السادس العلمي

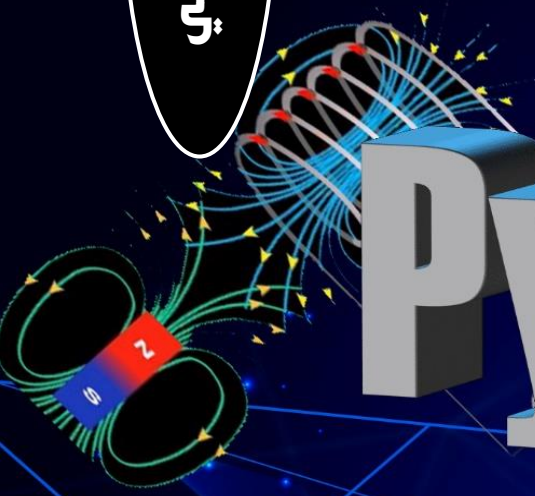
2024

2

الحث الكهرومغناطيسي

الفيزياء

Pysics



اعداد الأستاذ

ايثار كريم الصريفي

اعدادية الشطرة للبنين

07505015126

المجال المغناطيسي: هو الحيز يحيط بالمغناطيس والذي تظهر فيه تأثير القوة المغناطيسية ويمثل بالرسم بخطوط تدعى خطوط المجال المغناطيسي.

المجال الكهربائي: هو الحيز الذي يحيط بالشحنة الكهربائية والذي يظهر فيه تأثير القوة الكهربائية.

س: عدد استعمالات المغناطيس الكهربائي؟

ج:

١- في رفع القطع الحديدية الثقيلة.

٢- في الاجهزة الكهربائية مثل (المولد، المحرك، الحاسوب، مولد الصوت، الرنين المغناطيسي).

س: اين يتولد المجال المغناطيسي؟

ج:

١- حول المغناط الدائمية.

٢- حول الشحنات الكهربائية المتحركة.

تأثير كل من المجالين الكهربائية والمغناطيسي في الجسيمات المشحونة المتحركة خلاله

اولاً: تأثير المجال الكهربائي

س (وزاري مهم) : ماذا يحصل اذا تحرك جسم مشحون بشحنة موجبة (q^+) باتجاه عمودي على خطوط المجال الكهربائي ؟

ج : الجسم سوف يتأثر بقوة كهربائية (F_E) بمستوى متوازي لخطوط المجال الكهربائي ويحسب مقدار القوة الكهربائية من $(F_E = q_E)$.

F_E : القوة الكهربائية بوحدة N .

q : شحنة الجسيم بوحدة N .

E : المجال الكهربائي بوحدة $N\backslash C$.

ثانياً: تأثير المجال المغناطيسي

س (وزاري مهم) : ماذا يحصل اذا تحرك جسيم مشحون شحنة موجبة (q^+) باتجاه عمودي بسرعة (v) على خطوط مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (B) ؟

ج : الجسيم يتأثر بقوة مغناطيسية (F_B) بمستوى عمودي على ذلك الفيض وسينحرف الجسيم عن مساره الاصلي ويتخذ مسارا دائريا .

ويحسب مقدار القوة المغناطيسية من

$$F_B = \mathrm{q\ v\ B\ \sin\theta}$$

F_B : القوة المغناطيسية بوحدة N .

q : الشحنة بوحدة C .

v : السرعة للجسيم بوحدة $m\backslash s$.

B : كثافة الفيض المغناطيسي بوحدة T .

θ : الزاوية بين $(\vec{v}$ و $\vec{B})$.

س (وزاري مهم) : كيف يمكن تعيين القوة المغناطيسية (F_B) ؟

ج : وذلك بتطبيق قاعدة الكف الايمن (تدوير اصابع الكف الايمن من اتجاه السرعة v نحو اتجاه المجال المغناطيسي B فيشير الابهام الى اتجاه القوة المغناطيسية F_B .

س: متى لا تتولد قوة مغناطيسية؟ ومتى تتولد أعظم قوة مغناطيسية؟

ج:

١. عندما تكون $(\theta = 0)$ لا تتولد F_B اي ان الجسم المشحون يتحرك باتجاه موازي لخطوط المجال المغناطيسي .
٢. اذا كانت $(\theta = 90)$ فأن اعظم قوة مغناطيسية هي :

$$F_B = q\, v\, B$$

س: ما هي العوامل المؤثرة في مقدار القوة المغناطيسي؟

ج:

١- مقدار الشحنة q .
٢- السرعة v .
٣- كثافة الفيض B .
٤- الزاوية θ بين $(\vec{v}$ و $\vec{B})$.

ثالثاً : تأثير المجالين الكهربائي و المغناطيسي

س : ماذا يحصل اذا قذف جسيم مشحون شحنة موجبة q^+ وبسرعة v في مستوى الصفيحة باتجاه عمودي على كل من المجالين الكهربائي والمغناطيسي ؟

ج: سوف يتأثر هذا الجسم بقوتين أحدهما قوة كهربائية (F_E) التي يؤثر فيها المجال الكهربائي وتكون موازي لخطوط هذا المجال والاخرى قوة مغناطيسية (F_B) التي يؤثر فيها المجال المغناطيسي وتكون عمودية على خطوط المجال المغناطيسي وان القوة المغناطيسية تكون اما باتجاه القوة الكهربائية او باتجاه معاكس لها وان هاتين القوتين محصلتهما تسمى قوة لورنز..

$$\overrightarrow{F_L} = \overrightarrow{F_E} + \overrightarrow{F_B}$$

قوة لورنز

س: ما المقصود بقوة لورنز واين تستثمر؟

ج:

قوة لورنز : هي محصلة قوتين كهربائية $\overrightarrow{F_E}$ ومغناطيسية $\overrightarrow{F_B}$ يؤثر بها مجالين منتظمين متعامدين احدهما كهربائي والاخر مغناطيسي على جسيم مشحون يتحرك بصورة عمودية على المجالين .
وتستثمر في بعض التطبيقات العملية ومن امثلتها انبوبة الاشعة الكاثودية في مسار الحزمة الالكترونية الساقطة على الشاشة.

الحث الكهرومغناطيسي

س: ما المقصود بالحث الكهرومغناطيسي؟

ج: هو ظاهرة توليد طاقة كهربائية في موصل نتيجة تغير الفيض المغناطيسي لذلك الموصل او الملف.

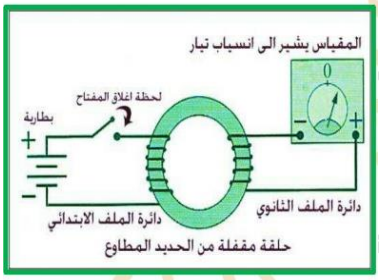
س: ما هو اكتشاف اورستد؟

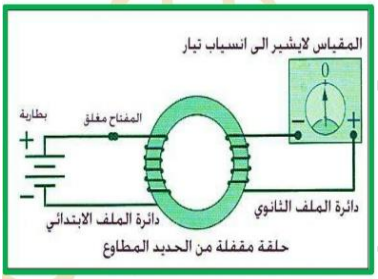
ج: التيار الكهربائي يولد مجالا مغناطيسيا.

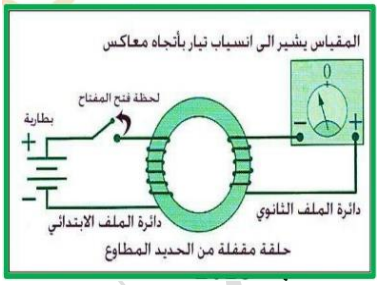
س: ما هو اكتشاف فاراداي؟

ج: امكانية توليد تيار كهربائي في حلقة مقفلة او ملف من سلك موصل وذلك بواسطة مجال مغناطيسي متغير يواجه تلك الحلقة او الملف.

تجربة: اشرح تجربة توضح اكتشاف واستنتاج فرادى في الحث الكهرومغناطيسي؟







ادوات التجربة: ملفين سلكيين ملفوفين حول حلقة مقفلة من الحديد المطاوع، وبطارية، مفتاح، كلفانوميتر.

خطوات التجربة:

١. نربط أحد الملفين على التوالي مع بطارية ومفتاح وتسمى [دائرة الملف الابتدائي]
٢. نربط الملف الاخر بين طرفي الكلفانوميتر صفره في وسط التدرجية تسمى هذه الدائرة [دائرة الملف الثانوي]
٣. لاحظ فراداي لحظة اغلاق المفتاح المربوط مع الملف الابتدائي انحراف مؤشر المقياس المربوط مع الملف الثانوي في اتجاه معين ثم رجوعه الى تدريجة الصفر وتفسير ذلك:
   أ- انحراف مؤشر المقياس هو دليل قاطع على انسياب تيار كهربائي في دائرة الملف الثانوي وهذا التيار يسمي بـ [التيار المحتث]، على الرغم من عدم توافر بطارية او مصدر للفولطية في هذه الدائرة.
   ب- عودة مؤشر المقياس الى تدريجه الصفر بعد اغلاق المفتاح، كان بسبب ثبوت التيار المنساب في دائرة الملف الابتدائي وعندها لا يحصل تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن
٤. لاحظ فراداي عند فتح المفتاح المربوط مع الملف الابتدائي أنحراف مؤشر المقياس ثانية ولكن الى الجانب الاخر للصفر في هذه المرة ثم عودته الى تدريجه الصفر.

الاستنتاج:

١. يتولد تيار محتث في دائرة كهربائية مقفلة [مثل ملف سلكي او حلقة موصلة]، فقط عندما يحصل تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن
٢. اعطى تفسير فيزيائي لسبب فشل جميع المحاولات التي سبقت تجربة اكتشاف فراداي في توليد تيار كهربائي بواسطة مجال مغناطيسي لأن تلك المحاولات تعتمد على المجالات المغناطيسية الثابتة فقط.

س: ما العامل الاساس لتوليد تيار محتث في دائرة كهربائية مقفلة؟

ج: هو حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن.

س: هل يمكن للمجال المغناطيسي ان يولد تيارا كهربائيا في حلقة موصلة مقفلة؟

ج: نعم، عند حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة.

س: هل يتولد تيار كهربائي في ملف يتصل به اميتر عندما تواجه القطب الشمالي للساق الى وجهي الملف وندفعه الى داخل الملف؟

ج: نعم يتولد تيار محتث وتكون قراءة الاميتر عند تدريجة معينة والسبب هو ان الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف يتغير مع الزمن ويزداد الفيض المغناطيسي وذلك بسبب وجود حركة نسبية بين المغناطيس والملف.

س: هل يتولد تيار كهربائي في ملف يتصل به اميتر لو ابعد الساق المغناطيسية من جوف الملف وقطبها الشمالي مواجه له؟

ج: نعم يتولد تيار محتث ويكون اتجاه باتجاه معاكس لحالة الاقتراب والسبب هو ان الفيض الذي يخترق الملف يتغير مع الزمن (يحصل فيه تناقص) بسبب وجود حركة نسبية بين الملف والساق.

س: هل يمكن ان نحصل على تيار محتث من ملف يتصل بكلفانومتر نسبة الى ملف اخر يحمل تيار مستمر ثابت؟

ج: نعم إذا كانت هناك حركة بين الملفين الاول والثاني او عند فتح وغلق الدائرة للملف الابتدائي (الملف المتصل بالنضيدة).

س: ما سبب فشل المحاولات العملية التي سبقت اكتشاف فراداي في توليد تيار محتث بواسطة مجال مغناطيسي؟

ج: لان جميع المحاولات السابقة تعتمد على المجالات المغناطيسية الثابتة اما اكتشاف فراداي فأعتمد على تغير في الفيض المغناطيسي.

س: ماذا يتولد إذا تغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق حلقة موصله؟

ج: تتولد قوة دافعه كهربائية وتيار محتث على وفق قانون فراداي وينساب تيار محتث في الدائرة إذا كانت مغلقة.

س: ما هو التيار المحتث؟ وعلى ماذا يعتمد؟

ج: هو تيار يتولد نتيجة حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف لوحدة الزمن.
ويعتمد على: ـ ١ـ سرعة الحركة النسبية بين الساق والموصل.
٢ـ عدد لفات الملف.
٣ـ مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف.
٤ ـ النفوذية المغناطيسية لجوف الملف.

نشاط: اشرح نشاط يوضح ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي؟

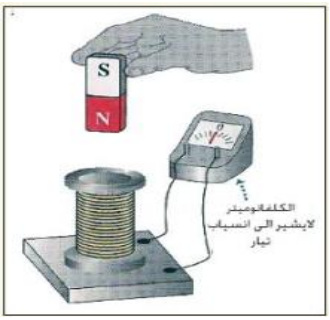
الادوات:

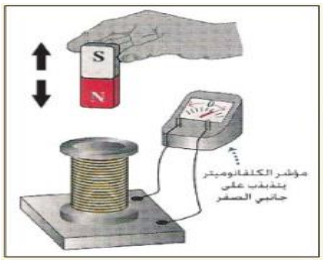
ملفان سلكيان مجوفان مختلفان في القطر، كلفانوميتر، ساق مغناطيسية، اسلاك توصيل، بطارية، مفتاح كهربائي

الخطوات:

اولا:

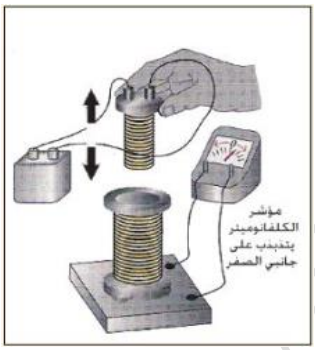
١. نربط طرفي أحد الملفين بواسطة اسلاك التوصيل مع طرفي الكلفانوميتر.
٢. نجعل القطب الشمالي للساق المغناطيسية مواجها لوجه الملف وفي حالة سكون نسبة للملف نلاحظ ان مؤشر الكلفانوميتر يبقى ثابتا عند تدريجة الصفر اي لا يشير تيار في الملف
٣. نحرك الساق نحو وجه الملف ثم نبعدها عنه نلاحظ ان مؤشر الكلفانوميتر ينحرف الى على احد جانبي صفر التدريجة وينحرف باتجاه معاكس عند ابعاد الساق من وجه الملف مشيرا الى انسياب تيار في الملف عند الحالتين





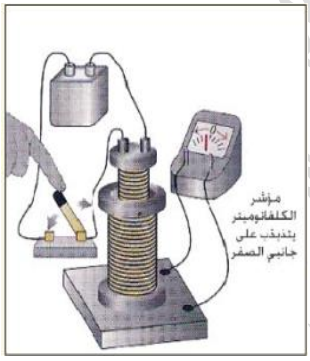
ثانيا:

١. نربط طرفي ملف آخر بطرفي بطارية للحصول على مغناطيسي كهربائي (وهذا يسمى بالملف الابتدائي)
٢. نحرك الملف المتصل بالبطارية امام وجه الملف المتصل بالكلفانوميتر (الملف الثانوي) بتقريبه مره وابعاده مره ثانيه من وجه الملف الثانوي نلاحظ ان مؤشر الكلفانوميتر ينحرف على احد جانبي الصفر مره وباتجاه متعاكس مره ثانية مشيرا الى انسياب تيارمحتث في الملف الثانوي ثم عودته الى الصفر عندما لا يحصل حركة نسبيه بين الملفين



ثالثا:

١. نربط مفتاح كهربائي في دائرة الملف الابتدائي ونجعله مفتوحا.
٢. ندخل الملف الابتدائي في جوف الملف الثانوي ونحافظ على ثبوت أحد الملفين نلاحظ ان مؤشر الكلفانوميتر لا ينحرف اي لا يشيرالى تيار في دائرة الملف الثانوي.
٣. نغلق ونفتح المفتاح في دائرة الملف الابتدائي نلاحظ ان مؤشر الكلفانوميتر يتذبذب بانحرافه على جانبي الصفر وباتجاهين متعاكسين مشيرا الى انسياب تيار محتث في دائرة الملف الثانوي فقط لحظتي الفتح والغلق.



الاستنتاج:

١. تستحث قوة دافعة كهربائية محتثة ε_{ind} وينساب تيار محتث I_{ind} في دائرة كهربائية مقفلة (حلقه موصلة او ملف) فقط عند حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن على الرغم من عدم وجود بطارية في الدائرة.
٢. تكون قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثه واتجاه التيار المحتث في الدائرة الكهربائية باتجاه معين عند تزايد الفيض المغناطيسي الذي يخترقها ويكونان باتجاه معاكس عند تناقص هذا الفيض.

القوة الدافعة الكهربائية الحركية ε_{mot}

هي فرق الجهد على طرفي ساق موصلة تتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم وهي حالة خاصة من حالات الحث الكهرومغناطيسية يرمز لها ε_{mot} وتقاس بوحدة $volt$.

عندما تتحرك ساق موصلة طولها L بسرعة v في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه B بحيث تكون الزاوية بين $(\vec{v}$ و $\vec{B})$ تساوي θ فسوف يتولد على طرفي الساق قوة دافعة كهربائية محتثة حركية تعطى بالعلاقة :

$$\varepsilon_{mot} = v\, B\, \ell\, \sin\theta$$

v : سرعة الساق $m\backslash s$.
B : كثافة الفيض T .
ℓ : طول الساق m .
θ : الزاوية بين $(\vec{v}$ و $\vec{B})$.

