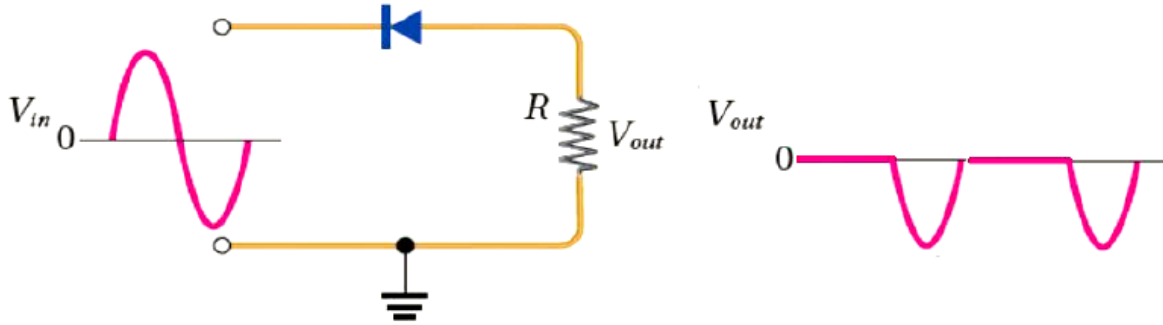
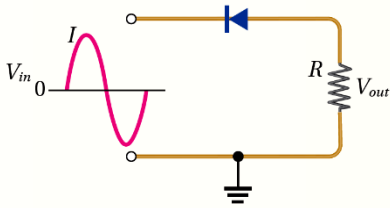
1. **الفكرة الرئيسية:** أوضّح المقصود بكلّ من: الموادّ شبه الموصلة، والإشابة، والثنائي البلوري.

المواد شبه الموصلة: مواد تقع بين المواد الموصلة والمواد العازلة من حيث توصيلها للكهرباء.
الإشابة: إضافة مواد إلى أشباه الموصلات تسمى شوائب ، من أجل زيادة الموصلية الكهربائية لأشباه الموصلات .
الثنائي البلوري: التركيب الناتج من تلامس البلورتين الموجبة والسالبة.

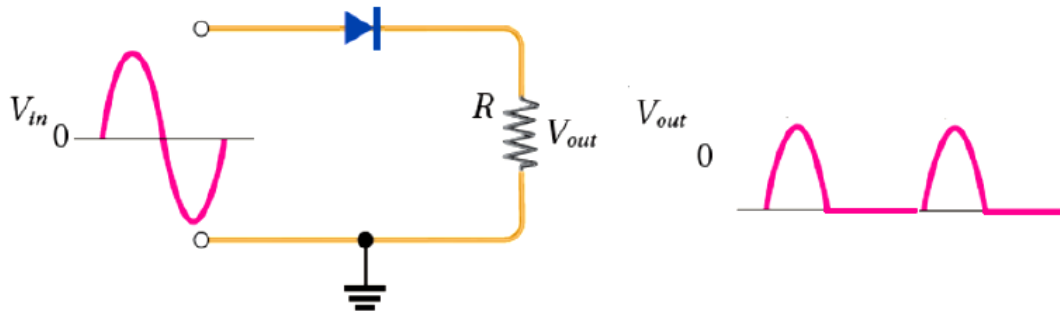
2. **أحلّ:** اعتماداً على الدارة الموضّحة في الشكل، أرسم شكل الموجة الناتجة.

هل سيتغير شكل الموجة الناتجة إذا عكس الثنائي؟ أفسّر إجابتي.

في طور الجزء الموجب من إشارة الجهد الداخلة (V_{in}) يكون الثنائي في حالة انحياز عكسي وبذلك لا يمرر الإشارة، وعندما تنعكس إشارة الجهد الداخل يصبح الثنائي في حالة انحياز أمامي ويمررها فيكون شكل الإشارة الناتجة كما يلي:



وعند عكس الثنائي ينعكس الوضع؛ ونحصل على الإشارة المبينة أدناه:

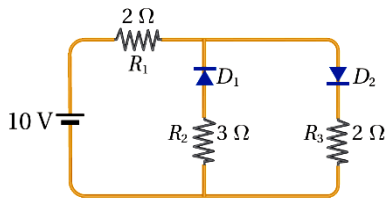


3. **أحلل:** اعتماداً على الشكل، وبإهمال فرق الجهد على طرفي الثنائي في حالة الانحياز الأمامي:

أ. أيّ الثنائيين في حالة انحياز أمامي؟ وأيُّهما في حالة انحياز عكسي؟

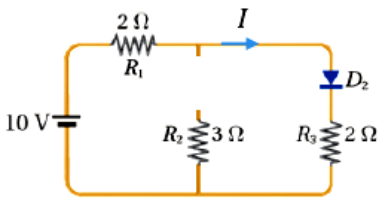
ب. أجد التيار المارّ في كلّ مقاومة .

ج. إذا عكست أقطاب البطارية أجد التيار المارّ في كلّ مقاومة.



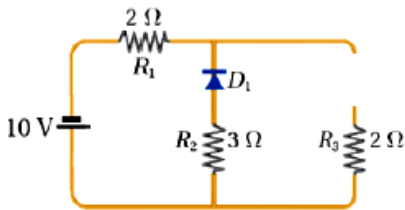
أ. الثنائي (D_2) في حالة انحياز أمامي. والثنائي (D_1) في حالة انحياز عكسي لذلك يعمل وكأنه مفتاحاً مفتوحاً، فلا يمرر تيار كهربائي.

ب. تصبح الدارة على نحو ما هو موضح في الشكل المجاور؛ وأحسب التيار كما يلي:



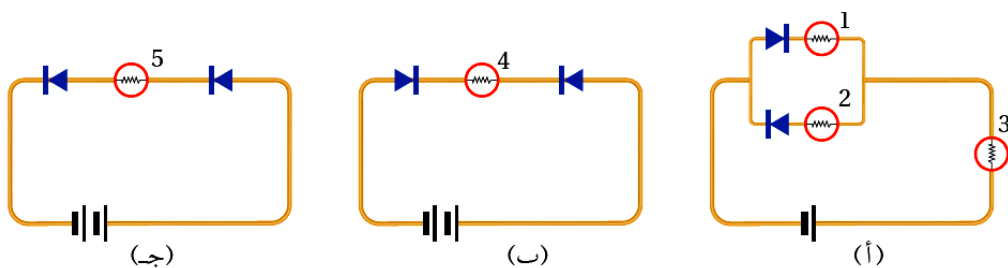
$$I = \frac{10}{2+2} = 2.5 \text{ A}$$

ج. عند عكس أقطاب البطارية يصبح الثنائي (D_1) في حالة انحياز أمامي بينما الثنائي (D_2) في حالة انحياز عكسي لذلك يعمل وكأنه مفتاحاً مفتوحاً ولا يمرر تيار كهربائي، فتصبح الدارة على نحو ما هو موضح في الشكل. وأحسب التيار كما يلي:



$$I = \frac{10}{2+3} = 2 \text{ A}$$

4. **أحلل:** اعتماداً على الشكل المجاور أيّ المصابيح يضيء، وأيُّها لا يضيء؟



المصابيح التي تضيء هي (2, 3, 5)

5. **التفكير الناقد:** أرادت الطالبة سماح تصميم دارة تحوي مصباحين صغيرين على أن يُضيئا ويُطفئا على التناوب، وكان من ضمن القطع الإلكترونية التي تحتاج إليها ترانزستوران، فهل يجب استخدام الترانزستورين بوصفهما مُضخّمين أم بوصفهما مفتاحين، ولماذا؟

نستخدم الترانزستورين بوصفهما مفتاحين لفتح وغلق الدارة حتى يضيء ويطفئ المصباحان.

أسئلة مراجعة الوحدة

1. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. وحدة قياس معامل الحث الذاتي لمحث حسب النظام الدولي للوحدات، هي:

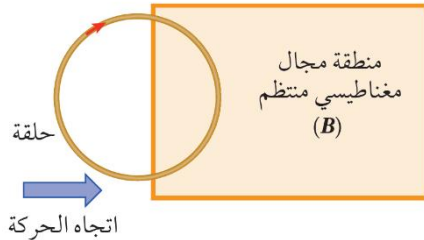
- أ. $V.A/s$ ب. $A.s/V$ ج. $V.A.s$ د. $V.s/A$

2. ملف مستطيل الشكل يتكوّن من لفّة واحدة ومساحة سطحه (A)، مغمور في مجال مغناطيسي (B)، بحيث تكون الزاوية بين مستوى الملف وخطوط المجال (30°). إذا تضاعف مقدار المجال المغناطيسي خلال مدّة زمنية مقدارها (Δt)، فإن التغير في التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف خلال تلك المدّة يساوي:

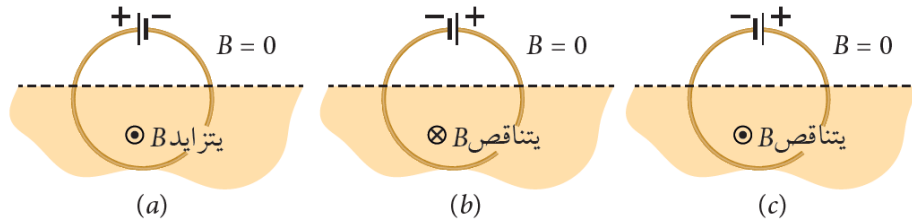
- أ. $BA \cos 30^\circ$ ب. $2BA \cos 30^\circ$ ج. $BA \cos 60^\circ$ د. $2BA \cos 60^\circ$

3. في أثناء دخول الحلقة المبينة في الشكل إلى منطقة مجال مغناطيسي منتظم (B) يتولد في الحلقة تيار كهربائي حتّى بالاتجاه المبين في الشكل، فيكون المجال المغناطيسي (B) باتجاه محور:

- أ. $+z$ ب. $-z$
ج. $+x$ د. $-x$

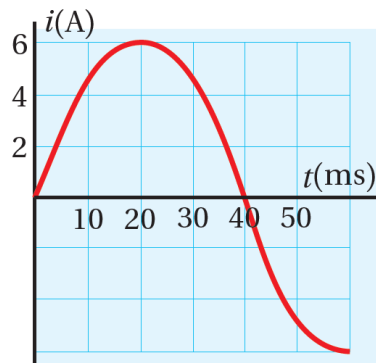


4. يبين الشكل المجاور حلقة تتصل ببطارية، ونصفها السفلي موضوع في مجال مغناطيسي منتظم؛ اتجاهه قد يكون عمودياً على الصفحة للداخل أو للخارج، ومقداره قد يتزايد أو يتناقص. في أي الحالات الثلاث يكون اتجاه القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الحلقة باتجاه القوة الدافعة الكهربائية للبطارية؟



- أ. (b) فقط ب. (c) فقط ج. (a) و (b) د. (b) و (c)

5. الشكل البياني المجاور يمثّل تغيّر التيار المتردّد بالنسبة إلى الزمن، إنَّ التيار اللحظي يُعبّر عنه بالعلاقة الآتية:



أ. $i = 6 \sin 40 t$

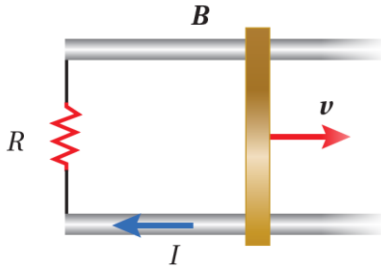
ب. $i = 6 \sin 40 \pi t$

ج. $i = 6 \sin 12.5 \pi t$

د. $i = 6 \sin 25 \pi t$

6. يُعَبَّر عن فرق الجهد المتردد بالعلاقة ($\Delta v = V_{max} \sin 3 \pi t$) عند أي لحظة زمنية تكون القيمة اللحظية لفرق الجهد المتردد مساوية لنصف قيمته العظمى؟

- أ. $\frac{1}{18}$ s. ب. $\frac{2}{18}$ s. ج. $\frac{3}{18}$ s. د. $\frac{6}{18}$ s.



7. موصل مستقيم طوله (ℓ) مغمور داخل مجال مغناطيسي منتظم. عند سحب الموصل بسرعة ثابتة مقدارها (v) على مجرى فلزّي باتجاه محور ($+x$)، يمرّ في المقاومة (R) تيار كهربائي حثّي (I) بالاتجاه المبين في الشكل. إن مقدار المجال المغناطيسي واتجاهه:

- أ. $\frac{\ell v}{IR}$ ، باتجاه ($+z$) ب. $\frac{IR}{\ell v}$ ، باتجاه ($+z$) ج. $\frac{\ell v}{IR}$ ، باتجاه ($-z$) د. $\frac{IR}{\ell v}$ ، باتجاه ($-z$)

8. عند توصيل طرفي فولتميتر بطرفي مصدر فرق جهد متردد قيمته العظمى (310 V) ، فإن قراءة الفولتميتر تساوي:

- أ. 31 V . ب. 155 V . ج. 220 . د. 310 V .

9. ما مقدار مقاومة متصلة بمصدر فرق جهد متردد قيمته العظمى (69 V) ، عندما يسري فيها تيار متردد قيمته الفعالة (3.5 A) ؟

- أ. 7Ω . ب. 14Ω . ج. 20Ω . د. 28Ω .

10. الموادّ النقيّة التي لها العدد الأكبر من الإلكترونات الحرّة هي:

- أ. الموادّ العازلة. ب. الموادّ الموصلة. ج. الموادّ شبه الموصلة. د. بلّورة من النوع (P)

11. عند إثابة بلّورة السليكون بعنصر خماسي التكافؤ ينتج:

- أ. بلّورة من نوع (p) ب. بلّورة من نوع (n) ج. ثنائي بلّوري د. ترانزستور

12. حتى يكون الثنائيّ البلّوري في حالة انحياز أمامي، يجب أن:

- أ. يُطبّق فرق جهد خارجي موجب على مصعده، وآخر سالب على مهبطه.
ب. يُطبّق فرق جهد خارجي سالب على مصعده، وآخر موجب على مهبطه.
ج. يكون جهد مصعده أقلّ من جهد مهبطه.
د. يكون جهد مصعده أكبر من جهد مهبطه بما لا يزيد على (0.1 V)

الإجابات:

12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
أ	ب	ب	ب	ج	ب	أ	د	أ	أ	ج	د



2. أفسّر: حلقة موصلة وضعت بالقرب من سلك موصل مستقيم يسري فيه تيار كهربائي (I) لجهة اليسار على نحو ما هو مبين في الشكل المجاور. أحمّد لكل حالة من الحالات الآتية، هل يمر تيار كهربائي حثّي في الحلقة أم لا ؟ وأحمّد اتجاهه.



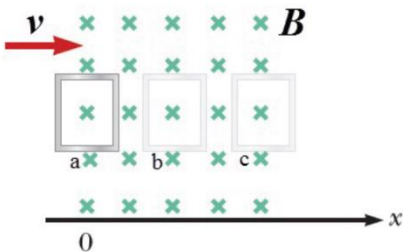
- أ. عندما تتحرك الحلقة رأسياً إلى الأسفل باتجاه السلك .
- ب. أثناء إنقاص التيار الكهربائي المارّ في السلك مع بقاء الحلقة ثابتة.
- ج. عندما تتحرك الحلقة أفقياً بموازية طول السلك لجهة اليسار.

- أ. يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترقها؛ نتيجة ازدياد مقدار المجال المغناطيسي، ويتولّد فيها تيار كهربائي حثّي بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة.
- ب. يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترقها؛ نتيجة نقصان مقدار المجال المغناطيسي، ويتولّد فيها تيار كهربائي حثّي باتجاه حركة عقارب الساعة.
- ج. لا يتغيّر التدفق المغناطيسي الذي يخترقها؛ نتيجة ثبات مقدار المجال المغناطيسي ، و لا يتولّد فيها تيار كهربائي حثّي.

3. أحسب: حلقة دائرية موصلة نصف قطرها (0.10 m) ، موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.15 T) ، على أن يكون مستواها عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي. سحبنا الحلقة من طرفين متقابلين فيها، فتغيّر شكلها، وأصبحت مساحتها ($3.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2$) خلال (0.20 s) . أحسب القوة الدافعة الكهربية الحثية المتوسطة المتولّدة في الحلقة خلال هذه المدة الزمنية.

الحل:

$$\begin{aligned} \bar{\varepsilon} &= -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N \frac{\Phi_{B(f)} - \Phi_{B(i)}}{\Delta t} = -N \frac{BA_f \cos \theta - BA_i \cos \theta}{\Delta t} \\ &= -N B \cos \theta \left(\frac{A_f - A_i}{\Delta t} \right) = -1 \times 0.15 \times \cos 0^\circ \times \left(\frac{3.0 \times 10^{-2} - \pi \times (0.1)^2}{0.20} \right) \\ &= 1.06 \times 10^{-3} \text{ V} \approx 1.1 \text{ mV} \end{aligned}$$



4. أحمّل وأستنتج: حلقة فلزية مستطيلة الشكل تقع في المستوى (xy) ، وتتحرك باتجاه محور ($+x$) بسرعة متجهة ثابتة، فتدخل منطقة مجال مغناطيسي منتظم باتجاه محور ($-z$) ، على نحو ما هو موضّح في الشكل المجاور. وثمّن الرموز a و b و c مرحلة دخول الحلقة منطقة المجال المغناطيسي، ومرحلة حركتها بداخله، ومرحلة خروجها من منطقة المجال المغناطيسي، على الترتيب. أجب عما يأتي:

- أ. أيّ المراحل الثلاث يتولّد فيها قوة دافعة كهربية و تيار كهربائي حثّي في الحلقة؟ أفسّر إجابتي.
- ب. أحمّد اتجاه التيار الكهربائي الحثّي المتولّد في كل مرحلة إن وُجد، مفسّراً إجابتي.

أ. **المرحلتان a و c** ؛ في أثناء دخول الحلقة منطقة المجال المغناطيسي يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترق الحلقة، وفي أثناء خروجها من منطقة المجال المغناطيسي يقل التدفق المغناطيسي الذي

يخترقها، فيحدث تغير في التدفق المغناطيسي، ويتولد قوة دافعة كهربائية والتيار كهربائي حثي في هاتين المرحلتين بحسب قانون فارادي في الحث.

