الفيزياء

الصف الثاني عشر

الفصل الدراسي الثاني

الوحدة الثانية الكهرباء والمغناطيسية

إعداد أ / أحمد سمير

تابعونا على الفيس بوك أحمد سمير شعبان

الوحدة الثانية : الكهرباء والمغناطيسية

الفصل الأول : الحث الكهرومغناطيسي

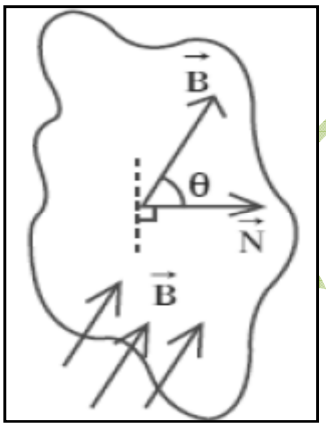
الدرس (1-1) الحث الكهرومغناطيسي

1- التدفق المغناطيسي

وجه المقارنة	التدفق المغناطيسي (Φ)	شدة المجال المغناطيسي عند نقطة ($\vec{B}$)
التعريف	عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق سطحا ما مساحته A بشكل عمودي	عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق وحدة المساحات من السطح بشكل عمودي
نوع الكمية	عددية	متجهة
وحدة القياس	الوبر (Wb) وتعادل $T \cdot m^2$	التسلا (T)
الرمز	Φ	$\vec{B}$

حساب التدفق المغناطيسي (Φ) :

$$\phi = B\ A \cos\ \theta$$



حيث أن :(B) : شدة المجال المغناطيسي الذي يخترق السطح .

(A) : مساحة السطح التي تخترقها خطوط المجال .

(θ) : زاوية سقوط المجال وهي الزاوية بين متجه مساحة السطح $\vec{N}$ (العمود المقام على السطح) و اتجاه المجال المغناطيسي $\vec{B}$ الذي يخترق السطح .

ملاحظة : اذا كان التدفق المغناطيسي **يخترق عدد N من اللفات** كما هي الحال في الملف فإنه يحسب من العلاقة التالية :

$$\phi = N\ B\ A \cos\ \theta$$

العوامل التي يتوقف عليها التدفق المغناطيسي

1- شدة المجال المغناطيسي الذي يخترق السطح (B)
2- مساحة السطح التي تخترقها خطوط المجال (A).
3- الزاوية بين متجه مساحة السطح وخطوط المجال المغناطيسي (θ)

ملاحظات هامة :

1- أكبر قيمة للتدفق المغناطيسي تكون عندما ($\theta = 0$) أي عندما يكون اتجاه المجال عمودي علي السطح .
2- أقل قيمة للتدفق المغناطيسي تكون عندما ($\theta = 90$) أي عندما يكون اتجاه المجال يوازي السطح .
3- يقل التدفق المغناطيسي عندما تزداد الزاوية (θ) .
4- **زاوية الاتجاه الموجب الاختياري** هو الزاوية بين اتجاه المجال المغناطيسي والعمودي علي السطح (متجه المساحة $\vec{N}$) .

علل لما يلي :

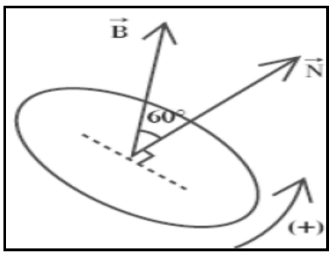
1- التدفق المغناطيسي كمية عددية ؟

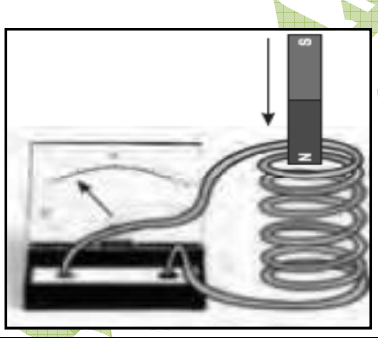
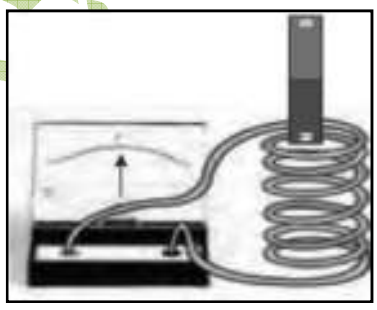
ج : لأنه ينتج من حاصل الضرب العددي لمتجهي شدة المجال المغناطيسي ومتجه مساحة السطح .

2- التدفق المغناطيسي يكون أكبر ما يمكن عندما تكون خطوط المجال المغناطيسي عمودية علي السطح .

ج : لأنه يكون في هذه الحالة الزاوية بين اتجاه المجال المغناطيسي والعمودي علي السطح (متجه المساحة $\vec{N}$) . تساوي صفرا ($\theta = 0$) ومن العلاقة $\phi = B\ A\ \cos\ \theta$ يكون $\cos 0 = 1$ وبالتالي يكون التدفق أكبر ما يمكن .

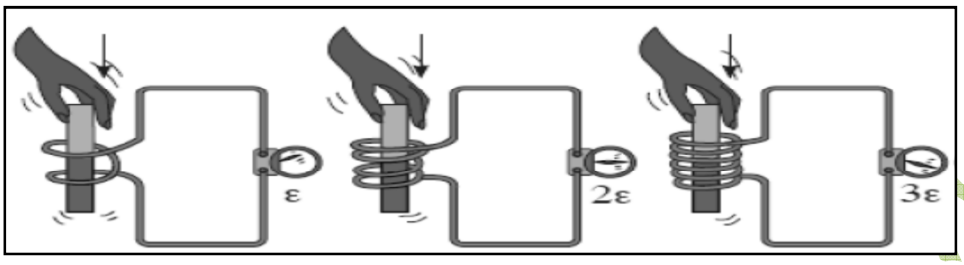
مثال 1 : لفة دائرية الشكل نصف قطرها cm (10) موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم شدته T (0.4) احسب مقدار التدفق المغناطيسي في حال متجه مساحة السطح ويحسب الاتجاه الموجب الاختياري يصنع زاوية (60^o) مع خط المجال المخترق للسطح . كما بالشكل المقابل .



الحث الكهرومغناطيسي ظاهرة توليد القوة الدافعة الكهربائية الحثية في موصل نتيجة تغير التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الموصل .	
إن حركة مغناطيس في ملف متصل بجلفانومتر أو حركة الملف بالنسبة إلي المغناطيس الثابت أو حركتهما بالنسبة لبعضهما البعض أظهرت تولد قوة دافعة كهربائية ε تنتج تيارا كهربائيا في الدائرة المغلقة كما بالشكل المقابل . أي ان **القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في ملف** تنشأ نتيجة **حدوث تغير في التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الملف .**	
هذا التيار الكهربائي يتوقف تماما لحظة توقف الحركة نتيجة عدم حدوث تغير في التدفق المغناطيسي .كما بالشكل المقابل	

ملاحظات هامة : 1- مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية وشدة التيار ألحثي تكون أكبر كلما كانت الحركة النسبية بين المغناطيس والملف أسرع .

2- كلما ازداد عدد لفات الملف ازداد مقدار القوة الدافعة الكهربائية (كلما تضاعف عدد لفات الملف تضاعف أيضا مقدار القوة الدافعة الكهربائية) .كما بالشكل التالي .



3- يتولد القوة الدافعة الكهربائية عند حدوث تغير في التدفق المغناطيسي ويتم ذلك بإحدى الحالات التالية :

أ- تغير شدة المجال المغناطيسي الذي يخترق السطح (B)

ب- تغير مساحة السطح التي تخترقها خطوط المجال (A).

ج- تغير الزاوية بين متجه مساحة السطح وخطوط المجال المغناطيسي (θ)

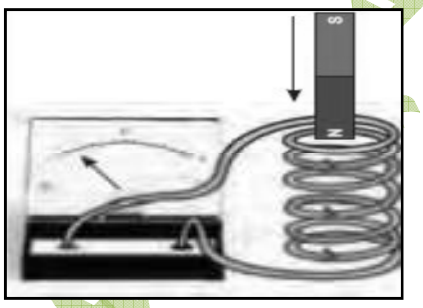
قانون فاراداي للحث

مقدار القوة الدافعة الكهربائية التأثيرية المتولدة في ملف تتناسب طرديا مع حاصل ضرب عدد اللفات و معدل التغير في التدفق المغناطيسي الذي يجتاز هذه اللفات.

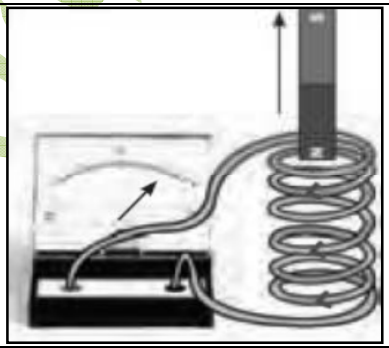
قانون لنز

التيار الكهربائي ألتأثيري المتولد في ملف يسري باتجاه بحيث يولد مجالا مغناطيسيا يعاكس التغير في التدفق المغناطيسي المولد له .

عند دفع القطب الشمالي (N) لمغناطيس إلي داخل الملف يولد في الملف تيارا حثيا له اتجاه يولد مجالا مغناطيسيا معاكسا لاتجاه المجال المطبق أي يتحول سطح الملف المقابل إلي قطب شمالي (N) ويسبب تنافرا مع المغناطيس المدفوع (يقاوم حركة تقريب المغناطيس).كما بالشكل المقابل .



وكذلك جذب قطب المغناطيس (N) بعيدا عن اللفات يولد تيارا حثيا اتجاهه في الملف يجعل سطح الملف قطبا مغناطيسيا جنوبيا (S) يعمل علي جذب المغناطيس المبعد إلي الداخل (يقاوم حركة إبعاد المغناطيس) . كما بالشكل المقابل .



نستنتج أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية تنشأ بحيث تقاوم التغير في التدفق المغناطيسي المسبب في توليدها .

ملاحظات هامة ا- إذا كان **التغير في التدفق المغناطيسي** الذي يقطع الملف في حالة **زيادة** فإن التيار ألتأثيري المتولد يسري باتجاه بحيث **يولد مجالا مغناطيسيا** في **عكس** المجال **المطبق ليقاوم زيادته .**

2- أما إذا كان **التغير في التدفق المغناطيسي** الذي يقطع الملف في حالة **نقصان** فإن التيار ألتأثيري المتولد يسري باتجاه بحيث يولد **مجالا مغناطيسيا في نفس اتجاه المجال المطبق ليقاوم نقصانه .**

بناءا على قانون لنز يمكن كتابة نص قانون فاراداي بشكله الأكثر استخداما كالتالي :

قانون فاراداي

إن القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في موصل تساوي سالب معدل التغير في التدفق المغناطيسي بالنسبة إلي الزمن .

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

حيث

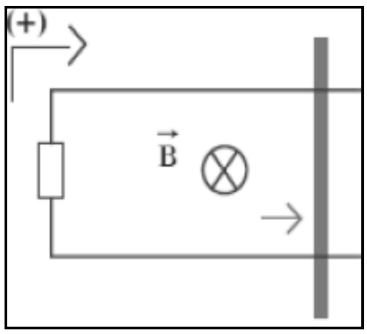
$$\phi = N\ B\ A\cos\ \theta$$

والإشارة السالبة تشير إلى أن القوة الدافعة الكهربائية تعاكس السبب المولد لها بحسب قانون لنز .

ملاحظة : يمكن حساب شدة التيار ألحثي المتولد في ملف مقاومته الكهربائية R من العلاقة التالية :

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

القوة الدافعة الكهربائية الحثية في مجال مغناطيسي منتظم



في الشكل المقابل سكة موصلة مقفلة من جهة واحدة موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم عمودي علي مستوي السكة للداخل ويمثل بالعلامة (X) . تم وضع سلك معدني مستقيم علي السكة المغلقة من جهة واحدة ليتشكل لدينا دائرة مغلقة مساحتها A .
عند تحريك السلك المستقيم مبتعدا عن الجهة المغلقة من السكة يسبب زيادة في المساحة المخترقة من خطوط المجال المغناطيسي وبالتالي تغير في التدفق المغناطيسي وبالتالي تتولد قوة محركة تأثيرية وكذلك يتولد تيار حثي يولد مجالا مغناطيسيا اتجاهه عمودي علي مستوي السكة للخارج ويمثل بالعلامة (.) معاكس لاتجاه المجال المسبب بحسب قانون لنز .

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$\varepsilon = -B\frac{dA}{dt}$$

وعندما تكون الحركة خطية منتظمة :

$$\frac{d\ A}{d\ t} = -\frac{d\ (l.x)}{d\ t} = v\ l$$

$$\varepsilon = -B\ l\ v$$

حيث أن l طول السلك
V السرعة التي يتحرك بها

هام جدا : 1- عند **زيادة المساحة** المخترقة من خطوط المجال المغناطيسي يكون : $\varepsilon = -B\ l\ v$

2- عند **نقص المساحة** المخترقة من خطوط المجال المغناطيسي يكون : $\varepsilon = +Blv$

تعليلات هامة :

1) التدفق المغناطيسي كمية عددية ؟

لأنه ناتج من حاصل الضرب العددي (الداخلي) لمتجهي شدة المجال في متجه المساحة

2) يكون التدفق المغناطيسي اكبر ما يمكن اذا كان خط المجال عمودي علي السطح ؟

لانعدام الزاوية بين متجه المساحة وخط المجال وبالتالي يكون $\cos(0)=1$ و $\phi = AB$

3) اذا كان خط المجال يوازي السطح فان التدفق المغناطيسي يساوي صفر ؟

لان الزاوية تساوي 90 وبالتالي $\cos(90)=0$ و $\phi = 0$.

4) قد يتحرك سلك بين قطبي مغناطيس ولا تتولد قوة محركة تأثيرية ؟

لأن الملف قد يكون متحركاً باتجاه موازي لخطوط المجال فلا يقطع خطوط المجال

$\phi = B \cdot A \cos\theta \quad \because \cos 90 = 0 \quad \therefore \phi =$ صفر $\therefore \varepsilon =$ صفر

5) عند ثبات شدة التيار المار في دائرة تحتوي على ملف حثي $(L\neq 0)$ تنعدم القوة التأثيرية المتولدة فيه ؟

وذلك لثبات التدفق المغناطيسي $\emptyset$ ($\frac{\Delta\emptyset}{\Delta t}$ = صفر) فتنعدم القوة المحركة التأثيرية المتولدة .

6) تظهر شرارة كهربائية بين طرفي المفتاح عند فتح الدائرة التي تحتوي على ملف حثي له عدد كبير من اللفات ؟

بسبب تولد قوة محركة تأثيرية طردية تولد تيار تأثيري يتغلب علي مقاومة الهواء بين طرفي المفتاح ويؤدي الي حدوث شرارة كهربية .