س: اشتق العلاقة لحساب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية المتولدة على طرفي ساق تتحرك عموديا داخل مجال مغناطيسي منتظم؟

ج:

عندما تتحرك الساق عموديا على مجال مغناطيسي تتولد قوة مغناطيسية $(\overrightarrow{F_B})$ ثم تتولد قوة كهربائية $(\overrightarrow{F_E})$ وعند تساوي هاتين القوتين تحصل حالة اتزان .

$$\overrightarrow{F_E} = \overrightarrow{F_B}$$

$$qE = q\, v\, B \quad (\sin\theta = 1 \text{ في القانون لانها تتحرك عموديا } \theta = 90^\circ)$$

$$E = v\, B$$

$$E = \frac{\Delta V}{\ell}$$

$$\therefore\ \Delta V = E\, \ell$$

$$\therefore\ \Delta V = v\, B\, \ell$$

بما ان فرق الجهد (ΔV) يمثل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية (ε_{mot})

$$\varepsilon_{mot} = v\, B\, \ell$$

ملاحظات مهمة جدا:

١. عندما يكون $\vec{B} \perp \vec{v}$ فأن $\theta = 90°$ ولذلك تتولد اعظم قوة دافعة كهربائية محتثة وتصبح العلاقة : $\varepsilon_{mot} = v\, B\, \ell$
٢. عندما يكون $\vec{B} \parallel \vec{v}$ فأن $\theta = 0$ لذلك لا تتولد ε_{mot} على طرفي الساق .
٣. عندما يصنع متجه السرعة $\vec{v}$ زاوية θ مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي سوف تتولد ε_{mot} اكبر من الصفر واقل من مقدارها الاعظم .

س : على ماذا تعتمد ε_{mot} على طرفي ساق موصلة تتحرك عموديا على اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي ؟

ج:

١- طول الساق ℓ .

٢- سرعة الساق v .

٣- كثافة الفيض المغناطيسي B .

٤- وضعية الساق نسبة للمجال المغناطيسي.

قوانين الساق الموصلة

لحساب القوة الدفعة الحركية ε_{mot}:

$$\varepsilon_{mot} = v\, B\, \ell$$

لحساب التيار المحتث:

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{mot}}{R}$$

لحساب القدرة المتبددة:

$$P_{diss} = I_{ind}\, \varepsilon_{mot}$$
$$P_{diss} = {I_{ind}}^2 . R$$
$$P_{diss} = \frac{{\varepsilon_{mot}}^2}{R}$$

لحساب القوة الساحبة:

$$F_{pull} = I\, B\, \ell$$

لحساب القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة:

$$F_{B1} = q\, v\, B$$

التيار المحتث : هو التيار الذي يتولد نتيجة حصول تغير في الفيض المغناطيسي $(\Delta \emptyset_B)$ لوحدة الزمن الذي يخترق (حلقة موصلة او ملف سلكي) .

- عندما تنزلق ساق موصلة بسرعة v على سكة موصلة بشكل حرف U وباتجاه عمودي على فيض مغناطيسي منتظم B بحيث يمكن ان تكون المقاومة الكلية للدائرة R فسوف ينساب تيار محتث I_{ind} في هذه الدائرة ويحسب بـ :

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{mot}}{R} \quad , \quad I_{ind} = \frac{v\, B\, \ell}{R}$$

- اما القدرة المكتسبة في الدائرة والفائضة (المتبددة) P_{diss} التي تظهر بهيئة حرارة في المقاومة الكلية تحسب من :

$$P_{diss} = I_{ind} \cdot \varepsilon_{mot}$$
$$P_{diss} = {I_{ind}}^2 . R$$
$$P_{diss} = \frac{{\varepsilon_{mot}}^2}{R}$$
$$P_{diss} = \frac{v^2 B^2 \ell^2}{R}$$

- ونتيجة لانسياب التيار المحتث I_{ind} في الساق باتجاه عمودي على الفيض المغناطيسي تظهر قوة مغناطيسية F_{B2} تؤثر في الساق ويحسب من :

$$F_B = I\ B\ \ell$$

- ولكي نجعل الساق تتحرك بسرعة ثابتة يتطلب تسليط قوة خارجية F_{pull} تسحب الساق وهي تساوي F_{B2} مقدارا ومعاكسة للاتجاه:

$$F_{pull} = F_{B2}$$

$$F_{pull} = I\ B\ \ell \quad , \quad F_{pull} = \frac{vB^2\ell^2}{R}$$

ε_{mot} : القوة الدافعة الكهربائية الحركية
v : السرعة للساق $m\backslash s$
I : التيار A
q : الشحنة C
B : كثافة الفيض T

ℓ : طول الساق m
R : المقاومة Ω
P_{diss} : القدرة w
F_{pull} : القوة الساحبة N
I_{ind} : التيار المحتث A

الحث الكهرومغناطيسي ومبدأ حفظ الطاقة

س: لماذا تعد حركة الساق الموصلة المربوطة الى دائرة كهربائية مقفلة داخل مجال مغناطيسي تطبيقا لقانون حفظ الطاقة؟

ج: لأن المعدل الزمني للشغل المنجز في تحريك الساق يساوي القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة بشكل حرارة.

س: اثبت رياضيا بأن المعدل الزمني للشغل المنجز في تحريك الساق خلال مجال مغناطيسي يساوي القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة؟

ج:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F_{pull}.X}{t} = F_{pull}.v = IlB.v = \frac{vBl}{R}.lBv = \frac{v^2B^2l^2}{R}$$

$$P_{diss} = I^2.R = (\frac{vBl}{R})^2.R = \frac{v^2B^2l^2}{R}$$

$$P = P_{diss}$$

مثال : افترض ان ساق موصلة طولها $(0.1\ m)$ ومقدار السرعة التي تتحرك بها $(2.5\ m\backslash s)$ والمقاومة الكلية للدائرة $(0.03\ \Omega)$ وكثافة الفيض المغناطيسي $(0.6\ T)$ احسب مقدار :

١- القوة الدافعة الكهربائية على طرفي الساق ε_{mot} .

٢- التيار المحتث في الحلقة I_{ind} .

٣- القوة الساحبة للساق F_{pull} .

٤- القدرة المتبددة في المقاومة الكلية P_{diss} .

الحل:

المعطيات:

$\ell = 0.1\ m$
$v = 2.5\ m\backslash s$
$R = 0.03\ \Omega$
$B = 0.6\ T$

المطلوب:

$\varepsilon_{mot} = ?$
$I_{ind} = ?$
$F_{pull} = ?$
$P_{diss} = ?$

1) $\varepsilon_{mot} = v\ B\ \ell$

$\varepsilon_{mot} = 2.5 \times 0.6 \times 0.1 = 25 \times 10^{-1} \times 6 \times 10^{-1} \times 10^{-1}$

$\varepsilon_{mot} = 150 \times 10^{-3}\ V = 0.15\ V$

2) $I_{ind} = \frac{\varepsilon_{mot}}{R}$

$I_{ind} = \frac{0.15}{0.03} = 5\ A$

3) $F_{pull} = I\ B\ \ell$

$F_{pull} = 5 \times 0.6 \times 0.1 = 5 \times 6 \times 10^{-1} \times 1 \times 10^{-1}$

$F_{pull} = 30 \times 10^{-2}\ N$

$F_{pull} = 0.3\ N$

4) $P_{diss} = I_{ind} \times \varepsilon_{mot}$

$P_{diss} = 5 \times 0.15$

$P_{diss} = 0.75$

$P_{diss} = 75 \times 10^{-2}\ w$

او يمكن حساب القدرة المتبددة باستخدام العلاقة $P_{diss} = {I_{ind}}^2 . R$

مثال ١ (الكتاب): افترض ان ساق موصلة طولها $(1.6\ m)$ انزلقت على سكة موصلة بانطلاق $(5m\backslash s)$ باتجاه عمودي منتظم كثافة فيضه $(0.8\ T)$ وكانت مقاومة المصباح المربوط مع السكة على التوالي $(128\ \Omega)$ اهمل المقاومة للساق واحسب :

١- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية.

٢- التيار المحتث في الدائرة.

٣- القدرة الكهربائية المجهزة للمصباح.

الحل:

$(\varepsilon_{mot} = ?\ .\ I_{ind} = ?\ .\ P_{diss} = ?)$

1) $\varepsilon_{mot} = v\ B\ \ell \Longrightarrow \varepsilon_{mot} = 5 \times 0.8 \times 1.6$

$\varepsilon_{mot} = 40 \times 1.6$

$\varepsilon_{mot} = 6.4\ V$

2) $I_{ind} = \frac{\varepsilon_{mot}}{R} \Longrightarrow I_{ind} = \frac{6.4}{128} = 0.0\,5\ A$

3) $P_{diss} = I_{ind} \times \varepsilon_{mot}$

$P_{diss} = 0.05 \times 6.4$

$P_{diss} = 5 \times 10^{-2} \times 64 \times 10^{-1}$

$P_{diss} = 320 \times 10^{-3}\ W$

$P_{diss} = 0.32\ W$

او يمكن حساب القدرة المتبددة باستخدام العلاقة $P_{diss} = {I_{ind}}^2 . R$

الفيض المغناطيسي

هو عدد الخطوط المغناطيسية التي تعبر وحدة المساحات العمودية ويرمز له $(\emptyset_B)$.

س : ما العامل الاساس لتوليد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ε_{ind} في حلقة موصلة او ملف سلكي موضوع في مجال مغناطيسي ؟

ج: حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الدائرة لوحدة الزمن.

س: ماذا يحصل إذا تغير الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن الذي يخترق حلقة موصلة؟

ج : تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة ε_{ind} .

مقدار الفيض المغناطيسي يحسب من:

$$\emptyset_B = A\ B\ \cos\theta$$

حيث:

$\emptyset$: الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن $weber$.

A : المساحة للسطح ووحدته m^2 .

B : كثافة الفيض T .

θ : الزاوية المحصورة بين متجه كثافة الفيض المغناطيسي ومتجه المساحة.

س: متى يكون الفيض المغناطيسي الذي يخترق مساحة الحلقة بأعظم مقدار ومتى لا يتوفر فيض؟

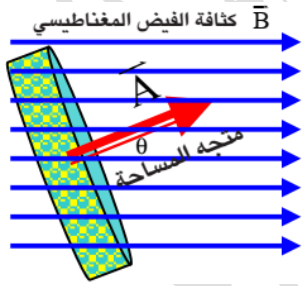
ج : يكون بأعظم مقدار عندما $(\vec{B})$ عمودي على مساحة الحلقة لا يتوفر فيض عندما $(\vec{B})$ موازي لمستوى **الحلقة** .

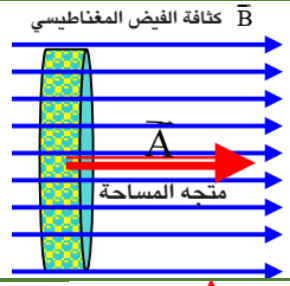
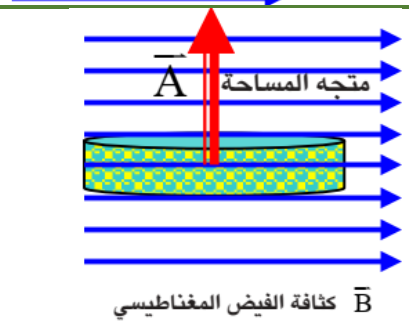
طرق الحصول على تغير في الفيض المغناطيسي

أولا: تغير قياس الزاوية θ بين متجه المساحة $\vec{A}$ ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي $\vec{B}$ وحسب العلاقة التالية:

$$\vec{\emptyset}_B = \vec{B}.\vec{A} \quad \rightarrow \emptyset_B = BA\cos\theta$$

وكما يلي:

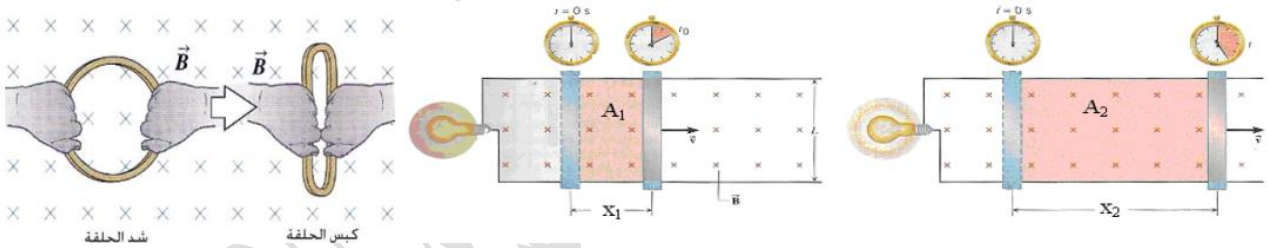
الزاوية θ بين متجه المساحة $\vec{A}$ و متجه كثافة الفيض المغناطيسي $\vec{B}$ زاوية حادة	الفيض المغناطيسي يخترق الحلقة ومقداره بين الصفر المقدار الأعظم	$\emptyset_B = BA\cos\theta$	

الزاوية θ تساوي صفراي ان متجه المساحة $\vec{A}$ يوازي متجه كثافة الفيض المغناطيسي $\vec{B}$	الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة ويكون بأعظم مقدار	$\emptyset_B = BA\cos 0 = B\,A$	
الزاوية θ تساوي 90° اي ان متجه المساحة $\vec{A}$ عمودي على متجه كثافة الفيض المغناطيسي $\vec{B}$	الفيض المغناطيسي لا يخترق الحلقة	$\emptyset_B = BA\cos 90 = 0$	

ثانيا: تغير مساحة الحلقة المواجهة للفيض المغناطيسي المنتظم ويتم ذلك بكبس الحلقة او شدها من جانبيها وحسب العلاقة التالية: $\Delta A = A - A_\circ$

التغير في الفيض المغناطيسي يعطى بالعلاقة $\Delta\emptyset_B = B\,\Delta A$

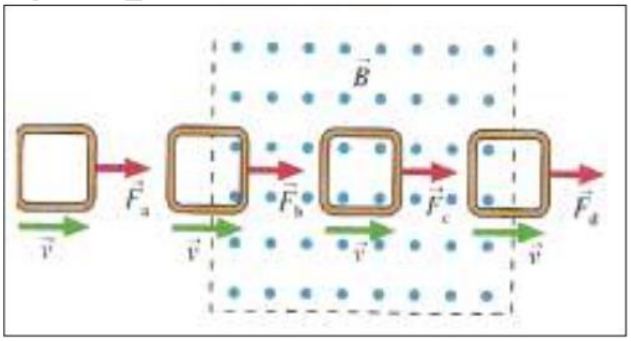
(إذا كان مستوى الحلقة عمودي على كثافة الفيض المغناطيسي)



ملاحظة: في حالة الساق الموصلة التي تنزلق على سكة موصلة وعمودية على كثافة فيض مغناطيسي منتظم يمكن زيادة المساحة عن طريق ازاحة الساق نحو اليمين مثلا كما في الشكل التالي وحسب العلاقة:

$$\Delta A = XL - XL_\circ = A - A_\circ \rightarrow \Delta\emptyset_B = B\Delta A$$

ثالثا: بتحريك الحلقة الموصلة بمستوى عمودي على فيض مغناطيسي منتظم مثل دفع الحلقة لإدخالها في مجال مغناطيسي (تزايد الفيض المغناطيسي) او سحبها لإخراجها منه (تناقص الفيض المغناطيسي خلال الحلقة)



$$\Delta\Phi_B = \begin{cases} \Delta\Phi_B = AB(\Delta\cos\theta) \\ \Delta\Phi_B = A(\Delta B)\cos\theta \\ \Delta\Phi_B = (\Delta A)B\cos\theta \end{cases}$$

مثال ٢ (الكتاب) : حلقة دائرية موصلة قطرها $(0.4\ m)$ وضعت داخل كجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه $(0.5\ T)$ ويتجه باتجاه مواز لمتجه مساحة الحلقة $(\vec{A})$, احسب :

١- مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة.

٢- مقدار الفيض المغناطيسي على فرض ان الحلقة دارت مع عقارب الساعة بحيث اصبح $(\vec{A})$ يصنع زاوية $\theta = 45$ مع $(\vec{B})$. علما ان $(\cos 45 = 0.707)$.

الحل:

1) $\emptyset_B = A\,B\,\cos\theta$

$A = \pi\, r^2$

$r = \frac{D}{2} = \frac{0.4}{2} = 0.2\ m$

$A = \pi(0.2)^2$

$A = 0.04\,\pi\ m^2$

$\emptyset_B = 0.04\,\pi \times 0.5 \times 1$ $\Longleftarrow$ $\theta = 0$ موازي

$\emptyset_B = 0.02\,\pi\ web$

2) $\emptyset_B = A\,B\,\cos\theta$

$= 0.04\,\pi \times 0.5 \times \cos 45$

$= 0.02\,\pi \times 0.707$

$= 0.01414\,\pi\ web$

قانون فاراداي

س: هل يعد قانون فاراداي تجريبي؟ وما هو نصه؟ مع ذكر العلاقة الرياضية.

ج: نعم، يعد قانون فاراداي تجريبيا وينص على:

ان مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ε_{ind} في حلقة موصلة تتناسب طرديا مع المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة.

حلقة موصلة $\varepsilon_{ind} = -\frac{\Delta \emptyset_B}{\Delta t}$

ملف سلكي $\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta \emptyset_B}{\Delta t}$

حيث:

ε_{ind} : القوة الدافعة الكهربائية المحتثة بوحدة (v) .

N : عدد لفات الملف (الحلقة $N = 1$) .