ب. **في المرحلة a** ، يكون اتجاه التيار الكهربائي الحثي المتولد في الحلقة بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة عند النظر إليها عمودياً؛ لأنه في أثناء دخول الحلقة منطقة المجال المغناطيسي يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترقها، فيتولد فيها تيار كهربائي حثي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يُقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي الذي يخترقها.

في المرحلة b ، لا يتولد تيار كهربائي حثي في الحلقة؛ لأنه لا يوجد تغير في التدفق المغناطيسي الذي يخترقها.

في المرحلة c ، يكون اتجاه التيار الكهربائي الحثي المتولد في الحلقة باتجاه حركة عقارب الساعة عند النظر إليها عمودياً؛ لأنه في أثناء خروج الحلقة من منطقة المجال المغناطيسي يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترقها، فيتولد فيها تيار كهربائي حثي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يُعوّض النقص في التدفق المغناطيسي الذي يخترقها.



5. **أستخدم الأرقام :** تُحلّق إحدى طائرات الخطوط الجوية الملكية الأردنية أفقياً بسرعة مقدارها (200m/s) في منطقة المُرْكَبَة الرأسية للمجال المغناطيسي الأرضي فيها تساوي (50 μ T) ، أتأمل الشكل المجاور. إذا علمت أن طول جناحي الطائرة معاً يساوي (60 m) ، فأحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة بين طرفي جناحي الطائرة.

الحل:

$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= B\ell v \\ &= 50 \times 10^{-6} \times 60 \times 200 \\ &= 6 \times 10^{-1} \text{ V} = 0.6 \text{ V}\end{aligned}$$

6. **أستخدم الأرقام:** حلقة فلزية مساحة مقطعها العرضي (10.0 cm²) ، موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم على أن يكون مستواها عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي. إذا ازداد مقدار المجال المغناطيسي ازدياداً منتظماً من (0.50 T) إلى (2.50 T) خلال (1.0s) ، فأحسب التيار الكهربائي الحثي المتولد في الحلقة إذا علمت أن مقاومتها (1.0 Ω).

الحل:

$$\begin{aligned}\bar{\mathcal{E}} &= -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N \frac{\Phi_{B(f)} - \Phi_{B(i)}}{\Delta t} = -N A \cos 0^\circ \left(\frac{B_f - B_i}{\Delta t} \right) \\ &= -1 \times 10 \times 10^{-4} \times 1 \times \left(\frac{2.5 - 0.50}{0.10} \right) \\ &= -2 \times 10^{-3} \text{ V} = -2 \text{ mV} \\ I_1 &= \left| \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} \right| = \left| \frac{-2 \times 10^{-3}}{1.0} \right| = 2 \times 10^{-3} \text{ A} = 2 \text{ mA}\end{aligned}$$

7. **أستخدم المتغيرات** ملفّ من سلك موصل عدد لفّاته (400)، ومقاومته الكهربائية (50.0 Ω)، ومساحة مقطعه العرضي (0.25 m²) وضع الملف داخل مجال مغناطيسي منتظم مقداره (2.0T)، حيث مستوى الملف عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي. فإذا تلاشى المجال المغناطيسي خلال (0.50 s)، أحسب ما يأتي:
- أ. القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الملف.
- ب. التيار الكهربائي الحثي المتولد في الملف.

الحل:

أ. القوة الدافعة الكهربائية الحثية تحسب كما يلي:

$$\Delta\Phi_{B(i)} = BA \cos \theta = 2.0 \times 0.25 \times \cos 0.0^\circ = 0.5 \text{ Wb}$$

$$\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -N \frac{\Phi_{B(f)} - \Phi_{B(i)}}{\Delta t} = -400 \left(\frac{0 - 0.5}{0.5} \right) = 400 \text{ V}$$

ب. التيار الكهربائي الحثي المتولد في الملف :

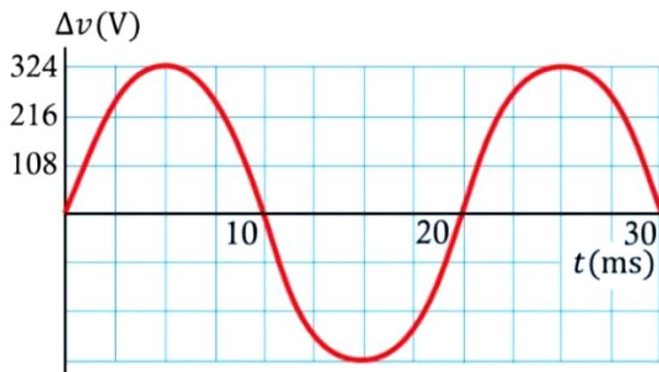
$$I_1 = \left| \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} \right| = \left| \frac{400}{50.0} \right| = 8 \text{ A}$$

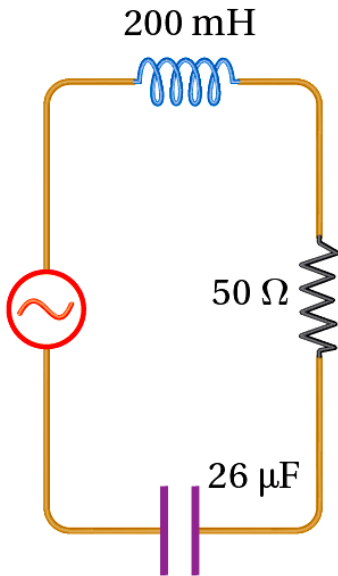
8. **أمثل البيانات:** القيمة الفعالة لفرق الجهد الكهربائي المتردد في الأردن (230 V)، وتردده (50Hz) أمثل فرق الجهد المتردد بمنحنى بياني، مبيناً عليه تدرج الزمن والقيمة العظمى لفرق الجهد.

الحل:

$$V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \rightarrow V_{max} = V_{rms} \sqrt{2} = 230 \times \sqrt{2} \approx 324 \text{ V}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 2 \times 10^{-2} \text{ s} = 20 \text{ ms}$$





9. **أستخدم المتغيرات :** دائرة (RLC) تحتوي على مقاومة ومحث ومواسع مبيّنة قيمها في الشكل المجاور، تتصل بمصدر فرق جهد متردد قيمته العظمى (210 V)، وتردده (50 Hz) .

أحسب:

أ . المعاوقة المحثية والمعاوقة المواسعية والمعاوقة الكلية للدائرة.
ب. القيمة العظمى للتيار المتردد.

الحل:

أ . المعاوقة:

$$\begin{aligned}\omega &= 2\pi f = 2\pi \times 50 \approx 314 \text{ rad/s} \\ X_L &= \omega L = 314 \times 200 \times 10^{-3} \approx 62.8 \Omega \\ X_C &= \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \times 26 \times 10^{-6}} \approx 122.5 \Omega \\ Z &= \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \\ &= \sqrt{(50)^2 + (62.8 - 122.5)^2} \approx 77.9 \Omega\end{aligned}$$

ب. القيمة العظمى للتيار المتردد:

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{Z} = \frac{210}{77.9} \approx 2.7 \text{ A}$$

10. **أحلل:** تحتوي دائرة استقبال في جهاز مذياع على مقاومة (120Ω) ، ومحث محاثته (0.2 mH) ، ومواسع متغير الموساعة. يمكن ضبط الدارة لكي تستقبل موجات بترددات مختلفة، عن طريق إحداث الرنين. أحدد مجال القيم التي تتغير بينها موساعة الموساع لاستقبال مدى الترددات (550 kHz - 1650 kHz) .

الحل:

$$\begin{aligned}f_1 &= 550 \text{ kHz} \rightarrow \omega_1 = 2\pi f_1 = 2 \times 3.14 \times 550 \times 10^3 = 3.45 \times 10^6 \text{ rad/s} \\ \omega_1^2 &= \frac{1}{LC_1} \rightarrow C_1 = \frac{1}{\omega_1^2 L} = \frac{1}{(3.45 \times 10^6)^2 \times 0.2 \times 10^{-3}} = 4.2 \times 10^{-10} \text{ F} = 420 \text{ pF}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_2 &= 1650 \text{ kHz} \rightarrow \omega_2 = 2\pi f_2 = 2 \times 3.14 \times 1650 \times 10^3 = 10.36 \times 10^6 \text{ rad/s} \\ \omega_2^2 &= \frac{1}{LC_2} \rightarrow C_2 = \frac{1}{\omega_2^2 L} = \frac{1}{(10.36 \times 10^6)^2 \times 0.2 \times 10^{-3}} = 0.46 \times 10^{-10} \text{ F} = 46 \text{ pF}\end{aligned}$$

اذن مدى قيم الموساع: (46 pF - 420 pF)

11. أستخدم الأرقام: تحتوي دارة (RLC) على مقاومة (150Ω) ومحث (460 mH) ومواسع ($21 \mu\text{F}$) موصولة على التوالي بمصدر فرق جهد متردد قيمته الفعالة (120V) ، وتردده (60Hz) ، أحسب:

أ . مقدار المعاوقة الكلية للدارة.

ب. التردد الطبيعي للدارة الذي يحدث عنده الرنين.

الحل:

أ . مقدار المعاوقة الكلية للدارة :

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 60 = 376.8 \text{ rad/s}$$

$$X_L = \omega L = 376.8 \times 460 \times 10^{-3} \approx 173.3 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{376.8 \times 21 \times 10^{-6}} \approx 126.4 \Omega$$

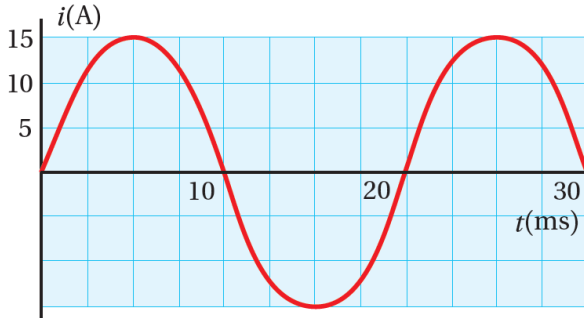
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$= \sqrt{(150)^2 + (173.3 - 126.4)^2} \approx 157.2 \Omega$$

ب. التردد الطبيعي للدارة الذي يحدث عنده الرنين :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{460 \times 10^{-3} \times 21 \times 10^{-6}}} \approx 322 \text{ rad/s}$$

12. أتحلل البيانات: معتمداً على العلاقة البيانية المجاورة لتغير التيار الذي يسري في دارة مقاومة فقط مقدارها (40Ω) ، أجد:



أ . القيمتين العظمى والفعالة للتيار.

ب. التردد الزاوي للتيار.

ج . القيمة الفعالة لفرق الجهد.

د . القدرة الكهربائية المستهلكة في المقاومة.

الحل:

أ . القيمتين العظمى والفعالة للتيار:

$$I_{max} = 15 \text{ A}$$

$$I_{rms} = I_{max} \times 0.71 = 15 \times 0.71 = 10.65 \text{ A}$$

ب. التردد الزاوي للتيار :

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{T} = 2 \times 3.14 \times \left(\frac{1}{20 \times 10^{-3}} \right) = 314 \text{ rad/s}$$

ج . القيمة الفعالة لفرق الجهد:

$$V_{rms} = I_{rms} \times R = 10.65 \times 40 = 426 \text{ V}$$

د . القدرة الكهربائية المستهلكة في المقاومة:

$$\bar{P} = I_{rms}^2 R = (10.65)^2 \times 40 = 4536.9 \text{ W}$$

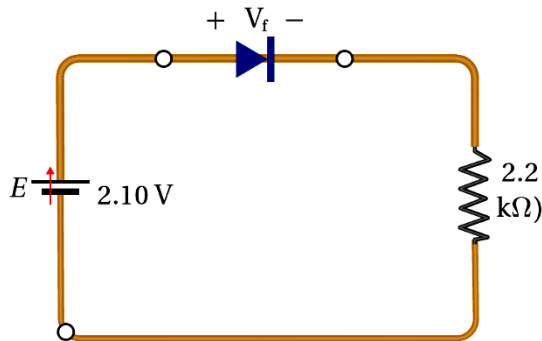
13. أحسب: يسري تيار متردد في مقاومة (200Ω) ، إذا كانت قيمته العظمى (2.8 A) ، فما القدرة المتوسطة المستهلكة في هذه المقاومة؟

الحل:

$$I_{rms} = I_{max} \times 0.71 = 2.8 \times 0.71 \approx 2 \text{ A}$$

$$\bar{P} = I_{rms}^2 R = (2)^2 \times 200 = 800 \text{ W}$$

14. أستخدم المتغيرات: وُصِّل ثنائي من الجرمانيوم على التوالي بمقاومة على نحو ما هو موضَّح في الشكل المجاور، اعتماداً على البيانات المثبتة على الشكل، أجد فرق الجهد على طرفي الثنائي، وفرق الجهد على طرفي المقاومة ΔV_R ، والتيار المار في المقاومة.



الحل:

الثنائي موصول في حالة انحياز أمامي، وحاجز الجهد له (0.3V) لأنه من الجرمانيوم. لذلك؛ فإن فرق الجهد على طرفي الثنائي (0.3V).

فرق الجهد على طرفي المقاومة:

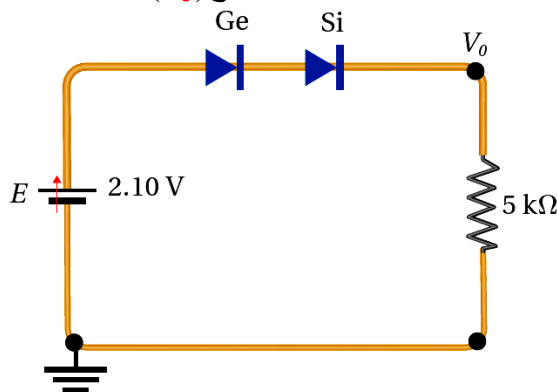
$$\Delta V_R = 2.1 - 0.3 = 1.8 \text{ V}$$

والتيار المار في المقاومة:

$$I = \frac{\Delta V_R}{R} = \frac{1.8}{2.2 \times 10^3} \approx 0.00082 \text{ A} = 0.82 \text{ mA}$$

15. أستخدم المتغيرات: وُصِّل ثنائيان من السليكون (Si) والجرمانيوم (Ge) على التوالي بمقاومة على نحو ما هو مبين في الشكل المجاور، اعتماداً على البيانات المثبتة على الشكل أجد الجهد الناتج (V_0).

الحل:

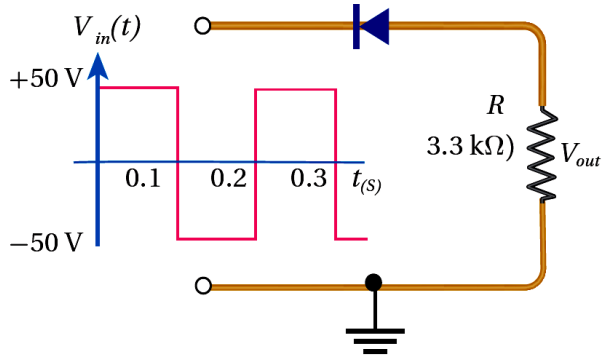


الثنائيان موصولان في حالة انحياز أمامي، وحاجز الجهد (0.3V) للجرمانيوم و(0.7 V) للسليكون .

فرق الجهد على طرفي المقاومة:

$$\Delta V_R = V_0 = 2.1 - 0.3 - 0.7 = 1.1 \text{ V}$$

16. أحل: أحضر باسم دائرة متكاملة تستخدم للتوقيت تنتج إشارة مربعة، وقام هو وأفراد مجموعته بتوصيلها بثنائي ومقاومة على نحو ما هو مبين في الشكل المجاور، اعتماداً على البيانات الموضحة على الشكل: أ. أناقش وأفراد مجموعتي الإشارة الخارجة، وأمثلة بيانياً (V_{out}) بالنسبة إلى الزمن.

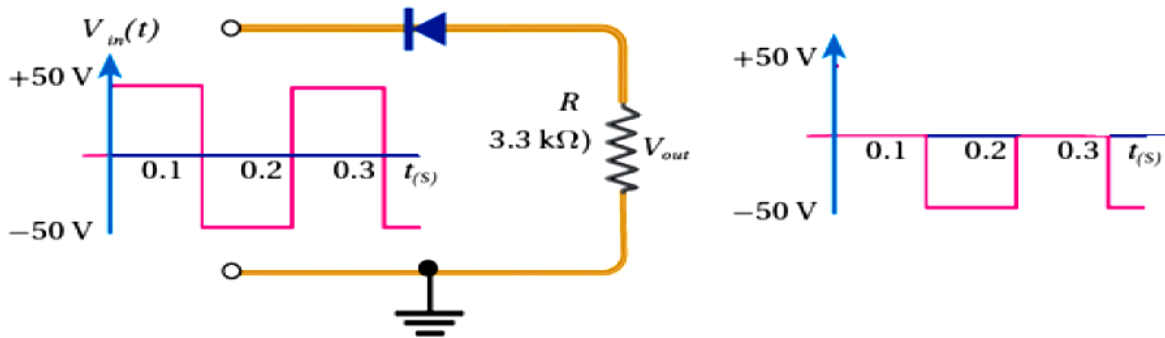


ب. إذا استخدمت بدلاً من المقاومة مصباحاً له نفس مقدار المقاومة أناقش وأفراد مجموعتي عدد المرات التي سيضيء فيها المصباح في الثانية الواحدة (على افتراض أن المصباح لا يعمل بمجرد انقطاع التيار عنه).

الحل:

أ. في الفترتين الزمنية (0-0.1s) و (0.2-0.3s) يكون الثنائي في حالة انحياز عكسي ولا يمرر الإشارة، أما في الفترة الزمنية (0.1-0.2s) فالثنائي في حالة انحياز أمامي ويمرر الإشارة.

ب.



