الدرس الأول:

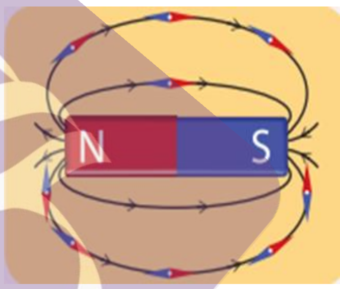
المغناطيسية

المغناطيس: هو جسم يجذب إليه الأجسام الحديدية، له طرفان يسميان قطبي المغناطيس أحدهما قطب شمالي والآخر قطب جنوبي.

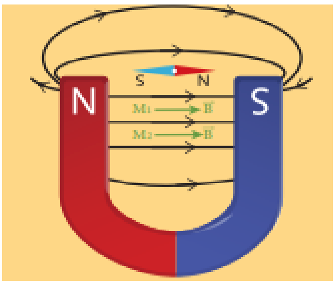
الإبرة المغناطيسية: أداة مغناطيسية تستخدم لتحديد جهة وحساب شدة الحقل المغناطيسي.

المغناطيس نوعان:

1- مغناطيس مستقيم



2- مغناطيس نضوي



الحقل المغناطيسي
هو منطقة في الفراغ إذا وضعت فيها
إبرة مغناطيسية حرة الحركة فإنها تخضع
لأفعال مغناطيسية

تأخذ الإبرة المغناطيسية منحى
واتجاه معين بتأثير الحقل المغناطيسي

الخطوط الوهمية
التي ترسمها الإبر المغناطيسية
تسمى الحقل المغناطيسي

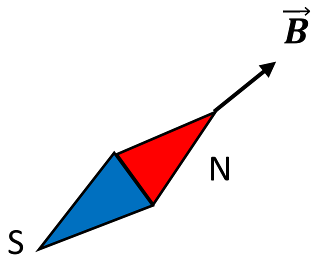
خط الحقل هو خط وهمي
يمس في كل نقطة من نقاطه
شعاع الحقل المغناطيسي
في تلك النقطة

تتجه خطوط الحقل المغناطيسي
خارج المغناطيس من قطبه الشمالي
لتنحني وتدخل في قطبه الجنوبي وتكمل
دورتها داخل المغناطيس من الجنوبي
إلى الشمالي

- يكون الحقل المغناطيسي منتظماً
إذا كانت
- أشعة الحقل متوازية
- لها الشدة نفسها
- الجهة نفسها

تأخذ خطوط الحقل المغناطيسي
بين قطبي المغناطيس النضوي شكل
خطوط مستقيمة متوازية ولها
الجهة نفسها ثم تنحني خارج
المغناطيس

تعيين شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ في نقطة من الحقل.



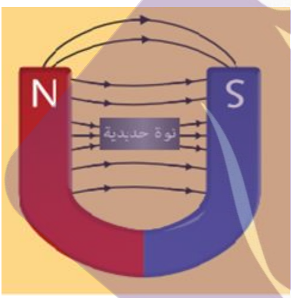
نضع الإبرة المغناطيسية في النقطة فنجد بعد استقرارها:

1. الحامل: هو المستقيم الواصل بين قطبي الإبرة المغناطيسية.
2. الجهة: من القطب الجنوبي للإبرة إلى قطبها الشمالي.
3. الشدة: تزداد بازدياد سرعة اهتزاز الإبرة المغناطيسية وتقدر بواحدة التسلا **T**

الحقل المغناطيسي بوجود الحديد:

(سؤال دورة)

نضع نواة حديد بين فرعي مغناطيس نضوي وننثر برادة حديد نلاحظ تكاثف خطوط الحقل عند طرفي النواة الحديدية



① على ذلك، عرف عامل النفاذية المغناطيسي واكتب العلاقة المعبرة عن قيمته.

② ما هي العوامل التي تتوقف عليها قيمة عامل النفاذية وماذا يستفاد من وضع نواة الحديد.

- تتقارب برادة الحديد عند طرفي النواة الحديدية والسبب في ذلك أن نواة الحديد تتمغنط ويتولد منها حقل مغناطيسي $\vec{B}$ إضافي يُضاف إلى الحقل المغناطيسي الأصلي الممغنط $\vec{B}$ فيشكل حقلاً مغناطيسياً كلياً $\vec{B_t}$.

عامل النفاذية المغناطيسي:

- نسمي النسبة بين شدة الحقل الكلي $\vec{B_t}$ بوجود النواة الحديدية بين قطبي المغناطيس إلى شدة الحقل المغناطيسي الأصلي $\vec{B}$ بعامل النفاذية المغناطيسي μ أي:
- $\mu = \frac{B_t}{B}$

μ : عامل النفاذية المغناطيسي لا واحدة قياس له.

B_t: شدة الحقل المغناطيسي الكلي.

B : شدة الحقل المغناطيسي الأصلي الممغنط.

- يتعلق عامل النفاذية المغناطيسي بعاملين هما:

a. طبيعة المادة من حيث قابليتها للمغنطة.

b. شدة الحقل المغناطيسي الممغنط $\vec{B}$.

يُستفاد من وضع النواة الحديدية بين قطبي المغناطيس النضوي في زيادة شدة الحقل المغناطيسي.

الحقل المغناطيسي الأرضي:

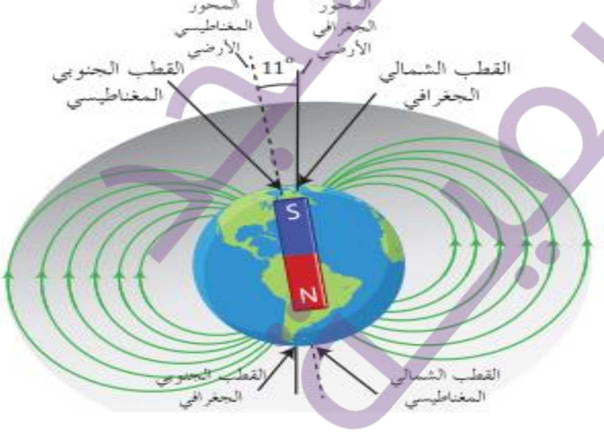
عدد مع الشرح الأسباب المتوقعة لنشوء المغناطيسية الأرضية: (سؤال امتحاني)

1. المواد المغناطيسية في الأرض مسؤولة عن مغناطيسية الأرض لكن درجات الحرارة العالية جداً في جوف الأرض تجعل من الصعب الحفاظ على مغناطيسية دائمة للمواد الحديدية في باطن الأرض.
2. الشحنات المتحركة في سوائل جوف الأرض التي تولد بحركتها تيارات كهربائية داخل الأرض ينشأ عنها حقل مغناطيسي.

ملاحظة:

إن توجه إبرة مغناطيسية في نقطة ما من سطح الأرض دوماً نحو الشمال الجغرافي هو دليل على وجود حقل مغناطيسي أرضي.

عناصر شعاع الحقل المغناطيسي الأرضي في نقطة:



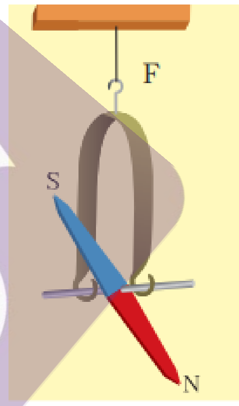
تسلك الأرض سلوك مغناطيسي مستقيم كبير منتصفه في مركزها يميل محوره قرابة 11° عن محور دوران الأرض.

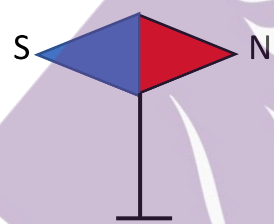
- قطباه المغناطيسيان لا يطابقان قطبيها الجغرافيين.

- القطب المغناطيسي الجنوبي: بالقرب من القطب الشمالي الجغرافي.
- القطب المغناطيسي الشمالي للأرض يقع قرب القطب الجنوبي الجغرافي للأرض.

ملاحظة: الإبرة المغناطيسية

محور دورانها أفقي — محور دورانها شاقولي





عند وضع الإبرة المغناطيسية في نقطة على سطح الأرض فإنها تستقر وفق وضع معين ولكن:

- الإبرة التي محور دورانها أفقي:

عند أحد القطبين الجغرافيين	عند خط الاستواء
تستقر بوضع شاقولي	تنطبق على الأفق
أي تصنع مع الأفق زاوية $90°$	أي قياس زاوية الإبرة مع الأفق يساوي الصفر.
أي $(i = 90°)$	أي $(i = 0°)$

- الزاوية بين مستوي الإبرة وخط الأفق تدعى زاوية الميل i
- الإبرة التي محور دورانها شاقولي:

تدور بحرية في مستو أفقي وتستقر موازية لخط أفقي يدعى خط الزوال المغناطيسي.

- تتغير شدة الحقل المغناطيسي الأرضي من نقطة إلى أخرى على سطح الأرض حسب موقعها الجغرافي.
- يقع شعاع الحقل المغناطيسي الأرضي في مستوي الزوال المغناطيسي.

(وهو المستوي المعرف بالنقطة المدروسة ومحور القطبين المغناطيسيين).

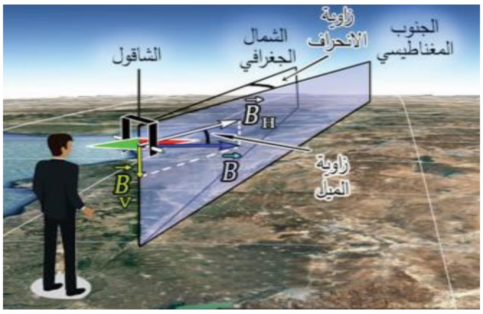
- يُعيين شعاع الحقل المغناطيسي الأرضي بواسطة زاويتي الميل والانحراف.

سؤال امتحاني: تُعطى عبارة الحقل المغناطيسي الأرضي بالعلاقة $\vec{B} = \vec{B}_H + \vec{B}_V$

ماهي دلالات كل من $\vec{B}_H$ و$\vec{B}_V$ وكيف تحسب شدة كل منهما؟ وما علاقة كل منهما عند:

1- خط الاستواء (أي عندما تكون زاوية الميل تساوي الصفر).

2- القطبين (أي عندما تكون زاوية الميل تساوي $90°$).



- يمكن تحليل شعاع الحقل المغناطيسي إلى مركبتين:

مركبة أفقية $\vec{B}_H$ $B_H = B\cos i$

مركبة شاقولية $\vec{B}_V$ $B_V = B\sin i$

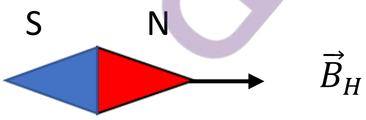
زاوية الميل i

عند أحد القطبين	عند خط الاستواء
$i = 90°$	$i = 0°$
$B_H = 0$	$B_H = B$
$B_V = B$	$B_V = 0$

هام جداً

- نعتبر دوماً صفحة الدفتر أو ورقة الامتحان أو السبورة هي مستوي الزوال المغناطيسي.
- وأي سطر من أسطر الدفتر هو خط الزوال المغناطيسي وتكون دوماً $\vec{B}_H$ منطبقة على سطر الدفتر وتتجه نحو اليمين (عند رسمها)

وتأخذ الإبرة التي حاملها شاقولي منحى وجهة $\vec{B}_H$



الحقول المغناطيسية للتيارات الكهربائية:

(سؤال دورة):

يمثل الخط البياني التالي تغيرات شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار كهربائي بتغير شدة التيار:

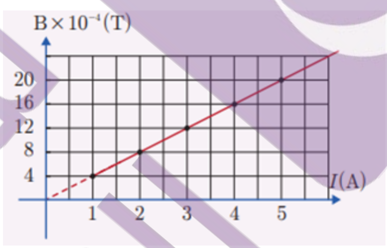
① اكتب العلاقة المُعبرة عنه.

② عمّا يُعبر ثابت التناسب، تتعلق قيمته بعاملين ما هما، اكتب علاقة شدة الحقل بدلالة هذين العاملين.

- إن شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار كهربائي تتناسب طرداً مع شدة التيار المار في الدارة .
- الخط البياني الممثل لتغيرات شدة الحقل المغناطيسي بدلالة شدة التيار مستقيم يمر من المبدأ، ميله:

$$k = \frac{B}{I}$$

$$B = k\,I$$



- إذ: k: ثابت يمثل ميل المستقيم.
- بينت الدراسات أن قيمة k تتعلق بعاملين:

الأول: الطبيعة الهندسية للدارة: شكل الدارة وموضع النقطة المعتبرة بالنسبة للدارة أي $\acute{k}$.

الثاني: عامل النفاذية المغناطيسي μ_0 وقيمته في الخلاء في جملة الوحدات الدولية $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} T.m.A^{-1}$.

- بناءً على ما سبق يمكن أن نكتب علاقة شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار كهربائي بالشكل:

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \acute{k} I$$

B: شدة الحقل المغناطيسي (T) .

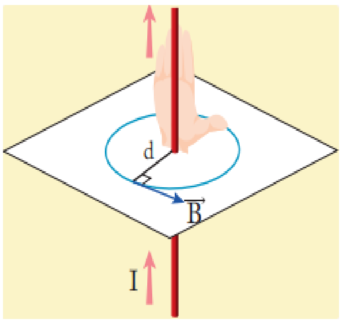
I: شدة التيار (A) .

$\acute{k}$: ثابت يتعلق بالطبيعة الهندسية للدارة.

أولاً: الحقل المغناطيسي لتيار مستقيم طويل:

(سؤال دورة)

حدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع الحقل المغناطيسي في نقطة n تبعد مسافة d عن محور السلك.



- **الحامل:** هو العمود على المستوي المحدد بالسلك والنقطة المعتبرة (n).

- **الجهة:** تحدد بطريقتين:

عملياً: بواسطة إبرة مغناطيسية نضعها في النقطة فتكون جهة شعاع الحقل $\vec{B}$ من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي للإبرة بعد أن تستقر.

نظرياً: حسب قاعدة اليد اليمنى:

- الساعد يوازي السلك.
- يدخل التيار من الساعد يخرج من رؤوس الأصابع.
- نوجه باطن الكف نحو النقطة المعتبرة.
- يشير إبهام اليد اليمنى إلى جهة شعاع الحقل المغناطيسي.

- **الشدة:** شدة الحقل المغناطيسي تتناسب طرداً مع شدة التيار I

عكساً مع بُعد النقطة المعتبرة عن محور السلك d

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \acute{k}\, I$$

لكن $\acute{k} = \frac{1}{2\pi d}$

$$\Longrightarrow \boldsymbol{B = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d}}$$

I: شدة التيار (A).

d : بُعد النقطة المعتبرة عن محور السلك (m).

B: شدة الحقل المغناطيسي (T) تسلا.

ملاحظة حول السلك:

إذا وضعنا سلك يوازي إبرة بوصلة مستقرة فإن الحقل المتولد عن السلك يكون معامداً في الإبرة فتدور وتستقر وفق محصلة $\vec{B}$ ، $\vec{B}_H$ وتحسب زاوية الدوران من العلاقة:

$$\tan\theta = \frac{B}{B_H}$$

تطبيق (1):

نمرر تياراً كهربائياً متواصلاً شدته 10 A في سلك طويل مستقيم موضوع أفقياً في مستوي الزوال المغناطيسي الأرضي المار من مركز إبرة مغناطيسية صغيرة يمكنها أن تدور حول محور شاقولي موضوعة تحت السلك على بُعد $50cm$ من محوره المطلوب حساب:

1. شدة الحقل المغناطيسي عند مركز الإبرة المغناطيسية الناتج عن مرور التيار.

2. قيمة زاوية انحراف الإبرة المغناطيسية باعتبار أن قيمة المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي 2×10^{-5} T

الحل:

$I = 10\,A$ ، $d = 50\times10^{-2}\,m = 0.5m$ ،

$B_H = 2\times10^{-5}\,T$

1. الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار المار في السلك:

$$B = 2\times10^{-7}\,\frac{I}{d}$$

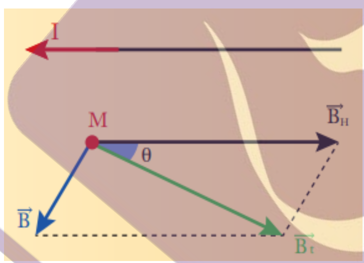
$$B = 2\times10^{-7}\,\frac{10}{5\times10^{-1}}$$

$$B = 4\times10^{-6}\ T$$

2. قبل إمرار التيار الإبرة خاضعة للمركبة الأفقية $\vec{B}_H$

وعند امرار التيار أصبحت الإبرة خاضعة لـ $\vec{B}_H\ ,\ \vec{B}$

فتنحرف وفق محصلتهما زاوية θ



$$\tan\theta = \frac{B}{B_H}$$

$$\tan\theta = \frac{4\times10^{-6}}{2\times10^{-5}}$$

$$\tan\theta = 0.2 < 0.24$$

$$\tan\theta \simeq \theta$$

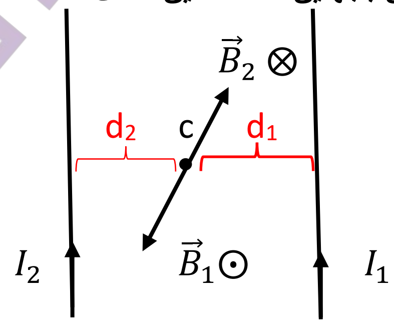
$$\theta \simeq 0.2rad$$

الحقل المغناطيسي الناتج عن تيارين مستقيمين متوازيين

(للمسائل فقط):

1. التياران بجهة واحدة:

(الحقلان بجهتين متعاكستين داخل منطقة السلكين)



- شدة الحقل المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي المار في السلك الأول في النقطة (c) منتصف المسافة بين السلكين:

$$B_1 = 2\times10^{-7}\,\frac{I_1}{d_1}$$

- شدة الحقل المغناطيسي الناتج عن التيار الثاني في النقطة (c) نفسها

$$B_2 = 2\times10^{-7}\,\frac{I_2}{d_2}$$

$\vec{B}_1$ ، $\vec{B}_2$ على حامل واحد وبجهتين متعاكستين :

شدة محصلتهما: $\boldsymbol{B = |B_1 - B_2|}$

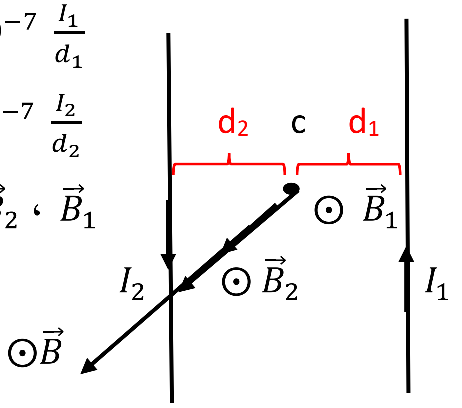
2. التياران بجهتان متعاكستان:

(الحقلان بجهة واحدة داخل منطقة السلكين)

$$B_1 = 2\times10^{-7}\,\frac{I_1}{d_1}$$

$$B_2 = 2\times10^{-7}\,\frac{I_2}{d_2}$$

$\vec{B}_1$ ، $\vec{B}_2$ على حامل واحد وبجهة واحدة



$$\boldsymbol{B = B_1 + B_2}$$

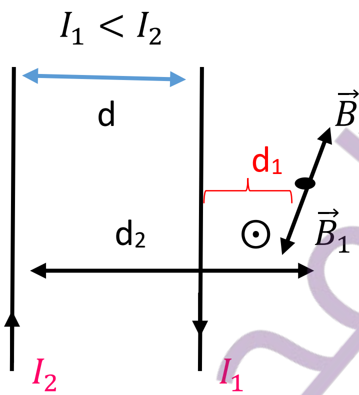
نقطة انعدام الحقل المغناطيسي:

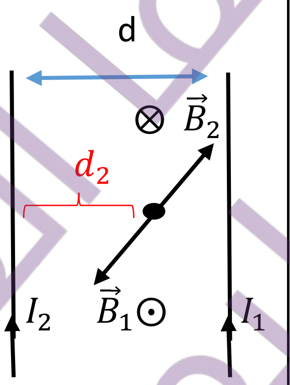
- نقطة انعدام الحقل المغناطيسي هي النقطة التي إذا وضعت فيها إبرة مغناطيسية فإنها لا تنحرف وتكون فيها شدة محصلة الحقول المغناطيسية معدومة. وتقع:

- **داخل منطقة** السلكين إذا كان التياران بجهة واحدة وتكون أقرب إلى السلك الذي يمر به تيار أصغري.

- خارج منطقة السلكين إذا كان التياران بجهتين متعاكستين وأقرب إلى السلك الذي يمر به تيار أصغري.

كيف نحدد نقطة انعدام الحقل المغناطيسي:





$$B_1 = B_2$$

$$2\times10^{-7}\,\frac{I_1}{d_1} = 2\times10^{-7}\,\frac{I_2}{d_2}$$

$$① \quad \boldsymbol{\frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2}}$$

كذلك $② \quad \boldsymbol{d_1 + d_2 = d}$

بالحل المشترك بين ① و ②

نجد:

$d_1 = ?$

$d_2 = ?$

نقطة الانعدام خارج منطقة السلكين :

وأقرب إلى I_1

$$B_1 = B_2$$

$$\boldsymbol{\frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2}} \quad ....①$$

كذلك

$$\boldsymbol{d_2 - d = d_1} \quad ...②$$

بالحل المشترك نجد:

$d_1 = ?\ \ ,\ \ d_2 = ?$

مسألة $\frac{1}{85}$:

نضع في مستوي الزوال المغناطيسي الأرضي سلكين طويلين متوازيين بحيث يبعد منتصفاهما (c_1,c_2) عن بعضهما البعض مسافة $d = 40cm$ ونضع لإبرة بوصلة صغيرة في النقطة c منتصف المسافة (c_1,c_2) نمرر في السلك الأول تياراً كهربائياً شدته $I_1 = 3A$ وفي السلك الثاني تياراً كهربائياً شدته $I_2 = 1A$ وبجهة واحدة.

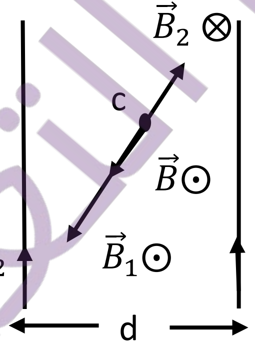
المطلوب:

1. حساب شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن التيارين في النقطة c موضحاً ذلك بالرسم.

2. حساب الزاوية التي تنجرف فيها إبرة البوصلة عن منحاها الأصلي بفرض أن قيمة المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي $B_H = 2 \times 10^{-5}T$.

3. حدد النقطة الواقعة بين السلكين التي تنعدم فيها شدة محصلة الحقلين.

4. هل يمكن أن تنعدم شدة محصلة الحقلين في نقطة قطع خارج المنطقة الواقعة بين السلكين؟ وضح إجابتك.



$d = 40cm$

$d = 4 \times 10^{-1}m$

$I_1 = 3A, \quad I_2 = 1A$

التياران بجهة واحدة

الإبرة في منتصف المسافة ما بين السلكين.

الحل:

.1

$$B_1 = 2 \times 10^{-7} \frac{I_1}{d_1}$$

$$B_1 = 2 \times 10^{-7} \frac{3}{2\times10^{-1}} = 3 \times 10^{-6}\, T$$

$$B_2 = 2 \times 10^{-7} \frac{I_2}{d_2}$$

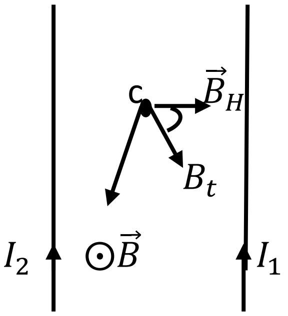
$$B_2 = 2 \times 10^{-7} \frac{1}{2\times10^{-1}} = 10^{-6}\, T$$

$\vec{B}_1$ ، $\vec{B}_2$ على حامل واحد وبجهتين متعاكستين

شدة محصلتهما: $B = B_1 - B_2$

$$= 3 \times 10^{-6} - 10^{-6} = 2 \times 10^{-6}T$$

2. قبل إمرار التيار الإبرة خاضعة للمركبة الأفقية $\vec{B}_H$ وعند امرار التيار أصبحت الإبرة خاضعة لـ $\vec{B}_H$, $\vec{B}$ فتنحرف وفق محصلتهما زاوية θ



$$tan\theta = \frac{B}{B_H}$$

$$= \frac{2\times10^{-6}}{2\times10^{-5}} = 10^{-1}$$

θ صغيرة $\Longrightarrow$

$$tan\theta \simeq \theta$$

ومنه $\theta \simeq 10^{-1}rad$

3. نقطة انعدام الحقل المغناطيسي أقرب إلى السلك الثاني الذي يمر فيه تيار أصغر وداخل منطقة السلكين.

$$B_1 = B_2$$

$$2 \times 10^{-7}\frac{I_1}{d_1} = 2 \times 10^{-7}\frac{I_2}{d_2}$$

$$\frac{I_1}{\grave{d}_1} = \frac{I_2}{\grave{d}_2} \Longrightarrow \frac{3}{\grave{d}_1} = \frac{1}{\grave{d}_2}$$

$$\grave{d}_1 = 3\grave{d}_2$$

لكن $d_1 + d_2 = 40$

$$3\grave{d}_2 + \grave{d}_2 = 40$$

$$4\grave{d}_2 = 40 \Longrightarrow \grave{d}_2 = 10cm$$

$$\Longrightarrow \grave{d}_1 = 3 \times 10 = 30cm$$

$$\Longrightarrow \grave{d}_1 = 30cm$$

4. لا يمكن أن تنعدم شدة محصلة الحقلين خارج منطقة السلكين لأنه يكون في خارج منطقة السلكين حقلان بجهة واحدة فتكون في كل نقطة شدة محصلتهما $B = B_1 + B_2$ وذلك لأن التيارين بجهة واحدة.

مسألة $\frac{3}{86}$:

نضع سلكين شاقوليين متوازيين بحيث يبعد منتصفاهما M_1 , M_2 أحدهما عن الآخر 4cm نمرر في السلك الأول تياراً كهربائياً شدته I_1 ونمرر في السلك الثاني تياراً كهربائياً شدته I_2 وباتجاهين متعاكسين فتكون شدة الحقل المغناطيسي المحصل لحقلي التيارين $4 \times 10^{-7}T$ عند النقطة M منتصف المسافة بين M_1 , M_2 وعندما يكون التياران بجهة واحدة تكون شدة الحقل المغناطيسي المحصل عند M هي $2 \times 10^{-7}T$ فإذا كان $I_1 > I_2$ احسب كلاً من I_1 , I_2

الحل: $d = 4cm$

1) التياران باتجاهان متعاكسان:

الحقلان بجهة واحدة

شدة محصلتهما

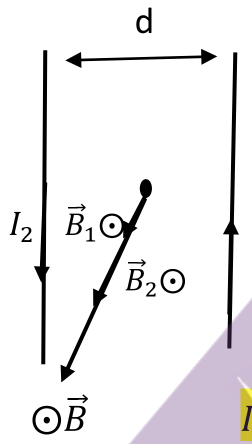
$$B = 4\times10^{-7}T$$

$$B = B_1 + B_2$$

$$4\times10^{-7} = 2\times10^{-7}[\frac{I_1}{d_1}+\frac{I_2}{d_2}]$$

$$2 = \frac{I_1}{2\times10^{-2}} + \frac{I_2}{2\times10^{-2}}$$

$$I_1 + I_2 = 4\times10^{-2} \quad (1)$$



2) التياران بجهة واحدة

⟸ الحقلان باتجاهان متعاكسان

شدة محصلتهما

$$B = 2\times10^{-7}T$$

$$B = B_1 - B_2$$

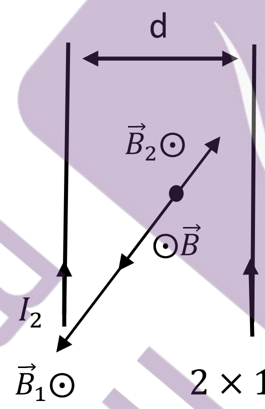
حيث $I_1 > I_2$ ، $d_1 = d_2$

$$\Leftarrow B_1 > B_2$$

$$2\times10^{-7} = 2\times10^{-7}[\frac{I_1}{d_1}-\frac{I_2}{d_2}]$$

$$1 = \frac{I_1}{2\times10^{-2}} - \frac{I_2}{2\times10^{-2}}$$

$$I_1 - I_2 = 2\times10^{-2} \quad (2)$$



بجمع (1) و (2):

$$2I_1 = 6\times10^{-2}$$

$$I_1 = 3\times10^{-2}\ A$$

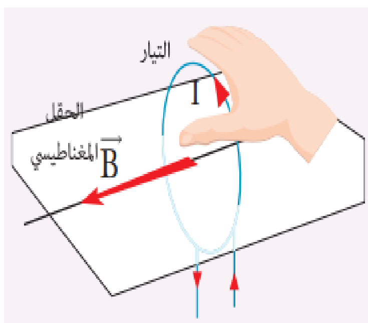
$$I_2 = 10^{-2}\ A$$

ثانياً: الحقل المغناطيسي لتيار كهربائي متواصل في ملف دائري:

(سؤال دورة)

حدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع الحقل المغناطيسي المتولد عن ملف دائري يمر فيه تيار متواصل.

- **الحامل:** العمود على مستوي الملف.
- **الجهة:** **عملياً:** من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي لإبرة مغناطيسية نضعها عند مركز الملف بعد استقرارها.



نظرياً: حسب قاعدة اليد اليمنى

نضعها فوق الملف حيث يدخل التيار من الساعد ويخرج من أطراف الأصابع، ويتجه باطن الكف نحو مركز الملف فيشير الإبهام إلى جهة شعاع الحقل المغناطيسي.

- **الشدة:** إن شدة الحقل المغناطيسي تتناسب طرداً مع شدة التيار الكهربائي المار فيه

طرداً مع عدد اللفات N.

عكساً مع نصف قطر الملف الوسطي r

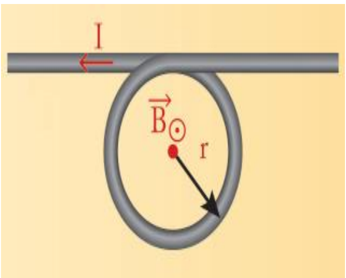
$$B = 4\pi\times10^{-7}\acute{k}\ I$$

$$\acute{k} = \frac{N}{2r}$$

$$\boldsymbol{B = 2\pi\times10^{-7}\frac{N}{r}I}$$

تطبيق:

نمرر تياراً كهربائياً شدته $6A$ في سلك مستقيم طويل معزول ثم نلف جزءاً منه على شكل حلقة دائرية بلفة واحدة نصف قطرها $3cm$ كما في الشكل. احسب شدة الحقل المغناطيسي المحصل في مركز الحلقة ثم حدد بقية عناصره.



الحل:

$$I = 6A\ ,\ r = 3\times10^{-2}m\ ,\ N = 1$$

نعد السلك جزأين:

الأول: حلقة.

الثاني: مستقيم فينشأ في مركز الحلقة الدائرية حقلان يمكن تحديد كل منهما حسب قاعد اليد اليمنى.

1. الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار المار في الحلقة الدائرية:

$$B_1 = 2\pi\times10^{-7}\frac{NI}{r}$$

$$B_1 = 2\pi\times10^{-7}\frac{1\times6}{3\times10^{-2}}$$

$$B_1 = 12.5\times10^{-5}\ \text{T}$$

2. الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار المار في السلك المستقيم:

$$B_2 = 2\times10^{-7}\frac{I}{d}$$

$$B_2 = 2\times10^{-7}\frac{6}{3\times10^{-2}}$$

$$B_2 = 4\times10^{-5}\ \text{T}$$

الحقلان على حامل واحد وبالجهة نفسها فتكون شدة الحقل المحصل:

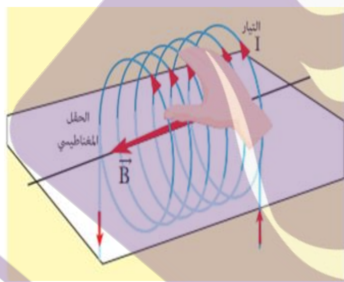
$$B = B_1 + B_2$$
$$B = 12.5 \times 10^{-5} + 4 \times 10^{-5}$$
$$B = 16.5 \times 10^{-5}\text{T}$$

الحامل: العمود على مستوي الحلقة الدائرية.

الجهة: أمام مستوي الحلقة.

ثالثاً: الحقل المغناطيسي لتيار كهربائي متواصل في ملف حلزوني (وشيعة):

حدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار وشيعة.



الحل:

- **الحامل:** هو محور الوشيعة.
- **الجهة:** عملياً من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي للإبرة.

نظرياً: حسب قاعدة اليد اليمنى: نضعها فوق الوشيعة بحيث توازي أصابعها إحدى الحلقات ونتصور أن التيار يدخل من الساعد ويخرج عن رؤوس الأصابع فيشير الإبهام الذي يعامد الأصابع إلى جهة شعاع الحقل المغناطيسي.

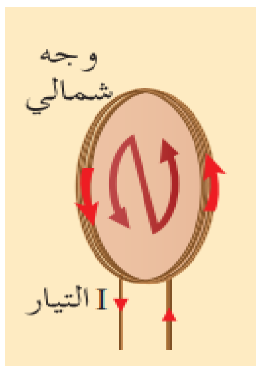
- **الشدة:** تتناسب طرداً مع:

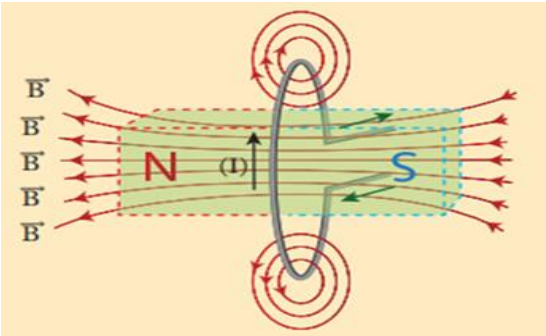
1) شدة التيار I
2) النسبة $\frac{N}{\ell}$ أي عدد اللفات في واحدة الأطوال $n_1 = \frac{N}{\ell}$

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \acute{k}\, I$$
$$\boxed{B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{\ell} I}$$

نتيجة:

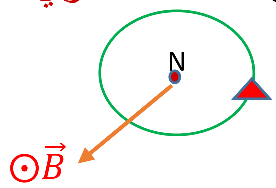
الملفات والوشائع الكهربائية تكافئ مغانط إذ يُطلق اسم الوجه الشمالي على وجه الملف الذي تكون فيه جهة التيار بعكس جهة دوران عقارب الساعة، أما الوجه الآخر للملف فهو الوجه الجنوبي.

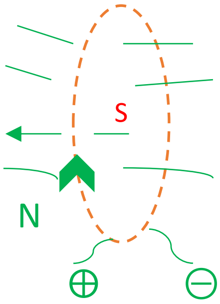




ملاحظات لمسائل الملف والوشيعة:

أولاً: الملف الدائري





ينطبق على مستوي الزوال

لحساب شدة الحقل: $B = 2\pi \times 10^{-7} \frac{N}{r} I$

لحساب عدد اللفات

$N = \frac{B.r}{2\pi \times 10^{-7} I}$

$N = \frac{\text{طول السلك}}{\text{محيط اللفة}} = \frac{\ell}{2\pi r}$

قانون أوم: $U = RI$

$I = \frac{U}{R}$

مقاومة سلك المعدن

طرداً مع طول السلك ℓ

عكساً مع مساحة المقطع

تتوقف على نوع المادة المصنوع منها السلك

$B = 2\pi \times 10^{-7} \frac{N}{r} \frac{U}{R}$

فرق الكمون

نصف قطر الملف

مقاومة السلك

ملاحظات حول الوشيعة:

$$\boxed{B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{\ell} I}$$

لحساب N

$N = \frac{\ell}{2\pi r}$

$N = \frac{B.\ell}{4\pi \times 10^{-7} I}$

$I = \frac{U}{R}$

$$B = 4\pi \times 10^{-7}\frac{N}{\ell}\frac{U}{R}$$

عدد الطبقات $n = \dfrac{N \text{ عدد اللفات الكلية}}{\grave{N} \text{ عدد اللفات في كل طبقة}}$

$$\grave{N} = \frac{\text{طول الوشيعة}}{\text{قطر السلك}}$$

انتبه:

وشيعة طولها ℓ وعدد لفاتها N ، نمرر تياراً شدته I فيتولد داخلها حقل مغناطيسي شدته B .

حيث: $B = 4\pi \times 10^{-7}\frac{N}{\ell} I$

عندما نقسم الوشيعة إلى قسمين متساويين:

هنا نميز حالتين:

إذا بقيت شدة التيار نفسها في كل قسم:

$\Rightarrow I = \frac{U}{R} = const$

عندما نقسم الوشيعة تبقى

$\frac{N}{\ell} = const$

$B = const$

إذا بقي فرق الكمون نفسه

$\Rightarrow I = \frac{U}{R}$

U نفسه ولكن R تتغير:

سلك قديم $\grave{\ell} = \frac{1}{2}\ell$ سلك جديد

$\Rightarrow \grave{R} = \frac{1}{2}R$

$\Rightarrow \grave{I} = 2I$

$\Rightarrow \grave{B} = 2B$

تمرين:

وشيعة طولها 40 cm عدد لفاتها 400 لفة قطر السلك المستخدم 2mm فيكون عدد اللفات في كل طبقة:

a) 400 b) 300 c) 100 d) 200

$$\grave{N} = \frac{\ell}{\text{قطر السلك}} = \frac{40\times10^{-2}}{2\times10^{-3}} = 200 \text{ لفة}$$

وعدد طبقاتها:

a) 4 b) 3 c) 1 d) 2

$$n = \frac{N}{\grave{N}} = \frac{400}{200} = 2 \text{ طبقة}$$

وإذا كان نصف قطر اللفة 2cm فيكون طول سلكها:

a) 12π b) 12 c) 16π d) 16

$$r = 2cm = 2\times10^{-2}m$$

$$N = \frac{\grave{\ell}}{2\pi r} \Rightarrow \grave{\ell} = N(\underbrace{2\pi r}_{\text{محيط اللفة}})$$

$$= 400(2\pi\times2\times10^{-2})$$

$$\grave{\ell} = 16\pi\ m$$

التدفق المغناطيسي: (هام جداً للأبحاث القادمة)

رمزه: Φ يعبر عن عدد خطوط الحقل المغناطيسي التي تجتاز سطح دارة كهربائية مستوية مغلقة.

سؤال امتحاني:

1- نمرر تياراً كهربائياً في دارة مستوية مغلقة ،اكتب علاقة شعاع السطح وماهي عناصره موضحاً بالرسم.

2- اكتب العلاقة الرياضية التي يحسب منها التدفق المغناطيسي مبيناً دلالات الرموز ثم بين متى يكون التدفق:

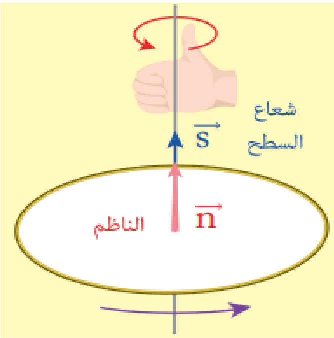
a- معدوم b- أعظمي

c- بين كيف يصبح التدفق عندما $\alpha = \frac{\pi}{3} rad$

شعاع السطح: $\vec{S}$:

نتخذ $\vec{n}$ الناظم على مستوي الدارة.

ويدخل من وجهها الجنوبي ويخرج من وجهها الشمالي .



نعرف شعاع السطح $\vec{S}$ بالعلاقة:

$$\vec{S} = S.\vec{n}$$

عناصر شعاع السطح $\vec{S}$

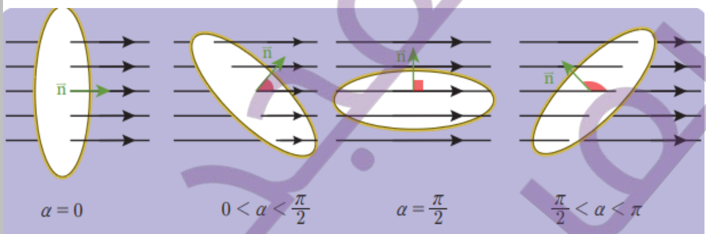
- **الحامل:** هو الناظم
- **الجهة:** بجهة الناظم دوماً.
- **الشدة:** S مساحة سطح الدارة واحدة قياسها (m^2)

$$\Phi = \vec{B}.\vec{S} = B.S.\cos\alpha$$

من أجل N لفة $\Phi = NB.S\cos\alpha$

α : هي الزاوية الكامنة بين $\vec{B}$ والناظم $\vec{n}$: $\alpha(\vec{n}\,;\,\vec{B})$

Φ: التدفق المغناطيسي واحدته (ويبر) (Weber)



$cos\alpha = 1$ $\Phi > 0$ $\Phi = 0$ $cos\alpha < 0$

$\Phi_{max} = NBS$ $\Phi < 0$

أعظمي

التدفق مقدار جبري موجب أو سالب أو معدوم.