7) عند بدء إمرار تيار كهربائي مستمر في ملف حثي فإنه يستغرق وقتا أطول ليصل للقيمة العظمى الثابتة له ؟

وذلك لتولد تيار تأثيري عكسي يعمل علي مقاومة نمو التيار .

8) يصعب دفع ملف طرفاه موصولان بمقاومة خارجية عندما تكون عدد لفاته كبيرة ؟

لأنه بزيادة عدد اللفات يتكون مجال مغناطيسي اقوي فيزيد من قوة التنافر .

9) توجد اشارة سالبة في قانون فارادي للحث ؟

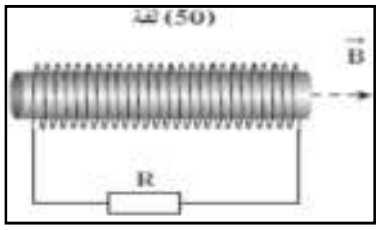
لان القوة الدافعة الكهربية تعاكس السبب المولد لها بحسب قانون لنز .

ما هي العوامل التي يتوقف عليها كل من؟

الكمية	العوامل
التدفق المغناطيسي الذي يجتاز ملف	- شدة المجال المغناطيسي B - مساحة السطح A - الزاوية بين متجه المجال وخطوط المجال Θ
التدفق المغناطيس الذي يخترق حلقة	- شدة المجال المغناطيسي B - مساحة السطح A - الزاوية Θ - عدد الفات N
اتجاه التيار الحثي في ملف	- حركة المغناطيس بالنسبة للملف
القوة الدافعة التأثيرية الحثية	- الحركة النسبية للملف والمغناطيس - عدد لفات الملف - تغير اتجاه اقطاب الملف
القوة الدافعة التأثيرية المتولدة في ملف	- شدة المجال المغناطيسي B - مساحة الملف A - زمن قطع الملف لخطوط المجال
القوة المحركة التأثيرية المتولدة في سلك مستقيم	- شدة المجال المغناطيسي B - طول الموصل . l - سرعة حركة الموصل . v

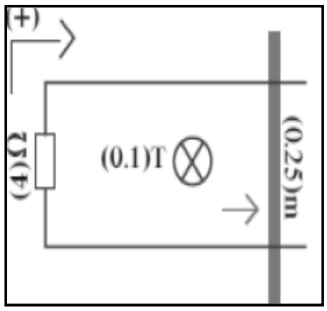
مسائل متنوعة

مسألة 1 : ملف مكون من (50) لفة حول اسطوانة فارغة مساحة قاعدتها $1.8)\ m^2$ ويؤثر عليه مجال مغناطيسي منتظم اتجاهه عمودي علي مستوي قاعدة الاسطوانة كما بالشكل المقابل . احسب :



أ- مقدار القوة الدافعة الحثية في الملف إذا تغير مقدار شدة المجال المغناطيسي بشكل منتظم من (0) T إلي (0.55) T خلال (0.85) s

ب- مقدار شدة التيار ألحثي في الملف إذا كانت المقاومة في الدائرة المغلقة المتصلة بالملف ثابتة وتساوي $R = (20)\ \Omega$



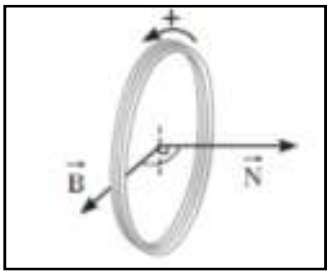
مسألة 2 : يبين الشكل المقابل سلكا موصلا طوله (0.25) m يتحرك علي سكة مغلقة بمقاومة ثابتة $R = (4)\ \Omega$ من جهة واحدة موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم عمودي علي مستوي السكة شدته (0.1) T سحب السلك بعيدا عن الجهة المغلقة بسرعة منتظمة تساوي (2) m/s احسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية والتيار الكهربائي ألحثي مبينا اتجاهه .

مسألة 4 : ملف عدد لفاته (1000) لفة مساحة مقطع كل منها $(15)\ cm^2$ موضوع في مجال مغناطيسي عمودي علي مستوي اللفات ومقدار شدته $B = (\ 0.4 \times 10^{-4}\ )\ T$ احسب مقدار التدفق المغناطيسي .

مسألة 5 : حلقة دائرية نصف قطرها (22) cm موضوعة عموديا في مجال مغناطيسي منتظم شدته (1) T سحبت اللفة إلي خارج المجال المغناطيسي خلال (0.25) s احسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية خلال تلك الفترة .

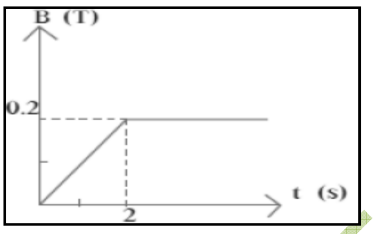
مسألة 6 : يؤثر مجال مغناطيسي منتظم مقداره B = (0.1) T عموديا علي مستوي لفات ملف مؤلف من (500) لفة احسب القوة الدافعة الكهربائية علما أن مساحة اللفة $(100)cm^2$ وأن المجال المغناطيسي يتناقص ليصبح صفرا خلال (0.1) s .

مسألة 7 : حلقة دائرية الشكل نصف قطرها (20) cm موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.5) T واتجاهه يشكل مع متجه السطح بحسب الاتجاه الموجب الاختياري زاوية (120^o) احسب مقدار التدفق المغناطيسي المخترق للسطح .



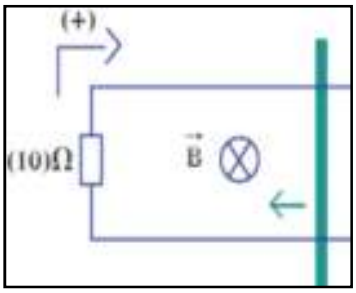
مسألة 8 : ملف مكون من (100) لفة حول اسطوانة فارغة مساحة قاعدتها 2m (0.5) يؤثر عليها مجال مغناطيسي عمودي علي مستوي اللفات يتغير بحسب الرسم البياني في الشكل المقابل . احسب :

أ- مقدار القوة الدافعة الحثية في الملف خلال المرحلتين : $t \in [\ 0\ ,\ 2\ ]$ و $t > (2)\ s$



ب- مقدار شدة التيار ألحثي في الملف خلال المرحلتين إذا كانت المقاومة في الدائرة المغلقة ثابتة وتساوي $R = (10)\ \Omega$

مسألة 9 : يبين الشكل المقابل سلكا موصلا طوله m (0.8) يتحرك علي سكة مغلقة بمقاومة ثابتة R = (10) Ω من جهة واحدة موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم عمودي علي مستوي السكة مقداره T (0.4) ويمثل اتجاهه بالعلامة (X) أي إلي داخل الصفحة . سحب السلك نحو الجهة المغلقة بسرعة منتظمة تساوي m/s (2) . إن الاتجاه الموجب الاختياري مبين في الشكل .



أ- احسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية

ب- احسب شدة التيار الكهربائي ألحثي

ج- استخدم قانون لنز لتبين اتجاه التيار

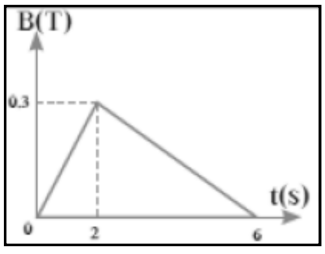
د- قارن بين اتجاه التيار الذي توصلت إليه من خلال قانون لنز وبين اتجاهه باستخدام قانون فاراداي .

مسألة 10 : حلقة دائرية الشكل نصف قطرها cm (10) موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره T (0.2) عمودي علي مستواها.

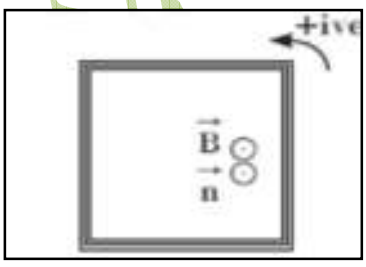
أ- احسب التغير في مقدار التدفق المغناطيسي في حال دوران مستوي اللفة بزاوية (90^o) مع خطوط المجال المخترق للسطح .

ب- إن دوران مستوي اللفة احتاج إلي s (0.1) . احسب القوة الدافعة الكهربائية الناتجة عن دوران مستوي اللفة .

مسألة 11 : ملف مستطيل الشكل مؤلف من (100) لفة مساحة كل لفة cm^2 (200) موضوع في مجال مغناطيسي عمودي علي مستوي اللفات يتغير بحسب الرسم البياني في الشكل (60 – أ) استخدم الاتجاه الموجب بعكس عقارب الساعة في الشكل (60 – ب) . احسب :



شكل (60 – أ)

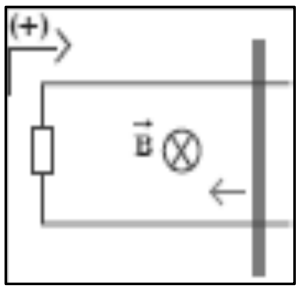


شكل (60 – ب)

أ- مقدار القوة الدافعة الحثية في الملف في كل مرحلة .

ب- مقدار شدة التيار ألحثي في الملف في كل مرحلة إذا كانت المقاومة في الدائرة المغلقة ثابتة وتساوي R = (10) Ω

مسألة 12 : يبين الشكل المقابل سلكا موصلا طوله m (1) يتحرك علي سكة مغلقة بمقاومة ثابتة Ω (5) = R من جهة واحدة تتعرض لمجال مغناطيسي منتظم عمودي علي مستوي السكة مقداره T (0.6) ويمثل اتجاهه بالعلامة (X) أي إلي داخل الصفحة سحب السلك نحو الجهة المغلقة بسرعة منتظمة تساوي m/s (4) . إن الاتجاه الموجب الاختياري مبين في الشكل . احسب :



أ- مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية .

ب- شدة التيار الكهربائي ألحثي

ج- استخدم قانون لنز لتبين اتجاه التيار .

د- قارن اتجاه التيار بما توصلت إليه باستخدام قانون فاراداي .

ثانوية سلمان الفارسي - بريدة

الدرس (1 -2) المولدات والمحركات الكهربائية

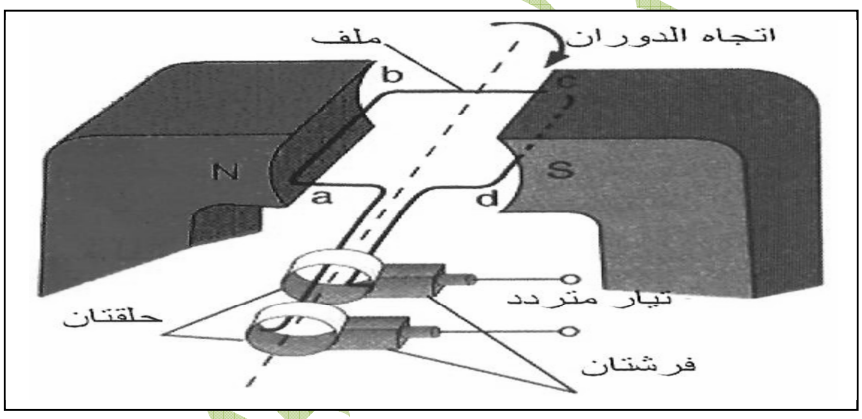
1- المولد الكهربائي

تذكر ان :

1- إن عملية إدخال أحد طرفي المغناطيس في ملف وإخراجه بحركة اهتزازية مستمرة يولد قوة دافعة كهربائية ε تتغير في الاتجاه حيث أنه عند زيادة شدة المجال المغناطيسي يكون لها اتجاه معين وعند إنقاصه تأخذ الاتجاه المعاكس .
2- تردد القوة الدافعة الكهربائية هو نفسه تردد المجال المغناطيسي داخل اللفات .
3- وجد عمليا أنه من الأفضل والأسهل تحريك الملف في المجال المغناطيسي الساكن بدلا من تحريك المغناطيس في الملف . **وهذا هو أساس عمل المولد الكهربائي .**

المولد الكهربائي

جهاز يحول جزءا من الطاقة الميكانيكية المبذولة لتحريك الملف في المجال المغناطيسي إلي طاقة كهربائية .

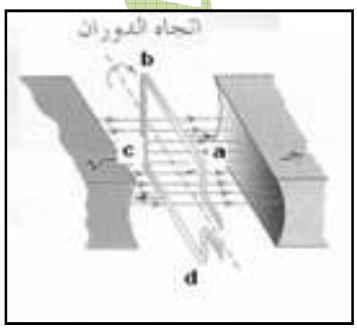


تركيبه :

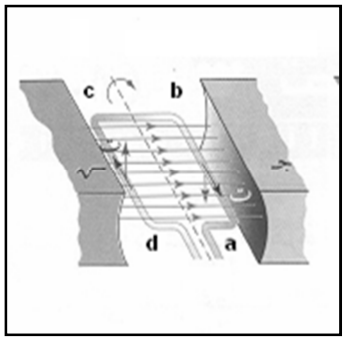
1- مغناطيس علي شكل حذاء فرس قطباه مقعران ينشأ بينهما مجالا مغناطيسيا منتظما .
2- ملف مستطيل يستطيع أن يدور باستخدام طاقة ميكانيكية خارجية حول محور ثابت . وهو عبارة عن عدة لفات من سلك نحاسي معزول وملفوف حول قلب من الحديد المطاوع مساحة وجهه (A) وعدد لفاته (N) .
3- يتصل الملف بحلقتين معدنيتين معزولتين عن بعضهما البعض ومثبتتين علي محور الدوران وتدوران بدورانه .
4- تلامس كل من الحلقتين فرشة معدنية وتعمل الفرشتان كقطبين متغيرين يتم عبرهما انتقال التيار المتولد في الملف إلي الدائرة الخارجية وتسمي دائرة الحمل . كما بالشكل المقابل .

فكرة عمله

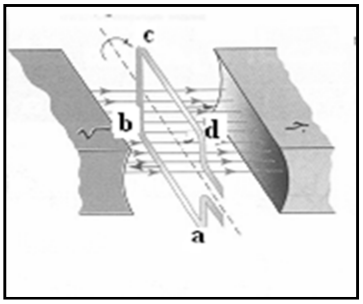
1- عندما يدور الملف المكون من عدد اللفات N في المجال المغناطيسي فإن عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق الملف تتغير بتغير زاوية سقوط المجال المغناطيسي علي وجه الملف محدثة تغيرا في معدل التدفق المغناطيسي .