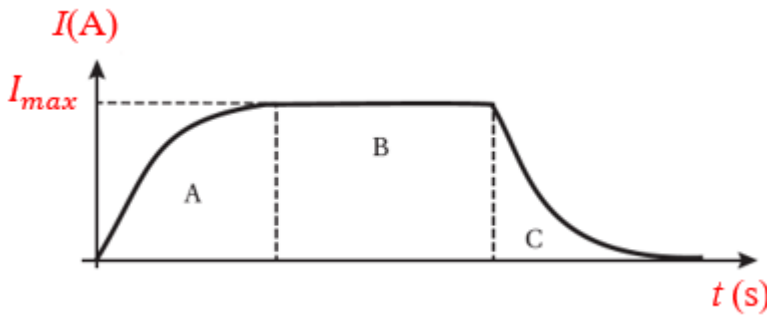
يضيء المصباح مرة واحدة كل (0.2s) لذلك يضيء خمس مرات في الثانية الواحدة.

17. أذكر عدد الطبقات التي يتكوّن منها الترانزستور، واستخداماته في الدارات الكهربائية. يتكوّن الترانزستور من ثلاث طبقات، بحيث تختلف الطبقة الوسطى عن الطبقتين الأخرين. يستخدم في الدارات الكهربائية كمفتاح كهربائي سريع الغلق والفتح، أو كمضخم للجهد، أو التيار أو القدرة.

أسئلة التفكير الواردة في كتاب الأنشطة

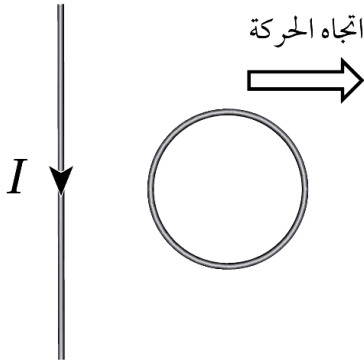
1. أضغ دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. يبين الشكل التمثيل البياني لعلاقة التيار الكهربائي والزمن لدارة تتكون من محث ومقاومة وبطارية. العبارة الصحيحة التي تصف التدفق المغناطيسي (Φ)، والقوة الدافعة الحثية (\mathcal{E}) في الفترة (B):



- (a) التدفق (Φ) يساوي صفر، والقوة الدافعة (\mathcal{E}) تساوي صفر.
- (b) التدفق (Φ) قيمة عظمى، والقوة الدافعة (\mathcal{E}) تساوي صفر.
- (c) التدفق (Φ) قيمة عظمى، والقوة الدافعة (\mathcal{E}) قيمة عظمى.
- (d) التدفق (Φ) يساوي صفر، والقوة الدافعة (\mathcal{E}) لها قيمة عظمى.

2. موصل مستقيم يمر فيه تيار كهربائي بالاتجاه المبين في الشكل، عند تحريك الحلقة لجهة اليمين، فإن التيار الكهربائي الحثي المتولد فيها يكون:



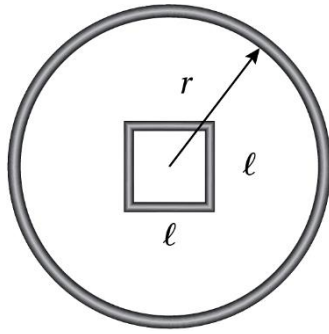
- (a) باتجاه حركة عقارب الساعة، لمقاومة الزيادة في التدفق.
- (b) عكس اتجاه حركة عقارب الساعة، لمقاومة النقصان في التدفق.
- (c) باتجاه حركة عقارب الساعة، لمقاومة النقصان في التدفق.
- (d) عكس اتجاه حركة عقارب الساعة، لمقاومة الزيادة في التدفق.

3. مقاومة الثنائي في حالة الانحياز الأمامي تُعدّ مقاومة:

- (a) أومية. (b) لا أومية. (c) كبيرة جدًا. (d) فلزية.

الإجابات :

3	2	1
b	b	b



- 2. أحسب:** حلقة مربعة الشكل طول ضلعها ($\ell = 2.0 \text{ cm}$) ، موضوعة داخل ملف لولبي نصف قطره ($r = 5.0 \text{ cm}$) ، وطوله (20.0 cm) ، وعدد لفاته (1000) ، يسري فيه تيار كهربائي مقداره (2.0 A) . أتأمل الشكل المجاور الذي يوضح منظرًا جانبيًا للملف والحلقة. أحسب ما يأتي:
- أ. التدفق المغناطيسي عبر الحلقة.
- ب. القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الحلقة إذا تلاشى تيار الملف خلال (2.0 s) .

الحل:

أ. التدفق المغناطيسي عبر الحلقة:

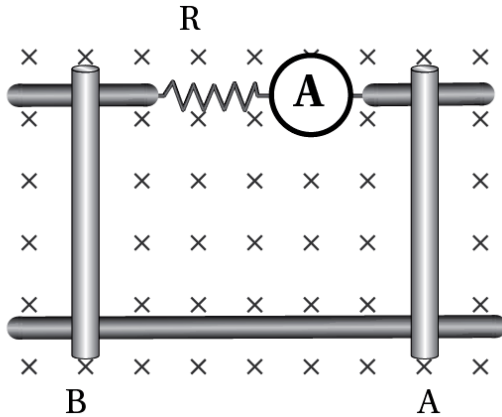
$$\Phi_B = BA \cos \theta = (\mu_0 I \frac{N}{\ell}) \ell^2 \cos 0.0^\circ, \quad n = \frac{N}{\ell}$$

$$= 4\pi \times 10^{-7} \times 2.0 \times \frac{1000}{20.0 \times 10^{-2}} \times (2.0 \times 10^{-2})^2 \times 1 = 5.02 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

ب. القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة:

$$\overline{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N \frac{\Phi_B(f) - \Phi_B(i)}{\Delta t} = -1 \left(\frac{0 - 5.02 \times 10^{-6}}{2.0} \right) = 2.51 \times 10^{-6} \text{ V}$$

- 3. موصان فلزيان (A) و (B) قابان للحركة على مجرى فلزي، غمرت جميعها في مجال مغناطيسي منتظم كما يبين الشكل. أحد لكل حالة مما يأتي هل سيمر تيار حثي أم لا؟ ثم أحد اتجاهه (مع أو عكس اتجاه حركة عقارب الساعة).**



- أ. تحريك الموصل (B) باتجاه محور (x-) مع بقاء الموصل (A) ساكنًا.
- ب. تحريك الموصلان باتجاه محور (x+) بالسرعة نفسها.
- ج. تحريك الموصلان بالسرعة نفسها؛ الموصل (A) باتجاه محور (x+) والموصل (B) باتجاه محور (x-).

- أ. سيمر تيار كهربائي حثي، ويكون بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة؛ لمقاومة الزيادة في التدفق المغناطيسي.
- ب. لا يمر تيار كهربائي حثي، لعدم حدوث تغيير في التدفق المغناطيسي عبر الحلقة التي يُشكّلها الموصلان مع المجرى.
- ج. سيمر تيار كهربائي حثي، ويكون بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة؛ لمقاومة الزيادة في التدفق المغناطيسي.

4. تنقل شركة الكهرباء طاقة كهربائية بقدرة مقدارها (500 MW) إلى مدينة تبعد عن محطة توليد الكهرباء مسافة (30 km) ، فإذا كانت مقاومة أسلاك الخطوط الناقلة تساوي (0.2Ω/km) ، أحسب ما يأتي:
- أ. مقدار القدرة الضائعة في خطوط النقل عند نقل الطاقة باستخدام فرق جهد متردد قيمته الفعالة (240V).
- ب. مقدار القدرة الضائعة في خطوط النقل عند استخدام محوّل رافع يرفع القيمة الفعالة للجهد إلى (32000V).

الحل:

نحسب أولاً مقاومة السلك كاملةً

$$R = 0.2 \times 30 = 6 \Omega$$

أ. القدرة الضائعة عند فرق جهد (240V)، أحسب التيار المار في السلك من القدرة و فرق الجهد:

$$I = \frac{\bar{P}}{\Delta V} = \frac{500 \times 10^6}{240} = 2.1 \times 10^6 \text{ A}$$

$$\bar{P} = I^2 R = (2.1 \times 10^6)^2 \times 6 \approx 26.5 \times 10^{12} \text{ W}$$

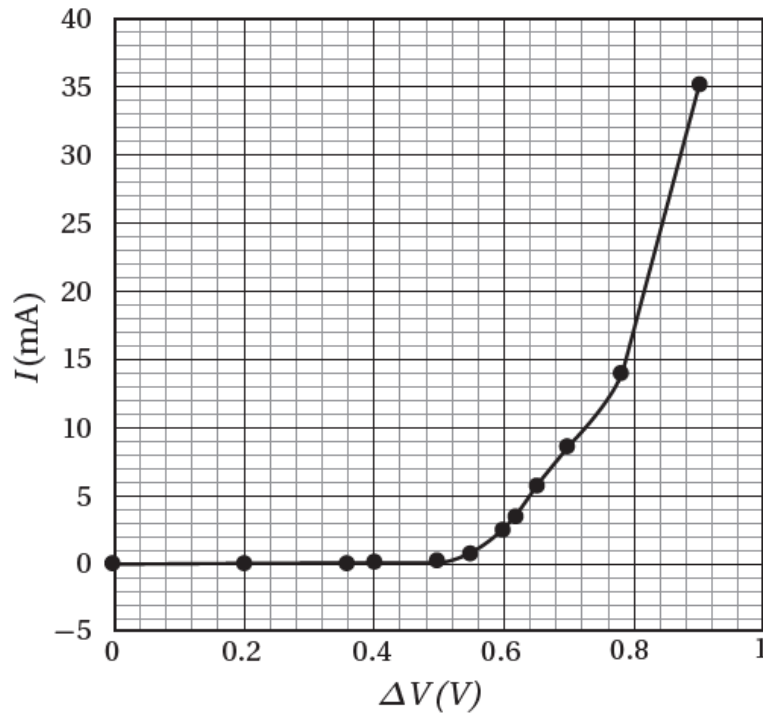
ب. القدرة الضائعة عند فرق جهد (32000V):

$$I = \frac{\bar{P}}{\Delta V} = \frac{500 \times 10^6}{32000} = 15625 \text{ A}$$

$$\bar{P} = I^2 R = (15625)^2 \times 6 \approx 1.5 \times 10^9 \text{ W}$$

5. دارتان كهربائيتان، تتكوّن الأولى من مواسع ومصدر فرق جهد متردد، وتتكوّن الثانية من محثّ ومصدر فرق جهد متردد، فإذا كان المصدران متماثلين من حيث فرق الجهد والتردد، كيف تتغير القيمة الفعالة للتيار في كل دائرة إذا تضاعف التردد الزاوي لمصدر فرق الجهد بمقدار (5) أضعاف؟

في دائرة المحثّ تزداد المعاوقة بمقدار خمسة أضعاف، لأن معاوقة المحثّ تتناسب طردياً مع تردد المصدر، فنقل القيمة الفعالة للتيار إلى الخمس. وفي دائرة المواسع نقل المعاوقة إلى الخمس لأنها تتناسب عكسياً مع تردد المصدر، فتزداد القيمة الفعالة للتيار إلى خمسة أضعاف.



- 6.** حصلت شذى على الرسم البياني الموضح خلال دراستها للعلاقة بين التيار الكهربائي المار في الثنائي وفرق الجهد على طرفيه.
- أ. ما مقدار حاجز الجهد للثنائي؟
- ب. أتوقع: هل الثنائي مصنوع من السليكون أم من الجرمانيوم؟
- ج. ما مقدار مقاومة الثنائي عندما يكون فرق الجهد بين ($0.8 - 0.9 \text{ V}$) ؟
- د. أتوقع: هل الثنائي في حالة انحياز أمامي أم عكسي؟
- هـ. أحلل وأفسر: أفسر عدم مرور تيار عند فرق جهد أقل من (0.5 V) فولت.

- أ. حاجز الجهد ما بين ($0.6 - 0.7 \text{ V}$).
- ب. الثنائي مصنوع من السليكون.
- ج. من الرسم نجد:

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{0.9 - 0.8}{(35 - 17) \times 10^{-3}} = 5.5 \Omega$$

- د. في حالة انحياز أمامي.
- هـ. لأن فرق الجهد في هذه الحالة يكون أقل من حاجز الجهد للثنائي.

7. لدى أحمد جهاز مذياع يستمع خلاله لإرسال المحطات على الموجة المتوسطة، وعندما يضع المؤشر على التردد (801 kHz) يستمع إلى إذاعة المملكة الأردنية الهاشمية من عمان. وبسبب حدوث عطل في الجهاز، حاول إصلاحه فوجد داخله ملفاً لولبياً (محثاً)، قام بوضع ملف آخر بدلاً منه، لكن فوجئ عند تشغيل الجهاز بأن المحطات الإذاعية لم تعد في أماكنها على اللوحة. أفسر ما الذي أحدثه أحمد في دائرة الاستقبال في جهاز المذياع.

عندما بَدَّلَ أحمد المحث في جهاز المذياع تغيّرت المعاوقة المحثية لدائرة الاستقبال، فتغيرت حالة الرنين، وبذلك أصبح عند اختياره للتردد (801 KHz) على اللوحة لا يحصل على تردد رنين يوافق تردد إذاعة المملكة الأردنية الهاشمية.

معتدداً على بيانات الشكل المجاور الذي يمثل منحنى العلاقة بين التيار الكهربائي وفرق الجهد ($I-V$) لثنائي موصل مع مصدر جهد مستمر ، اجب عن الأسئلة التالية :



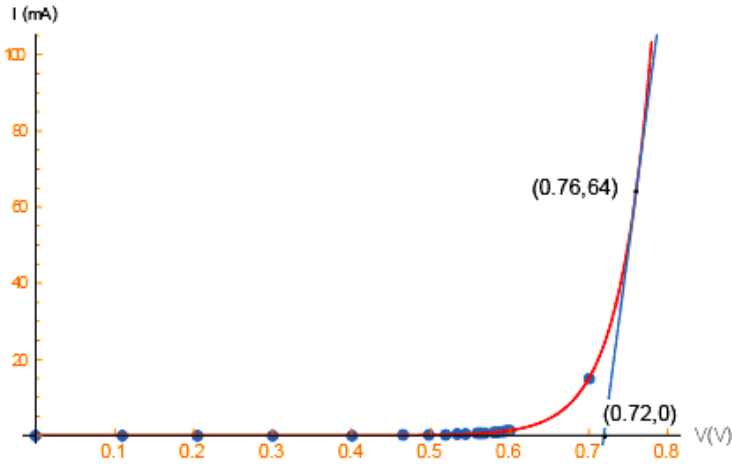
1. ماذا تمثل القيمة ($0.7V$) على محور

$(+x)$.

2. احسب ميل المماس المحدد بالشكل

وماذا يمثل.

3. احسب مقدار مقاومة الثنائي .



الحل :

1. القيمة ($0.7V$) على محور $(+x)$ ، تمثل حاجز الجهد للثنائي مصنوع من مادة السيليكون .

2.

$$\text{Slope} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta I}{\Delta V} = \frac{(64-0) \times 10^{-3}}{(0.76-0.72)} = 1.6 \frac{1}{\Omega} = 1.6 \Omega^{-1}$$

وهذه القيمة تمثل مقلوب مقاومة الثنائي في حالة الانحياز الأمامي .

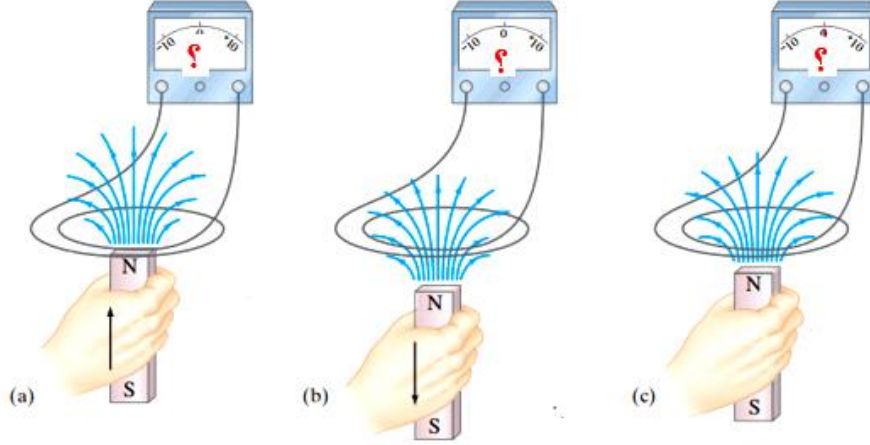
3.

$$R = \frac{1}{\text{slope}} = \frac{1}{1.6} = 0.625 \Omega$$

أسئلة وزارة + أسئلة إضافية

مثال 1: إضافي

في الشكل المجاور حدد اتجاه التيار المتولد في الملف في الحالات الثلاث (a,b,c):

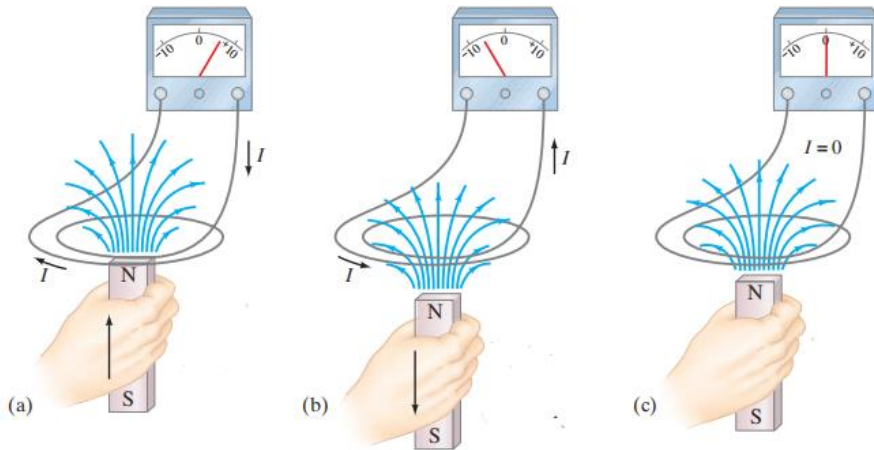


الحل:

في الشكل (a): عند تقريب القطب الشمالي للمغناطيس من أحد طرفي ملف، ونتيجة لذلك يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف، فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية بين طرفيه، تؤدي إلى مرور تيار كهربائي حثي في الاتجاه الذي يولد مجالاً مغناطيسياً يقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي. وهذا يعني أن طرف الملف القريب من المغناطيس يصبح قطباً مغناطيسياً شمالياً، فيتنافر مع القطب الشمالي للمغناطيس. ولأحدد اتجاه التيار الكهربائي الحثي، أستخدم قاعدة اليد اليمنى حيث يُشير الإبهام إلى اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن الملف (B_{ind})، في حين يُشير اتجاه انحناء بقية الأصابع إلى اتجاه التيار الكهربائي الحثي في لفات الملف.