كيف يتغير التدفق المغناطيسي: (هام جداً للمسائل)

$$\Phi = NB.S\cos\alpha$$

يتغير التدفق بتغير α أو B أو S

أ) تغير التدفق بتغير الزاوية $\alpha(\vec{n}\,;\,\vec{B})$

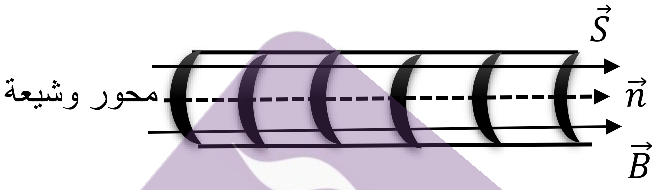
$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$$

$$= NB.Scos\alpha_2 - NB.Scos\alpha_1$$
$$\Delta\Phi = NBS[\,cos\alpha_2 - cos\alpha_1]$$

- **إذا قال لنا في نص المسألة** أحد الجمل التالية فمن هذه الجمل ستعرف قيمة (α) وكيف تغيرت:

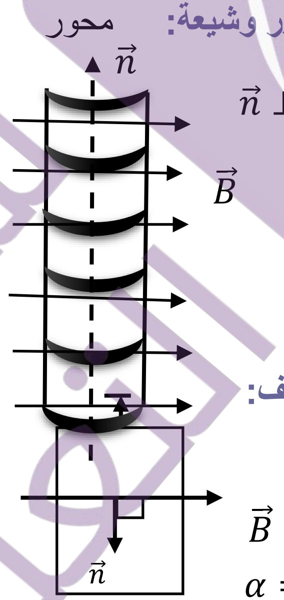
مثلاً:

1) خطوط الحقل توازي محور وشيعة:



$$\vec{n} // \vec{B} \Rightarrow \alpha = 0$$
$$\Rightarrow cos\alpha = 1$$
$$\Rightarrow \Phi = NBS$$

2) خطوط الحقل عمودية على محور وشيعة:



$$\vec{n} \perp \vec{B} \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2} \Rightarrow cos\alpha = 0$$
$$\Rightarrow \Phi = 0$$

3) خطوط الحقل توازي مستوى ملف:

$$\alpha = \frac{\pi}{2} \Rightarrow cos\alpha = 0 \Rightarrow \Phi = 0$$

4) خطوط الحقل عمودية على مستوى ملف:

$$\vec{n} \ //\vec{B} \Rightarrow \alpha = 0 \Rightarrow cos\alpha = 1$$

إذاً **انتبه:**

خطوط الحقل توازي

مستوي ملف $\alpha = \frac{\pi}{2}$ | محور وشيعة $\alpha = 0$

خطوط الحقل عمودية على

مستوي ملف $\alpha = 0$ | محور وشيعة $\alpha = \frac{\pi}{2}$

بالنسبة لدوران الملف نميز حالتين:

1 خطوط الحقل عمودية على مستوي الملف:

$$\Rightarrow \vec{n} // \vec{B}$$
$$\Rightarrow \alpha_1 = 0$$

ثم دار الملف زاوية ولتكن $60°$

$$\Rightarrow \alpha_2 = 60°$$

2 وإذا كانت خطوط الحقل توازي مستوي الملف

$$\Rightarrow \alpha_1 = \frac{\pi}{2} rad$$

ثم دار الملف زاوية ولتكن $60°$

$$\Rightarrow \alpha_2 = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{3} = \frac{\pi}{6} rad$$

ب): تغير التدفق بتغير شدة الحقل B

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = NSB_2cos\alpha - NSB_1cos\alpha$$
$$\Delta\Phi = NScos\alpha[B_2 - B_1]$$

ج): تغير التدفق بتغير السطح:

(سيدرس بالبحث الثاني)

مسألة $\frac{5}{86}$:

ملف دائري نصف قطره الوسطي 5cm يولد عند مركزه حقلاً مغناطيسياً قيمته تساوي قيمة الحقل المغناطيسي الذي تولده وشيعة عند مركزها عندما يمر بينهما التيار نفسه فإذا علمت أن عدد لفات الوشيعة 100 لفة وطولها 20cm احسب عدد لفات الملف الدائري.

الحل:

ملف : $r = 5cm$

وشيعة: $\ell = 20cm,\ N_{وشيعة} = 100$

$N = 100$ لفة

I نفسه I

شدة الحقل المتولد نفسه $\Leftarrow$ $\boldsymbol{B_{ملف} = B_{وشيعة}}$

$$2\pi \times 10^{-7} \frac{N_{ملف}}{r} I = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N_{وشيعة}}{\ell} I$$
$$\Rightarrow \frac{\boldsymbol{N_{ملف}}}{\boldsymbol{r}} = 2\frac{\boldsymbol{N_{وشيعة}}}{\boldsymbol{\ell}}$$

$$\frac{N}{5\times10^{-2}} = 2\,\frac{100}{2\times10^{-1}}$$

$$\frac{N}{5\times10^{-2}} = 1000 \Longrightarrow N_{\text{ملف}} = 5\times10^{-2}\times1000$$

$$N_{\text{ملف}} = 50 \text{ لفة}$$

مسألة خارجية:

نريد توليد حقل مغناطيسي في مركز وشيعة شدته $2\times10^{-2}\,T$ وذلك بإمرار تيار كهربائي شدته $8A$ وطول الوشيعة $60cm$ فاحسب عدد لفات الوشيعة.
إذا علمت أنه أجرينا اللف بالجهة نفسها وعلى أسطوانة فارغة من مادة بلاستيكية عادية باستخدام سلك معزول قطره $2mm$ فاحسب عدد طبقات الوشيعة.

الحل:

$$B = 2\times10^{-2}\,\mathrm{T} \quad , \quad I = 8A$$

$$\ell = 6\times10^{-1}\,m$$

(1
$$B = 4\pi\times10^{-7}\,\frac{N}{\ell}\,I$$

$$2\times10^{-2} = 12.5\times10^{-7}\,\frac{N}{6\times10^{-1}}\times8$$

N=1200 لفة

(2
$$\text{عدد الطبقات} = \frac{N}{\grave{N}}$$

نحسب $\grave{N}$:

$$\grave{N} = \frac{\ell}{\text{قطر السلك}} = \frac{6\times10^{-1}}{2\times10^{-3}} = 300 \text{ لفة}$$

$$\Longleftarrow \text{عدد الطبقات} = \frac{1200}{300} = 4 \text{ طبقة}$$

$$n = \frac{1200}{300} = 4 \text{ طبقة}$$

مسألة $\frac{2}{86}$:

a. ملف دائري في مكبر صوت عدد لفاته 400 لفة ونصف قطره $2cm$ نطبق بين طرفيه فرقاً في الكمون $U = 10V$ فإذا علمت أن مقاومة 20Ω احسب شدة الحقل المغناطيسي المتولد عند مركز الملف.

b. نقطع التيار السابق عن الملف احسب التغير الحاصل في قيمة التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الملف ذاته (بإهمال تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي).

c. احسب طول سلك الملف الدائري.

الحل:

N= 400 لفة   r =2cm =2X10^{-2}m

$$U = 10V \qquad R = 20\,\Omega$$

(a
$$B = 2\pi\times10^{-7}\,\frac{N}{r}\,I$$

لكن $I = \frac{U}{R}$ حسب قانون أوم

$$B = 2\pi\times10^{-7}\,\frac{N}{r}\,\frac{U}{R}$$

$$B = 2\pi\times10^{-7}\,\frac{400}{2\times10^{-2}}\times\frac{10}{20}$$

$$B = 2\pi\times10^{-3}\,\mathrm{T}$$

(b عند قطع التيار تتناقص شدة التيار حتى تنعدم فتتناقص شدة الحقل حتى تنعدم.

$$I_1 = \frac{1}{2}A \quad \Longrightarrow \quad B_1 = 2\pi\times10^{-3}\,\mathrm{T}$$

$$\boldsymbol{I_2 = 0} \quad \Longrightarrow \quad \boldsymbol{B_2 = 0}$$

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = NScos\alpha\,[B_2 - B_1]$$

$$\Delta\Phi = N\times\pi r^2 cos\alpha[B_2 - B_1]$$

حيث $S = \pi r^2$

$$= 400\times\pi\times4\times10^{-4}\times1[0 - 2\pi\times10^{-3}]$$

$$\Delta\Phi = -32\times10^{-4}\,weber$$

(c
$$\grave{\ell} = N(2\pi r)$$

$$= 400\times2\pi\times2\times10^{-2}$$

$$= 16\pi$$

$$\boldsymbol{\grave{\ell} = 50\,m}$$

انتبه: عندما يعطى نصف قطر ملف دائري أو (وشيعة) فنحسب مساحة الملف من $(\boldsymbol{S = \pi r^2})$

تعليل المغناطيسية:

في ذرة الحديد:

$$\boldsymbol{F_e = 1S^2\ 2S^2\ 2P^6\ 3S^2\ 3P^6\ 4S^2\ 3d^6}$$

ولكن التمثيل الالكتروني في الدار الثانوي $3d$

↑↓	↑	↑	↑	↑

- لاحظ أن عدد الالكترونات الفردية (العازبة) هي أربعة الكترونات.
- إن دوران الالكترونات حول النواة يشبه مرور تيار كهربائي في حلقة مغلقة فيولد حقلاً مغناطيسياً. وتتغير جهة هذا الحقل بتغير جهة دوران الالكترون.
- فإذا دار الالكترونات حول النواة في الذرة تولد عن أحدهما خاصية مغناطيسية تلغي الخاصية المتولدة عن الآخر.
- أما إذا انفرد أحد الالكترونات للذرة بدورانه حول النواة أكسبها صفة مغناطيسية جاعلاً من الذرة مغناطيسي صغير ثنائي القطب.

- إن حركة بعض الشحنات داخل النواة تولد خصيصة مغناطيسية صغيرة جداً.

مسألة $\frac{4}{86}$:

نضع ملفين دائرئين لهما المركز ذاته في مستوٍ شاقولي واحد عدد لفات كل منهما 200 لفة نصف قطر الأول 10cm والثاني نصف قطره 4cm نمرر في الملف الأول تياراً كهربائياً شدته 8 A بعكس جهة دوران عقارب الساعة؟ المطلوب: حدد جهة التيار الواجب إمراره في الملف الثاني وشدته: لتكون شدة الحقل المغناطيسي المحصل عند المركز المشترك للملفين:

1. 5×10^{-2} T أمام مستوى الرسم.
2. 3×10^{-2} T خلف مستوى الرسم.
3. معدومة.

$$B_1 = 2\pi \times 10^{-7} \frac{N_1}{r_1} I_1$$

$$B_1 = 2\pi \times 10^{-7} \frac{200}{10\times10^{-2}} \times 8$$

$$B_1 = 1 \times 10^{-2}\ \text{T}$$

الحل:

1) $\vec{B}_1$ ، $\vec{B}_2$ بجهة واحدة لهما كحصلة بجهة $\vec{B}_1$ (أمام مستوي الرسم) شدتها حاصل جمع الشدتين

$$B = B_1 + B_2$$

$$5 \times 10^{-2} = 1 \times 10^{-2} + B_2$$

$$B_2 = 4 \times 10^{-2}\ \text{T}$$

لكن:

$$B_2 = 2\pi \times 10^{-7} \frac{N_2}{r_2} I_2$$

$$4 \times 10^{-2} = 2\pi \times 10^{-7} \frac{200}{4\times10^{-2}} \times I_2$$

$$I_2 = 12.8\ A$$

جهة I_2 بعكس جهة دوران عقارب الساعة.

2) $\vec{B}_1$ ، $\vec{B}_2$ بجهتين متعاكستين لهما محصلة بجهة $\vec{B}_2$ (خلف مستوي الرسم) شدتها حاصل طرح الشدتين:

$$B = B_2 - B_1$$

$$3 \times 10^{-2} = B_2 - 10^{-2}$$

$$B_2 = 4 \times 10^{-2}\ \text{T}$$

لكن:

$$B_2 = 2\pi \times 10^{-7} \frac{N_2}{r_2} I_2$$

$$4 \times 10^{-2} = 2\pi \times 10^{-7} \frac{200}{4\times10^{-2}} \times I_2$$

$$\Rightarrow I_2 = 12.8\ A$$

جهة I_2 بجهة دوران عقارب الساعة.

3) $\vec{B}_1$ ، $\vec{B}_2$ بجهتين متعاكستين محصلة معدومة شدتها حاصل طرح الشدتين:

$$B = B_2 - B_1 = 0$$

$$\Rightarrow B_2 = B_1$$

$$2\pi \times 10^{-7} \frac{N_1}{r_1} I_1 = 2\pi \times 10^{-7} \frac{N_2}{r_2} I_2$$

$$\frac{I_1}{r_1} = \frac{I_2}{r_2} \Rightarrow$$

$$\frac{8}{10\times10^{-2}} = \frac{I_2}{4\times10^{-2}}$$

$$I_2 = 3.2A$$

جهة I_2 بجهة دوران عقارب الساعة.

مسألة 9 عامة:

وشيعة طولها 40cm مؤلفة من 400 لفة محورها الأفقي يعامد خط الزوال المغناطيسي نضع في مركزها إبرة بوصلة صغيرة دورانها شاقولي ثم نمرر في الوشيعة تياراً كهربائياً متواصلاً شدته $16m\ A$ المطلوب:

1. **احسب شدة الحقل المغناطيسي المتولد في مركز الوشيعة**
2. **احسب زاوية انحراف إبرة مغناطيسية موضوعة عند مركز الوشيعة باعتبار أن المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي تساوي $B_H = 2 \times 10^{-5}$ T**
3. **إذا أجرينا اللف بالجهة نفسها على أسطوانة فارغة من مادة عازلة باستخدام سلك معزول قطره $2mm$ بلفات متلاصقة احسب عدد طبقات الوشيعة.**
4. **نضع داخل الوشيعة في مرزها حلقة دائرية مساحتها $2cm^2$ بحيث يصنع الناظم على سطح الحلقة مع محور الوشيعة زاوية $60°$.**

احسب التدفق المغناطيسي عبر الحلقة الناتج عن تيار الوشيعة.

الحل:

$$\ell = 40cm = 4 \times 10^{-1}m$$

$$I = 16 \times 10^{-3}A$$

1)

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{\ell} I$$

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{400}{4\times10^{-1}} \times 16 \times 10^{-3}$$

$$B = 200 \times 10^{-7} = 2 \times 10^{-5}\ T$$

حيث: $4\pi \simeq 12.5$

2) قبل إمرار التيار كانت الإبرة خاضعة لـ $\vec{B}_H$ وبعد إمرار التيار تصبح الإبرة خاضعة لـ $\vec{B}$ و $\vec{B}_H$ فتنحرف

وفق محصلتهما زاوية (θ):

$$\tan\theta = \frac{B}{B_H} = \frac{2\times10^{-5}}{2\times10^{-5}} = 1$$

$$\theta = \frac{\pi}{4}rad$$

(3 $n = \frac{N}{\grave{N}}$

$$\grave{N} = \frac{\text{طول الوشيعة}}{\text{قطر السلك}} = \frac{4\times10^{-1}}{2\times10^{-3}} = 200 \text{ لفة}$$

$$n = \frac{400}{200} = 2 \text{ طبقة}$$

(4 $\Phi = NBS\,cos\alpha$

$N = 1$ عبر الحلقة

$$\Phi = 1\times2\times10^{-5}\times2\times10^{-4}\times\frac{1}{2}$$

$$\Phi = 2\times10^{-9}\ weber$$

مسألة 10 عامة:

ملف دائري نصف قطره الوسطي $40cm$ يتألف من 100 لفة وُضع في حقل مغناطيسي منتظم شدته $0.5\ T$ حيث خطوط الحقل عمودية على مستوى الملف المطلوب:

1. احسب التدفق المغناطيسي الأعظمي الذي يجتاز لفات الملف.

2. ما مقدار التغير في التدفق المغناطيسي إذا دار الملف في الاتجاه الموجب بزاوية $45°$ (نهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي).

الحل:

$r = 40cm = 4\times10^{-1}m$

$N = 100$ لفة

$B = 0.5\ T$

خطوط الحقل عمودية على مستوى الملف $\Leftarrow$

$\alpha = 0$

(1 $\Phi = NBS\,cos\alpha$

$= 100\times0.5\times\pi\times16\times10^{-2}$

$= 8\pi\ weber$

(2 $\alpha_1 = 0$

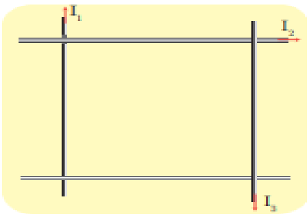
$\alpha_2 = 45° = \frac{\pi}{4}rad$

$\Delta\Phi = NBS[cos\alpha_2 - cos\alpha_1]$

$= 100\times0.5\times\pi\times16\times10^{-2}[\frac{\sqrt{2}}{2} - 1]$

$= 8\pi\left[\frac{\sqrt{2}}{2} - 1\right]weber$

مسألة 11 عامة:



أربع أسلاك ناقلة تقع في مستوٍ واحد ومتقاطعة مع بعضها البعض لتشكل مربعاً طول ضلعه 40cm أوجد شدة واتجاه التيار الذي يجب أن يمر في الناقل الرابع بحيث تكون شدة الحقل المغناطيسي في مركز المربع معدومة.

حيث إن: $I_1 = 10\ A\ , I_2 = 5A\ , I_3 = 15\ A$

الحل:

$\vec{B}_1$ و $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_1$ على حامل واحد وبجهة واحدة

محصلتهما: $B = B_1 + B_2 + B_3$

لتكون شدة الحقل المغناطيسي الكلي معدومة يجب أن تكون $\vec{B}_4$, $\vec{B}$ على حامل واحد وبجهتين متعاكستين ومتساويين

$$\Rightarrow B_4 = B$$

$$\Rightarrow B_4 = B_1 + B_2 + B_3$$

$$B_4 = 2\times10^{-7}[\frac{I_1}{d_1} + \frac{I_2}{d_2} + \frac{I_3}{d_3}]$$

$$d_1 = d_2 = d_3 = d_4 = 2\times10^{-1}m$$

$$\Rightarrow 2\times10^{-7}\frac{I_4}{d_4} = \frac{2\times10^{-7}}{d_4}[I_1 + I_2 + I_3]$$

$$\Rightarrow I_4 = I_1 + I_2 + I_3 = 30A$$

جهة I_4 بجهة I_2 حتى يكون $\vec{B}_4$ أمام مستوي الرسم ويعاكس $\vec{B}$.

اختبر نفسي:

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. نمرر تياراً كهربائياً متواصلاً في ملف دائري فيتولد عند مركزه حقل مغناطيسي شدته B نضاعف عدد لفاته ونجعل نصف قطر الملف الوسطي نصف ما كان عليه فتصبح شدة الحقل المغناطيسي عند مركزه:

a. B b. 2B c. 4B d. 0.5B

الحل: 4B

---

2. إن التدفق المغناطيسي الذي يجتاز دارة مستوية في الخلاء يكون مساوياً نصف قيمته العظمى عندما:

a. $\alpha = \frac{\pi}{2}rad$ b. $\alpha = \pi\ rad$

c. $\alpha = \frac{\pi}{6}rad$ d. $\alpha = \frac{\pi}{3}rad$

الحل: $\alpha = \frac{\pi}{3}rad$

---

3. إن شدة شعاع الحقل المغناطيسي في مركز وشيعة يتناسب طرداً مع:

a. مقاومة سلك الوشيعة   b. طول الوشيعة

c. التوتر الكهربائي المطبق بين طرفي الوشيعة

d. مساحة سطح مقطع الوشيعة

الحل: التوتر الكهربائي المطبق بين طرفي الوشيعة

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{\ell} I = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{\ell} \frac{U}{R}$$

طول وشيعة

$$B = const. U$$

---

4. نمرر تياراً كهربائياً متواصلاً في سلك مستقيم فيتولد حقل مغناطيسي شدته B في نقطة تبعد d عن محور السلك وفي نقطة ثانية تبعد $2d$ عن محور السلك وبعد أن نجعل شدة التيار ربع ما كانت عليه تصبح شدة الحقل المغناطيسي:

a. $2B$ b. $4B$ c. $8B$ d. $\frac{1}{8}B$

الحل: $\grave{B} = \frac{1}{8}B$

ثانياً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1. **تتقارب خطوط الحقل المغناطيسي عند قطبي المغناطيس**

الجواب: لأن شدة الحقل المغناطيسي عند قطبي المغناطيس تكون أكبر منها في النقاط الأبعد عن القطبين.

2. **لا يمكن لخطوط الحقل المغناطيسي أن تتقاطع.**

الجواب: نعلم أن خطوط الحقل المغناطيسي تمس في كل نقطة في نقاطها شعاع الحقل المغناطيسي في تلك النقطة أن تقاطع خطين يعني أن $\vec{B}$ يمس كل من الخطين و هذا غير صحيح.

3. **لا تولد الأجسام المشحونة الساكنة أي حقل مغناطيس**

الجواب: لان الأجسام المشحونة الساكنة لا تولد تيار كهربائي.

ثالثاً: ضع كلمة " صح " أمام العبارة الصحيحة وكلمة "خطأ " أمام العبارة الخاطئة ثم صححها فيما يأتي:

1. **لكل مغناطيسي قطبان مغناطيسيان مختلفان في شدتهما.**

الجواب: خطأ:

لكل مغناطيس قطبان متساويان في شدتهما.

2. **خطوط الحقل المغناطيسي لا ترى بالعين المجردة.**

الجواب: صح.

3. **تزداد شدة الحقل المغناطيسي لتيار كهربائي متواصل في سلك مستقيم كلما ابتعدنا عن السلك.**

الجواب: خطأ تنقص شدة الحقل ....

4. **تنقص شدة الحقل المغناطيسي في مركز وشيعة لفاتها متلاصقة عدد طبقاتها طبقة واحدة إلى نصف شدته في حالة إنقاص طول الوشيعة مع بقاء شدة التيار ثابتة.**

الجواب: خطأ : فهي تبقى ثابتة:

التعليل: $B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{\ell} I$

$\frac{N}{\ell} = const$

بما أن شدة التيار ثابتة $\Leftarrow$ $I = \frac{U}{R} = const$

ومنه $B = const$

رابعاً: أجب عما يأتي:

- **أضع إبرة مغناطيسية محورها شاقولي على طاولة أفقية لتستقر أبين كيف يجب وضع سلك مستقيم أفقياً فوق البوصلة بحيث لا تنحرف الإبرة عند إمرار تيار كهربائي في السلك؟**

الجواب: لا تنحرف الإبرة عند إمرار التيار الكهربائي في السلك إذا كان الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار منطبقاً على استقامة الإبرة أي يجب وضع السلك عمودي على الإبرة.

انتهى البحث الأول

الدرس الثاني:

فعل الحقل المغناطيسي في التيار الكهربائي

القوة المغناطيسية: (قوة لورنز)

يؤثر الحقل المغناطيسي في الجسيمات المشحونة المتحركة ضمن الحقل بقوة مغناطيسية تدعى لورنز، تُغير هذه القوة من مسار حركتها

جهة هذه القوة تتوقف على:

1) نوع الشحنة **2) جهة شعاع الحقل**

شروط وجود لورنز:
- حقل مغناطيسي
- شحنة متحركة بسرعة $\vec{v}$ ضمن الحقل
- زاوية $\theta(\vec{v}\hat{,}\vec{B})$

عدد العوامل التي تتوقف عليها شدة القوة المغناطيسية ثم اكتب دستور شدة هذه القوة:

الحل: تتناسب شدة القوة طرداً مع:

1) مقدار الشحنة المتحركة (q) واحدتها (c) كولوم.
2) شدة الحقل المغناطيسي المؤثر (B) واحدتها (T) .
3) سرعة الشحنة المتحركة (v) واحدتها ($m.s^{-1}$) .
4) جيب الزاوية بين شعاع السرعة والحقل $\theta(\vec{v}\hat{,}\vec{B})$

دستور شدة القوة:

$$F = q\,v\,B\sin\,(\vec{v}\hat{,}\vec{B})$$

(سؤال دورة)

اكتب العبارة الشعاعية للقوة المغناطيسية وحدد عناصر شعاع القوة المغناطيسية:

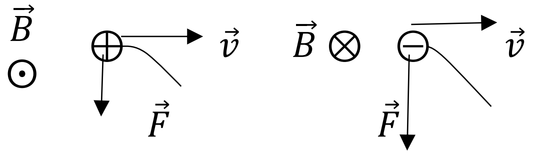
الحل: $\vec{F} = q\vec{v}\wedge\vec{B}$

1) نقطة التأثير: الشحنة المتحركة

2) الحامل: هو العمود على المستوي المحدد بـ ($\vec{B}$، $\vec{v}$) شعاع السرعة وشعاع الحقل

3) الجهة: تحدد بقاعدة اليد اليمنى:

- نجعل الساعد يوازي شعاع السرعة.
- والأصابع بعكس جهة شعاع السرعة للشحنات السالبة مع جهة شعاع السرعة للشحنات الموجبة.
- شعاع الحقل يخرج من راحة الكف.
- يشير الإبهام لجهة $\vec{F}$



4) الشدة: $F = q\,v\,B\sin\,(\vec{v}\hat{,}\vec{B})$

مناقشة:

$\vec{v}\perp\vec{B}$	$\vec{v}\,//\,\vec{B}$
F أعظمي	$F = 0$

دراسة حركة جسيم مشحون (الكترون) في حقل مغناطيسي منتظم:

ملفي هلمهولتز: هما ملفان دائريان متوازيان يتولد بينهما حقل مغناطيسي (نعتبره منتظم) عند امرار التيار نفسه فيهما.

كيف يؤثر الحقل المغناطيسي على الشحنة المتحركة؟

عند ادخال حزمة الكترونية بسرعة $\vec{v}$ ضمن الحقل المغناطيسي المنتظم، سيؤثر هذا الحقل في الحزمة الالكترونية بقوة مغناطيسية تكون دائماً عمودية على شعاع السرعة $\vec{F}\perp\vec{v}$ فتكسب هذه الحزمة تسارعاً ثابتاً $\vec{a}\perp\vec{v}$ وبالتالي حركتها دائرية منتظمة.

أي يحدث تغيراً في حامل وجهة شعاع السرعة لا في قيمتها (لأنها خضعت لتسارع جاذب مركزي).

(سؤال دورة)

استنتج علاقة نصف قطر المسار الدائري لأحد الالكترونات المتحركة ضمن المنطقة التي يسودها الحقل المغناطيسي المنتظم حيث $\vec{v}\perp\vec{B}$

القوى الخارجية: $\vec{F}$ قوة لورنز

حيث $\vec{F} = e\,\vec{v}\wedge\vec{B}$

بإهمال ثقل الالكترون:

$$\sum\vec{F} = m_e\vec{a}$$

$$\vec{F} = m_e\vec{a}$$

$$e\vec{v}\wedge\vec{B} = m\vec{a}$$

$$\Rightarrow \vec{a} = \frac{e}{m_e}\vec{v}\wedge\vec{B}$$

حسب خواص الجداء الشعاعي $\vec{a}\perp\vec{v}$

$$\Longrightarrow a = a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$evB\sin\theta = m_e a_c$$

$$evB = m_e\frac{v^2}{r} \quad \Longrightarrow \quad eB = m_e\frac{v}{r}$$

$$\Longrightarrow r = \frac{m_e v}{eB} = const$$

بما أن $\left[\begin{matrix} r = const \\ a = a_c \end{matrix}\right. \Longrightarrow$ الحركة دائرية منتظمة]

فعلاقة نصف القطر:

$$\boldsymbol{r = \frac{m_e v}{eB}}$$

حيث: m_e كتلة إلكترون

e القيمة المطلقة لشحنة الإلكترون

B شدة الحقل المغناطيسي المنتظم

v سرعة الالكترون

دور حركة الالكترون:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi\, m_e\, v}{e\,B\,v}$$

$$\boldsymbol{T = \frac{2\pi\, m_e}{eB}}$$

مسألة $\frac{14}{274}$ عامة:

نخضع إلكتروناً يتحرك بسرعة $8\times10^3 Km.s^{-1}$ إلى تأثير حقل مغناطيسي منتظم ناظمي على شعاع سرعته شدته $B = 5\times10^{-3}$ T

المطلوب:

1. وازن بالحساب بين شدة ثقل الالكترون وشدة القوة المغناطيسية المؤثرة فيه. ماذا تستنتج؟

2. برهن أن حركة الإلكترون ضمن المنطقة التي يسودها الحقل المغناطيسي هي حركة دائرية منتظمة، ثم استنتج العلاقة المحددة لنصف قطر المسار الدائري، واحسب قيمته.

3. احسب دور الحركة.

$(e = 1.6\times10^{-19}C\ , m_e = 9\times10^{-31}kg , g = 10m.s^{-2})$

الحل:

$$v = 8\times10^3 km.s^{-1} = 8\times10^6 m.s^{-1}$$

$$B = 5\times10^{-3}\ \text{T} \ ،\ \vec{v}\perp\vec{B}$$

1) $w_e = m_e g = 9\times10^{-31}\times10 = 9\times10^{-30}N$

$$F = evB\sin(\widehat{\vec{v},\vec{B}})$$

$$F = 16\times10^{-20}\times8\times10^6\times5\times10^{-3}\times1$$

$$F = 64\times10^{-16}\ N$$

$F \gg w_e$ نلاحظ أن شدة القوة المغناطيسية أكبر بكثير من شدة الثقل.

لذلك تهمل قوة الثقل أمام القوة المغناطيسية.

2) القوى الخارجية: $\vec{F}$ قوة لورنز

حيث $\vec{F} = e\,\vec{v}\wedge\vec{B}$

بإهمال ثقل الالكترون:

$$\sum\vec{F} = m_e\vec{a}$$

$$\vec{F} = m_e\vec{a}$$

$$e\vec{v}\wedge\vec{B} = m\vec{a}$$

$$\Longrightarrow \vec{a} = \frac{e}{m_e}\vec{v}\wedge\vec{B}$$

$\vec{a}\perp\vec{v}$ حسب خواص الجداء الشعاعي

$$\Longrightarrow a = a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$evB\sin\theta = m_e a_c$$

$$evB = m_e\frac{v^2}{r} \quad \Longrightarrow \quad eB = m_e\frac{v}{r}$$

$$\Longrightarrow r = \frac{m_e v}{eB} = const$$

بما أن $\left[\begin{matrix} r = const \\ a = a_c \end{matrix}\right. \Longrightarrow$ الحركة دائرية منتظمة]

فعلاقة نصف القطر: $r = \frac{m_e v}{eB}$

$$r = \frac{mv}{eB} = \frac{9\times10^{-31}\times8\times10^6}{16\times10^{-20}\times5\times10^{-3}}$$

$$r = 9\times10^{-3}m$$

3)
$$T = \frac{2\pi\, m_e}{eB}$$

$$= \frac{2\pi\times9\times10^{-31}}{16\times10^{-20}\times5\times10^{-3}} = \frac{18\pi\times10^{-31}}{80\times1^{-23}}$$

$$T = \frac{18\pi}{80}\times10^{-8}$$

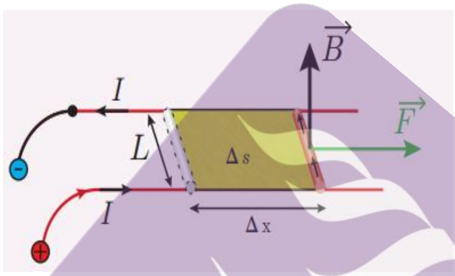
$$T = \frac{18\pi}{8}\times10^{-9}\ (s)$$

تجارب توضح تأثير الحقل المغناطيسي في ناقل يمر فيه تيار كهربائي وحر الحركة:

①تجربة السكتين الكهرطيسية:

ساق معدنية طولها L تنزلق دون احتكاك على سكتين متوازيتين، يتصل طرفا السكتين بمولد تيار متواصل ونطبق في منطقة السكتين حقلا $\vec{B}$ مغناطيسيا منتظما

- **المشاهدات:**

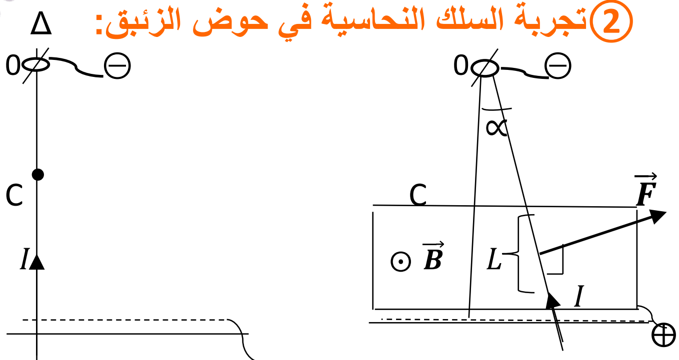


نلاحظ أن الساق **بدأت تتدحرج**

بتأثير القوة $\vec{F}$

- $\vec{F}$ ناتجة عن تأثير الحقل المغناطيسي المنتظم على التيار الكهربائي.
- تدعى قوة لا بلاس أو القوة الكهرطيسية.
- **دوماً:** $\vec{F} \perp \vec{B}$ ، $\vec{F} \perp I\vec{L}$.
- (لا تظهر $\vec{F}$ إلا بوجود تيار كهربائي وحقل مغناطيسي).
- تتغير جهة $\vec{F}$ بتغير جهة التيار أو بتغير جهة $\vec{B}$
- الزاوية بين شعاع الحقل $\vec{B}$ والساق $(I\vec{L})$ تدعى θ أي $\theta(I\vec{L} \,\hat{,}\, \vec{B})$
- الحقل المغناطيسي يؤثر على كامل طول الساق أو على جزء منها.
- القوة $\vec{F}$ تؤثر في منتصف الساق الخاضعة بكاملها للحقل المغناطيسي أو **منتصف الجزء الخاضع للحقل.**
- **$I\vec{L}$ شعاع التيار حامله الساق وجهته جهة التيار.**

②تجربة السلك النحاسية في حوض الزئبق:



قبل خضوع قسم من السلك لحقل مغناطيسي

بعد خضوع القسم لحقل مغناطيسي منتظم

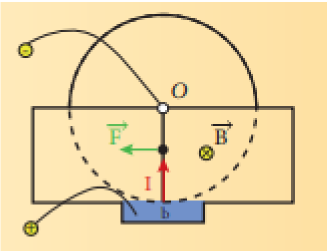
- نلاحظ أن السلك انحرف زاوية (∝) عن الشاقول.
- القوة الكهرطيسية $\vec{F}$ تؤثر في منتصف الجزء من السلك الخاضع للحقل المغناطيسي المنتظم.
- **عزم القوة $\vec{F}$** هو الذي يسبب انحراف السلك.
- $\vec{F} \perp \vec{B}$ ، $\vec{F} \perp I\vec{L}$
- تتغير جهة $\vec{F}$ **وبالتالي تتغير** جهة انحراف السلك عند تغير جهة التيار أو جهة $\vec{B}$

$\theta(I\vec{L} \,\hat{,}\, \vec{B}) = \frac{\pi}{2}$ [لأن الساق شاقولية والحقل أفقي]

- الحقل يؤثر على جزء من السلك وليس على كامل السلك.
- $I\vec{L}$ شعاع التيار حامله السلك أو (الساق) وجهته جهة التيار.

③تجربة دولاب بارلو:

قرص من النحاس يدور في مستو شاقولي حول محور أفقي مار من مركزه ويلامس بحافته زئبق ويقع نصفه السفلي ضمن حقل مغناطيسي منتظم .



- نصل محور القرص وحوض الزئبق بمولد متواصل عندها نلاحظ:
- **يبدأ الدولاب بالدوران بتأثير عزم $\vec{F}$**
- $\vec{F}$ تؤثر في منتصف (ob) ولتكن (c)

$(\vec{F} \perp \vec{B})$ ، $(\vec{F} \perp I\vec{r})$

- تتغير جهة $\vec{F}$ بتغير جهة التيار أو جهة $\vec{B}$

ملاحظة:

الرسم مطلوب بالامتحان ودوماً رسم متكامل

- **تتناسب شدة القوة الكهرطيسية طرداً مع:**

① شدة التيار.

② وشدة الحقل المغناطيسي المؤثر.

③ وطول الجزء من الناقل المستقيم الخاضع للحقل المغناطيسي.

④ وتتعلق بـ $\sin\theta$ حيث θ الزاوية الكائنة بين الناقل المستقيم وشعاع الحقل.

استنتاج عبارة القوة الكهرطيسية:

- إن القوة الكهرطيسية تساوي محصلة القوى المغناطيسية المؤثرة في الشحنات المتحركة داخل السلك (الإلكترونات) بفرض L طول السلك ، S مساحة مقطعه ، n الكثافة الحجمية للإلكترونات الحرة فيه.

عدد الالكترونات الحرة $N = n\,s\,L$

- عند تطبيق فرق الكمون بين طرفي السلك فان الالكترونات الحرة تتحرك بسرعة ثابتة $\vec{v}$ فتخضع هذه الالكترونات الى تأثير قوة مغناطيسية فتكون القوة الكهرطيسية

كهرطيسية ← $F = N\,F$ → مغناطيسية

$$F = N\, e\, v\, B \sin\theta$$

لكن: $q = Ne$ ، $v = \frac{L}{\Delta t}$

$$\Rightarrow F = q\, \frac{L}{\Delta t}\, .\, B\, .\sin\theta$$

لكن: $I = \frac{q}{\Delta t}$

$$\Rightarrow \boldsymbol{F = I\, L\, B\, \sin\theta}$$

حيث θ الزاوية المحصورة بين $I\vec{L}$، $\vec{B}$

$I\vec{L}$: شعاع التيار (حامله السلك وجهته جهة التيار)

I: شدة التيار

B: شدة الحقل المغناطيسي المنتظم

L: طول السلك الخاضع للحقل

مناقشة: $F = I\, L\, B\, \sin\theta$

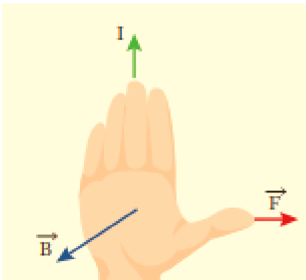
$F_{max} = I\, L\, B$ عندما $I\vec{L} \perp \vec{B}$ $\Rightarrow \theta = \frac{\pi}{2}$

$F = 0$ ، $I\vec{L} \,//\, \vec{B}$ ، θ: π rad ، 0 rad

سؤال امتحاني:

اكتب العبارة الشعاعية للقوة الكهرطيسية ثم حدد عناصر شعاع القوة الكهرطيسية:

$$\boldsymbol{\vec{F} = I\vec{L} \wedge \vec{B}}$$



عناصر $\vec{F}$:

1) نقطة التأثير: منتصف الجزء من الناقل المستقيم الخاضع للحقل المغناطيس المنتظم.

2) الحامل: عمودي على المستوي المحدد بالناقل المستقيم وشعاع الحقل المغناطيسي.

3) الجهة: تحقق الأشعة $(I\vec{L}، \vec{B}، \vec{F})$ ثلاثية مباشرة وفق قاعدة اليد اليمنى:

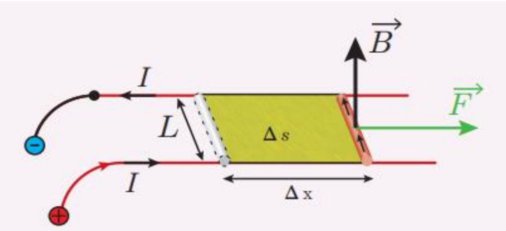
- نجعل اليد اليمنى منبسطة على الناقل بحيث يدخل التيار من الساعد ويخرج من رؤوس الأصابع.
- شعاع الحقل يخرج من راحة الكف .
- يشير الابهام لجهة القوة الكهرطيسية $\vec{F}$

4) الشدة: $F = I\, L\, B\, \sin\theta$

عمل القوة الكهرطيسية (نظرية مكسويل)

سؤال امتحاني:

استنتج عبارة عمل القوة الكهرطيسية في تجربة السكتين الكهرطيسية حيث $I\vec{L} \perp \vec{B}$ واكتب نص نظرية مكسويل



الحل:

تنتقل الساق الأفقية موازية لنفسها مسافة Δx فتمسح سطحاً حيث $\Delta s = L . \Delta x$ حيث تنتقل نقطة تأثير القوة الكهرطيسية على حاملها وبجهتها مسافة Δx فتنجز عملاً مُحركاً (موجباً)

$$\boldsymbol{W > 0}$$

$$\boldsymbol{W = F . \Delta x}$$

$$W = I\, L\, B\, \sin\theta\, . \Delta x$$

حيث: $\sin\theta = 1 \Leftarrow$ $W = I . B . \Delta s$

لكن $\Delta\Phi = B . \Delta s > 0$ يمثل تزايد التدفق

$$\boldsymbol{\Rightarrow W = I . \Delta\Phi > 0}$$

العمل (J) ، شدة التيار (A) ، تزايد التدفق weber

نص نظرية مكسويل: عندما تنتقل دارة كهربائية أو جزء من دارة كهربائية في منطقة يسودها حقل مغناطيسي، فإن عمل القوة الكهرطيسية المسببة لذلك الانتقال يساوي جداء شدة التيار المار في الدارة في تزايد التدفق المغناطيس الذي يجتازها.

ملاحظات لمسائل السكتين:

يطلب ما يلي:

1) عناصر شعاع القوة الكهرطيسية $\vec{F}$:

- نقطة التأثير: ....

- الحامل: ....
- الجهة: ....
- الشدة: $F = I\,L\,B\sin\theta$

(2 حساب عمل القوة الكهرطيسية:

$$W = F.\Delta x$$

أما الانتقال Δx:

$$\Delta x = v.\Delta t$$

$$\Rightarrow W = F.v.\Delta t$$

(3 الاستطاعة الميكانيكية: $P = \frac{W}{\Delta t}$

وحداتها (واط) (watt)

أو: $P = F.v$

(4 تزايد التدفق المغناطيسي:

$$\Delta\Phi = B.\Delta s = BL.v.\Delta t$$

مسألة $\frac{1}{102}$:

في تجربة السكتين الكهرطيسية تستند ساق نحاسية كتلتها *16g* إلى سكتين أفقيتين حيث يؤثر على *4cm* من الجزء المتوسط منها حقل مغناطيسي منتظم شاقولي شدته 0.1 T ويمر بهار تيار شدته *40 A*

المطلوب:

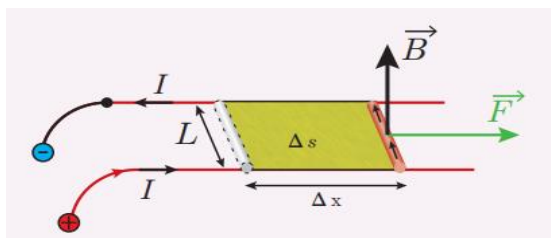
.1 حدد بالكتابة وبالرسم عناصر شعاع القوة الكهرطيسية ثم احسب شدتها.

.2 احسب قيمة العمل الذي تنجزه القوة الكهرطيسية عندما تنتقل الساق مسافة *15cm*

.3 احسب قيمة الزاوية التي يجب إمالة السكتين بها عن الأفق حتى تتوازن الساق والدارة (بإهمال قوى الاحتكاك).

$I = 40\,A$ ، $L = 4cm = 4\times10^{-2}m$

$B = 10^{-1}\text{T}$ ، $m = 16g = 16\times10^{-3}kg$



الحل:

.1 نقطة التأثير: منتصف الجزء من الناقل (الساق) الخاضعة للحقل المغناطيسي والمار فيها تيار .

الحامل: هو العمود على المستوي المحدد بـ $I\vec{L}, \vec{B}$

الجهة: حسب قاعدة اليمنى.........

الشدة: $F = ILB\sin\theta$

$= 40\times4\times10^{-2}\times10^{-1}\times1$

حيث $\theta = \frac{\pi}{2}$ لأن الساق أفقية والحقل الشاقولي

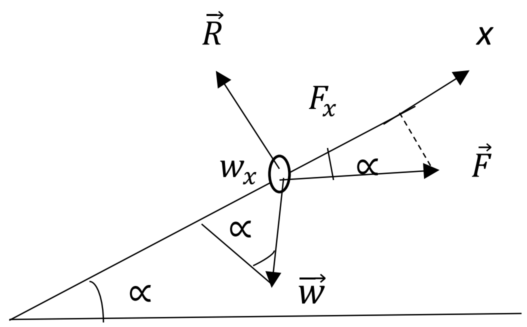
$F = 16\times10^{-2}N$

.2 $\Delta x = 15cm = 0.15m = 15\times10^{-2}m$

$$W = F.\Delta x = 16\times10^{-2}\times15\times10^{-2}$$

$$W = 240\times10^{-4}\,\text{J} = 24\times10^{-3}\,\text{J}$$

.3



القوة الخارجية المؤثرة: $\vec{F}$ قوة لا بلاس

$\vec{R}$ رد الفعل ، $\vec{w}$ ثقل الساق

شرط التوازن الإنسحابي: $\Sigma\vec{F} = \vec{0}$

$$\vec{w} + \vec{F} + \vec{R} = \vec{0}$$

بالإسقاط على محور $o\vec{x}$

$$-w_x + F_x + 0 = 0$$

$$F_x = w_x \Rightarrow F\cos\alpha = w\sin\alpha$$

$$\Rightarrow F = w\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$$

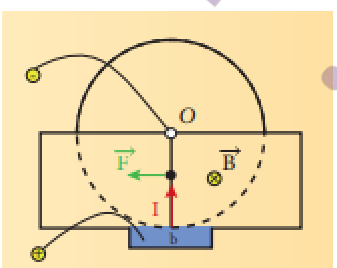
$$F = mg\tan\alpha \Rightarrow \tan\alpha = \frac{F}{mg}$$

$$\Rightarrow \tan\alpha = \frac{16\times10^{-2}}{16\times10^{-3}\times10} = 1$$

$$\alpha = 45°$$

تجربة دولاب بارلو:

- عند اغلاق دارة الدولاب فإنه يدور بتأثير عزم القوة الكهرطيسية.
- عندما تنعكس جهة التيار أو جهة الحقل المغناطيسي فإن جهة الدوران تنعكس أيضاً.