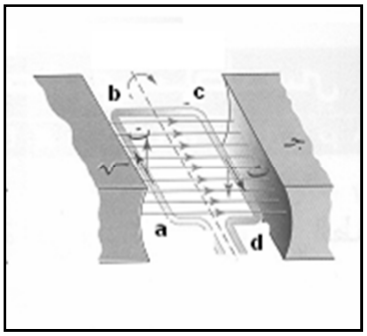
2- عندما يكون مستوي لفات الملف عمودي علي المجال المغناطيسي والزاوية بين خطوط المجال ومتجه مساحة السطح تساوي صفرا $\theta = 0$ يكون التدفق المغناطيسي في قيمته العظمي $\phi = N.B.A$ حيث $\cos 0 = 1$
3- عند بدأ تدوير الملف في اتجاه دوران عقارب الساعة مثلا تبدأ الزاوية بالتزايد و $\cos\theta$ بالتناقص ما يؤدي إلي تناقص التدفق المغناطيسي في لفات الملف .



4- وعندما يصبح مستوي الملف موازيا لخطوط المجال أي تتعامد خطوط المجال المغناطيسي مع متجه مساحة $\theta=\frac{\pi}{2}$ والتدفق المغناطيسي في الملف يساوي صفر .



5- باستمرار الدوران يزداد عدد خطوط المجال المغناطيسي أكثر وأكثر لتصل قيمة عظمي سالبة من جديد بعد نصف دورة أي بعد أن تصبح الزاوية $\theta = \pi$



6- إن استمرار عملية الدوران وتغير الزاوية θ بشكل دوري وبتردد f يؤدي إلي تغير معدل التدفق المغناطيسي في مستوي الملف مما يؤدي إلي تولد قوة دافعة كهربائية حثية وتيار كهربائي حثي في دائرة الحمل المغلقة لهما التردد نفسه . وتعتمد قيمتهما علي معدل التغير في التدفق المغناطيسي بالنسبة للزمن .

7- يسمي التيار ألحثي الناتج التيار المتردد .

حساب القوة المحركة التأثيرية المتولدة في ملف يدور في مجال مغناطيسي منتظم (ملف المولد الكهربائي)

$$\varepsilon=-\frac{d\phi}{dt}=-\frac{d(N.B..A.\cos\theta)}{dt}$$

وبما أن المجال المغناطيسي المؤثر علي الملف مجال منتظم ومساحة مستوي الملف وعدد اللفات مقدار ثابت يكون :

$$\varepsilon=-\frac{d\phi}{dt}=-N.\ B.A\frac{d(\cos\theta)}{dt}$$

وإذا افترضنا أن الملف يدور بحركة دورانية منتظمة داخل المجال المغناطيسي وبسرعة زاوية منتظمة ω يكون :

$$\theta\ =\ \omega\ t\ +\ \theta_0$$

تكون θ الإزاحة الزاوية و θ_0 الإزاحة الزاوية الابتدائية والتي تساوي صفر في اللحظة $t = 0$ وبالتالي :

$$\theta=\omega t$$

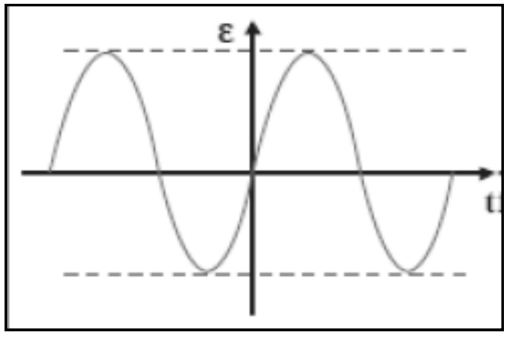
حيث تمثل ω السرعة الزاوية وتساوي

$$\omega=2\pi f=\frac{2\pi}{T}=\frac{\theta}{t}$$

حيث إن f **التردد** وهو عدد دورات الملف في الثانية و T **الزمن الدوري** . وبالتعويض عن θ بمعادلة القوة الدافعة الكهربائية نحصل علي :

$$\varepsilon\ =-\frac{d\ \phi}{d\ t}=-\ N\ .B\ .A\ \frac{d\ (\cos\ \omega\ t\ )}{d\ t}=+\ N\ .B\ .A\ .\omega\ .\sin\ \omega\ t$$

وهذا يبين أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية تتغير جيبيا بالنسبة إلي الزمن كما بالشكل المقابل . وأن القيمة العظمي للقوة الدافعة الكهربائية تساوي :

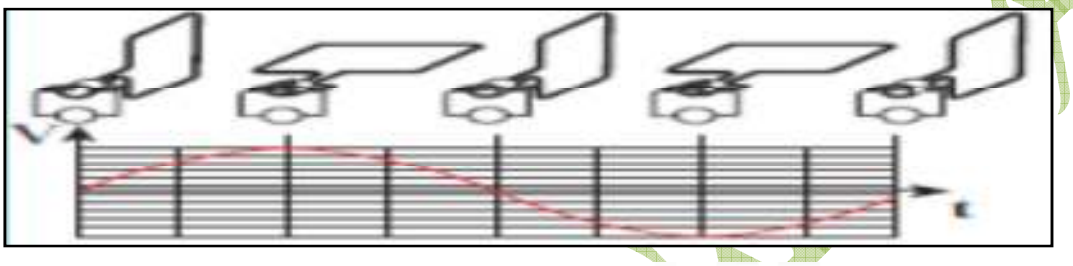


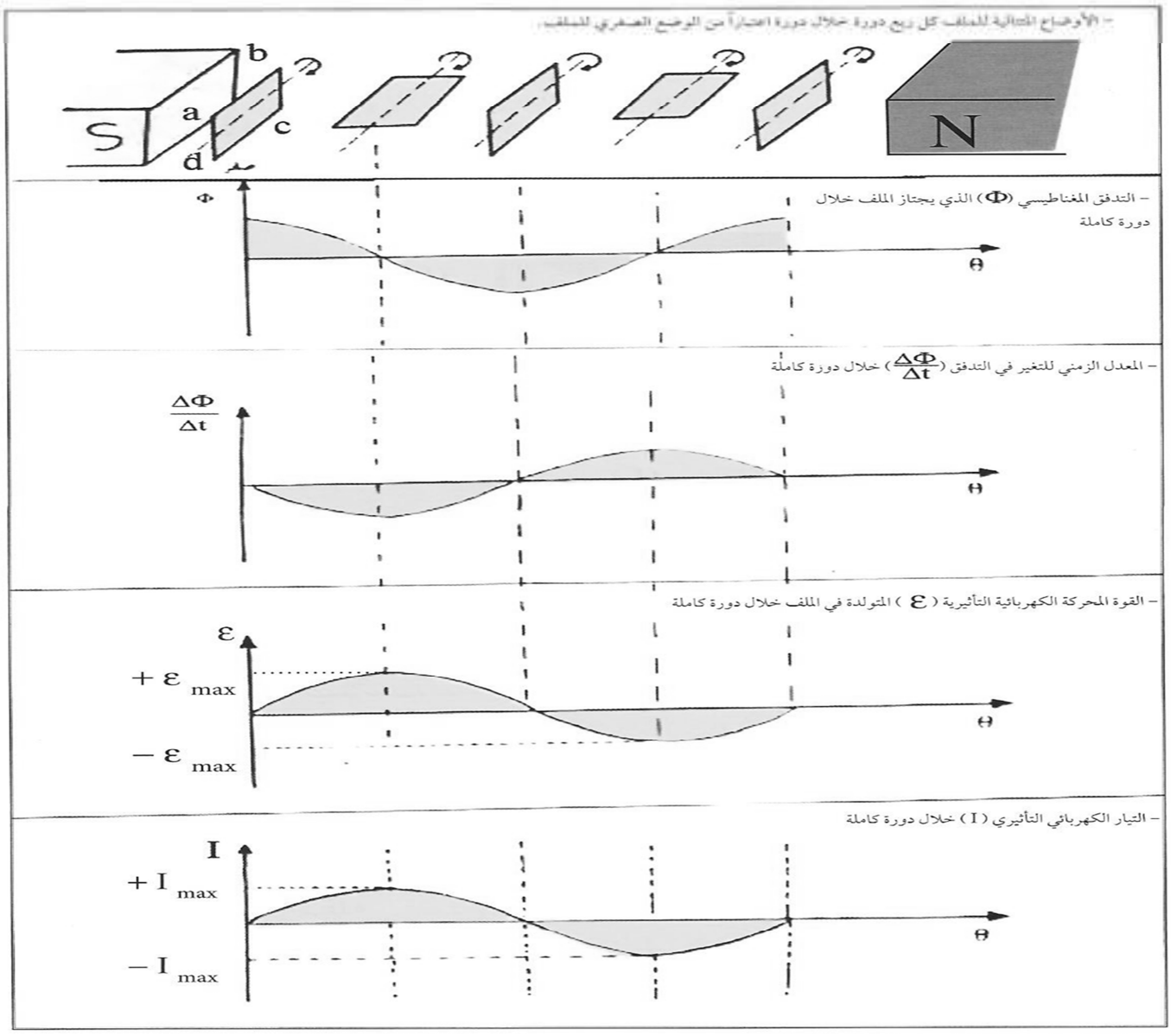
$$\varepsilon_{max} = N \,.\, B \,.\, A \,.\, \omega$$

أما التيار ألحثي الناتج فهو تيار متردد يتمثل بالمعادلة التالية :

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{N \,.\, B \,.\, A \,.\, \omega}{R} \sin \omega t$$

وتبين المعادلة أن دوران الملف دورة كاملة يؤدي إلي تولد تيار حثي متردد يتغير مقداره جيبيا من صفر إلي قيمة عظمي ثم إلي صفر ثم قيمة عظمي ثم صفر مرة أخري وتتكرر مع كل دورة ملف . كما بالشكل التالي .





مسائل متنوعة

مسألة 1 : مولد تيار متردد يتكون من ملف مصنوع من (20) لفة مساحة كل لفة $A = (0.01)\ m^2$ ومقاومته $(10)\Omega$ موضوع ليدور حول محور بحركة دائرية منتظمة وبتردد $f = (60)\ Hz$ داخل مجال مغناطيسي منتظم شدته $(10)\ T$ علما أن في لحظة صفر كانت خطوط المجال لها اتجاه متجه مساحة مستوى الملف .

أ- استخدم قانون فاراداي لاستنتاج مقدار القوة الدافعة الكهربائية في أي لحظة من دوران الملف .

ب- أكتب الصيغة الرياضية للتيار ألحثي بدلالة الزمن .

ج - احسب القيمة العظمى للقوة الدافعة الكهربائية المولدة في الملف .

د- احسب القيمة العظمى لشدة التيار ألحثي المتولدة في الملف

مسألة 2 : ملف مصنوع من (10) لفات مساحة اللفة $(0.04)\ m^2$ موضوع مجال مغناطيسي منتظم شدته $(0.1)\ T$ تصنع خطوط مجاله زاوية (60^0) مع متجه المساحة على مستوى اللفات احسب القوة الدافعة الكهربائية الناتجة عن تدوير الملف لتصبح الزاوية بين المتجه العمودي للمستوى واتجاه خطوط المجال (90^0) خلال $(0.2)\ s$.

مسألة 3 : مولد تيار متردد يتألف من (40) لفة مساحة كل لفة $A = (0.01)\ m^2$ ومقاومته $(20)\Omega$ موضوع ليدور حول محور بحركة دائرية منتظمة وبتردد $f = (50)\ Hz$ داخل مجال مغناطيسي منتظم شدته $(2)\ T$ علما أن في لحظة $t = (0)\ s$ كانت الإزاحة الزاوية تساوي $\theta_0 = (0)\ rad$ أي أن خطوط المجال لها اتجاه متجه المساحة لمستوى اللفات .

أ- أكتب الصيغة الرياضية للقوة الدافعة الكهربائية في أي لحظة .

ب- أكتب الصيغة الرياضية للتيار ألحثي بدلاله الزمن .

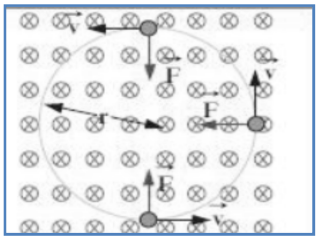
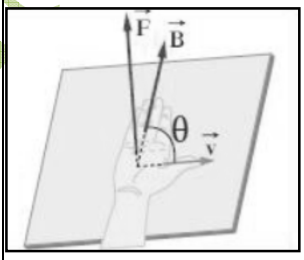
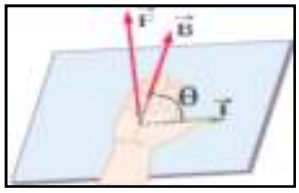
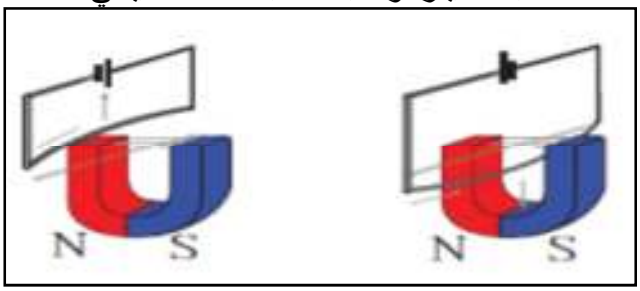
مسألة 4 : مولد تيار متردد يتألف من (200) لفة تساوي مساحة كل لفة m^2 (0.001) = A ومقاومته Ω(10) موضوع ليدور حول محور بحركة دائرية منتظمة وبتردد Hz (60) = f داخل مجال مغناطيسي منتظم شدته T (5) علما أن في لحظة صفر كانت الإزاحة الزاوية rad (0) = θ_0 أي أن خطوط المجال لها اتجاه متجه مساحة مستوى اللفات .

أ- استخدم قانون فاراداي لتجد القوة الدافعة الكهربائية في أي لحظة من دوران الملف .

ب- أكتب الصيغة الرياضية للتيار ألحثي بدلالة الزمن .

جـ - أحسب مقدار القيمة العظمى للقوة الدافعة الكهربية المتولدة

د- أحسب مقدار القيمة العظمى للتيار ألحثي المتولد .