في الشكل (b): عند إبعاد القطب الشمالي للمغناطيس عن طرف الملف، يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترقه، فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية بين طرفيه تؤدي إلى مرور تيار كهربائي حثي في الاتجاه الذي يولد مجالاً مغناطيسياً اتجاهه نحو اليسار، ليصبح طرف الملف القريب من المغناطيس قطباً مغناطيسياً جنوبياً؛ كي يقاوم النقص في التدفق المغناطيسي، فتتسبب قوة تجاذب بين القطبين تقاوم ابتعاد القطب الشمالي عن الملف. وأحدد اتجاه التيار الكهربائي الحثي المتولد باستخدام قاعدة اليد اليمنى.

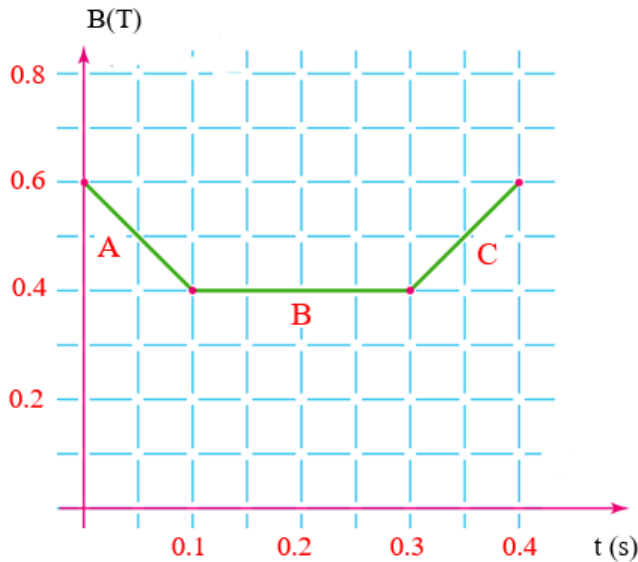
في الشكل (c): لا يوجد حركة للمغناطيس وبالتالي لا يتولد فيه تيار حثي. والشكل التالي يبين اتجاه التيار في الحالات الثلاث.



مثال 2: إضافي

عند تحريك مغناطيس داخل ملف ، يتغير المجال المغناطيسي الذي يخترق الملف بالنسبة للزمن وفق الرسم البياني في الشكل المجاور ، إذا علمت أن عدد لفات الملف (2000) لفة ، ومساحة مقطع اللفة الواحدة (80 cm^2) ، واتجاه المجال المغناطيسي يوازي متجه المساحة ، فأجب عن الأسئلة التالية :

1. احسب التغير في التدفق المغناطيسي عبر الملف في الفترات الزمنية (A,B,C)
2. احسب متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف في الفترات الزمنية (A,B,C)



الحل:

1. التغير في التدفق المغناطيسي عبر الملف:

$$\begin{aligned}\Delta\Phi_{B(A)} &= \Phi_{B(f)} - \Phi_{B(i)} \\ &= B_f A \cos \theta - B_i A \cos \theta \\ &= (B_f - B_i) A \cos 0.0^\circ \\ &= (0.4 - 0.6) \times 80 \times 10^{-4} \times 1 \\ &= -1.6 \times 10^{-3} \text{ Wb}\end{aligned}$$

$$\Delta\Phi_{B(B)} = 0$$

لا يوجد تغير في المجال المغناطيسي في الفترة (B) وبالتالي يكون التغير في التدفق صفر

$$\begin{aligned}\Delta\Phi_{B(C)} &= \Phi_{B(f)} - \Phi_{B(i)} \\ &= B_f A \cos \theta - B_i A \cos \theta \\ &= (B_f - B_i) A \cos 0.0^\circ \\ &= (0.6 - 0.4) \times 80 \times 10^{-4} \times 1 \\ &= 1.6 \times 10^{-3} \text{ Wb}\end{aligned}$$

2. متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية:

$$\bar{\varepsilon}_{(A)} = -N \frac{\Delta\Phi_{B(A)}}{\Delta t} = -2000 \times \frac{-1.6 \times 10^{-3}}{0.1 - 0} = 32 \text{ V}$$

$$\bar{\varepsilon}_{(B)} = -N \frac{\Delta\Phi_{B(B)}}{\Delta t} = -2000 \times \frac{0}{0.3 - 0.1} = 0 \text{ V}$$

$$\bar{\varepsilon}_{(C)} = -N \frac{\Delta\Phi_{B(C)}}{\Delta t} = -2000 \times \frac{1.6 \times 10^{-3}}{0.4 - 0.3} = -32 \text{ V}$$

مثال 3: إضافي

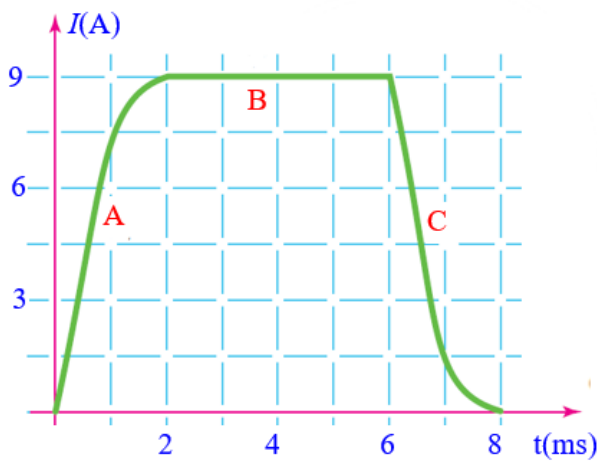
ملف عدد لفاته (N) ومساحة اللفة الواحدة (A) مغمور في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (B) موازاً لمتجه المساحة. إذا زاد المجال المغناطيسي عبر الملف إلى الضعف خلال فترة زمنية (Δt)، فما متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف؟

$$\Phi_{B(1)} = BA \cos \theta, \theta = 0^\circ, \cos 0^\circ = 1 \rightarrow \Phi_{B(1)} = BA$$

$$\Phi_{B(2)} = 2 BA$$

$$\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N \frac{\Phi_{B(2)} - \Phi_{B(1)}}{\Delta t} = -N \frac{2 BA - BA}{\Delta t} = -N \frac{BA}{\Delta t}$$

مثال 4: إضافي



يتغير التيار الكهربائي في دائرة محث محاثته (0.2 H) من لحظة غلق دارته حتى تلاشي التيار فيها بعد فتح الدارة وفق المنحنى في الشكل المجاور، مستعينا بالشكل اجب عن الأسئلة التالية:

1. ماذا تمثل كل فترة من الفترات (A, B, C).
2. احسب متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتولدة في كل فترة من الفترات (A, B, C).

الحل:

1. طبيعة الفترات:

- الفترة (A) التي تمتد خلال الفترة الزمنية ($0-2 \text{ ms}$)، تمثل النمو التدريجي للتيار (I) حتى يصل إلى (9 A) وهي الفترة التي يغلق فيها مفتاح الدارة الكهربائية.
- الفترة (B) التي تمتد خلال الفترة الزمنية ($2-6 \text{ ms}$)، تمثل ثبات التيار (أعلى قيمة للتيار) وهي الفترة التي يبقى فيها المفتاح مغلق.
- الفترة (C) التي تمتد خلال الفترة الزمنية ($6-8 \text{ ms}$)، تمثل التلاشي التدريجي للتيار (I) من (9 A) حتى يصل إلى (0 A) وهي الفترة التي يفتح فيها مفتاح الدارة الكهربائية.

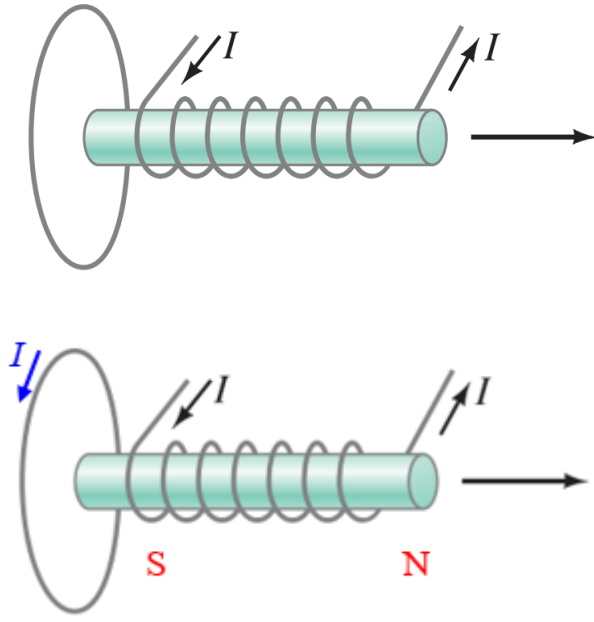
2. متوسط القوة الدافعة الكهربائية:

$$\bar{\mathcal{E}}_{(A)} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L \frac{(I_f - I_i)}{\Delta t} = -0.2 \times \frac{(9.0 - 0.0)}{(2-0) \times 10^{-3}} = -900 \text{ V}$$

$$\bar{\mathcal{E}}_{(B)} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L \frac{(I_f - I_i)}{\Delta t} = -0.2 \times \frac{(9.0 - 9.0)}{(2-0) \times 10^{-3}} = 0 \text{ V}$$

$$\bar{\mathcal{E}}_{(C)} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L \frac{(I_f - I_i)}{\Delta t} = -0.2 \times \frac{(0.0 - 9.0)}{(2-0) \times 10^{-3}} = 900 \text{ V}$$

مثال 5: إضافي



ملف لولبي يسري فيه تيار بالاتجاه الموضح بالشكل المجاور ، إذا سحب الملف اللولبي بعيدا عن الحلقة ، حدد اتجاه التيار المتولد فيها ؟

حسب اتجاه التيار في الملف اللولبي الذي يكافئ مغناطيس قطبه الجنوبي القريب من الحلقة ، وعند إبعاد القطب الجنوبي للمغناطيس عن طرف الحلقة ، يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترقها ، فيتولد تيار كهربائي حثي في الاتجاه الذي يولد مجالاً مغناطيسياً يُقاوم النقص في التدفق المغناطيسي ، لذلك يجب أن يكون التيار في الحلقة بعكس عقارب الساعة ، والشكل المجاور يوضح اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن الملف اللولبي والتيار الحثي المتولد في الحلقة.

مثال 6: إضافي

كيف يقاوم التيار الحثي التغير في التدفق المغناطيسي؟
الحل:

أن يكون اتجاهه بحيث يتولد عنه مجال مغناطيسي حثي باتجاه المجال المغناطيسي الأصلي نفسه، الذي يخترق الملف إن كان التدفق المغناطيسي الأصلي بنقصان، أو يتولد مغناطيسي حثي بعكس اتجاه المجال الأصلي الذي يخترق الملف إن كان التدفق الأصلي بزيادة.

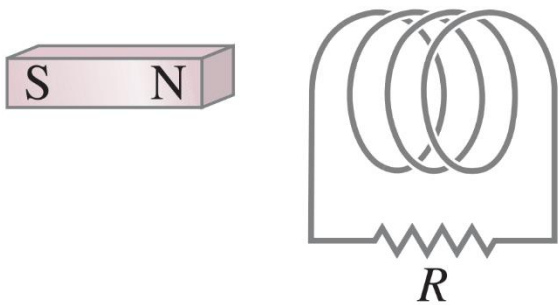
مثال 7: إضافي

ماذا تعني الإشارة السالبة في قانون فارادي؟

الإشارة السالبة تعني أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية، تنشأ بحيث تقاوم التغير في التدفق المغناطيسي المسبب لها.

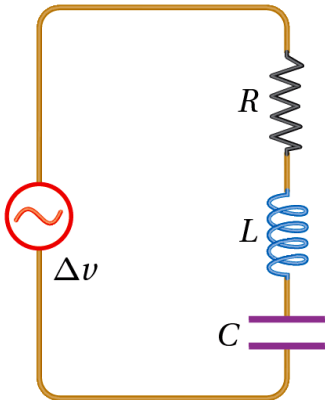
مثال 8: إضافي

قرب قطب شمالي لمغناطيس من ملف موصول مع مقاومة في أي اتجاه يمر التيار المتولد خلال المقاومة ؟



عند اقتراب المغناطيس من الملف ، التدفق المغناطيسي يزداد خلاله ، ولمقاومة هذه الزيادة ينتج مجال مغناطيسي بالاتجاه المعاكس ، لذلك يكون التيار في المقاومة من اليمين لليسار.

مثال 9: إضافي



دائرة تحتوي على مصدر فرق جهد متردد قيمته الفعالة (90.0V) وتردده (500Hz)، يتصل على التوالي بمقاومة (25.0Ω) ومحث محاثته (30.0 mH)، ومواسع موسعته (12μF) أجد كلا مما يلي:
أ. التيار المار في الدارة.
ب. قراءة الفولتميتر على المقاومة والمحث والمواسع.

الحل:

أ. التيار المار في الدارة:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 500 = 3140 \text{ rad/s}$$

$$X_L = \omega L = 3140 \times 30 \times 10^{-3} = 94.2 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{3140 \times 12 \times 10^{-6}} = 26.5 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$= \sqrt{(25.0)^2 + (94.2 - 26.5)^2}$$

$$\approx 72.2 \Omega$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z} = \frac{90}{72.2} \approx 1.25 \text{ A}$$

ب. قراءة الفولتميتر:

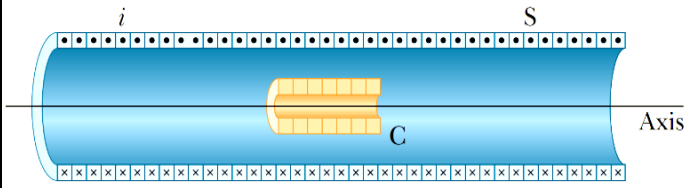
$$V_{R(rms)} = I_{rms} \times R = 1.25 \times 25.0 = 31.25 \text{ V}$$

$$V_{L(rms)} = I_{rms} \times X_L = 1.25 \times 94.2 = 118 \text{ V}$$

$$V_{C(rms)} = I_{rms} \times X_C = 1.25 \times 26.5 = 33.125 \text{ V}$$

لاحظ أن مجموع قراءات الثلاث لا يساوي جهد المصدر ، وهذا يحدث في الدارات التي تحتوي محث أو موسع .

مثال 10: إضافي



في الشكل المجاور الذي يمثل مقطع طولي لملفان لولبيان متحذان بالمحور، الملف الخارجي الطويل (S) يتكون من عدد لَقَاتٍ بمعدل (220 turns/cm) وقطره (3.2 cm) ويحمل تيار (1.5 A)، والملف الداخلي (C) عدد لفاته (130 turns) وقطره (2.1 cm)، أحسب ما يأتي:

- أ. التدفق المغناطيسي عبر الملف الداخلي (C).
 ب. القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الملف الداخلي (C) إذا تلاشى تيار الملف (S) خلال (25 ms).

الحل:

أ. التدفق المغناطيسي عبر الملف الداخلي (C):

$$\Phi_{B(i)} = B_S A_C \cos \theta = (\mu_0 I n) \pi r^2 \cos 0.0^\circ, \quad n = \frac{N}{\ell}$$

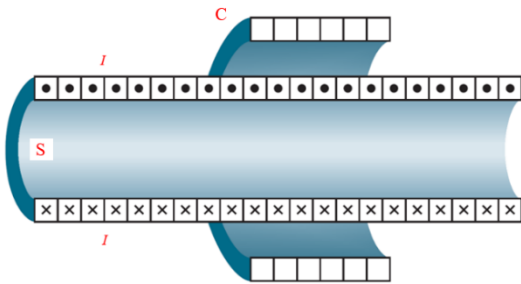
$$= 4\pi \times 10^{-7} \times 1.5 \times (220 \times 100) \times 3.14 \times (1.05 \times 10^{-2})^2 \times 1 = 1.44 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

ب. القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة:

$$\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N \frac{\Phi_{B(f)} - \Phi_{B(i)}}{\Delta t} = -130 \left(\frac{0 - 1.44 \times 10^{-5}}{25 \times 10^{-3}} \right)$$

$$= 7.5 \times 10^{-2} \text{ V} = 75 \text{ mV}$$

مثال 11: إضافي



في الشكل المجاور الذي يمثل مقطع طولي لملفان لولبيان متحذان بالمحور، الملف الداخلي الطويل (S) يتكون من عدد لَقَاتٍ بمعدل (220 turns/cm) وقطره (3.2 cm) وتياره (1.5 A)، والملف الخارجي (C) عدد لفاته (120 turns) ونصف قطره (1.8 cm) ومقاومته (5.3 Ω)، احسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الملف الخارجي (C) إذا تلاشى تيار الملف (S) خلال (25 ms).