عناصر القوة الكهرطيسية التي تخضع لها الدولاب:

1) **نقطة التأثير:** منتصف نصف القطر الشاقولي السفلي الخاضع للحقل المغناطيسي المنتظم.

2) **الحامل:** عمودي على المستوي المحدد بنصف القطر الشاقولي السفلي وشعاع الحقل المغناطيسي المنتظم.

3) **الجهة:** تحقق الأشعة $I\vec{r}, \vec{B}, \vec{F}$ ثلاثية مباشرة وفق قاعدة اليد اليمنى:

- نجعل اليد اليمنى منبسطة على نصف القطر الشاقولي السفلي.
- يدخل التيار من الساعد ويخرج من رؤوس الأصابع.
- يخرج شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ من راحة الكف.
- يشير الإبهام إلى جهة القوة الكهرطيسية

$$\boldsymbol{\vec{F} = I\vec{r}\wedge\vec{B}}$$

4) **الشدة:** $F = IrB\sin\theta$

$$\theta = \frac{\pi}{2}rad \qquad \theta(I\vec{r}\,\hat{,}\,\vec{B})$$

يطلب في المسائل:

- عزم القوة الكهرطيسية المسببة لدوران الدولاب:

$$\Gamma_{\vec{F}/\Delta} = \frac{r}{2} \times F$$

حيث $\frac{r}{2}$ يمثل ذراع القوة $\vec{F}$

- الاستطاعة الميكانيكية:

$$P = \Gamma_{\vec{F}/\Delta} \times \omega$$

حيث $\omega = 2\pi f$ السرعة الزاوية

تواتر

الاستطاعة الميكانيكية

الحركة انسحابيه	الحركة الدورانية
(تجربة السكتين الكهرطيسية)	(تجربة دولاب بارلو)
$P = F.v$	$P = \Gamma_{\vec{F}/\Delta} \times \omega$

مسألة 4 : 103

دولاب بارلو قطره 20cm يمرر فيه تيار كهربائي متواصل I ويخضع نصف القرص السفلي لحقل مغناطيسي أفقي منتظم عمودي على مستوي الدولاب الشاقولي شدته $B = 10^{-2}T$ فيتأثر الدولاب بقوة كهرطيسية شدتها $F = 4 \times 10^{-2}N$

المطلوب:

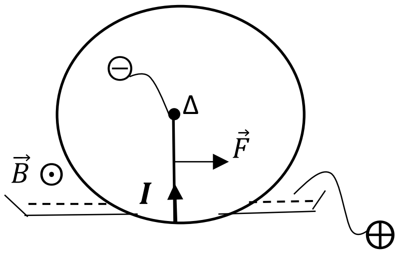
1. **بيّن بالرسم جهة كل من $(I\vec{r}, \vec{B}, \vec{F})$**
2. **احسب شدة التيار المار في الدولاب.**
3. **احسب عزم القوة الكهرطيسية المؤثرة في الدولاب.**
4. **احسب قيمة الكتلة الواجب تعليقها على طرف نصف القطر الأفقي للدولاب لمنعه عن الدوران.**

$$2r = 20cm \Rightarrow r = 10cm = 0.1m$$

$$B = 10^{-2}\text{T} \quad ، \quad F = 4 \times 10^{-2}N$$

الحل:

.1



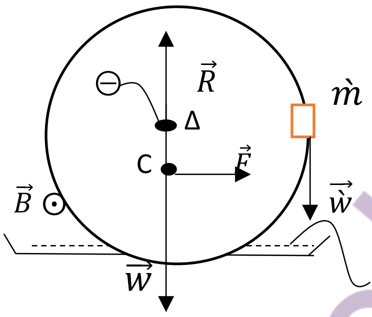
.2 $F = IrB\sin\theta$

$$\sin\theta = 1 \Rightarrow F = IrB \Rightarrow I = \frac{F}{r.B}$$

$$\Rightarrow I = \frac{4 \times 10^{-2}}{10^{-1} \times 10^{-2}} = 40A$$

.3
$$\Gamma_{\vec{F}/\Delta} = \frac{r}{2} \times F$$
$$= \frac{1}{2} \times 10^{-1} \times 4 \times 10^{-2}$$
$$= 2 \times 10^{-3} m.N$$

.4 القوى الخارجية:



$\vec{w}$ ثقل الدولاب

$\vec{R}$ رد فعل محور الدوران

$\vec{F}$ قوة لابلاس

$\vec{\grave{w}}$ قوة ثقل الكتلة المعلقة

عندما يتوقف عن الدوران

$$\sum \Gamma_{\vec{F}/\Delta} = 0$$

$$\Gamma_{\vec{w}/\Delta} + \Gamma_{\vec{R}/\Delta} + \Gamma_{\vec{F}/\Delta} + \Gamma_{\vec{\grave{w}}/\Delta} = 0$$

نتخذ جهة موجبة للدوران بعكس جهة دوران عقارب الساعة:

$$0 + 0 + \Gamma_{\vec{F}/\Delta} + \Gamma_{\vec{\grave{w}}/\Delta} = 0$$

حيث $\Gamma_{\vec{R}/\Delta} = \Gamma_{\vec{w}/\Delta} = 0$ لأن حامل من القوتين $\vec{R}, \vec{w}$ يلاقي محور الدوران

$$\frac{r}{2} \times F - r \times \grave{w} = 0$$

$$\frac{r}{2} \times F = r \times \grave{w}$$

$$\frac{F}{2} = mg \Rightarrow \grave{m} = \frac{F}{2g}$$

$$\grave{m} = \frac{4 \times 10^{-2}}{2 \times 10} = 2 \times 10^{-3}kg$$

$$\boldsymbol{\grave{m} = 2 \times 10^{-3}kg}$$

تجربة سلك شاقولي يلامس حوض زئبق: (للفهم فقط)

نأخذ سلكاً مستقيماً ثخيناً من النحاس ونعلق نهايته العليا بحيث يمكنه الحركة بحرية حول نقطة تعليقه بينما نغمس نهايته السفلية في زئبق موضوع في حوض زجاجي. نحيط بقسم من السلك بقطبي مغناطيس نضوي أفقي بحيث تتعامد خطوط حقله مع السلك، نمرر تياراً كهربائياً فنشاهد أن السلك يميل عن الشاقول زاويته (α) في مستوٍ شاقولي عمودي على المستوي المحدد بشعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ والجزء الخاضع من الدارة $\vec{L}$.

راجع الرسمة صفحة 17

نقطع التيار أو نبعد المغناطيس فيعود السلك إلى وضعه الشاقولي نعكس جهة الحقل المغناطيسي أو نعكس جهة التيار فينحرف بجهة معاكسة.

ملاحظة: من الصف التاسع:

عزم القوة = الذراع X شدة القوة

عزم قوة رد الفعل:

لأن حامل $\vec{R}$ يلاقي محور الدوران $\Gamma_{\vec{R}/\Delta} = 0$

عزم قوة لا بلاس: $\Gamma_{\vec{F}/\Delta} = oD \times F$

عزم قوة الثقل:

$$\Gamma_{\vec{w}/\Delta} = -\acute{d} \times w = -oc \times \sin\alpha . mg$$

مسألة $\frac{2}{102}$:

نعلق سلكاً نحاسياً ثخيناً طوله 60cm وكتلته 50g من طرفه العلوي شاقولياً ونغمس طرفه السفلي في حوض يحتوي الزئبق ثم نمرر تياراً كهربائياً متواصلاً شدته 10A فينحرف السلك عن الشاقول زاوية α ثابتة ثم يتوازن حيث يؤثر حقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته $B = 3 \times 10^{-2} T$ على قطعة منها طولها 4cm يبعد منصفها عن نقطة التعليق 50cm

استنتج العلاقة المحددة لزاوية انحراف السلك عن الشاقول α بدلالة أحد نسبها المثلثية ثم احسبها.

طول السلك 60cm ، $m = 50g = 50 \times 10^{-3} kg$

$B = 3 \times 10^{-2} T$ ، $I = 10A$

الحل:

القوى الخارجية المؤثرة

$\vec{F}$ قوة لا بلاس تؤثر في منتصف الجزء الخاضع للحقل.

$\vec{R}$ رد فعل محور الدوران.

$\vec{w}$ ثقل السلك تؤثر في منتصف السلك.

شرط التوازن $\Gamma_{\vec{F}/\Delta} = 0$

$$\Gamma_{\vec{w}/\Delta} + \Gamma_{\vec{R}/\Delta} + \Gamma_{\vec{F}/\Delta} = 0$$

$$-OC . \sin\alpha . mg + 0 + OD \times F = 0$$

$$OC . mg . \sin\alpha = OD \times F$$

$$\sin\alpha = \frac{OD \times F}{OC . mg}$$

لكن $F = I\,L\,B\sin\theta$

حيث $\sin\theta = 1 \Leftarrow$ $\boldsymbol{F = I\,L\,B}$

$$\Rightarrow \boldsymbol{\sin\alpha = \frac{oD \times ILB}{oc . mg}}$$

$$\sin\alpha = \frac{50 \times 10^{-2} \times 10 \times 4 \times 10^{-2} \times 3 \times 10^{-2}}{30 \times 10^{-2} \times 50 \times 10^{-3} \times 10}$$

$$\sin\alpha = \frac{12 \times 10^{-3}}{3 \times 10^{-1}}$$

حيث:

$$oc = \frac{l}{2} = 30 \times 10^{-2}\, m$$

$$\sin\alpha = 4 \times 10^{-2}$$

بما أن $\alpha < 0.24rad \Rightarrow$

$$\alpha = \sin\alpha = 0.04rad$$

$$\boldsymbol{\alpha = 0.04\, rad}$$

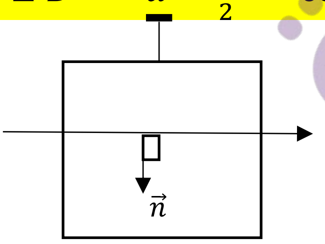
تأثير الحقل المغناطيسي على إطار مستطيل يمر فيه تيار كهربائي:

تجربة:

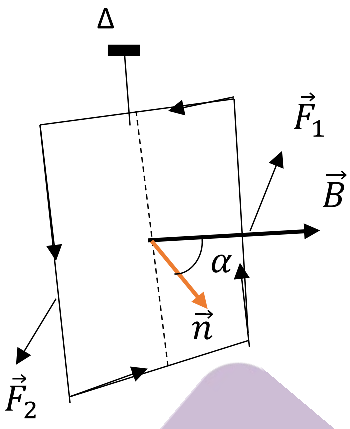
نأخذ إطار مستطيل ونعلقه بسلك عديم الفتل بحيث يمكنه أن يدور حول محور شاقولي نؤثر فيه بحقل مغناطيسي منتظم خطوطه أفقية

توازي مستوى الاطار

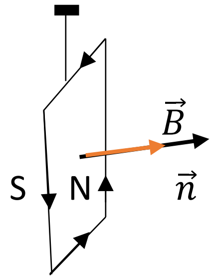
$$\vec{n} \perp \vec{B} \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \cos\alpha = 0 \Rightarrow \Phi = 0$$



نمرر في الإطار تياراً كهربائياً فنلاحظ أن الإطار يدور ويستقر في وضع تصبح فيه خطوط الحقل ناظمية على مستوى الإطار



أثناء الدوران
(تنقص α)



عند استقرار الإطار وتوازنه $\alpha = 0$
أعظمي $\cos\alpha = 1 \Rightarrow \Phi$

تفسير سبب دوران الإطار:

يؤثر الحقل المغناطيسي المنتظم في الإطار بمزدوجة كهرطيسية تنشأ عن قوتين كهرطيسيتين مؤثرتين في الضلعين الشاقولين وتعمل على تدوير الإطار حول محور دورانه من وضعه الأصلي حيث $\Phi = 0$ إلى وضع توازنه المستقر حيث يكون التدفق المغناطيسي الذي يجتازه أعظمياً.

نص قاعدة التدفق الأعظمي:

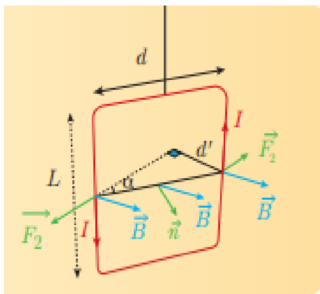
إذا أثر حقل مغناطيسي في دارة كهربائية مغلقة انتقلت بحيث يزداد التدفق المغناطيسي الذي يجتازها من وجهها الجنوبي وتستقر في وضع يكون التدفق المغناطيسي أعظمياً.

- $\vec{F}_1$ ، $\vec{F}_2$ قوتان كهرطيسيتان تؤثران في الضلعين الشاقوليين تؤلفان مزدوجة كهرطيسية لأنهما متوازيتان حاملاً متعاكستان جهةً متساويتان شدة $F_1 = F_2 = F$

$F_1 = F_2 = N\,I\,L\,B\sin\theta \qquad \theta = \frac{\pi}{2}$

$$F = N\,I\,L\,B$$

استنتاج عزم المزدوجة المؤثرة في إطار طول ضلعه الأفقي d والشاقولي L :



$\Gamma_\Delta = \acute{d} \times F$

$\acute{d}$: طول ذراع المزدوجة الكهرطيسية

$\acute{d} = d\sin\alpha$

α: الزاوية الكائنة بين شعاع $\vec{n}$ على سطح الإطار وشعاع الحقل ولدينا: $F = N\,I\,L\,B$

$\Rightarrow \Gamma_\Delta = N\,I\,L\,B.d.\sin\alpha$

$= N\,I\,L\,.d.\sin\alpha$

لكن $S = L.d$

$\Gamma_\Delta = N\,I\,S\,B\sin\alpha$

وهي عبارة عزم المزدوجة الكهرطيسية

يسمى الجداء: $M = N\,I\,S$ بالعزم المغناطيسي

أما $\vec{M} = N\,I\,\vec{S}$ وهو شعاع العزم المغناطيسي

عناصر $\vec{M}$:

حامله: الناظم على مستوي الإطار.

الجهة: بجهة ابهام يد اليمنى تلتف أصابعها بجهة التيار (يخرج من الوجه الشمالي)

الشدة: $M = N\,I\,S$ واحدته $A.m^2$

يمكن كتابة علاقة عزم المزدوجة الكهرطيسية شعاعياً بالشكل: $\vec{\Gamma}_\Delta = \vec{M} \wedge \vec{B}$

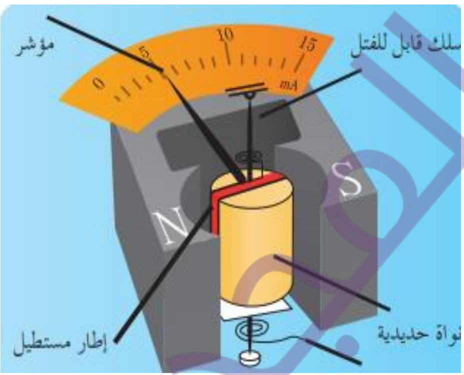
المقياس الغلفاني ذو الإطار المتحرك:

هو جهاز يستخدم للاستدلال على وجود تيارات كهربائية صغيرة الشدة وقياسها.

ما هو مبدأ عمله؟

يعتمد على دوران دارة كهربائية مغلقة في منطقة يسودها حقل مغناطيسي من خلال معرفة زاوية الدوران نستطيع قياس التيار.

مم يتكون المقياس الغلفاني؟



يتألف من ملف على شكل إطار مستطيل يحتوي N لفة معزولة متماثلة يتصل أحد طرفيه بسلكٍ قابلٍ للفتل، أما الطرف الآخر شاقولي لين عديم الفتل، ويمكن للإطار أن يدور حول محوره الشاقولي المار بمركزه بين قطبي مغناطيس نضوي محيطاً بنواة أسطوانية من الحديد اللين بحيث يكون مستوي الإطار يوازي الخطوط الأفقية للحقل المغناطيسي للمغناطيس قبل إمرار التيار.

اشرح آلية عمله:

عند إمرار التيار الكهربائي المراد قياس شدته I في الإطار فإن الحقل المغناطيسي المنتظم يؤثر في الإطار بمزدوجة كهرطيسية تسبب دوران الإطار حول محور دورانه، فينشأ في سلك الفتل مزدوجة فتل تمانع. استمرار الدوران ويتوازن

الإطار بعد أن يدور بزاوية صغيرة $\acute{\theta}$ عندما يتحقق شرط التوازن الدوراني.

سؤال دورة:

استنتج العلاقة بين زاوية دوران الإطار $\acute{\theta}$ والتيار المار فيه I انطلاقاً من شرط التوازن الدوراني.

$$\sum \bar{\Gamma}_\Delta = 0$$

$$\bar{\Gamma}_\Delta + \bar{\Gamma}_{\Delta/\vec{\eta}} = 0$$

$$NIsB\sin\alpha - k\acute{\theta} = 0$$

$$\alpha + \acute{\theta} = \frac{\pi}{2} rad$$

$$\sin\alpha = \cos\acute{\theta}$$

وباعتبار $\acute{\theta}$ زاوية صغيرة فإن:

$$NIsB\cos\acute{\theta} - k\acute{\theta} = 0$$

$\cos\acute{\theta} = 1$ وبالتالي تصبح العلاقة كما يأتي:

$$NIsB - k\acute{\theta} = 0$$

$$\boldsymbol{\acute{\theta} = \frac{NsB}{k} I}$$

$$\boldsymbol{\acute{\theta} = GI}$$

$\boldsymbol{G = \frac{NSB}{K}}$ ثابت المقياس الغلفاني

ويعبر عن حساسية المقياس وتزداد حساسية المقياس بزيادة G ويتم ذلك عملياً باستبدال سلك الفتل بسلك أرفع منه ومن المادة نفسها وذلك (لتصغير ثابت الفتل K).

أو بزيادة N أو S أو B.

جهاز المقياس متعدد الأغراض (آفومتر):

يستخدم هذا الجهاز لاستخدامات عدة مثل قياس:

1. التوتر المستمر DC.
2. التوتر المتناوب AC.
3. شدة التيار المستمر والمتناوب.
4. المُقاومات.

ملاحظات مسائل:

في مسألة الإطار يُطلب ما يلي:

- شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في الأضلاع الشاقولية.

$$F_1 = F_2 = NILB\sin\theta \qquad \theta = \frac{\pi}{2}$$

حيث $\theta\ (I\vec{L}\,;\,\vec{B})$

- عزم المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة في الإطار في لحظة إمرار التيار:

$$\Gamma = NISB\sin\alpha$$

في لحظة إمرار التيار $\alpha = \frac{\pi}{2} rad$ (لأن خطوط الحقل توازي مستوي الإطار).

- عزم المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة في الإطار بعد أن يدور زاوية $\acute{\theta}$

كهرطيسية $\Gamma = NISB\sin\alpha$

حيث $= \frac{\pi}{2} - \acute{\theta}$

- عمل المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة في الإطار عندما ينتقل من وضعه البدائي إلى وضع توازنه المستقر.

$$W = I.\Delta\Phi = I(\Phi_2 - \Phi_1)$$

$$= INSB[cos\alpha_2 - cos\alpha_1]$$

وضع بدائي $\alpha_1 = \frac{\pi}{2}$

وضع التوازن المستقر $\alpha_2 = 0$

مسألة 15 عامة:

إطار مربع الشكل مساحة سطحه $s=25cm^2$ يحوي 50 لفة من سلك نحاسي معزول نعلقه بسلك رفيع عديم الفتل وفق محوره الشاقولي ونخضعه لحقل مغناطيسي منتظم خطوطه أفقية $B = 10^{-2}T$ بحيث يكون مستوي الإطار يوازي منحى الحقل $\vec{B}$ عند مرور تيار نمرر في الإطار تياراً كهربائياً شدته $I = 5A$ المطلوب:

1. **احسب شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في كل من الضلعين الشاقوليين لحظة مرور التيار.**
2. **احسب عزم المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة في الإطار لحظة إمرار التيار السابق.**
3. **احسب عمل المزدوجة الكهرطيسية عندما ينتقل الإطار من وضعه السابق إلى وضع التوازن المستقر.**
4. **نستبدل سلك التعليق بسلك فتل ثابت فتله k لنشكل مقياساً غلفانياً ونمرر في الإطار تياراً كهربائياً شدته $2mA$ فيدور الإطار بزاوية $0.02rad$ ويتوازن. استنتج بالرموز علاقة ثابت فتل السلك k واحسب قيمته ثم احسب قيمة ثابت المقياس الغلفاني G**
5. **نزيد حساسية المقياس 10 مرات من أجل التيار نفسه احسب ثابت فتل السلك التعليق بالوضع الجديد. (يهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي).**

الحل:

$$S = 25cm^2 = 25 \times 10^{-4} m^2$$

$N = 50$ لفة ، $B = 10^{-2}\ T$ ، $I = 5A$

خطوط الحقل توازي مستوي الملف $= \frac{\pi}{2} rad$

(1 $F = NILB\sin\theta$

$$= 50 \times 5 \times 5 \times 10^{-2} \times 10^{-2} \times 1$$
$$F = 125 \times 10^{-3} N$$

(2
$$\Gamma = NISB\sin\alpha$$
$$= 50 \times 5 \times 25 \times 10^{-4} \times 10^{-2} \times 1$$
$$= 625 \times 10^{-5} m.N$$

حيث $\alpha = \frac{\pi}{2} rad$ في لحظة إمرار التيار

(3
$$W = I.\Delta\Phi$$
$$W = INSB[\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1]$$

وضع بدائي $\alpha_1 = \frac{\pi}{2}$

وضع التوازن المستقر $\alpha_2 = 0$

$$W = 50 \times 5 \times 25 \times 10^{-4} \times 10^{-2}[1 - 0]$$
$$W = 625 \times 10^{-5}\ J$$

(4
$$I = 2mA = 2 \times 10^{-3}\ A$$
$$\grave{\theta} = 0.02rad$$

استنتج k:

$$\Sigma\Gamma = 0$$
$$\Gamma_\Delta + \Gamma_{\vec{\eta}/\Delta} = 0$$
$$NISB\sin\alpha - K\grave{\theta} = 0$$
$$\alpha + \grave{\theta} = \frac{\pi}{2}$$
$$\sin\alpha = \cos\grave{\theta}$$
$$NISB\cos\grave{\theta} = K\grave{\theta}$$

بما أن $\grave{\theta}$ صغيرة $\cos\grave{\theta} = 1$

$$NISB = K\grave{\theta}$$
$$K = \frac{NISB}{\grave{\theta}} = \frac{50 \times 2 \times 10^{-3} \times 25 \times 10^{-4} \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-2}}$$
$$K = 125 \times 10^{-6} m.N rad^{-1}$$

حساب G:

$$G = \frac{\grave{\theta}}{I} = \frac{2 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-3}} = 10 rad.A^{-1}$$

(5
$$\left.\begin{array}{l} G = \frac{NSB}{K} \\ \grave{G} = \frac{NSB}{\grave{K}} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{G}{\grave{G}} = \frac{\grave{K}}{K}$$
$$\Rightarrow \frac{G}{10G} = \frac{\grave{K}}{K} \Rightarrow \grave{K} = \frac{K}{10}$$
$$\Rightarrow \grave{K} = 125 \times 10^{-7} m.N rad^{-1}$$

مسألة $\frac{16}{274}$ عامة:

ملف مستطيل مساحته $200cm^2$ يتكون من 100 لفة يمر فيه تيار شدته $3A$ وضع في حقل مغناطيسي منتظم شدته $0.1T$ احسب عزم المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة عليه عندما يكون مستوي الملف يصنع زاوية $60°$ مع خطوط الحقل المغناطيسي.

الحل:

$$S = 200cm^2 = 200 \times 10^{-4} m^2$$
$$S = 2 \times 10^{-2} m^2$$
$$I = 3A \quad ، \quad B = 0.1T$$

مستوي الملف يصنع زاوية $60°$ مع خطوط الحقل $\Leftarrow$

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{3} = \frac{\pi}{6} rad$$
$$\Gamma_\Delta = NISB\sin\alpha$$
$$\Gamma_\Delta = 100 \times 3 \times 2 \times 10^{-2} \times 10^{-1} \times \frac{1}{2}$$
$$\Gamma_\Delta = 3 \times 10^{-1} m.N$$

ملاحظة:

عندما يقول بنص المسألة: مستوي الملف يصنع زاوية $\grave{\theta}$ مع خطوط الحقل:

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \grave{\theta}$$

مسألة $\frac{3}{102}$

إطار مستطيل الشكل يحتوي 100 لفة من سلك نحاسي معزول مساحته $4\pi cm^2$

a. نعلق الإطار بسلك عديم الفتل شاقولي ونخضعه لحقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته $B = 4 \times 10^{-2} T$ خطوطه توازي مستوي الإطار الشاقولي نمرر في الإطار تياراً شدته $\frac{1}{10\pi} A$ ،

1. عزم المزدوجة الكهرطيسية التي يخضع لها الإطار لحظة إمرار التيار.

2. عمل المزدوجة الكهرطيسية عندما يدور الإطار من وضعه السابق إلى وضع التوازن المستقر.

b. نقطع التيار ونستبدل سلك التعليق بسلك فتل شاقولي ثابت فتله K بحيث يكون مستوي الإطار يوازي خطوط الحقل المغناطيسي السابق ونمرر تياراً شدته 2mA فيدور الإطار زاوية $30°$ ثم يتوازن.

المطلوب:

1. احسب التدفق المغناطيسي في الإطار عندما يتوازن.

2. استنتج العلاقة المحددة لثابت فتل سلك التعليق انطلاقاً من شرط التوازن الدوراني ثم احسب قيمته.
(يُهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي).

الحل:

$N = 100$ لفة

$S = 4\pi cm^2 = 4\pi \times 10^{-4} m^2$

$B = 4 \times 10^{-2}\ T$

$I = \frac{1}{10\pi}\ A$

(1 $\Gamma_\Delta = NISB \sin\alpha$

لحظة إمرار التيار $\alpha = \frac{\pi}{2}$

$\Gamma_\Delta = 100 \times \frac{1}{10\pi} \times 4\pi \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-2} \times 1$

$\Gamma_\Delta = 16 \times 10^{-5} m.N$

(2 $W = I.\Delta\Phi$

$W = INSB[cos\alpha_2 - cos\alpha_1]$

$= 16 \times 10^{-5}[1 - 0]$

$W = 16 \times 10^{-5}\ J$

حيث: $\alpha_1 = \frac{\pi}{2}$

وضع التوازن المستقر $\alpha_2 = 0$

b . ② $I = 2mA = 2 \times 10^{-3}\ A$

$\grave{\theta} = 30° = \frac{\pi}{6} rad$

$\Sigma\Gamma = 0$

$\Gamma_\Delta + \Gamma_{\vec{\eta}/\Delta} = 0$

$NISBsin\alpha - K\grave{\theta} = 0$

$\alpha + \grave{\theta} = \frac{\pi}{2} \Longrightarrow \sin\alpha = \cos\grave{\theta}$

$NISB \cos\grave{\theta} = K\grave{\theta}$

$K = \frac{NISB \cos\grave{\theta}}{\grave{\theta}}$

$= \frac{100 \times 2 \times 10^{-3} \times 4\pi \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{\pi}{6}}$

$= 96\sqrt{3} \times 10^{-7} m.Nrad^{-1}$

$\Phi = NSBcos\alpha$

$\alpha = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{3} rad$

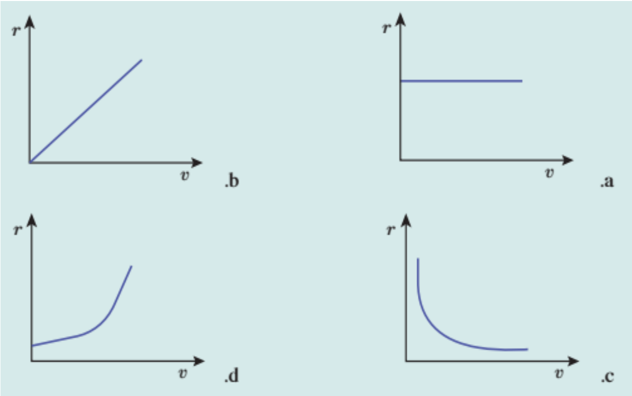
$\Phi = 100 \times 4\pi \times 10^{-4} \times 10^{-2} \times \frac{1}{2} \times 4$

$= 8\pi \times 10^{-4} = 25 \times 10^{-4} weber$

اختبر نفسي :

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

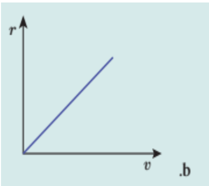
1. جسيمات مشحونة لها الكتلة نفسها والشحنة نفسها أدخلت في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم بسرعة تعامد خطوط الحقل فإن الشكل الذي يمثل العلاقة بين نصف قطر المسار الدائري r وسرعة الجسيمات المشحونة v



الحل: $r = \frac{m}{eB} v$

الخط البياني مستقيم

ميله $\frac{m}{e_B}$



2. إن واحدة قياس النسبة بين شدة الحقل الكربائي والحقل المغناطيسي $\frac{E}{B}$ هي:

a. $m.s^{-1}$ b. $m.s^{-1}$ c. m d. s

الحل: $m.s^{-1}$

توضيح الحل: واحدة E هي:

$N.C^{-1} = kgms^{-2}.A^{-1}.S^{-1}$

واحدة $kg.A^{-1}.S^{-2}$

$\frac{E}{B} = \frac{kg.m.s^{-2}\ A^{-1}.S^{-1}}{kg.A^{-1}.S^{-2}} = m.s^{-1}$

3. عندما يدخل الإلكترون في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم بسرعة $\vec{v}$ تعامد خطوط الحقل المغناطيسي (بإهمال ثقل الإلكترون) فإن حركة الإلكترون داخل الحقل هي:

a. دائرية متغيرة بانتظام b. دائرية منتظمة
c. مستقيمة منتظمة d. مستقيمة متغيرة بانتظام

الحل: دائرية منتظمة

4. عندما يدخل جسم مشحون في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم فإن شعاعاً $\vec{v}$ المعامد للحقل المغناطيسي المنتظم:

a. يتغير حامله وشدته b. يتغير حامله فقط
c. تتغير شدته فقط d. تبقى شدته ثابتة

الحل: تبقى شدته ثابتة

5. عندما تتدحرج الساق في تجربة السكتين الكهرطيسية تحت تأثير القوة الكهرطيسية فأن التدفق المغناطيسي:

a. يبقى ثابتاً b. يزداد c. يتناقص d. ينعدم

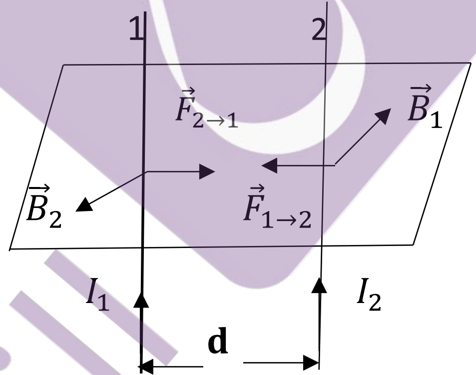
الحل: يزداد

$$W = I.\Delta\Phi \quad , \quad W > 0 \Longrightarrow \Delta\Phi > 0$$

ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. ادرس التأثير المتبادل بين سلكين نحاسيين شاقوليين طويلين يمر بهما تياران متواصلان لهما الجهة نفسها واستنتج عبارة القوة الكهرطيسية المؤثرة في أحد السلكين نتيجة وجود السلك الآخر.

الحل:



يولد التيار المستقيم I_2 المار في السلك الثاني في كل نقطة من الجزء L_2 حقلاً مغناطيسياً $\vec{B}_2$ شدته

$$B_2 = 2\times10^{-7}\frac{I_2}{d}$$

يؤثر هذا الحقل $\vec{B}_2$ في جزء الناقل L_1 الذي يمر فيه تيار شدته I_1 بقوى كهرطيسية لها محصلة شدتها:

$$F_{2\to1} = I_1L_1B_2sin\frac{\pi}{2}$$

نعوض في

$$F_{2\to1} = 2\times10^{-7}\frac{I_1.I_2}{d}.L_1$$

بدراسة مماثلة لمحصلة القوى الكهرطيسية الناتجة $\vec{F}_{2\to1}$ عن تأثير $\vec{B}_2$ المتولد عن التيار L_2 الذي يمر فيه التيار I_2

$$B_1 = 2\times10^{-7}\frac{I_1}{\alpha}$$

$$F_{1\to2} = I_2L_2B_1sin\frac{\pi}{2}$$

$$F_{1\to2} = 2\times10^{-7}\frac{I_1.I_2}{d}.L_2$$

إذا اعتبرنا $L_1 = L_2 = L$

$$F_{1\to2} = F_{2\to1} = F$$

$$F = 2\times10^{-7}\frac{I_1.I_2}{d}.L$$

F=N / $L.d : m$ / $I_1 , I_1 : A$

2. استنتج عبارة شدة الحقل المغناطيسي المؤثرة في شحنة كهربائية تتحرك في حقل مغناطيسي منتظم بسرعة $\vec{v}$ تعامد شعاع الحقل المغناطيسي ثم عرف التسلا.

الحل:

يؤثر الحقل المغناطيسي في شحنة متحركة *(q)* بقوة مغناطيسية تسمى قوة لورنز نعتبر شحنة كهربائية متحركة بسرعة $\vec{v}$ تكافئ تياراً شدته $I = \frac{q}{\Delta t}$ خلال زمن Δt وذلك ضمن الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ فتخضع لقوة أثناء مسيرها مسافة $\vec{L} = \vec{v}.\Delta t$

$$\vec{F} = \frac{q}{\Delta t}.\vec{v}.\Delta t\wedge\vec{B}$$

$$\vec{F} = q\vec{v}\wedge\vec{B}$$

$$F = q.v.B.\sin(\vec{v}\,\hat{,}\,\vec{B})$$

في حالة حقل مغناطيسي منتظم وإذا كان $\vec{v}\perp\vec{B}$

$$F = q.v.B$$

$$\Longrightarrow B = \frac{F}{q\,v}$$

$v = m.s^{-1}$ / $q: C$ / $F: N$

تعريف التسلا: شدة شعاع حقل مغناطيسي في نقطة إذا تحركت فيها شحنة قدرها كولون واحد وبسرعة قدرها متر واحد في الثانية وكان شعاع سرعتها عمودياً على شعاع الحقل تأثرت بقوة مغناطيسية شدتها *1N*

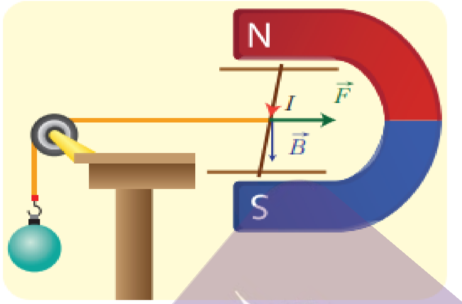
1 تسلا = $\frac{\text{1 نيوتن}}{\text{كولوم متر ثانية}}$ وبالرموز: $IT = \frac{1N}{C.m.s^{-1}}$

$$IT = \frac{kg.m.s^{-2}}{A.S.m.s^{-1}}$$

$$\boldsymbol{IT = kg.A^{-1}.S^{-2}}$$

مسألة $\frac{12}{273}$ عامة:

في الشكل المجاور تستند ساق نحاسية طولها 10cm وكتلتها 20g على سكتين نحاسيتين أفقيتين وتخضع بكاملها لحقل مغناطيسي منتظم شاقولي شدته



$B = 8 \times 10^{-2} T$ ويمر فيها تيار كهربائي متواصل شدته $25A$ وللحفاظ على توازن هذه الساق نعلق في مركز ثقلها خيطاً لا يمتط كتلته مهملة مربوط بكتلة، المطلوب:

1. **احسب كتلة الجسم المعلق.**
2. **احسب شدة قوة رد فعل السكتين على الساق.**

الحل:

1) - دراسة الكتلة المعلقة:

القوى الخارجية المؤثرة على الكتلة:

- $\vec{w}$ ثقل الكتلة.
- $\vec{T}$ توتر السلك.

الكتلة ساكنة $\Sigma \vec{F} = \vec{0}$

$$\vec{w} + \vec{T} = \vec{0}$$

بالإسقاط على محور شاقولي موجه نحو الأسفل:

$$\acute{w} - T = 0 \Rightarrow \boxed{\acute{w} = T} \quad ①$$

- دراسة الساق:

القوى الخارجية المؤثرة على الساق:

$\vec{w}$ ثقل الساق.

$\vec{T}$ توتر السلك.

$\vec{F}$ قوة لا بلاس.

$\vec{R}$ رد فعل السكتين

الساق ساكنة: $\Sigma \vec{F} = \vec{0}$

$$\vec{w} + \vec{F} + \vec{T} + \vec{R} = \vec{0}$$

بالإسقاط على محور أفقي موازٍ للسكتين وبجهة $\vec{F}$:

$$0 + F + 0 - T = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{F = T} \quad ②$$

من ① و ② نجد:

$$F = \acute{w}$$

$$I\,L\,B \sin\theta = \acute{m}g$$

$$\acute{m} = \frac{I\,L\,B\sin\theta}{g}$$

$$= \frac{25 \times 10^{-1} \times 8 \times 10^{-2} \times 1}{10}$$

$$= 2 \times 10^{-2}\ kg$$

2) حساب R:

$$\vec{w} + \vec{T} + \vec{R} + \vec{F} = \vec{0}$$

بالإسقاط على محور شاقولي موجه نحو الأسفل:

$$w + 0 - R + 0 = 0$$

$$w = R \Rightarrow R = mg = 2 \times 10^{-1}\ N$$

مسألة $\frac{13}{273}$ عامة:

تيار كهربائي شدته $20A$ يمر في سلك مستقيم طوله $10cm$ فإذا وضع السلك كاملاً في حقل مغناطيسي شدته $2 \times 10^{-3} T$ وكان السلك يصنع مع خطوط الحقل المغناطيسي زاوية $30°$ احسب شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في السلك.

الحل:

$$I = 20A\ ,\ L = 10cm$$

$$B = 2 \times 10^{-3}\ T\ ,\ \theta = 30°$$

$$F = I\,L\,B\sin\theta$$

$$F = 20 \times 10^{-1} \times 2 \times 10^{-3} \times \frac{1}{2}$$

$$F = 2 \times 10^{-3}\ N$$

تفكير ناقد:

جسيم مشحون يتحرك في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم يعامد حقل كهربائي منتظم بسرعة $\vec{v}$ تعامد كل منهما بين متى يصبح مساره مستقيم ومتى يكون دائري.

- بإهمال ثقل الجسم المشحون:

عند مرور الجسم المشحون ضمن منطقة الحقل المغناطيسي المنتظم فإنه يتأثر بقوة مغناطيسية $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$ وعند مروره ضمن منطقة الحقل الكهربائي فإنه يتأثر بقوة كهربائية $\vec{F} = q\vec{E}$ وكل من $\vec{F}$ (لورنز) , $\vec{F}$ (كهربائية) على حامل واحد .

- نميز حالتين:

1. إذا كانت $\vec{F}$ ، $\vec{F}$ بجهة واحدة يكون المسار دائري,
2. إذا كانت $\vec{F}$ ، $\vec{F}$ بجهتين متعاكستين ومتساويتان بالشدة انعدمت محصلة القوة فيصبح المسار مستقيم.

انتهى البحث الثاني

التحريض الكهرطيسي

قانون فارادي:

نص قانون فارادي:

يتولد تيار كهربائي يدعى التيار المتحرض في دارة مغلقة إذا غيرنا التدفق المغناطيسي الذي يجتاز ويدوم هذا التيار بدوام التغير في التدفق لينعدم عند ثبات التدفق المغناطيسي المُحرض.

تجارب توضح قانون فارادي: هام جداً

تجربة 1:

- نقرب أحد قطبي مغناطيس من أحد وجهي وشيعة وفق محورها ماذا يطرأ على مؤشر مقياس ميكرو أمبير علل إجابتك:

الحل:

نلاحظ انحراف مؤشر المقياس مما يدل على مرور تيار كهربائي في الوشيعة:

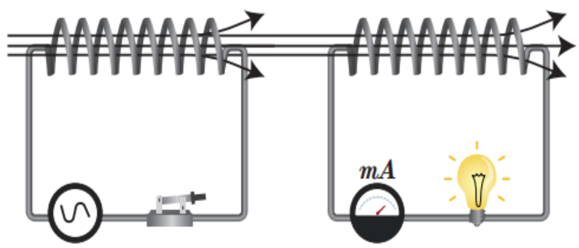
التعليل: إن تقريب المغناطيس أو إبعاده يؤدي إلى تغير التدفق المغناطيسي (بالزيادة أو بالنقصان) وبالتالي تنشأ قوة محركة كهربائية متحرضة تسبب مرور تيار كهربائي متحرض.

- ما الذي يحدث لمؤشر المقياس عند زيادة سرعة (التقريب أو الإبعاد)؟

نلاحظ انحراف أكبر لمؤشر المقياس وهذا يدل على مرور تيار شدته أكبر. أي **تزداد** القوة المحركة الكهربائية عند **نقصان** زمن تغير التدفق.

تجربة 2:

- نصل طرفي وشيعة بمولد تيار متناوب جيبي ونضع وشيعة ثانية محورها منطبق على الوشيعة الأولى ونصل طرفيها بواسطة أسلاك إلى مصباح كهربائي.



- ماذا يطرأ على إضاءة المصباح عند إغلاق الدارة الأولى؟

الحل: يضيء المصباح مما يدل على مرور تيار كهربائي في الدارة الثانية يدعى التيار المتحرض.