$\frac{\Delta \emptyset_B}{\Delta t}$: المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي $web\backslash s$.

$\Delta \emptyset_B$: التغير في الفيض المغناطيسي web .

س: هل ان قانون فاراداي في الحث الكهرومغناطيسي يشترط الكيفية التي يحصل فيها تغير في الفيض المغناطيسي؟

ج: كلا، وضع القانون ليلائم جميع الكيفيات التي يحصل فيها تغير في الفيض.

$$\varepsilon_{ind} = -\frac{\Delta \emptyset_B}{\Delta t}$$

س: علام تدل الاشارة السالبة في قانون فاراداي؟

ج : تدل على ε_{ind} تعاكس السبب الذي ولدها وهو المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي وفق قانون لنز.

- الاشارة السالبة في قانون فراداي وضعت على وفق قانون لنز للدلالة على قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة وهذه القطبية تحدد الاتجاه الذي ينساب فيه التيار المحتثه في الحلقة او الملف.
- يتضح من قانون فراداي انه تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة بمقدار اكبر كلما كان المعدل الزمني للتغير في الفيض $\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$ الذي يخترق الحلقة اوالملف كبيرا ، اما قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تعتمد على ذلك الفيض فيما اذا كان متزايدا ام متناقصا .

مثال ٣ (الكتاب) : يوضع ملف يتألف من 50 لفة متماثلة ومساحة اللفة الواحدة $(20\ cm^2)$ فاذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي $[0.8\ T$ الى $0.0]$ خلال زمن قدره $(0.4\ s)$ احسب :

١- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة.

٢- مقدار التيار المنساب في الدائرة اذا كانت المقاومة الكلية $(80\ \Omega)$.

الحل:

$$A = 20\ cm^2 = 20 \times 10^{-4} m^2$$

$$\Delta B = B_2 - B_1 = 0.8 - 0 = 0.8T$$

$$1)\ \varepsilon_{ind} = -N\ \frac{\Delta \emptyset_B}{\Delta t} \Longrightarrow \varepsilon_{ind} = -N\ \frac{A\ \Delta B\ \cos\theta}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_{ind} = -50\ \times \frac{20 \times 10^{-4} \times 0.8 \times 1}{0.4}$$

$$\varepsilon_{ind} = -2000 \times 10^{-4}\ volt$$

$$\varepsilon_{ind} = -2 \times 10^{-1} V$$

$$2)\ I_{ind} = \frac{\varepsilon_{ind}}{R}$$

$$I_{ind} = \frac{2 \times 10^{-1}}{80} = \frac{2 \times 10^{-1}}{8 \times 10^{+1}}$$

$$I_{ind} = 0.25 \times 10^{-2}\ A$$

$$I_{ind} = 2.5 \times 10^{-3}\ A$$

س : ملف سلكي دائري عدد لفاته 40 ونصف قطره $30\ m^2$ وضع بين قطبي مغناطيس فاذا تغيرت كثافة الفيض من $0.5\ T$ الى $0.0\ T$ خلال $4\ s$ ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف : $(\cos 0 = 1)$

١- متجه مساحة اللفة الواحدة من الملف بموازاة متجه كثافة الفيض.

٢- متجه كثافة الفيض يصنع زاوية 30 مع مستوي الحلقة علما ان $(\cos 60 = 0.5)$.

الحل:

$$1)\ \varepsilon_{ind} = -N\ \frac{A\ B\ \cos\theta}{\Delta t}$$

$$A = \pi r^2 = \pi(30 \times 10^{-2} m)^2$$

$$A = 900\ \times\ 10^{-4}\ \pi \Longrightarrow A = 9 \times 10^{-2}\ \pi m^2$$

$$\varepsilon_{ind} = \frac{-40 \times 9 \times 10^{-2}\ \pi\ \times 0.5\ \times 1}{4}$$

$$\varepsilon_{ind} = -90 \times 5 \times 10^{-3}\ \pi = -450 \times 10^{-3} \pi\ \ volt$$

$$\varepsilon_{ind} = 45 \times 10^{-2}\ \pi\ volt$$

$$\varepsilon_{ind} = 0.45\pi\ \ volt$$

$$2)\ \theta = 90 - 30 = 60$$

$$\varepsilon_{ind} = -N\ \frac{A\ B\ \cos\theta}{\Delta t}$$

$$= \frac{-40 \times 9 \times 10^{-2} \times 0.5 \times \cos\theta}{4} = -0.45\ \pi\ \times 0.5 = -0.225\ \pi\ \ volt$$

او $\varepsilon_{ind} = 225 \times 10^{-3}\ \ \pi\ \ volt$

مثال (واجب) : في الشكل المجاور حلقة موصلة دائرية مساحتها $(520\ cm^2)$ ومقاومتها $(5\ \Omega)$ موضوعة في مستوي الورقة سلط عليها مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه $(0.15\ T)$ باتجاه عمودي على مستوي الحلقة سحبت الورقة من جانبيها بقوتي شد متساويتين فبلغت مساحتها $(20\ cm^2)$ خلال فترة زمنية $(0.3\ \ s)$, احسب مقدار التيار المحتث في الدائرة ؟

مثال (واجب) : ملف سلكي دائري الشكل عدد لفاته (50) لفة ونصف قطره $(20\ cm)$ وضع بين قطبي مغناطيسي كهربائي فاذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي المار خلال الملف من $(0.0\ T)$ الى $(0.6\ T)$ خلال زمن قدره $(\pi\ \ s)$ ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف عندما يكون:

١- متجه مساحة اللفة الواحدة من ملف بموازاة متجه كثافة الفيض المغناطيسي.

٢- متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية قياسها (37°) مع مستوي الملف .

علما ان $(\cos 53 = 0.6)$.

س (وزاري): ما الذي يتطلب توفره في دائرة كهربائية مغلقة لتوليد: - ١- تيار كهربائي ٢- تيار محتث؟

ج/ ١- لكي ينساب تيار كهربائي في دائرة مغلقة يجب ان يتوافر في تلك الدائرة مصدر للقوة الدافعة الكهربائية (بطارية مثلا)

٢- لكي ينساب تيار محتث في دائرة مغلقة مثل حلقة مقفلة او ملف (لا تحتوي بطارية او مولد) يجب ان يتوافر قوة دافعة كهربائية محتثة والتي تتولد بواسطة تغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق الدائرة المغلقة لوحدة الزمن.

قانـون لنـز

التيار المحتث في دائرة كهربائية مقفلة يمتلك اتجاها بحيث ان مجاله المغناطيسي يكون معاكسا بتأثيره للتغير في الفيض المغناطيسي الذي ولد هذا التيار.

س: ما الفائدة العملية من قانون لنـز؟

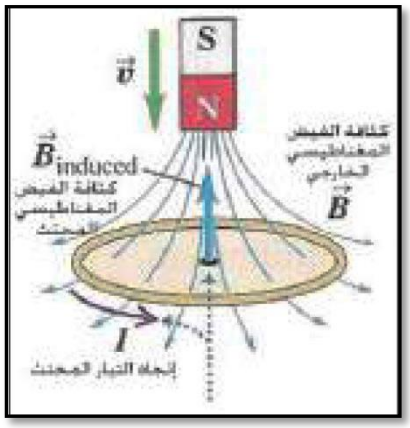
ج:

١- تحديد اتجاه التيار المحتث في دائرة كهربائية مقفلة.

٢- يعد تطبيقا لقانون حفظ الطاقة.

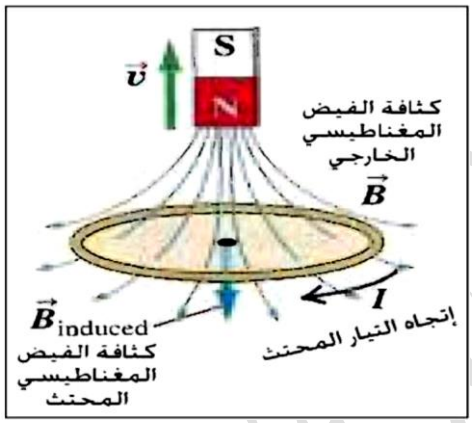
علل: يعد قانون لنـز تطبيقا لقانون حفظ الطاقة؟

ج: لأنه في حالتي اقتراب المغناطيس او ابتعاده نسبة إلى الحلقة الموصلة يتطلب انجاز شغل ميكانيكي للتغلب اما على قوة التنافر (في حالة (الاقتراب او قوة التجاذب في حالة (الابتعاد) ويتحول هذا الشغل المنجز إلى نوع آخر من الطاقة في الحمل عندما تكون الحلقة مربوطة إلى حمل).



س/ ماذا يحصل عند تقريب قطب شمالي من وجه حلقة موصلة مقفلة كما في الشكل؟

ج/ عند تقريب القطب الشمال من وجه الحلقة يتسبب في ازدياد الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة $\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} > 0$ وان اتجاه كثافة الفيض المؤثر B يكون نحو الاسفل لذا يكون اتجاه التيار المحتث معاكسا لاتجاه دوران عقارب الساعة (على وفق قاعدة الكف اليمنى) فيولد مجالا مغناطيسيا محتثا (Bind) اتجاهه نحو الأعلى معاكسا لاتجاه المجال المغناطيسي المؤثر لكي يحاول ان يقاوم التزايد في الفيض المغناطيسي الذي ولد التيار المحتث فيتولد في وجه الحلقة المقابل للقطب الشمالي (N) قطبا شماليا (N) محتثا فيتنافر مع القطب الشمالي المقترب منه.



س/ ماذا يحصل عند ابعاد قطب شمالي من وجه حلقة موصلة مقفلة كما في الشكل؟

ج/ عند ابعاد القطب الشمال من وجه الحلقة يتسبب في تناقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة $\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} < 0$ وان اتجاه كثافة الفيض المؤثر B يكون نحو الاسفل ويتناقص مقداره لذا يكون اتجاه التيار المحتث مع اتجاه دوران عقارب الساعة (على وفق قاعدة الكف اليمنى) فيولد مجالا مغناطيسيا محتنا (B_{ind}) اتجاهه نحو الأسفل باتجاه المجال المغناطيسي المؤثر لكي يحاول ان يقاوم التناقص في الفيض المغناطيسي الذي ولد التيار المحتث فيتولد في وجه الحلقة المقابل للقطب الشمالي (N) قطبا جنوبيا (S) محتثا فيتجاذب مع القطب الشمالي للمغناطيس المبتعد عنه.

التيارات الدوامة

هي تيارات محتثة تتخذ مسارات دائرية مقفلة ومتمركزة تقع في مستوي كل صفيحة وبمستويات عمودية على الفيض المغناطيسي الذي سبب حثها.

س: ما اسباب تولد التيارات الدوامة؟

ج:

نتيجة الحركة النسبية بين الصفيحة المعدنية والفيض المغناطيسي تتولد تيارات دوامة في سطح الصفيحة على وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي.

س: اين تستثمر التيارات الدوامة؟

ج:

١- في مكابح بعض القطارات ٢- في كاشفات المعادن المستعملة في النقاط الامنية ٣- في السيطرة على الاشارات الضوئية المنصوبة في تقاطعات الطرق البرية.

س: وضح كيف تستثمر التيارات الدوامة في مكابح بعض القطارات؟

ج: توضع ملفات سلكية (كل منها يعمل كمغناطيس كهربائي) مقابل قضبان السكة ففي الحركة الاعتيادية لا ينساب تيار كهربائي في تلك الملفات ولإيقاف القطار عن الحركة تغلق الدائرة الكهربائية لتلك الملفات فينساب فيها تيار كهربائي وهذا التيار يولد مجالا مغناطيسيا قويا يمر خلال قضبان الحديد ونتيجة للحركة النسبية بين المجال المغناطيسي والقضبان تتولد التيارات الدوامة وحسب قانون لنز تولد هذه التيارات مجالا مغناطيسيا يعرقل تلك الحركة فيتوقف القطار.

س: وضح كيف تستثمر التيارات الدوامة في كاشفات المعادن؟

ج: يعتمد عمل كاشفات المعادن على ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي والتي تسمى غالبا الحث النبضي حيث يحتوي جهاز كاشف المعادن على ملفين سلكيين أحدهما يستعمل كمرسل والاخر مستقبل يسلط فرق جهد متناوب على طرفي ملف الارسال فينساب تيار متناوب في الملف والذي بدوره يولد فيضا مغناطيسيا متناوبا يحث تيارا في ملف الارسال. فعند مرور اي جسم موصل بين المستقبل والمرسل سوف تتولد تيارات دوامة في ذلك الجسم فتعمل التيارات الدوامة المحتثة على عرقلة التغير الحاصل في الفيض المغناطيسي وبهذا التأثير يمكن الكشف عن وجود القطع المعدنية في الحقائب او في ملابس الشخص.

س: ماذا يحصل لو سحبت صفيحة من النحاس افقيا بين قطبي مغناطيس كثافة فيضه منتظمة نحو الاسفل؟

ج: نتيجة الحركة النسبية تتولد تيارات دوامة على سطح الصفيحة على وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي.

ففي أثناء خروج الجزء الأيمن للصفيحة من المجال المغناطيسي يتناقص الفيض المغناطيسي خلالها لذا يكون اتجاه التيارات الدوامة باتجاه دوران عقارب الساعة، لكي تولد فيضا مغناطيسيا محتثا (كثافته B_{ind}) يعاكس المسبب الذي ولد تلك التيارات على وفق قانون لنز. فيكون اتجاه الفيض المغناطيسي المحتث نحو الاسفل (لكي يعمل على تقوية المجال المغناطيسي المؤثر المتناقص). أما جزء الصفيحة الايسر، فيكون اتجاه التيارات الدوامة فيه باتجاه معاكسا لدوران عقارب الساعة للسبب نفسه.

وبالنتيجة تظهر قوة مغناطيسية (F_B) تتجه نحو اليسار وتكون معاكسة للقوة الساحبة فهي قوة معرقلة لاتجاه الحركة، اي تعاكس القوة الساحبة للساق (F_{pull}) .

س: كيف يمكن تقليل الطاقة المتبددة التي تسببها التيارات الدوامة؟

ج: لغرض تقليل مقدار الطاقة المتبددة بشكل حرارة كما في المحولات يصنع القلب بشكل صفائح من الحديد المطاوع تترتب بموازاة الفيض المغناطيسي المتغير الذي يخترقها وتكون هذه الصفائح معزولة عن بعضها ومكبوسة كبسا شديدا فتزداد بذلك المقاومة الكهربائية الى حد كبير داخل الصفائح وتقل التيارات الدوامة.

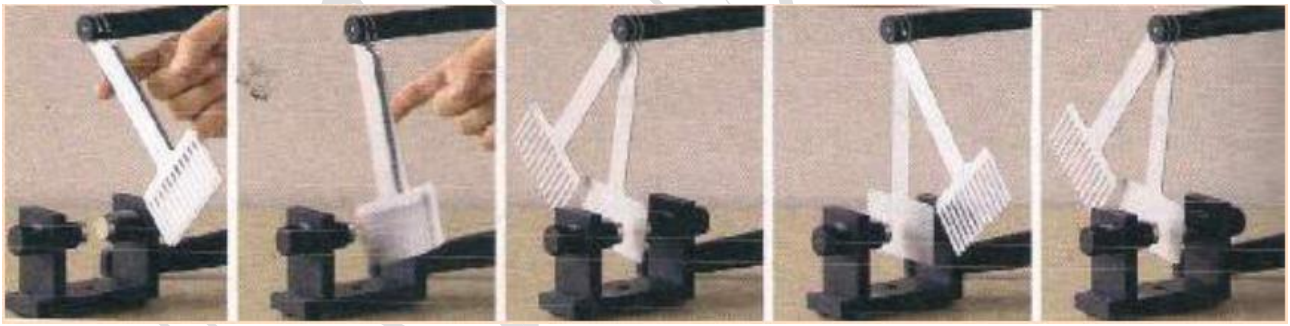
س: اشرح نشاطا يوضح كيفية التقليل من التيارات الدوامة المتولدة في الموصلات؟

أدوات النشاط:

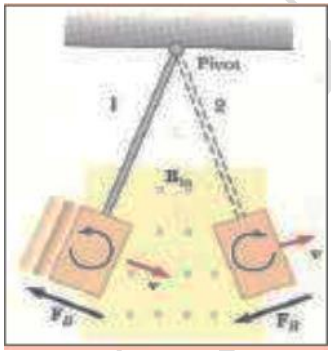
بندولان متماثلان كل منهما بشكل صفيحة مصنوعة من مادة موصلة ضعيفة التمغنط (ليست فيرو مغناطيسية من الألمنيوم (مثلا) مثبتة بطرف ساق خفيفة من المادة نفسها إحدى الصفيحتين مقطعة بشكل شرائح معزولة عن بعضها مثل أسنان المشط والأخرى كاملة (غير مقطعة)، مغناطيس دائم قوي (كثافة فيضه عالية)، حامل.

خطوات النشاط:

١. نزيح الصفيحتين بإزاحة متساوية إلى أحد جانبي موقع استقرارهما.
٢. نترك الصفيحتين تهتزان في ان واحد بحرية بين قطبي المغناطيس.
٣. نجد ان البندول الذي يتألف من الصفيحة الكاملة (غير المقطعة) يتوقف عن الحركة في أثناء مروره خلال الفجوة بين القطبين المغناطيسيين في حين الصفيحة المقطعة بشكل أسنان المشط تمر بين القطبين المغناطيسيين وتعبر إلى الجانب الآخر وتستمر بالاهتزاز على جانبي منطقة المجال المغناطيسي ذهابا وإيابا ولكن بتباطؤ قليل. (كما في الشكل ادناه).