الحل:

$$\Phi_{B(i)} = B A \cos \theta = (\mu_0 I n) \pi r^2 \cos 0.0^\circ, \quad n = \frac{N}{\ell}$$

$$= 4\pi \times 10^{-7} \times 1.5 \times (220 \times 100) \times 3.14 \times (1.8 \times 10^{-2})^2 \times 1 = 4.2 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

ب. القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة:

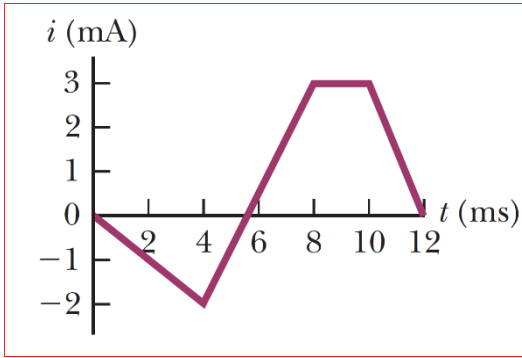
$$\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N \frac{\Phi_{B(f)} - \Phi_{B(i)}}{\Delta t} = -120 \left(\frac{0 - 4.2 \times 10^{-5}}{25 \times 10^{-3}} \right)$$

$$= 0.20 \text{ V}$$

$$I_1 = \left| \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} \right| = \left| \frac{0.20}{5.3} \right| = 0.037 \text{ A} = 37 \text{ mA}$$

مثال 12: إضافي

إذا مثلت تغيرات التيار المار في محث محاثته (4mH) مع الزمن كما في الشكل المجاور، جد القوة الدافعة الحثية المتولدة في كل مرحلة وارسم تغيرات القوة الدافعة الحثية المتولدة مع الزمن؟



$$t_1 = 0 \rightarrow 4 \text{ ms}$$

$$\bar{\varepsilon}_1 = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L \frac{(I_f - I_i)}{\Delta t} = -4 \times 10^{-3} \times \frac{(-2 - 0.0) \times 10^{-3}}{(4 - 0) \times 10^{-3}} = +2.00 \text{ mV}$$

$$t_2 = 4 \rightarrow 8 \text{ ms}$$

$$\bar{\varepsilon}_2 = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L \frac{(I_f - I_i)}{\Delta t} = -4 \times 10^{-3} \times \frac{(3 - -2) \times 10^{-3}}{(8 - 4) \times 10^{-3}} = -5.00 \text{ mV}$$

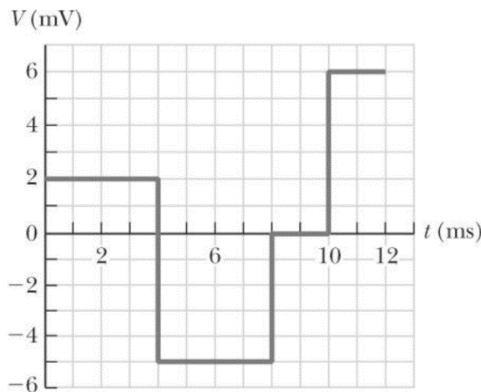
$$t_3 = 8 \rightarrow 10 \text{ ms}$$

$$\bar{\varepsilon}_3 = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L \frac{(I_f - I_i)}{\Delta t} = -4 \times 10^{-3} \times \frac{(3 - 3) \times 10^{-3}}{(10 - 8) \times 10^{-3}} = 0.00 \text{ mV}$$

$$t_4 = 10 \rightarrow 12 \text{ ms}$$

$$\bar{\varepsilon}_4 = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L \frac{(I_f - I_i)}{\Delta t} = -4 \times 10^{-3} \times \frac{(0 - 3) \times 10^{-3}}{(12 - 10) \times 10^{-3}} = +6.00 \text{ mV}$$

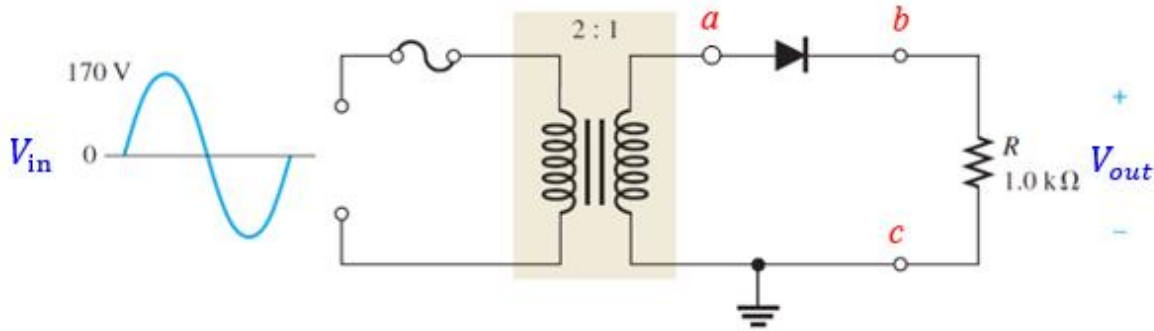
ويمكن تمثيل القوة الدافعة الحثية المتولدة مع الزمن كما في الشكل المجاور:



مثال 13: إضافي

في الشكل التالي ثنائي مصنوع من مادة السليكون ، موصول مع الملف الثانوي لمحول خافض للجهد بنسبة (2:1) والملف الابتدائي للمحول موصول مع مصدر جهد متردد قيمته العظمى (170 V)، جد ما يلي :

1. جهد النقطة (a).
2. جهد النقطة (b).
3. شكل الموجة (V_{out}).



1. جهد النقطة (a)، هو جهد النقطة (a) بالنسبة للأرضي ، ويمثل خرج المحول مباشرة ويحسب كما يلي :

$$\frac{\Delta V_2}{N_2} = \frac{\Delta V_1}{N_1}$$

$$\frac{\Delta V_2}{1} = \frac{170}{2}$$

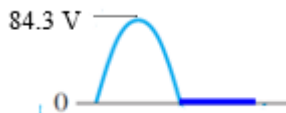
$$\Delta V_2 = \frac{170}{2} = 85V$$

2. جهد النقطة (b)، هو جهد النقطة (b) بالنسبة للأرضي ، ويمثل فرق الجهد على المقاومة (R) ويحسب كما يلي:

$$V_b = V_a - 0.7$$

$$= 85 - 0.7 = 84.3 \text{ V}$$

3. شكل الموجة V_{out} :



مثال 14: إضافي

ملف عدد لفاته (200) لفة، مغمور في مجال مغناطيسي منتظم، فإذا علمت أن التدفق المغناطيسي عبره (0.4 Wb)، احسب:
1. متوسط القوة الدافعة الكهربية الحثية المتولدة في الملف عندما تصبح الزاوية بين متجه المساحة ومتجه المجال (90°) خلال (0.1s).

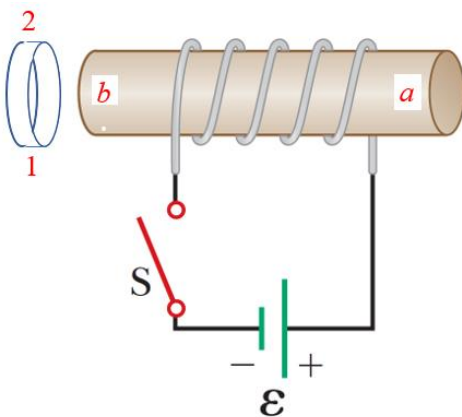
$$\begin{aligned}\Delta\Phi_B &= \Phi_{B(f)} - \Phi_{B(i)} \\ &= BA \cos \theta_f - BA \cos \theta_i \\ &= BA \cos 90^\circ - BA \cos 0^\circ \\ &= 0 - 0.4 \\ &= -0.4 \text{ Wb}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{\varepsilon} &= -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -200 \times \frac{-0.4}{0.1} \\ &= 800 \text{ V}\end{aligned}$$

2. المعدل الزمني للتغير في التدفق المغناطيسي عندما يصبح متوسط القوة الدافعة الكهربية (-1200V)

$$\begin{aligned}\bar{\varepsilon} &= -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \\ -1200 &= -200 \times \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \rightarrow \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = \frac{-1200}{-200} = 6 \text{ Wb/s}\end{aligned}$$

مثال 15: إضافي



يمثل الشكل المجاور دائرة كهربائية تحوي ملف لولبي ، وُضع بجانبها حلقة دائرية فلزنية ، لحظة إغلاق المفتاح (S) يكون :

1. القطب (b) شمالي و تيار الحلقة مع عقارب الساعة.
 2. القطب (b) شمالي و تيار الحلقة عكس عقارب الساعة.
 3. القطب (a) شمالي و تيار الحلقة مع عقارب الساعة.
 4. القطب (a) شمالي و تيار الحلقة عكس عقارب الساعة.
- الجواب الصحيح (3)

مثال 16: إضافي

أي الوحدات الآتية تكافئ وحدة القوة الدافعة الكهربية الحثية؟

- أ. V.m/s ب. T.Ω/s ج. Wb/Ω.s د. Wb/s

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \rightarrow [\varepsilon] = \frac{\text{Wb}}{\text{s}}$$

الجواب الصحيح : (د)

مثال 17: إضافي

أي الوحدات الآتية تكافئ وحدة التيار الحثي الذي يمر عبر دائرة تتولد فيها قوة دافعة كهربائية حثية؟

أ. V.m/s ب. T.Ω/s ج. Wb/Ω.s د. Wb.Ω/s

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \rightarrow [\varepsilon] = \frac{Wb}{s}$$

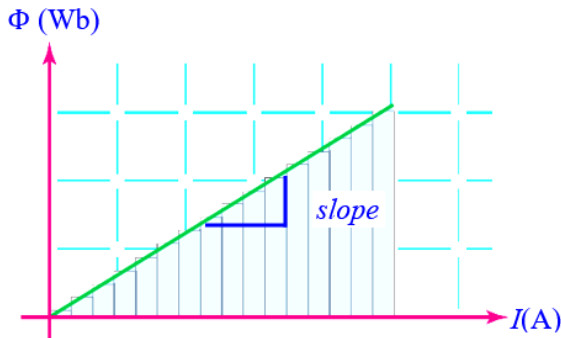
$$I_1 = \left| \frac{\bar{\varepsilon}}{R} \right| \rightarrow [I] = \frac{[\varepsilon]}{[R]} = \frac{\frac{Wb}{s}}{\Omega} = \frac{Wb}{\Omega.s}$$

الجواب الصحيح: (ج)

مثال 18: إضافي

ميل منحنى العلاقة بين التيار المار في محث يتكون من لفة واحدة والتدفق المغناطيسي خلاله يمثل:

أ. محاثّة المحث
ب. معاوقة المحث
ج. التدفق المغناطيسي
د. المجال المغناطيسي



$$L I = N \Phi_B \rightarrow L = \frac{N \Phi_B}{I} = \text{slope}$$

الجواب الصحيح: (أ)

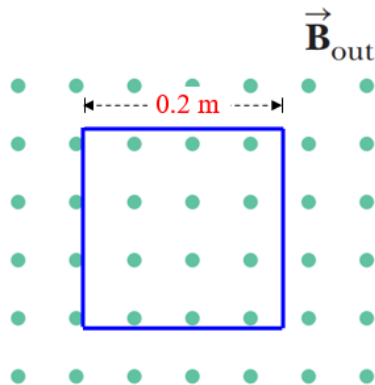
مثال 19: وزارة 2019 تكميلي

ملف مربع الشكل عدد لفاته (200) لفة، ومقاومته (8Ω) موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.4 T) اتجاهه يوازي متجه المساحة كما في الشكل المجاور.

أجب عما يأتي :

1. احسب التيار الحثي المتولد في الملف عندما يدور ربع دورة بحيث يكون متجه المساحة عمودي على خطوط المجال في زمن مقداره (0.1 s).

2. اذكر ثلاث طرائق أخرى لتوليد تيار حثي في الملف.



الحل:

1.

$$\begin{aligned}\Delta\Phi_B &= \Phi_{B(f)} - \Phi_{B(i)} \\ &= BA(\cos\theta_f - \cos\theta_i) \\ &= 0.4(0.2)^2 (\cos 90^\circ - \cos 0^\circ) \\ &= -0.016 \text{ Wb}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{\varepsilon} &= -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -200 \times \frac{-0.016}{0.1} = 32 \text{ V} \\ &= 2.8 \times 10^{-3} \text{ V}\end{aligned}$$

$$I_1 = \left| \frac{\bar{\varepsilon}}{R} \right| = \left| \frac{32}{8} \right| = 4 \text{ A}$$

2.

1. تغيير مقدار المجال المغناطيسي.
2. تغيير المساحة التي يخترقها المجال المغناطيسي.
3. تغيير الزاوية المحصورة بين اتجاهي المجال المغناطيسي والمساحة.

مثال 20: وزارة 2019 تكميلي

عند إبعاد قطب جنوبي لمغناطيس عن ملف لولبي في دائرة كهربائية مغلقة، يتولد تيار حثي بحيث:

- أ. يُنقص من التدفق المغناطيسي عبر الملف.
- ب. يُصبح طرف الملف القريب من الجنوبي للمغناطيس قطباً جنوبي.
- ج. يُنتج مجال مغناطيسي حثي مع اتجاه المجال الأصلي.
- د. يُقلل عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق الملف.

الجواب الصحيح : (ج)

مثال 21: وزارة 2019

محث عدد لفاته (200) لفة، يمر فيه تيار كهربائي (2A) أمبير فيتولد مجال مغناطيسي تدفقه $(2.5 \times 10^{-4} \text{ Wb})$ أجب عما يأتي:

1. احسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في المحث إذا انعدم مرور التيار الكهربائي في المحث خلال (0.2) ثانية .
 2. احسب معامل الحث الذاتي للمحث.
 3. ما تفسير الإشارة السالبة في قانون فارادي؟
- الحل:

$$\begin{aligned}\Delta\Phi_B &= \Phi_{B(f)} - \Phi_{B(i)} \\ &= 0 - 2.5 \times 10^{-4} \\ &= -2.5 \times 10^{-4} \text{ Wb}\end{aligned}$$

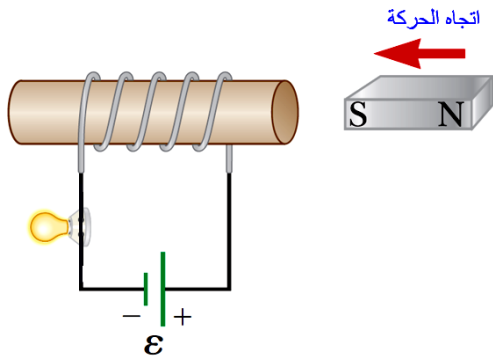
$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -200 \times \frac{-2.5 \times 10^{-4}}{0.2} = 25 \times 10^{-2} \text{ V}$$

$$\bar{\varepsilon} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow 25 \times 10^{-2} = -L \frac{0-2}{0.2} \rightarrow L = 2.5 \times 10^{-2} \text{ H}$$

والإشارة السالبة تعني أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة تكون في الاتجاه الذي يُقاوم التغير في التدفق المغناطيسي الذي يؤدي إلى توليدها.

مثال 22: وزارة 2019

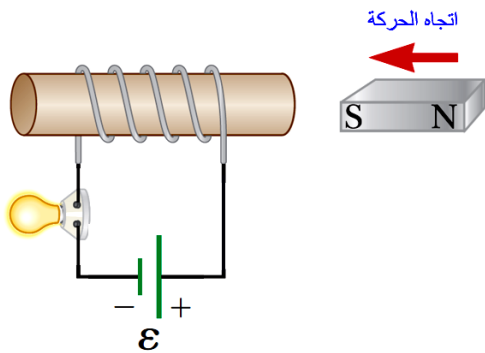
عند تحريك المغناطيس بالاتجاه الموضح في الشكل المجاور فإن التيار الكهربائي الحثي يكون:



- أ . باتجاه التيار الأصلي فتزداد شدة إضاءة المصباح.
 - ب . باتجاه التيار الأصلي فتقل شدة إضاءة المصباح.
 - ج . عكس اتجاه التيار الأصلي فتزداد شدة إضاءة المصباح.
 - د . عكس اتجاه التيار الأصلي، فتقل شدة إضاءة المصباح.
- الجواب الصحيح: (د)

مثال 23: إضافي

عند تحريك المغناطيس بالاتجاه الموضح في الشكل المجاور فإن التيار الكهربائي الحثي يكون:

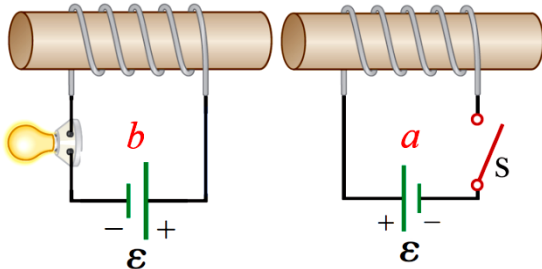


- أ . باتجاه التيار الأصلي فتزداد شدة إضاءة المصباح.
- ب . باتجاه التيار الأصلي فتقل شدة إضاءة المصباح.
- ج . عكس اتجاه التيار الأصلي فتزداد شدة إضاءة المصباح.
- د . عكس اتجاه التيار الأصلي، فتقل شدة إضاءة المصباح.

الجواب الصحيح: (أ)

مثال 24: إضافي

لحظة إغلاق المفتاح في الدارة (a) في الشكل المجاور فإن التيار الكهربائي الحثي في الدارة (b) يكون:

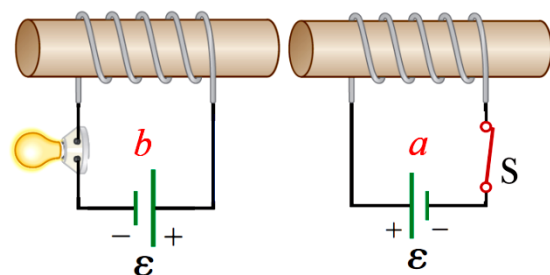


- باتجاه التيار الأصلي فتزداد شدة إضاءة المصباح.
- باتجاه التيار الأصلي فتقل شدة إضاءة المصباح.
- عكس اتجاه التيار الأصلي فتزداد شدة إضاءة المصباح.
- عكس اتجاه التيار الأصلي، فتقل شدة إضاءة المصباح.

الجواب الصحيح: (أ)

مثال 25: إضافي

لحظة فتح المفتاح في الدارة (a) في الشكل المجاور فإن التيار الكهربائي الحثي في الدارة (b) يكون:



- باتجاه التيار الأصلي فتزداد شدة إضاءة المصباح.
- باتجاه التيار الأصلي فتقل شدة إضاءة المصباح.
- عكس اتجاه التيار الأصلي فتزداد شدة إضاءة المصباح.
- عكس اتجاه التيار الأصلي، فتقل شدة إضاءة المصباح.