القوة المغناطيسية المؤثرة علي شحنة متحركة	القوة المغناطيسية المؤثرة علي الأسلاك الحاملة للتيار
المجال المغناطيسي يؤثر **بقوة مغناطيسية** علي الشحنات **الكهربائية المتحركة باتجاه غير موازي لخطوط مجاله** وتعرف أنها قوة **حارفة** .	التيار الكهربائي المكون من شحنات كهربائية متحركة في اتجاه واحد في **سلك طول جزئه الموضوع في مجال مغناطيسي B يساوي L** سيتعرض **لقوة حارفة ($\vec{F}$) تحرف بدورها السلك الحامل لها وتسمى القوة الكهرومغناطيسية** .
القوة المغناطيسية $\vec{F}$ التي يؤثر بها المجال المغناطيسي $\vec{B}$ علي شحنة q تتحرك بسرعة $\vec{v}$  **تحسب بالعلاقات التالية :** $\vec{F} = q\,.\,\vec{v}\ x\ \vec{B}_{\perp}$ مقدار القوة المغناطيسية يحسب من العلاقة التالية : $F = q\,.\,v\,.\,B\,.\sin\theta$ حيث أن θ تساوي الزاوية بين اتجاه السرعة واتجاه المجال المغناطيسي . **ملاحظة :** يكون اتجاه القوة عموديا علي المستوي الحامل لمتجه السرعة ومتجه المجال المغناطيسي .	**تحسب باستخدام العلاقات التالية :** $\vec{F} = \vec{I}\,.\,L\ x\ \vec{B}$ **ومقدارها يحسب من العلاقة التالية :** $F = I\,.\,L\,.\,B\,.\sin\theta$ حيث أن θ هي الزاوية بين اتجاه التيار الكهربائي في السلك واتجاه خطوط المجال المغناطيسي .
يحدد اتجاه القوة المغناطيسية باستخدام **قاعدة اليد اليمنى للمتجهات و تنص على :** نجعل راحة اليد اليمني مفرودة والإبهام باتجاه حركة الشحنة (اتجاه سرعتها $\overrightarrow{\ }$) وأصابع اليد باتجاه المجال المغناطيسي ($\vec{B}$) ليكون اتجاه القوة ($\vec{F}$) **خارجا عموديا** من راحة اليد **للشحنة الموجبة** وداخلا **عموديا إلي راحة اليد للشحنة السالبة** كما بالشكل المقابل . 	يحدد اتجاه القوة الكهرومغناطيسية باستخدام **قاعدة اليد اليمني و تنص على :** نجعل راحة اليد اليمني مفرودة والإبهام باتجاه التيار الكهربائي I وأصابع اليد باتجاه المجال المغناطيسي ($\overrightarrow{\ }$) ليكون اتجاه القوة ($\vec{F}$) **خارجا وعموديا** من راحة اليد كما بالشكل المقابل 
تتوقف على : 1- كمية الشحنة (q) 2- سرعة الجسيم (v) 3- شدة المجال المغناطيسي (B) 4- الزاوية بين اتجاه السرعة واتجاه المجال المغناطيسي	**تتوقف على :** 1- شدة التيار المار في السلك (I) 2- طول السلك المتأثر بالمجال (L) 3- شدة المجال المغناطيسي (B) 4- الزاوية بين اتجاه التيار الكهربائي في السلك واتجاه المجال المغناطيسي
من التطبيقات على القوة المغناطيسية في المجالات المغناطيسية 1- توظيف خاصية انحراف الجسيمات المشحونة في المجالات المغناطيسية لنشر الالكترونات علي السطح الداخلي لشاشة التلفاز لتكوين الصور . 2- المجال المغناطيسي للأرض يجعل الجسيمات المشحونة القادمة من الفضاء الخارجي تنحرف مبتعدة عنها ما يخفف شدة الأشعة الكونية التي تصل إلي سطح الأرض	**ملاحظة :** 1- ينعكس اتجاه القوة الكهرومغناطيسية إذا عكسنا اتجاه التيار أو اتجاه المجال المغناطيسي. 

ملاحظات هامة : 1- الحالات التي يكون فيها **القوة المغناطيسية المؤثرة على شحنة متحركة منعدمة (تساوي صفر)**

أ- أن تكون **الشحنة ساكنة** داخل المجال المغناطيسي $V = 0$

ب- أن يكون اتجاه حركة الشحنة **موازيا** لاتجاه المجال المغناطيسي $\theta = 0$

ج- ان تكون **عديمة الشحنة** $q = 0$ مثل النيترون .

2- إن اكتشاف تأثير المجال المغناطيسي علي السلك الحامل للتيار الكهربائي **بقوة كهرومغناطيسية** هو أساس اكتشاف **المحركات الكهربائية .**

المحرك الكهربائي

جهاز يحول جزء من الطاقة الكهربائية إلي طاقة ميكانيكية في وجود مجال مغناطيسي بعد تزويده بتيار كهربائي مناسب .

تركيبه :

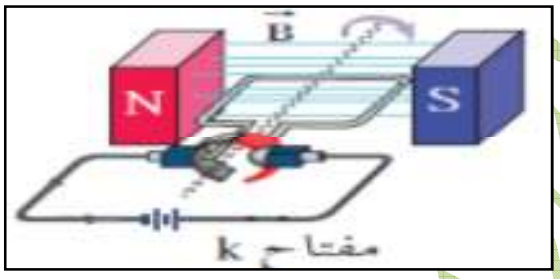
1- ملف مستطيل الشكل قابل للدوران حول محور في مجال مغناطيسي منتظم .

1. يوصل طرفا سلك الملف إلي نصفي حلقة معزولتين عن بعضهما البعض ويدوران مع الملف
2. فرشتان من الكربون تلامسان نصفي الحلقة وتتصلان بقطبي البطارية.

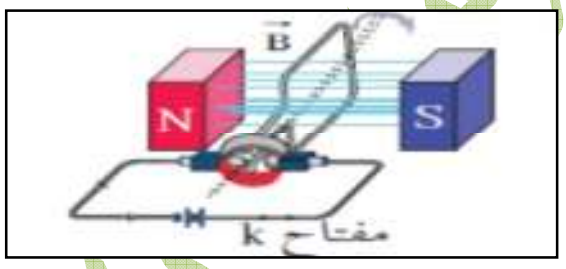
فكرة عمله

إن فرق الجهد الكهربائي الموصول إلي الفرشتين يزود الملف الموضوع بالمجال المغناطيسي المنتظم بالتيار الكهربائي المناسب .

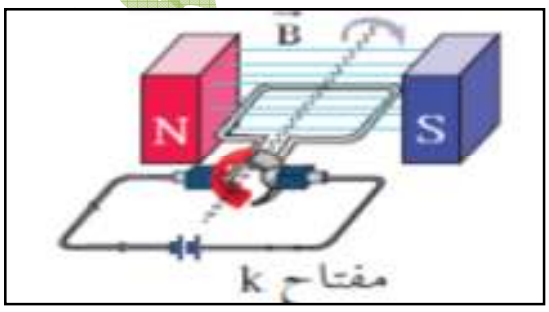
1- لنفترض أن مستوي الملف موازٍ لخطوط المجال المغناطيسي في لحظة إغلاق المفتاح (k) وبدأ مرور التيار الكهربائي وبحسب قاعدة اليد اليمني نلاحظ أن القوتين اللتين تعملان علي ضلعي الملف المتوازيان تشكلان عزم ازدواج وتجعلان الملف يدور . كما بالشكل المقابل .



2- مع دوران الملف يقل العزم تدريجيا علي الملف حتى ينعدم عندما يصبح مستوي الملف عموديا علي خطوط المجال المغناطيسي حيث ينعدم مرور التيار الكهربائي لعدم اتصال نصفي الحلقة بالفرشاتين .كما بالشكل المقابل



3- لكن يستمر دوران الملف بسبب **قصوره الذاتي** ليتجاوز هذه الوضعية ويعود التلامس بين الفرشاتين ونصفي الحلقة اللتين تبادلتا المواقع فينعكس اتجاه التيار الكهربائي في الملف مما يحافظ علي الاتجاه نفسه لعزم الازدواج واستمرار الدوران . كما بالشكل المقابل .



ملاحظات هامة : 1- **يستطيع المحرك الكهربائي أن يقوم بعمل ميكانيكي في جهاز ما عندما يكون الذراع المتصل بالملف القابل للدوران متصلا بالجهاز .**

2- **يمكن حساب عزم الازدواج المؤثر علي الملف من العلاقة :** $\tau = B I A N \sin\theta$

تعليلات هامة

1- تزداد القوة الدافعة الكهربائية الحثية بزيادة سرعة حركة المغناطيس داخل الملف ؟

$\varepsilon = + N B A \omega \sin \omega t$ لأنه بزيادة سرعة الدوران تزداد السرعة الزاوية (ω) فتزداد ε ($\varepsilon \alpha \omega$)

2- ينعدم التيار الحثي عند توقف الملف عن الحركة داخل المغناطيس ؟

$\varepsilon = + N B A \omega \sin \omega t$ وعند توقف الملف فإن سرعة الدوران = صفر فتصبح ε = صفر وينعدم التيار الحثي

3-لا يؤثر المجال المغناطيسي على الجسيمات المشحونة الساكنة الموضوعة في المجال المغناطيسي بقوة ؟

$F = q v B \sin \theta$ والجسم ساكن $v = 0$ و بالتالي تنعدم القوة المغناطيسية

4-لا يؤثر المجال المغناطيسي على الجسيمات الغير المشحونة الموضوعة في المجال المغناطيسي بقوة ؟
أو يتحرك النيوترون(الذرة) المقذوفة في مجال مغناطيسي في خط مستقيم وليس مسار منحني ؟

$F = q v B \sin\theta$ والجسم غير مشحون $q=0$. و بالتالي تنعدم القوة المغناطيسية

5-عندما يقذف جسيم مشحون في مجال مغناطيسي موازيا للمجال فإنه لا يتأثر بقوة مغناطيسية (يتحرك في مسار مستقيم) .

$F = q v B \sin \theta$ ويقذف الجسيم موازيا $\sin 0 = 0$. و بالتالي تنعدم القوة المغناطيسية

6- يتصل طرفا الملف بحلقتين معزولتين مثبتتين حول محور الدوران ويلامسان فرشتين في المولد الكهربائي ؟

لأنهما تصلان الملف بدائرة كهربائية خارجية تسمى دائرة الحمل (يعملان كقطبي الدائرة)

7- في المحرك الكهربائي يتصل طرفا الملف إلى نصفي حلقة معزولتين عن بعضهما البعض ويدوران مع الملف ؟

لأنهما تعمل على عكس اتجاه التيار الكهربائي المار في الملف مما يحافظ على عزم الازدواج في الاتجاه نفسه واستمرار الدوران في نفس الاتجاه

8 - في المحرك الكهربائي يستمر الملف بالدوران برغم انعدام القوة المؤثرة والعزم عندما يكون الملف عمودي على خطوط المجال ؟

وذلك بسبب خاصية القصور الذاتي.

9- تأخر تشغيل بعض الأجهزة الإلكترونية عند أغلاق المفتاح علي وضع التشغيل ؟

لأنه بتطبيق قاعدة لنز نجد زيادة شدة التيار المار في دائرة الملف تولد قوة محركة تأثيرية ذاتية تفرض تيارا حثيا يقاوم نمو التيار المستمر و يبطئ مروره في الدائرة

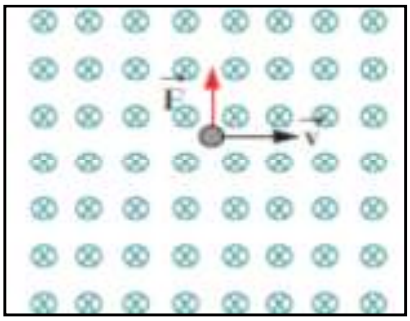
ما هي العوامل التي يتوقف عليها كل من؟

الكمية	العوامل
القوة الدافعة التأثيرية المتولدة في ملف المولد (الدينامو)	- عدد اللفات N - مساحة الملف A - السرعة الزاوية ω -شدة المجال B - الزاوية Θ
القوة المؤثرة علي جسيم يتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم	- مقدار الشحنة q - سرعة الشحنة v - شدة المجال المغناطيسي B - الزاوية θ
القوة التي يؤثر بها مجال مغناطيسي علي تيار كهربائي مستمر	- شدة التيار I - طول السلك l - شدة المجال B - الزاوية بين السلك والمجال θ
عزم الازدواج في المحرك	- شدة المجال B - مساحة الملف A - عدد اللفات N - شدة التيار I

مسائل متنوعة

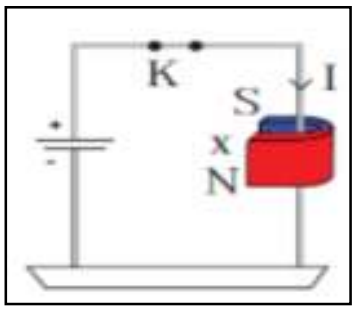
مسألة 1 : مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.2) T واتجاهه عمودي داخل الورقة دخل هذا المجال المغناطيسي جسيم مشحون بشحنة q = (2) μ c وبسرعة منتظمة V= 200 m/s وباتجاه موازي لسطح الورقة باتجاه اليمين كما بالشكل

أ- احسب مقدار القوة المغناطيسية F المؤثرة في الشحنة .



ب- حدد اتجاه القوة المغناطيسية .

مسألة 2 : سلك مستقيم طوله cm (20) موضوع في مجال مغناطيسي شدته (0.2) T ويسري فيه تيار كهربائي مقداره A (0.5) = I احسب مقدار القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة في السلك علما بأن اتجاه المجال المغناطيسي عمودي على اتجاه سريان التيار في السلك كما بالشكل المقابل. حدد اتجاه القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة في السلك



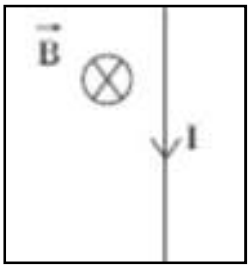
مسألة 3 : سلك مستقيم طوله m (1) يسرى فيه تيار كهربائي مقداره A(5) وموضوع في مجال مغناطيسي خطوطه موازية لاتجاه سريان التيار احسب مقدار القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة في السلك .

مسألة 4 : سلك مستقيم طوله cm (50) موضوع في مجال مغناطيسي شدته (0.1) T ويسري فيه تيار كهربائي مقداره A (0.1) = I احسب مقدار القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة على السلك علما أن اتجاه المجال المغناطيسي عمودي على اتجاه سريان التيار في السلك .

مسألة 5 : سلك مستقيم طوله cm (10) موضوع في مجال مغناطيسي شدته (0.1) T عمودي على اتجاه سريان التيار في السلك احسب مقدار شدة التيار الذي يسري في السلك إذا كانت القوة الكهرومغناطيسية الناتجة عن مروره تساوي N (0.004).

مسألة 6 : سلك مستقيم طوله cm (25) موضوع في مجال مغناطيسي شدته T (0.1) ويسري فيه تيار كهربائي مقداره A (0.2) = I كما بالشكل المقابل .

أ- احسب مقدار القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة على السلك علما أن اتجاه المجال المغناطيسي عمودي على اتجاه سريان التيار في السلك



ب- حدد اتجاه القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة على السلك .

مسألة 7: أ- احسب القوة المغناطيسية التي يؤثر فيها مجال مغناطيسي شدته T (1) عمودي على الورقة إلى الخارج على بروتون شحنته c (1.6×10^{-19}) = q يتحرك بسرعة أفقية متعامدة مع اتجاه المجال المغناطيسي ومقدارها $3 \times 10^7 \ m/s$

ب- استنتج شكل مسار البروتون في المجال المغناطيسي بإهمال وزن البروتون .