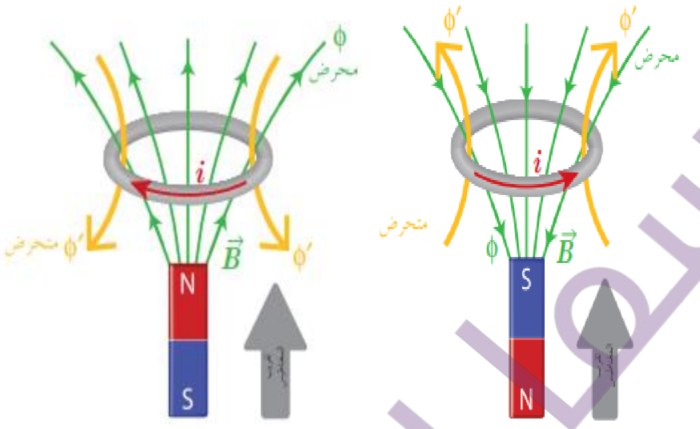
علل: فسر ماذا يحدث عند إغلاق القاطعة في الدارة (1)

نشوء تيار كهربائي متحرض في الوشيعة (2) بالرغم من عدم تحريك أي من الوشيعتين هو بسبب تولد حقلاً مغناطيسياً متناوباً جيبياً فيتغير التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الوشيعة الثانية وتتولد قوة محركة كهربائية تسبب مرور تيار كهربائي متحرض.

قانون لنز: (نص قانون لنز)

تكون جهة التيار المتحرض بحيث ينتج أفعالاً تعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثه .

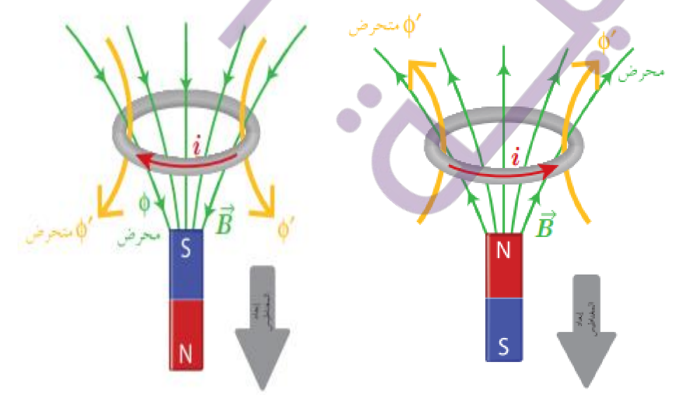
تجارب: (لتوضيح قانون لنز)



تقريب قطب شمالي أو جنوبي من أحد وجهي وشيعة يولد I متحرض يولد بدوره $\vec{B}$ متحرض يعاكس في الجهة $\vec{B}$ مُحرض (الناجم عن المغناطيس) و

$\vec{B}$ (محرض) يعاكس $\vec{B}$ (متحرض) $\Longrightarrow$ $\Delta\Phi > 0$ (تزايد تدفق مُحرض) $\Longrightarrow$ تقريب

(الوشيعة تسعى لإنقاص التدفق الذي يجتازها عند تزايد التدفق (المُحرض).



- إبعاد القطب الشمالي للمغناطيس المحرض عن أحد وجهي وشيعة يؤدي إلى:

تولد

$\underset{\text{محرض}}{\vec{B}}$ يوافق بالجهة $\underset{\text{متحرض}}{\vec{B}} \Rightarrow \underset{\text{متحرض}}{i}$

وكذلك الأمر بالنسبة: لتبعيد القطب الجنوبي.

(الوشيعة تسعى لزيادة التدفق المغناطيسي الذي يجتازها في حالة تناقص التدفق المحرض).

القوة المحركة الكهربائية المتحرضة:

إن مرور تيار كهربائي في دارة مغلقة يكافئ وضع مولد فيها يمتاز بقوة كهربائية متحرضة.

- عدد العوامل التي يتوقف عليها القوة المحركة الكهربائية المتحرضة ثم اكتب دستور القوة المحركة.

الحل: تتناسب طرداً مع تغير التدفق $d\Phi$ المغناطيسي

عكساً مع الفترة الزمنية لتغير التدفق $d\,t$

رمزها: ε

$$\varepsilon = -\frac{d\,\Phi}{d\,t}$$

تحقيقاً لقانون لنز

ملاحظات مسائل:

1 القوة المحركة الكهربائية المتحرضة:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\,\Phi}{\Delta\,t}$$

2 شدة التيار المتحرض:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = -\frac{\Delta\,\Phi}{R\,.\,\Delta\,t}$$

R: مقاومة الدارة

3 لتحديد جهة التيار:

نميز حالتين:

تزايد تدفق مُحرض

$\Delta\Phi > 0 \Rightarrow \varepsilon < 0$

$\Downarrow$

تكون جهة التيار المتحرض بحيث يكون $\underset{\text{متحرض}}{\vec{B}}$ يعاكس $\underset{\text{مُحرض}}{\vec{B}}$

تناقص تدفق محرض

$\Delta\Phi < 0 \Rightarrow \varepsilon > 0$

$\Downarrow$

تكون جهة التيار المتحرض بحيث يكون $\underset{\text{متحرض}}{\vec{B}}$ يوافق $\underset{\text{محرض}}{\vec{B}}$

4 الاستطاعة الكهربائية المتولدة:

متحرض $P = \varepsilon . i$ كهربائية

5 الاستطاعة الحرارية المعروفة عن المقاومة الأومية:

$P = R\,i^2$ حرارية (ضائعة)

لحساب ε أو i متحرض يجب حساب $\Delta\Phi$

حالات حساب $\Delta\Phi$:

1 تغير التدفق بتغير الزاوية:

$$\Delta\Phi = NSB\,[\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1]$$

2 تغير التدفق بتغير شدة الحقل:

$$\Delta\Phi = NScos\alpha\,[B_2 - B_1]$$

(راجع صفحة التدفق المغناطيسي في الدرس الأول)

مسألة $\frac{1}{123}$:

ملف دائري يتألف من 100 لفة متماثلة نصف قطره الوسطي $4cm$ نصل طرفيه بمقياس ميلي أمبير موصولاً على التسلسل مع مقاومة أومية قيمتها $20\ \Omega$ نقرب من أحد وجهي الملف القطب الشمالي لمغناطيس مستقيم وفق محوره فتزداد شدة الحقل المغناطيسي الذي يخترق لفات الملف الدائري بانتظام من الصفر إلى $0.08\ T$ خلال $2s$.

المطلوب:

1. احسب قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتولدة في الملف الدائري محدداً جهة التيار الكهربائي المتحرض.

2. ما نوع الوجه المقابل للقطب الشمالي؟

3. احسب شدة التيار المار في الملف.

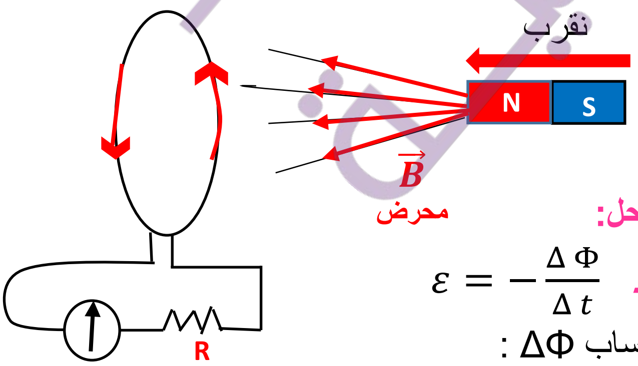
4. احسب الاستطاعة الكهربائية المتولدة عن الملف الدائري ثم الاستطاعة الحرارية المصروفة في المقاومة الأومية ماذا تستنتج؟ (نهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي).

$r = 4cm$ ، $N=100$ لفة ، $R=20\Omega$

تزداد شدة الحقل أثناء التقريب :

من $B_1 = 0\,T$ إلى $B_2 = 0.08\,T$ خلال $2s$

نقرب



الحل:

1. $$\varepsilon = -\frac{\Delta\,\Phi}{\Delta\,t}$$

حساب $\Delta\Phi$:

$$\Delta\Phi = NScos\,\alpha(B_2 - B_1)$$
$$= N\pi r^2\cos\alpha\,(B_2 - B_1)$$

$$\Delta\Phi = 100\times\pi(16\times10^{-4})\times1(0.08-0)$$
$$=128\pi\times10^{-4}=400\times10^{-4}=4\times10^{-2}web$$
$$\varepsilon = -\frac{4\times10^{-2}}{2} = -2\times10^{-2}Vott$$

بما أن $\Delta\Phi>0$ تكون جهة التيار المتحرض بحيث يكون $\vec{B}$ متحرض يعاكس $\vec{B}$ مُحرض

.2 إن تقريب قطب شمالي من وجه ملف يجعل ذلك الوجه شمالياً يعاكس تقريب القطب الشمالي

.3 متحرض $i = \frac{\varepsilon}{R}$

$$= -\frac{2\times10^{-2}}{20} = -10^{-3}\ A$$

متحرض $i = -10^{-3}\ A$

.4 كهربائية $P = \varepsilon i = (-2\times10^{-2})(-10^{-3})$

$$= 2\times10^{-5}\ watt$$

حرارية $P = Ri^2 = 20(-10)^{-3}$

$$= 2\times10^{-5}\ watt$$

$P_{كهربائية} = P_{حرارية}$

مسألة $\frac{2}{124}$:

.1 **لدينا وشيعة طولها 30cm قطرها 4cm تحوي 1200 لفة نمرر فيها تياراً شدته 4A احسب شدة الحقل المغناطيسي في مركز الوشيعة.**

.2 **نلف حول القسم المتوسط من الوشيعة ملفاً يحوي 100 لفة معزولة ونصل طرفيه بمقياس غلفاني بحيث تكون المقاومة الكلية للدارة الجديدة 16Ω ما دلالة المقياس عند قطع التيار عن الوشيعة خلال 0.5S تتناقص فيها الشدة بانتظام؟ (نهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي).**

الحل:

$$\ell = 30cm = 3\times10^{-1}m$$
$$2r = 4cm \Rightarrow r = 2\times10^{-2}m$$

$N = 1200$ لفة

$$B = 4\pi\times10^{-7}\frac{N}{\ell}I$$
$$= 12.5\times10^{-7}\frac{1200}{3\times10^{-1}}\times4$$
$$= 200\times10^{-4}$$
$$= 2\times10^{-2}\ T$$
$$I_1 = 4A \Rightarrow B_1 = 2\times10^{-2}\ T$$

عند قطع التيار ⟸ $I_2 = 0A \Rightarrow B_2 = 0$

$$\Delta\Phi = N_{ملف}S\cos\alpha[B_2 - B_1]$$

$$= 100\times\pi\times4\times10^{-4}\times1[0-2\times10^{-2}]$$
$$= -8\pi\times10^{-4}weber$$

متحرض $i = -\frac{\Delta\Phi}{R.\Delta t}$

$$= -\frac{-8\pi\times10^{-4}}{16\times0.5}$$

متحرض $i = \pi\times10^{-4}\ A$

جهة التيار المتحرض بجهة التيار المُحرض

أو:

بحيث يكون $\vec{B}$ متحرض يوافق $\vec{B}$ مُحرض

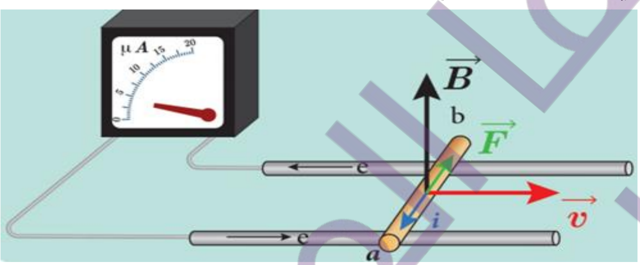
التعليل الالكتروني لنشوء التيار المتحرض والقوة المحركة الكهربائية المتحرضة:

تجربة السكتين التحريضية:

سؤال دورة:

- عندما نستبدل المولد في تجربة السكتين الكهرطيسية بمقياس ميكرو أمبير **تدعى:** تجربة السكتين التحريضية.

نحرك الساق بسرعة $\vec{v}$ ضمن منطقة الحقل المغناطيسي وهي على تماس مع السكتين ماذا تلاحظ علل ذلك.



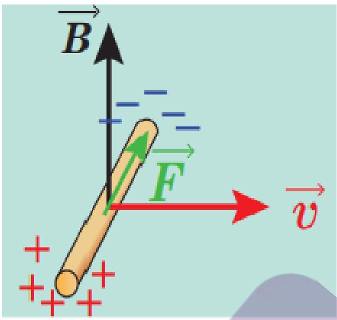
الحل:

ينحرف مؤشر المقياس مما يدل على مرور تيار كهربائي متحرض.

التعليل: عند تحريك الساق بسرعة ثابتة عمودياً على خطوط الحقل المغناطيسي فإن الالكترونات الحرة في الساق ستتحرك بهذه السرعة وسطياً ومع خضوعها لتأثير الحقل المغناطيسي المنتظم فإنها تخضع لتأثير القوة المغناطيسية

وبتأثير هذه القوة $\vec{F} = e\vec{v}\wedge\vec{B}$ تتحرك الالكترونات الحرة في الساق وتتولد قوة محركة كهربائية تحريضية تسبب مرور تيار كهربائي متحرض عبر الدارة المغلقة جهته بعكس جهة حركة الالكترونات الحرة.

إذا كانت الدارة مفتوحة ؟



- عند تحريك الساق بسرعة $\vec{v}$ في منطقة يسودها حقل مغناطيسي تنشأ القوة المغناطيسية وبتأثير هذه القوة تنتقل الالكترونات الحرة من أحد طرفي الساق الذي يكتسب شحنة موجبة وتتراكم في الطرف الآخر الذي يكتسب شحنة سالبة فينشأ فرق في الكمون يمثل القوة المحركة المتحرضة

$$\varepsilon = U_{ab}$$

تطبيقات التحريض الكهرطيسي:

أولاً: مبدأ المولد:

في تجربة السكتين التحريضية دارسة تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية.

الحل:

عند تحريك الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$ عمودية على خطوط الحقل المغناطيسي المنتظم $\vec{B}$ خلال فاصل زمني Δt

1. تنتقل الساق مسافة $\Delta x = v.\Delta t$
2. يتغير السطح مقدار $\Delta s = L.\Delta x$
$= L.v.\Delta t$
3. يتغير التدفق بمقدار $\Delta\Phi = B.\Delta s = BL.v\Delta t$
4. تتولد قوة محركة كهربائية متحرضة قيمتها المطلقة:

$$\varepsilon = \left|\frac{\Delta\,\Phi}{\Delta\,t}\right| = \frac{B.L.v.\Delta t}{\Delta\,t}$$

$$\varepsilon = B.L.v$$

5. فيمر تيار متحرض شدته $i = \frac{\varepsilon}{R}$

$$i = \frac{B.L.v}{R}$$

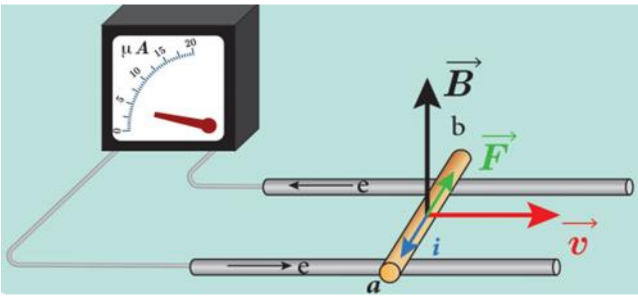
6. فتكون الاستطاعة الكهربائية الناتجة:

$$P = \varepsilon\, i$$

$$P = (B.L.v) \times \frac{B.L.v}{R}$$

$$P = \frac{B^2\,L^2\,v^2}{R}$$

ولكن عند تحريك الساق بسرعة $\vec{v}$ تنشأ قوة كهرطيسية



جهتها بعكس $\vec{v}$ المسببة لنشوء التيار ولاستمرار تولد التيار يجب التغلب على هذه القوة الكهرطيسية بصرف استطاعة ميكانيكية:

$$\acute{P} = F\,.v$$

حيث: $F = i\,L\,B\sin\theta$

$\theta = \frac{\pi}{2}$ $\quad F = i\,L\,B$

لكن $i = \frac{B.L.v}{R}$

$$F = \frac{B\,L\,v}{R}\,.L\,.B$$

$$F = \frac{B^2\,L^2\,v}{R}$$

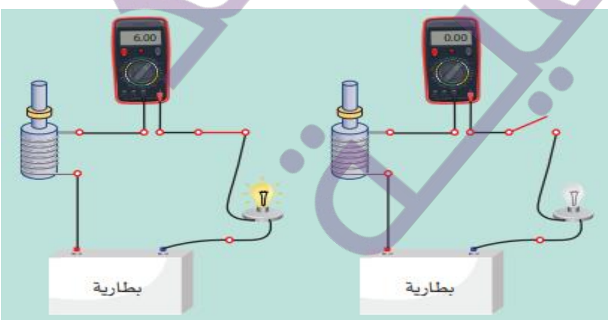
$$\Rightarrow \acute{P} = \frac{B^2\,L^2\,v}{R}.v$$

$$\boxed{\acute{P} = \frac{B^2\,L^2\,v^2}{R}}$$

نستنتج أن: $P = \acute{P}$ وبهذا تكون قد تحولت الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية وهو المبدأ الذي تعتمد عليه الكثير من المولدات الكهربائية.

ثانياً: مبدأ المحرك:

نصل الدارة الموضحة في الشكل:



"1) نغلق القاطعة ونمنع المحرك من الدوران بمسك محوره باليد، ماذا تلاحظ؟

يضيء المصباح ويدل المقياس على مرور تيار كهربائي له شدة معينة.

"2) نسمح للمحرك بالدوران ماذا تلاحظ وماذا نستنتج؟
عند السماح للمحرك بالدوران تبدأ سرعته بالازدياد فيقل توهج المصباح وتنقص دلالة المقياس مما يدل على مرور تيار كهربائي شدته أصغر.

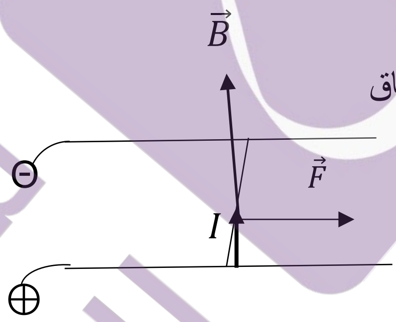
التعليل: تتولد في المحرك قوة محركة كهربائية تحريضية عكسية مضادة للقوة المحركة الكهربائية المطبقة بين قطبي المولد، وتزداد بازدياد دوران المحرك.

- يوجد في المحرك وشيعة يمر فيها تيار كهربائي، تدور بتأثير حقل مغناطيسي وبسبب هذا الدوران يتغير التدفق المغناطيسي من خلال الوشيعة مما يسبب تولد قوة محركة تحريضية عكسية تتوقف على سرعة دوران المحرك.

تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية في المحرك:

- تتأثر الساق بقوة كهرطيسية

$$F = ILB$$



- تعمل على تحريك الساق بسرعة $\vec{v}$
- ميكانيكية $P = F.v$

$$P = ILB\ v$$

لكن :

- عند انتقال الساق مسافة Δx فإن التدفق يتغير بمقدار

$$\Delta\Phi = B.\Delta S$$
$$= B.L.\Delta x = B.L.v.\Delta t$$

- فتتولد في الساق قوة محركة كهربائية عكسية تعاكس مرور تيار المولد حسب قانون لنز قيمتها المطلقة

$$\acute{\varepsilon} = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = B.L.v$$

- لاستمرار عمل المولد (مرور تيار المولد) يجب تقديم استطاعة كهربائية

$$P_{كهربائية} = \acute{\varepsilon}.I = B.L.v.I$$

هذا يعني: $P_{كهربائية} = B.L.v.I$

$$P_{كهربائية} = P_{ميكانيكية}$$

لذلك تتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية

مسألة $\frac{3}{124}$:

في تجربة السكتين الكهرطيسية يبلغ طول الساق النحاسية المستندة عمودياً عليهما $30cm$ وكتلتها $60g$.

المطلوب:

1. احسب شدة الحقل المغناطيسي المنتظم المؤثرة عمودياً في السكتين لتكون شدة القوة الكهرطيسية مساوية مثلي ثقل الساق وذلك عند إمرار تيار كهربائي شدته 20A.

2. احسب عمل القوة الكهرطيسية المؤثرة في الساق إذا تدحرجت بسرعة ثابتة قدرها $0.4m.s^{-1}$ لمدة ثانيتين.

3. نرفع المولد من الدارة السابقة ونستبدله بمقياس غلفاني وندحرج الساق بسرعة وسطية ثابتة $5ms^{-1}$ ضمن الحقل السابق. استنتج عبارة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة ثم احسب قيمتها واحسب شدة التيار المتحرض بافتراض أن المقاومة الكلية للدارة ثابتة وتساوي 5Ω ثم ارسم شكلاً توضيحياً يبين جهة كل من $(\vec{v},\vec{B})$ وجهة التيار المتحرض.

4. احسب الاستطاعة الكهربائية الناتجة ثم احسب شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في الساق في أثناء تدحرجها. (نهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي)

$(g=10m.s^{-2})$

في تجربة السكتين الكهرطيسية $L=30cm$ / $m=60g$

$$I\vec{L} \perp \vec{B}$$

الحل:

.1

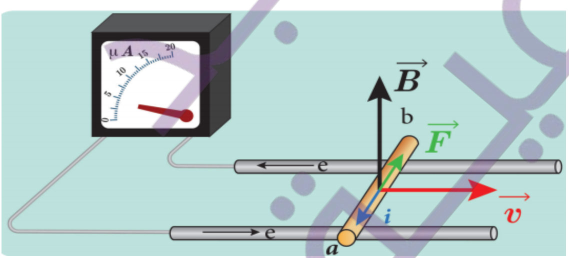
$$F = 2w = 2mg$$
$$F = 2 \times 6 \times 10^{-2} \times = 12 \times 10^{-1} N$$

لكن: $F = ILB\sin\theta$

$$\Rightarrow B = \frac{F}{L\,I} = \frac{12 \times 10^{-1}}{3 \times 10^{-1} \times 20} \quad : \sin\theta = 1$$
$$\Rightarrow B = 2 \times 10^{-1} T$$

.2 $v = 0.4m.s^{-1}$, $\Delta t = 2s$

$$W = F.\Delta x = F.v.\Delta t$$
$$W = 12 \times 10^{-1} \times 4 \times 10^{-1} \times 2$$
$$= 96 \times 10^{-2}\ J$$



- تنتقل الساق مسافة $\Delta x = v.\Delta t$
- تمسح سطحاً $\Delta s = L.\Delta x = L.v.\Delta t$
- يتغير التدفق $\Delta\Phi = B.\Delta s = B.L.v.\Delta t$
- تتولد قوة محركة كهربائية تحريضية قيمتها المطلقة:

$$\varepsilon = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \frac{B.L.v.\Delta t}{\Delta t} = B.L.v$$
$$\varepsilon = B.L.v = 2 \times 10^{-1} \times 3 \times 10^{-1} \times 5$$
$$\varepsilon = 30 \times 10^{-2} volt$$

- شدة التيار المتحرض:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{3\times10^{-1}}{5}$$

$$i = 6\times10^{-2}A$$

- كهربائية$P = \varepsilon . i$

$$= 3\times10^{-1}\times6\times10^{-2} = 18\times10^{-3}watt$$

- شدة قوة لا بلاس: $F = i\ LBsin\theta$

متحرض

$$= 6\times10^{-2}\times3\times10^{-1}\times2\times10^{-1}\times1$$

$$= 36\times10^{-4}N$$

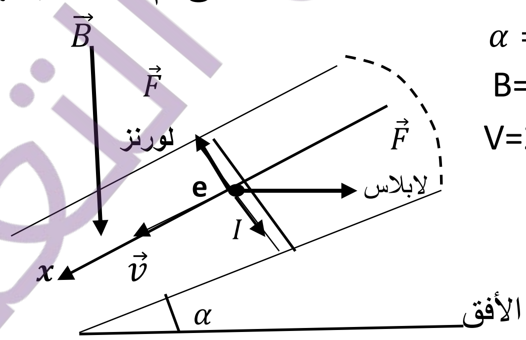
مسألة $\frac{4}{124}$:

سكتان نحاسيتان متوازيتان تميل كل منهما على الأفق بزاوية 45° تستند إليهما ساق نحاسية طولها $l = 40cm$ تخضع بكاملها لتأثير حقل مغناطيسي منتظم شاقولي شدته 0.8T نغلق الدارة ثم نترك لتنزلق دون احتكاك بسرعة ثابتة قيمتها $2ms^{-1}$ المطلوب:

1. بين أنه تنشأ قوة كهرطيسية تعيق حركة الساق.

2. استنتج العلاقة المحددة للمقاومة الكلية للدارة ثم احسب قيمتها إذا كانت شدة التيار المتحرض المتولد فيها $\sqrt{2}A$

3. استنتج العلاقة المحددة لكتلة الساق ثم احسب قيمتها.



$\alpha = 45°$

B=0.8 T

$V=2m.s^{-1}$

الحل:

1. عند تحريك الساق بسرعة ثابتة فإن كل الكترون حر في الساق سيتحرك بهذه السرعة ومع خضوعها لحقل مغناطيسي منتظم فإنه يخضع لتأثير قوة مغناطيسية $\vec{F} = e\vec{v}\wedge\vec{B}$ وبتأثير هذه القوة تتحرك الالكترونات الحرة عبر الدارة فيتولد تيار كهربائي متحرض ينتج أفعالاً تعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثه فينشأ قوة كهرطيسية معاكسة جهة حركة الساق

2. حركة الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$ خلال الفاصل الزمني Δt تنقلها مسافة $\Delta x = v.\Delta t$

- تتغير مساحة السطح الذي تخترقه خطوط الحقل المغناطيسي بمقدار $\Delta s = L.\Delta x = L.v.\Delta t$

- ويتغير التدفق الذي يجتاز الدارة بمقدار:

$$\Delta\Phi = B.\Delta s.\cos\alpha$$

$$\Delta\Phi = B.L.v.\Delta t.\cos\alpha$$

تتولد قوة محركة $\varepsilon = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|$

$$\varepsilon = \frac{B.L.v.\Delta t.\cos\alpha}{\Delta t} = B.L.v.cos\alpha$$

- فيتولد تيار متحرض

$$i = \frac{\varepsilon}{R}$$

فتكون المقاومة الكلية :

$$R = \frac{B.L.v.\cos\alpha}{i}$$

$$R = \frac{0.8\times40\times10^{-2}\times2\times\frac{1}{\sqrt{2}}}{\sqrt{2}} = 32\times10^{-2}\Omega$$

3. الجملة المدروسة: الساق المتوازن:

القوى الخارجية المؤثرة: $\vec{w}$ ثقل الساق

$\vec{F}$ القوة الكهرطيسية

$\vec{R}$ رد فعل السكتين

$$\vec{w}+\vec{R}+\vec{F} = \vec{0}$$

بالإسقاط على $\overrightarrow{xx'}$

$$mgsin\alpha - Fcos\alpha = 0$$

$$mg.\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = F$$

$$mgtan\alpha = F$$

$$m = \frac{F}{g\tan\alpha}$$

$$m = \frac{\text{i LB}\sin\frac{\pi}{2}}{\text{g}\tan\alpha} =$$

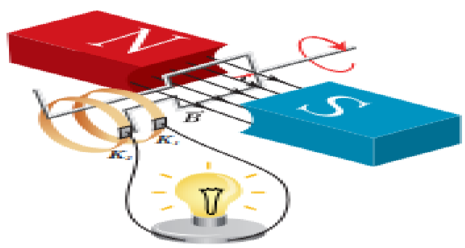
$$m = \frac{\sqrt{2}\times40\times10^{-2}\times0.8\times1}{10\times1}$$

$$m = 32\sqrt{2}\times10^{-3}\ kg$$

ثالثاً: مولد التيار التناوب الجيبي [AC أحادي الطور]:

وصفهُ: يتكون من إطار مؤلف من N لفة متماثلة مساحة كل منها S أسلاكه ناقلة ومعزولة وملفوفة بالاتجاه ذاته، يدور حول محور في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم $\vec{B}$ ويتصل طرفا الملف بحلقتين R_1 و R_2 بحيث يمر محور

الدوران بمركز هاتين الحلقتين وتدور الحلقتان بدوران الملف.



سؤال دورة:

استنتج العلاقة المحددة للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة:

- بفرض أنه في لحظة ما أثناء الدوران كان الناظم على مستوي الإطار يصنع مع شعاع الحقل المغناطيسي زاوية قدرها α فيكون التدفق المغناطيسي Φ

$$\Phi = N\,S\,B\cos\alpha$$

- إذا كانت السرعة الزاوية لدوران الإطار ω ثابتة فإن الزاوية (α) التي يدورها الملف في زمن قدره t:

$$\alpha = \omega t$$

نعوض فنجد: $\Phi = N\,S\,B\cos\omega t$

وتكون القوة المحركة الكهربائية المتحرضة:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -(\Phi)'_t$$

$$= -(N\,B\,S\cos(\omega t))'_t$$

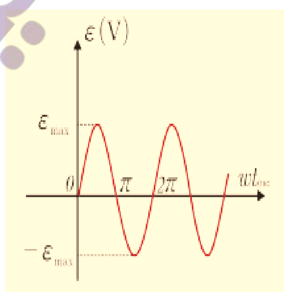
$$= +N\,S\,B\omega\sin(\omega t)$$

$\sin(\omega t) = 1 \Leftarrow \varepsilon$ عظمى

$$\varepsilon_{max} = N\,S\,B\omega$$

$$\Rightarrow \bar{\varepsilon} = \varepsilon_{max}\sin(\omega t)$$

وبذلك نحصل على التيار المتناوب الجيبي نظراً لأن القوة المحركة الكهربائية المتحرضة جيبية متناوبة فهي تنعدم في بداية ومنتصف ونهاية الدور وتبلغ قيمة عظمى في نهاية ربع الدور



مسألة $\frac{5}{125}$:

إطار مربع الشكل طوله 4cm مؤلف من 100 لفة متماثلة من سلك نحاسي معزول ندير الإطار حول محور شاقولي مار من مركزه ومن ضلعين أفقيين متقابلين بحركة دائرية منتظمة تقابل $\frac{10}{\pi}Hz$ ضمن حقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته $5\times10^{-2}T$ خطوطه ناظمية على سطح الإطار قبل الدوران حيث الدارة مغلقة ومقاومتها $R = 4\Omega$

المطلوب:

1. **اكتب التابع الزمني للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية في الإطار.**
2. **عيّن اللحظتين الأولى والثانية التي تكون فيها قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية الناشئة معدومة.**
3. **اكتب التابع الزمني للتيار الكهربائي المتحرض اللحظي المار في الإطار. (نهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي).**

N=100 لفة الاطار مربع الشكل ، $L=4cm=4\times10^{-2}m$

$$R = 4\Omega \quad / \quad F = \frac{10}{\pi}Hz \ / \ B = 5\times10^{-2}T$$

الحل:

.1 $\bar{\varepsilon} = \varepsilon_{max}\sin(\omega t)$

نحدد الثوابت: ε_{max} ، ω

$$\varepsilon_{max} = N\,S\,B\omega$$

نحسب $\omega = 2\pi f$

$$= 2\pi\frac{10}{\pi} = 20 rad s^{-1}$$

$$\varepsilon_{max} = 100\times16\times10^{-4}\times5\times10^{-2}\times20$$

$= 16\times10^{-2}V$ نعوض في

التابع الزمني $\Rightarrow \boldsymbol{\varepsilon = 16\times10^{-2}\sin(20t)(V)}$

.2 $\varepsilon = 0 \Rightarrow 0 = 16\times10^{-2}\sin(20t)$

$$\Rightarrow \sin(20t) = 0$$

$$20t = \pi K$$

$$t = \frac{\pi K}{20}$$

لحظة الانعدام الأولى $\Rightarrow K = 0 \Rightarrow t = 0(S)$

لحظة الانعدام الثانية $\Rightarrow K = 1 \Rightarrow t = \frac{\pi}{20}(S)$

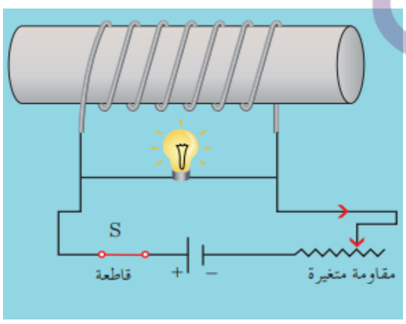
.3

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{16\times10^{-2}\sin(20t)}{4}$$

$\boldsymbol{\bar{i} = 4\times10^{-2}\sin(20t)}$ (A)

التحريض الذاتي:

تجربة: نركب الدارة الموضحة بالشكل المجاور حيث إضاءة خافتة.



سؤال:

عند فتح القاطعة ماذا يحدث لإضاءة المصباح علل ذلك:

- يتوهج المصباح بشدة ثم ينطفئ .

التعليل: إن فتح القاطعة يؤدي إلى تناقص شدة التيار المار في الوشيعة فيتناقص تدفق الحقل المغناطيسي المتولد في الوشيعة خلال الوشيعة ذاتها وهذا يولد قوة محركة كهربائية متحرضة في الوشيعة أكبر من القوة المحركة الكهربائية للمولد.

سؤال: **عند إغلاق القاطعة من جديد ماذا يحدث لإضاءة المصباح علل ذلك:**

يتوهج المصباح ثم يعود إلى ضوءه الخافت .

التعليل: تتزايد شدة التيار فيتزايد التدفق المغناطيسي المتولد عن الوشيعة عبر الوشيعة ذاتها فيتولد قوة محركة كهربائية متحرضة تمنع مرور التيار فيها ويمر التيار في المصباح مسبباً توهجه قبل أن تخبو إضاءته بسبب تناقص $\frac{d\,i}{d\,t}$ وازدياد مرور التيار في الوشيعة حتى ثبات الشدة فتنعدم ε

ε عند فتح القاطعة > ε عند اغلاق القاطعة

لأن

زمن تناقص شدة التيار < زمن تزايد شدة التيار

- الوشيعة قامت بدور مُحرض ومتحرض في آن واحد لذلك ندعو الدارة بالدارة المتحرضة الذاتية وتدعى الحادثة بالتحريض الذاتي.

- تحدث ظاهرة التحريض الذاتي أثناء مرور تيار متغير الشدة مع مرور الزمن.

ذاتية الوشيعة:

استنتج العلاقة المعبرة عن ذاتية وشيعة يمر فيها تيار i مساحة مقطعها (S)

الحل: تعطى شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن مرور تيار في الوشيعة بالعلاقة

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{\ell} i$$

ويكون تدفق هذا الحقل من خلال الوشيعة ذاتها:

$$\Phi = N\,B\,S \qquad \cos\alpha = 1$$

$$= N\left(4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{\ell} i\right) S$$

$$= \underbrace{4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2}{\ell} S}_{L} \quad i$$

التدفق يتناسب طرداً مع شدة التيار $\boldsymbol{\Phi = L\ i}$

حيث L

$$L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2}{\ell} S$$

ذاتية الوشيعة وهو مقدار ثابت يميز الوشيعة وواحدتها هنري [H]

وهو ذاتية دارة مغلقة يجتازها تدفق مغناطيسي قدره ويبر واحد عندما يمر فيها تيار قدره أمبير واحد.

أما **علاقة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الذاتي:**

$$\varepsilon = -\frac{d\,\Phi}{d\,t} = -(\Phi)'_t$$

$$\varepsilon = -(L\,i)'_t = -L(i)'_t$$

$$\boldsymbol{\varepsilon = -L(\,i)'_t}$$

عندما تتزايد شدة التيار:

$$\frac{d\,i}{d\,t} > 0 \Rightarrow \varepsilon < 0$$

تكون جهة التيار المتحرض بعكس جهة التيار المحرض:

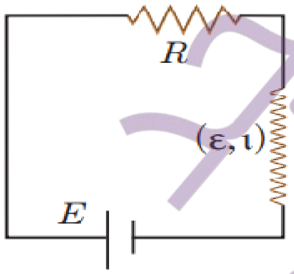
- عندما تتناقص شدة التيار:

$$\frac{d\,i}{d\,t} < 0 \Rightarrow \varepsilon > 0$$

الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة:

سؤال امتحاني:

دارة تحوي على التسلسل وشيعة ذاتيتها (L) قوتها المحركة (ε) مولد قوته المحركة الكهربائية (E) مقاومة أوميه (R)



استنتج علاقة الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة عندما تتزايد شدة التيار من 0 ← I

الحل:

حسب قانون كيرشوف الثاني:

$$\sum \varepsilon = Ri$$

$$E + \varepsilon = Ri$$

$$E - L\frac{di}{dt} = Ri$$

$$E = Ri + L\frac{di}{dt}$$

نضرب طرفي العلاقة بـ $i\,dt$

$$Eidt = Ri^2dt + Lidi$$

$Lidi$: الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة خلال الزمن dt

Ri^2dt: الطاقة الضائعة حرارياً بفعل جول في المقاومة خلال الزمن dt

$Eidt$: الطاقة التي يقدمها المولد خلال الزمن dt

- عندما تتزايد شدة التيار من $0 \to I$ تختزن الوشيعة طاقة:

$$E_L = \int_0^I Lidi$$

$$\boldsymbol{E_L = \frac{1}{2} L I^2}$$

وبشكل آخر: $\Phi = L I$

$$\boldsymbol{E_L = \frac{1}{2}\Phi I}$$

ملاحظات مسائل:

- القوة المحركة الكهربائية التحريضية الذاتية:

$$\varepsilon = -L\frac{di}{dt} = -L(i)'_t$$

- لحساب ذاتية الوشيعة:

$$L = 4\pi\times10^{-7}\frac{N^2}{\ell}S$$

حسب معطيات المسألة

طريقة أولى: $N = \frac{\text{طول الوشيعة}}{\text{قطر السلك}}$

(طبعاً الوشيعة طبقة واحدة) ، $S = \pi r^2$

نعوض عددياً ونحسب L

طريقة ثانية:

$N = \frac{\grave{\ell}}{2\pi r}$ ، $S = \pi r^2$

نعوض في علاقة ذاتية

$$L = 4\pi\times10^{-7}\frac{\frac{\grave{\ell}^2}{4\pi^2r^2}}{\ell}.\pi r^2$$

$$\boldsymbol{L = 10^{-7}\frac{\grave{\ell}^2}{\ell}}$$

3 لحساب ε:

$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ عندما يعطى في نص المسألة تزايد شدة التيار من i_1 إلى i_2 أو: تناقص شدة التيار من i_1 إلى i_2

عندما نحسب $\Delta\Phi$:

$$\Delta\Phi = NS\cos\alpha(B_2 - B_1)$$

أو:

$$\boldsymbol{\Delta\Phi = L(\Delta i)}$$

$\varepsilon = -L(i)'_t$ ذاتية: عندما يعطى تابع زمني لشدة التيار

4 لحساب **N (عدد اللفات)**

$N = \frac{\grave{\ell}}{2\pi r}$

أو من علاقة الذاتية

$$N^2 = \frac{L.\ell}{4\pi\times10^{-7}S}$$

5 كمية الكهرباء المتحرضة:

$$q = i.\Delta t$$

6 الطاقة الكهرطيسية المختزنة: $E_L = \frac{1}{2}Li^2$

7 عزم مزدوجة كهرطيسية مؤثرة في ملف أو وشيعة:

$$\Gamma = NIBS\sin\alpha$$

تطبيق:

وشيعة طولها 20cm وطول سلكها 40m بطبقة واحدة مقاومتها الأومية مهملة المطلوب:

1. **احسب ذاتية الوشيعة.**
2. **إذا كان نصف قطر اللفة الواحدة $4cm$ فاحسب عدد لفات الوشيعة.**
3. **نمرر في الوشيعة تياراً كهربائياً تزداد شدته بانتظامٍ من الصفر إلى $10\ A$ خلال $0.5s$ احسب القوة المتحركة الكهربائية المتولدة داخل الوشيعة مُحدداً جهة التيار المتحرض.**
4. **احسب الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة.**

الحل:

$\ell = 20cm$

$\ell = 2\times10^{-1}cm$ ، $\grave{\ell} = 40m$

طبقة واحدة ومقاومتها مهملة.

.1 $L = 4\pi\times10^{-7}\frac{N^2}{\ell}S$

لكن:

$$N = \frac{\grave{\ell}}{2\pi r}$$

$$S = \pi r^2$$

$$\Rightarrow L = 4\pi \times 10^{-7}\,\frac{\frac{\grave{\ell}^2}{4\pi^2 r^2}}{\ell}\,.\pi r^2$$

$$\boldsymbol{L = 10^{-7}\frac{\grave{\ell}^2}{\ell}}$$

$$L = 10^{-7}\frac{1600}{2\times10^{-1}} = 8\times10^{-4}\ H$$

2. $N = \frac{\grave{\ell}}{2\pi r} = \frac{40}{2\pi\times4\times10^{-2}} = \frac{4000}{25} = 160$ لفة

3. $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

$\Delta\Phi = N(\Delta B)S\ cos\alpha$

$\alpha = 0$

$\Delta B = B_2 - B_1 = 4\pi\times10^{-7}\,\frac{N\,I}{\ell} - 0$

$= 4\pi\times10^{-7}\,\frac{160\times10}{0.2} = 32\pi\times10^{-4}$

$S = \pi r^2 = 16\pi\times10^{-4}\ m^2$

$\Delta\Phi = 160\times10^{-2}\times16\pi\times10^{-4}\times1$

$= 8\times10^{-3}\ webber$

$\varepsilon = -\frac{8\times10^{-3}}{0.5} = -16\times10^{-3}\ vatt$

$\varepsilon < 0 \Longleftarrow$ $\vec{B}$ محرض , $\vec{B}$ متحرض على حامل واحد وبجهتين متعاكستين.

4. $E_L = \frac{1}{2}L\,I^2$

$E_L = \frac{1}{2}\times8\times10^{-4}\times100 = 4\times10^{-2}$J

مسألة $\frac{17}{274}$ عامة:

وشيعة طولها 30cm ومساحة مقطعها $3\times10^{-2}m^2$ وذاتيتها $L = 5\times10^{-3}H$

1. احسب عدد لفاتها.

2. نمرر في الوشيعة تياراً كهربائياً متواصلاً شدته 15A احسب الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة.

3. نجعل شدة التيار تتناقص بانتظام من 15A إلى الصفر خلال 0.5s احسب القيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة في الوشيعة وحدد جهة التيار المتحرض.

4. نمرر في سلك الوشيعة تياراً كهربائياً شدته اللحظية مقدرة بالأمبير $\bar{\imath} = 20 - 5t$ احسب القيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية التحريضية الذاتية الناشئة فيها.

(نهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي).