الجواب الصحيح: (د)

مثال 26: وزارة 2019

موصل مستقيم طوله (0.4 m) ومقاومته (0.2Ω) يتحرك عمودياً على مجال مغناطيسي (0.5 T) ينزل على مجرى فلزي دون احتكاك، فيتولد تيار حثي (4A) فإن الموصل يتحرك بسرعة مقدارها:

- 2 m/s
- 4 m/s
- 6 m/s
- 8 m/s

$$I_1 = \left| \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} \right| \rightarrow 4 = \frac{\bar{\mathcal{E}}}{0.2} \rightarrow \bar{\mathcal{E}} = 0.8 \text{ V}$$

$$\mathcal{E} = Blv \rightarrow 0.8 = 0.5 \times 0.4 \times v \rightarrow v = 4 \text{ m/s}$$

الجواب الصحيح: (ب)

مثال 27: وزارة 2019

ملف لولبي مادة قلبه من الحديد ومحاثته (L)، إذا أزيل القلب الحديدي من داخله فإن محاثته:

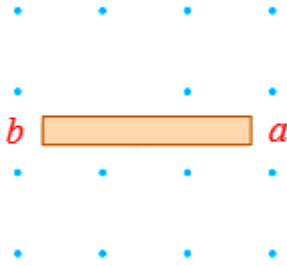
- تصبح صفراً
- تقل
- تزداد
- لا تتغير

الجواب الصحيح: (ب)

مثال 28: وزارة 2019 تكميلي

يبين الشكل المجاور موصلًا (ab) موضوع في مجال مغناطيسي منتظم، لكي يصبح الطرف (a) موجب الجهد بالنسبة إلى الطرف (b) فإنه يجب تحريك الموصل باتجاه:

- أ. $(+x)$ ب. $(+y)$ ج. $(-x)$ د. $(-y)$

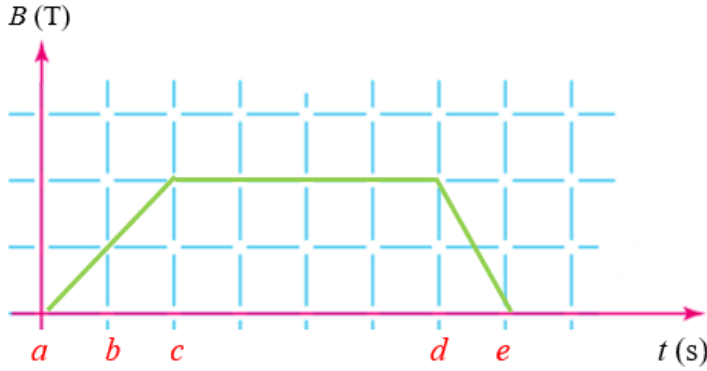


الجواب الصحيح: (ب)

مثال 29: وزارة 2019 تكميلي

يتغير المجال المغناطيسي الذي يخترق ملفاً بالنسبة للزمن، كما هو موضح في الشكل المجاور. الفترة الزمنية التي يكون عندها التدفق المغناطيسي أكبر ما يمكن هي:

- أ. (ab) ب. (ac) ج. (cd) د. (de)

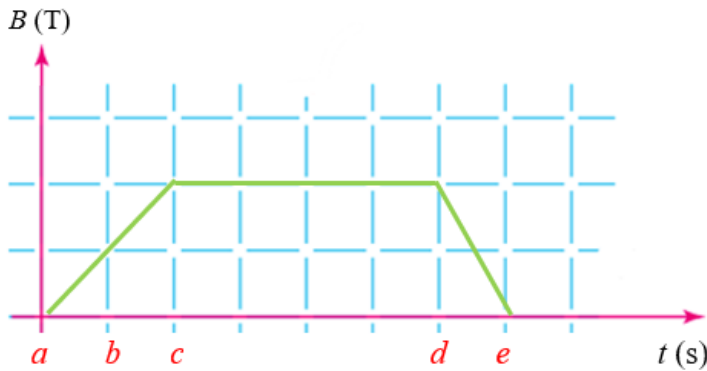


الجواب الصحيح: (ج)

مثال 30: إضافي

يتغير المجال المغناطيسي الذي يخترق ملفاً بالنسبة للزمن، كما هو موضح في الشكل المجاور. الفترة الزمنية التي يكون عندها التغير في التدفق المغناطيسي أكبر ما يمكن هي:

- أ. (ab) ب. (ac) ج. (cd) د. (de)



الجواب الصحيح: (د)

ملاحظة: الفترة التي يكون فيها التغير في التدفق المغناطيسي أكبر ما يمكن، يكون فيها أكبر قوة دافعة حثية وأكبر تيار حثي متولد.

مثال 31: وزارة 2019 الدورة الشتوية

يمثل الرسم البياني المجاور التغير في التدفق المغناطيسي بالنسبة إلى الزمن عبر ملف عدد لفاته (100)

لفة ومساحة اللفة الواحدة ($3 \times 10^{-3} \text{ m}^2$)

ومقاومته (5Ω) إذا كان متجه المساحة للملف

موازيًا لاتجاه المجال ، المغناطيسي المسبب

للتدفق احسب:

1. أكبر قيمة للمجال المغناطيسي.

2. التيار الحثي المتولد في الملف.

الحل:

1. أكبر قيمة للمجال المغناطيسي:

$$\Phi_B = BA \cos \theta$$

$$1.2 \times 10^{-3} = B \times 3 \times 10^{-3} \times \cos 0^\circ$$

$$B = 0.4 \text{ T}$$

2. التيار الحثي المتولد في الملف:

$$\Delta \Phi_B = \Phi_{B(f)} - \Phi_{B(i)}$$

$$= (0.4 - 1.2) \times 10^{-3} = -0.8 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

$$= -0.016 \text{ Wb}$$

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -100 \times \frac{-0.8 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-3}} = 20 \text{ V}$$

$$I_1 = \left| \frac{\bar{\varepsilon}}{R} \right| = \left| \frac{20}{5} \right| = 4 \text{ A}$$

مثال 32: وزارة 2018 الدورة الشتوية

يبين الشكل المجاور دائرة كهربائية بسيطة مغمورة كلياً في

مجال مغناطيسي منتظم (B)، إذا تناقص المجال

المغناطيسي بمعدل (200 T/s)، ومعتمداً على الشكل

وبياناته، احسب قراءة الأميتر.

$$\Phi_B = BA \cos \theta$$

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N \frac{\Delta B}{\Delta t} A \cos \theta , (\theta = 0^\circ)$$

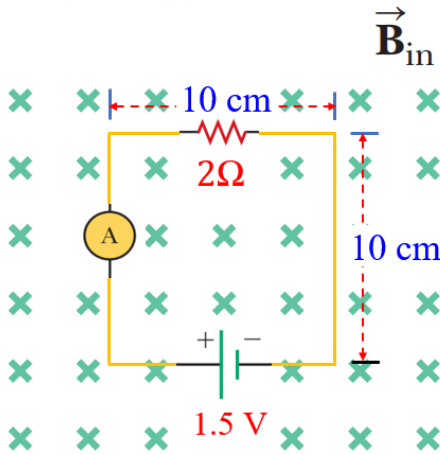
$$= -1 \times 200 \times 100 \times 10^{-4} \times 1$$

$$= 2 \text{ V}$$

$$I' = \left| \frac{\bar{\varepsilon}}{R} \right| = \left| \frac{2}{2} \right| = 1 \text{ A} , (\text{التيار الحثي مع عقارب الساعة})$$

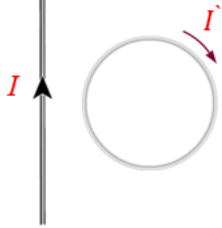
$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{1.5}{2} = 0.75 , (\text{التيار الأصلي مع عقارب الساعة})$$

$$I_{total} = I' + I = 1 + 0.75 = 1.75 , (\text{التيار الكلي ويساوي قراءة الأميتر مع عقارب الساعة})$$



مثال 33: وزارة 2018 الدورة الصيفية

يتولد تيار كهربائي حثي في الحلقة بالاتجاه المبين في الشكل المجاور، عند تحريك الحلقة باتجاه محور:

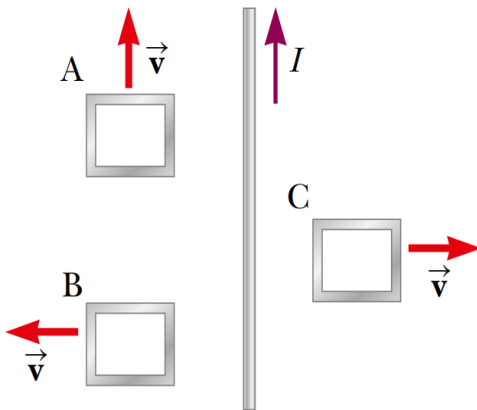


- أ. (+x) ب. (+y) ج. (-x) د. (-y)

الجواب الصحيح: (أ)

مثال 34: إضافي

في الأشكال الثلاث المجاورة حدد اتجاه التيار الحثي المتولد عند الحركة بالاتجاه المحدد لكل شكل ؟



1. الحلقة (A) اتجاه الحركة للأعلى ، ولا يحدث تغير في التدفق المغناطيسي ، ولا ينتج تيار حثي.
2. الحلقة (B) اتجاه الحركة باتجاه (-x)، واتجاه المجال الناتج من السلك على الحلقة خارج من الصفحة ، وعند تحريك الحلقة بعيدا عن السلك يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترقها؛ نتيجة نقصان مقدار المجال المغناطيسي، ويتولد فيها تيار كهربائي حثي بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة.
3. الحلقة (C) اتجاه الحركة باتجاه (+x)، واتجاه المجال الناتج من السلك على الحلقة داخل الى الصفحة ، وعند تحريك الحلقة بعيدا عن السلك يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترقها؛ نتيجة نقصان مقدار المجال المغناطيسي، ويتولد فيها تيار كهربائي حثي باتجاه حركة عقارب الساعة.

مثال 35: وزارة 2018 الدورة الشتوية

محث محاثته (5 H) ، وعدد لفاته (400 turns)، أُغلقت دارته وبعد (0.02 s) وصل التيار إلى قيمته العظمى، وكان المعدل الزمني للتغير في التدفق المغناطيسي عبر المحث (0.08 Wb/s)، احسب التغير في التيار الكهربائي في هذه المدة الزمنية.

$$\varepsilon_L = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

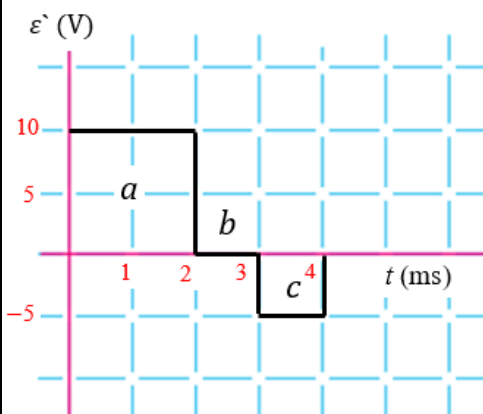
$$\varepsilon_L = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$-N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$-400 \times (0.08) = -5 \frac{\Delta I}{0.02}$$

$$\Delta I = 0.128 \text{ A}$$

مثال 36: وزارة 2017 الدورة الصيفية



ملف دائري عدد لفاته (100 turns) ، مغمور في مجال مغناطيسي. يُمثل الشكل المجاور العلاقة البيانية بين القوة الدافعة الكهربائية الحثية (ϵ') المتولدة في الملف والزمن. اعتماداً على البيانات المثبتة على الشكل، أجب عما يأتي:

- احسب مقدار التغير في التدفق المغناطيسي خلال المرحلة (a)
- في أي من المراحل الثلاث (a,b,c) كان التدفق المغناطيسي متزايد ولماذا؟

الحل:

- التغير في التدفق المغناطيسي خلال المرحلة (a):

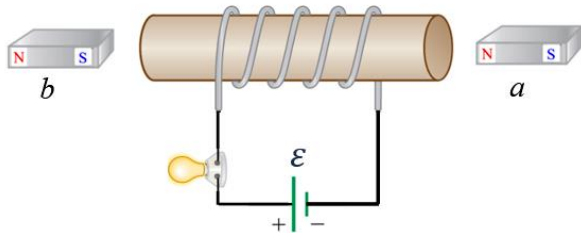
$$\epsilon'_L = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \rightarrow 10 = -100 \frac{\Delta \Phi_B}{2 \times 10^{-3}} \rightarrow \Delta \Phi_B = -2 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

- المرحلة التي يكون فيها التدفق المغناطيسي متزايد : المرحلة (c) لان القوة الدافعة الكهربائية الحثية سالبة .

ملاحظة :

- عندما يكون التغير في التدفق قيمة سالبة (التدفق متناقص) ، تكون القوة الدافعة موجبة (+) .
عندما يكون التغير في التدفق قيمة موجبة (التدفق متزايد) ، تكون القوة الدافعة سالبة (-) .

مثال 37: وزارة 2016 الدورة الشتوية

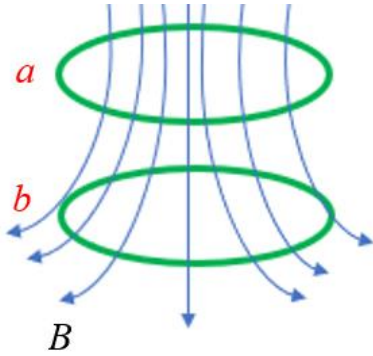


يُبين الشكل المجاور ملف لولبي موصول ببطارية ومصباح كهربائي، ويوجد على جانبيه وبنفس البعد عنه مغناطيسين متماثلين (a,b). بيّن مع التفسير ماذا يحدث لإضاءة المصباح في الحالات الآتية:

- إذا تحرك المغناطيسان بنفس اللحظة وبنفس السرعة نحو الملف.
- إذا تحرك المغناطيسان بنفس اللحظة وبنفس السرعة بعيداً عن الملف.
- إذا تحرك المغناطيسان بنفس اللحظة وبنفس السرعة بحيث (a) مقترباً و (b) مبتعداً عن الملف.

- تقل إضاءة المصباح، يصبح طرف الملف القريب من (a) قطب شمالي والقريب من (b) قطب جنوبي حسب قانون لنز، وحسب قاعدة قبضة اليد اليمنى يكون التيار الحثي عكس التيار الأصلي في المصباح .
- تزداد إضاءة المصباح، يصبح طرف الملف القريب من (a) قطب جنوبي والقريب من (b) قطب شمالي حسب قانون لنز، وحسب قاعدة قبضة اليد اليمنى يكون التيار الحثي باتجاه التيار الأصلي في المصباح .
- لن تتأثر إضاءة المصباح، يصبح طرف الملف القريب من (a) قطب شمالي والقريب من (b) قطب شمالي حسب قانون لنز، فيلغيان تأثير بعضهما لانهما متماثلان.

مثال 38: وزارة 2015 الدورة الصيفية



ملف عدد لفاته (100) لفة سقط من الموضع (a) إلى الموضع (b) محافظ على مستواه الأفقي كما في الشكل خلال (0.1 s)، فكان متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة فيه تساوي (0.2 V)، فإذا كان التدفق المغناطيسي عند الموضع (a) يساوي $(5 \times 10^{-4} \text{ Wb})$ احسب :

1. التدفق المغناطيسي عند الموضع (b).
2. فسر تولّد القوة الدافعة الكهربائية الحثية في الملف.

الحل:

1. التدفق المغناطيسي عند الموضع (b):

$$\begin{aligned} \bar{\mathcal{E}} &= -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \\ &= -N \frac{\Phi_{B(b)} - \Phi_{B(a)}}{\Delta t} \\ 0.2 &= -100 \frac{\Phi_{B(b)} - 5 \times 10^{-4}}{0.1} \rightarrow \Phi_{B(b)} = 5 \times 10^{-4} - 2 \times 10^{-4} = 3 \times 10^{-4} \text{ Wb} \end{aligned}$$

2. التفسير: عند سقوط الملف يقل عدد الخطوط التي تخترق الملف فيقل التدفق المغناطيسي وتولد قوة دافعة حثية.

مثال 39: وزارة 2019 الدورة الصيفية

التدفق الكهربائي عبر سطح ما يكون موجب عندما تكون خطوط المجال الكهربائي:

- أ. عمودية على السطح وداخلة فيه.
- ب. عمودية على السطح وخارجه منه.
- ج. موازية للسطح.
- د. داخلة في السطح بزاوية (60°) .

الجواب الصحيح : (ب)

مثال 40: وزارة 2020 تكميلي

دارة كهربائية تحوي ملفا محاثته (L)، وعدد لفاته (N)، ويمر فيها تيار كهربائي (I)، عند مضاعفة التيار الكهربائي المار في الملف وعدد اللفات الى ضعفي ما كان عليه كل منهما مع بقاء طول الملف ثابت فان محاثّة المحث تصبح :

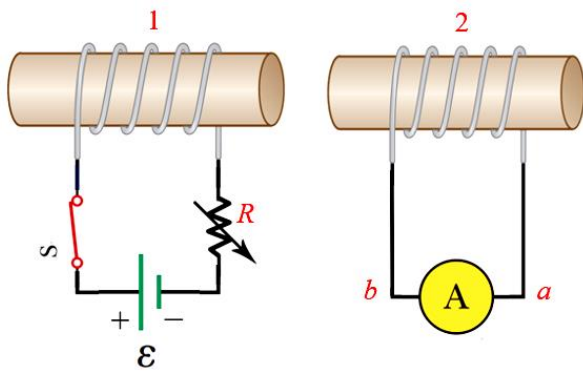
1. $0.5 L$
2. L
3. $2L$
4. $4L$

$$L_1 = \frac{\mu N^2 A}{\ell}, \quad L_2 = \frac{\mu (2N)^2 A}{\ell} = \frac{\mu 4N^2 A}{\ell} = 4L_1$$

الجواب الصحيح: د

- ملاحظة:**
1. عند زيادة عدد لفات ملف الى الضعف تزداد محاثته الى أربع أضعاف.
 2. عند زيادة مساحة ملف الى الضعف تزداد محاثته الى الضعف.
 3. عند زيادة طول ملف الى الضعف تقل محاثته الى النصف.