الاستنتاج:



تتولد تيارات دوامة كبيرة المقدار في الصفيحة غير المقطعة في أثناء دخولها المجال المغناطيسي بين القطبين فتكون باتجاه معين نتيجة حصول تزايد في الفيض المغناطيسي الذي يخترقها لوحدة الزمن $(\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t})$ (على وفق قانون فراداي) وتكون باتجاه معاكس في أثناء خروجها من المجال نتيجة حصول تناقص في الفيض المغناطيسي $(\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t})$ فتتولد في الحالتين قوة مغناطيسية $\vec{F}_B$ تعرقل حركة الصفيحة (على وفق قانون لنز) وبالنتيجة تتلاشى سعة اهتزاز الصفيحة وتتوقف عن الاهتزاز لاحظ الشكل في حين ان التيارات الدوامة المتولدة في الصفيحة المقطعة بشكل شرائح تكون صغيرة المقدار جدا فيكون تأثيرها في اهتزاز الصفيحة ضعيفا جدا.

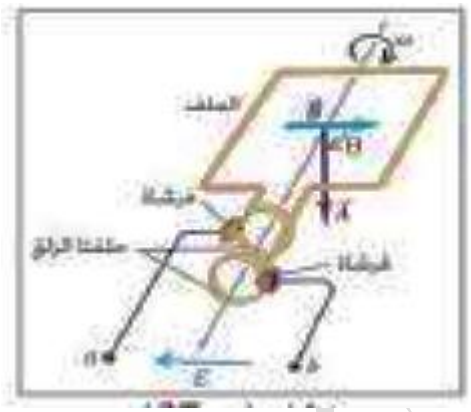
المولدات الكهربائية

س: ما المقصود بالمولد الكهربائي ؟ وما انواعه؟

ج: المولد الكهربائي: هو جهاز يعمل على تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية بتأثير مجال مغناطيسي.
اما انواعه فهي:

١- مولد التيار المتناوب (ac) (أحادي الطور او ثلاثي الطور)

٢- مولد التيار المستمر (dc)



١- مولد التيار المتناوب:

a- احادي الطور ac

يتركب من:

١	نواة	٣	حلقتا زلق
٢	اقطاب مغناطيس	٤	فرشتان من الكاربون

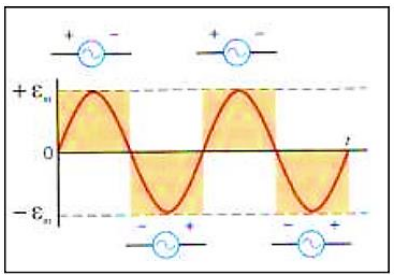
يربط طرفا ملف النواة إلى حلقتان معدنيتان تسميان حلقتي الزلق وتوصلان مع الدائرة الخارجية بوساطة فرشتان من الكاربون. فعندما يدور ملف نواة المولد والذي عدد لفاته (N) ومساحة اللفة الواحدة (A) (بوحدة m^2) بسرعة زاوية منتظمة $\boldsymbol{\omega}$ بوحدة (rad/se) وفي مجال مغناطيسي كثافة فيضه (B) منتظمة بوحدة (T) فان الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة من الملف يتغير دوريا مع الزمن لذلك ووفقا لقانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي سوف تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة انية (لحظية) جيبية الموجة (بشكل موجة sin) يتغير مقدارها وينعكس اتجاهها دوريا مع الزمن بين $(+\boldsymbol{\varepsilon_m})$ و $(-\boldsymbol{\varepsilon_m})$ مرتين في الدورة الواحدة . ويعبر عنها رياضيا كما يلي: $\boldsymbol{\varepsilon_{ins} = \varepsilon_{max}\,\sin(\omega t)}$ و $\varepsilon_{max} = NBA\omega$

وعندما يربط طرفي هذا الملف إلى دائرة خارجية مقاومتها الكلية (R) يتولد تيار محتث آني (لحظي) جيبي الموجة يدعى بالتيار المتناوب والذي يمتاز بأنه متغير مقدارا واتجاها دوريا مع الزمن ويعطى بالعلاقة التالية:

$I_{ins} = I_{max} Sin\,(\omega t)$ وحسب قانون اوم فان: $I_{ins} = \frac{\varepsilon_{ins}}{R}\,,\, I_{max} = \frac{\varepsilon_{max}}{R}$

اما القدرة العظمى (Pmax) المجهزة للحمل المربوط مع المولد فتنتج من حاصل ضرب التيار الاعظم في الفولطية العظمى وكما يلي: $P_{max} = I_{max}\,\varepsilon_{max}$

* توضح المعادلة ($\varepsilon_{ins} = \varepsilon_{max} \sin(\omega t)$) ان الفولطية المحتلة الآنية تتغير جيبيا مع الزمن فهي دالة جيبية (كما موضح في الشكل)



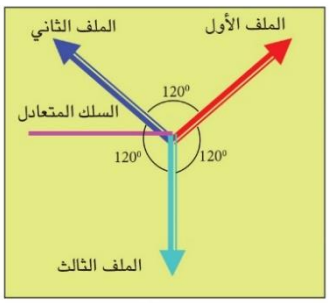
نلاحظ خلال الدورة الواحدة:

- تتغير الفولطية من الصفر عندما تكون $\omega t = 0$ الى مقدارها الاعظم بعد ربع دورة عندما تكون $\omega t = 90^\circ = \frac{\pi}{2}$. $\varepsilon_{ins} = \varepsilon_{max}\, Sin\frac{\pi}{2} \rightarrow \varepsilon_{ins} = \varepsilon_{max}$
- تتناقص الفولطية الانية تدريجيا من المقدار الاعظم إلى الصفر مرة اخرى بعد نصف الدورة عندما تكون $\omega t = \pi$, $\varepsilon_{ins} = \varepsilon_{max}\, Sin\,\pi \rightarrow \varepsilon_{ins} = 0$
- تزداد الفولطية تدريجيا بالاتجاه السالب حتى تصل مقدارها الاعظم بعد ثلاثة ارباع الدورة عندما تكون $\omega t = 270^\circ = \frac{3\pi}{2}$. $\varepsilon_{ins} = \varepsilon_{max}\, Sin\frac{3\pi}{2} \rightarrow \varepsilon_{ins} = -\varepsilon_{max}$

٤- تتناقص الفولطية الانية تدريجيا من المقدار الاعظم السالب إلى الصفر عندما يكمل الملف دورة كاملة وذلك عندما تكون $\omega t = 2\pi$, $\varepsilon_{ins} = \varepsilon_{max}\, Sin\, 2\pi \rightarrow \varepsilon_{ins} = 0$

b- مولد التيار المتناوب ثلاثي الاطوار

س: ممن يتألف مولد التيار المتناوب ثلاثي الاطوار؟ وما الفائدة منه؟ عزز اجابتك بالرسم.



ج: يتألف من ثلاثة ملفات حول النواة تربط نجميا بحيث تفصل بينها زوايا متساوية قياس كل منها 120° وتربط اطرافها الاخرى مع سلك يسمى السلك المتعادل (الخط الصفري) والتيار الخارج من هذا المولد ينقل بثلاث خطوط.

الفائدة منه يجهز تيارا متناوبا ذا مقدار أكبر من التيار الذي يجهزه مولد التيار المتناوب احادي الطور.

س: ما المقصود بالربط النجمي في مولد التيار المتناوب ثلاثي الاطوار؟

ج: هو ربط ثلاثة ملفات مع بعضها بحيث تحصر بينها زوايا متساوية مقدارها 120°.

س: ما الفرق بين مولد التيار المتناوب ذو الاطوار الثلاثة ومولد التيار المتناوب احادي الطور من حيث التركيب؟

ج:مولد التيار المتناوب ذو الاطوار الثلاثة يتكون من دوران ثلاثة ملفات تفصل بينها زاويا متساوية القياس قياس كل منها (120°) بينما مولد التيار المتناوب احادي الطور يتكون من دوران ملف واحد.

س:عند دوران ملف بسرعة زاوية ω داخل مجال مغناطيسي منتظم اثبت ان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تعطى بالعلاقة : $\varepsilon_{ind} = NBA\omega sint(\omega t)$

ج:

عندما تكون الزاوية منتظمة $(\theta = \omega t)$ فأن الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة يعطى بالعلاقة :

$$\emptyset_B = BACos(\omega t)$$

اما المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة يعطى بالعلاقة:

$$\frac{\Delta[Cos(\omega t)]}{\Delta t} = -\omega \sin(\omega t)$$ علما

$$\frac{\Delta \emptyset_B}{\Delta t} = BA\frac{\Delta[Cos(\omega t)]}{\Delta t}.$$

$$\frac{\Delta \emptyset_B}{\Delta t} = -BA\omega \sin(\omega t)$$

وبالتعويض في قانون فارداي في الحث الكهرومغناطيسي نحصل على:

$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta \emptyset_B}{\Delta t} = -N\{= -BA\omega \sin(\omega t)\}$$

ومن ثم نحصل على القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي ملف بالعلاقة:

$$\varepsilon_{ind} = N\, BA\omega \sin(\omega t)$$

- الفولطية الانية (للحظية) تعطى بالعلاقة:

$$\boldsymbol{\varepsilon = \varepsilon_{max} \sin(\omega t)}$$

$$\boldsymbol{\omega = 2\pi f}$$

الفولطية الانية تأخذ بالازدياد تدريجيا من الصفر (t=0) حتى تصل مقدارها الاعظم ε_{max} بعد ربع دورة فيكون $\omega t = \frac{\pi}{2}$, حيث $Sin\,(\omega t) = Sin\frac{\pi}{2} = 1$

اي ان $\varepsilon_{instntiun} = \varepsilon_{max}$ اي ان $\varepsilon_{max} = NBA\omega$

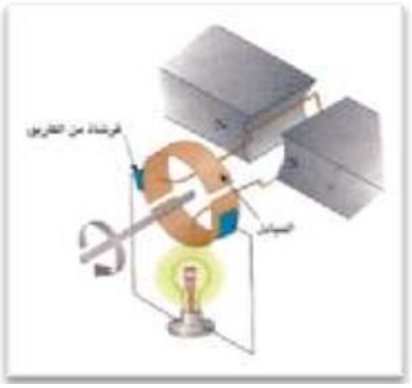
- **يسمى المقدار الاعظم للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة بـ ذروة الفولطية**

س: علام تعتمد ذروة الفولطية؟

ج: تعتمد على:

١- عدد لفات الملف ٢- كثافة الفيض المغناطيسي ٣- مساحة اللفة الواحدة ٤- السرعة الزاوية.

٢ـ مولد التيار المستمر dc



يتركب من:

ويتركب من نفس أجزاء مولد التيار المتناوب (ملف النواة - أقطاب المغناطيس - فرشتان من الكاربون) ولكن تستبدل حلقتا الزلق بحلقة معدنية واحدة تتألف من نصفين معزولين عن بعضهما عزلا كهربائيا تسميان المبادل.

س: كيف يمكن جعل التيار المنساب في الدائرة الخارجية لملف المولد باتجاه واحد (تيار ثابت الاتجاه)؟

ج: يتطلب ان نرفع حلقتا الزلق ونضع في طرفي الملف حلقة معدنية واحدة تتألف من نصفين معزولين عن بعضهما عزلا كهربائيا تسميان المبادل ويتماسان مع فرشاتين من الكاربون لغرض ربط الملف مع الدائرة الخارجية ويكون عدد قطع المبادل ضعف عدد ملفات المولد.

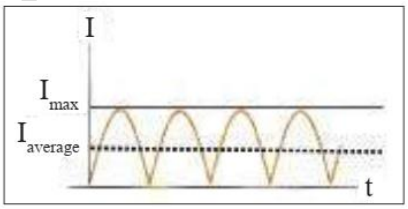
س: ما المقصود بالمبادل في مولد التيار المستمر؟ وما الفائدة العملية منه؟

ج: المبادل وهو عبارة عن حلقة معدنية واحدة تتألف من نصفين معزولين كهربائيان عن بعضهما ويتماسان مع فرشاتين من الكاربون لغرض ربط الملف مع الدائرة الخارجية.

الفائدة العملية منه: يعمل على عكس اتجاه التيار المار في الدائرة الخارجية بعد نصف دورة ويجعله باتجاه واحد (تيار نبضي).

س: ماذا يسمى التيار الخارج من مولد تيار مستمر؟ وكم يبلغ مقداره؟ عزز اجابتك بالرسم؟

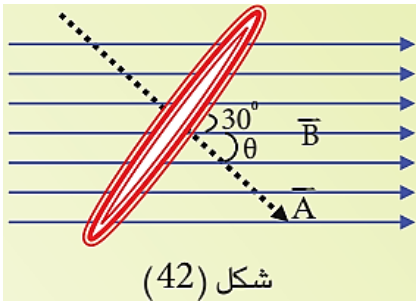
ج: يسمى التيار النبضي ويعطي المقدار المتوسط لهذا التيار بالعلاقة $I_{average} = 0.636 I_{max}$



س: كيف يمكن جعل التيار الخارج من مولد تيار المستمر ذي الملف الواحد أقرب الى تيار النضيدة (ثابت المقدار)؟

ج: وذلك بزيادة عدد الملفات حول النواة تحصر بينها زوايا متساوية.

مثال ٤ (الكتاب): في الشكل (٤٢) ملف سلكي يتألف من ٥٠٠ لفة دائرية قطرها (4 cm) وضع بين قطبي مغناطيس، ذي فيض مغناطيسي منتظم، عندما كان الفيض المغناطيسي يصنع زاوية 30° مع مستوى اللفة فإذا تناقصت كثافة الفيض المغناطيسي خلال اللفة بمعدل 0.2 T / S. احسب معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف.



شكل (42)

الحل:

في العلاقة التالية للفيض المغناطيسي $\emptyset_B = BA\,Cos\theta$

تكون الزاوية θ في القانون اعلاه محصورة بين متجه المساحة $\vec{A}$ ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي $\vec{B}$ والزاوية المعطاة بالسؤال تقع بين مستوي الملف وكثافة الفيض المغناطيسي $\vec{B}$

لذا فان: $\theta = 90° - 30° = 60°$

$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta\emptyset_B}{\Delta t} = -NA\,Cos\,\theta \times (\frac{\Delta B}{\Delta t})$$

نحسب مقدار مساحة الملف $A = \pi r^2 = 3.14 \times (4 \times 10^{-4}) = 12.56 \times 10^{-4} m^2$

$$\varepsilon_{ind} = -NA\,Cos\,\theta \times \left(\frac{\Delta B}{\Delta t}\right) = -500 \times 12.56 \times 10^{-4} \times Cos\,60° \times -0.2$$

$$\varepsilon_{ind} = +628 \times 10^{-4} = +0.0628\,V$$

المحركات الكهربائية للتيار المستمر

المحرك: هو جهاز يعمل على تحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكية بوجود مجال مغناطيسي.

- **يتكون من نفس اجزاء مولد التيار المستمر لكن يعمل عكس عمله.**

س/ ما أساس عمل المحرك الكهربائي؟

ج: القوة المغناطيسية المؤثرة في حلقة يمر فيه تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي تعمل على تدوير الحلقة بعزم يسمى عزم المزدوج.

س : ما المقصود بـ القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة ε_{back} في المحرك الكهربائي؟ ولماذا سميت مضادة؟

ج: هي فولطية محتثة تتولد على طرفي ملف نواة المحرك أثناء دورانها داخل المجال المغناطيسي وتكون مضادة للفولطية الموضوعة طبقا لقانون لنز. وسميت مضادة لأنها معاكسة للمسبب الذي ولدها وهو المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي على وفق قانون لنز.

س: علام يعتمد مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة ε_{back} في المحرك الكهربائي للتيار المستمر؟

ج: يعتمد على:

١- سرعة دوران النواة (المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي في اللفة الواحدة).
٢- عدد لفات الملف.
٣- مساحة اللفة الواحدة.
٤- كثافة الفيض المغناطيسي.

علل: المحرك الكهربائي يعمل عمل المولد الكهربائي في أثناء دوران نواته؟

ج: لأنه عند دوران ملف النواة داخل المجال المغناطيسي يحصل تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف وعلى وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي ملف نواة المحرك تسمى القوة الدافعة الكهربائية المحتلة المضادة ε_{back} .

س: ما الذي يحدد مقدار التيار المنساب في دائرة المحرك ؟

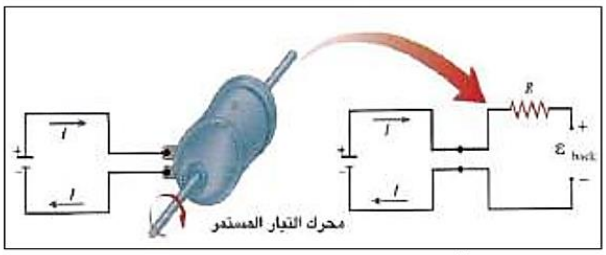
ج: الفرق بين الفولطية الموضوعة والقوة الدافعة الكهربائية المحتلة المضادة في المحرك حسب العلاقة:

$$I = \frac{V_{app} - \varepsilon_{back}}{R}$$

يمكن حساب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة باستخدام العلاقة التالية:

$$\boldsymbol{\varepsilon_{back} = -N\frac{\Delta \emptyset_B}{\Delta t}}$$

مخطط للدائرة الكهربائية للمحرك ينساب فيها تيار كهربائي



شكل (43-a) شكل (43-b)

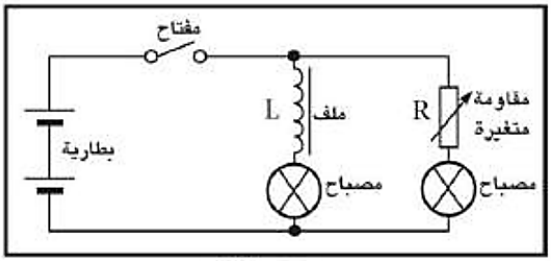
الشكل (٤٣-a) يوضح انسياب تيار كهربائي في ملف المحرك نتيجة للفولطية المستمرة المسلطة $V_{applied}$ بين طرفي ملف نواة المحرك والذي بدوره يتسبب في توليد عزم المزدوج الذي يعمل على تدوير الملف.