مسألة 8 : ملف محرك كهربائي مستطيل الشكل مكون من (200) لفة مساحة كل لفة cm^2 (4) موضوع في مجال مغناطيسي شدته T (0.1) احسب عزم الازدواج على الملف إذا مر فيه تيار شدته mA (2) علما أن اتجاه المجال يصنع زاوية تساوي 90^0 مع العمود المقام على مستوى الملف

مسألة 9 : ملف محرك كهربائي مربع الشكل طول ضلعه cm (25) مؤلف من (200) لفة موضوع في مجال مغناطيسي شدته T (0.1) احسب مقدار عزم الازدواج على الملف إذا مر فيه تيار شدته mA(4) علما أن اتجاه المجال يصنع زاوية تساوي 90^0 مع العمود المقام على مستوى الملف .

مسألة 10 : سلك مستقيم طوله cm (80) موضوع في مجال مغناطيسي شدته T (0.6) ويسري فيه تيار كهربائي مقداره A (1) = I احسب مقدار القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة في السلك علما بأن اتجاه خطوط المجال المغناطيسي تصنع زاوية (60^0) على اتجاه سريان التيار في السلك .

مسألة 11 :

أ- احسب القوة المغناطيسية التي يؤثر فيها مجال مغناطيسي شدته T (0.2) عمودي على الورقة إلى الخارج على بروتون شحنته c (1.6×10^{-19}) = q يتحرك بسرعة أفقية متعامدة مع اتجاه المجال المغناطيسي ومقدارها m/s (2×10^7)

ب- صف شكل مسار البروتون في المجال المغناطيسي بإهمال وزن البروتون .

الدرس (1-3) المحولات الكهربائية

مقارنة بين ظاهرتي الحث الذاتي والحث المتبادل :

وجه المقارنة	الحث الذاتي	الحث المتبادل
تعريف الظاهرة	ظاهرة تولد قوة محركة تأثيرية في ملف نتيجة تغير التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الملف نفسه زيادة أو نقصانا نتيجة تغير التيار المار فيه .	التأثير الكهرومغناطيسي الذي يحدث بين ملفين متجاورين أو متداخلين بحيث يؤدي التغير في شدة التيار المار في الملف الابتدائي إلي تولد قوة دافعة كهربائية في دائرة الملف الثانوي الذي يعمل علي مقاومة هذا التغير .
القانون المستخدم في حساب القوة الدافعة التأثيرية المتولدة	$\varepsilon = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$	$\varepsilon = -N_2\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$
تعريف معامل الحث	**L معامل الحث الذاتي** مقدار القوة المحركة الكهربائية التأثيرية الذاتية المتولدة في الملف بسبب تغير شدة التيار بمعدل (1)A في كل ثانية . $L = -\frac{\varepsilon}{\frac{\Delta I}{\Delta t}}$	**M معامل الحث المتبادل** مقدار القوة المحركة الكهربائية التأثيرية المتولدة في ملف بسبب تغير شدة التيار في الملف المجاور بمعدل (1A) في كل ثانية .
وحدة قياس معامل الحث	الهنري (H) ويعادل V.s/A	الهنري (H) ويعادل V.s/A
تعريف الهنري (H)	معامل الحث الذاتي لملف تتولد فيه قوة محركة تأثيرية ومقدارها (1)v عند تغير شدة التيار المار في الملف بمعدل (1)A لكل ثانية .	معامل الحث المتبادل بين ملفين يتولد في أحدهما قوة دافعة كهربائية مستحثة مقدارها (1)V عند تغير شدة التيار في الملف الآخر بمعدل (1)A في الثانية .
العوامل التي يتوقف عليها معامل الحث	**معامل الحث الذاتي L يتوقف على :** 1- طول الملف 2- عدد اللفات 3- مساحة مقطع الملف 4- مادة الوسط داخل الملف	**معامل الحث المتبادل M يتوقف على :** 1- حجم الملف 2- عدد لفات الملف 3- وجود قلب من الحديد داخل الملف 4- المسافة الفاصلة بين الملفين

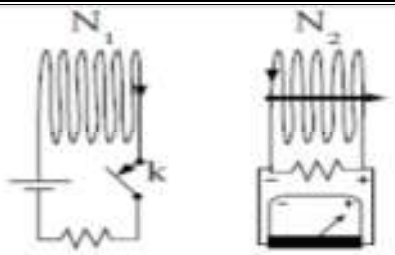
ملاحظات هامة

بتطبيق قانون لنز :

1- زيادة شدة التيار المار في الملف تولد قوة محركة تأثيرية ذاتية وتيارا حثيا في عكس اتجاه التيار الأصلي ليقاوم نموه ويبطئ مروره في الدائرة .

2- وعند تقليل شدة التيار المار في الملف تولد قوة محركة تأثيرية ذاتية وتيارا حثيا في نفس اتجاه التيار الأصلي ليقاوم نقصانه وهذا ما يفسر حدوث شرارة كهربائية بين طرفي التماس للمفتاح .

- إن وضع قلب حديدي في الملف يزيد معامل الحث الذاتي L بشكل كبير جدا يصل إلي مئات المرات
- نلاحظ تأخير تشغيل بعض الأجهزة الالكترونية عند إغلاق المفتاح علي وضع التشغيل ويكون ذلك بسبب ظاهرة الحث الذاتي .

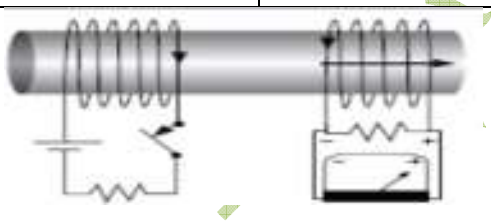


الملف الابتدائي : الملف المتصل بالبطارية وعند غلق أو فتح المفتاح (K) أي مرور أو انقطاع التيار الكهربائي يتولد حوله وبداخله مجال مغناطيسي متغير لحظة الغلق ولحظة الفتح .

الملف الثانوي : هو الملف المتصل بالجلفانومتر .
وعندما يؤثر التدفق المتغير في الملف الثانوي يتولد فيه قوة دافعة كهربائية تأثيرية وتيار حثي .

- ووجد أن التيار ألحثي المتولد في الملف الثانوي إما أن يكون :

تيار مستحث عكسي (اتجاهه عكس اتجاه التيار الأصلي في الملف الابتدائي) .	تيار مستحث طردي (اتجاهه في نفس اتجاه التيار الأصلي في الملف الابتدائي) .
1- في لحظة غلق المفتاح الكهربائي (غلق الدائرة الابتدائية 2- عند زيادة شدة التيار في الملف الابتدائي 3- عند تقريب أو إدخال الملف الابتدائي في الملف الثانوي .	1- في لحظة فتح المفتاح الكهربائي (فتح الدائرة الابتدائية 2- عند إنقاص شدة التيار في الملف الابتدائي 3- عند إبعاد أو إخراج الملف الابتدائي في الملف الثانوي



في الشكل السابق : 1- إن وضع نواة من الحديد داخل الملفين الابتدائي والثانوي يجعل شدة المجال المغناطيسي داخل الملف الابتدائي أكبر نتيجة الحقول المغناطيسية في الحديد ويؤدي أيضا إلي زيادة في خطوط المجال المغناطيسي المتغيرة في الملف الثانوي مما يزيد من شدة التيار المتولد عند فتح دائرة الملف الابتدائي وإغلاقه .

2- إن إحداث تغير في شدة المجال المغناطيسي بشكل عملي يتطلب استخدام مصدر جهد يزود دائرة الملف الابتدائي بتيار متردد بدلا من إغلاق مفتاح دائرة الملف الابتدائي وإغلاقه .

3- إن استخدام ظاهرة الحث المتبادل بين ملفين داخلهما قلب حديدي يكون مسارا مغلقا ويوجه خطوط المجال المغناطيسي الناتجة عن تيار متردد إلي داخل الملف الثانوي هو مبدأ أساسي في عمل المحولات الكهربائية .

علل لما يلي :

عند فتح مفتاح دائرة كهربائية تحتوي علي ملف كبير لمغناطيس كهربائي متصل بمصدر تيار مستمر تحدث شرارة كهربائية بين طرفي التماس للمفتاح ؟

لأنه عند قطع التيار في الدائرة يتناقص التدفق المغناطيسي الناشئ عنه بسرعة فيتولد في الدائرة بالحث الذاتي قوة دافعة مستحثة (طردية) كبيرة جدا فتتغلب علي مقاومة الهواء عند موضع القطع فتمرر الشرارة الكهربائية .

المحول الكهربائي

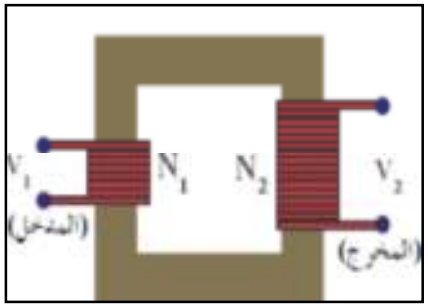
هو جهاز يعمل علي رفع أو خفض القوة الدافعة الكهربائية المترددة الناتجة عن مصدر جهد كهربائي متردد من **دون أن يحدث أي تعديل علي مقدار التردد .**

استخداماته :

1- يستخدم في نقل الطاقة الكهربائية من محطات التوليد إلي أماكن الاستهلاك بدون خسارة تذكر .

2- يستخدم لتشغيل بعض الأجهزة الكهربائية المنزلية كالثلاجة والتليفزيون .....وغيرها

تركيب المحول الكهربائي :



يتركب المحول الكهربائي من ملفين ملفوفين حول قلب من الحديد وهما :

1- **الملف الابتدائي :** عدد لفاته N_1 ويتصل بدائرة التيار المتردد المراد رفع أو خفض جهده .

2- **الملف الثانوي :** عدد لفاته N_2 ويتصل بدائرة الحمل كما بالشكل المقابل .

طريقة عمل المحول الكهربائي

1- التيار الكهربائي المتردد في الملف الابتدائي يؤدي إلي تدفق مغناطيسي متغير تنتج عنه قوة دافعة كهربائية عند طرفيه وتحسب بحسب قانون فاراداي من العلاقة التالية :

$$\varepsilon_1 = - N_1 \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

2- تنتشر خطوط المجال المغناطيسي عبر القلب الحديدي ويحدث تغير في التدفق المغناطيسي في الملف الثانوي حيث تتولد قوة دافعة كهربائية مترددة عند طرفيه تحسب من العلاقة التالية :

$$\varepsilon_2 = - N_2 \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

3- يمر في دائرة الملف الثانوي المغلقة تيار حثي متردد له تردد المصدر نفسه .

وحيث أن معدل تغير التدفق $\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ هو نفسه في الملفين نستنتج من المعادلتين السابقتين العلاقة الرياضية التالية :

$$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

4- بإهمال مقاومة الملفين فإن القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بين طرفي كل ملف تساوي فرق الجهد ألحثي المتولد بين طرفي كل منهما وبالتالي نستنتج أن :

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

5- من المعادلة السابقة يمكن أن نحدد نوعين من المحولات هما :

1- **محول رافع للجهد :** إذا كان $N_1 < N_2$ ويكون $V_1 < V_2$

2- **محول خافض للجهد :** إذا كان $N_1 > N_2$ ويكون $V_1 > V_2$

وجه المقارنة	المحول الرافع	المحول الخافض
الغرض منه	تحويل قوة دافعة كهربائية مترددة صغيرة إلي قوة دافعة كهربائية مترددة كبيرة .	تحويل قوة دافعة كهربائية مترددة كبيرة إلي قوة دافعة كهربائية مترددة صغيرة .
الملف الثانوي	عدد لفاته كبير	عدد لفات صغير
الملف الابتدائي	عدد لفاته صغير	عدد لفاته كبير

العلاقة بين شدتي التيارين في ملفي المحول :

- المحول ينقل الطاقة من ملف إلي آخر ومعدل نقل الطاقة هو القدرة والقدرة المستخدمة في الملف الثانوي مستمدة من القدرة الموجودة في الملف الابتدائي .
- وبإهمال القدرة الضئيلة التي تفقد فإن القدرة الداخلة إلي المحول عبر الملف الابتدائي (P_1) تساوي القدرة الناتجة عبر الملف الثانوي (P_2) وذلك في **المحول المثالي .**
- وحيث أن القدرة الكهربائية تساوي حاصل ضرب القوة الدافعة الكهربائية والتيار الكهربائي يكون :

$$P_1 = P_2$$

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

وبالتالي نستنتج أن :

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

- **نستنتج من المعادلة السابقة شدة التيار يتناسب عكسيا مع فرق الجهد بين طرفيه . فعند رفع الجهد تنخفض شدة التيار**

ملاحظة : نستنتج مما سبق ان :

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

علل لما يلي :

عدم وجود محول مثالي (كفاءته % 100) أو القدرة الداخلة على الملف الابتدائى لا تساوي القدرة الناتجة عن الملف الثانوي

بسبب 1- فقد جزء من التدفق المغناطيسي في الهواء .

2- وجزء من الطاقة علي شكل طاقة حرارية في أسلاك الملفين وفي القلب الحديدي .

كفاءة المحول

هي النسبة بين القدرة الكهربائية في الملف الثانوي إلي القدرة الكهربائية في الملف الابتدائي .

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

نقل القدرة الكهربائية

تستخدم المحولات في نقل القدرة الكهربائية من محطة التوليد الكهربي إلي أماكن استهلاكها (المنازل والمصانع) دون فقد جزء كبير من القدرة الكهربية ويتم لك كما يلي :

1- يستخدم محول رافع عند محطة التوليد الكهربي

لرفع القوة الدافعة المترددة المتولدة (فرق الجهد المتردد) بمقدار كبير جدا فتقل شدة التيار المار في الأسلاك لتصبح صغيرة جدا وبذلك يكون مقدار القدرة المفقودة في الأسلاك صغيرة جدا **ويمكن تفسير ذلك كما يلي :**

- عند نقل قدرة كهربائية مقدارها P_1 من محطة إنتاج الطاقة بفرق جهد V_1 وبأسلاك مقاومتها R وتيار شدته I فإنه يحدث فقدان لجزء من القدرة مقداره P' علي شكل حرارة في أسلاك النقل يعطي من العلاقة التالية :

$$P' = I^2 R \qquad (1)$$

$$P_1 = I V_1$$

$$I = \frac{P_1}{V_1}$$

وبالتعويض عن قيمة I في العلاقة (1) نجد أن :

$$P' = (\frac{P_1}{V_1})^2 \; X \; R$$

$$P' = \frac{P_1^{\,2}}{V_1^{\,2}} X \; R$$

2- يستخدم محول خافض عند أماكن الاستهلاك

لخفض القوة الدافعة المترددة (فرق الجهد المتردد) فتزداد شدة التيار ثم توزع القدرة الكهربائية علي المنازل والمصانع والطرق وغير ذلك .