مثال 41: وزارة 2022



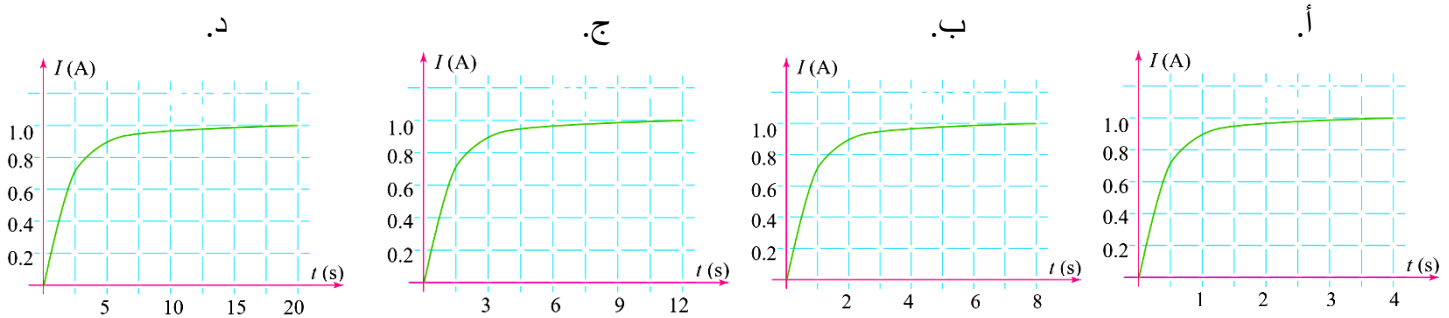
في الشكل المجاور ، يتولد تيار كهربائي حثي في الدارة (2) يكون اتجاهه من (a) الى (b) في الأميتر في احدى الحالات الآتية للدارة (1):

- في أثناء إدخال قلب من الحديد في الملف .
 - في أثناء إنقاص المقاومة (R).
 - في أثناء تقريبها من الدار (2).
 - لحظة فتح المفتاح (S).
- الجواب الصحيح : د

في (أ) أثناء إدخال القلب الحديدي في الملف وهذا يعادل تقريب الدارة (1) الى الدارة (2).
 في (ب) في أثناء إنقاص المقاومة (R) ، يزيد التيار وهذا يعادل تقريب الدارة (1) الى الدارة (2).
 في (ج) تقريب الدارة (1) الى الدارة (2).
 في الحالات السابقة (أ) و (ب) و (ج) يتولد تيار حثي في الدارة (2) اتجاهه من (b) الى (a).
 وفي الحالة (د) فتح المفتاح يعادل إبعاد الدارة (2) من الدارة (1) ويتولد تيار حثي في الدارة (2) اتجاهه من (a) الى (b).

مثال 42: وزارة 2022 تكميلي

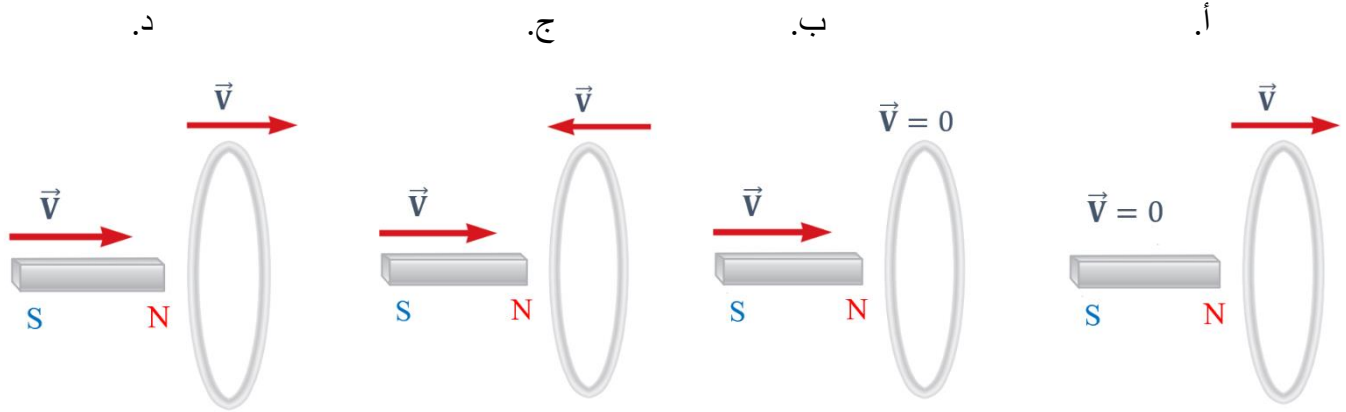
تبين الأشكال (أ، ب، ج، د) تمثيل علاقة التيار الكهربائي مع الزمن بيانيا في أربع دارات كهربائية مختلفة تحوي كل منها محثاً ، الدارة التي يكون مقدار محاثته المحث فيها الأكبر هي :



كلما زاد معامل الحث الذاتي تزداد القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية العكسية ، فتزداد المقاومة لنمو التيار، فيقل معدل نمو التيار، فيحتاج التيار إلى مدة زمنية أطول كي يصل إلى قيمته العظمى.
 الجواب الصحيح : د

مثال 43: وزارة 2022

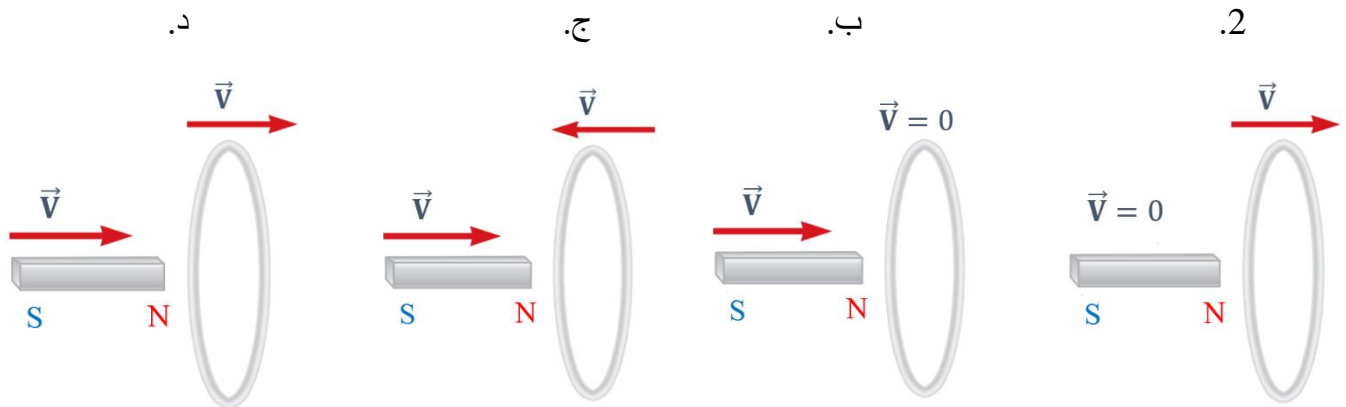
تمثل الأشكال (أ، ب، ج، د) الأتية أوضاعاً مختلفة لمغناطيس وحلقة موصلة ، حيث (\vec{V}) تمثل سرعة الحركة، في أي الأشكال لا يتولد تيار حثي في الحلقة:



الجواب الصحيح : د

مثال 44: اضافي

تمثل الأشكال (أ، ب، ج، د) الأتية أوضاعاً مختلفة لمغناطيس وحلقة موصلة ، حيث (\vec{V}) تمثل سرعة الحركة، في أي الأشكال يتولد أكبر تيار حثي في الحلقة:



الجواب الصحيح : ج

مثال 45: وزارة 2021 تكميلي

ملفان لولبيان الأول طوله (l) ، ومساحة مقطعة (A) ، وعدد لفاته $(2N)$ ، والثاني طوله $(0.25l)$ ، ومساحة مقطعة $(2A)$ ، وعدد لفاته $(0.5N)$ ، فإن النسبة بين محاثتيهما $(L_1 : L_2)$ تساوي :

أ. (1:4) ب. (4:1) ج. (1:2) د. (2:1)

$$L = \frac{\mu N^2 A}{l}$$

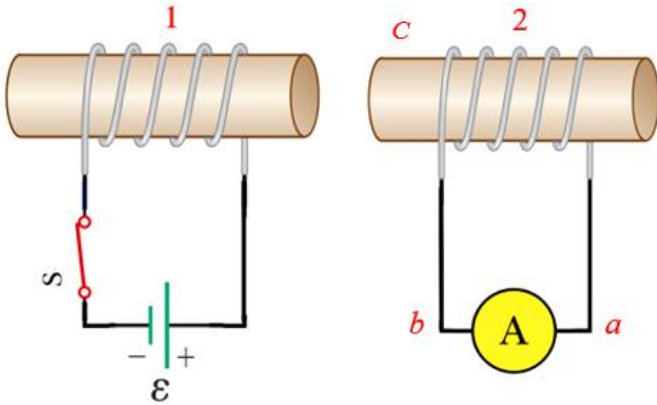
$$L_1 = \frac{\mu (2N)^2 A}{\ell} = 4 \left(\frac{\mu N^2 A}{\ell} \right)$$

$$L_2 = \frac{\mu (0.5N)^2 2A}{0.25\ell} = 2 \left(\frac{\mu N^2 A}{\ell} \right)$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{4}{2} = \frac{2}{1}$$

الجواب الصحيح : د

مثال 46: وزارة 2021 تكميلي



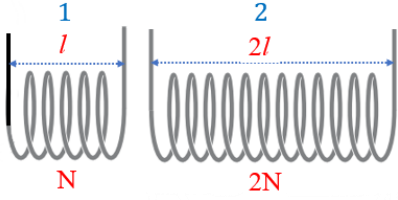
اعتمادا على البيانات المثبتة في الشكل المجاور ، في لحظة فتح المفتاح (S) يكون اتجاه التيار الحثي المار في الأميتر ، ونوع القطب عند الطرف (C) على الترتيب:

- من النقطة (a) الى النقطة (b) ، جنوبيا.
- من النقطة (a) الى النقطة (b) ، شماليا.
- من النقطة (b) الى النقطة (a) ، جنوبيا.
- من النقطة (b) الى النقطة (a) ، شماليا.

فتح المفتاح يعادل إبعاد الدارة (1) من الدارة (2) ويتولد تيار حثي في الدارة (2) اتجاهه من (b) الى (a)، ويكون نوع القطب عند النقطة (C) جنوبيا.

الجواب الصحيح: ج

مثال 47: وزارة 2023 تكميلي



معتمدا على البيانات في الشكل المجاور الذي يمثل ملفين لولبيين (1,2) متماثلين في مساحة المقطع (A)، فأجب عن الفقرتين الآتيتين:

1. نسبة محاثة الملف الأول الى محاثة المحث الثاني ($\frac{L_1}{L_2}$) تساوي

- أ. $\frac{1}{4}$ ب. $\frac{1}{2}$ ج. (1) د. (2)

$$L = \frac{\mu N^2 A}{\ell}$$

$$L_1 = \frac{\mu (N)^2 A}{\ell} = \left(\frac{\mu N^2 A}{\ell} \right)$$

$$L_2 = \frac{\mu (2N)^2 A}{2\ell} = 2 \left(\frac{\mu N^2 A}{\ell} \right)$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{1}{2}$$

الجواب الصحيح : ب

2. إذا مر في كل من الملفين التيار الكهربائي نفسه، وكان مقدار المجال المغناطيسي داخل الملف الأول يساوي (B) بوحد (T) فان مقدار المجال المغناطيسي داخل الملف الثاني بدلالة (B) يساوي :

- أ. (B) ب. (2B) ج. (4B) د. (12B)

$$B = \frac{\mu_0 I N}{\ell}$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I N}{\ell} = B$$

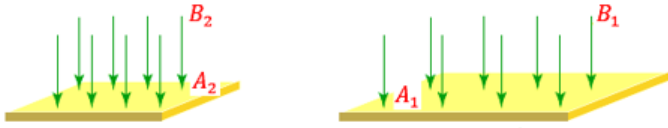
$$B_2 = \frac{\mu_0 I 2N}{2\ell} = \frac{\mu_0 I N}{\ell} = B$$

$$B_2 = B_1 = B$$

الجواب الصحيح : أ

أسئلة إضافية :

❖ اعتمادا على الشكل المجاور الذي يمثل مجالان مغناطيسيان مختلفين على سطحين مختلفين ، اجب عن الفقرتين (1) و (2) :



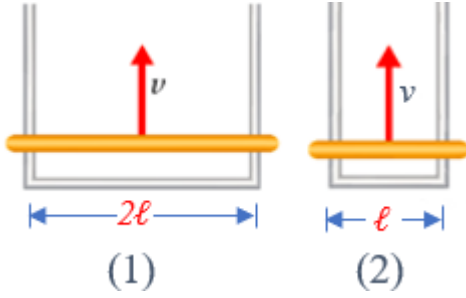
1. فيما يخص مقدار المجال المغناطيسي (B) واحدة من الآتية صحيحة :

$B_2 > B_1$ (a) $B_2 < B_1$ (b) $B_2 = B_1$ (c) $B_2 = B_1 = 0$ (d)

2. فيما يخص مقدار التدفق المغناطيسي (Φ_B) واحدة من الآتية صحيحة :

$\Phi_{B_2} > \Phi_{B_1}$ (a) $\Phi_{B_2} < \Phi_{B_1}$ (b) $\Phi_{B_2} = \Phi_{B_1}$ (c) $\Phi_{B_2} = \Phi_{B_1} = 0$ (d)

❖ يبين الشكل المجاور دارتين موضوعتين في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (B) ، الموصل المستقيم في الدارة (1) طوله (2ℓ) وفي الدارة (2) طوله (ℓ). الموصلان المستقيمان تحركا بمقدار السرعة نفسه (v)، اجب عن الفقرتين (3) و (4).



3. نسبة مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الدارة (1) الى مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الدارة (2):

$\varepsilon_1 = 4\varepsilon_2$ (d) $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$ (c) $\varepsilon_1 = 2\varepsilon_2$ (b) $\varepsilon_2 = 2\varepsilon_1$ (a)

$\varepsilon = B\ell v$
 $\varepsilon_1 = B(2\ell)v$
 $\varepsilon_2 = B\ell v$

اذن تكون القوة الدافعة الحثية في الدارة (1) أكبر من القوة الدافعة الحثية في الدارة (2).

4. نسبة مقدار التيار الكهربائي الحثي المتولدة في الدارة (1) الى مقدار التيار الكهربائي الحثي المتولدة في الدارة (2):

$I_1 = 4I_2$ (d) $I_1 = I_2$ (c) $I_1 = 2I_2$ (b) $I_2 = 2I_1$ (a)

$$R_1 = \frac{\rho \ell_1}{A} = \frac{\rho 2\ell_2}{A}$$

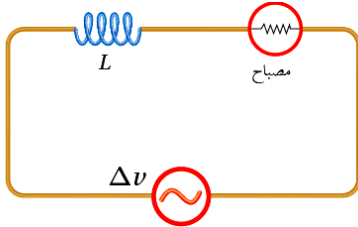
$$R_2 = \frac{\rho \ell_2}{A}$$

$$\rightarrow R_1 = 2 R_2$$

$$I_1 = \left| \frac{\varepsilon_1}{R_1} \right| = \left| \frac{B(2\ell)v}{2R_2} \right|$$

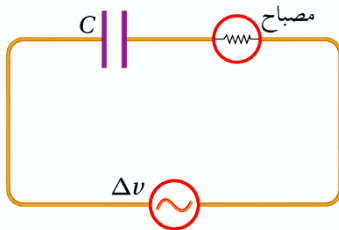
$$I_2 = \left| \frac{\mathcal{E}_2}{R_2} \right| = \left| \frac{B\ell v}{R_2} \right|$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\left| \frac{B(2\ell)v}{2R_2} \right|}{\left| \frac{B\ell v}{R_2} \right|} = 1 \rightarrow I_1 = I_2$$



5. يبين الشكل المجاور دائرة يتصل فيها محث ومصباح بمصدر فرق جهد متردد، ماذا يحدث لإضاءة المصباح عند زيادة تردد المصدر مع بقاء القيمة العظمى لفرق الجهد ثابتة.

(a) تبقى ثابتة (b) تقل (c) تزداد (d) ينطفئ المصباح



6. يبين الشكل المجاور دائرة يتصل فيها مواسع ومصباح بمصدر فرق جهد متردد، ماذا يحدث لإضاءة المصباح عند زيادة تردد المصدر مع بقاء القيمة العظمى لفرق الجهد ثابتة.

(a) تبقى ثابتة (b) تقل (c) تزداد (d) ينطفئ المصباح

7. واحدة من العبارات التالية ليست صحيحة عند تردد الرنين في دائرة مقاومة ومحث ومواسع موصولة على التوالي مع فرق جهد متردد ؟

- (a) تتساوى معاوقة المحث مع معاوقة المواسع.
- (b) تكون معاوقة الدائرة مساوية للمقاومة فقط.
- (c) يكون التيار الفعّال فيها له أكبر قيمة ممكنة.
- (d) يكون التيار الفعّال فيها له أقل قيمة ممكنة.