الحل:

$L = 30cm = 3\times10^{-1}m$

$S = 3\times10^{-2}\ m^2$

$L = 5\times10^{-3}\ H$

1. من علاقة الذاتية: $L = 4\pi\times10^{-7}\frac{N^2}{\ell}\ S$

$N^2 = \frac{L\,.\ell}{4\pi\times10^{-7}\,.S} \Longrightarrow N = \sqrt{\frac{5\times10^{-3}\times3\times10^{-1}}{4\pi\times10^{-7}\times3\times10^{-2}}}$

$\boldsymbol{N = 200}$ **لفة**

2. $I = 15A$

$E_L = \frac{1}{2}L\,I^2$

$= \frac{1}{2}\times5\times10^{-3}\times(15)^2$

$= \frac{1}{2}\times5\times10^{-3}\times225 = 562.5\times10^{-3}$J

3. $I_1 = 15A \quad , \quad I_2 = 0 \Longrightarrow B_2 = 0$

$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

$\Delta\Phi = N(\Delta B)S\ cosa$

$B_1 = 4\pi\times10^{-7}\ \frac{N}{\ell}\ I_1$

$= 4\pi\times10^{-7}\,\frac{200\times}{3\times10^{-1}}(15) = 12.5\times10^{-3}$

$B_1 = 125\times10^{-4}$T

$\Delta\Phi = 200(-125\times10^{-4})\times3\times10^{-2}\times1$

$\varepsilon = -\frac{200(-125\times10^{-4})\times3\times10^{-2}}{0.5}$

$\varepsilon = 15\times10^{-2}\ V$

$\vec{B}$ محرض , $\vec{B}$ متحرض على حامل واحد وبجهة واحدة لأن:

$\varepsilon > 0 \ \Longleftarrow\ \Delta\Phi < 0$

4. $i = 20 - 5t$

ذاتية $\varepsilon = -L\,\frac{di}{dt} = -L(i)'_t$

$= -5\times10^{-3}(20-5t)'_t$

$= 25\times10^{-3}\ V$

مسألة $\frac{18}{274}$ عامة:

وشيعة طولها $\frac{2\pi}{5}m$ وعدد لفاتها 200 لفة ومساحة مقطعها 20cm² حيث المقاومة الكلية لدارتها المغلقة 5Ω

1. نضع الوشيعة في منطقة يسودها حقل مغناطيسي ثابت المنحى وجهة خطوطه توازي محور الوشيعة نزيد شدة الحقل بانتظام خلال 0.5s من $0.04T$ إلى $0.06\ T$:

a. حدد على الرسم جهة كل من الحقلين المغناطيسيين المحرض والمتحرض في الوشيعة وعين جهة التيار المتحرض.

b . احسب القيمة الجبرية لشدة التيار الكهربائي المتحرض المار في الوشيعة.

c. احسب ذاتية الوشيعة.

2. نزيل الحقل المغناطيسي السابق ثم نمرر في الوشيعة تياراً كهربائياً شدته اللحظية $\bar{i} = 6 + 2t$

a. احسب القيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية التحريضية الذاتية في الوشيعة.

b. احسب مقدار التغير في التدفق المغناطيسي لحقل الوشيعة في اللحظتين: $t_1 = 0 \quad , \quad t_2 = 1S$

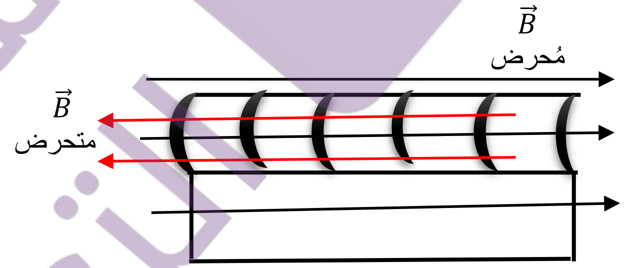
c. نمرر في سلك الوشيعة تياراً كهربائياً متواصلاً شدته $10\ A$ بدل التيار السابق. احسب الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة.

(يهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي)

الحل:

1.

a.



b. $i = -\frac{\Delta\Phi}{R.\Delta t}$

نحسب: $\Delta\Phi = NScos[B_2 - B_2]$

$= 200 \times 20 \times 10^{-4} \times 1[0.06 - 0.04]$

$= 8 \times 10^{-3} weber$

$i = -\frac{8\times10^{-3}}{5\times0.5} = -\frac{16}{5} \times 10^{-3}\ A$

c. $L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2}{\ell}\ S$

$= 4\pi \times 10^{-7} \frac{4\times10^4}{\frac{2\pi}{5}} \times 20 \times 10^{-4}$

$L = 80 \times 10^{-6}$

$L = 8 \times 10^{-5}\ H$

2. $i = 6 + 2t$

a. $\varepsilon = -L(i)'_t$

$= -8 \times 10^{-5}(2)$

$\varepsilon = -16 \times 10^{-5}\ V$

b. $t_1 = 0(s) \Longrightarrow i_1 = 6\ A$

$t_2 = 1(s) \Longrightarrow i_2 = 8\ A$

$\Delta\Phi = L\Delta i = L(i_2 - i_1)$

$= 8 \times 10^{-5}(8 - 6) = 16 \times 10^{-5} weber$

c. $E_L = \frac{1}{2}LI^2$

$E_L = \frac{1}{2} \times 8 \times 10^{-5} \times 100$

$E_L = 4 \times 10^{-3}$ J

مسألة $\frac{19}{275}$ عامة:

وشيعة طولها $\frac{2\pi}{5}m$ وعدد لفاتها 1000 لفة نصف قطر مقطعها $2cm$ ومقاومة دارتها الكهربائية المغلقة 5Ω مؤلفة من سلك نحاسي معزول قطر مقطعه $\frac{\pi}{500}m$

المطلوب:

1. احسب طول سلك الوشيعة واحسب عدد الطبقات.
2. احسب ذاتية الوشيعة.
3. نعلق الوشيعة من منتصفها بسلك شاقولي عديم الفتل ونجعل محورها أفقياً عمودياً على خطوط حقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته 10^{-2} T ونمرر فيها تياراً كهربائياً شدته 4 A المطلوب:

a. احسب قيمة عزم المزدوجة الكهرطيسية عندما تكون قد دارت بزاوية $60°$

b. احسب عمل المزدوجة المؤثرة في الوشيعة من لحظة مرور التيار حتى اللحظة التي تكون فيها قد دارت بزاوية $30°$

4. نقطع التيار السابق عن الوشيعة وهي في وضع التوازن المستقر ثم نديرها حول السلك الشاقولي خلال $0.5\ S$ ليصبح محورها عمودياً على خطوط الحقل المغناطيسي المطلوب:

a. احسب شدة التيار المتحرض المتولد في الوشيعة.

b. احسب كمية الكهرباء المتحرضة خلال الزمن السابق.

5. نعيد الوشيعة إلى وضع التوازن المستقر ثم ندخل بداخل نواة حديدية عامل نفاذيتها المغناطيسي 50 احسب شدة الحقل المغناطيسي داخل النواة الحديدية واحسب قيمة التدفق المغناطيسي داخل الوشيعة.

الحل: $\ell = \frac{2\pi}{5}m$, N=1000 لفة

$r = 2cm = 2 \times 10^{-2}m$, $R = 5\Omega$

قطر السلك $2r' = \frac{\pi}{500}m$

1. $N = \frac{\grave{\ell}}{2\pi r} \Longrightarrow \grave{\ell} = 2\pi \times 2 \times 10^{-2} \times 1000$

$$\grave{\ell} = 40\pi\ m$$

حساب عدد الطبقات:

$$\text{عدد الطبقات} = \frac{N}{\grave{N}}$$

$$\grave{N} = \frac{\ell}{2\grave{r}} = \frac{\frac{2\pi}{5}}{\frac{\pi}{500}} = 200 \text{ لفة}$$

$$\text{عدد الطبقات} = \frac{1000}{200} = 5 \text{ طبقات}$$

2. $L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2}{\ell} S$

$$= 4\pi \times 10^{-7} \frac{10^6 \times 4\pi \times 10^{-4}}{\frac{2\pi}{5}} = 125 \times 10^{-5} H$$

3. a) $B = 10^{-2}\ T \quad , \quad I = 4A$

$$\Gamma = NISB\ sin\alpha$$

$$= 1000 \times 4 \times 4\pi \times 10^{-4} \times 10^{-2} \times \frac{1}{2}$$

$$= 25 \times 10^{-3}\ m.N$$

b) $W = I.\Delta\Phi$

$$= I(\Phi_2 - \Phi_1)$$

$$= NISB[\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1]$$

$$= 1000 \times 4 \times 10^{-2} \times 4\pi \times 10^{-4}(\frac{1}{2} - 0)$$

$$W = 25 \times 10^{-3}\ \mathrm{J}$$

4. a) $i = -\frac{\Delta\Phi}{R\ .\ \Delta t}$

$$\Delta\Phi = \mathrm{N\ S\ B}\ [\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1]$$

$$i = -\frac{1000 \times 4\pi \times 10^{-4} \times 10^{-2}(0-1)}{5 \times 0.5}$$

$$i = 5 \times 10^{-3}\ A$$

b) $q = i\Delta t = 5 \times 10^{-3} \times 0.5$

$$q = 25 \times 10^{-4} C$$

5. حساب شدة الحقل المغناطيسي:

$$\mu = \frac{\grave{B}}{B} \Longrightarrow \grave{B} = \mu B$$

$$\grave{B} = 50 \times 10^{-2}$$

$$\grave{B} = 0.5\ \mathrm{T}$$

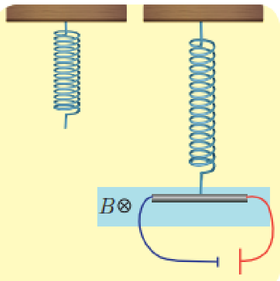
حساب قيمة التدفق المغناطيسي:

$$\Phi = N\ \grave{B}\ Scos\alpha$$

$$= 1000 \times 0.5 \times 4\pi \times 10^{-4} \times 1$$

$$\Phi = \frac{\pi}{5} webber$$

مسألة $\frac{20}{275}$ عامة:



ساق نحاسية طولها $80cm$ نحركها بسرعة أفقية ثابتة $\vec{v}$ عمودية على شعاع حقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته $0.5\ T$ فيكون فرق الكمون بين طرفي الساق $0.4V$

المطلوب:

1. استنتج العلاقة المحددة لسرعة الساق واحسب قيمتها.
2. نأخذ الساق النحاسية ونعلقها من منتصفها ضمن منطقة الحقل السابق بنابض مرن شاقولي مهمل الكتلة ثابت صلابته $100N\ .m^{-1}$ ونمرر فيها تياراً كهربائياً شدته $20\ A$ فتتوازن الساق بعد أن يستطيل النابض بمقدار $20cm$ عن طوله الأصلي:
   a. حدد على الرسم القوى الخارجية المؤثرة على الساق.
   b. استنتج بالرموز العلاقة المحددة لكتلة الساق واحسب قيمتها.

الحل:

1. تنتقل الساق بسرعة ثابتة v خلال فاصل زمني Δt مسافة Δx

$$\Delta x = v.\Delta t$$

$$\Delta S = L.\Delta x$$

$$\Delta S = L.v.\Delta t$$

- يتغير التدفق $\quad \Delta\Phi = \mathrm{B}.\Delta S$

$$= B.L.v.\Delta t$$

- تتولد قوة محركة كهربائية قيمتها المطلقة:

$$\varepsilon = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \frac{B.L.v.\Delta t}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = B.L.v$$

وبما أن الدارة مفتوحة $\Longleftarrow$

$$U = \varepsilon = B.L.v$$

$$v = \frac{U}{B.L} = \frac{0.4}{0.5 \times 8 \times 10^{-1}}$$

$$v = 1m.s^{-1}$$

2. الساق متوازنة:

$$\Sigma\vec{F} = \vec{0}$$

$$\vec{w} + \vec{F} + \vec{F_s} = \vec{0}$$

بالإسقاط على محور شاقولي موجه نحو الأسفل:

$$w + F - F_S = 0$$
$$mg + ILBsin\theta - Kx_0 = 0$$
$$mg = Kx_0 - ILBsin\theta$$
$$m = \frac{Kx_0 - ILBsin\theta}{g}$$
$$m = \frac{100 \times 0.2 - 20 \times 8 \times 10^{-1} \times 0.5 \times 1}{10}$$
$$= \frac{20 - 8}{10}$$
$$m = 1.2kg$$

مسألة $\frac{21}{276}$ علامة:

ملف دائري نصف قطره الوسطي $4cm$ مؤلف من 600 لفة متماثلة من سلك نحاسي معزول معلق من الأعلى بسلك شاقولي عديم الفتل ضمن حقل مغناطيسي منتظم أفقي خطوطه ناظمية على مستوى الملف شدته $0.04T$ نصل طرفي سلك الملف بمقياس غلفاني المطلوب:

1. ندير الملف بدءاً من وضع توازنه المستقر بزاوية $\frac{\pi}{2}rad$ خلال $0.2s$ احسب شدة التيار المتحرض في الملف حيث المقاومة الكلية للدارة 5Ω

2. نستبدل سلك التعليق السابق بمحور دوران شاقولي ثم ندير الملف بسرعة زاوية ثابتة تقابل $\frac{2}{\pi}Hz$ المطلوب:

a. استنتج بالرموز العلاقة المحددة للقيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتناوبة الجيبية ثم اكتب التابع الزمني لكل من هذه القوة والتيار المتحرض المتناوب الجيبي.

b. احسب طول سلك الملف.

الحل: $r = 4cm = 4 \times 10^{-2}m$

$N = 600$ لفة , $B = 0.04\,T$

1. خطوط الحقل ناظمية على مستوى الملف $\alpha_1 = 0$

$\Delta t = 0.2(s)$ $\alpha_1 = \frac{\pi}{2}$

حساب شدة التيار المتحرض $R = 5\Omega$

$$I = -\frac{\Delta\Phi}{R\,.\Delta t}$$
$$= -\frac{N\,S\,B[cos\alpha_2 - cos\alpha_1]}{R.\Delta t}$$
$$= -\frac{600 - 0.04 \times 16\pi \times 10^{-4}(-1)}{5 \times 0.2}$$
$$= 12 \times 10^{-2}A$$

2. بفرض أنه في لحظة ما أثناء الدوران كان الناظم على مستوي الإطار يصنع مع الحقل المغناطيس زاوية قدرها α فيكون

$$\Phi = NSBcos\alpha$$
$$\alpha = \omega t$$
$$\Phi = NSBcos(\omega t)$$

فتتولد قوة محركة $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -(\Phi)'_t$

$$\varepsilon = -NS\omega B\sin(\omega t)$$

تكون ε عظمى عندما: $\varepsilon = NSB\omega$

$$\Longrightarrow \boxed{\varepsilon = \varepsilon_{max}\sin(\omega t)}$$

نحدد قيم الثوابت: $\omega = 2\pi f = 4rads^{-1}$

$$\varepsilon_{max} = NSB\omega = 600 \times 16\pi \times 10^{-4} \times 0.04 \times 4$$
$$\varepsilon_{max} = 48 \times 10^{-2}V$$
$$\boxed{\varepsilon = 48 \times 10^{-2}\sin(4t)}$$
$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{48 \times 10^{-2}\sin(4t)}{5}$$
$$\boxed{i = 96 \times 10^{-3}sin(4t)}$$

حساب طول سلك الملف:

$$\grave{\ell} = 2\pi r.N = 2\pi \times 4 \times 10^{-2} \times 600$$
$$\grave{\ell} = 150m$$

اختبر نفسي:

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

1. وشيعة طولها $\ell = 10cm$ وطول سلكها $\grave{\ell} = 10m$ فقيمة ذاتيتها:

a. $10^{-4}H$ b. $10^{-5}H$

c. $10^{-3}H$ d. $10^{-7}H$

الحل:

$$L = 4\pi \times 10^{-7}\frac{N^2}{\ell}S = 4\pi \times 10^{-7}\frac{\frac{\grave{\ell}^2}{4\pi^2 r^2}}{\ell}S$$
$$L = 10^{-7}\frac{\grave{\ell}^2}{\ell} = 10^{-7}\frac{10^2}{10^{-1}} = 10^{-4}H$$

2. في تجربة السكتين التحريضية حيث الدارة مغلقة تكون القيمة المطلقة لشدة التيار المتحرض.

a. BLv b. $\frac{BLv}{R}$ c. 0 d. $-\frac{BLv}{R}$

الحل: $i = \frac{BLv}{R}$

ثانياً: ماذا تتوقع أن يحدث في كل من الحالات الآتية مُعللاً إجابتك:

1. في تجربة السكتين التحريضية حيث الدارة مغلقة نزيد سرعة تدحرج الساق على السكتين.

- تزداد شدة التيار المتحرض لأن:

$$i = \frac{BLv}{R}$$

2. تقريب القطب الشمالي لمغناطيسي من أحد وجهي وشيعة يتصل طرفاها ببعضهما بعضاً.

- يتولد تيار متحرض في الوشيعة بحيث يصبح وجه الوشيعة المقابل للقطب الشمالي وجهاً شمالياً:

التعليل: تقريب القطب الشمالي للمغناطيس يسبب تزايد التدفق المغناطيسي المُحرض الذي يجتاز حلقات الوشيعة فحسب قانون لنز يصبح ذلك الوجه شمالياً يتنافر مع القطب الشمالي ليمنع عملية التقريب.

3. تقريب القطب الشمالي لمغناطيسي من أحد وجهي حلقة نحاسية دارتها مفتوحة.

- يتولد قوة محركة كهربائية متحرضة مساوية لفرق الكمون بين طرفي الحلقة.

التعليل: تتأثر الالكترونات الحرة بقوة لورنز (المغناطيسية) فتنتقل وتتراكم شحنات سالبة عند طرف الحلقة وشحنات موجبة عند الطرف الآخر للحاقة فينشأ فرق في الكمون بين طرفي الحلقة.

ثالثاً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. ملفان متقابلان الأول موصول إلى بيل كهربائي والثاني إلى مصباح هل يضيء المصباح إذا كان الملفان ساكنين؟ في حال النفي ماذا نفعل ليضيء المصباح؟ ولماذا؟

الحل: لا يضيء المصباح

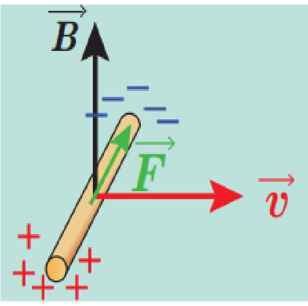
لأن الملفان ساكنين ولأن التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي الناجم عن الملف الأول لا يتغير خلال الملف الثاني .

- ليضيء المصباح يجب أن يتغير التدفق المغناطيسي الناجم عن الملف الأول ويمكن تحقيق ذلك:

- فتح وإغلاق القاطعة باستمرار في دارة الملف الأول.
- تحريك أحد الملفين نحو الآخر.
- استبدال البيل الكهربائي بمنع تيار متناوب.

2. في تجربة الساق المتحركة بوجود الحقل المغناطيسي المنتظم في دارة مفتوحة تتراكم الشحنات الموجبة في طرف والشحنات السالبة في طرف آخر ويستمر التراكم إلى أن يصل إلى قمة حدية يتوقف عندها فسر ذلك.

الحل:

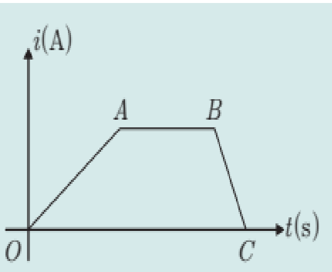


تفسير الوصول إلى قيمة حدية لتراكم الشحنات:

إن تراكم الشحنات الكهربائية على طرفي الساق يولد حقلاً كهربائياً $\vec{E}$ يتجه من الطرف الذي يحمل شحنات موجبة إلى الطرف الذي يحمل شحنات سالبة.

ويؤثر هذا الحقل الكهربائي في الإلكترون الحر بقوة كهربائية $\vec{F}$ تعاكس جهة $\vec{F}$ لورنز المؤثرة في الإلكترون، تزداد شدة الحقل بازدياد تراكم الشحنات الكهربائية مما يزيد من شدة القوة الكهربائية لتصبح مساوية F لورنز فتتوقف حركة الالكترونات.

3. يبين الخط البياني المرسوم جانباً تغيرات تيار المولد المار في الوشيعة في حادثة التحريض الذاتي.



a. ماذا يمثل كل من المراحل (BC,AB,OA).

b. أيهما الأكبر القوة المحركة الكهربائية المتحرضة عند إغلاق الدارة أم عند فتحها.

c. في أي المراحل تزداد الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة؟ وفي أي المراحل تكون ثابتة؟ وفي أي المراحل تتناقص الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة.

الحل:

المرحلة OA: تزايد شدة التيار الكهربائي المار في الوشيعة فيتوهج المصباح نسبياً ثم يعود لإضاءته الخافتة

AB: ثبات شدة التيار الكهربائي المار في الوشيعة فتثبت شدة إضاءة المصباح.

المرحلة BC: تناقص شدة التيار الكهربائي المار في الوشيعة فيتوهج المصباح بشدة ثم ينطفئ.

عند إغلاق الدارة $\varepsilon > \varepsilon$ عند فتح الدارة

لأن: $\varepsilon = -L\frac{di}{dt}$

زمن تزايد شدة التيار عند إغلاق القاطعة	>	زمن تناقص شدة التيار عند فتح القاطعة

- الطاقة الكهرطيسية:
تزداد الطاقة الكهرطيسية في المرحلة OA.
تبقى الطاقة الكهرطيسية في المرحلة AB ثابتة
تنقص الطاقة الكهرطيسية في المرحلة AB وتتحول إلى طاقة كهربائية.

4. وشيعة يمر فيها تيار كهربائي متغير شدته i:

a. اكتب عبارة شدة الحقل المغناطيسي المتولد داخلها نتيجة مرور التيار.

b. اكتب عبارة التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي.

c. استنتج العلاقة المحددة للقيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآتية الذاتية المتحرضة فيها موضحاً متى تنعدم قيمة هذه القوة.

الحل:

a. عبارة شدة الحقل المغناطيسي: $B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{\ell} i$

b: عبارة التدفق المغناطيسي: $\Phi = NBScos\alpha$

c: $\alpha = 0 \Rightarrow \cos\alpha = 1 \Rightarrow \Phi = NBS$

$$\Phi = N\left[4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{\ell} i\right] S$$

$$\Phi = \left(4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2}{\ell} S\right) i$$

$$\Phi = L\, i$$

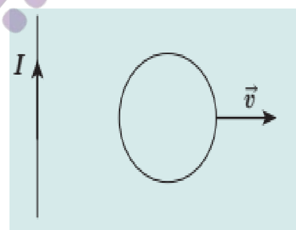
$$\varepsilon = -\frac{d\,\Phi}{d\,t} = -(Li)'_t = -L(i)'_t$$

تنعدم قيمة هذه القوة عند ثبات شدة التيار

$$i = const \Rightarrow (i)'_t = 0 \Rightarrow \varepsilon = 0$$

5. في الشكل المجاور ملف دائري نحركه بسرعة ثابتة $\vec{v}$ عمودية على السلك المستقيم.

المطلوب:

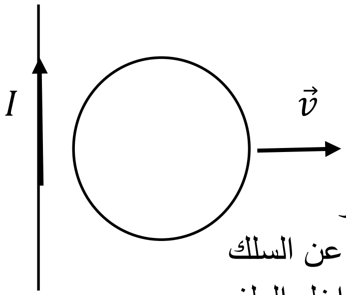


a. حدد على الرسم جهة الحقل المغناطيسي المتولد عن مرور التيار الكهربائي في السلك المستقيم عند مرور الملف الدائري.

b. حدد على الرسم جهة الحقل المغناطيسي المتحرض المتولد في الملف وجهة التيار الكهربائي المتحرض.

c. صف ما يحدث إذا أوقفنا الملف عن الحركة معللاً إجابتك؟

الحل:



$\otimes\vec{B}$ حقل ناتج عن تيار السلك.

- أثناء تحريك الملف تتناقص شدة الحقل في مركز الملف بسبب ابتعاد المركز عن السلك فينقص التدفق المغناطيسي داخل الملف

$\vec{B}$ متحرض بجهة $\vec{B}$ محرض $\Longrightarrow$ $\Delta\Phi < 0$

إذا أوقفنا الملف الدائري عن الحركة تثبت شدة الحقل المغناطيسي المحرض وبالتالي يصبح $\Delta\Phi = 0$

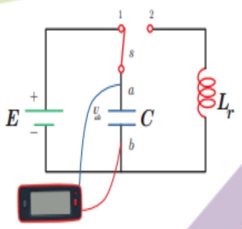
$$\Longrightarrow \varepsilon = 0$$

$$\Longrightarrow i = 0$$

انتهى البحث الثالث

الدارة المهتزة والتيارات عالية التواتر:

دارة الاهتزاز الكهربائي:



تحوي:

مولد قوته المحركة E مكثفة

سعتها C وشيعة ذاتيتها L مقاومتها r

صغيرة وقاطعة دوارة S نصل

لبوسي المكثفة براسم اهتزاز مهبطي.

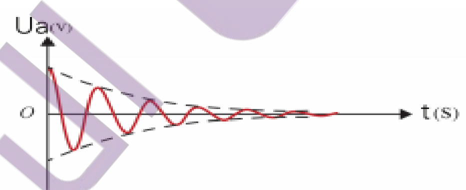
1. ماذا يحدث للمكثفة عندما نصل القاطعة إلى الوضع ①

تشحن المكثفة فتختزن طاقة كهربائية.

2. ماذا يحدث للمكثفة عندما نصل القاطعة إلى الوضع ②؟

تتفرغ شحنة المكثفة عبر الوشيعة.

3. نصل مع الوشيعة وعلى التسلسل مقاومة متغيرة ونزيد تدريجياً قيمة المقاومة، ماذا نلاحظ على شاشة الراسم:



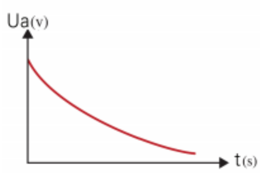
- يظهر على شاشة راسم الاهتزاز المنحني البياني للتوتر بين طرفي المكثفة بدلالة الزمن في أثناء تفريغ شحنتها على شكل تفريغ دوري متناوب متخامد تتناقص فيه سعة الاهتزاز حتى تبلغ الصفر لذلك نقول أن الاهتزازات الحاصلة هي اهتزازات حرة متخامدة. لأنها **لا تتلقى طاقة من المولد.**

الدارة التي تحوي مكثفة ووشيعة ذات مقاومة صغيرة تدعى الدارة المهتزة الحرة المتخامدة.

دور الاهتزاز T_0 ثابتاً (يدعى شبه الدور لأن سعة الاهتزاز متناقصة).

- إذا كانت مقاومة الوشيعة كبيرة بشكل كاف.

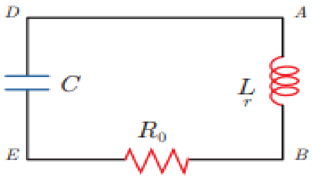
- التخامد شديد.
- التفريغ لا دوري باتجاه واحد.
- تزول الاهتزازات.



- تتبدد طاقة المكثفة دفعة واحدة في اثناء تفريغ شحنتها عبر الوشيعة.

- إذا عوضنا عن الطاقات الضائعة أو أهملنا المقاومات يصبح **التفريغ جيبياً، سعة الاهتزاز فيه ثابتة، دوره الخاص T_0 وهذه الحالة مثالية.**

الدراسة التحليلية للدارة (R,L,C):



نشكل دارة كهربائية تحتوي على التسلسل وشيعة (L,r) ومكثفة مشحونة سعتها (C) ومقاومتها R_0

نختار اتجاه موجب للتيار الكهربائي فيكون:

$$\bar{U}_{AB} + \bar{U}_{BE} + \bar{U}_{ED} + \bar{U}_{DA} = 0 \qquad *$$

ولكن:

$U_{DA} = 0$ لإهمال مقاومة اسلاك التوصيل.

- التوتر بين لبوسي المكثفة: $U_{ED} = \frac{q}{C}$

-التوتر بين طرفي المقاومة: $U_{BE} = R_0 i$

- التوتر بين طرفي الوشيعة: $U_{AB} = L(i)'_t + ri$

نعوض في *:

$$L(i)'_t + ri + R_0 i + \frac{q}{C} = 0$$

$$R = R_0 + r \quad , \quad i = (q)'_t$$

$$L(q)''_t + R(q)'_t + \frac{q}{C} = 0$$

معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية تصف اهتزاز الشحنة الكهربائية في دارة تحوي (R, L, C)

كيف تصبح المعادلة التفاضلية إذا كانت الدارة لا تحوي مقاومة $R = 0$:

$$L(q)''_t + \frac{q}{C} = 0$$

$$L(q)''_t = -\frac{1}{C} q$$

$$\Rightarrow (q)''_t = -\frac{1}{LC} \cdot q$$

معادلة تفاضلية مرتبة ثانية تقبل حل جيبي من الشكل :

$$\bar{q} = q_{max} \cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

حيث: q_{max} **الشحنة العظمى للمكثفة**

ω_0 : **النبض الخاص**

φ : **الطور الابتدائي في اللحظة t= 0**

$(\omega_0 t + \varphi)$: **طور الحركة في اللحظة (t)**

q: الشحنة في اللحظة (t)

للتأكد من صحة الحل نشتق مرتين

$$(q)'_t = -\omega_0 q_{max}\sin(\omega_0 t + \varphi)$$

$$(q)''_t = -\omega_0^2\, q_{max} \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

$$(q)''_t = -\omega_0^2 \,.\, q \;\ldots\ldots\; ②$$

بالموازنة بين ① و ② نجد:

$$\omega_0^2 = \frac{1}{L\,C} \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L\,C}}$$

لكن: $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$

$$\Rightarrow \boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{L.C}}$$

وهي عبارة الدور الخاص تدعى **علاقة تومسون**

T_0 : الدور الخاص (S)

L: ذاتية الوشيعة واحدتها هنري H

C: سعة المكثفة واحدتها فاراد F

اختبر نفسي :

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة:

1. تتألف دارة مهتزة من مكثفة سعتها C ووشيعة ذاتيتها L دورها الخاص T_0 استبدلنا المكثفة C بمكثفة أخرى سعتها $\grave{C} = 2C$ يصبح دورها الخاص $\grave{T}_0$ فتكون العلاقة بين الدورين :

a. $\grave{T}_0 = \sqrt{2}\, T_0$ b: $T_0 = \sqrt{2}\grave{T}_0$

c: $T_0 = 2\grave{T}_0$ d: $\grave{T}_0 = 2T_0$

الحل: T_0 , L , C

$\grave{T}_0$, L , $\grave{C} = 2C$

$$\left.\begin{matrix} T_0 = 2\pi\sqrt{L.C} \\ \grave{T}_0 = 2\pi\sqrt{L.\grave{C}} \end{matrix}\right\} \Rightarrow \frac{T_0}{\grave{T}_0} = \sqrt{\frac{C}{\grave{C}}}$$

$$\frac{T_0}{\grave{T}_0} = \sqrt{\frac{C}{2C}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\boxed{\grave{T}_0 = \sqrt{2}\,T_0}$$

2. تتألف دارة مهتزة من مكثفة سعتها C وذاتية L وتواترها الخاص f_0 نستبدل الذاتية بذاتية أخرى بحيث $\grave{L} = 2L$ والمكثفة بمكثفة أخرى سعتها $\grave{C} = \frac{C}{2}$ فيصبح تواترها الخاص:

a. $\grave{f}_0 = f_0$ b: $\grave{f}_0 = 2f_0$

c: $\grave{f}_0 = \frac{1}{2} f_0$ d: $\grave{f}_0 = \frac{1}{4} f_0$

الحل: f_0 , C , L

$\grave{L} = 2L$, $\grave{C} = \frac{C}{2}$, $\grave{f}_0$

$$\grave{f}_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{\grave{L}\grave{C}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{2L.\frac{C}{2}}}$$

$$\grave{f}_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = f_0$$

عبارة شدة التيار الكهربائي في الدارة المهتزة:

تتألف دارة اهتزاز كهربائي من مكثفة مشحونة ووشيعة مهملة المقاومة نغلق الدارة .

إن تابع الشحنة بالشكل العام:

$$q = q_{max}\cos(\omega_0 t + \varphi)$$

باعتبار مبدأ الزمن لحظة إغلاق الدارة:

$$\left.\begin{matrix} t = 0 \\ q = q_{max} \end{matrix}\right\} \Rightarrow q_{max} = q_{max}\cos(\varphi)$$

$$\cos\varphi = 1 \Rightarrow \varphi = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{\bar{q} = q_{max}\cos(\omega_0 t)}$$

وهو تابع الشحنة بالشكل المختزل.

- تابع شدة التيار:

$$i = (q)'_t = (q_{max}\cos(\omega_0 t))'_t$$

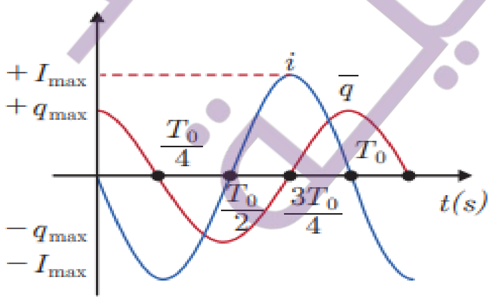
$$i = -\omega_0\, q_{max}\sin(\omega_0 t)$$

$$i = \omega_0\, q_{max}\cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})$$

$$\boxed{i = I_{max}\cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})}$$

بالموازنة بين تابع الشدة وتابع الشحنة:

الشدة على ترابع متقدم بالطور على تابع الشحنة:



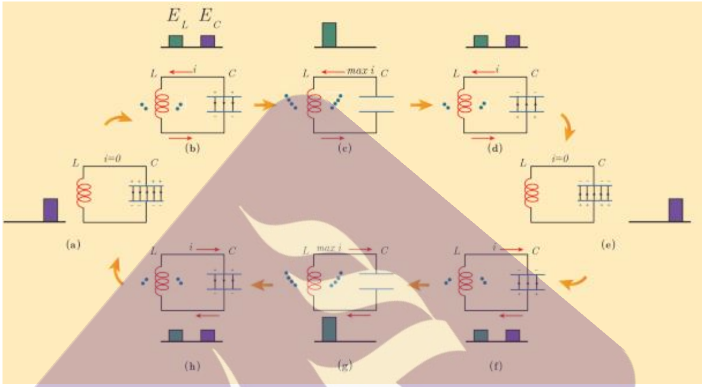
- أو: الشدة متقدمة على الشحنة بمقدار $\frac{\pi}{2}$

أ) عندما تكون شحنة المكثفة عظمى تنعدم شدة التيار في الوشيعة.

ب) عندما تكون الشدة عظمى في الوشيعة تنعدم شحنة المكثفة.

الطاقة في الدارة الكهربائية المهتزة:

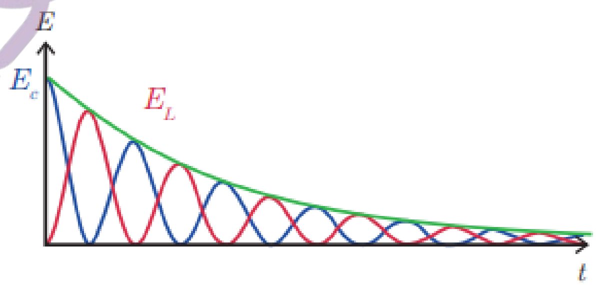
تبادل الطاقة بين المكثفة والوشيعة:



تبدأ المكثفة بتفريغ شحنتها في الوشيعة فيزداد تيار الوشيعة ببطء حتى يصل إلى قيمة عظمى نهاية ربع الدور الأول من التفريغ عندما تفقد المكثفة كامل شحنتها فتختزن الوشيعة طاقة كهرطيسية عظمى $E_L = \frac{1}{2} L\, I_{max}^2$

- ثم يقوم تيار الوشيعة بشحن المكثفة حتى يصبح تيارها معدوماً وتصبح شحنة المكثفة عظمى فتختزن المكثفة طاقة كهربائية عظمى $E_C = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C}$ وهذا يتحقق في نهاية نصف الدور الأول.

في نصف الثاني: تتكرر عمليتا الشحن والتفريغ في الاتجاه المعاكس نظراً لتغيير شحنة اللبوسين.



إذا كانت مقاومة الوشيعة صغيرة:

الطاقة تتبدد تدريجياً على شكل طاقة حرارية بفعل جول مما يؤدي على تخامد الإهتزاز.

مقاومة الوشيعة كبيرة:

الطاقة التي تعطيها المكثفة إلى الوشيعة والمقاومة تتحول إلى حرارة بفعل جول في المقاومة.

ونسمي عندئذ التفريغ لا دوري حيث تتبدد طاقة المكثفة دفعة واحدة.

الطاقة الكلية في الدارة المهتزة (L ,C):

$$E = E_C + E_L$$

طاقة كهرطيسية مختزنة في الوشيعة — طاقة كهربائية مختزنة في المكثفة

لكن :

$$E_C = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$$

$$q = q_{max}\cos(\omega_0 t)$$

$$E_C = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C}\cos^2(\omega_0 t) \qquad ①$$

$$E_L = \frac{1}{2} L\, i^2$$

$$i = -\omega_0\, q_{max}\sin(\omega_0 t)$$

$$E_L = \frac{1}{2} L\omega_0^2\, q_{max}^2 \sin^2(\omega_0 t)$$

ولكن: $\omega_0^2 = \frac{1}{L\,C}$

$$\Rightarrow E_L = \frac{1}{2} L \frac{1}{L\,C}\, q_{max}^2 \sin^2(\omega_0 t)$$

$$E_L = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C}\sin^2(\omega_0 t) \qquad ②$$

نعوض في *

$$E = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C}\left[\cos^2(\omega_0 t) + \sin^2(\omega_0 t)\right]$$

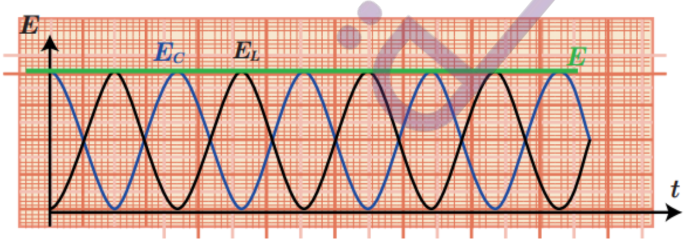
$$E = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C} = const$$

وبالطريقة نفسها نصل إلى $E = \frac{1}{2} L\, I_{max}^2$

أي أن: الطاقة الكلية لدارة تحوي مكثفة وذاتية صرفة (ليس لها مقاومة) ثابتة وتساوي الطاقة العظمى للمكثفة المشحونة أو تساوي الطاقة العظمى للوشيعة.

أي تتحول الطاقة من كهربائية إلى كهرطيسية في الوشيعة وبالعكس. ولكن يبقى المجموع ثابت.

الطاقة الكلية مقدار ثابت في كل لحظة تمثل بخط مستقيم يوازي محور الزمن



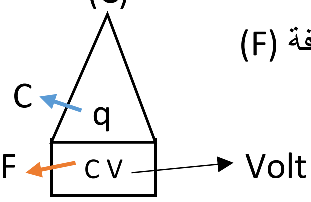
ملاحظات مسائل:

$q = C.V$

شحنة المكثفة (C)

سعة المكثفة (F)

فرق الكمون (V) (توتر كهربائي)



- الطاقة الكهربائية المختزنة العظمى: $E_C = \frac{1}{2} C V_{max}^2$
- دور الاهتزاز: $T_0 = 2\pi\sqrt{L.C}$
- تواتر الاهتزاز: $f_0 = \frac{1}{T_0}$
- لحساب شدة التيار الأعظمي I_{max} المار في الدارة:

$$I_{max} = \omega_0\, q_{max}$$
$$= 2\pi\, f_0\, q_{max}$$

- حساب طول الموجة للاهتزاز:

$$\lambda = v\, T_0$$

سرعة انتشار الاهتزاز

$$v = c = 3 \times 10^8 m.s^{-1}$$

- لحساب ذاتية وشيعة:

أما: $L = 4\pi \times 10^{-7}\, \frac{N^2}{\ell}\, S$

$S = \pi r^2$, طول السلك $N = \frac{\grave{\ell}}{2\pi r}$

$$L = 4\pi \times 10^{-7}\, \frac{\grave{\ell}^2}{4\pi^2 r^2 \ell}\, .\pi r^2$$

أو: $L = 10^{-7}\, \frac{\grave{\ell}^2}{\ell}$

مسألة محلولة:

نشحن مكثفة سعتها $C = 1\mu F$ تحت توتر كهربائي $U_{ab} = 100V$ ثم نصلها في اللحظة t=0 بين طرفي وشيعة ذاتيتها $L = 10^{-3}H$ ومقاومتها مهملة المطلوب حساب:

1. الشحنة الكهربائية للمكثفة و الطاقة الكهربائية المختزنة فيها عند اللحظة t=0
2. تواتر الاهتزازات الكهربائية المارة فيها
3. شدة التيار الأعظمي I_{max} المار في الدارة.

الحل:

1. حساب الشحنة الكهربائية العظمى:

$$q_{max} = C U_{max}$$
$$q_{max} = 1 \times 10^{-6} \times 100$$
$$q_{max} = 1 \times 10^{-4}\, C$$

2. حساب الطاقة الكهربائية المختزنة:

$$E = \frac{1}{2} C U_{max}^2$$
$$E = \frac{1}{2} \times 1 \times 10^{-6} \times (100)^2$$
$$E = 5 \times 10^{-3} \mathrm{J}$$

3. حساب f_0:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$$
$$T_0 = 2\pi\sqrt{10^{-3} \times 1 \times 10^{-6}}$$
$$T_0 = 2 \times 10^{-4}$$
$$f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2 \times 10^{-4}} = 5000Hz$$

4. حساب شدة التيار الأعظمي من التابع الزمني للشدة اللحظية:

$$\bar{\imath} = \omega_0 q_{max} \cos\left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}\right)$$
$$I_{max} = \omega_0 q_{max}$$
$$I_{max} = 2\pi f_0 q_{max}$$
$$I_{max} = 2\pi \times 5000 \times 10^{-4}$$
$$I_{max} = \pi A$$

مسألة 1
136

تتألف دارة مهتزة من:

1. **مكثفة إذا طبق بين لبوسيها فرق كمون 50V شحن كل من لبوسيها 0.5μC .**
2. **وشيعة طولها 10cm وطول سلكها 16m بطبقة واحدة مقاومتها مهملة.**

المطلوب:

1. **احسب تواتر الاهتزازات الكهربائية المار فيها.**
2. **احسب شدة التيار الأعظمي المار في الدارة.**

الحل:

وشيعة	مكثفة
$\ell = 10cm$	$q = 0.5\mu C$ ، $U = 50V$
$\grave{\ell} = 16m$	

1. حساب تواتر الاهتزازات الكهربائية المار فيها

$$f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$$
$$C = \frac{q}{U} = \frac{5\times10^{-7}}{50} = 10^{-8}F$$
$$L = 10^{-7}\,\frac{\grave{\ell}^2}{\ell} = 10^{-7}\,\frac{256}{10^{-1}}$$

$$L = 256 \times 10^{-6} H$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{256 \times 10^{-6} \times 10^{-8}}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{256 \times 10^{-14}}} = \frac{1}{2\pi \times 16 \times 10^{-7}}$$

$$f_0 = \frac{1}{32\pi \times 10^{-7}} = \frac{10^{+7}}{100} = 10^{+5} Hz$$

حيث: $32\pi = 100$

2. حساب شدة التيار الأعظمي المار في الدارة:

$$i = -\omega_0 q_{max} \sin(\omega_0 t)$$

$$i = \omega_0 q_{max} \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})$$

$$I_{max} = \omega_0 q_{max}$$

$$I_{max} = 2\pi f_0 q_{max}$$

$$= 2\pi \times 10^{+5} \times 0.5 \times 10^{-6}$$

$$I_{max} = 0.1\,\pi \ A$$

مسألة $\frac{2}{136}$:

نريد أن نحقق دارة مهتزة مفتوحة طول موجة الاهتزاز الذي تشعه $200m$ فتؤلفها من ذاتية قيمتها $0.1\mu H$ ومن مكثفة متغيرة السعة المطلوب:

احسب سعة المكثفة اللازمة لذلك علماً أن سرعة انتشار الاهتزاز $c = 3 \times 10^8 m.s^{-1}$

$\lambda = 200m$ L=0.1μH

حساب سعة المكثفة اللازمة لذلك علماً أن سرعة انتشار الاهتزاز $C = 3 \times 10^8 m.s^{-1}$

الحل: $L = 0.1\mu H = 0.1 \times 10^{-6} H$

$$L = 10^{-7} H$$

$$\lambda = cT_0 \Rightarrow T_0 = \frac{200}{3 \times 10^8}$$

$$T_0 = \frac{2}{3} \times 10^{-6} (s)$$

لكن: $T_0 = 2\pi\sqrt{L.C}$

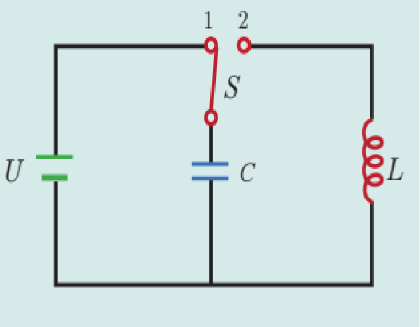
$$\frac{2}{3} = \times 10^{-6} = 2\pi\sqrt{10^{-7} C}$$

$$\frac{4}{9} \times 10^{-12} = 4\pi^2 \times 10^{-7} C$$

$$C = \frac{1}{9} \times 10^{-6} F$$

مسألة $\frac{3}{136}$:

تكون دارة كما في الشكل المجاور والمؤلفة من:



a. مكثفة سعتها $C = 2 \times 10^{-5} F$

b. وشيعة مقاومتها r وذاتيتها L

c. مولد توتراً ثابتاً قيمته $U_{max} = 6V$

d. قاطعة.