أما شكل (43-b) يوضح تولد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة ε_{back} على طرفي ملف النواة في أثناء دورانه داخل المجال المغناطيسي على وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي.

المحاثة

س: هل ان التغير في الفيض المغناطيسي الناتج عن تغير التيار المنساب في الملف يمكنه توليد قوة دافعة كهربائية في ذلك الملف ؟

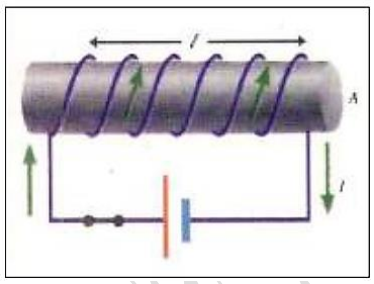
لتوضيح الإجابة نربط الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل المجاور:



- نربط المصباحين المتماثلين على التوازي مع بطارية ثم نربط مقاومة متغيرة (R) على التوالي مع احد المصباحين ونربط على التوالي مع المصباح الآخر ملف مقاومته تساوي المقاومة المتغيرة (R) وفي جوفه قلب من الحديد المطاوع لزيادة كثافة الفيض المغناطيسي لكي يكون تأثيره واضحا.
- نغلق مفتاح الدائرة.
- نلاحظ أن كلا المصباحين يتوهجان توهج متساوي الشدة بعد وصول التيار مقداره الثابت ولكن لا يصلان ذلك في آن واحد بل هنالك تأخير ملحوظ في الزمن اللازم لتوهج المصباح المربوط على التوالي مع الملف توهجا كاملا عن الزمن اللازم لتوهج المصباح المربوط على التوالي مع المقاومة المتغيرة توهجا كاملا

ان سبب هذا التأخير في توهج المصباح المربوط على التوالي مع الملف هو خاصية الحث الذاتي التي يمتلكها الملف والتي تسمى تأثير المحاثة للملف.

الحث الذاتي



نربط دائرة كهربائية مؤلفة من ملف وبطارية ومفتاح على التوالي.

- عند اغلاق الدائرة يتزايد التيار المار في الملف من الصفر (لحظة اغلاق الدائرة) الى مقداره الاعظم الثابت (بعد اغلاق الدائرة).
- ان التغير في التيار المار في الملف يتسبب في حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف نفسه.
- التغير بالفيض المغناطيسي يولد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية ε_{ind} على طرفي الملف تقاوم التغير في التيار المنساب في الملف المسبب في توليدها على وفق قانون لنز وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة الحث الذاتي.

س: ما المقصود بالحث الذاتي؟

ج: هي ظاهرة توليد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية ε_{ind} في ملف نتيجة تغير مقدار التيار لوحدة الزمن في الملف نفسه.

حساب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية ε_{ind}

عندما ينساب تيار مقداره I في ملف فأنه يسبب فيضا مغناطيسيا مقداره Φ_B ويتناسب طرديا معه اي ان:

$$N\Phi_B \propto I$$

$$N\Phi_B = LI$$

L ثابت التناسب ويمثل معامل الحث الذاتي للملف

وإذا تغير التيار بمعدل زمني $\frac{\Delta I}{\Delta t}$، فإن الفيض المغناطيسي المتولد يتغير بمعدل زمني $\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$

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

بما أن القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ε_{ind} في الملف، يتناسب مقدارها طرديا مع المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي $\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$ على وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي $\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$

فيكون: $\boldsymbol{\varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}}$

معامل الحث الذاتي: هو نسبة القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الى المعدل الزمني للتغيرفي التيار المنساب في الملف نفسه.

- يعطى بالعلاقة التالية: $L = \frac{\boldsymbol{\varepsilon_{ind}}}{-(\frac{\Delta I}{\Delta t})}$
- يقاس بوحدة الهنري H (V. Sec/A)
- وحدة الهنري: هي وحدة معامل الحث الذاتي لملف اذا تغير فيه التيار بمعدل A/Sec تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة $\boldsymbol{\varepsilon_{ind}}$ على طرفيه مقدارها فولطا واحدا.

س: علام يعتمد معامل الحث الذاتي للملف؟

ج: يعتمد على:

١- عدد لفات الملف

٢- حجم الملف

٣- الشكل الهندسي للملف

٤- النفوذية المغناطيسية للوسط في لجوف الملف

س: ماذا يحصل (مع ذكر السبب) لمعامل الحث الذاتي عند ازدياد المعدل الزمني للتغير في التيار المنساب في الملف؟

ج: لا يتأثر. لأنه يعتمد على:

1- عدد لفات الملف. ٢- حجم الملف.

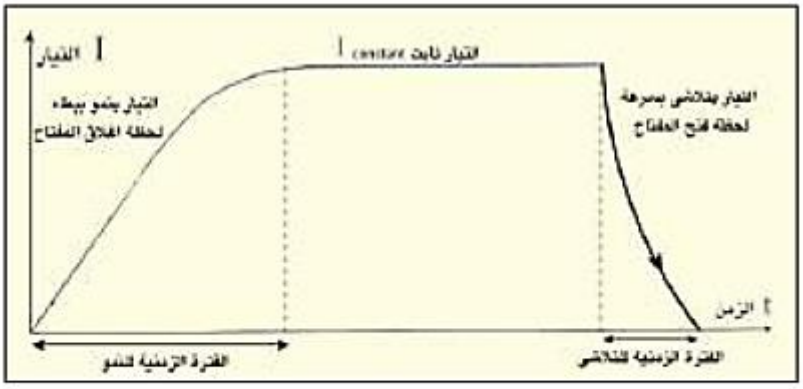
٣- الشكل الهندسي للملف 4- النفوذية المغناطيسية لمادة جوف الملف.

س :(علل) يكون زمن تنامي التيار من الصفر إلى مقداره الثابت كبيرا في الملف؟

ج: بسبب خاصية الحث الذاتي للملف وتولد قوة دافعة كهربائية محتلة ذاتية بقطبية معاكسة للفولطية الموضوعة على الملف فهي تعرقل التزايد في التيار.

س: (علل) يكون زمن تلاشي التيار من مقداره الاعظم إلى الصفر صغيرا نسبة الى زمن تناميه؟

ج: وذلك بسبب ظهور فجوة هوائية بين جزئي المفتاح تجعل مقاومة الدائرة كبيرة جدا.



شكل (46) يوضح ان زمن تلاشي التيار من مقداره الثابت الى الصفر أصغر من زمن تنامي التيار من الصفر الى مقداره الثابت.

ملاحظة:

$\frac{\Delta I}{\Delta t}$	+ (موجب)	عند نمو التيار (غلق الدائرة)
	-(سالب)	عند تلاشي التيار (فتح الدائرة)
ε_{ind}	+ (موجبة)	عند تلاشي التيار (فتح الدائرة)
	-(سالبة)	عند نمو التيار (غلق الدائرة)

معادلة الدائرة الحثية

$$V_{app} = V_{net} + \varepsilon_{ind}$$
$$V_{app} = I_{ins} \cdot R + \varepsilon_{ind}$$

- V_{app} (الفولطية الموضوعة على طرفي الملف)
- صافي الفولطية $V_{net} = I_{ins} \cdot R$
- I_{ins} التيار الاني
- ε_{ind} القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية $(\varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t})$ او $(\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t})$

$$V_{app} = I_{ins} \cdot R + L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$
$$V_{app} = I_{ins} \cdot R + N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

ملاحظات مهمة جداً:

١	لحظة غلق الدائرة	$I_{inst} = 0$	تصبح العلاقة: $V_{app} = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$
٢	عندما يبلغ التيار مقداره الثابت	$\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$	فتصبح العلاقة: $V_{app} = I_{int} \times R$ $V_{app} = V_{net}$
٣	عند انسياب تيار متزايد (غلق المفتاح)	يتولد فرق جهد محتث معاكس لفولطية المصدر	$V_{app} - \varepsilon_{ind} = I_{inst} \times R$ عندما يتولد تيار متزايد تكون ε_{ind} اتجاهها معاكسا لـ V_{app} فتتحول من: $V_{app} = V_{net} + \varepsilon_{ind}$ فتتصبح: $V_{app} - \varepsilon_{ind} = V_{net}$
٤	عند انسياب تيار متناقص (فتح الدائرة)	يتولد فرق جهد محتث مشابها لفولطية المصدر	$V_{app} + \varepsilon_{ind} = I_{inst} \times R$ تكون ε_{ind} بنفس الاتجاه مع V_{app} .

س (وزاري): اكتب العلاقة الرياضية التي تعطى فيها الفولطية في دائرة تيار مستمر تحتوي ملفا وبطارية ومفتاحا في الحالات الاتية: a- عند انسياب تيار متزايد المقدار في الملف b- عند انسياب تيار متناقص المقدار في الملف.

ج:

a- $V_{app} - \varepsilon_{ind} = V_{net}$

b- $V_{app} + \varepsilon_{ind} = I_{inst} \times R$

الطاقة المختزنة في المحث

ان الطاقة المغناطيسية (PE) المختزنة في المجال المغناطيسي للمحث تتناسب طرديا مع مربع التيار المنساب في المحث وتقاس بالجول (J) وتعطى وفقا للعلاقة الاتية : $PE = \frac{1}{2} LI^2$

س: علام تعتمد الطاقة المغناطيسية المختزنة في المجال المغناطيسي لمحث؟

ج: تعتمد على:

- معامل الحث الذاتي للمحث (طرديا)
- مربع التيار المار في المحث (طرديا)

ملاحظات مهمة لحل مسائل الحث الذاتي

المجموعة الأولى:

- إذا ورد في السؤال ملفا تغير التيار فيه دون وجود بطارية او فولطية موضوعة نستخدم العلاقة:

$$\varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

- إذا كانت قيمة L مطلوبة في السؤال لا يمكن ان تكون سالبة.
- إذا ورد في السؤال تيار وعدد لفات نستخدم العلاقة:

$$N\Phi_B = LI$$

- إذا ذكر في السؤال انعكس اتجاه التيار يكون:

$$\Delta I = I_2 - I_1 \, , \Delta I = -2\,(I)$$

- لحساب الطاقة المغناطيسية المختزنة في المجال المغناطيسي للمحث:

$$PE = \frac{1}{2}LI^2$$

المجموعة الثانية:

- اذا ورد في السؤال ملف وفولطية موضوعة (بطارية) نستخدم معادلة الدوائر الحثية:
  - $V_{app} = I_{ins}.R + L\frac{\Delta I}{\Delta t}$
  - $V_{app} = I_{ins}.R + N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$
- عند لحظة غلق الدائرة $I_{ins} = 0$
- عندما يصل التيار الى مقداره الثابت $\varepsilon_{ind} = 0$
- التيار الثابت $I_{cons} = \frac{V_{app}}{R}$
- عند ازدياد التيار الاني ليصل الى X% من مقداره الثابت (مثلا 80% 60%) فان:

$$I_{ins} = \frac{X}{100} \times (\frac{V_{app}}{R})$$

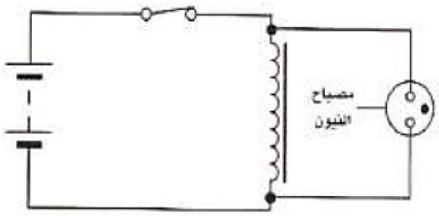
- اذا لم تعطى المقاومة R في السؤال بالإمكان اختصارها بعد تعويض التيار الاني في معادلة الدوائر الحثية او بالإمكان استخدام العلاقة: $V_{app} = \frac{X}{100}V_{app} + L\frac{\Delta I}{\Delta t}$
- اذا ذكر في السؤال وصل مقدار الفولطية المحتثة في الملف الى X% من فولطية المصدر فان:

$$-\frac{X}{100}V_{app} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

س: اشرح نشاطا توضح فيه تولد قوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية على طرفي الملف (اشرح تجربة توضح ظاهرة الحث الذاتي لمحث)؟

أدوات النشاط:

بطارية ذات فولطية (9V)، مفتاح، ملف سلكي في جوفه قلب من الحديد المطاوع، مصباح نيون يحتاج (80V) ليتوهج



خطوات النشاط:

- تربط الملف والمفتاح والبطارية على التوالي مع بعض.
- نربط مصباح النيون على التوازي مع الملف. لاحظ الشكل
- نغلق دائرة الملف والبطارية بوساطة المفتاح لا نلاحظ توهج المصباح.
- نفتح دائرة الملف والبطارية بوساطة المفتاح نلاحظ توهج مصباح النيون بضوء ساطع لبرهة قصيرة من الزمن، على الرغم من فصل البطارية عن الدائرة.

نستنتج من النشاط:

أولاً: عدم توهج مصباح النيون لحظة اغلاق المفتاح كان بسبب الفولطية الموضوعة على طرفيه لم تكن كافية لتوهجه، وذلك لان نمو التيار من الصفر الى مقداره الثابت يكون بطيئا نتيجة لتولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف تعرقل المسبب لها على وفق قانون لنز.

ثانياً: توهج مصباح النيون لحظة فتح المفتاح كان بسبب تولد فولطية كبيرة على طرفيه تكفي لتوهجه. وتفسير ذلك هو نتيجة التلاشي السريع للتيار خلال الملف تتولد على طرفي الملف قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية كبيرة المقدار فيعمل الملف في هذه الحالة كمصدر طاقة يجهز المصباح بفولطية تكفي لتوهجه.

س: علل. يتوهج مصباح النيون المربوط على التوازي مع ملف بضوء ساطع لبرهة قصيرة من الزمن لحظة فتح المفتاح على الرغم من فصل البطارية عن الدائرة، ولا يتوهج عند اغلاق المفتاح؟

ج: يتوهج بسبب تلاشي التيار من مقداره الثابت الى الصفر يكون سريعاً جداً وهذا يؤدي الى توليد قوة دافعة كهربائية محتلة كبيرة المقدار على طرفي الملف فيعمل الملف في هذه الحالة كمصدر طاقة يجهز المصباح بفولطية تكفي لتوهجه.

اما في لحظة اغلاق المفتاح لا يتوهج المصباح بسبب ان الفولطية الموضوعة على طرفية لم تكن كافية لتوهجه لان نمو التيار من الصفر الى مقداره الثابت بطيئاً مما يؤدي الى تولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف بقطبية معاكسة لقطبية الفولطية الموضوعة تعرقل المسبب لها على وفق قانون لنز لذا تكون الفولطية صغيرة المقدار على طرفي الملف لا تكفي لتوهج المصباح.

مثال5 (الكتاب): ملف معامل حثه الذاتي $(25\ H)$ وعدد لفاته (500) ينساب فيه تيار مستمر $(4\ A)$ احسب:

١- مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف.

٢- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي.

٣- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف اذا انعكس اتجاه التيار خلال $(0.25\ s)$

1) $N\emptyset_B = L\,I$

$$\emptyset_B = \frac{L\,I}{N} = \frac{2.5\times10^{-3}\times4}{500} = \frac{25\times10^{-4}\times4}{500} = \frac{100\times10^{-4}}{500}$$

$$\emptyset_B = \frac{10^{+2}\times10^{-4}}{5\times10^{+2}} = \frac{1}{5}\times10^{-2}\times10^{-2} = 0.2\times10^{-4}\ \ web$$

2) $PE = \frac{1}{2}\,L\,I^2$

$$PE = \frac{1}{2}\times25\times10^{-4}\times16 = 200\times10^{-4} = 2\times10^{-2}\ j$$

3) $\varepsilon_{ind} = -L\,\frac{\Delta I}{\Delta t}$

انعكس اتجاه التيار

$$\Delta I = -2\times I = -8\ A$$

$$\varepsilon_{ind} = -25\times10^{-4}\times\frac{-8}{0.25} = -25\times10^{-4}\times\frac{-8}{25\times10^{-2}}$$

$$= 25\times10^{-4}\times\frac{8}{25}\times10^{+2} \Longrightarrow \varepsilon_{ind} = 8\times10^{-2}\ V = 0.08\ V$$

س : ملف معامل حثه الذاتي $(0.4\ H)$ ومقاومته $(20\ \Omega)$ وضعت عليه فولطية مستمرة مقدارها $(200\ v)$
احسب المعدل الزمني للتغير في التيار :

١- لحظة اغلاق الدائرة.

٢- لحظة ازدياد التيار الى (40%) من مقداره الثابت .