تعليلات هامة

1) يستخدم المحول الكهربي في المنازل ؟

لأنه يعمل علي رفع وخفض الجهد و التيار حسب حاجة الجهاز .

2) يعمل المحول بالتيار المتردد ولا يعمل بالتيار المستمر ؟

لان التيار المستمر يولد مجال مغناطيسي ثابت الشدة والاتجاه فلا يحدث تغير في التدفق المغناطيسي .

3) يتم وضع نواة حديدية يلف حولها الملف الابتدائي والثانوي في المحول الكهربي ؟

حيث تعمل علي تجميع خطوط المجال و تزيدها .

4) لا يوجد محول مثالي (كفاءته *100%*) ؟

بسبب فقدان جزء من التدفق المغناطيسي في الهواء وجزء من الطاقة علي شكل طاقة حرارية في الاسلاك .

5) تنقل القدرة الكهربية في محطات التوليد الي المستهلكين تحت فرق جهد عال وتيار منخفض؟

لتقليل فقدان الطاقة في الاسلاك الناقلة .

6) ينعدم التيار في سلك مستقيم اسرع من ملف قلبه هواء اسرع منه في ملف ملفوف حول قلب من الحديد ؟

لأنه عند قطع التيار تتولد قوة دافعة تأثيرية طردية تقاوم انهيار التيار هذه القوة تكون اكبر في الملف الهوائي عنها في السلك واكبر في ملف ملفوف حول قلب حديدي .

7) يتم وضع القلب الحديدي في المحول علي شكل شرائح او سيقان من النحاس ؟

حتي تكون مقاومتها كبيرة وبالتالي تقلل من التيارات الدوامية

مسائل متنوعة

مسألة 1 : احسب القوة الدافعة الكهربائية الناتجة عن الحث المتبادل بين ملفين إذا تغير التيار الكهربائي في الملف الابتدائي من A(20) إلى صفر خلال s(0.04) علما أن معامل الحث المتبادل يساوي H (2) .

مسألة 2: إن تغير شدة التيار في الملف الابتدائي من A (10) إلى الصفر خلال فترة زمنية Δt أدى إلى نشوء قوة دافعة كهربائية في دائرة الملف الثانوى ناتجة عن الحث المتبادل بين الملفين مقدارها KV (10) احسب مقدار الفترة الزمنية Δt التي أدى تغير شدة التيار الكهربائي خلالها إلى نشوء تلك القوة الدافعة الكهربائية علما أن معامل الحث المتبادل بين الملفين يساوي H (4) .

مسألة 3 :

احسب معامل الحث المتبادل بين الملفين إذا علمت أن القوة الدافعة الكهربائية الناتجة عن الملف الثانوي تساوي V (500 -) نتيجة تغير التيار الكهربائي في الملف الابتدائي من A (10) إلى A (20) خلال s (0.025)

مسألة 4 :

محول مثالي يتألف ملفه الابتدائي من (50) لفة وملفه الثانوي من (500) لفة وفرق الجهد على ملفه الابتدائي يساوي V (10)

أ- حدد نوع المحول الكهربائي المستخدم .

ب- احسب فرق الجهد على طرفي ملفه الثانوي .

مسألة 5: محول مثالي يتألف ملفه الابتدائي من (100) لفة وملفه الثانوي من (2000) لفة وفرق الجهد على ملفه الابتدائي يساوي V (100).

أ- حدد نوع المحول الكهربائي المستخدم .

ب- احسب فرق الجهد على طرفي ملفه الثانوي

مسألة 6 : محول مثالي يتألف ملفه الابتدائي من (100) لفة وملفه الثانوي من (2000) لفة تم وصل ملفه الثانوي إلى مقاومة $R = (50)\ \Omega$ احسب

أ- مقدار التيار الكهربائي في ملفه الثانوي علما أن مقدار الجهد على ملفه الثانوي يساوي $V\ (200)$

ب- القدرة الكهربائية على الملف الثانوي

ج - مقدار التيار الكهربائي في ملف الابتدائي

مسألة 7 : محول كهربائي عدد لفات ملفه الثانوي عشرة أضعاف عدد لفات ملفه الابتدائي أحسب القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف الثانوي إذا كانت القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في ملفه الابتدائي تساوىv (6)

مسألة 8 : احسب القوة الدافعة الكهربائية الناتجة عن الحث المتبادل بين ملفين إذا تغير التيار الكهربائي في الملف الابتدائي من A(5) إلى A (15) خلال s(0.05) علما أن معامل الحث المتبادل يساوي H (1.4)

مسألة 9 : محول كهربائي يتألف ملفه الابتدائي من (800) لفة وملفه الثانوي من (2400) لفة تم وصل ملفه الثانوي إلى مقاومة $R = (10)\ \Omega$ احسب

أ- مقدار التيار الكهربائي في ملف الثانوي علما أن مقدار الجهد على ملفه الثانوي يساوي $V\ (2200)$

ب- القدرة الكهربائية على الملف الثانوي .

ج - القدرة الكهربائية على ملفه الابتدائي علما أن كفاءة المحول تساوي 95 %

د- مقدار التيار الكهربائي في ملفه الابتدائي .

مسألة 10 : يتغير التيار الكهربائي في الملف الابتدائي لمحول كهربائي من A(10) إلى A (20) خلال s(0.02)
احسب القوة الدافعة الكهربائية الناتجة عن الحث المتبادل بين الملفين علما أن معامل الحث المتبادل يساوي H (0.5)

مسألة 11 : إن جهاز تشغيل الأقراص المدمجة يحتاج إلي V (22) ليعمل ولتشغيل الجهاز علي مصدر جهد المنزل والذي يساوي V(220) يستخدم محول كهربائي مثالي عدد لفات ملفه الابتدائي (500) لفة وعدد لفات ملفه الثانوي N . احسب :

أ- عدد لفات الملف الثانوي N

ب- شدة التيار في مقاومة أومية Ω (2200) = R في الملف الثانوي .

ج- القدرة الكهربائية التي يستهلكها جهاز تشغيل الأقراص المدمجة .

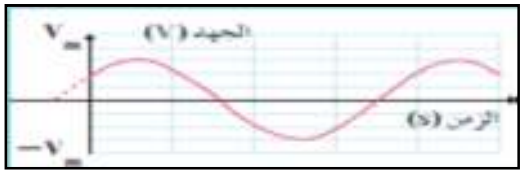
الفصل الثاني : التيار المتردد

الدرس (2-1) التيار المتردد

1- الجهد المتردد والتيار المتردد

1- الجهد المتردد

- لقد علمنا أن دوران الملف في المجال المغناطيسي المنتظم يؤدي إلي تغير معدل التدفق المغناطيسي في مستوي الملف مما يؤدي إلي تولد قوة دافعة كهربائية حثية تتغير جيبيا بالنسبة للزمن كما بالشكل التالي .



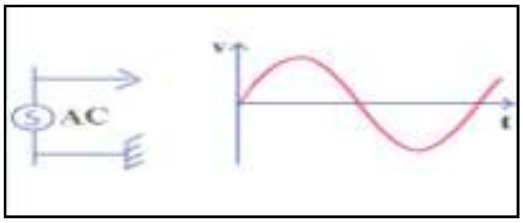
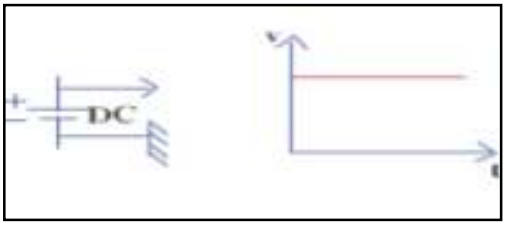
معادلة حساب الجهد المتردد في أي لحظة	$V = +N.B.A.\omega.\sin(\omega t + \phi_1)$
قيمة الجهد العظمي	$V_m = N.B.A.\omega$
معادلة الجهد الجيبي اللحظي v (t)	$v(t) = V_m \sin(\omega t + \phi_1)$
ملاحظات	1- $(\omega t + \phi)$ تمثل الإزاحة الزاوية في أي لحظة وتقاس بوحدة الراديان (rad) وتسمي أيضا فرق الطور في أي لحظة . 2- ϕ_1 تسمي فرق الطور في بداية التوقيت (t = 0) وتقاس بوحدة الراديان . 3- ω هو التردد الزاوي للمصدر (السرعة الزاوية) ووحدته rad / s

2- التيار المتردد

التيار الآني المتردد : هو التيار الذي يسري في المقاومة R والذي يتغير أيضا جيبيا بالنسبة إلي الزمن ويحسب من العلاقة :

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \phi_2)$$

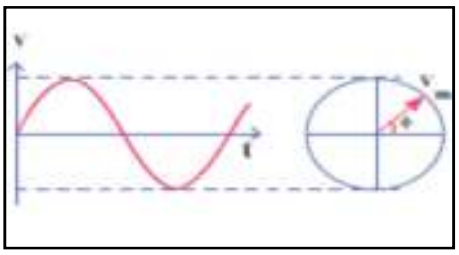
حيث أن I_m هي **قيمة التيار العظمي** وتقاس بحسب النظام الدولي بوحدة الأمبير (A) .

التيار المتردد	التيار المستمر
عند توصيل مصدر جهد متردد AC براسم الإشارة يظهره متغيرا مقدارا واتجاها كما بالشكل التالي	أما عند توصيل مصدر جهد مستمر DC براسم الإشارة يظهر علي شكل خط مستقيم علي شاشة راسم الإشارة مما يدل علي ثبات مقداره وعدم تغيره كما بالشكل التالي .
	

التيار المتردد

هو تيار يتغير اتجاهه كل نصف دورة وأن معدل مقدار شدته يساوي صفرا في الدورة الواحدة .

التمثيل المتجه للجهد المتردد



- يمكن تمثيل الجهد المتردد **بمتجه طور** بحيث يساوي **طوله القيمة العظمى** V_m .
- ويدور بسرعة زاوية ω ويصنع مع الأفقي زاوية $(\omega t + \phi)$ وتمثل الإزاحة الزاوية في أي لحظة .
- بينما تمثل **الإسقاطات على المحور الرأسي** مقدار **الجهد ألجيبى اللحظي** كما بالشكل المقابل .

التمثيل المتجه للتيار المتردد

- بالاعتماد علي الطريقة نفسها يمكن تمثيل التيار المتردد **بمتجه طور طوله يساوي القيمة العظمى** I_m ويدور بسرعة زاوية ويصنع مع المحور الأفقي زاوية طور. بينما تمثل **الإسقاطات على المحور الرأسي** مقدار **التيار ألجيبى اللحظي** .

المقدار الفعال للتيار المتردد

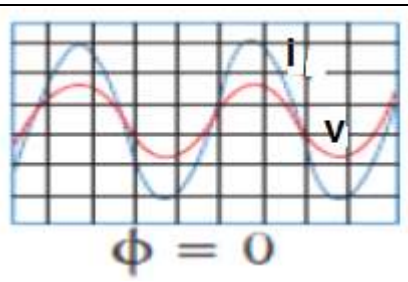
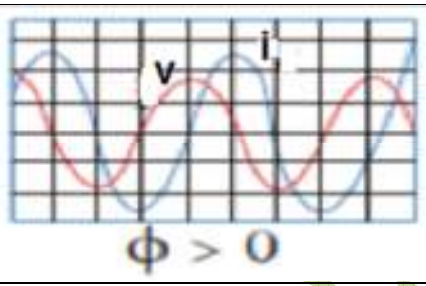
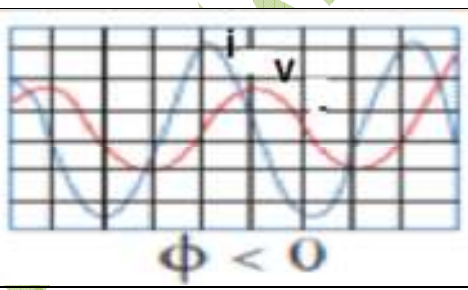
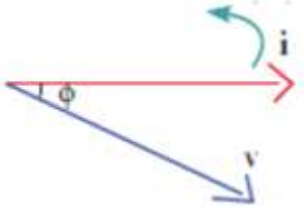
تعريف الشدة الفعالة للتيار المتردد	هي شدة التيار المستمر (ثابت الشدة) الذي يولد كمية الحرارة نفسها الذي ينتجها التيار المتردد في مقاومة أومية لها نفس القيمة خلال الفترة الزمنية نفسها .
معادلة حساب الشدة الفعالة للتيار المتردد	$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$
معادلة الجهد الفعال للجهد المتردد	$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$
حساب الطاقة الحرارية E في المقاومة R المتصلة بمصدر تيار متردد .	$E = I_{rms}^2 \, R \, t = \frac{V_{rms}^2}{R} t$
حساب القدرة الحرارية (p)	$p = I_{rms}^2 \; R \; = \frac{V_{rms}^2}{R}$
ملاحظات هامة	1- الشدة الفعالة للتيار المتردد ألجيبي تتناسب طرديا مع شدته العظمي . 2- إن مرور تيار متردد شدته العظمي I_m في المقاومة R لفترة زمنية t يولد كمية الحرارة نفسها التي يولدها مرور تيار مستمر شدته $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ في المقاومة نفسها وخلال الفترة الزمنية نفسها . 3- الأجهزة الكهربائية التي تعمل علي التيار المتردد **تسجل عليها القيم الفعالة** من شدة التيار أو مقدار الجهد . 4- الأجهزة المستخدمة لقياس شدة التيار المتردد ومقدار الجهد المتردد من أميتر وفولتاميتر **تقيس القيم الفعالة .**

فرق الطور

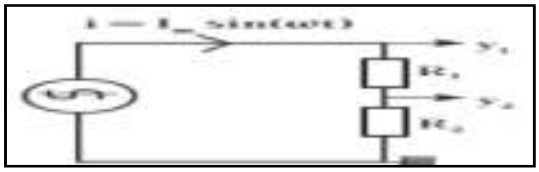
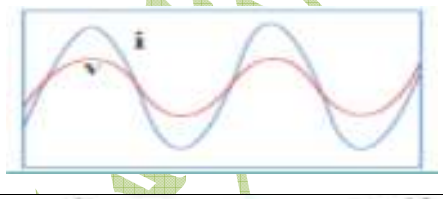
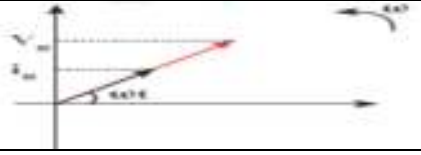
- عند تطبيق جهد متردد $V_t = V_m \sin(\omega t + \phi)$ علي دائرة كهربائية يسري في الدائرة تيار كهربائي متردد $i = I_m \sin(\omega t)$ حيث أن ϕ هو فرق الطور بين الجهد المتردد (v) والتيار الكهربائي (i) .