1. نغلق القاطعة في الوضع (1) لنشحن المكثفة. احسب الشحنة المختزنة في المكثفة عند نهاية الشحن.

2. نغلق القاطعة في الوضع (2) فسر ما يحدث في الدارة.

الحل: $C = 2 \times 10^{-5} F$

وشيعة مقاومتها r وذاتيتها L

مولد $U_{max} = 6V$

1. عند نهاية الشحنة تكون الشحنة عظمى:

$$q_{max} = CU_{max}$$

$$= 2 \times 10^{-5} \times 6 = 12 \times 10^{-5} C$$

2. عند إغلاق القاطعة في الوضع ② تتفرغ شحنة المكثفة عبر الوشيعة التي مقاومتها r على شكل تفريغ شبه دوري متناوب متخامد تتناقص فيه سعة الاهتزاز حتى تنعدم بسبب تبدد الطاقة تدريجياً على شكل طاقة حرارية بفعل جول مما يسبب تخامد الاهتزاز

مسألة $\frac{4}{137}$:

مكثفة سعتها $C = 10^{-12} F$ تشحن بوساطة مولد تيار متواصل فرق الكمون بين طرفيه $U_{max} = 10^{+3} V$ ومقاومته مهملة.

المطلوب:

1. احسب شحنة المكثفة والطاقة المختزنة فيها.

2. بعد شحن المكثفة توصل ذاتيتها $L = 16mH$ مقاومتها الأومية مهملة. المطلوب:

a. صف ما يحدث.

b. احسب تواتر الاهتزازات الكهربائية.

c. اكتب التابع الزمني لكل من الشحنة وشدة التيار بدءاً من الشكل العام معتبراً مبدأ الزمن لحظة وصل المكثفة المشحونة بالوشيعة.

الحل: $C = 10^{-12}F$

المقاومة مهملة $U = 10^{+3}V$

1. حساب شحنة المكثفة والطاقة المختزنة فيها:

$$q_{max} = CU_{max} = 10^{-12} \times 10^{+3} = 10^{-9}\ C$$

$$E = \frac{1}{2} q_{max}\, U = \frac{1}{2} \times 10^{-9} \times 10^{3}$$

$$= \frac{1}{2} \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-7} J$$

2. L=16mH مقاومتها الأومية سهلة تتفرغ المكثفة عبر الوشيعة ويكون التفريغ دوري متناوي جيبي سعة الاهتزاز ثابتة لعدم وجود ضياع في الطاقة.

$$f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{16 \times 10^{-3} \times 10^{-12}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{16 \times 10^{-15}}}$$

$$= \frac{1}{2\sqrt{16 \times 10^{-14}}} = \frac{1}{2 \times 4 \times 10^{-7}} = \frac{1}{8} \times 10^{7}$$

$$= 12.5 \times 10^{5} Hz$$

3.
$$q = q_{max} \cos(\omega_0 t)$$

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = 2\pi \times 12.5 \times 10^{5}$$

$$= 25\pi \times 10^{5} rads^{-1}$$

$$q = 10^{-9} \cos(25\pi \times 10^{5} t)$$

تابع الشدة:

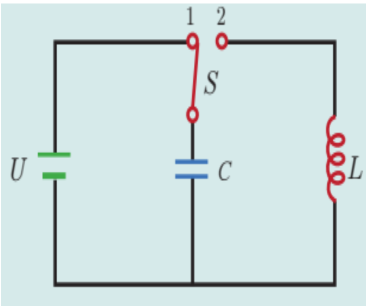
$$i = I_{max} \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})$$

$$I_{max} = \omega_0 q_{max} = 25\pi \times 10^{5} \times 10^{-9} = 25\pi \times 10^{-4} A$$

$$i = 25\pi \times 10^{-4} cos(25\pi \times 10^{5} t + \frac{\pi}{2})$$

$$i = \frac{\pi}{4} \times 10^{-2} cos(25\pi \times 10^{5} t + \frac{\pi}{2})$$

مسألة 5 :137



1. نركب الدارة الموضحة بالشكل حيث

$$\boldsymbol{L = 10^{-3}H}$$

$$\boldsymbol{C = 10^{-12}F}$$

$$\boldsymbol{U_{max} = 10^{3}V}$$

نصل القاطعة إلى الوضع (1) احسب القيمة العظمى لشحنة المكثفة.

2. نحول القاطعة إلى الوضع (2)احسب تواتر التيار المهتز المار من الوشيعة ونبضه واكتب التابع الزمني للشدة اللحظية معتبراً مبدأ الزمن لحظة وصل القاطعة إلى النقطة (2).

الحل:

$$L = 10^{-3}H$$

$$C = 10^{-12}F$$

1.
$$q_{max} = CU_{max}$$

$$= 10^{-12} \times 10^{3}$$

$$= 10^{-9}\ C$$

2.
$$f_0 = \frac{1}{T_0}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$= 2\pi\sqrt{10^{-3} \times 10^{-12}} = 2\pi\sqrt{10^{-15}}$$

$$= 2\sqrt{\pi^2 \times 10^{-15}}$$

$$= 2 \times 10^{-7}(s)$$

$$f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{10^{+7}}{2} = 5 \times 10^{6} Hz$$

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = 2\pi \times 5 \times 10^{6} = \pi \times 10^{7} rads^{-1}$$

$$I_{max} = q_{max}\omega_0 = \frac{\pi}{100} A$$

$$i = \omega_0 q_{max} \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})$$

$$\boldsymbol{i = \frac{\pi}{100} \cos(\pi \times 10^{7} t + \frac{\pi}{2})}$$

التيارات عالية التواتر:

تتألف دارة اهتزاز كهربائي من مكثفة سعتها صغيرة من رتبة $10^{-8}F$ موصولة على التسلسل مع وشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها صغيرة من رتبة $10^{-4}H$ احسب دور التفريغ وتوتراه، ماذا نسمي التيار الموافق لهذا التواتر.

الحل:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{L.C} = 2\pi\sqrt{10^{-8} \times 10^{-4}}$$

$$T_0 = 2\pi \times 10^{-6}(S)$$

$$f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2\pi \times 10^{-6}} = \frac{1}{2\pi} \times 10^{6} Hz$$

نحصل على تيار عالي التواتر

خصائص التيارات عالية التواتر:

① **تبدي الوشيعة ممانعة كبيرة للتيارات عالية التواتر:**

تدعى ممانعة الوشيعة $Z = \sqrt{r^2 + L^2\omega^2}$

إذا كانت r مهملة $\Leftarrow$

تؤول الممانعة إلى ردية الوشيعة

$$X_L = 2\pi f L$$

f عالي $\Leftarrow$ X_L كبيرة جداً

الممانعة تتناسب طرداً مع تواتر التيار لذلك الوشيعة لا تمرر تيار عالي التواتر فيمر فيها تيار شدته المنتجة ضعيفة جداً.

② **تبدي المكثفة ممانعة صغيرة للتيارات عالية التواتر:**

$$X_C = \frac{1}{\omega\, C} = \frac{1}{2\pi\, f\, C}$$

f عالي $\Leftarrow$ X_C صغيرة جداً

لذلك تمرر المكثفة تيار عالي بسهولة فيمر تيار شدته المنتجة كبيرة.

	تيار عالي التواتر	تيار منخفض التواتر
وشيعة	X_L كبيرة لا يمر تيار	X_L صغيرة فيمر تيار
مكثفة	X_C صغيرة يمر بسهولة	X_C كبيرة (لا يمر تيار)

اختبر نفسي:

ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. تتألف دارة من مقاومة أومية ومكثفة فهل يمكن اعتبارها دارة مهتزة؟ ولماذا؟

الجواب: لا يمكن اعتبارها دارة مهتزة بسبب وجود المقاومة الأومية التي تصرف الطاقة بشكل حراري (بفعل جول) والدارة المهتزة تحوي مكثفة ووشيعة مقاومتها صغيرة.

2. متى يكون تفريغ المكثفة في وشيعة لا دورياً؟ ولماذا؟

الجواب: عندما تكون مقاومة الوشيعة كبيرة لأنها تصرف الطاقة بشكل حراري حيث تتبدد الطاقة دفعة واحدة.

3. استنتج أن طاقة دارة (L, C) مقدار ثابت في كل لحظة مع رسم الخطوط البيانية؟

الجواب: موجود في الدرس

4. كيف يتم تبادل الطاقة بين المكثفة والوشيعة في دارة مهتزة خلال دور واحد؟

الجواب: موجود داخل الدرس.

5. لماذا تنقص الطاقة الكلية في دارة مهتزة تحوي (مقاومة ذاتية، مكثفة) في أثناء الفريغ؟

الجواب: لأن المقاومة تصرف الطاقة بشكل حراري حيث تتناقص سعة الاهتزاز تدريجياً حتى تبلغ الصفر.

6. اكتب التابع الزمني للشحنة اللحظية معتبراً مبدأ الزمن عندما تكون $\varphi = 0$ ، ثم استنتج عبارة الشدة اللحظية ووازن بينهما من حيث الطور.

الجواب: موجود في داخل الدرس.

ثالثاً: أعط تفسيراً علمياً:

- **تستخدم دارة تحوي على التفرع مكثفة ووشيعة لفصل التيارات عالية التواتر عن منخفضة التواتر. علل ذلك.**

الجواب: لأن المكثفة تمرر التيار عالي التواتر بسهولة أما الوشيعة فتمرر تيار منخفض التواتر ولا تمرر التيار العالي.

انتهى البحث الرابع

التيار المتناوب الجيبي:

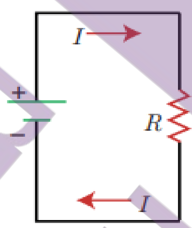
الفرق بين التيار المستمر (المتواصل) والتيار المتناوب:

التيار التواصل: تيار ثابت الشدة والجهة مع مرور الزمن.

التيار المتناوب الجيبي: تيار تتغير فيه الشدة والتوتر جيبياً مع الزمن بشكل دوري.

التفسير الالكتروني لنشوء التيار المتواصل:

ينشأ التيار المتواصل من حركة الالكترونات الحرة بحيث تكون الحركة الاجمالية وفق اتجاه واحد من الكمون المنخفض إلى الكمون المرتفع بسبب وجود حقل كهربائي ثابت ناتج عن التوتر المطبق الثابت.



التفسير الالكتروني لنشوء تيار متناوب:

- ينشأ التيار المتناوب من **الحركة** الاهتزازية للإلكترونات الحرة حول مواضع وسطية.

أ) بسعة صغيرة من رتبة ميكرومتر.

ب) تواتر الحركة مساوٍ تواتر التيار.

ج) تنتج الحركة الاهتزازية للإلكترونات عن الحقل الكهربائي المتغير بالقيمة والاتجاه والذي ينتشر بسرعة الضوء بجوار الناقل بسبب التغير في قيمة وإشارة التوتر (فرق الكمون) بين قطبي المنبع الكهربائي

- من أجل تيار المدينة $f = 50Hz$

$$C = 3 \times 10^8 m.s^{-1} \Rightarrow \lambda = \frac{C}{f} = \frac{3\times10^8}{50}$$

$$\lambda = 6 \times 10^6 m$$

وهذا طول موجة كبير بالنسبة لأبعاد الدارات المستخدمة في الأجهزة الكهربائية.

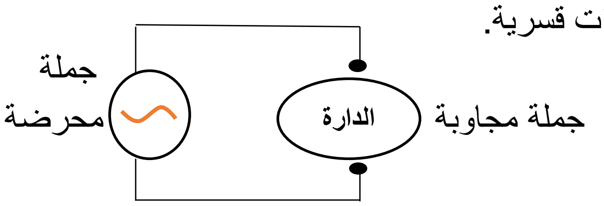
شروط تطبيق قوانين أوم في التيار المتواصل على دارة تيار متناوب:

أ) الدارة قصيرة بالنسبة لطول الموجة.

ب) تواتر التيار المتناوب الجيبي صغير.

ملاحظة ①:

تهتز الالكترونات الحرة في الدارة بالنبض الذي يفرضه المولد والذي يختلف عن النبض الخاص. لذلك تدعى اهتزازات قسرية.



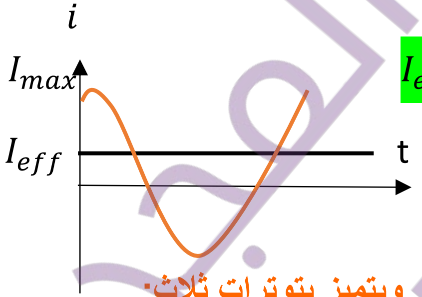
ملاحظة ②:

يتميز التيار المتناوب بشدات ثلاث

- شدة لحظية i
- شدة عظمى I_{max}
- شدة منتجة I_{eff}

الشدة المنتجة للتيار المتناوب الجيبي: هي شدة تيار متواصل يعطي الطاقة الحرارية نفسها التي يعطيها التيار المتناوب الجيبي عند مرورهما في الناقل الأومي نفسه خلال الزمن نفسه

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

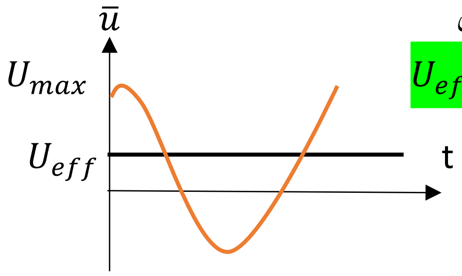


ويتميز بتوترات ثلاث:

- توتر لحظي $\bar{u}$
- تواتر أعظمي U_{max}
- توتر منتج U_{eff}

التوتر المنتج للتيار المتناوب الجيبي يكافئ التوتر المستمر الذي يقدم الطاقة نفسها التي يقدمها التوتر المتناوب الجيبي في الناقل الأومي نفسه خلال الزمن نفسه والتي تصرف بشكل حراري

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$



➕ تابع الشدة اللحظية:

$$\bar{i} = I_{max}\cos(\omega t + \bar{\varphi}_1)$$

$\bar{\varphi}_1$: الطور الابتدائي للشدة

➕ تابع التوتر اللحظي:

$$\bar{u} = U_{max}\cos(\omega t + \bar{\varphi}_2)$$

$\bar{\varphi}_2$: الطور الابتدائي للتواتر

$\bar{\varphi} = \bar{\varphi}_2 - \bar{\varphi}_1$ فرق الطور بين تابع التوتر وتابع الشدة اللحظية

يتغير حسب مكونات الدارة:

إذا كانت الدارات تسلسلية

الشدة نفسها في كل جزء

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

حيث: $\bar{\varphi}_1 = 0$

$$\bar{u} = U_{max}\cos(\omega t + \bar{\varphi})$$

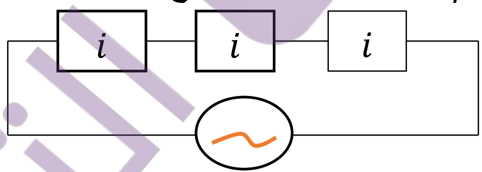
إذا كان:

$\bar{\varphi} > 0$: التوتر متقدم على الشدة

$\varphi < 0$: التوتر متأخر عن الشدة

$\varphi = 0$: التوتر على توافق مع الشدة

حيث:



محور مبدأ الأطوار يمثل تابع الشدة

الاستطاعة في التيار المتناوب:

① الاستطاعة اللحظية: $P = \bar{u}.\bar{i}$

تتغير من لحظة إلى أخرى تبعاً لتغيرات $\bar{i}$,$\bar{u}$ مع الزمن.

② الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في الدارة:

هي معدل الطاقة الكهربائية المقدمة نتيجة مرور التيار المتناوب خلال الزمن t وتعطى بالعلاقة:

$P_{avg} = U_{eff}\, I_{eff}\, \cos\varphi$ واحداتها watt

حيث: $\bar{\varphi}$ هو فرق الطور بين الشدة اللحظية والتوتر اللحظي

③ الاستطاعة الظاهرية [المؤثرة]:

هي أكبر قيمة للاستطاعة المتوسطة رمزها P_A

$$P_A = U_{eff}\,.\,I_{eff}$$

عندما: $\varphi = 0 \Rightarrow \cos\varphi = 1$

عامل الاستطاعة:

عامل الاستطاعة$= \frac{P_{avg}}{P_A} = \frac{U_{eff}.I_{eff}.\cos\varphi}{U_{eff}\,.\,I_{eff}} = \cos\varphi \le 1$

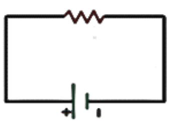
موجب دوماً

أي أنه النسبة بين الاستطاعة المتوسطة والاستطاعة الظاهرية.

تطبيقات قانون أوم في دارة تيار متناوب:

1) مقاومة :

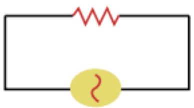
R



$\frac{U}{I} = R$

نسبة التوتر المطبق بين طرفي ناقل أومي إلى شدة تيار متواصل تساوي مقدار ثابت

R



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

نسبة التوتر المنتج بين طرفي ناقل أومي إلى الشدة المنتجة المارة فيه تساوي مقدار ثابت

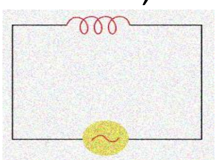
يسلك الناقل الأومي السلوك نفسه في التيارين المتواصل والمتناوب.

2) وشيعة :

R

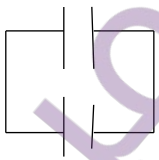
تلعب دور مقاومة أومية فقط في المتواصل

R , L

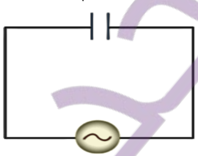


تلعب دور مقاومة وذاتية في المتناوب

3) مكثفة :



لا تسمح المكثفة بمرور التيار المتواصل



تمرر المكثفة التيار المتناوب

علل:

❖ **لا تسمح المكثفة بمرور التيار المتواصل:**

بسبب وجود العازل بين لبوسيها فيسبب انقطاع الدارة.

علل:

❖ **تسمح المكثفة بمرور التيار المتناوب:**

عند وصل لبوسي المكثفة بمأخذ تيار متناوب فإن مجموعة الالكترونات الحرة التي يسبب مأخذ التيار المتناوب

اهتزازها تشحن لبوسي المكثفة خلال ربع دور بشحنتين متساويتين ومن نوعين مختلفين دون ان تخترق عازلها ثم تتفرغان في ربع الدور الثاني وفي النوبة الثانية تتكرر عمليتا الشحن والتفريغ مع تغير شحنة كل من اللبوسين.

علل:

❖ **تبدي المكثفة ممانعة للتيار المتناوب:**

بسبب الحقل الكهربائي الناتج عن شحنتها.

استنتاج قوانين أوم:

1) دارة تيار متناوب تحوي مقاومة أومية:

- نطبق توتر لحظي $\bar{u}$ على مقاومة أومية صرفة R في دارة تيار متناوب جيبي فيمر تيار تابع الشدة اللحظية

$$i = I_{max}\cos(\omega t)$$

- **استنتاج تابع التوتر اللحظي بين طرفي المقاومة:**

$$\bar{u} = R\,\bar{i}$$

نعوض فنجد: $\bar{u} = RI_{max}\cos(\omega t)$

$$\bar{u} = U_{max}\cos(\omega t)$$

حيث: $U_{max} = R\,I_{max}$

$$X_R = R$$

تدعى ممانعة المقاومة:

إذاً: $\boldsymbol{\bar{u} = U_{max}\cos(\omega t)}$

تابع التوتر اللحظي بين طرفي المقاومة الصرف.

- **قيمة فرق الطور:** $\boldsymbol{\varphi = 0}$

المقاومة تجعل التوتر المطبق بين طرفيها على توافق مع الشدة.

- استنتاج العلاقة التي تربط بين التوتر المنتج والشدة المنتجة:

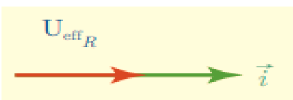
$\sqrt{2}$ بالقسمة على $U_{max} = X_R I_{max}$

$$\boldsymbol{U_{eff} = X_R\,I_{eff}}$$

يدعى قانون أوم.

وهو نفسه $\boldsymbol{U_{eff} = R\,I_{eff}}$ لأن $X_R = R$

- التوتر على التوافق مع الشدة (تمثيل ذلك بإنشاء فرنيل)



- الاستطاعة المتوسطة:

$$P_{avg} = U_{eff}\,.\,I_{eff}\,\cos\bar{\varphi}$$

لكن في حالة المقاومة: $\varphi = 0$

$$\Rightarrow P_{avg} = U_{eff}\,.\,I_{eff}$$

لكن: $U_{eff} = R\,I_{eff}$

$$\Rightarrow \boldsymbol{P_{avg} = R\,I_{eff}^2}$$

الطاقة تصرف في المقاومة حرارياً بفعل جول.

تطبيق:

دارة تيار متناوب تحوي مقاومة أومية R=10 Ω يمر فيها تيار متناوب شدته اللحظية :

$$\boldsymbol{i = 2\sqrt{2}\cos(100\pi t)\,A}$$

1. احسب الشدة المنتجة للتيار وتواتره.

....

....

....

2. احسب التوتر المنتج.

....

....

....

3. اكتب تابع التوتر اللحظي.

....

....

....

....

....

4. احسب الاستطاعة المتوسطة (المستهلكة).

طريقة 1: ....

....

طريقة 2: ....

....

....

....

2) دارة تيار متناوب تحوي وشيعة (مهملة المقاومة) ذاتية صرف:

- نطبق توتر لحظي $\bar{u}$ على وشيعة ذاتيتها L ومقاومتها الأومية مهملة في دارة تيار متناوب جيبي فيمر تيار تابع شدته اللحظية: $i = I_{max}\cos(\omega t)$

- **استنتاج تابع التوتر اللحظي بين طرفي الوشيعة:**

$$u_L = L\,\frac{di}{dt} = L(i)'_t$$

$$(i)'_t = (I_{max}\cos(\omega t))'_t = -I_{max}\omega\sin(\omega t)$$

$$(i)'_t = I_{max}\omega\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

$$\Rightarrow u_L = L\omega I_{max}\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

نسمي المقدار $\boldsymbol{X_L = L\omega}$ ممانعة وشيعة مهملة المقاومة وتسمى **ردية الوشيعة.**

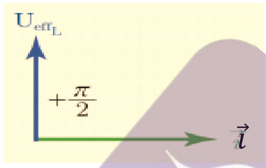
$$\bar{u}_L = X_L\,I_{max}\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

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

▪ قيمة فرق الطور:

التوتر اللحظي يتقدم بالطور على الشدة $\bar{\varphi} = +\frac{\pi}{2} rad$ بمقدار $\frac{\pi}{2}$

▪ تمثيل ذلك بإنشاء فرينل:



▪ استنتاج العلاقة بين التوتر المنتج والشدة المنتجة:

$$\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = X_L \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$ بالقسمة $\sqrt{2}$

$$U_{eff} = X_L\, I_{eff}$$ قانون أوم

▪ برهان أن الاستطاعة المتوسطة في الوشيعة المهملة المقاومة معدومة.

$$P_{avg} = U_{eff} . I_{eff} \cos\varphi_L$$

لكن: $\varphi_L = \frac{\pi}{2} \Leftarrow P_{avg} = 0$

أي أن الوشيعة مهملة المقاومة تكون فيها الاستطاعة المستهلك معدومة فهي لا تستهلك بل تختزن طاقة كهرطيسية خلال ربع دور لتعيدها كهربائياً إلى الدارة الخارجية خلال ربع الدور الذي يليه.

<u>تمرين:</u>

دارة تيار متناوب تحوي وشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها $L = \frac{1}{4\pi} H$ يمر فيها تيار شدته اللحظية:

$$i = 4\sqrt{2}\cos(100\pi t)\ A$$

1. احسب الشدة المنتجة للتيار وتواتره.

....

....

....

2. احسب ردية الوشيعة.

....

....

3. احسب التوتر المنتج بين طرفي الوشيعة.

....

....

4. اكتب تابع التوتر اللحظي المطبق.

....

....

....

....

....

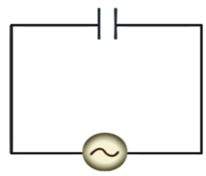
5. احسب الاستطاعة المتوسطة المستهلكة.

....

....

....

3) دارة تيار متناوب تحوي مكثفة:



➢ نطبق توتر لحظي $\bar{u}$ على مكثفة غير مشحونة (C) فيمر تيار تابع شدته اللحظية:

$$i = I_{max}\cos(\omega t)$$

➢ **استنتاج تابع التوتر اللحظي:**

$$U = \frac{q}{C}$$

C سعة المكثفة الثابتة q شحنتها المتغيرة مع الزمن فخلال فاصل الزمني dt تتغير شحنة المكثفة بمقدار dq ولدينا:

$$dq = i\, dt$$

لحساب شحنة المكثفة في اللحظة t نكامل فنجد:

$$q = \int i\, dt = \int I_{max}\cos(\omega t)\, dt$$

$$q = \frac{1}{\omega} I_{max}\sin(\omega t)$$

$$q = \frac{1}{\omega} I_{max}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

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

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

$$u = U_{max}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

حيث ندعو: $X_C = \frac{1}{\omega C}$ اتساعية المكثفة

$\varphi = -\frac{\pi}{2} rad$ تابع التوتر متأخر عن الشدة بمقدار $\frac{\pi}{2}$ (ترابع متأخر).

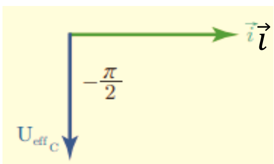
➢ استنتاج العلاقة بين التوتر المنتج والشدة المنتجة:

$U_{max} = X_C I_{max}$ بالقسمة على $\sqrt{2}$

$$\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = X_C \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$U_{eff} = X_C\, I_{eff}$$ قانون أوم في دارة مكثفة

➢ تمثيل ذلك باستخدام إنشاء فرينل:



➢ برهان أن الاستطاعة المستهلكة معدومة:

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

$$\varphi = -\frac{\pi}{2} \Rightarrow \cos\varphi = 0$$

$$\Rightarrow \quad P_{avg} = 0$$

الاستطاعة المتوسطة في المكثفة معدومة فالمكثفة لا تستهلك أية طاقة لأنها تختزن الطاقة الكهربائية خلال ربع دور وتعيدها كهربائياً في ربع الدور الذي يليه.

تمرين:

دارة تيار متناوب تحوي مكثفة اتساعيتها 40Ω يمر فيها تيار شدته $i = 2\sqrt{2}\cos(100\pi t)\ A$

1. احسب الشدة المنتجة للتيار وتواتره.

....

....

....

2. احسب سعة المكثفة.

....

....

3. احسب التوتر المنتج بين لبوسي المكثفة

....

....

....

....

4. اكتب تابع التوتر اللحظي.

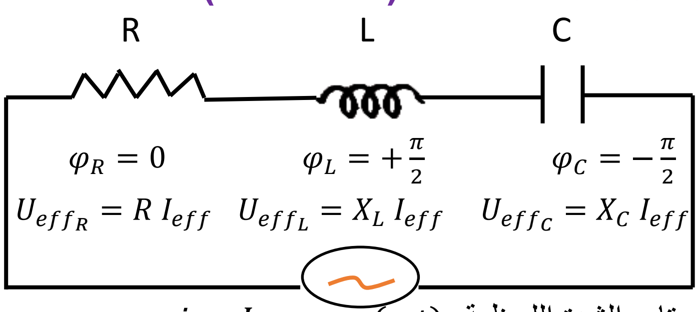
....

....

....

....

دارة تيار متناوب تحوي على التسلسل مقاومة وذاتية صرف ومكثفة (الحالة العامة).



- تابع الشدة اللحظية $i = I_{max}\cos(\omega t)$

- نطبق توتر متناوب جيبي تابعه الزمني:

$$\bar{u} = U_{max}\cos(\omega t + \bar{\varphi})$$

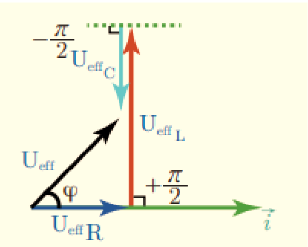
- التوترات اللحظية تجمع جمعاً جبرياً:

$$\bar{u} = \bar{U}_R + \bar{U}_L + \bar{U}_C$$

- التوترات المنتجة تجمع جمعاً هندسياً:

$$\vec{U}_{eff} = \vec{U}_{eff_R} + \vec{U}_{eff_L} + \vec{U}_{eff_C}$$

استنتاج قيمة التوتر المنتج الكلي باستخدام إنشاء فرينل:



بفرض أن:

$$\Leftarrow X_L > X_C$$

$$U_{eff_L} > U_{eff_C}$$

من الرسم وبحسب فيثاغورث:

$$U_{eff}^2 = U_{eff_R}^2 + (U_{eff_L} - U_{eff_C})^2$$

$$U_{eff}^2 = R^2\, I_{eff}^2 + (X_L - X_C)^2\, I_{eff}^2$$

$$U_{eff} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \cdot I_{eff}$$

قانون أوم الشامل: $\boldsymbol{U_{eff} = Z\, I_{eff}}$

ومنه تكون ممانعة الدارة :

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

عامل استطاعة الدارة:

من الشكل نجد:

$$\cos\varphi = \frac{U_{eff_R}}{U_{eff}}$$

$$= \frac{R\, I_{eff}}{Z\, I_{eff}} = \frac{R}{Z}$$

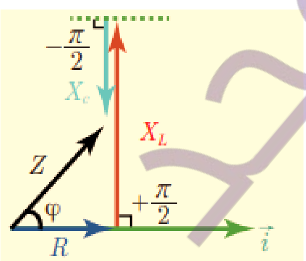
$$\Rightarrow \boldsymbol{\cos\varphi = \frac{R}{Z}}$$

مناقشة:

1) $X_L > X_C$

التوتر متقدم على الشدة بمقدار φ

الدارة ذات ممانعة ردية (ذاتية)

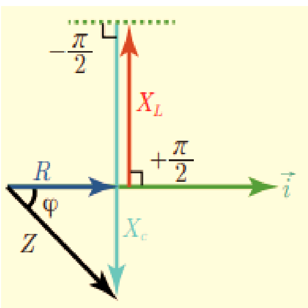


تمثيل فرينل باستخدام الممانعات

2) $X_L < X_C$

التوتر متأخر بالطور عن الشدة

وتكون الدارة ذات ممانعة سعوية



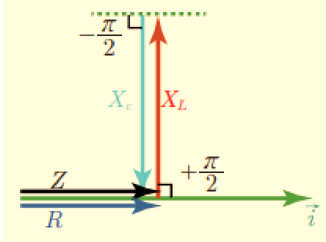
3) $X_L = X_C$

التوتر متفقاً بالطور مع الشدة

وتسمى هذه الحالة

بحالة الطنين الكهربائي

أو التجاوب الكهربائي



حادثة الطنين الكهربائي (التجاوب):

- شروط حدوث ظاهرة الطنين:

1) دارة تسلسلية تحوي (R, L , C)

2) النبض الخاص للاهتزاز الالكترونات الحرة ω_0 يساوي النبض القسري ω الذي يفرضه المنبع ويسمى نبض الطنين ω_r

- يتحقق في حالة الطنين:

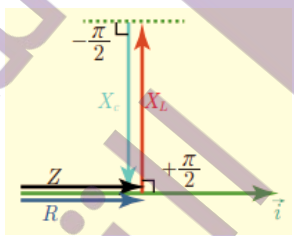
1- ردية الوشيعة تساوي اتساعية المكثفة $X_L = X_C$

2- الممانعة بأصغر قيمة لها $Z = R$

3- الشدة المنتجة بأعظم قيمة لها $I_{eff} = \frac{U_{eff}}{R}$

لأن: $Z = R$

4- التوتر على توافق بالطور مع الشدة $(\varphi = 0 rad)$ ومنه $\cos\varphi = 1$



5- الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في الدارة أكبر ما يمكن.

6- $U_{eff_R} = U_{eff}$ لأن التوتر المنتج بين طرفي الوشيعة يساوي بالقيمة التوتر المنتج بين طرفي المكثفة $U_{eff_L} = U_{eff_C}$ ويعاكسه بالجهة.

لماذا نستخدم خاصية الطنين:

في دارات الراديو للحصول على توترات كبيرة بين أطراف الوشائع والمكثفات باستخدام منابع ذات توترات محدودة القيمة.

استنتاج دور وتواتر الطنين:

$$X_L = X_C$$

$$\omega_r L = \frac{1}{\omega_r c} \Rightarrow \omega_r^2 = \frac{1}{L\,C}$$

$$\Rightarrow \omega_r = \frac{1}{\sqrt{L\,C}} \Rightarrow \frac{2\pi}{T_r} = \frac{1}{\sqrt{L\,C}}$$

$$\boldsymbol{T_r = 2\pi\sqrt{L\,C} \Rightarrow f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\,C}}}$$

وهي العلاقة المحددة لدور التيار في حالة الطنين.

لا تنسَ:

- لا تتحقق حالة الطنين (التجاوب) إلا في دارة تسلسلية تحوي (R,L,C)

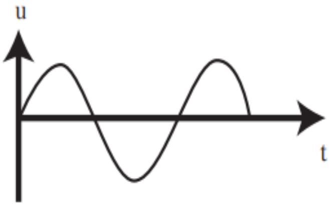
- في حالة الطنين:

$$\omega_r = \omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L\,C}}$$

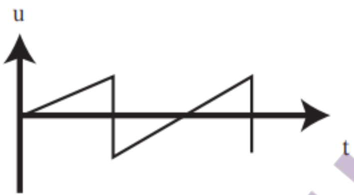
نبض التجاوب — النبض الذي يفرضه المنبع — النبض الخاص

ملاحظة: للتيار المتناوب عدة أنواع:

- تيار متناوب **جيبي:**

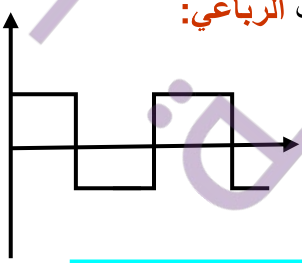


- تيار متناوب **منشاري:**



- تيار متناوب **مثلثي:**

- التيار المتناوب **الرباعي:**



هام جداً حل مسائل التيار المتناوب:

ملاحظات مسائل للدارات التسلسلية:

1 تابع الشدة اللحظية:

$$i = I_{max}\cos(\omega t)$$

2 حساب الشدة المنتجة I_{eff}

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{eff} = \frac{U_{eff}}{Z} = \frac{U_{eff\ \text{جزء}}}{Z_{\text{جزء نفسه}}}$$

لأن الشدة نفسها في جميع الأجهزة

3 حساب التوتر المنتج: U_{eff}

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$U_{eff} = ZI_{eff}$$

إنشاء فرينل ويحسب هندسياً

4 حساب الممانعة Z

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

$$Z = \frac{U_{eff}}{I_{eff}} \qquad Z = \frac{R}{cos_{\varphi}}$$

5 حساب عامل الاستطاعة:

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$$

إنشاء فرينل $\cos\varphi = \frac{\text{مجاور}}{\text{وتر}}$

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

6 الاستطاعة المستهلكة في الدارة:

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

أو: $P_{avg\ \text{للدارة}} = P_{avg\ \text{جزء}(1)} + P_{avg\ \text{جزء}(2)} + \cdots\ldots\ldots$

7 - تتحقق حالة التجاوب الكهربائي في دارة تسلسلية

تحوي (R,L,C) [شرط لازم وغير كافي] :

عندما يُذكر في نص المسالة أحد الجمل التالية:

1. الشدة المنتجة بأعظم قيمة لها.
2. الممانعة بأصغر قيمة لها.
3. عامل الاستطاعة يساوي الواحد.
4. التوتر على توافق مع الشدة.

ويكون المطلوب دوماً:

أما سعة المكثفة [C] أو ذاتية [L] وتحسب من القانون

$$X_L = X_C$$

$$\boldsymbol{L\omega = \frac{1}{\omega C}}$$

- أو: حساب الشدة المنتجة $\grave{I}_{eff} = \frac{U_{eff}}{R}$

لأن: $Z = R$

- وحساب $P_{avg} = U_{eff}.\grave{I}_{eff}$

حيث يكون: $\cos\varphi = 1$ في حالة التجاوب

8 ضم المكثفات

على التسلسل

C_1 C_2

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$C_{eq} < C_1$ سعة المكثفة المكافئة أصغر من سعة أي مكثفة

وإذا كانت متماثلة السعة وعددها n: $\boldsymbol{C_{eq} = \frac{C_1}{n}}$

على التفرع

$$C_{eq} = C_1 + C_2$$

$$C_{eq} > C_1$$

وإذا كانت متماثلة وعددها n :

$$\boldsymbol{C_{eq} = nC_1}$$

- عندما تتحقق حالة التجاوب بوجود مكثفتين:

نحسب السعة المكافئة من:

$$X_L = X_C \Rightarrow L\omega = \frac{1}{\omega C_{eq}}$$

نميز حالتين:

1- الضم على التسلسل $\Leftarrow C_{eq} < C$

2- الضم على التفرع $\Leftarrow C_{eq} > C$

ولا تنسَ حساب $\grave{I}_{eff}$ الجديد من $\grave{I}_{eff} = \frac{U_{eff}}{R}$

لأنها حالة تجاوب حيث : $Z = R$

لا تنسَ:

ردية الوشيعة $X_L = L\omega$

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

$$\omega = 2\pi f$$

مسألة $\frac{1}{157}$

يعطى تابع التواتر اللحظي بين نقطتين a و b بالعلاقة

$$\bar{u} = 130\sqrt{2}cos100\pi t(Volt)$$

المطلوب:

1. احسب التوتر المنتج للتيار وتواتره.

2. نصل بين النقطتين a و b وشيعة مقاومتها r=25Ω وذاتيتها $L = \frac{3}{5\pi}H$ احسب الشدة المنتجة وعامل استطاعة الدارة والاستطاعة المتوسطة المستهلكة فيها.

3. نرفع الوشيعة ثم نصل النقطتين a و b بمقاومة $R = 30\Omega$ موصولة على التسلسل مع مكثفة سعتها

$C = \frac{1}{4000\pi}F$ ووشيعة ذاتيتها L مقاومتها مهملة فتصبح الشدة المنتجة للتيار بأكبر قيمة ممكنة لها احسب قيمة ذاتية الوشيعة والشدة المنتجة للتيار في هذه الحالة.

الحل:

.1

$$u = 130\sqrt{2}\cos(100\pi t)$$

$$u = U_{max}\cos(\omega t)$$

$$U_{max} = 130\sqrt{2}\,V$$

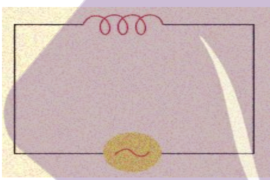
$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{130\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 130\,V$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{100\pi}{2\pi} = 50Hz$$

.2

$$r = 25\Omega$$

$$L = \frac{3}{5\pi}H$$



$$I_{eff} = \frac{U_{eff}}{Z}$$

نحسب Z :

$$Z = \sqrt{r^2 + X_L^2}$$

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

$$Z = \sqrt{625 + 3600}$$

$$= \sqrt{4225} = 65\Omega$$

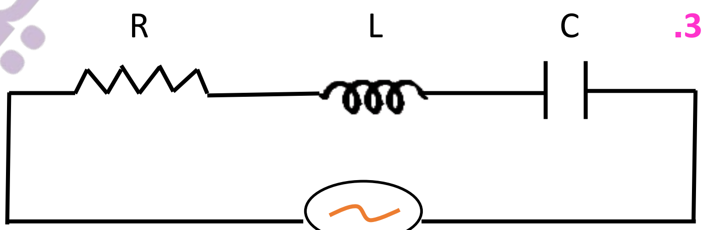
$$I_{eff} = \frac{U_{eff}}{Z} = \frac{130}{65} = 2\,A$$

$$cos\varphi = \frac{r}{Z} = \frac{25}{65} = \frac{5}{13}$$

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

$$= 130 \times 2 \times \frac{5}{13} = 100watt$$

.3



حالة تجاوب كهربائي:

$$\Rightarrow X_L = X_C$$

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

$$L\omega = \frac{1}{100\pi \times \frac{1}{4000\pi}} = 40\Omega$$

$$L = \frac{40}{100\pi} = \frac{2}{5\pi}H$$

في حالة التجاوب: $Z = R$

$$\Rightarrow \grave{I}_{eff} = \frac{U_{eff}}{R} = \frac{130}{3} = \frac{13}{3}\,A$$

مسألة $\frac{2}{158}$:

مأخذ تيار متناوب جيبي تواتره 50Hz نربط بين طرفيه الأجهزة الآتية على التسلسل مقاومة أومية R وشيعة مقاومتها الأومية مهملة ذاتيتها L مكثفة سعتها $C = \frac{1}{2000\pi}F$ فيكون التوتر المنتج بين طرفي كل من أجزاء الدارة هو على الترتيب:

$$U_{eff_R} = 30V \;, U_{eff_L} = 80V \;, U_{eff_C} = 40V$$

المطلوب:

.1 استنتج قيمة التوتر المنتج الكلي بين طرفي المأخذ باستخدام إنشاء فرينل.