الحل: لحظة اغلاق الدائرة

1) $I_{inst} = 0$

$$V_{app} = I_{inst}\times R + L\,\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$V_{app} = L\,\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$200 = 0.4\times\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{200}{0.4} = 500\ A\backslash s$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = 5 \times 10^{+2}\ A\backslash s$$

$$2)\ I_{inst} = 40\% \times I_{cost}$$

$$I_{inst} = \frac{40}{100} \times I_{cost}$$

$$I_{inst} = 0.4 \times \frac{V_{app}}{R}$$

$$I_{inst} = 0.4 \times \frac{200}{20} \Longrightarrow I_{inst} = 4\ A$$

$$V_{app} = I_{inst} \times R + L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$200 = 4 \times 20 + 0.4 \times \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$200 = 80 + 0.4 \times \frac{\Delta I}{\Delta t} \Longrightarrow 200 - 80 = 0.4 \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{120}{0.4} \Longrightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = 300\ A\backslash s$$

س (وزاري) : اذا كانت الطاقة المختزنة في ملف معامل حثه الذاتي $(0.6\ H)$ وعدد لفاته (100) لفة هي $(4.8\ J)$ احسب :

١- مقدار الفيض المغناطيسي.

٢- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة اذا انعكس اتجاه التيار خلال $(0.24\ s)$.

الحل:

$$1)\ PE = \frac{1}{2} L I^2$$

$$48 \times 10^{-1} = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-1} I^2$$

$$I^2 = \frac{48 \times 10^{-1}}{3 \times 10^{-1}}$$

$$I^2 = 16$$ بجذر للطرفين

$$I = 4\ A$$

$$N\ \emptyset_B = L\ I$$

$$\emptyset_B = \frac{L\ I}{N} = \frac{0.6 \times 4}{100} = 24 \times 10^3\ web$$

$$2)\ \Delta I = -2\ I\ = -2 \times 4 = -8\ A$$ اذا انعكس التيار

$$\varepsilon_{ind} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -0.6 \times \frac{-8}{0.24} = 6 \times 10^{-1} \times \frac{8}{24} \times 10^{+2} = 2 \times 10^{+1}$$

$$\varepsilon_{ind} = 20\ V$$

واجبات

س١ : ملف معامل حثه الذاتي $(0.4\ H)$ ومقاومة الدائرة $(20\ \Omega)$ والفولطية المستمرة الموضوعة $(200\ v)$ احسب المعدل الزمني للتغير بالتيار :

١- لحظة اغلاق الدائرة.

٢- عندما يبلغ التيار مقداره الثابت.

٣- لحظة ازدياد التيار الى (60%) من مقداره الثابت .

على فرض ان المقاومة الداخلية للنضيدة مهملة.

س٢ : ملف معامل حثه الذاتي $(3\ mH)$ وعدد لفاته (1000) لفة وعندما انساب فيه تيار مستمر كان مقدار الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للملف $(0.04\ j)$ جد مقدار :

١- التيار المنساب في الملف .

٢- الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة .

٣- معدل الطاقة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف اذا انعكس اتجاه التيار خلال $(0.5\ s)$.

الحث المتبادل

هو ظاهرة تولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الثانوي ε_{ind2} نتيجة تغير التيار المنساب في الملف الابتدائي لوحدة الزمن $\frac{\Delta I}{\Delta t}$.

ونحسب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الثانوي

$$\varepsilon_{ind2} = -M\ \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

ε_{ind2} : القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الثانوي.

M : معامل الحث المتبادل (H) .

$\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$: المعدل الزمني للتيار في الملف الابتدائي $A\backslash s$.

عندما يكون الترابط المغناطيسي تام بين الملفين بوجود قلب مغلق من الحديد بينهما فان: $M = \sqrt{L_1 \times L_2}$

يمكن الاستفادة من العلاقات التالية في بعض المسائل:

$$\varepsilon_{ind2} = -N_2\ \frac{\Delta \emptyset_{B2}}{\Delta t} \quad . \quad N_2\ \emptyset_{B2} = M\ I_1$$

ملاحظات

١- ε_{ind2} : تكون سالبة عند نمو التيار من الصفر الى مقدارها الاعظم .

٢- ε_{ind2} : تكون موجبة عند تلاشي التيار من مقداره الاعظم الى الصفر وهي تعاكس المسبب الذي يولدها

الاشارة السالبة تعني ان ε_{ind} تعاكس المسبب الذي يولدها .

س (وزاري): ما المقصود بمعامل الحث المتبادل بين الملفين؟

ج: هو النسبة بين القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في ملف الى المعدل الزمني للتغير في التيار في ملف مجاور له او محيط به. $M = \frac{\varepsilon_{ind}}{\frac{\Delta I_1}{\Delta t}}$

س: ما العوامل التي يعتمد عليها معامل الحث المتبادل بين ملفين قلبهما هواء؟

ج : ١- ثوابت الملفين $(L_1 \, . \, L_2)$. ٢- وضعية كل ملف. ٣- الفاصلة بين الملفين.

س: علام يعتمد معامل الحث المتبادل بين ملفين بينهما قلب مغلق من الحديد المطاوع؟

ج : يعتمد على ثوابت الملفين $(L_1 \, . \, L_2)$ فقط.

- تستعمل ظاهرة الحث المتبادل في استعمال جهاز التحفيز المغناطيسي خلال الدماغ

س (وزاري): كيف يعمل جهاز التحفيز المغناطيسي خلال الدماغ؟ (اين تستثمر ظاهرة الحث المتبادل وضح ذلك)

ج: وذلك بتسليط تيار متغير مع الزمن على الملف الابتدائي الذي يمسك على منطقة الدماغ للمريض فالمجال المغناطيسي المتغير المتولد بواسطة هذا الملف يخترق دماغ المريض مولدا قوة دافعة كهربائية محتثة فيه وهذه بدورها تولد تيارا محتثا يشوش الدوائر الكهربائية في الدماغ وبهذه الطريقة تعالج بعض الامراض النفسية مثل الكآبة.

س: ما هو أساس عمل جهاز التحفيز المغناطيسي خلال الدماغ؟

ج: ظاهرة الحث المتبادل.

س: علل. إذا تغير تيار كهربائي منساب في أحد ملفين متجاورين يتولد تيار محتث في الملف الآخر.

ج: على وفق ظاهرة الحث المتبادل بين ملفين متجاورين فاذا تغير التيار المنساب في الملف الابتدائي خلال وحدة الزمن $\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ يتغير تبعا لذلك الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن $\frac{\Delta \emptyset_{B2}}{\Delta t}$ والذي عدد لفاته (N_2) فتتولد نتيجة لذلك قوة دافعة كهربائية محتلة في الملف الثانوي ε_{ind2} تولد تيارا محتثاً في دائرة الملف الثانوي المقفلة.

س (وزاري): ماذا يحصل؟ ولماذا؟ لو تغير التيار المنساب في أحد ملفين متجاورين؟

ج: يتولد تيار محتث في الملف الاخر. حسب ظاهرة الحث المتبادل بين ملفين متجاورين فاذا تغير التيار المنساب في الملف الابتدائي لوحدة الزمن يتغير تبعا لذلك الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن وعلى وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي فتتولد نتيجة لذلك قوة دافعة كهربائية محتلة في الملف الثانوي ε_{ind2} تولد تيارا محتثا في الملف الاخر.

مثال ٦ (الكتاب): ملفان متجاوران ملفوفين حول حلقة مقفلة من الحديد المطاوع، ربط بين طرفي الملف الابتدائي بطارية فرق الجهد بين طرفيها (100V) ومفتاح على التوالي. فاذا كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.5 H) ومقاومته (20 Ω) احسب مقدار

١- المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الابتدائي لحظة اغلاق الدائرة.

٢- معامل الحث المتبادل بين الملفين اذا تولدت قوة دافعة كهربائية محتلة بين طرفي الملف الثانوي مقدارها (40 V) لحظة اغلاق المفتاح في دائرة الملف الابتدائي

٣- التيار الثابت المنساب في دائرة الملف الابتدائي بعد اغلاق الدائرة.

٤- معامل الحث الذاتي للملف الثانوي.

الحل:

لحظة اغلاق الدائرة $I_{ins} = 0$

1) $V_{app} = I_{ins} \times R + L_1 \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$

$100 = 0.5 \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \rightarrow \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{100}{0.5} = 200\ A/s$

2) $\varepsilon_{ind2} = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \rightarrow -40 = -M \times 200 \rightarrow M = \frac{40}{200} = 0.2\ H$

3) $I_{const} = \frac{V_{app}}{R} = \frac{100}{20} = 5\ A$

4) $M = \sqrt{L_1 \times L_2} \rightarrow 0.2 = \sqrt{0.5 \times L_2}$ بتربيع الطرفين

$0.04 = 0.5 \times L_2 \rightarrow L_2 = \frac{0.04}{0.5} = 0.08\ H$

س (وزاري) : ملفان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي $(0.4\ H)$ ومعامل الحث الذاتي للملف الثاني $(0.9\ H)$ والفولطية الموضوعة $(200\ v)$ احسب :

١- المعدل الزمني للتغير بالتيار لحظة ازدياد التيار الى (80%) من مقداره الثابت .

٢- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الثانوي في تلك اللحظة.

الحل:

$(V_{app} = 200V\ .\ L_2 = 0.9\ H\ .\ L_1 = 0.4\ H)$

1) $I_{inst} = \frac{80}{100} I_{cost}$

$I_{inst} = 0.8 \times \frac{V_{app}}{R}$

$I_{inst} = 0.8 \times \frac{200}{R}$

$I_{inst} = \frac{160}{R}$

$V_{app} = I_{inst} \times R + L_1 \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$

$200 = \frac{160}{R} \times R + 0.4 \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$

$200 - 160 = 0.4 \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$

$$40 = 0.4 \ \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$
$$\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{40}{0.4} = 100 \ A\backslash s$$
$$2) \ M = \sqrt{L_1 \times L_2} = \sqrt{0.4 \times 0.9}$$
$$M = \sqrt{0.36}$$
$$M = 0.6 \ H$$
$$\varepsilon_{ind2} = -M \ \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$
$$\varepsilon_{ind} = -0.6 \times 100$$
$$\varepsilon_{ind} = -60 \ V$$

س (وزاري) : ملفان متجاوران بينهما ترابط مغناطيسي تام معامل الحث الذاتي للملف $(0.32 \ H)$ ومقاومته $(16 \ \Omega)$ ومعامل الحث الذاتي للملف الثانوي $(0.5 \ H)$ والفولطية الموضوعة في دائرة الملف الابتدائي $(128 \ V)$ احسب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف الثانوي :

١- لحظة اغلاق المفتاح في دائرة الملف الابتدائي.

٢- لحظة وصول التيار في دائرة الملف الابتدائي الى (75%) من مقداره الثابت .

الحل:

لحظة اغلاق الدائرة $I_{inst} = 0$

$$1) \ V_{app} = L_1 \ \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \quad \rightarrow 128 = 0.32 \ \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$
$$\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{128}{0.32} = \ 400 \ A\backslash s$$
$$M = \sqrt{L_1 \times L_2} = \sqrt{0.32 \times 0.5} \ = \sqrt{0.16} = 0.4 \ H$$
$$\varepsilon_{ind2} = -M \ \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$
$$\varepsilon_{ind2} = -0.4 \times 400$$
$$\varepsilon_{ind2} = -160 \ V$$

2)

لحظة وصول التيار في دائرة الملف الابتدائي الى (75%) من مقداره الثابت :

$$I_{ins} = \frac{75}{100} \times \ I_{const} = \ \frac{75}{100} \times \frac{V_{app}}{R} = 0.75 \ \times \frac{128}{16}$$
$$I_{ins} = 0.75 \times 8 = 6 \ A$$
$$V_{app} = I_{inst} \times R + L_1 \ \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$
$$128 = 6 \times 16 + 0.32 \ \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$
$$128 - 96 = 0.32 \ \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$32 = 0.32 \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$
$$\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{32}{0.32} = 100\ A\backslash s$$
$$\varepsilon_{ins} = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = -0.4 \times 100 = -40\ V$$

المجالات الكهربائية المحتثة

س: ما سبب حركة الشحنات في الموصل؟
ج: المجالات الكهربائية والمغناطيسية.

س: ما سبب حركة الشحنات الكهربائية في حلقة موصلة ساكنة نسبة الى فيض مغناطيسي متغير المقدار؟
ج: بسبب تولد مجال كهربائي محتث يؤثر في الشحنات الكهربائية باتجاهات مماسية دائما.

س: ما العامل الاساس لتوليد التيار المحتث في حلقة موصلة ساكنة نسبة الى فيض مغناطيسي متغير المقدار؟
ج: المجال الكهربائي المحتث حيث يؤثر في حركة الشحنات الكهربائية باتجاهات مماسية دائما.

س: لماذا يتولد مجال كهربائي محتث يؤثر في حلقة موصلة ساكنة يخترقها فيض مغناطيسي متزايد؟
ج: وذلك بسبب التغيرات الحاصلة في الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن الذي يخترقها.

س (وزاري): ما المقصود بالمجالات الكهربائية المستقرة والمجالات الكهربائية غير المستقرة؟
ج:
المجالات الكهربائية المستقرة: هي المجالات التي تنشأ بواسطة الشحنات الكهربائية الساكنة.
المجالات الكهربائية غير المستقرة: هي المجالات التي تنشأ بواسطة التغيرات في الفيض المغناطيسي.

التطبيقات العملية لظاهرة الحث الكهرومغناطيسي

١) **بطاقة الائتمان:** عند تحريك بطاقة الائتمان الممغنطة امام ملف سلكي يستحث تيار كهربائي ثم يضخم هذا التيار ويحول الى نبضات للفولطية تحتوي المعلومات.

س: ما الذي يحصل عند تحريك بطاقة الائتمان الممغنطة امام ملف سلكي؟
ج: يتولد تيار محتث ثم يضخم هذا التيار ويحول الى نبضات للفولطية تحتوي معلومات.

٢) القيثار الكهربائي: عند اهتزاز اوتار القيثار الكهربائي المعدنية تتمغنط بواسطة ملفات سلكية يحتوي كل منها بداخله ساقاً مغناطيسية وتوضع هذه الملفات في مواضع مختلفة تحت الاوتار المعدنية للقيثار الكهربائي وعندما تهتز هذه الاوتار يُستحث تيار كهربائي متناوب تردده يساوي تردد الاوتار ثم يوصل الى مضخم.

س: ما الذي يحصل عندما تهتز اوتار القيثار الكهربائي؟

ج: يستحث تيار كهربائي متناوب تردده يساوي تردد الاوتار ثم يوصل الى مضخم.

س: ماذا يحصل ؟

١- عند تحريك بطاقة الائتمان الممغنطة امام ملف سلكي. ٢- عندما تهتز اوتار القيثار الكهربائي.

ج: ١- يتولد تيار محتث ثم يضخم هذا التيار ويحول إلى نبضات للفولطية تحتوي المعلومات

٢-تيار كهربائي متناوب تردده يساوي تردد الاوتار ثم يوصل إلى مضخم.

٣) الطباخ الحثي: يوضع تحت السطح العلوي للطباخ ملف سلكي ينساب فيه تيار متناوب ويحث هذا التيار مجالا مغناطيسيا متناوبا ينتشر نحو الخارج وبمرور المجال المغناطيسي خلال قاعدة الاناء اذا كان مصنوعا من المعدن تتولد تيارات دوامة في قاعدة الاناء المعدني وبذلك تسخن قاعدة الاناء فيغلي الماء الذي يحتويه. اما اذا كان الوعاء من الزجاج فلا تتولد تيارات دوامة في قاعدته لان الزجاج مادة عازلة ولا يسخن الماء الذي يحتويه. وعند لمس السطح العلوي للطباخ الحثي لا نشعر بسخونة السطح.

س (وزاري) : لماذا لا يسخن الماء الموضوع في اناء من الزجاج موضوع على السطح العلوي لطباخ حثي؟

ج: لعدم تولد تيارات دوامة في قاعدة الاناء لان الزجاج مادة عازلة فلا تتولد حرارة فيه ولا يسخن الماء الذي يحتويه.

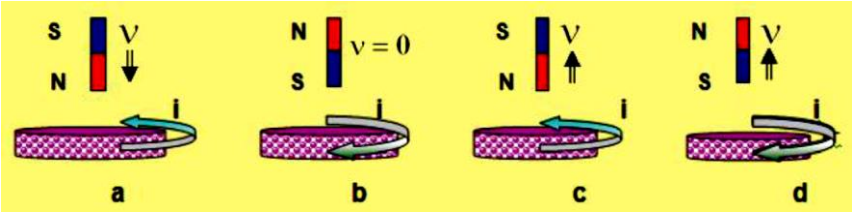
س (وزاري): لماذا لا نشعر بسخونة السطح العلوي للطباخ الحثي عند لمسه باليد؟

ج: لعدم تولد تيارات دوامة على السطح العلوي من الطباخ الحثي.

أسئلة الفصل الثاني

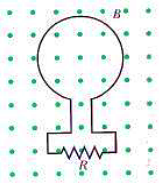
س١: اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية:

١ـ أي من الأشكال الآتية لاحظ الشكل (57) يتبين فيه الاتجاه الصحيح للتيار الكهربائي المحتث في الحلقة الموصلة.