8. نحصل على أعلى قيمة لسعة لجهد المتردد في موجة جيبية عندما يصبح زمن الموجة (t) نسبة إلى الزمن الدوري (T) عند القيمة:

$$t = T \quad (d) \quad t = \frac{1}{2} T \quad (c) \quad t = 2 T \quad (b) \quad t = \frac{1}{4} T \quad (a)$$

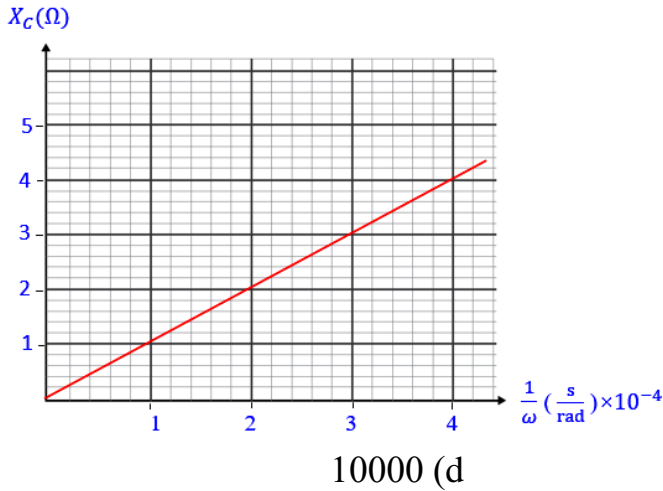
$$\Delta v = V_{max} \sin \omega t = V_{max} \sin \frac{2\pi}{T} t$$

$$t = \frac{1}{4} T$$

$$\Delta v = V_{max} \sin \frac{2\pi}{T} \left(\frac{1}{4} T \right) = V_{max} \sin \left(\frac{\pi}{2} \right) = V_{max}$$

9. عند مضاعفة تردد مصدر فرق الجهد إلى مثليه، في دائرة تيار متردد تحتوي على مواسع ومحث فان :

- (a) معاوقة المحث تتضاعف ، و معاوقة المواسع تقل الى النصف.
 (b) معاوقة المحث تقل الى النصف ، و معاوقة المواسع تتضاعف.
 (c) تبقى معاوقة المحث والمواسع ثابتة .
 (d) تتضاعف معاوقة المحث والمواسع.



❖ في الشكل المجاور الذي يمثل العلاقة بين مقلوب التردد الزاوي على محور (x) والمعاوقة المواسعية على محور (y) ، اجب عن الفقرتين (10) و (11) :

10. ميل المحنى بوحدة $(\frac{rad}{s} \cdot \Omega)$:

1 (a) 2 (b) 1000 (c) 10000 (d)

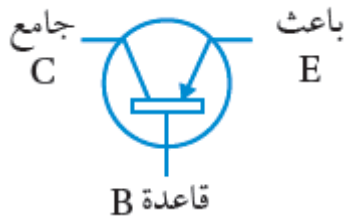
11. سعة المواسع بوحدة (mF):

1 (a) 0.2 (b) 0.1 (c) 10000 (d)

12. في دائرة تقويم نصف الموجة يكون تردد الموجة الناتجة (f_{out}) نسبة الى تردد الموجة الداخلة (f_{in}) :

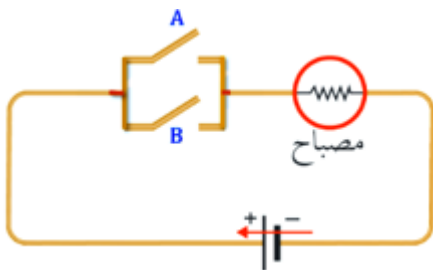
$$f_{out} = f_{in} \text{ (a) } f_{out} = \frac{1}{2} f_{in} \text{ (b) } f_{out} = \frac{1}{4} f_{in} \text{ (c) } f_{out} = 2 f_{in} \text{ (d) }$$

13. الشكل المجاور يمثل ترانزستور ثنائي القطبية من نوع :

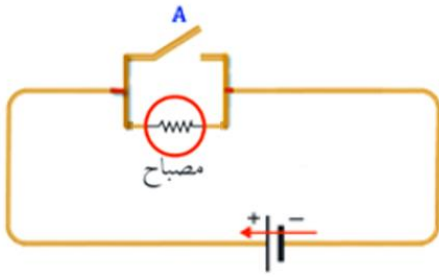


nnp (a) pnp (b) np (c) pn (d)

14. الشكل المجاور يحتوي مفتاحين (A) و (B) موصلين على التوازي ، إن المفتاحين معا يمثلان :



- (a) بوابة منطقية من نوع (AND) .
 (b) بوابة منطقية من نوع (OR) .
 (c) بوابة منطقية من نوع (NOT) .
 (d) بوابة منطقية عاكسة .



15. الشكل المجاور يحتوي مفتاح (A) موصل على التوازي مع مصباح ، إن المفتاح والمصباح معا يمثلان :

- (a) بوابة منطقية من نوع (AND) .
- (b) بوابة منطقية من نوع (OR) .
- (c) بوابة منطقية من نوع (NOT) .
- (d) لا يمكن اعتبارهما بوابة منطقية .

INPUT		OUTPUT
A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

16. الجدول المجاور يمثل بوابة منطقية لها مدخلين (A) و (B) ومخرج واحد (Q) ، إن هذه البوابة المنطقية من نوع :

(d) لا شيء مما ذكر

(c) NOT

(b) OR

(a) AND

INPUT		OUTPUT
A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

17. الجدول المجاور يمثل بوابة منطقية لها مدخلين (A) و (B) ومخرج واحد (Q) ، إن هذه البوابة المنطقية من نوع :

(d) لا شيء مما ذكر

(c) NOT

(b) OR

(a) AND

INPUT	OUTPUT
A	Q
0	1
1	0

18. الجدول المجاور يمثل بوابة منطقية لها مدخل واحد (A) ومخرج واحد (Q) ، إن هذه البوابة المنطقية من نوع :

(d) لا شيء مما ذكر

(c) NOT

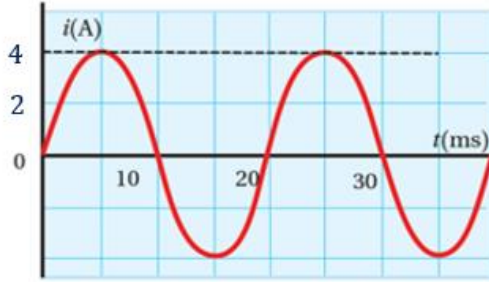
(b) OR

(a) AND

19. ملف مستطيل الشكل يتكوّن من لفّة واحدة ومساحة سطحه (A) ، مغمور في مجال مغناطيسي (B) ، بحيث تكون الزاوية بين العمودي على مستوى الملف وخطوط المجال (30°). إذا تضاعف مقدار المجال المغناطيسي خلال مدّة زمنية مقدارها (Δt) ، فإن التغير في التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف خلال تلك المدّة يساوي:

(a) $BA \cos 30^\circ$ (b) $2BA \cos 30^\circ$ (c) $BA \cos 60^\circ$ (d) $2BA \cos 60^\circ$

20. الشكل البيانيّ المجاور يمثل تغيّر التيار المتردّد بالنسبة إلى الزمن، إنّ التيار اللحظي يُعبّر عنه بالعلاقة الآتية:

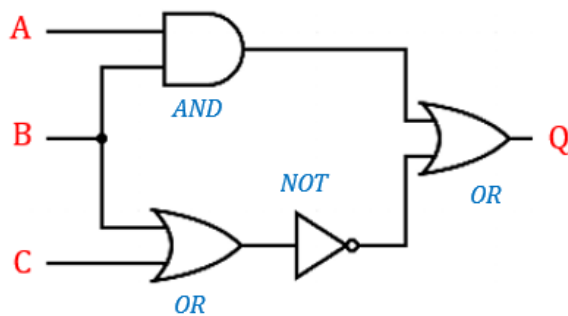


(a) $i = 4 \sin 40 t$
 (b) $i = 4 \sin 20 \pi t$
 (c) $i = 4 \sin 100 \pi t$
 (d) $i = 4 \sin 0.1 \pi t$

21. عند نقل الطاقة الكهربائية بين المدن ، تلجأ شركات الكهرباء لتقليل الفاقد الناتج عن مقاومة الأسلاك الناقلة عن طريق:

- (a) رفع الجهد وخفض التيار
 (b) رفع الجهد ورفع التيار
 (c) خفض الجهد ورفع التيار
 (d) خفض الجهد وخفض التيار

22. في الشكل المجاور الذي يمثل مجموعة بوابات منطقية أي الاختيارات التالية يحقق الخرج ($Q = 0$)

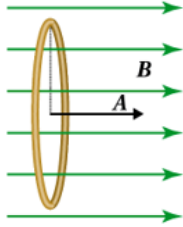


- (a) $(A = 0, B = 1, C = 0)$
 (b) $(A = 1, B = 1, C = 0)$
 (c) $(A = 0, B = 0, C = 0)$
 (d) $(A = 1, B = 1, C = 1)$

22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
a	a	c	a	c	a	b	c	b	b	a	c	d	a	a	d	c	b	c	b	c	a

ملخص قوانين الوحدة الخامسة

التدفق المغناطيسي :



$$\Phi_B = \mathbf{B} \cdot \mathbf{A} = BA \cos \theta, \text{ T.m}^2 = \text{Wb}$$

θ : هي الزاوية المحصورة بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة عندما يبدأ المتجهان من النقطة نفسها.

قانون فارادي في الحث:

$$\begin{aligned} \Delta \Phi_B &= \Phi_{B(f)} - \Phi_{B(i)} \\ &= BA \cos \theta_f - BA \cos \theta_i, \text{ Wb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{\mathcal{E}} &= -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N \frac{\Phi_{B(f)} - \Phi_{B(i)}}{\Delta t}, \frac{\text{Wb}}{\text{s}} = \text{V} \\ I &= \left| \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} \right|, \frac{\text{Wb}}{\Omega \cdot \text{s}} = \frac{\text{V}}{\Omega} = \text{A} \end{aligned}$$

حيث :

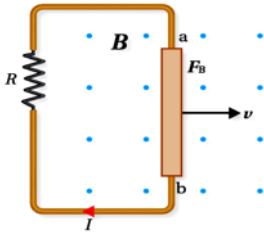
$\bar{\mathcal{E}}$: القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة:

$\Delta \Phi_B$: التغير في التدفق المغناطيسي.

Δt : الفترة الزمنية لتغير التدفق المغناطيسي.

القوة الدافعة الكهربائية الحثية في موصل متحرك :

$$\bar{\mathcal{E}} = B\ell v, \text{ V}$$



حيث: (B) مقدار المجال المغناطيسي، (l) طول الموصل المتحرك ضمن المجال المغناطيسي، و (v) مقدار سرعة حركة الموصل.

محاثة ملف لولبي:

$$\bar{\mathcal{E}}_L = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}, \text{ V}$$

حيث (L) ثابت التناسب، ويُسمى معامل الحث الذاتي أو (محاثة المحث) ووحدتها هنري (H)

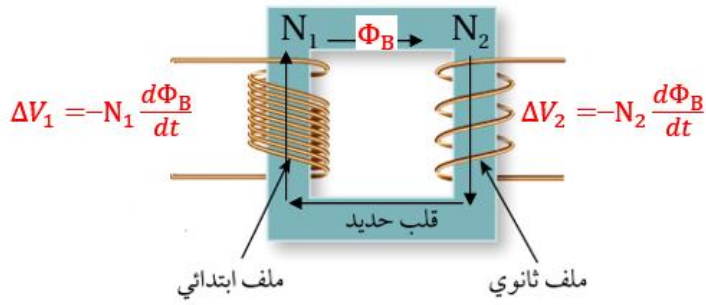
$$H = \text{V.s/A}$$

$$-L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

$$LI = N \Phi_B$$

$$L = \frac{\mu N^2 A}{\ell}$$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$ في الهواء



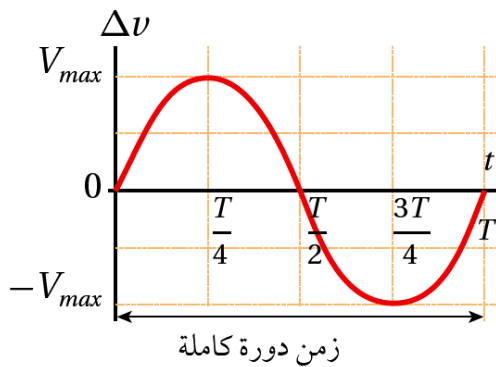
المحول الكهربائي:

$$\frac{\Delta V_2}{N_2} = \frac{\Delta V_1}{N_1}$$

$$P_1 = P_2 \rightarrow I_1 \Delta V_1 = I_2 \Delta V_2$$

ΔV_2

دارات التيار الكهربائي المتردد:



$$\Delta v = V_{max} \sin \omega t$$

حيث: السعة (V_{max}): هي القيمة العظمى لفرق الجهد.
و (ω): التردد الزاوي.
و (t): الزمن اللحظي.

ومن الشكل المجاور الذي يمثل فرق الجهد المتردد بين طرفي الملف مع الزمن خلال دورة كاملة (T).
حيث (T): زمن دورة كاملة. ومعكوسها التردد (f)

$$f = \frac{1}{T} \quad , \quad \text{Hz (هيرتز)}$$

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad , \quad \text{rad/s}$$

$$i = \frac{\Delta v}{R} \rightarrow i_R = \frac{\Delta v_R}{R} \rightarrow I_{max} = \frac{V_{max}}{R}$$

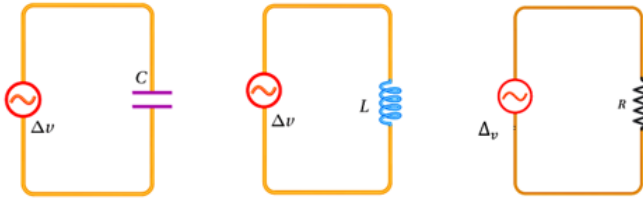
$$i = I_{max} \sin \omega t$$

$$V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} = 0.71 V_{max}$$

$$I_{rms} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0.71 I_{max}$$

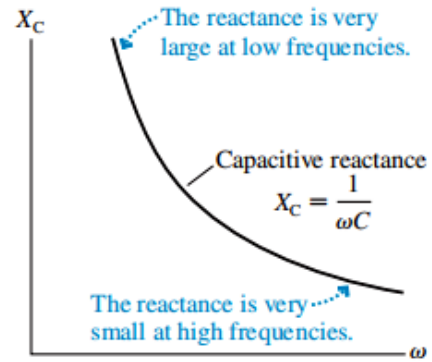
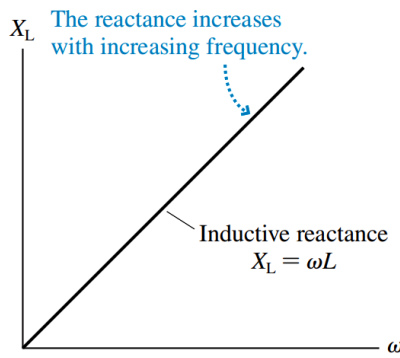
$$\bar{P} = I_{rms}^2 R$$

المعاوقة:



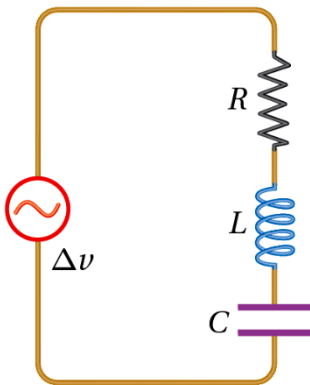
(أ) دائرة مقاومة ومصدر فرق جهد متردد (ب) دائرة محث ومصدر فرق جهد متردد (ج) دائرة مواسع ومصدر فرق جهد متردد

عناصر الدارة	المقاومة / المعاوقة	I_{\max}	I_{rms}
مقاومة	R	$I_{\max} = \frac{V_{\max}}{R}$	$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{R}$
محث	$X_L = \omega L$	$I_{\max} = \frac{V_{\max}}{X_L}$	$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{X_L}$
مواسع	$X_C = \frac{1}{\omega C}$	$I_{\max} = \frac{V_{\max}}{X_C}$	$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{X_C}$



مقاومة ومحث ومواسع (RLC) على التوالي في دائرة تيار كهربائي متردد:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$



$$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{Z}$$

$$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

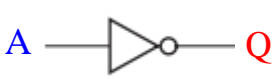


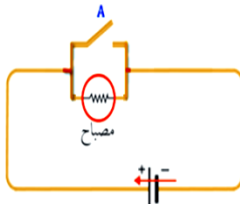
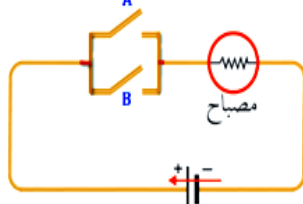
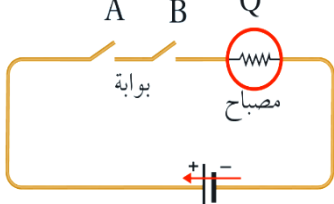
تردد الرنين (ω_0) يمكن إعادة كتابة معادلة (Z) كما يلي:

$$3. X_L = X_C \rightarrow X_L - X_C = 0 \rightarrow I_{rms} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2}} = \frac{V_{rms}}{R}$$

$$4. X_L = X_C \rightarrow \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} \rightarrow \omega_0 L \times \omega_0 C = 1 \rightarrow \omega_0^2 LC = 1 \rightarrow \omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

البوابات المنطقية :

NOT	OR	AND																																													
			الرمز																																												
			تمثيلها في في دارة الكثرونية																																												
<table><tr><th>INPUT</th><th>OUTPUT</th></tr><tr><th>A</th><th>Q</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	INPUT	OUTPUT	A	Q	0	1	1	0	<table><tr><th colspan="2">INPUT</th><th>OUTPUT</th></tr><tr><th>A</th><th>B</th><th>Q</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	INPUT		OUTPUT	A	B	Q	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	<table><tr><th colspan="2">INPUT</th><th>OUTPUT</th></tr><tr><th>A</th><th>B</th><th>Q</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	INPUT		OUTPUT	A	B	Q	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	جدول الحقيقة
INPUT	OUTPUT																																														
A	Q																																														
0	1																																														
1	0																																														
INPUT		OUTPUT																																													
A	B	Q																																													
0	0	0																																													
0	1	1																																													
1	0	1																																													
1	1	1																																													
INPUT		OUTPUT																																													
A	B	Q																																													
0	0	0																																													
0	1	0																																													
1	0	0																																													
1	1	1																																													
حتى يضيء المصباح يجب أن يكون المفتاح مفتوح.	حتى يضيء المصباح يجب أن يكون أحد المفتاحين مغلق.	حتى يضيء المصباح يجب أن يكون المفتاحين مغلقين معا.	شروط إضاءة المصباح (Q = 1)																																												