.2 احسب قيمة الشدة المنتجة المارة في الدارة ثم اكتب التابع الزمني لتلك الشدة.

.3 احسب الممانعة الكلية للدرة.

.4 احسب ذاتية الوشيعة واكتب التابع الزمني للتوتر بين طرفيها.

.5 احسب عامل استطاعة الدارة.

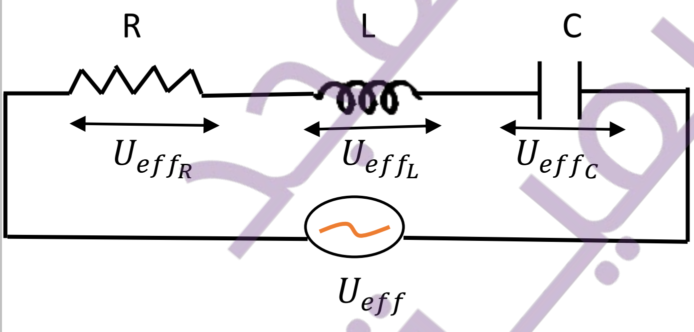
.6 نضيف إلى المكثفة في الدارة السابقة مكثفة $\grave{C}$ مناسبة فتصبح الشدة المنتجة للتيار بأكبر قيمة لها المطلوب:

.a حدد الطريقة التي يتم بها ضم المكثفتين.

.b احسب سعة المكثفة المضمومة $\grave{C}$

.c احسب الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في الدارة في هذه الحالة.

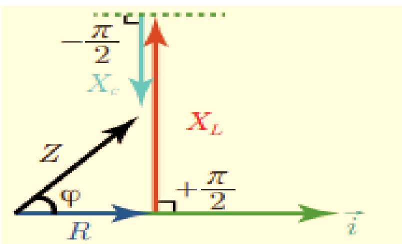
الحل:



.1

$$\overrightarrow{U_{eff}} = \overrightarrow{U_{eff_R}} + \overrightarrow{U_{eff_L}} + \overrightarrow{U_{eff_C}}$$

حسب فيثاغورث:



$$U_{eff} = \sqrt{U_{eff_r}^2 + (U_{eff_L} - U_{eff_C})^2}$$
$$= \sqrt{900 + 1600}$$
$$= \sqrt{2500} = 50V$$

.2 $I_{eff} = \frac{U_{eff_C}}{X_C}$

نحسب $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{100\pi \times \frac{1}{2000\pi}}$

$X_C = 20\Omega$

$$\Longrightarrow I_{eff} = \frac{40}{20} = 2A$$
$$i = I_{max}\cos(\omega t)$$
$$i = 2\sqrt{2}\cos(100\pi t)$$

.3 $Z = \frac{U_{eff}}{I_{eff}}$

$$Z = 25\Omega$$

.4 $X_L = \frac{U_{eff}}{I_{eff}} = \frac{80}{2} = 40\Omega$

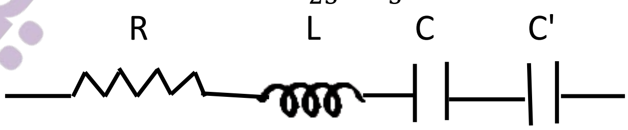
$$L\omega = 40 \Longrightarrow L = \frac{40}{100\pi} = \frac{2}{5\pi}H$$
$$u_L = U_{max_L}\cos(\omega t + \varphi_L)$$
$$u_L = 80\sqrt{2}\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

.5 $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$

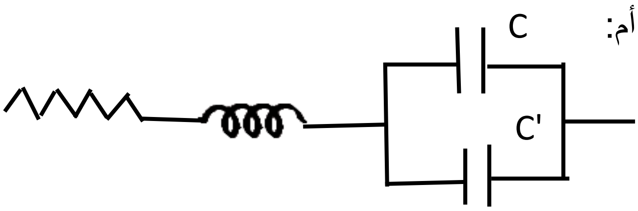
نحسب R:

$$R = \frac{U_{eff_R}}{I_{eff}} = \frac{30}{2} = 15\Omega$$
$$\cos\varphi = \frac{15}{25} = \frac{3}{5}$$

.6



أم:



.a الشدة المنتجة بأعظم قيمة:

$\Leftarrow$ حالة تجاوب كهربائي:

$$X_L = X_C \Longrightarrow L\omega = \frac{1}{\omega C_{eq}}$$
$$C_{eq} = \frac{1}{40\times 100\pi} = \frac{1}{4000\pi}F$$

الضم على التسلسل $C_{eq} < C$

.b حساب C':

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{\grave{C}}$$
$$\frac{1}{\frac{1}{4000\pi}} = \frac{1}{\frac{1}{2000\pi}} + \frac{1}{\grave{C}}$$
$$\frac{1}{\grave{C}} = 4000\pi - 2000\pi = 2000\pi\ F$$
$$\Longrightarrow \grave{C} = \frac{1}{2000\pi}F$$

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

في حالة التجاوب الكهربائي:

$$\cos\varphi = 1$$

نحسب $\grave{I}_{eff}$:

$$\grave{I}_{eff} = \frac{U_{eff}}{R} = \frac{50}{15} = \frac{10}{3}\ A$$
$$P_{avg} = 50 \times \frac{10}{3} \times 1$$
$$= \frac{500}{3} watt$$

مسألة $\frac{25}{277}$ عامة:

نضع بين طرفي مأخذ لتيار متناوب توتره المنتج ثابت مقاومة صرف R موصولة على التسلسل مع وشيعة مقاومتها الأومية $\grave{R}$ ورديتها 30Ω عامل استطاعتها 0.8 فيمر تيار شدته اللحظية تعطى بالعلاقة

$$i = 3\sqrt{2}\cos 100\pi t (A)$$

المطلوب:

1. احسب القيمة للشدة المنتجة للتيار وتواتره.

2. احسب كلاً من المقاومة الأومية للوشيعة $\grave{R}$ وممانعتها

3. إذا علمت أن فرق الكمون المنتج بين طرفي المقاومة يساوي نصف فرق الكمون المنتج بين طرفي الوشيعة فاحسب كل من:

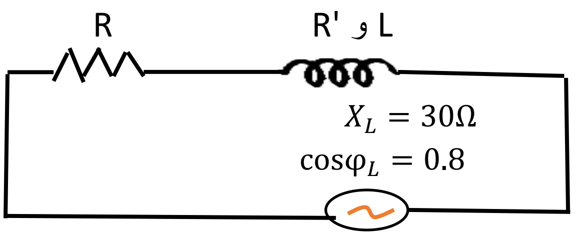
a. المقاومة الصرفة R.

b. الاستطاعة المستهلكة فيها.

c. احسب الاستطاعة المستهلكة في الدارة.

4. نضيف بين طرفي المأخذ السابق على التسلسل مع المقاومة R والوشيعة مكثفة سعتها C فتبقى الشدة المنتجة للتيار نفسها احسب قيمة سعة هذه المكثفة.

5. نضيف على المكثفة C في الدارة السابقة $\grave{C}$ تجعل الشدة على توافق بالطور مع التوتر المطبق احسب السعة المكثفة للمكثفتين وحدد طريقة الضم واحسب سعة المكثفة المضافة $\grave{C}$.



$$i = 3\sqrt{2}\cos 100\pi t$$

قبل البدء بحل المسألة يجب عليك يا غالي أن **تنتبه** إلى ما يلي:

- ممانعة الوشيعة: $Z_L = \sqrt{\grave{R}^2 + X_L^2}$

- ممانعة الدارة: $Z = \sqrt{(R+\grave{R})^2 + X_L^2}$

- عامل استطاعة الوشيعة: $\cos\varphi_L = \frac{\grave{R}}{Z_L}$

- عامل استطاعة الدارة: $\cos\varphi = \frac{R+\grave{R}}{Z}$

و هلأ تعا لنبدأ الحل:

الحل:

.1 $I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{3\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 3A$

$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{100\pi}{2\pi} = 50Hz$

.2 $cos\varphi_L = \frac{\grave{R}}{Z_L} \Longrightarrow 0.8 = \frac{\grave{R}}{Z_L}$

$\Longrightarrow Z_L = \frac{\grave{R}}{0.8}$ ①

لكن:

$Z_L = \sqrt{\grave{R}^2 + X_L^2}$ ②

نعوض ① في ②

$\frac{\grave{R}}{0.8} = \sqrt{\grave{R}^2 + 900}$

$\frac{\grave{R}^2}{0.64} = \grave{R}^2 + 900$

$\grave{R}^2 = 0.64\grave{R}^2 + 576$

$0.36\grave{R}^2 = 576$

$\Longrightarrow \grave{R}^2 = \frac{576}{0.36}$

$\grave{R} = \frac{24}{0.6} = 40\Omega$

$\Longrightarrow Z_L = \frac{\grave{R}}{cos\varphi_L} = \frac{40}{0.8} = 50\Omega$

.3 $U_{eff_R} = \frac{1}{2} U_{eff_L}$

.a $RI_{eff} = \frac{1}{2} Z_L I_{eff} \Longrightarrow$

$R = \frac{1}{2} Z_L = \frac{1}{2} \times 50 = 25\Omega$

.b **طريقة 1:**

$P_{avg_R} = RI^2{}_{eff_R} = 25 \times 9 = 225watt$

$P_{avg_L} = Z_L I_{eff} . I_{eff} . cos\varphi_L$

$= 50 \times 9 \times 0.8 = 360watt$

طريقة 2: لحساب P_{avg_L}:

$P_{avg_L} = \grave{R} I_{eff}^2$

$= 30 \times 9 = 360watt$

.c $P_{avg} = P_{avg_R} + P_{avg_L}$

$= 225 + 360 = 585watt$

.4 I_{eff} قبل $= Ieff$ بعد

$\frac{U_{eff}}{Z \text{ قبل}} = \frac{U_{eff}}{Z \text{ بعد}}$

$\Longrightarrow Z = Z$

بعد قبل

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

$X_L^2 = (X_L - X_C)^2$

$X_L = \mp(X_L - X_C)$

أما : $X_L = X_L - X_C \Longrightarrow X_C = 0$ مرفوض

أو : $X_L = -X_L + X_C$

$\Longrightarrow X_C = 2X_L = 2 \times 30 = 60$

$\frac{1}{\omega} = 60 \Longrightarrow C = \frac{1}{6000\pi} F$

.6 حالة تجاوب كهربائي:

$X_L = X_C$

$L\omega = \frac{1}{\omega C_{eq}}$

$C_{ef} = \frac{1}{L\omega.\omega} = \frac{1}{30 \times 100\pi}$

$C_{ef} = \frac{1}{3000\pi} F$

الضم على التفرع $C_{ef} > C$

حساب C':

$C_{ef} = C + \grave{C}$

$\grave{C} = C_{ef} - C$

$= \frac{1}{3000\pi} - \frac{1}{6000\pi} = \frac{1}{6000\pi} F$

دورات للتدريب

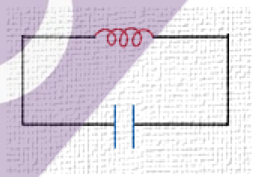
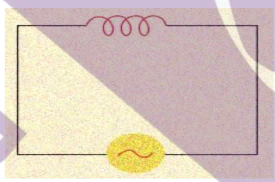
2013 ثانية
2014 ثانية
2015 ثانية
2017 أولى + ثانية
2019 أولى

مسألة $\frac{2}{157}$:

نطبق توتراً متواصلاً $6V$ على طرفي وشيعة فيمر فيها تيار شدته $0.5A$ وعندما نطبق توتراً متناوباً جيبياً بين طرفي الوشيعة نفسها قيمته المنتجة $130V$ تواتره $50HZ$ يمر فيها تيار شدته المنتجة $10A$ المطلوب:

1. **احسب مقاومة الوشيعة وذاتيتها.**
2. **احسب عدد لفات الوشيعة إذا علمت أن مساحة مقطعها $\frac{1}{80}m^2$ وطولها $1m$**
3. **احسب سعة المكثفة التي يجب ضمها على التسلسل مع الوشيعة السابقة حتى يصبح عامل استطاعة الدارة يساوي الواحد ثم حساب الشدة المنتجة للتيار والاستطاعة المتوسطة المستهلكة في الدارة عندئذ.**

الحل:

$U = 6V$, $I = 0.5A$

$U_{eff} = 130V$, $I_{eff} = 10A$, $f = 50Hz$

1. حساب R ، L

عندما توصل الوشيعة مع مولد متواصل فإنها تسلك سلوك مقاومة أومية :

$$U = RI$$
$$R = \frac{6}{0.5} = 12\Omega$$
$$U_{eff} = ZI_{eff}$$
$$130 = Z(10)$$
$$Z = 13\Omega$$

لكن:

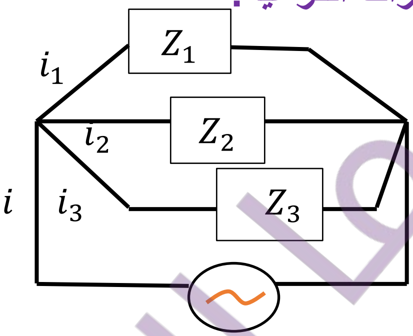
$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$
$$(13)^2 = (12)^2 + X_L^2$$
$$169 = 144 + X_L^2$$
$$X_L^2 = 25 \Rightarrow X_L = 5\Omega$$
$$L\omega = 5 \Rightarrow L = \frac{5}{100\pi}$$
$$L = \frac{1}{20\pi}H$$

2.
$$L = 4\pi \times 10^{-7}\frac{N^2}{\ell}S$$
$$\frac{1}{20\pi} = 4\pi \times 10^{-7}\frac{N^2}{1} \times \frac{1}{80}$$
$$80 = 80\pi^2 \times 10^{-7}N^2$$
$$1 = 10^{-6}N^2 \Rightarrow N^2 = 10^6$$
$$N = 10^{+3} \text{ لفة}$$

3. عامل الاستطاعة يساوي الواحد

$$cos\varphi = 1$$
$$\Rightarrow X_L = X_C$$
$$L\omega = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow 5 = \frac{1}{100\pi C}$$
$$\Rightarrow C = \frac{1}{500\pi}F$$
$$I_{eff} = \frac{U_{eff}}{R}$$
$$= \frac{130}{12} = 10.8A$$
$$P_{avg} = U_{eff}.I_{eff}.cos\varphi$$
$$= 130 \times \frac{130}{12} \times 1 = 1408.3watt$$

التيارات الفرعية:



- التوتر المنتج ثابت في كل فرع ويساوي توتر المنبع.
- تابع التوتر اللحظي: $u = U_{max}\cos(\omega t)$
- الشدات اللحظية تجمع جمعاً عددياً:

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

- **الشدات المنتجة تجمع جمعاً شعاعياً:**

$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_1}} + \overrightarrow{I_{eff_2}} + \overrightarrow{I_{eff_3}}$$

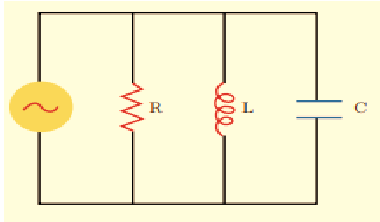
- **قانون أوم يُطبق على كل فرع:**

$U_{eff} = Z_1 I_{eff_1}$ ، $U_{eff} = Z_2 I_{eff_2}$ ، $U_{eff} = Z_3 I_{eff_3}$

- أما قانون عامل الاستطاعة: $cos\varphi = \frac{\text{مقاومة الفرع}}{\text{ممانعة الفرع نفسه}}$

$cos\varphi_1 = \frac{R_1}{Z_1}$ ، $cos\varphi_2 = \frac{R_2}{Z_2}$ ، $cos\varphi_3 = \frac{R_3}{Z_3}$

الحالة العامة:



- تابع الشدة اللحظية للتيار في الدارة الكلية:

$$i = I_{max}\cos(\omega t + \varphi)$$

- في فرع المقاومة: الشدة على توافق مع التوتر: $\varphi_R = 0$
- في فرع الذاتية: الشدة على ترابع متأخر بالطور $\varphi_L = -\frac{\pi}{2}$
- في فرع المكثفة: الشدة على ترابع متقدم عن التوتر بالطور $\varphi_C = +\frac{\pi}{2}$

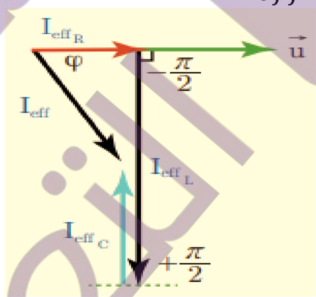
$$I_{eff_R} = \frac{U_{eff}}{R} \;,\; I_{eff_L} = \frac{U_{eff}}{X_L} \;,\; I_{eff_C} = \frac{U_{eff}}{X_C}$$

حساب I_{eff} بإنشاء فرينل:

$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_R}} + \overrightarrow{I_{eff_L}} + \overrightarrow{I_{eff_C}}$$

على افتراض:

$$I_{eff_L} > I_{eff_C}$$



من الشكل الهندسي:

$$I_{eff}^2 = I_{eff_R}^2 + (I_{eff_L} - I_{eff_C})^2$$

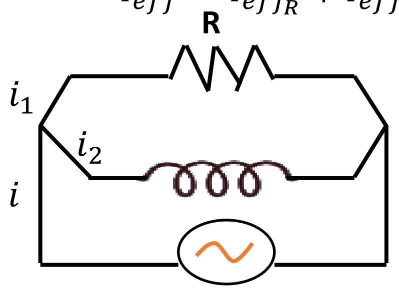
لحساب φ:

من إنشاء فرينل: $\cos\bar{\varphi} = \frac{I_{eff_R}}{I_{eff}}$

حالات خاصة:

1. فرعان يحوي أحدهما مقاومة والآخر يحوي وشيعة مهملة المقاومة:

$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_R}} + \overrightarrow{I_{eff_L}}$$

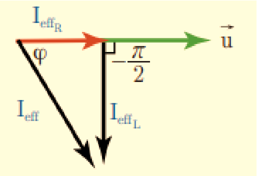


$$\varphi_L = -\frac{\pi}{2} \quad , \quad \varphi_R = 0$$

- $U_{eff} = R\, I_{eff_R}$ ، $U_{eff} = X_L\, I_{eff}$

- حساب I_{eff} باستخدام إنشاء فرينل:

$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_R}} + \overrightarrow{I_{eff_L}}$$



$$I_{eff}^2 = I_{eff_R}^2 + I_{eff_L}^2$$

- الاستطاعة المستهلكة في الدارة:

$$P_{avg} = P_{avg_R} + P_{avg_L}$$
$$= U_{eff}.I_{eff_R}\cos\varphi_R + U_{eff}.I_{eff_L}\cos\varphi_L$$

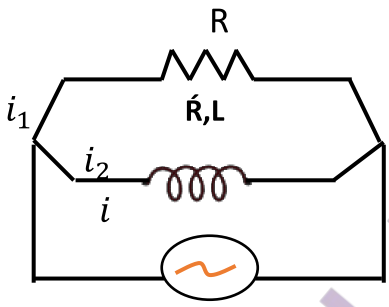
- عامل استطاعة الدارة:

طريقة 1: $\cos\varphi = \frac{I_{eff_R}}{I_{eff}}$

طريقة 2 : لحساب عامل استطاعة الدارة:

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

2. فرعان يحوي أحدهما مقاومة والأخر وشيعة لها مقاومة:



$$U_{eff} = R I_{eff_R} \Rightarrow I_{eff_R} = \frac{U_{eff}}{R}$$
$$U_{eff} = Z_L\, I_{eff_L} \Rightarrow I_{eff_L} = \frac{U_{eff}}{Z_L}$$

حيث Z_L ممانعة الوشيعة

ونحسب ممانعة الوشيعة من:

$$Z_L = \frac{U_{eff}}{I_{eff_L}} \qquad Z_L = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

- **تابع الشدة اللحظية في فرع المقاومة:**

$$i_R = I_{max_R}\cos(\omega t) \qquad \varphi_R = 0$$

- **تابع الشدة اللحظية في فرع الوشيعة:**

$$i_L = I_{max_L}\cos(\omega t + \bar{\varphi}_L)$$

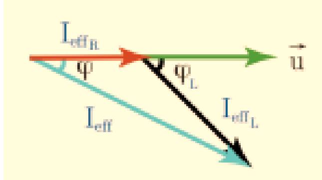
φ_L: زاوية حادة وسالبة (لأن الوشيعة تؤخر الشدة)

وتحسب من: $\cos\varphi_L = \frac{\acute{R}}{Z_L}$

حيث $\acute{R}$ مقاومة الوشيعة

- حساب I_{eff} باستخدام إنشاء فرينل:

$$* \quad \overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_R}} + \overrightarrow{I_{eff_L}}$$



بتربيع * :

$$I_{eff}^2 = I_{eff_R}^2 + I_{eff_L}^2 + 2I_{eff_R}\, I_{eff_L}\cos(\varphi_L - \varphi_R)$$

الاستطاعة المتوسطة في جملة الفرعين (في الدارة):

$$P_{avg} = P_{avg_R} + P_{avg_L}$$
$$= U_{eff}.I_{eff_R}\cos\varphi_R + U_{eff}.I_{eff_L}\cos\varphi_L$$

وعامل استطاعة الدارة:

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

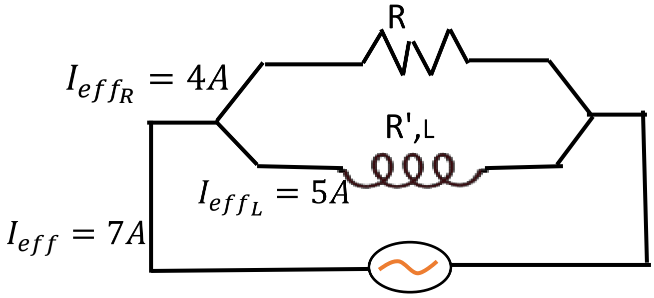
مسألة $\frac{3}{157}$:

مأخذ لتيار متناوب جيبي بين طرفيه توتر لحظي يُعطى بالعلاقة $\bar{u} = 200\sqrt{2}\cos 100\pi t(V)$ نصلهما لدارة تحوي فرعين يحوي الأول مقاومة صرفه يمر فيها تيار شدته المنتجة $4A$ ويحوي الفرع الثاني وشيعة يمر فيها تيار شدته المنتجة $5A$ فيمر في الدارة الخارجية تيار شدته المنتجة $7A$، المطلوب:

1. احسب التوتر المنتج بين طرفي المأخذ وتواتر التيار.
2. احسب قيمة المقاومة الصرفة وممانعة الوشيعة.
3. احسب عامل استطاعة الوشيعة ثم احسب مقاومتها.
4. احسب الاستطاعة الكلية المستهلكة في الدارة وعامل استطاعة الدارة.

الحل:

$$u = 200\sqrt{2}\cos 100\pi t$$



.1 $$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{200\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 200\ V$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{100\pi}{2\pi} = 50Hz$$

.2 $$R = \frac{U_{eff}}{I_{eff_R}} = \frac{200}{4} = 50\Omega$$

$$Z_L = \frac{U_{eff}}{I_{eff_L}} = \frac{200}{5} = 40\Omega$$

.3 $$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_R}} + \overrightarrow{I_{eff_L}}$$

بالتربيع:

$$I_{eff}^2 = I_{eff_R}^2 + I_{eff_L}^2 + 2I_{eff_R}.I_{eff_L}.\cos(\varphi_L - \varphi_R)$$
$$49 = 16 + 25 + 2\times 4\times 5\times\cos(\varphi_L - 0)$$
$$49 = 41 + 40\cos\varphi_L$$
$$8 = 40\cos\varphi_L \Longrightarrow$$
$$\cos\varphi_L = \frac{8}{40} = \frac{1}{5}$$

حساب 'R :
$$\cos\varphi_L = \frac{\grave{R}}{Z_L}$$
$$\frac{1}{5} = \frac{\grave{R}}{40} \Longrightarrow \grave{R} = 8\Omega$$

.4 $$P_{avg} = P_{avg_R} + P_{avg_L}$$
$$= U_{eff}.I_{eff_R}.\cos\varphi_R + U_{eff}.I_{eff_L}.\cos\varphi_L$$
$$= 200\times 4\times 1 + 200\times 5\times\frac{1}{5} = 1000watt$$
$$\cos\varphi = \frac{P_{avg}}{U_{eff}.I_{eff}} = \frac{1000}{200\times 7} = \frac{10}{14} = \frac{5}{7}$$

مسألة $\frac{24}{277}$ عامة:

يُعطى فرق الكمون بين النقطتين (a , b) بالعلاقة

$$\bar{u} = 100\sqrt{2}\cos(100\pi t)(Volt)$$

1. احسب فرق الكمون المنتج بين نقطتين وتواتر التيار.
2. نصل (a , b) بمقاومة صرف (50Ω) اكتب تابع شدة التيار في هذه المقاومة.
3. نصل (a , b) بفرع آخر يحوي على تسلسل مقاومة صرف (50Ω) مع مكثفة C فيمر تيار قيمة شدته المنتجة $\sqrt{2}\ A$ اكتب التابع الزمني المار فيه واحسب سعة المكثفة C.
4. احسب قيمة الشدة المنتجة للتيار في الدارة الأصلية باستخدام إنشاء فرينل.
5. احسب ذاتية الوشيعة المهملة الواجب ربطها على التفرع بين النقطتين (a, b) لتصبح شدة التيار الأصلية على وفاق بالطور مع فرق الكمون المطبق عندما تعمل الفروع الثلاثة معاً ثم احسب قيمة الشدة المنتجة الأصلية للتيار.

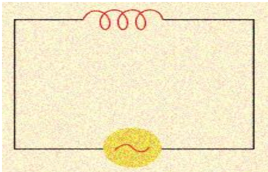
الحل:

$$u = 100\sqrt{2}\cos(100\pi t)$$

(1 $$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{100\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 100\ V$$

$$f_R = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{100\pi}{2\pi} = 50Hz$$

(2 $i_R = I_{max_R}\cos(\omega t + \varphi_R)$



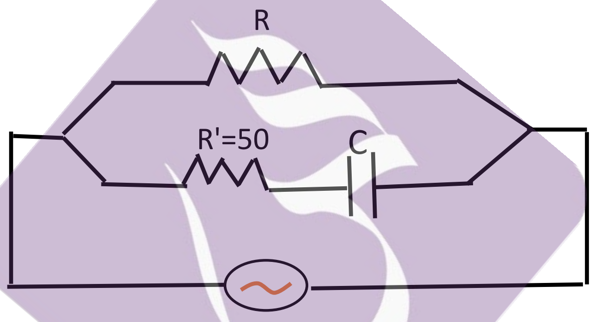
$\varphi_R = 0$ المقاومة تجعل الشدة على توافق مع التوتر

$I_{max_R} = I_{eff_R}.\sqrt{2}$

$I_{eff_R} = \frac{U_{eff}}{R} = \frac{100}{50} = 2A$

$i_R = 2\sqrt{2}\cos(100\pi t)\ (A)$

(3



$I_{eff_2} = \sqrt{2}\ A$

$i_2 = I_{max_2}\cos(\omega t + \varphi_2)$

$I_{max_2} = I_{eff_2}.\sqrt{2} = \sqrt{2}.\sqrt{2} = 2A$

حساب φ_2:

$cos\varphi_2 = \frac{R}{Z_2}$

نحسب: $Z_2 = \frac{U_{eff}}{I_{eff_2}}$

$Z_2 = \frac{100}{\sqrt{2}} = 50\sqrt{2}\Omega$

فنجد: $cos\varphi_2 = \frac{50}{50\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

ومنه : $\varphi_2 = +\frac{\pi}{4}rad$

المكثفة تُقدم الشدة على التوتر

$i_2 = 2\cos(100\pi t + \frac{\pi}{4})$

حساب C:

$Z_2 = \sqrt{R^2 + X_C^2}$

$(50\sqrt{2})^2 = (50)^2 + X_C^2$

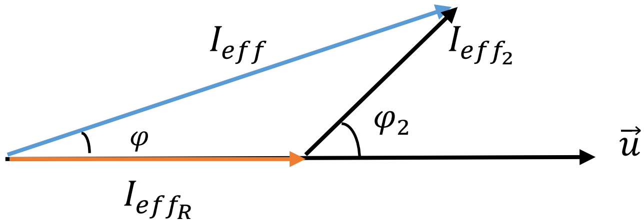
$X_C^2 = 5000 - 2500$

$X_C^2 = 2500$

$X_C = 50 \Longrightarrow \frac{1}{\omega C} = 50$

$C = \frac{1}{5000\pi}F$

(4 $\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_R}} + \overrightarrow{I_{eff_2}}$



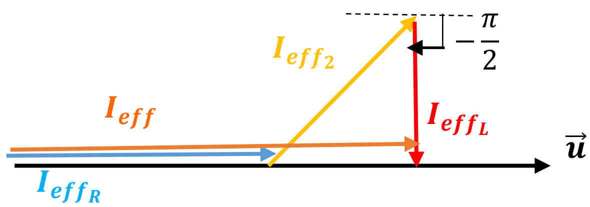
$I_{eff}^2 = I_{eff_R}^2 + I_{eff_2}^2 + 2I_{eff_R}.I_{eff_2}.\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$

$= 4 + 2 + 2 \times 2 \times \sqrt{2} \times \frac{1}{\sqrt{2}}$

$I_{eff}^2 = 10 \Longrightarrow I_{eff} = \sqrt{10}\ A$

(5 $U_{eff} = X_L I_{eff_L}$

نحسب I_{eff_L} من إنشاء فرينل



$I_{eff_L} = I_{eff_2}\, sin\varphi_2$

$= \sqrt{2} \times \frac{1}{\sqrt{2}}$

$= 1\ A$

$\Longrightarrow X_L = \frac{100}{1} = 100$

$L\omega = 100$

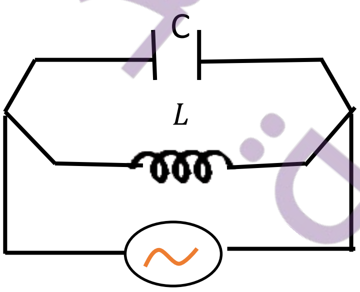
$L = \frac{100}{100\pi} = \frac{1}{\pi}\ H$

$I_{eff} = I_{eff_R} + I_{eff_2}cos\varphi_2$

$= 2 + \sqrt{2} \times \frac{1}{\sqrt{2}}$

$I_{eff} = 3\ A$

3. فرعان يحوي أحدهما مكثفة والآخر وشيعة مهملة المقاومة:



$\vec{I}_{eff} = \vec{I}_{eff_C} + \vec{I}_{eff_L}$

- في فرع المكثفة الشدة متقدمة بالطور عن التوتر المطبق

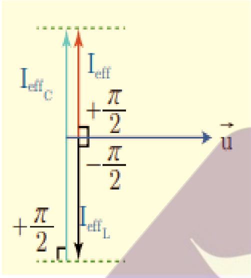
$\boldsymbol{\varphi_C = +\frac{\pi}{2}rad}$

• في فرع الوشيعة مهملة المقاومة الشدة على ترابع متأخر بالطور عن التوتر المطبق $\overline{\varphi}_L = -\frac{\pi}{2} rad$

$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_C}} + \overrightarrow{I_{eff_L}}$$

نميز الحالات الآتية:

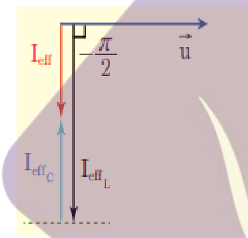
1) إذا كان $X_C < X_L$ فإن



وبالتالي: $I_{eff_C} > I_{eff_L}$

$$I_{eff} = I_{eff_C} - I_{eff_L}$$

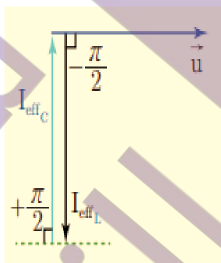
2) إذا كان $X_L < X_C$ فإن



وبالتالي: $I_{eff_L} > I_{eff_C}$

$$I_{eff} = I_{eff_L} - I_{eff_C}$$

3) إذا كان $X_L = X_C$ فإن



وبالتالي: $I_{eff_L} = I_{eff_C}$

$$I_{eff} = I_{eff_L} - I_{eff_C}$$

$$I_{eff} = 0$$

وتنعدم الشدة في الدارة الخارجية وتسمى الدارة في هذه الحالة **بالدارة الخانقة للتيار** ويكون عندها $\omega_r = \omega$

$$X_L = X_C$$

$$\omega_r L = \frac{1}{\omega_r C}$$

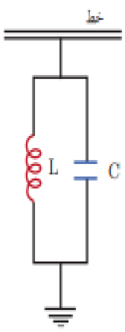
$$\omega_r^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

حيث f_r هو تواتر الدارة والذي يكون التيار المُحصل عنده معدوماً أي لا يمر بالدارة الأصلية التيار الذي دوره يحقق العلاقة:

$$T_r = 2\pi\sqrt{LC}$$



نستخدم الدارة الخانقة في وصل خطوط نقل الطاقة الكهربائية مع الأرض بهدف ترشيح التواترات التي يلتقطها الخط من الجو وذلك يجعل تواتر تجاوب الدارة المهتزة مساوياً تواتر تيار خط النقل فتكون ممانعتها لا نهاية بالنسبة لهذا التواتر بينما تمر بقية التواترات المُلتقطة من الجو عبر الدارة المهتزة إلى الأرض.

مسألة $\frac{6}{158}$:

نصل طرفي مأخذ تيار متناوب جيبي توتره المنتج $U_{eff} = 100V$ وتواتره 50Hz إلى دارة تحوي على التسلسل مقاومة R ومكثفة سعتها $C = \frac{1}{4000\pi} F$

المطلوب:

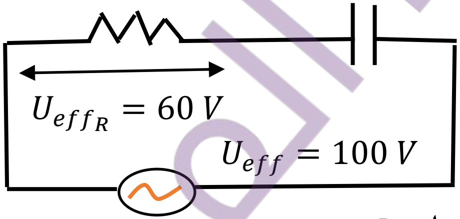
1. احسب قيمة المقاومة إذا كان فرق الكمون المنتج بين طرفيها $60V$

2. نضيف على التسلسل إلى الدارة السابقة وشيعة مناسبة مقاومتها مهملة بحيث تبقى الشدة المنتجة نفسها احسب ذاتية.

3. نغير تواتر التيار في الدارة الأخيرة بحيث يحصل توافق بالطور بين شدة التيار والتوتر المطبق احسب قيمة التواتر الجديد.

4. تحذف المقاومة الصرف من الدارة ويعاد ربط المكثفة على التفرع مع الوشيعة بين طرفي مأخذ التيار احسب قيمة الشدة المنتجة الأصلية للدارة في هذه الحالة باستخدام إنشاء فرينل.

الحل: $C = \frac{1}{4000\pi} F$



1) حساب R:

$$R = \frac{U_{eff_R}}{I_{eff}} \quad (1)$$

نحسب I_{eff}:

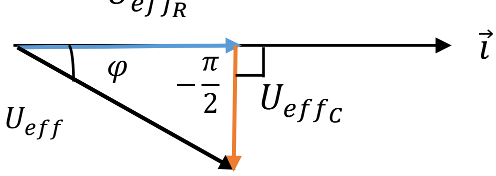
$$U_{eff_C} = X_C . I_{eff}$$

حيث: $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$

$$= \frac{1}{2\pi \times 50 \times \frac{1}{4000\pi}} = 40\Omega$$

نحسب U_{eff_C} من انشاء فرينل:

$$\overrightarrow{U_{eff}} = \overrightarrow{U_{eff_R}} + \overrightarrow{U_{eff_C}}$$



$$U_{eff}^2 = U_{eff_R}^2 + U_{eff_C}^2$$
$$U_{eff_C}^2 = 10000 - 3600$$
$$U_{eff_C}^2 = 6400$$
$$\Rightarrow U_{eff_C} = 80V$$
$$\Rightarrow I_{eff} = \frac{80}{40} = 2\ A$$
$$R = \frac{60}{2} = 30\Omega$$

2) I_{eff} قبل $= Ieff$ بعد

$$\frac{U_{eff}}{Z_{\text{قبل}}} = \frac{U_{eff}}{Z_{\text{بعد}}}$$
$$\Rightarrow Z = Z$$
قبل بعد
$$\sqrt{R^2 + (X_C)^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$
$$X_C^2 = (X_L - X_C)^2$$
$$X_C = \mp(X_L - X_C)$$

إما: $X_C = X_L - X_C$

$$X_L = 2X_C = 2 \times 40 = 80\Omega$$
$$L\omega = 80 \Rightarrow L = \frac{80}{100\pi}$$
$$\Rightarrow L = \frac{4}{5\pi}\ H$$

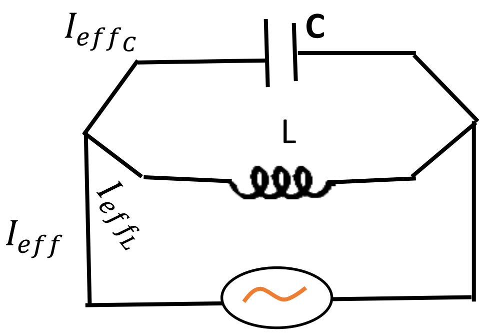
أو: $X_C = X_L + X_C$

$X_L = 0$ مرفوض

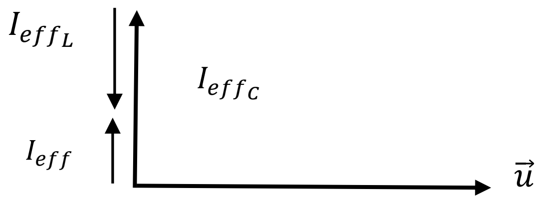
3) حالة تجاوب كهربائي:

$$X_L = X_C$$
$$\omega_r L = \frac{1}{\omega_r C}$$
$$\omega_r^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{4}{5\pi} \times \frac{1}{4000\pi}}}$$
$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{1}{50000}}} = \frac{1}{2\sqrt{\frac{1}{5000}}} = \frac{\sqrt{5000}}{2}\ Hz$$

4)



$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_C}} + \overrightarrow{I_{eff_L}}$$
$$\varphi_C = +\frac{\pi}{2} \quad , \varphi_L = -\frac{\pi}{2}$$
$$I_{eff_C} = \frac{U_{eff}}{X_C} = \frac{100}{40} = 2.5\ A$$
$$I_{eff_L} = \frac{U_{eff}}{X_L} = \frac{100}{80} = 12.5\ A$$



$$I_{eff} = I_{eff_C} - I_{eff_L} = 2.5 - 1.25 = 1.25A$$

ملاحظة:

عندما يحوي فرع مصباح كهربائي ذاتيته مهملة نتعامل معه على أنه مقاومة أومية.