الجواب / (a)

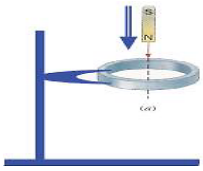
٢ـ في الشكل (58) حلقة مصنوعة من النحاس وضعت في مستوي الورقة وموصولة مع المقاومة R سلط مجال مغناطيسي باتجاه عمودي على مستوي الورقة ، خارجا من الورقة في أي حالة من الحالات التالية ينساب تيار محتث في المقاومة R اتجاهه من اليسار نحو اليمين:



a) عند تزايد الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة .
b) عند تناقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة.
c) عند ثبوت الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة.
d) جميع الاحتمالات المذكورة انفآ.

الجواب / (b)

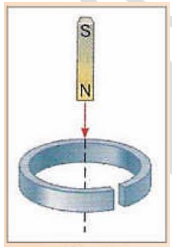
٣ـ عند سقوط الساق المغناطيسية خلال حلقة واسعة من الألمنيوم موضوعة افقيا بواسطة حامل تحت الساق لاحظ الشكل 59 فاذا نظرت إلى الحلقة من موقع فوقها وباتجاه السهم لتحديد اتجاه التيار المحتث فيها .فان اتجاه التيار المحتث في الحلقة يكون:



a) دائما باتجاه دوران عقارب الساعة .
b) دائما باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة
c) باتجاه دوران عقارب الساعة ، ثم يكون صفرا ، ثم يكون باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة.
d) باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة ، ثم يكون صفرا للحظة ، ثم يكون باتجاه دوران عقارب الساعة

الجواب / (d)

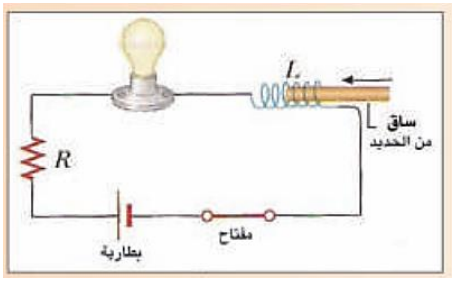
٤ـ عند سقوط الساق المغناطيسية خلال حلقة الألمنيوم غير مقفلة موضوعة أفقيا تحت الساق لاحظ الشكل (60):



a - تتأثر الساق بقوة تنافر في أثناء إقترابها من الحلقة، ثم تتأثر بقوة تجاذب في أثناء إبتعادها الحلقة.
b - تتأثر الساق بقوة تجاذب أثناء إقترابها من الحلقة ثم تتأثر بقوة تنافر في أثناء إبتعادها عن الحلقة.
C - لا تتأثر الساق بأية قوة في أثناء إقترابها من الحلقة أو في أثناء إبتعادها من الحلقة.
d - تتأثر الساق بقوة تنافر في أثناء إقترابها من الحلقة وكذلك تتأثر بقوة تنافر أثناء إبتعادها عن.

الجواب / (C)

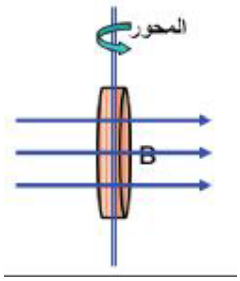
٥ – في الشكل (61) ملف محلزن مجوف مربوط على التوالي مع مصباح كهربائي ومقاومة وبطارية ومفتاح، وعندما كان المفتاح في الدائرة مغلقاً كانت شدة توهج المصباح ثابتة إذا أدخلت ساقاً من الحديد المطاوع في جوف الملف فأن توهج المصباح في أثناء دخول الساق:



a – يزداد b – يقل c - يبقى ثابتاً d - يزداد ثم يقل

الجواب / (b)

٦ـ عندما يدور ملف دائري حول محور شاقولي موازي لوجه الملف داخل مجال مغناطيسي كثافة فيضه منتظمة B ، تولد اعظم مقدار للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة ε_{max}. وعند زيادة عدد لفات الملف إلى ثلاثة امثال ما كانت عليه وتقليل قطر الملف إلى نصف ما كان عليه ومضاعفة التردد الدوراني للملف . فان المقدار الاعظم للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة سيكون:



a – $(3/2)\ \varepsilon_{max}$ b – $(1/4)\ \varepsilon_{max}$
c – $(1/2)\ \varepsilon max$ d – $(3)\ \varepsilon_{max}$

الجواب / (a)

$$\varepsilon_{max} = NBA\omega$$
$$= NB(r^2\pi)\omega$$
$$\varepsilon'_{max} = (3N)B\left[(\frac{r}{2})^2\pi(2\omega)\right]$$
$$\varepsilon'_{max} = \frac{3}{2}NB\omega A$$
$$\varepsilon'_{max} = \frac{3}{2}\varepsilon_{max}$$

٧ـ تتحقق ظاهرة الحث الذاتي في ملف معين عندما:

a) تسحب ساق مغناطيسية بعيدا عن وجه الملف .
b) يوضع هذا الملف بجوار ملف اخر ينساب فيه تيار كربائي متغير المقدار لوحدة الزمن.
c) ينساب في هذا الملف تيار كهربائي متغير المقدار لوحدة الزمن.
d) تدوير هذا الملف داخل مجال مغناطيسي منتظم.

الجواب / (c)

٨ـ مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي ساق موصلة تتحرك نسبة إلى مجال مغناطيسي في حالة سكون لا يعتمد على:

a) طول الساق. b) قطر الساق. c) وضعية الساق نسبة للفيض المغناطيسي.
d) كثافة الفيض المغناطيسي .

الجواب / (b)

٩- عندما تقل السرعة الزاوية لدوران ملف نواة المحرك الكهربائي نتيجة لازدياد الحمل الموصول مع ملفه تتسبب في هبو ط مقدار:

a - القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة

b – الفولطية الموضوعة على طرفي ملف النواة

c - التيار المنساب في دائرة المحرك.

d - فرق الجهد الضائع (IR) بين طرفي ملف النواة.

الجواب / (a)

١٠ – يمكن أن يستحث تيار كهربائي في حلقة موصلة ومقفلة في العمليات التالية ما عدا واحدة منها فالعملية التي لا يستحث فيها التيار هي:

a - حلقة موصلة ومقفلة تدور حول محور مواز لمستواها وعمودي على فيض مغناطيسي منتظم.

b – وضع حلقة موصلة ومقفلة ومتجه مساحتها مواز لفيض مغناطيسي متغير لوحدة الزمن.

c – وضع حلقة موصلة ومقفلة ومتجه مساحتها عمودياً على فيض مغناطيسي متغير لوحدة الزمن.

d - حلقة موصلة ومقفلة ومتجه مساحتها مواز لفيض مغناطيسي منتظم ، كبست من جانبيها المتقابلين.

الجواب / (c)

١١- وحدة قياس كثافة الفيض المغناطيسي هي:

weber (a weber/s (b weber/m^2 (c Weber. s (d

الجواب / (c)

١٢ - في الشكل (71) عندما تدور حلقة موصلة حول محور شاقولي مواز لوجهها ومار من مركزها والمحور عمودي على فيض مغناطيسي أفقي ومنتظم فأن قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تكون دالة جيبية تتغير مع الزمن وتنعكس مرتين خلال كل:

a - دورة واحدة

b - ربع دورة

C - نصف دورة

d - دورتين

الجواب / (a)

١٣- معامل الحث الذاتي لملف لا يعتمد على :

a) عدد لفات الملف

b) الشكل الهندسي للملف

c) المعدل الزمني للتغير في التيار المنساب في الملف.

d) النفوذية المغناطيسية للوسط في جوف الملف.

الجواب / (c)

س٢ : علل ما يأتي :

١ـ يتوهج مصباح النيون المربوط على التوازي مع ملف بضوء ساطع لبرهة قصيرة من الزمن لحظة فتح المفتاح على الرغم من فصل البطارية عن الدائرة، ولا يتوهج عند اغلاق المفتاح.

ج/ يتوهج وذلك بسبب تلاشي التيار من مقداره الثابت الى الصفر يكون سريعا جًدا وهذا يؤدي الى توليد قوة دافعة كهربائية محتثة ε_{ind} كبيرة المقدار على طرفي الملف فيعمل الملف في هذه الحالة كمصدر طاقة تجهز المصباح بفولطية تكفي لتوهجه.

في لحظة اغلاق المفتاح لا يتوهج المصباح بسبب ان الفولطية الموضوعة على طرفية لم تكن كافية لتوهجه لان نمو التيار من الصفر الى مقداره الثابت بطيئا مًما يؤدي الى تولد قوة دافعة كهربائية محتثة ε_{ind} في الملف بقطبية معاكسة لقطبية الفولطية الموضوعة تعرقل المسبب لها على وفق قانون لنز ، لذا تكون الفولطية المتولدة صغيرة المقدار على طرفي الملف لا تكفي لتوهج المصباح .

٢ – يغلي الماء داخل الإناء المعدني الموضوع على السطح العلوي لطباخ حثي ولا يغلي الماء الذي في داخل إناء زجاجي موضوع مجاور له وعلى السطح العلوي للطباخ نفسه.

ج/ يوضع تحت السطح العلوي للطباخ ملف سلكي ينساب فيه تيار متناوب ويحث هذا التيار مجالاً مغناطيسيا متناوبا ينتشر نحو الخارج وبمرور المجال المغناطيسي خلال قاعدة الإناء المصنوع من المعدن تتولد تيارات دوامة في قاعدة الإناء فيغلي الماء الموضوع فيه. بينما الوعاء المصنوع من الزجاج لا تتولد تيارات دوامة في قاعدته (لان الزجاج مادة عازلة) فلا تتولد فيه حرارة فلا يسخن الماء الموضوع فيه.

٣ـ اذا تغير تيار كهربائي منساب في احد ملفين متجاورين يتولد تيار محتث في الملف الآخر.

ج/ على وفق ظاهرة الحث المتبادل بين ملفين متجاورين فاذا تغير التيار المنساب في الملف الابتدائي لوحدة الزمن ($\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$) يتغير تبعا لذلك الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن ($\frac{\Delta \Phi_{B2}}{\Delta t}$) والذي عدد لفاته N_2 فتتولد نتيجة لذلك قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الثانوي (ε_{ind2}) تولد تيارا محتثا في دائرة الملف الثانوي المقفلة .

س٣: وضح كيف يمكنك عملياً معرفة فيما اذا كان مجالاً مغناطيسياً أم مجالاً كهربائياً موجوداً في حيز معين؟

ج/ يتم ذلك بقذف جسيم مشحون داخل المجال، فاذا انحرف الجسيم بموازاة المجال فأن المجال الموجود في الحيز هو مجال كهربائي. اما اذا انحرف الجسيم المشحون بأتجاه عمودي على المجال فإن المجال الموجود هو مجال مغناطيسي.

س٤ : عند دوران ملف مساحة اللفة الواحدة فيه (A) بسرعة زاوية (ω) داخل مجال مغناطيسي كثافة فيضه (B) منتظمة. فان الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة يعطى بشكل دالة جيب التمام $\emptyset_B = BA\ Cos\ (\omega t)$. في حين تعطى القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ε_{ind} على طرفي الملف بشكل دالة جيبية $\varepsilon_{ind} = NBA\omega\ sin(\omega t)$. وضح ذلك بطريقة رياضية

الحل:

$$\Phi_B = BA\ Cos\ \theta$$
$$\theta = \omega t$$
$$\Phi_B = BA\ Cos\omega t$$

نجعل طرفي المعادلة بدلالة التغير مع الزمن ثم نأخذ المشتقة للطرفين فنحصل على :

$$\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = \frac{\Delta(AB\cos\omega t)}{\Delta t} \longrightarrow \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -\ BA\ \omega\sin(\omega t)$$

لان مشتقة $[\Delta\cos(\omega t)]$ تكون $[-\omega\sin(\omega t)]$

$$\varepsilon_{ind} = -\ N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \qquad -\ \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -\ N(-BA\omega\ \sin(\omega t))$$
$$\varepsilon_{ind} = NBA\omega\ \sin(\omega t)$$
$$\varepsilon_{max} = NBA\omega$$

$$\varepsilon_{ind} = \varepsilon_{max}\sin(\omega t)$$

س٥/ ما المقصود بالمجالات الكهربائية غير المستقرة؟

ج/ المجالات الكهربائية غير المستقرة :هي المجالات التي تنشأ بواسطة التغيرات الحاصلة في المجال المغناطيسي (كما يحصل في تولد الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ).

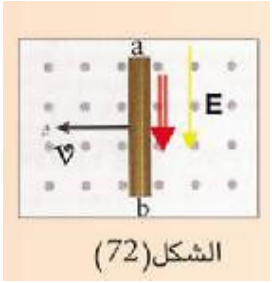
س ٦ / اذكر بعض المجالات التي تستثمر فيها التيارات الدوامة، ووضح كلا منها

ج/ تستثمر التيارات الدوامة في مكابح بعض القطارات الحديثة ذات الوسادة الهوائية، إذ توضع ملفات سلكية (كل منها يعمل كمغناطيس كهربائي) مقابل قضبان السكة ففي الحركة الإعتيادية لا ينساب تيار كهربائي في تلك الملفات ولإيقاف القطار عن الحركة تغلق الدائرة الكهربائية لتلك الملفات فينساب تيار كهربائي في الملفات وهذا التيار يولد مجالاً مغناطيسياً قوياً يمر خلال قضبان الحديد للسكة ، ونتيجة للحركة النسبية بين المجال مغناطيسي والقضبان تتولد تيارات دوامة فيها ، وعلى وفق قانون لنز تولد هذه التيارات مجالاً مغناطيسياً يعرقل تلك الحركة وهو السبب الذي ولدها فيتوقف القطار عن الحركة .

وكذلك تستثمر التيارات الدوامة في كاشفات المعادن المستعملة حديثاً في نقاط التفتيش الأمنية وخاصة في المطارات. يعتمد عمل كاشفات المعادن على ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي التي تسمى غالباً الحث النبضي (Pulse Induction) . يحتوي جهاز كاشف المعادن على ملفين سلكيين أحدهما يستعمل كمرسل والآخر كمستقبل يسلط فرق جهد متناوب على طرفي ملف الإرسال فينساب في الملف تيار متناوب والذي بدوره يولد مجالاً مغناطيسياً فعند مرور أي جسم موصل معدني (لا يشترط أن يكون بشكل صفيحة) بين المستقبل والمرسل ، سوف تتولد تيارات دوامة في ذلك الجسم المعدني فتعمل التيارات الدوامة المحتثة في الجسم المعدني على عرقلة التغير الحاصل في الفيض المغناطيسي المتولد في ملف الإستقبال وهذا يتسبب في تقليل التيار الإبتدائي المقاس بالمستقبل في حالة وجود الهواء بين الملفين ، وبهذا التأثير يمكن الكشف عن وجود القطع المعدنية في الحقائب اليدوية أو في ملابس الشخص .

تستعمل كاشفات المعادن أيضاً للسيطرة على الإشارات الضوئية المنصوبة في تقاطعات بعض الطرق البرية.

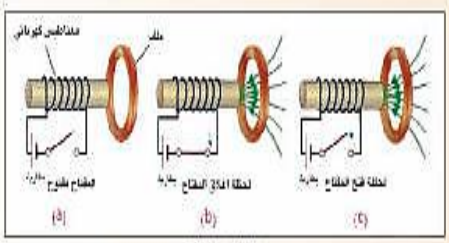
س٧/ اذا تحركت الساق الموصلة (ab) في الشكل (72) ، في مستوي الورقة افقيا نحو اليسار داخل مجال مغناطيسي منتظم مسلط عموديا على الورقة متجها نحو الناظر، يتولد مجال كهربائي داخل الساق يتجه نحو الطرف (b) ,اما اذا تحركت هذه الساق نحو اليمين وداخل المجال المغناطيسي نفسه ينعكس اتجاه المجال الكهربائي في داخلها باتجاه الطرف (a) ما تفسير ذلك ؟



الشكل(72)

ج/ عندما تكون حركة الساق نحو اليسار عموديا على الفيض المغناطيسي فان القوة المغناطيسية $\overrightarrow{F_B}$ تؤثر في الشحنات الموجبة يكون اتجاهها نحو الطرف (a) (على وفق قاعدة الكف اليمنى) فتتجمع الشحنات الموجبة في الطرف (a) للساق والسالبة في الطرف (b). لذا يكون اتجاه المجال الكهربائي E من (a) نحو (b). وبانعكاس حركة الساق (نحو اليمين) ينعكس اتجاه القوة المغناطيسية $\overrightarrow{F_B}$. لذلك تتجمع الشحنات الموجبة في الطرف (b) والشحنات السالبة في الطرف (a) لذا يكون اتجاه E من (b) نحو (a) .

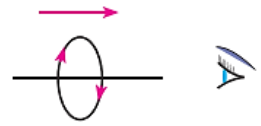
س٨/ عين اتجاه التيار المحتث في الحلقة المقابلة للملف السلكي في الأشكال الثلاثة التالية:


الشكل(73)

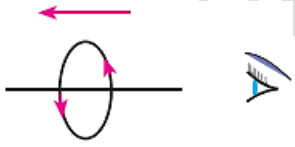
ج/

a) في حالة المفتاح مفتوح يكون مقدار التيار صفرا لا يوجد تغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف $\Delta\Phi_B = 0$ لذا فان التيار المحتث يساوي صفر في الملف $(I = 0)$.