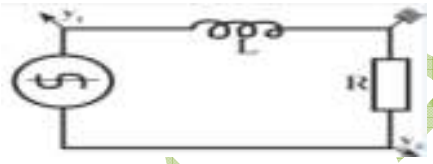
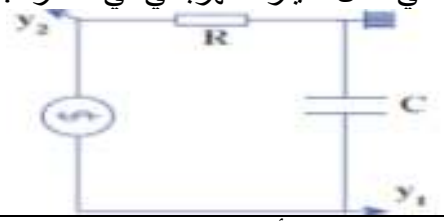
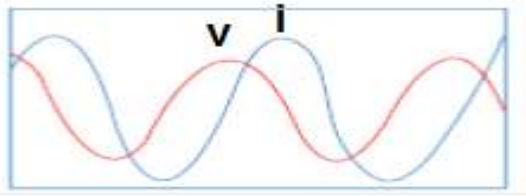
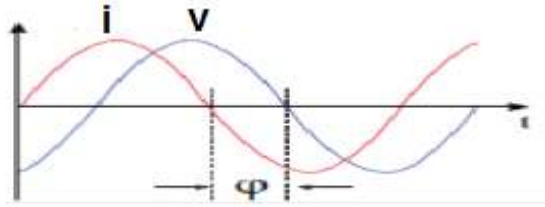
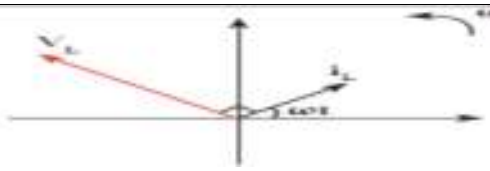
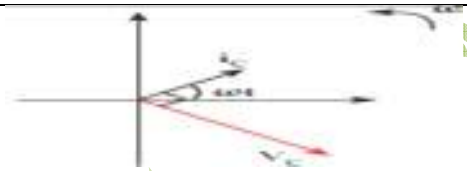
فرق الطور بيانيا

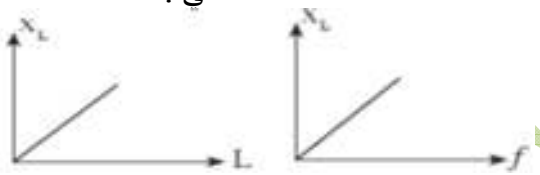
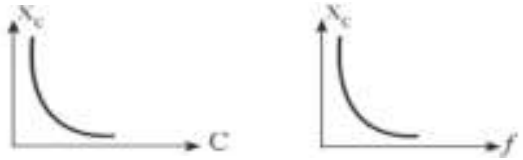
يمثل فرق الطور بيانيا بأقرب مسافة أفقية بين قمتين متتاليتين لمنحني كل من فرق الجهد وشدة التيار الكهربائي اللذين يظهران علي شاشة راسم الإشارة .

		
$\phi = 0$ وبالتالي يكون شدة التيار وفرق الجهد متفقي في الطور .	$\phi > 0$ وبالتالي فرق الجهد يسبق شدة التيار الكهربائي .	$\phi < 0$ وبالتالي تسبق شدة التيار الكهربائي فرق الجهد .
		

1- تطبيق قانون أوم علي دائرة تيار متردد تحوي مقاومتين أوميتين فحسب

تعريف المقاومة الصرفة (المقاومة الأومية)	هي المقاومة التي تحول الطاقة الكهربائية بأكملها إلي طاقة حرارية فحسب وليس لديها أي تأثير حثي ذاتي . L = (0) H
الدائرة الكهربائية	نقوم بتوصيل راسم الإشارة ذي المدخلين ليقيس الجهد في الوقت نفسه علي كل من المصدر والمقاومة الأومية R في دائرة تيار متردد منخفض التردد كما بالشكل التالي .علما بان الرسم البياني الذي يمثل الجهد علي المقاومة الأومية له الشكل نفسه للتيار الكهربائي في الدائرة وذلك لأن i(t) = v(t) / R حيث إن R تساوي قيمة ثابتة . 
قرق الطور بين فرق الجهد وشدة التيار	التيار الكهربائي وجهد المصدر **يتغيران بكيفية واحدة أي أنهما متفقان في الطور** فيزدادان معا ويتناقصان معا أي أن Φ = 0 rad
معادلة كل من فرق الجهد وشدة التيار	$v(t) = V_{m\,R} \sin \omega t$ $i(t) = I_{m\,R} \sin \omega t$
الرسم البياني للجهد والتيار	
الرسم ألاتجاهي	
معادلات حساب المقاومة	$R = \frac{v(t)}{i(t)} = \frac{V_m}{I_m} = \frac{V_{rms}}{I_{rms}} = \frac{\rho L}{A}$
العوامل التي يتوقف عليها المقاومة	من العلاقة $R = \frac{\rho L}{A}$ 1- طول السلك L 2- مساحة مقطعه A 3- المقاومة النوعية لمادة السلك ρ
ملاحظات هامة	1- قيمة المقاومة R **لا تتغير بتغير نوع التيار المار سواء أكان متردد أم مستمر ولا تتغير بتغير التردد .** 2- **المقاومة في معظم الأحيان تكون علي شكل ملف ملفوف لفا مزدوجا لإلغاء الحث الذاتي الناتج عنه أو علي شكل سلك مستقيم** **علل : المقاومة في معظم الأحيان تكون على شكل ملف ملفوف لفا مزدوجا ؟** حتى يكون اتجاه التيار المار في احد فرعي الملف عكس اتجاهه في الفرع الآخر فيكون مجالاهما المغناطيسيان متضادين ومتساويين فيعادل كل منهما الآخر وبذلك ينعدم الحث الذاتي للملف ولا يكون له تأثير علي التيار الأصلي .

وجه المقارنة	2- تطبيق قانون اوم علي دائرة تيار متردد تحوي ملفا حثيا (تأثيريا) نقي ومقاومة أومية	3- تطبيق قانون اوم علي دائرة تيار متردد تحوي مكثف ومقاومة .
التعريف	**الملف الحثي النقي:** هو الملف الذي له تأثير حثي حيث إن معامل حثه الذاتي L كبير ومقاومته الاومية r معدومة .	**المكثف :** يعمل علي تخزين الطاقة الكهربائية وتفريغها وقت الحاجة .
الدائرة الكهربائية	نقوم بتوصيل راسم الإشارة ذي المدخلين ليقيس فرق الجهد علي الملف وفرق الجهد علي المقاومة التي تمثل التيار الكهربائي في الدائرة . 	نقوم بتوصيل راسم الإشارة ذي المدخلين ليقيس فرق الجهد علي المكثف وفرق الجهد علي المقاومة التي تمثل التيار الكهربائي في الدائرة . 
قرق الطور بين فرق الجهد وشدة التيار	الجهد الكهربائي يتقدم علي التيار الكهربائي في الملف (بربع دورة) أي بزاوية طور $\Phi = \frac{\pi}{2}$ rad	الجهد الكهربائي يتأخر علي التيار الكهربائي في المكثف (بربع دورة) أي بزاوية طور $\Phi = \frac{\pi}{2}$ rad
معادلة كل من فرق الجهد وشدة التيار	$v\ (t) = V_m \sin\ (\omega t + \pi / 2)$ $i = I_m \sin\ \omega t$	$v\ (t) = V_m \sin\ (\omega t - \pi / 2)$ $i = I_m \sin\ \omega t$
الرسم البياني للجهد والتيار		
الرسم ألاتجاهي		
الممانعة للتيار المتردد	التيار المتردد متغير الشدة لحظيا ومتغير الاتجاه كل نصف دورة وبالتالي يولد في الملف قوة محركة كهربائية تأثيرية تعاكس مسببها فتعيق مرور التيار في الملف وهذه المقاومة تسمي بالممانعة الحثية للملف . **الممانعة الحثية للملف X_L :** هي الممانعة التي يبديها الملف لمرور التيار المتردد خلاله . **وتقاس بوحدة الاوم .**	يمانع المكثف مرور التيار المتردد في دائرته وتسمي هذه الممانعة بالممانعة السعوية للمكثف وتنشأ من تراكم الشحنات علي سطحي المكثف وحدوث فرق جهد عكسي يقاوم مرور تيار الشحن الكهربائي . **الممانعة السعوية للمكثف X_C :** الممانعة التي يبديها المكثف لمرور التيار المتردد خلاله . **وتقاس بوحدة الاوم .**

العوامل التي يتوقف عليها الممانعة	**تتوقف الممانعة الحثية للملف علي :** 1- **تردد التيار f :** تتناسب الممانعة الحثية للملف X_L طرديا مع تردد التيار . 2- **معامل الحث الذاتي للملف L :** تتناسب الممانعة الحثية للملف X_L طرديا مع معامل الحث الذاتي . 	**تتوقف الممانعة السعوية للمكثف علي :** 3- **تردد التيار f :** تتناسب الممانعة السعوية للملف X_C عكسيا مع تردد التيار . 4- **سعة المكثف الكهربائية C :** تتناسب الممانعة السعوية للمكثف X_C عكسيا مع السعة الكهربائية للمكثف . 
معادلة حساب الممانعة من خلال عواملها	$X_L \alpha L f$ $X_L = K f L$ ووجد عمليا أن المقدار الثابت $K = 2\pi$ $X_L = 2\pi f L$ وبما ان $\omega = 2\pi f$ $X_L = L\omega$	$X_C \alpha \frac{1}{f C}$ $X_C = \frac{K}{f C}$ ووجد عمليا أن المقدار الثابت $K = \frac{1}{2\pi}$ $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$ وبما ان $\omega = 2\pi f$ $X_C = \frac{1}{C \omega}$
علاقات حساب الممانعة باستخدام القيم المتزامنة في أي لحظة لكل من الجهد والتيار	$X_L = \frac{v(t)}{i(t)} = \frac{V_{rmsL}}{I_{rmsL}} = \frac{V_{\max L}}{I_{\max L}}$	$X_C = \frac{v(t)}{i(t)} = \frac{V_{rmsC}}{I_{rmsC}} = \frac{V_{\max C}}{I_{\max C}}$
الطاقة المختزنة	الملف الحثي النقي لا يحول أي جزء من الطاقة الكهربائية الي طاقة حرارية بل الي طاقة مغناطيسية U_B تختزن في المجال المغناطيسي للملف وتساوي $U_B = \frac{1}{2} L I_{rms}^2$	المكثف لا يحول أي جزء من الطاقة الكهربائية الي طاقة حرارية بل الي طاقة كهربائية تختزن في المجال الكهربائي للمكثف وتساوي $U_E = \frac{1}{2} C V_{rms}^2$
ملاحظات هامة	1- الممانعة الحثية ليست مقاومة اومية أي أنها لا تحول الطاقة الكهربائية الي حرارية . 2- في حالة التيار المستمر فإن التردد يساوي صفرا وعليه تصبح ممانعة الملف مساوية للصفر . لذلك لا تظهر أي ممانعة حثية في دوائر التيار المستمر . 3- **تستخدم الملفات الحثية في فصل التيارات منخفضة التردد عن التيارات مرتفعة التردد والمستخدمة في الأجهزة اللاسلكية بحيث تسمح بمرور التيارات المنخفضة وتمنع التيارات عالية التردد .**	1- في حالة التيار المستمر فإن التردد يساوي صفرا وعليه تصبح ممانعة المكثف لا نهائية القيمة أي أن دائرة التيار المستمر مفتوحة . 2- تستخدم المكثفات في فصل التيارات منخفضة التردد عن التيارات مرتفعة التردد والمستخدمة في الأجهزة اللاسلكية بحيث تسمح بمرور التيارات **عالية التردد** وتقاوم مرور التيارات **المنخفضة التردد .**

علل لما يلي :

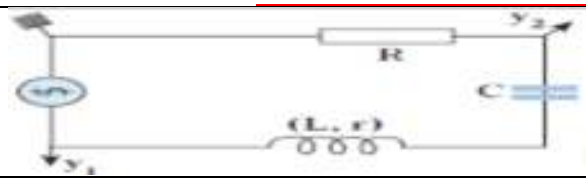
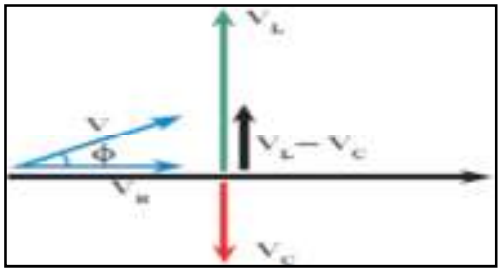
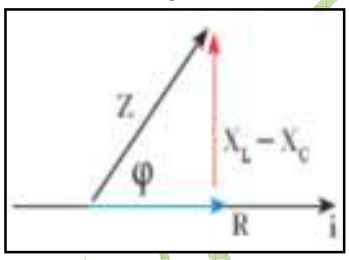
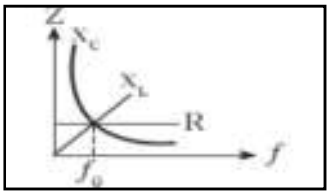
1- لا يسمع المكثف بمرور التيار المستمر ؟

في حالة التيار المستمر فإن التردد يساوي صفرا وعليه تصبح ممانعة المكثف X_C لا نهائية القيمة أي أن دائرة التيار المستمر مفتوحة .

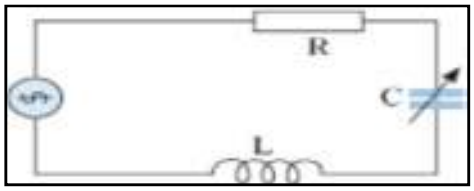
أو لأنه في حالة التيار المستمر يتم الشحن حتى يصبح جهد المكثف يساوي جهد البطارية فلا يمر التيار وكذلك تكون X_C لا نهائية القيمة حيث أن $f = 0$

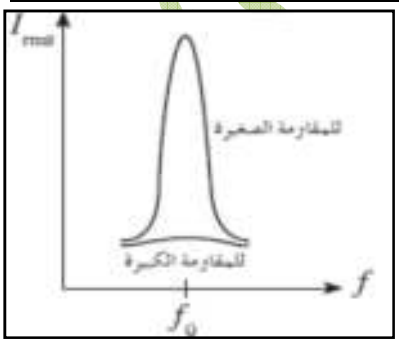
2- يسمع المكثف بمرور التيار المتردد ؟

لأن التيار المتردد خلال زمن دوري واحد يحدث عمليتي شحن وتفريغ وبسبب تعاقب عمليتي الشحن والتفريغ فإن التيار يمر بالدائرة علي الرغم من وجود المادة العازلة بين اللوحين .