مسألة $\frac{4}{158}$:

يُعطى تابع التوتر اللحظي بين طرفي مأخذ بالعلاقة:

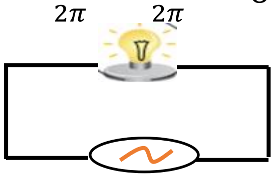
$\bar{u} = 120\sqrt{2}cos120\pi t(V)$ المطلوب:

1. **احسب التوتر المنتج بين طرفي المأخذ وتواتر التيار.**
2. **نضع بين طرفي المأخذ مصباحاً كهربائياً ذاتيته مهملة فيمر فيها تيار شدته المنتجة 6A احسب قيمة المقاومة أومية للمصباح واكتب تابع الشدة اللحظية المارة فيها.**
3. **نصل بين طرفي المصباح في الدارة السابقة وشيعة عامل استطاعتها $\frac{1}{2}$ فيمر في الوشيعة تيار شدته المنتجة 10A احسب ممانعة الوشيعة والاستطاعة المستهلكة فيها ثم اكتب تابع الشدة اللحظية المارة فيها.**
4. **احسب قيمة الشدة المنتجة في الدارة الأصلية باستخدام إنشاء فرينل.**
5. **احسب الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في جملة الفرعين وعامل استطاعة الدارة.**
6. **احسب سعة المكثفة الواجب ربطها على التفرع بين طرفي المأخذ لتصبح شدة التيار الأصلية الجديدة على وفاق بالطور مع التوتر المطبق عندما تعمل الفروع الثلاثة معاً.**

الحل: $u = 120\sqrt{2}\cos(120\pi t)$

1) $$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{120\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 120\ V$$
$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{120\pi}{2\pi} = 60Hz$$

2)



$$R=\frac{U_{eff}}{I_{eff}}=\frac{120}{6}=20\Omega$$

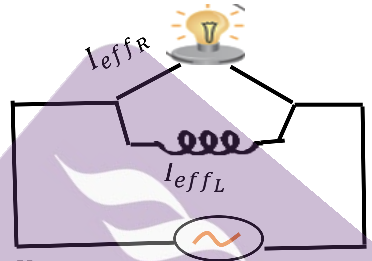
$$i_R=I_{max_R}\cos(\omega t+\varphi_R)$$

$$I_{max_R}=I_{eff}\,.\sqrt{2}=6\sqrt{2}\,A$$

$$i_R=6\sqrt{2}\cos(120\pi t)$$

$\varphi_R=0$ المقاومة تجعل الشدة على توافق مع التوتر

(3



$$Z_L=\frac{U_{eff}}{I_{eff_L}}=\frac{120}{10}=12\Omega$$

$$P_{avg_L}=U_{eff}.I_{eff_L}cos\varphi_L$$

$$P_{avg_L}=120\times 10\times\frac{1}{2}=600watt$$

$$i_L=I_{max_L}\cos(\omega t+\varphi_L)$$

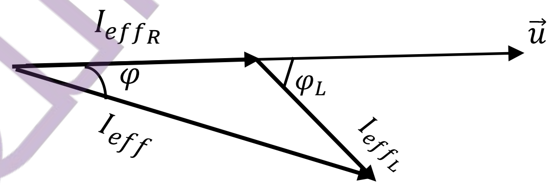
$$cos\varphi_L=\frac{1}{2}\Longrightarrow\ \varphi_L=-\frac{\pi}{3}rad$$

الوشيعة تؤخر الشدة عن التوتر ومنه:

$$i_L=10\sqrt{2}\cos\left(120\pi t-\frac{\pi}{3}\right)$$

(4

$$\overrightarrow{I_{eff}}=\overrightarrow{I_{eff_C}}+\overrightarrow{I_{eff_L}}$$



$$I_{eff}^2=I_{eff_R}^2+I_{eff_L}^2+2I_{eff_R}.I_{eff_L}\cos(\varphi_L-\varphi_R)$$

$$=36+100+2\times 6\times 10\cos\left(-\frac{\pi}{3}-0\right)$$

$$=136+60=196$$

$$I_{eff}=14\,A$$

(5

$$P_{avg}=P_{avg_R}+P_{avg_L}$$

$$=R.I_{eff_R}^2+U_{eff}.I_{eff_L}cos\varphi_L$$

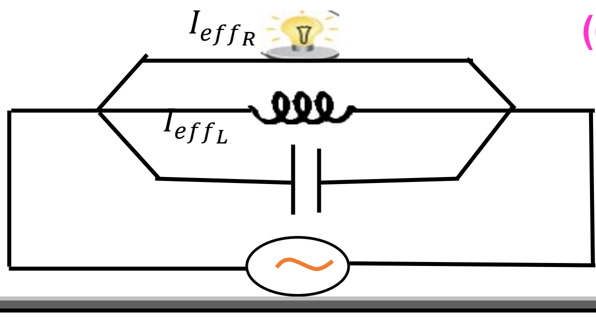
$$=20(36)+120\times 10\times\frac{1}{2}$$

$$=720+600=1320watt$$

$$cos\varphi=\frac{P_{avg}}{U_{eff}.I_{eff}}=\frac{1320}{120\times 14}$$

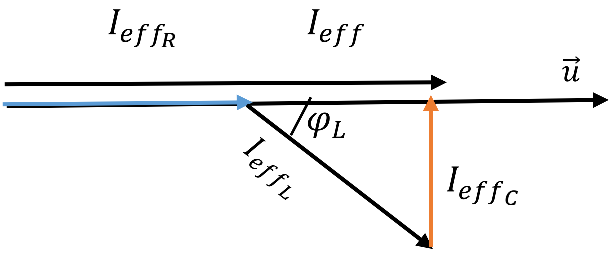
$$cos\varphi=\frac{11}{14}$$

(6



$$U_{eff}=X_C.I_{eff}$$

نحسب I_{eff_C} من انشاء فرينل:



$$I_{eff_C}=I_{eff_L}.Sin\varphi_L$$

$$I_{eff_C}=10\times\frac{\sqrt{3}}{2}=5\sqrt{3}\,A$$

$$X_C=\frac{120}{5\sqrt{3}}=\frac{24}{\sqrt{3}}\Omega$$

$$\frac{1}{\omega c}=\frac{24}{\sqrt{3}}$$

$$C=\frac{\sqrt{3}}{24\times 100\pi}=\frac{\sqrt{3}}{2400\pi}F$$

ملاحظة:

عندما يكون في أحد فروع الدارة (جهاز تسخين) أو (مسعر): فماذا نفعل:

كمية الحرارة التي يكتسبها الماء خلال نفس الزمن **=** الطاقة الحرارية المنتشرة عن المقاومة خلال الزمن t

$$U_{eff}.I_{eff_R}.cos\varphi_R.t=mc.\Delta t$$

$$RI_{eff_R}^2.t\quad=\quad mc.\Delta t$$

لحساب I_{eff_R} :

$$I_{eff_R}^2=\frac{m.c.\Delta t}{R.t}$$

لحساب R:

$$R=\frac{m.c.\Delta t}{I_{eff}^2.t}$$

مسألة $\frac{22}{276}$ عامة:

يغذي تيار متناوب جيبي يعطى توانره اللحظي بالعلاقة $u=120\sqrt{2}cos100\pi t$ الجهازين الآتيين المربوطين فيما بينهما على التفرع:

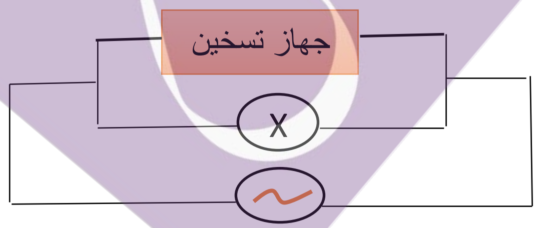
a. جهاز تسخين كهربائي ذاتيته مهملة يرفع درجة حرارة 1 Kg من الماء من الدرجة 0°C إلى الدرجة 72°C خلال 7min بمزود تسخين 100%

b. محرك استطاعته 600watt وعامل استطاعته $\frac{1}{2}$ فيه التيار متأخر بالطور عن التوتر. المطلوب:

1. احسب الشدة المنتجة للتيار في كل من الفرعين واكتب تابع الشدة اللحظية في كل منهما.
2. احسب الشدة المنتجة الكلية باستخدام إنشاء فرينل واحسب عامل استطاعة الدارة.
3. احسب سعة المكثفة التي إذا ضمت أيضاً على التفرع في الدارة جعلت الشدة الكلية متفقة بالطور مع فرق الكمون المطبق عندما تعمل الأجهزة جميعاً واحسب قيمة الشدة المنتجة في الدارة الأصلية عندئذ.
4. نستعمل التوتر السابق لتغذية دارة تتألف من فرعين يحوي أحدهما المكثفة السابقة ويحوي الآخر وشيعة مهملة المقاومة احسب ردية الوشيعة التي تنعدم من أجلها شدة التيار في الدارة الأصلية باستخدام إنشاء فرينل.

(الحرارة الكتلية للماء $C_0 = 4200 J.kg^{-1}.C^{\circ -1}$)

الحل: $u = 120\sqrt{2}\cos(100\pi t)$



الفرع الثاني	الفرع الأول
محرك	الجهاز
$P_{avg} = 600watt$	$m = 1kg$
$cos\varphi_L = \frac{1}{2}$	$\Delta t = 72C^{\circ}$
التيار متأخر التوتر	$t = 7min = 420(s)$

1) في الفرع الأول:

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = 120\ V$$

كمية الحرارة التي يكتسبها الماء = الطاقة الحرارية المنتشرة

$$U_{eff}.I_{eff_R}.cos\varphi_R.t = mc.\Delta t$$

$$I_{eff_R} = \frac{m.c.\Delta t}{U_{eff}\ .cos\varphi_R\ .t} = \frac{1\times4200\times72}{120\times1\times420}$$

$$I_{eff_R} = 6\ A$$

في الفرع الثاني (محرك):

$$P_{avg_L} = U_{eff}.I_{eff_L}.cos\varphi_L$$

$$I_{eff_L} = \frac{600}{120\times\frac{1}{2}} = 10\ A$$

تابع الشدة لكل فرع: $i_R = I_{max_R}\cos(\omega t + \varphi_R)$

$$i_R = 6\sqrt{2}\cos(100\pi t)$$

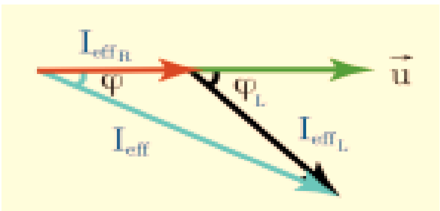
$$i_L = I_{max_R}\cos(\omega t + \varphi_L)$$

$$i_L = 6\sqrt{2}\cos(100\pi t - \frac{\pi}{3})$$

حيث:

$\varphi_L = -\frac{\pi}{3}$ لأن التيار فيه متأخر

2) $\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_C}} + \overrightarrow{I_{eff_L}}$



$$I_{eff}^2 = I_{eff_R}^2 + I_{eff_L}^2 + 2I_{eff_R}.I_{eff_L}\cos(\varphi_L - \varphi_R)$$

$$= 36 + 100 + 2\times6\times10\times\frac{1}{2}$$

$$= 196$$

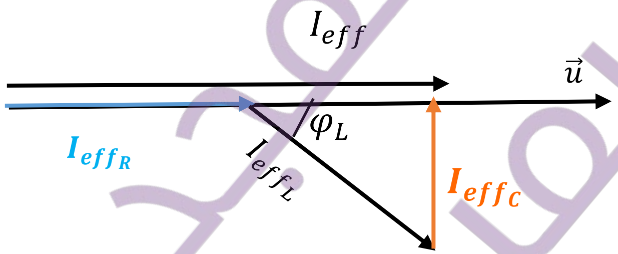
$$I_{eff} = 14\ A$$

$$cos\varphi = \frac{I_{eff_R} + I_{eff_L}cos\varphi_L}{I_{eff}} = \frac{6+10\times\frac{1}{2}}{14}$$

$$cos\varphi = \frac{11}{14}$$

3) $U_{eff} = X_C.I_{eff}$

نحسب I_{eff_C} من انشاء فرينل:



$$I_{eff_C} = I_{eff_L}.Sin\varphi_L$$

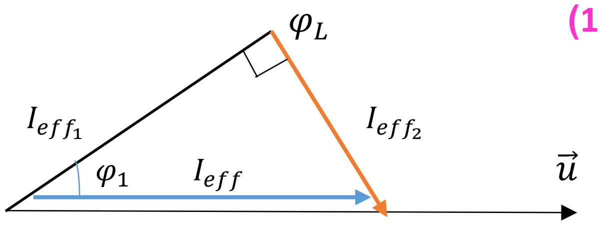
$$I_{eff_C} = 10\times\frac{\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3}\ A$$

$$X_C = \frac{120}{5\sqrt{3}} = \frac{24}{\sqrt{3}}\Omega$$

$$\frac{1}{\omega c} = \frac{24}{\sqrt{3}}$$

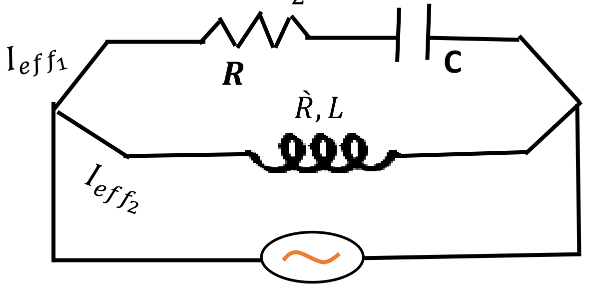
$$C = \frac{\sqrt{3}}{24\times100\pi} = \frac{\sqrt{3}}{2400\pi}F$$

(1



$$I_{eff_1} = I_{eff}.cos\varphi_1$$
$$= 10\sqrt{2} \times \frac{1}{2} = 5\sqrt{2}\ A$$
$$I_{eff_2} = I_{eff}.sin\varphi_1$$
$$= 10\sqrt{2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{6}A$$

(2



طريقة 1:

$$Z_1 = \frac{U_{eff}}{I_{eff_1}} = \frac{100\sqrt{2}}{5\sqrt{2}}$$
$$= 20\Omega$$

طريقة 2:

$$cos\varphi_1 = \frac{R}{Z_1}$$
$$Z_1 = \frac{R}{cos\varphi_1} = \frac{10}{\frac{1}{2}}$$
$$Z_1 = 20\Omega$$

حساب X_C:

$$Z_2 = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$
$$400 = 100 + X_C^2$$
$$\Rightarrow X_C^2 = 300 \Rightarrow X_C = 10\sqrt{3}\Omega$$

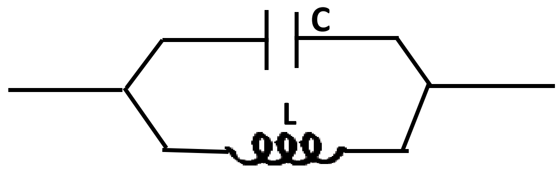
(3

$$X_L = \frac{10}{\sqrt{3}}$$
$$Z_2 = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

نحسب Z_2 :

$$Z_2 = \frac{U_{eff}}{I_{eff_2}} = \frac{100\sqrt{2}}{5\sqrt{6}}$$
$$= \frac{100\sqrt{2}}{5\sqrt{2}\sqrt{3}} = \frac{20}{\sqrt{3}}\Omega$$

(4



$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_L}} + \overrightarrow{I_{eff_C}}$$
$$I_{eff_L} = \frac{U_{eff}}{X_L}, I_{eff_C} = \frac{U_{eff}}{X_C}$$
$$I_{eff} = 0$$

$$I_{eff} = I_{eff_L} - I_{eff_C}$$
$$0 = I_{eff_L} - I_{eff_C}$$
$$\Rightarrow I_{eff_L} = I_{eff_C} \Rightarrow \frac{U_{eff}}{X_L} = \frac{U_{eff_C}}{X_C}$$
$$\Rightarrow X_L = X_C = \frac{24}{\sqrt{3}}\Omega$$

مسألة $\frac{23}{276}$ عامة:

مأخذ تيار متناوب جيبي بين طرفيه توتر منتج $100\sqrt{2}\ V$ نصله لدارة تحوي على فرعين يحوي الأول مقاومة ومكثفة يمر فيها تيار شدته المنتجة I_{eff_1} متقدم بطور $\frac{\pi}{3}rad$ عن التيار الأصلي ويحوي الفرع الثاني وشيعة يمر فيها تيار شدته المنتجة I_{eff_2} متأخر بطور $\frac{\pi}{6}rad$ عن التيار الأصلي ويمر في الدارة الأصلية تيار تابع شدته اللحظية: $i = 20cos100\pi t$ محققاً توافقاً مع التوتر المطبق. المطلوب:

1. **استنتج قيمة I_{eff_1} ، I_{eff_2} باستخدام إنشاء فرينل.**
2. **إذا كانت قيمة المقاومة في الفرع الأول 10Ω احسب ممانعة هذا الفرع واتساعيه المكثفة فيه.**
3. **إذا كانت ردية الوشيعة في الفرع الثاني $\frac{10}{\sqrt{3}}\Omega$ احسب مقاومة الوشيعة.**

الحل:

$$i = 20cos(100\pi t)$$
$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{20}{\sqrt{2}}$$
$$I_{eff} = 10\sqrt{2}\ A$$

$$(\frac{20}{\sqrt{3}})^2 = R^2 + (\frac{10}{\sqrt{3}})^2$$

$$\frac{400}{3} = R^2 + \frac{100}{3}$$

$$R^2 = \frac{300}{3} = 100$$

$$R = 10\Omega$$

انتهت مسائل المتناوب

اختبر نفسي :

أولاً: أعطِ تفسيراً علمياً موضحاً بالعلاقات المناسبة:

1. **لا تستهلك الوشيعة مهملة المقاومة طاقة كهربائية.**

الحل: $P_{avg} = U_{eff}\, I_{eff} cos\varphi$

$$P_{avg} = 0 \Leftarrow cos\varphi = 0 \Leftarrow \varphi = \frac{\pi}{2}$$

فالوشيعة مهملة المقاومة تختزن الطاقة بشكل كهرطيسي خلال ربع الدور لتعيدها إلى الدارة الخارجية بشكل كهربائي.

2. **لا تستهلك المكثفة طاقة كهربائية.**

الحل: $P_{avg} = U_{eff}\, I_{eff} cos\varphi$

$$\varphi = -\frac{\pi}{2} \Leftarrow cos\varphi = 0 \Rightarrow P_{avg} = 0$$

المكثفة تختزن الطاقة بشكل كهربائي لتعيدها إلى الدارة الخارجية بشكل كهربائي.

3. **لا تمرر المكثفة تياراً متواصلاً عند وصل لبوسيها بمأخذ تيار متواصل.**

الحل: بسبب وجود العازل بين لبوسيها حيث يسبب انقطاع في الدارة.

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$f \to 0 \quad \Rightarrow \quad X_C \longrightarrow \infty$$

4. **تكون الشدة المنتجة واحدةً في عدة أجهزةٍ موصولة على التسلسل مهما اختلفت قيم ممانعتها.**

الحل: اختلاف الممانعات يؤدي إلى اختلاف التواترات المنتجة فتبقى النسبة ثابتة وتساوي قيمة الشدة المنتجة.

5. **تستعمل الوشيعة ذات النواة الحديدية كمعدلة في التيار المتناوب.**

الحل: لأن ذاتية الدارة L تتغير بتغير وضع النواة وبالتالي تتغير ممانعتها $X_L = L\omega$

$$I_{eff} = \frac{U_{eff}}{X_L} = \frac{U_{eff}}{\omega L}$$

6. **توصف الاهتزازات الكهربائية في التيار المتناوب بالقسرية.**

الحل: تهتز الالكترونات الحرة في الدارة بالنبض الذي يفرضه المولد والذي يختلف عن النبض الخاص.

ثانياً: أهمية عامل الاستطاعة في نقل الطاقة الكهربائية من مولد التيار إلى الجهاز الكهربائي.

يُطلب من أصحاب التجهيزات الكهربائية الصناعية ألا ينقص عامل الاستطاعة في تجهيزاتهم عن 0.86 كيلا تخسر مؤسسة الكهرباء طاقة إضافية كبيرة نسبياً بفعل جول في خطوط نقلها وهي طاقة لا يسجلها العداد ولا يدفع المستهلك ثمنها.

المطلوب:

استنتج العلاقة التي تربط الاستطاعة الضائعة في خطوط النقل والتي مقاومتها R بدلالة عامل الاستطاعة بفرض ثبات التوتر المنتج والاستطاعة المتوسطة للدارة.

الحل: $P_{avg} = U_{eff}.I_{eff} cos\varphi$

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

تصرف الاستطاعة في المقاومة حرارياً

$$\grave{P} = R\, I_{eff}^2$$

$$\grave{P} = R[\frac{P_{avg}}{U_{eff}\ cos\varphi}]^2$$

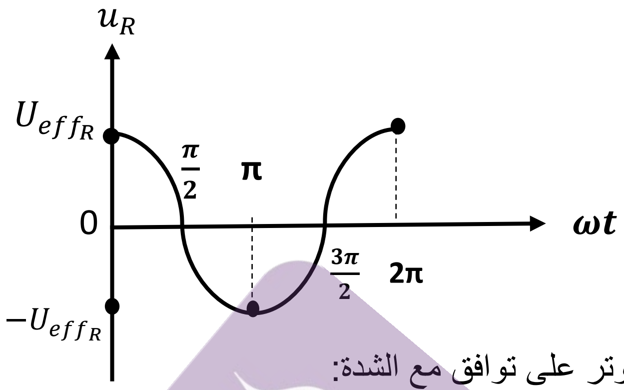
الاستطاعة الضائعة حرارياً تتناسب عكساً مع مربع عامل الاستطاعة فعندما تصبح قيمة عامل الاستطاعة كبيرة تنقص الاستطاعة الضائعة.

ثالثاً:

دارة تيار متناوب جيبي تابع شدته $\bar{\imath} = I_{max} cos\omega t$ ارسم المنحني البياني الممثل لكل من الشدة اللحظية والتوتر اللحظي بدلالة ωt (مخطط ضبط الطور) في كل من الحالات الآتية:

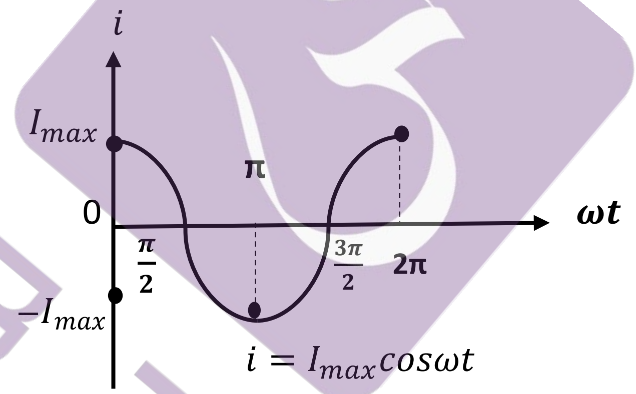
1. **مقاومة أومية فقط.**

الحل:



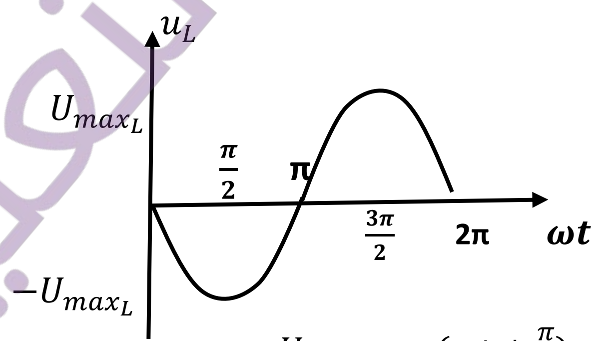
التوتر على توافق مع الشدة:

$$u = U_{max} cos\omega t$$



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

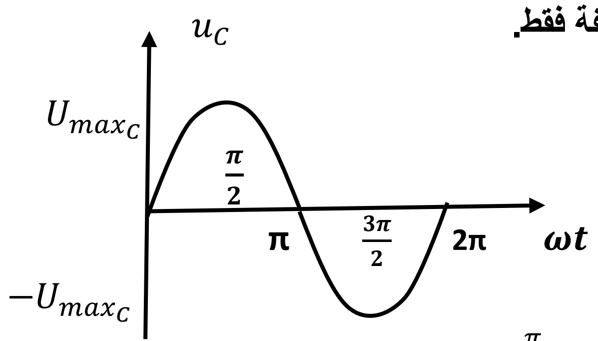
2. وشيعة مهملة المقاومة فقط.



$$u_L = U_{max_L} \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

التوتر متقدم على الشدة

3. مكثفة فقط.



$$u_C = U_{max_C} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

التوتر متأخر عن الشدة

انتهى البحث الخامس

المحولات الكهربائية:

مم تتألف المحولة:

تتألف من نواة من الحديد اللين ملفوف حولها وشيعتان:

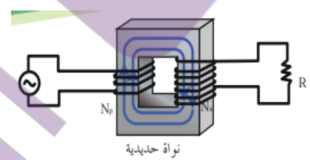
أ) وشيعة تتلقى التيار المتناوب تدعى الوشيعة الأولية يُرمز لعدد لفاتها N_P وللتوتر المنتج المطبق بين طرفيها U_{eff_P} والشدة المنتجة المار فيها I_{eff_P}

ب) وشيعة تتلقى منها التيار المتناوب تدعى وشيعة ثانوية. (يطبق عليها المحولة). عدد لفاتها N_S ، التوتر المنتج U_{eff_S} وللشدة المنتجة I_{eff_S}

تدعى النسبة $\frac{N_S}{N_P}$ نسبة التحويل ويرمز لها بالرمز μ

$$\mu = \frac{N_S}{N_P} = \frac{U_{eff_S}}{U_{eff_P}} = \frac{I_{eff_P}}{I_{eff_S}}$$

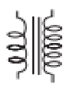
إذا كانت



$\mu > 1$	$\mu < 1$
$N_S > N_P$	$N_S < N_P$
$U_{eff_S} > U_{eff_P}$	$U_{eff_S} < U_{eff_P}$
$I_{eff_P} > I_{eff_S}$	$I_{eff_P} < I_{eff_S}$
المحولة رافعة للتوتر خافضة الشدة	المحولة حافظة للتوتر رافعة الشدة

المحولة الكهربائية: هي جهاز كهربائي يعتمد على حادثة التحريض الكهرطيسي يعمل على تغيير التوتر المنتج والشدة المنتجة للتيار المتناوب دون أن يغير تقريباً من الاستطاعة المنقولة أو من تواتر التيار أو شكل الاهتزاز.

- رمز المحولة في الدارات الكهربائية.



- لا تعمل المحولات الكهربائية عند توتر متواصل بين طرفي دارتها الأولية.

عند تطبيق توتر متناوب جيبي بين طرفي الدارة الأولية:

1. يمر فيها تيار متناوب جيبي .
2. يتولد داخل الوشيعة الأولية حقل مغناطيسي متناوب.
3. تعمل النواة الحديدية على تمرير كامل تدفقه إلى الدارة

آلية عمل المحولة الكهربائية:

الثانوية تقريباً فتتولد فيها قوة محركة كهربائية تساوي التوتر المتناوب الجيبي بين طرفيها. فيمر فيها تيار كهربائي متناوب له تواتر التيار المار في الأولية.

كفاءة المحولة الكهربائية

تصنف الاستطاعة الضائعة في المحولة إلى:

A: حرارياً

1. استطاعة ضائعة حرارياً في الدارة الأولية

$$\grave{P}_P = R_P\, I^2_{eff_P}$$

2. استطاعة ضائعة حرارياً في الدارة الثانوية

$$\grave{P}_S = R_S\, I^2_{eff_S}$$

3. استطاعة كلية ضائعة حرارياً

$$P_E = \grave{P}_P + \grave{P}_S$$

B: استطاعة كهربائية ضائعة مغناطيسياً نتيجة هروب جزء من خطوط الحقل المغناطيسي خارج النواة الحديدية P_M

لتحسين كفاءة عمل المحولة تُصنع:

- أسلاك الوشيعة من النحاس ذي المقاومة النوعية الصغيرة لتقليل الطاقة الكهربائية الضائعة بفعل جول.
- النواة الحديدية من شرائح رقيقة من الحديد اللين معزولة عن بعضها البعض لتقليل أثر التيارات التحريضية (تيارات فوكو)

مردود نقل الطاقة الكهربائية:

استنتاج العلاقة المحددة لمردود نقل الطاقة الكهربائية من مركز توليده إلى مكان الاستخدام وكيف يمكن جعل المردود قريب من الواحد

الحل:

$$\varepsilon = \frac{\text{استطاعة مفيدة}}{\text{استطاعة متولدة}}$$

حيث:

$$\varepsilon = \frac{P - \grave{P}}{P}$$

P: الاستطاعة المتولدة من منبع التيار المتناوب

$\grave{P}$ الاستطاعة الضائعة حرارياً في أسلاك النقل بفعل جول.

$$\varepsilon = 1 - \frac{\grave{P}}{P}$$

$$P = U_{eff}.I_{eff}\, cos\varphi \qquad cos\varphi = 1$$

$$P = U_{eff}.I_{eff}$$

U_{eff}: التوتر المنتج بين طرفي المنبع

R: مقاومة أسلاك النقل $\grave{P} = R I_{eff}^2$

$$\Rightarrow \varepsilon = 1 - \frac{R I_{eff}^2}{U_{eff} . I_{eff}}$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{RI_{eff}}{U_{eff}}$$

لكي يقترب المردود من الواحد ينبغي تصغير مقاومة أسلاك النقل R أو تكبير U_{eff} ويتم ذلك باستعمال محولات رافعة للتوتر. عند مركز توليد التيار ثم خفضه على مراحل عند الاستخدام.

المحولات الخافضة للتوتر:

لها استخدامات عديدة نذكر منها:

- شحن بعض الأجهزة الكهربائية.
- ألعاب الأطفال التي يخفض فيها التوتر للأمان من 220V إلى 12V أو أقل .
- عمليات اللحام الكهربائي.
- أفران الصهر.

اختبر نفسي :

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة:

1. محولة كهربائية نسبة تحويلها $\mu = 3$ وقيمة الشدة المنتجة في ثانويتها $I_{eff_S} = 6A$ فإن الشدة المنتجة في أوليتها:

a. $I_{eff_P} = 18\ A$ b. $I_{eff_P} = 2\ A$

c. $I_{eff_P} = 9\ A$ d: $I_{eff_P} = 3\ A$

الحل: $\mu = 3$ ، $I_{eff_S} = 6\ A$

$$\mu = \frac{I_{eff_P}}{I_{eff_S}} \Rightarrow 3 = \frac{I_{eff_P}}{6}$$

$$I_{eff_P} = 18\ A$$

2. محولة كهربائية قيمة التوتر المنتج بين طرفي أوليتها $U_{eff_P} = 20\ V$ وقيمة التوتر المنتج بين طرفي ثانويتها $U_{eff_S} = 40\ V$ فإن نسبة تحويلها μ تساوي:

a. 2 b. 0.5 c. 20 d. 60

الحل: $U_{eff_S} = 40\ V$ $U_{eff_P} = 20\ V$

$$\mu = \frac{U_{eff_S}}{U_{eff_P}} = \frac{40}{20} = 2$$

المسألة الأولى:

يبلغ عدد لفات أولية محولة كهربائية $N_P = 125$ لفة وعدد لفات ثانويتها $N_S = 375$ لفة والتوتر اللحظي بين طرفي الثانوية يُعطى بالعلاقة

$$u_S = 120\sqrt{2}\, cos 100\pi t (V)$$

المطلوب:

1. احسب نسبة التحويل ثم بين إن كانت المحولة رافعة للتوتر أم خافضة له.
2. احسب قيمة التوتر المنتج بين طرفي كل من الدارة الثانوية والأولية.
3. نصل بين طرفي الدارة الثانوية بمقاومة صرف $R = 30\Omega$ احسب قيمة الشدة المنتجة للتيار المار في الدارة الثانوية.
4. نصل على التفرع مع المقاومة السابقة وشيعة مهملة فيمر في فرع الوشيعة تيار شدته المنتجة $I_{eff} = 3\ A$ احسب ردية الوشيعة ثم اكتب التابع الزمني لشدة التيار المار في الوشيعة.
5. احسب قيمة الشدة المنتجة الكلية في الدارة الثانوية باستخدام إنشاء فرينل.
6. احسب قيمة الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في الدارة وعامل استطاعة الدارة.

الحل: $N_S = 375$ لفة $N_P = 125$ لفة

$$u_s = 120\sqrt{2}\cos(100\pi t)\ (V)$$

1) احسب نسبة التحويل:

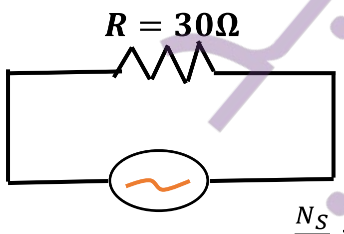
$$\mu = \frac{N_S}{N_P} = \frac{375}{125} = 3 > 1$$

المحولة رافعة للتوتر.

2) $$U_{eff_S} = \frac{U_{max_S}}{\sqrt{2}} = \frac{120\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 120V$$

$$\mu = \frac{U_{eff_S}}{U_{eff_P}} \Rightarrow 3 = \frac{120}{U_{eff_P}} \Rightarrow U_{eff_P} = 40\ V$$

3)



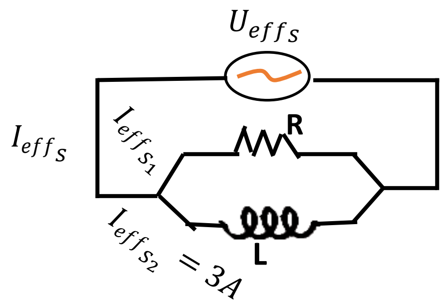
$$U_{eff_S} = RI_{eff_S}$$

$$I_{eff_S} = \frac{120}{30} = 4A$$

$$\frac{N_S}{N_P} = \frac{I_{eff_P}}{I_{eff_S}} \Rightarrow 3 = \frac{I_{eff_P}}{4}$$

$$I_{eff_P} = 12\ A$$

4)



$$U_{eff_S} = X_L I_{eff_S}$$

$$X_L = \frac{120}{3} = 40\Omega$$

$$L\omega = 40$$

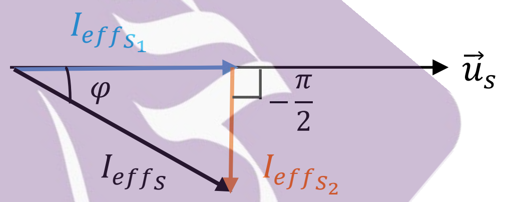
$$L = \frac{40}{100\pi} = \frac{2}{5\pi}$$

$$i_{s_2} = I_{max_2} \cos(\omega t + \bar{\varphi}_L)$$

$$i_{s_2} = 3\sqrt{2}\cos(100\pi t - \frac{\pi}{2})$$

الشدة متأخرة عن التوتر في فرع الذاتية.

(5 $\overrightarrow{I_{eff_S}} = \overrightarrow{I_{eff_1}} + \overrightarrow{I_{eff_2}}$



$$I_{eff_S}^2 = I_{eff_{S_1}}^2 + I_{eff_{S_2}}^2$$

$$= 16 + 9 = 25$$

$$I_{eff_S} = 5A$$

(6 الاستطاعة المستهلكة في الدارة:

$$P_{avg} = P_{avg_1} + P_{avg_2}$$

$$= U_{eff_S}.I_{eff_{S_1}}cos\varphi_1 + U_{eff_S}.I_{eff_{S_2}}cos\varphi_2$$

$$= 120 \times 4 \times 1 + 120 \times 3 \times 0$$

$$= 480\ watt$$

$$cos\varphi = \frac{P_{avg}}{U_{eff_S}.I_{eff_S}} = \frac{480}{120 \times 5} = \frac{4}{5}$$

المسألة الثانية:

محولة كهربائية مثالية عدد لفاتها ثانويتها 480 لفة يطبق بين طرفي أوليتها توتراً منتجاً $240V$ ويوصل بين طرفي ثانويتها مصباح كهربائي استطاعته $24Watt$ ويعمل بتوتر منتج $2V$ المطلوب حساب:

1- الشدة المنتجة المارة في الدارة الثانوية.

2- الشدة المنتجة المارة في الدارة الأولية.

3- عدد لفات الدارة الأولية ونسبة التحويل.

4- المقاومة الأومية للمصباح الكهربائي.

الحل: $N_S = 480$ لفة , $U_{eff_P} = 240V$

$U_{eff_S} = 2\ V$, $P_{avg_S} = 24watt$

(1 $P_{avg_S} = U_{eff}.I_{eff_S}cos\varphi_R$

$$24 = 2 \times I_{eff_S} \Rightarrow I_{eff_S} = 12\ A$$

(2 $$\frac{I_{eff_P}}{I_{eff_S}} = \frac{U_{eff_S}}{U_{eff_P}} \Longrightarrow \frac{I_{eff_P}}{12} = \frac{2}{240}$$

$$I_{eff_P} = 0.1\ A$$

(3 $$\frac{N_S}{N_P} = \frac{U_{eff_S}}{U_{eff_P}} \Longrightarrow \frac{480}{N_P} == \frac{2}{240}$$

$$N_P = \frac{240 \times 480}{2} = 57600 \text{ لفة}$$

$$\mu = \frac{U_{eff_S}}{U_{eff_P}} = \frac{2}{240} = \frac{1}{120}$$

(4 $$R = \frac{U_{eff_S}}{I_{eff_S}} = \frac{2}{12} = \frac{1}{6}\ \Omega$$

المسألة الثالثة:

يبلغ عدد لفات أولية محولة 3750 لفة وعدد لفات ثانويتها 125 لفة نطبق بين طرفي الأولية توتراً منتجاً $U_{eff_P} = 3000V$ ونربط بين طرفي الثانوية دارة تحوي على التفرع.

- مقاومة صرف الاستطاعة المستهلكة فيها $P_{avg_1} = 1000W$

- وشيعة لها مقاومة أومية الاستطاعة المستهلكة فيها $P_{avg_2} = 1000W$ يمر فيها تيار يتأخر بالطور عن التوتر المطبق بمقدار $\frac{\pi}{3}rad$ المطلوب حساب:

1. قيمة الشدة المنتجة للتيار المار في المقاومة.
2. قيمة الشدة المنتجة للتيار المار في الوشيعة.
3. قيمة الشدة المنتجة للتيار المار في ثانوية المحولة.
4. الشدة المنتجة للتيار المار في الدارة الأولية للمحولة.

الحل: $N_P = 3750$ لفة , $N_S = 125$ لفة

$U_{eff_P} = 3000\ V$

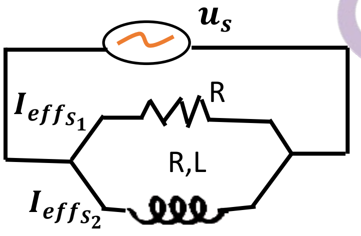
فرع أول: مقاومة صرف $P_{avg_1} = 1000\ watt$

فرع ثاني: وشيعة مقاومة $P_{avg_2} = 1000\ watt$

يمر فيها تيار يتأخر بالطور عن التوتر بمقدار $\frac{\pi}{3}$

(1 حساب $U_{eff_{S_1}}$

نحسب U_{eff_S} :



$$\frac{N_S}{N_P} = \frac{U_{eff_S}}{U_{eff_P}}$$

$$= \frac{125}{3750} = \frac{U_{eff_S}}{3000}$$

$$\Rightarrow U_{eff_S} = 100\ V$$

$$P_{avg_{s_1}} = U_{eff_S}.I_{eff_{s_1}} cos\varphi_1$$

$$1000 = 100 \times I_{eff_{s_1}} \times 1$$

$$I_{eff_{s_1}} = 10\ A$$

2) حساب $I_{eff_{s_2}}$:

$$P_{avg_{s_2}} = U_{eff_S}.I_{eff_{s_2}} cos\varphi_2$$

$$1000 = 100 \times I_{eff_{s_2}} \times \frac{1}{2}$$

$$I_{eff_{s_2}} = 20\ A$$

3)
$$\overrightarrow{I_{eff_S}} = \overrightarrow{I_{eff_1}} + \overrightarrow{I_{eff_2}}$$

$$I_{eff_S}^2 = I_{eff_{s_1}}^2 + I_{eff_{s_2}}^2 + 2I_{eff_{s_1}}.I_{eff_{s_2}}\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$= (10)^2 + (20)^2 + 2(10)(20)\cos\left(\frac{\pi}{3}\right)$$

$$I_{eff_S} = 10\sqrt{7}\ A$$

4)
$$\frac{N_S}{N_P} = \frac{I_{eff_P}}{10\sqrt{7}}$$

$$\Longrightarrow I_{eff_P} = \frac{\sqrt{7}}{3}\ A$$

المسألة الرابعة:

يبلغ عدد لفات وشيعة أولية محولة 125 لفة وفي ثانويتها 375 لفة نطبق بين طرفي الدارة الأولية توتراً كهربائياً جيبياً تواتره 50HZ قيمته المنتجة 10 V ونصل طرفي الثانوية بمقاومة صرف R مغموسة في مسعر يحوي 600g من الماء معادله المائي مهمل فترتفع حرارته 2.14°C خلال دقيقة واحدة.

$$(C_{H2O} = 4200 J.Kg^{-1}C^{-1})$$

المطلوب:

1. **احسب قيمة المقاومة R.**
2. **احسب الشدتين المنتجتين في دارتي المحولة باعتبار مردودها يساوي الواحد.**
3. **نصل على التفرع بين طرفي المقاومة وشيعة مهملة المقاومة فتصبح الشدة المنتجة الكلية في الدارة الثانوية 5 A**

المطلوب حساب:

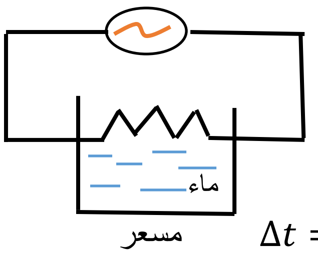
a. **الشدة المنتجة للتيار في فرع الوشيعة باستخدام إنشاء فرينل ثم احسب تابع الشدة اللحظية.**

b. **ذاتية الوشيعة.**

c. **الاستطاعة المتوسطة في جملة الفرعين.**

u_s

الحل:



$N_P = 125$ لفة

$N_S = 375$ لفة

$U_{eff_P} = 10\ V$

$\Delta t = 2.16C°,\ t = 60(s)$

$m_{ماء} = 0.6kg \quad , \quad f = 50Hz$

1) احسب قيمة (R):

الطاقة الحرارية المنتشرة عن المقاومة خلال الفاصل الزمني Δt = الطاقة الحرارية التي يمتصها ماء المسعر خلال نفس الفاصل الزمني

$$m\ C_0\ .\Delta t = RI_{eff_S}^2.t$$

$$m\ C_0\ .\Delta t = R\left(\frac{U_{eff_S}}{R}\right)^2.t$$

$$m\ C_0\ .\Delta t = \frac{U_{eff_S}^2}{R}.t$$

$$\Longrightarrow R = \frac{U_{eff_S}^2\ .t}{m\ C_0\ .\Delta t}$$

نحسب U_{eff_S}:

$$\boxed{\frac{N_S}{N_P} = \frac{U_{eff_S}}{U_{eff_P}}}$$

$$3 = \frac{U_{eff_S}}{10} \Longrightarrow U_{eff_S} = 30\ V$$

نعوض ونحسب R:

$$R = \frac{(30)^2 \times 60}{4200 \times 0.6 \times 2.16} = 10\ \Omega$$

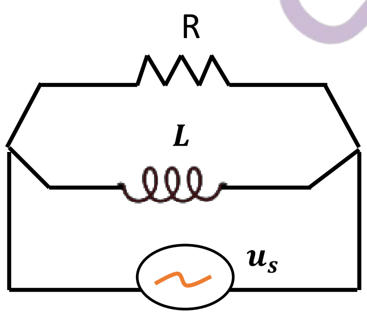
2)
$$U_{eff_S} = RI_{eff_S}$$

$$30 = 10 \times I_{eff_S}$$

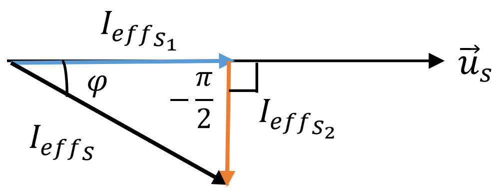
$$\Longrightarrow I_{eff_S} = 3\ A$$

$$\boxed{\frac{N_S}{N_P} = \frac{I_{eff_P}}{I_{eff_S}} \Longrightarrow I_{eff_P} = 9\ A}$$

3)



$$\overrightarrow{I_{eff_S}} = \overrightarrow{I_{eff_1}} + \overrightarrow{I_{eff_2}}$$



$$I^2_{eff_S} = I^2_{eff_{S_1}} + I^2_{eff_{S_2}}$$

$$25 = 9 + I^2_{eff_{S_2}} \Rightarrow I_{eff_{S_2}} = 4\ A$$

$$i_{S_2} = I_{max_2} \cos(\omega t + \bar{\varphi}_2)$$

$$i_{S_2} = 4\sqrt{2}\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$$

(4

$$U_{eff_S} = X_L I_{eff_{S_2}}$$

$$30 = X_L(4)$$

$$X_L = \frac{30}{4}\Omega \Rightarrow X_L = L\omega = \frac{30}{4}$$

$$\Rightarrow L = \frac{30}{400\pi}\ H$$

$$P_{avg} = P_{avg_1} + P_{avg_2}$$

$$= U_{eff_S}.I_{eff_{S_1}}\cos\varphi_1 + U_{eff_S}.I_{eff_{S_2}}\cos\varphi_2$$

$$= 30 \times 3 \times 1 + 30 \times 4 \times 0$$

$$P_{avg} = 90\ watt$$

تفكير ناقد

عملياً يوجد حدُّ أعلى للتوترات التي يمكن نقلها عبر خطوط التوتر فما العوامل التي تمنع من تجاوز هذا الحد في خطوط النقل البعيد للطاقة الكهربائية.

لأن التوترات العالية جداً تؤدي إلى تأين في جزيئات الهواء المهيط بخطوط النقل إلى درجة يصبح فيها الهواء ناقلاً للتيار إلى الأرض أو المنشأت المجاورة وسيؤدي ذلك إلى آذية فعلية لأي كائن حي.

أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي: P: 166

1. لا تنقل الطاقة الكهربائية عبر المسافات البعيدة بوساطة تيار متواصل؟

الجواب: للتقليل من الطاقة الضائعة بفعل جول.

2. تنقل الطاقة الكهربائية بتوتر عدة آلاف من الفولتات ثم تخفض إلى $220\ V$ عند الاستهلاك.

الجواب: للتقليل من الطاقة بفعل جول ثم تخفض إلى $200V$ عند الاستهلاك لتوافق عمل الأجهزة الكهربائية.

3. تُصنع النواة في المحولة من صفائح أو قضبان معزولة من الحديد اللين؟

الجواب: لإنقاص من تأثير تيارات فوكو.

شكراً لحسن الاستماع

تمنياتي لكم كبيرة وكثير

الأستاذ

حيان سلبود

Ch, G , A