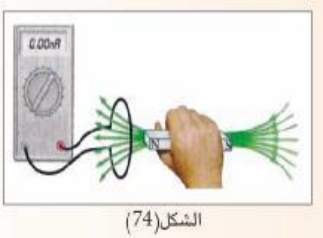
b) في حالة اغلاق المفتاح يزداد الفيض المغناطيسي $(\Delta\Phi_B > 0)$ الذي يخترق الملف $(\Delta\Phi_B = \Phi_{B2} - 0)$ فاذا نظرنا إلى الملف من الجهة اليمنى فان اتجاه التيار المحتث لحظة نمو التيار يكون باتجاه دوران عقارب الساعة .



c) عند فتح الدائرة بالمفتاح يتلاشى الفيض المغناطيسي $\Delta\Phi_B < 0$ الذي يخترق الملف $(\Delta\Phi_B = 0 - \Phi_{B1})$ فاذا نظرنا إلى وجه الملف السلكي من الجهة اليمنى فان اتجاه التيار المحتث لحظة تلاشي التيار يكون باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة .



س٩/ افترض ان الملف والمغناطيس الموضح في الشكل (74) كل منهما يتحرك بالسرعة نفسها نسبة إلى الارض. هل ان الملي اميتر الرقمي (او الكلفانوميتر) المربوط مع الملف .يشير إلى انسياب تيار في الدائرة؟ وضح ذلك.


الشكل(74)

ج/ كلا، لأنه لا ينساب تيار محتث في الدائرة وذلك لعدم توافر حركة نسبية بين المغناطيس والملف تسبب تغيراً في الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن.

س١٠/ ما الكميات الفيزيائية التي تقاس بالوحدات الأتية:

a- weber b- weber/m2 c- weber/s d- Teslla e- Henry

ج/ a) الفيض المغناطيسي.(Φ_B)

b) كثافة الفيض المغناطيسي (B).

c) المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي ($\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$)

d) كثافة الفيض المغناطيسي (B).

e) معامل الحث الذاتي (L) اومعامل الحث المتبادل (M) .

س ١١/ كيف تعمل التيارات الدوامة على كبح اهتزاز الصفيحة المعدنية المهتزة عموديا على مجال مغناطيسي منتظم؟

ج/ بسبب تولد التيارات المحتثة الدوامة في الصفيحة والتي تعمل على توليد مجال مغناطيسي محتث $\overrightarrow{B_{ind}}$ معاكس لاتجاه المجال المغناطيسي المؤثر $\vec{B}$ ونتيجة لذلك تتولد قوة تنافر مغناطيسية معرقلة لاتجاه حركة الصفيحة داخل المجال المغناطيسي فتعمل على كبح اهتزازها (على وفق قانون لنز) :

$\vec{B}$ كثافة الفيض المغناطيسي المؤثر ← | → كثافة الفيض المغناطيسي المحتث $\overrightarrow{B_{in}}$

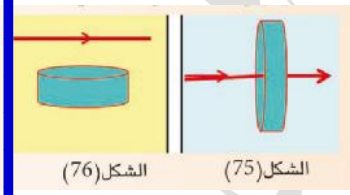
س ١٢/ شريحة من النحاس وضعت بين قطبي مغناطيس كهربائي منتظم كثافة فيضه كبيرة وبمستوى شاقولي وكان مستوى الصفيحة عمودياً على الفيض المغناطيسي. وعندما سحبت الصفيحة أفقياً بسرعة معينة لإخراجها من المجال وجد أن عملية السحب تتطلب تسليط قوة معينة. ويزداد مقدار القوة الساحبة بازدياد مقدار تلك السرعة، ما تفسير الحالتين؟

ج/ نتيجة للحركة النسبية بين الصفيحة المعدنية والفيض المغناطيسي تتولد تيارات دوامة في سطح الصفيحة المعدنية على وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد قوة مغناطيسية $\overrightarrow{F_B}$ معرقلة لاتجاه حركة الصفيحة على وفق قانون لنز

وبازدياد مقدار تلك السرعة تزداد القوة المغناطيسية $\overrightarrow{F_B}$:

F_{pullB} (الساحبة) = F_B (المعرقلة)

$$F_B = qvB$$

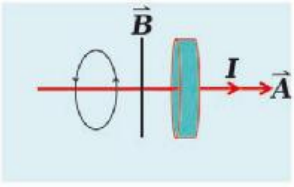


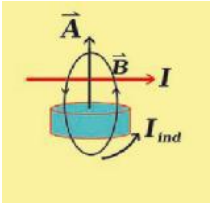
س١٣/ في كل من الشكلين سلك نحاسي وحلقة من النحاس مقفلة . في أي وضعية ينساب تيار محتث في الحلقة عندما يتزايد التيار الكهربائي المنساب في السلك في كل من الحالتين؟ وضح ذلك.

ج/ في الشكل (75) لا ينساب تيار محتث في الحلقة لان كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) يكون موازيا لمستوي الحلقة لذا فان الزاوية (θ) بين متجه المساحة ($\vec{A}$) ومتجه كثافة الفيض ($\vec{B}$) تساوي 90° فيكون :

$$\Phi_B = BA\cos\theta = B\,A\cos 90 = 0$$

ففي هذه الحالة لا يتوفر فيض مغناطيسي يخترق الحلقة.





اما الشكل (76) يكون اتجاه التيار المحتث باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة لان المجال المغناطيسي حول السلك يخترق الحلقة ويكون اتجاهه نحو الاعلى ومتزايدا.

$\Phi_B = BA\cos\theta = BA\cos 0 = BA \times 1$

$\Phi_B = AB$ مقدار أعظم

س١٤/ يتوافر لك سلك ذو طول ثابت وترغب في الحصول على مولد بسيط يجهزك بأعظم مقدار للقوة الدافعة الكهربائية. أيتطلب منك أن تجعل السلك بشكل ملف ذي لفة واحدة دائرية الشكل؟ أم ملف ذي لفتين دائريتي الشكل؟ أو ملف ذي ثلاث لفات دائرية الشكل؟ عند تدوير الملف الذي تحصل عليه بسرعة زاوية معينة داخل مجال مغناطيسي منتظم. وضح إجابتك عليه

ج/

$\varepsilon_{ind} = NBA\omega \sin(\omega t)$

$\varepsilon_{ind} \alpha NA$

$\frac{\varepsilon_{ind}}{\varepsilon_{ind}'} = \frac{N}{N'} \times \frac{A}{A'} = \frac{N}{N'} \times \frac{\pi r^2}{\pi r'^2}$

$\frac{\varepsilon_{ind}}{\varepsilon_{ind}'} = \frac{N}{N'} \times \frac{r^2}{r'^2}$

$\frac{\varepsilon_{ind}}{\varepsilon_{ind}'} = \frac{1}{2} \times \frac{r^2}{(\frac{1}{2}r)^2} = \frac{1}{2} \times 4 = 2$

$\varepsilon_{ind}' = \frac{1}{2}\varepsilon_{ind}$

$\frac{\varepsilon_{ind}}{\varepsilon_{ind}''} = \frac{N}{N''} \times \frac{r^2}{r''^2}$

$\frac{\varepsilon_{ind}}{\varepsilon_{ind}'} = \frac{1}{3} \times \frac{r^2}{(\frac{1}{3}r)^2} = \frac{1}{3} \times 9 = 3$

$\varepsilon_{ind}'' = \frac{1}{3}\varepsilon_{ind}$

$\ell = 2\pi r$

$\frac{1}{2}\ell = 2\pi r'$

$\frac{\ell}{\frac{1}{2}\ell} = \frac{2\pi r}{2\pi r'}$

$\therefore r' = \frac{1}{2} r$

وهذا يعني ان ق.د.ك المحتثة (ε'_{ind}) تصير نصف ماكانت عليه . وذلك عند مضاعفة عدد اللفات بثبوت طول السلك.

وبالطريقة نفسها لثلاث لفات

$r'' = \frac{1}{3} r$ ذي ثلاث لفات

المحيط = ($\frac{1}{3}\ell = 2\pi r''$)

وهذا يعني ان مقدار ق.د.ك المحتثة (ε''_{ind}) يصير $\frac{1}{3}$ ماكانت عليه . وذلك عند جعل عدد اللفات (3) بثبوت طول السلك.

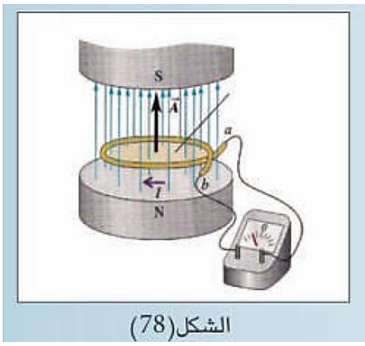
لذا نجعل السلك بشكل ملف ذي لفة واحدة دائرية ليتم تجهيز اعظم مقدار للقوة الدافعة الكهربائية.

الشكل (77)

س ١٥/ في معظم الملفات يصنع القلب بشكل سيقان متوازية من الحديد المطاوع معزولة بعضها عن بعض عزلاً كهربائياً ومكبوساً كبساً شديداً، بدلاً من قلب من الحديد مصنوع كقطعة واحدة، لاحظ الشكل (77)، ما الفائدة العملية من ذلك؟

ج/ لتقليل تأثير التيارات الدوامة فتقل خسارة القدرة الناتجة عنها وبذلك تقل الطاقة الحرارية الناتجة عنها، وهذا مما يزيد من كفاءة المحولة مثلاً، ولا تسرع في تلفها.

مسائل الفصل الثاني



الشكل(78)

س١ : ملف سلكي دائري الشكل عدد لفاته (40) لفة ونصف قطره (30cm , وضع بين قطبي مغناطيس كهربائي ، لاحظ الشكل فإذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي المارة خلال الملف من (0T) الى (0.5T) خلال زمن قدره (4s). ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف عندما يكون:

a) متجه مساحة اللفة الواحدة من الملف بموازاة متجه كثافة الفيض المغناطيسي.

b) متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية قياسها 30° مع مستوي الملف.

الحل:

$$a) \quad A \;//\; B \qquad \Longrightarrow \theta = 0 \qquad \Longrightarrow \cos 0 = 1$$

$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta BA}{\Delta t} = -40\frac{0.09\,\pi \times 0.5}{4} \times 1 = -0.45\,\pi \quad V$$

$$\mathbf{A = \pi r^2}$$
$$\mathbf{A = \pi(0.3)^2}$$
$$\mathbf{A = 0.09\pi\ m^2}$$

$$b) \ \theta = 30^\circ \qquad \text{مع المستوي}$$

$$\theta = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ \rightarrow \cos 60 = \frac{1}{2}$$

$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta BA}{\Delta t} = -40\frac{0.09\,\pi \times 0.5}{4} \times \frac{1}{2} = -0.225\,\pi \ V$$

س٢ / ملف لمولد دراجة هوائية قطره (4cm) وعدد لفاته (50) لفة يدور داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه $\frac{1}{\pi}\ T$ وكان أعظم مقدار للفولطية المحتثة على طرفي الملف 16 V والقدرة العظمى المجهزة للحمل المربوط مع المولد (12W) ، ما مقدار:

١- السرعة الزاوية التي تدور بها نواة المولد؟ ٢ - المقدار الأعظم للتيار المنساب في الحمل؟

الحل:

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

$$\varepsilon_{max} = NBA\omega \quad \rightarrow \quad 16 = 50 \times \frac{1}{\pi} \times 4\pi \times 10^{-4} \times \omega$$

$$\omega = \frac{16}{200 \times 10^{-4}} = 800\ rad/S$$

$$2)\ P_{max} = V_{max} \cdot I_{max}$$

$$P_{max} = \varepsilon_{max} \cdot I_{max}$$

$$12 = 16 \cdot I_{max}$$

$$I_{max} = \frac{12}{16} = \frac{3}{4} = 0.75\ A$$

س٣/ ملف سلكي مستطيل الشكل عدد لفاته (50) لفة وأبعاده (4cm ,10 cm) يدور بسرعة زاوية منتظمة مقدارها (15π rad/S) داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه ($0.8\ Wb/m^2$)، إحسب:

١ - المقدار الأعظم للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف.

٢ - القوة الدافعة الكهربائية الآنية المحتثة في الملف بعد مرور S (1/90) من الوضع الذي كان مقدارها يساوي صفراً.

الحل:

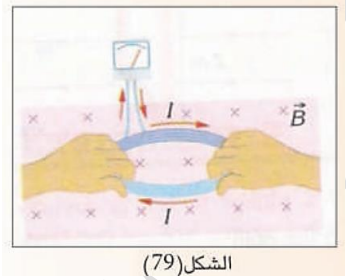
$$A = 4 \times 10^{-2} \times 10 \times 10^{-2} = 4 \times 10^{-3} m^2$$

$$1)\ \varepsilon_{max} = NBA\omega = 50 \times 0.8 \times 4 \times 10^{-3} \times 15\pi = 2.4\pi\ V$$

$$2)\ \varepsilon_{ins} = \varepsilon_{max}\ Sin\ \omega t$$

$$\theta = \omega t = 15\pi \times \frac{1}{90} = \frac{\pi}{6} = 30°$$

$$\varepsilon_{ins} = \varepsilon_{max}\ Sin\ 30 = 2.4\ \pi \times \frac{1}{2} = 1.2\ \pi\ V$$



الشكل(79)

س٤/ في الشكل حلقة موصلة دائرية مساحتها ($626cm^2$) ومقاومتها (9 Ω) موضوعة في مستوى الورقة ، سلط عليها مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.15T) باتجاه عمودي على مستوي الحلقة . سحبت الحلقة من جانبيها بقوتي شد متساويتين فبلغت مساحتها ($26cm^2$) خلال فترة زمنية (0.2s) . احسب مقدار التيار المحتث في الحلقة.

الحل:

$$\Delta A = A_2 - A_1$$

$$A = 26 \times 10^{-2} - 626 \times 10^{-2}$$

$$A = -600\ cm^2 = -600 \times 10^{-4}\ m^2$$

$$\varepsilon_{ind} = -\frac{\Delta \emptyset_B}{\Delta t} = -\frac{\Delta AB}{\Delta t} = -\frac{(-600 \times 10^{-4} \times 0.15)}{0.2}$$

$$\varepsilon_{ind} = \frac{6 \times 15 \times 10^{-4}}{0.2} = 0.045\ V$$

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = \frac{0.045}{9} = 0.005\ \ A$$

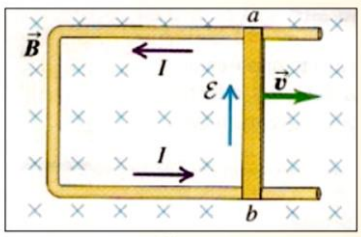
س ٥ / افرض أن الساق الموصلة في الشكل طولها(0.1m), ومقدار السرعة التي يتحرك بها (2.5m/s) والمقاومة الكلية للدائرة (الساق والسكة) مقدارها(0.03 Ω) وكثافة الفيض المغناطيسي (0.6T) احسب مقدار:

1-القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الساق.

2-التيار المحتث في الحلقة.

3-القوة الساحبة للساق.

4-القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة.



الشكل(80)

الحل:

$$1)\ \varepsilon_{ind} = vB\ell = 2.5 \times 0.6 \times 0.1 = 0.15 \quad V$$

$$2)\ I_{ind} = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = \frac{0.15}{0.03} = 5 \quad A$$

$$3)\ F_{pull} = I\,\ell\,B = 5 \times 0.1 \times 0.6 = 0.3 \quad N$$

$$4)\ P_{diss} = I^2R = (5)^2 \times 0.03 = 0.75 \quad Watt$$

س٦/ اذا كانت الطاقة المغناطيسية المختزنة في ملف تساوي (360J) عندما كان مقدار التيار المنساب فيه(20A). احسب:

١. مقدار معامل الحث الذاتي للمحث

٢- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف اذا انعكس التيار خلال (0.1s) .

الحل:

$$1)\ PE = \frac{1}{2}\,L\,I^2$$

$$360 = \frac{1}{2} \times L \times (20)^2$$

$$360 = \frac{1}{2} \times L \times 400$$

$$360 = 200\,L$$

$$L = \frac{360}{200} = 1.8 \quad H$$

$$2)\ \varepsilon_{ind} = -\,L\,\frac{\Delta I}{\Delta t} \qquad .\ \Delta I = -2I = -40\ A$$

$$\varepsilon_{ind} = -\,1.8\,\frac{-\,40}{0.1} = 18 \times 40 = 720 \quad V$$

س٧ / ملفان متجاوران بينهما ترابط مغناطيسي تام ، كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي(0.4H) ومقاومته (16 Ω) ومعامل الحث الذاتي للملف الثانوي (0.9H) . الفولطية الموضوعة في دائرة الملف الابتدائي (200V) احسب مقدار:

التيار الآني والمعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الابتدائي لحظة ازدياد التيار فيها الى(80%) من مقداره الثابت ، والقوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف الثانوي في تلك اللحظة.

الحل:

$$I_{ins} = \left(\frac{80}{100} \times \frac{V_{app}}{R}\right)$$

$$I_{ins} = \left(\frac{80}{100} \times \frac{200}{16}\right)$$

$$I_{ins} = \left(80 \times \frac{1}{8}\right)$$

$$I_{ins} = 10 \quad A$$

$$V_{app} = I_{ins} \times R + L_1 \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$200 = 10 \times 16 + 0.4 \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$200 - 160 = 0.4 \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$40 = 0.4 \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{40}{0.4} = 100 \quad A/Sec$$

$$M = \sqrt{L_1 \ L_2} = \sqrt{0.4 \times 0.9}$$

$$M = \sqrt{0.36} = 0.6 \quad H$$

$$\varepsilon_{ind_2} = -M \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_{ind_2} = -0.6 \times 100$$

$$\varepsilon_{ind_2} = -60 \quad V$$