تطبيق قانون أوم علي دائرة تيار متردد تحتوي علي مقاومة أومية وملف حثي نقي ومكثف متصلة معا علي التوالي	
الدائرة الكهربائية	
الجهد الكلي (V)	جمع الجهود الكلي للعناصر الثلاثة هو جمع اتجاهي وليس جمعا عدديا لأنها مختلفة في زوايا الطور وعليه نستنتج أن : $V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$ 
المقاومة الكلية (Z)	بما أن التيار هو نفسه في دائرة التوالي وبالتعويض عن قانون أوم في كل من المقاومة الأومية والملف ألحثي النقي والمكثف نحصل علي : $iZ = \sqrt{i^2 R^2 + (iX_L - iX_C)^2}$ حيث تمثل Z المقاومة المكافئة للمقاومة الصرفة والممانعة الحثية للملف والممانعة السعوية للمكثف . وباختزال شدة التيار من المعادلة نحصل علي **المقاومة الكلية** علي الشكل التالي : $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ 
فرق الطور بين الجهد الكلي وشدة التيار (ϕ)	$\tan \varphi = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{X_L - X_C}{R}$
علاقات حساب الممانعة الكلية باستخدام القيم المتزامنة في أي لحظة لكل من الجهد والتيار	$Z = \frac{v(t)_T}{i(t)_T} = \frac{V_{rmsT}}{I_{rmsT}} = \frac{V_{mT}}{I_{mT}}$ 

دائرة الرنين الكهربائي

الدائرة الكهربائية	الدائرة مؤلفة من مقاومة أومية (R) وملف حثي نقي معامل حثه الذاتي (L) ومكثف متغير السعة (C) متصلة علي التوالي بمصدر تيار متردد يمكن التحكم بتردده (f) . 
الرنين الكهربائي	هو حالة خاصة لدائرة توال تحتوي علي ملف حثي ومكثف ومقاومة أومية .
خصائص دائرة الرنين	1- الممانعة الحثية X_L مساوية في المقدار للممانعة السعوية X_C ويلغي كل منهما الآخر . $X_L = X_C$ 2- مقاومة الدائرة الكلية Z تساوي مقدار المقاومة الاومية في الدائرة R وهي أقل مقاومة ممكنة . $Z = R$ 3- شدة تيار الرنين هي أكبر شدة تيار وتحسب وفق المعادلة التالية $I=\frac{V}{R}$ للقيم المختلفة للتيار والجهد . 4- الجهد الكلي في الدائرة يساوي الجهد علي المقاومة الأومية فحسب . 5- الجهد والتيار متفقين في الطور . 6- الجهد بين طرفي الملف يساوي الجهد بين طرفي المكثف . $V_L = V_C$
استنتاج قيمة تردد الرنين	$X_L = X_C$ $2\pi f L = \frac{1}{2\pi f C}$ $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$



الشكل المقابل يوضح منحنيان لتغير شدة التيار بتغير التردد عند مقاومة أومية صغيرة وكذلك عند مقاومة أومية كبيرة . كالتالي :

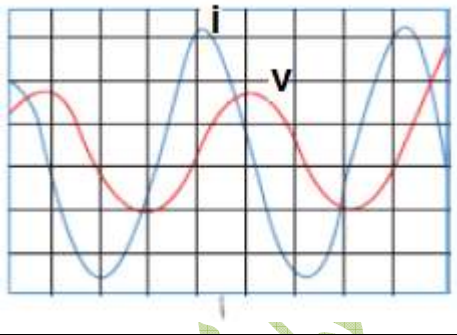
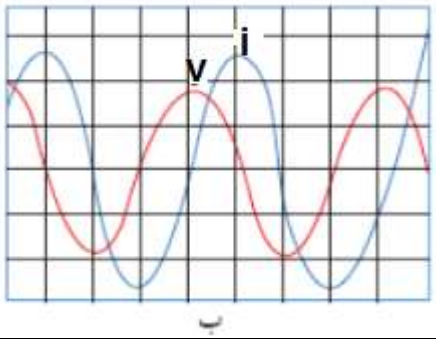
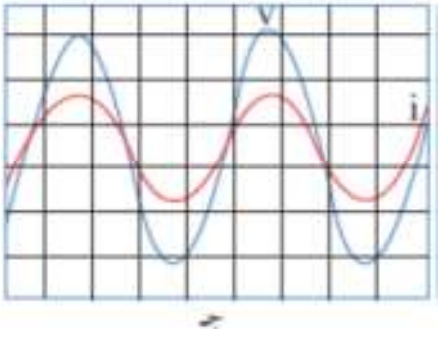
1- عندما يتغير التردد يتغير كل من الممانعة الحثية والممانعة السعوية . حيث أنه عند تردد صغير تكون الممانعة السعوية كبيرة والممانعة الحثية صغيرة فيكون الفرق بين ($X_L - X_C$) كبير وبالتالي تكون Z من العلاقة $Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$ كبيرة فيكون شدة التيار صغيرة

2- ثم بزيادة التردد تقل X_C وتزداد X_L فيقل الفرق بينهما تدريجيا وبالتالي تقل Z تدريجيا وتزداد شدة التيار تدريجيا .

3- وعندما يصبح $X_L = X_C$ تكون Z أقل ما يمكن ويحدث ذلك عند تردد الرنين فتكون شدة التيار أكبر ما يمكن .

4- وبزيادة التردد عن تردد الرنين تستمر X_C في النقصان وتستمر X_L في الزيادة فيزداد الفرق بينهما مرة أخري وتزداد Z تدريجيا وبالتالي يقل شدة التيار تدريجيا .

ملاحظات :

		
عند تردد **أقل** من تردد الرنين **يتأخر** الجهد عن التيار في الدائرة لأن X_C تكون **أكبر** من X_L وبالتالي تكون زاوية الطور ϕ **سالبة** من العلاقة $\tan \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$	عند تردد **أكبر** من تردد الرنين **يسبق** الجهد التيار في الدائرة لأن X_C تكون **أقل** من X_L وبالتالي تكون زاوية الطور ϕ **موجبة** من العلاقة $\tan \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$	عند تردد الرنين الجهد والتيار متفقين في الطور . لأن $X_L = X_C$ وبالتالي تكون زاوية الطور ϕ **تساوي صفر .** من العلاقة $\tan \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$

تعليلات هامة

1- سلك المقاومة الاومية ملفوف لفا مزدوجا ؟

حتي ينعدم الحث الذاتي وبالتالي فلا يكون لها تيار تأثيري علي التيار الاصلي .

2- للمقاومة الاومية قيمة واحدة مهما اختلف التردد بعكس الممانعة الحثية والسعوية.

لان المقاومة الاومية لا تتوقف علي التردد بينما الممانعة الحثية تتناسب طرديا مع التردد والممانعة السعوية تتناسب عكسيا مع التردد .

3- الملف التأثيري النقي لا يحول اي جزء من الطاقة الكهربية الي طاقة حرارية ؟

لان مقاومته الاوميه تساوي صفر وبالتالي فان الملف يختزن طاقة مغناطيسية في مجاله المغناطيسي .

4- المكثف لا يمرر التيار المستمر (بعد تمام شحنه) بينما يمرر التيار المتردد ؟

في التيار المستمر تتكاثف الشحنات على لوحي المكثف وبسبب وجود المادة العازلة لا يمر التيار كما أن التيار يساوي صفر وعلية تكون مقاومة المكثف لانهائية فيجعل الدائرة مفتوحة ، أما في التيار المتردد تتعاقب عملتي الشحن والتفريغ خلال الدورة الواحدة فيمر التيار على الرغم من وجود المادة العازلة .

5- تنعدم الممانعة الحثية للملف في دوائر التيار المستمر ؟

لأن التردد للتيار المستمر يساوي صفر وعليه فإن الممانعة الحثية تكون مساوية صفر .

6- تستطيع دائرة الرنين أن تميز بين ترددات الموجات المستقبلة ؟

- تستخدم دائرة الرنين في الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية ؟

- يستخدم الملف الحثي في فصل التيارات العالية التردد والمنخفضة ؟

لأنه بسبب التناسب الطردي بين الممانعة الحثية والتردد ، فإن الملف الحثي يسمح بمرور التيار منخفض التردد حيث يبدي أمامه ممانعة صغيرة ، بينما لا يسمح بمرور التيار عالي التردد .

7- يستخدم المكثف في فصل التيارات العالية التردد عن المنخفضة؟

لأنه بسبب التناسب العكسي بين الممانعة السعوية والتردد فان المكثف يسمح مرور التيار عالي التردد ولا يسمح بمرور التيار منخفض التردد .

8- يمر اقصي شدة تيار في دائرة الرنين؟

لأنه في دائرة الرنين $X_l = X_c$ لذلك تكون المقاومة الكلية (Z)اقل ما يمكن .

9- يستخدم المكثف كمقاومة متغيرة (ريوستات) مع التيار المتردد ؟

لأنه يمكن تغيير ممانعته السعوية (X_C) عن طريق تغير تردد التيار (f) أو سعة المكثف (C)

ما هي العوامل التي يتوقف عليها كل من؟

الكمية	العوامل
المقاومة الصرفة لسلك	- نوع مادة السلك . - مساحة مقطعه . - طول السلك .
الممانعة الحثية لملف	- تردد التيار . - معامل الحث الذاتي .
الممانعة السعوية لمكثف	- تردد التيار . - سعة المكثف الكهربائي .
الطاقة المغناطيسية المختزنة في ملف	- شدة التيار الفعال - معامل الحث الذاتي
الطاقة الكهربية المختزنة في مكثف	- فرق الجهد الفعال - سعة المكثف
زاوية فرق الطور	-الممانعة الحثية X_l -الممانعة السعوية X_c -المقاومة الاومية R
تردد الرنين f	- معامل الحث الذاتي L - سعة المكثف c

مسائل متنوعة

مسألة 1

مكواة ملابس تعمل على مصدر جهد متردد حيث إن شدة التيار العظمى $5\sqrt{2}$ (A) احسب الطاقة الحرارية الناتجة عن عمل المكواة لمدة ساعة علما أن مقاومة المكواة الأومية تساوي (1000) Ω

مسألة 2

دائرة تيار متردد تحتوي على ملف نقي معامل حثه الذاتي يساوي L = 0.01 H يمر به تيار لحظي يتمثل بالعلاقة التالية $i = 2\sin 100\pi t$ احسب

أ- ممانعة الملف الحثية .

ب- فرق الجهد الفعال على طرفي الملف .

مسألة 3

دائرة تيار متردد تحتوي على مكثف $C = 400\ \mu F$ يمر فيها تيار لحظي يتمثل بالعلاقة التالية :
بالعلاقة التالية :
احسب $i = 4 \sin 100\pi t$

أ- الممانعة السعوية للمكثف .

ب- فرق الجهد الفعال على طرفي المكثف .

مسألة 4

في دائرة توال تحتوي على ملف نقي ممانعته الحثية $X_L = (16)\ \Omega$ ومكثف ممانعته السعوية $X_c = (6)\ \Omega$ ومقاومة أومية $R = (10)\ \Omega$ ومتصلة على مصدر تيار متردد تردده $f = (60)\ HZ$ احسب

أ- المقاومة الكلية في الدائرة .

ب- شدة التيار العظمى علما أن قيمة $V_m = (10)V$

مسألة 5

دائرة توال مؤلفة من مكثف $C = (1)\ \mu F$ و ملف تأثيري نقي له معامل حث ذاتي $L = (70)\ mH$ ومقاومة أومية $R = (60)\ \Omega$ متصلة بمصدر جهد متردد جهده الفعال 220 V .

أ- احسب مقدار تردد الرنين للحصول على رنين كهربائي .

ب- احسب الشدة الفعالة للتيار في حالة الرنين .

مسألة 6

إن القيمة العظمى لفرق الجهد المتردد المطبق على مقاومة أومية صرفة $R = (10)\ \Omega$ هو $V_m = (8)V$

أ- احسب مقدار فرق الجهد الفعال للجهد المتردد .

ب- استنتج مقدار القيمة العظمى لشدة التيار المار في المقاومة .

مسألة 7

دائرة توال مؤلفة من مكثفة C و ملف تأثيري نقي له معامل حث ذاتي L = (20) mH ومقاومة أومية R = (150) Ω موصلة على مصدر جهد متردد مقدار جهده الفعال يساوي 20 V وتردده يساوي $f_{0=}$ (796) Hz احسب :

أ- مقار سعة المكثف في حالة الرنين الكهربائي .

ب- المقدار الفعال للتيار الكهربائي في حالة ألرنيني الكهربائي .

مسألة 8

دائرة توالى مؤلفة من مكثف C= (2) μ F و ملف تأثيري نقي له معامل حث ذاتي L = (120) mH ومقاومة أومية R = (50) Ω متصلة بمصدر جهد متردد يمكن تعديل تردده والقيمة العظمى للجهد (311) V احسب :

أ- مقدار تردد الرنين التى إذا ما استعملت لمصدر الجهد نحصل على حالة رنين كهربائي في الدائرة .

ب- القيمة العظمى لشدة التيار في حالة الرنين .

مسألة 9

تيار متردد يتمثل بمعادلة الشدة اللحظية للتيار التالية $i(t) = 2\sqrt{2}\sin 120\pi t$ احسب

أ- مقدار الشدة الفعالة للتيار

ب- الزمن الدوري للتيار المتردد

ج- تردد التيار

د- القيمة العظمى لشدة التيار في حالة الرنين

مسألة 10

دائرة تيار متردد تتكون من مصدر تيار متردد جهده الفعال V (220) وتردد Hz ($200/\pi$) يتصل على التوالى بمكثف سعته F μ (50) وملف حثى نقي معامل تأثيره الذاتي mH(100) احسب :

أ- المقاومة الكلية للدائرة

ب- شدة التيار الفعالة المارة في الدائرة

ج- فرق الجهد الفعال بين لوحي المكثف

د- كم تساوي سعة المكثف الذي يوضع بدلا من المكثف الأول والذي يجعل الدائرة في حالة رنين مع التيار المتردد المغذي لها .

مسألة 11

دائرة تيار متردد تتكون من مقاومة صرفة مقدارها Ω (100) وملف حث نقي معامل تأثيره الذاتي H(0.5) ومكثف سعته F μ(14) ومصدر تيار متردد جهده الفعال ثابت ويساوي V (100) ويمكن التحكم في (تغيير) تردده أحسب

أ- تردد التيار لكي تصبح ممانعة المكثف مساوية لممانعة الملف الحثي .

ب- شدة التيار الفعال في الدائرة وفرق الجهد الفعال بين كل عنصر من عناصرها الثلاث في حالة الرنين