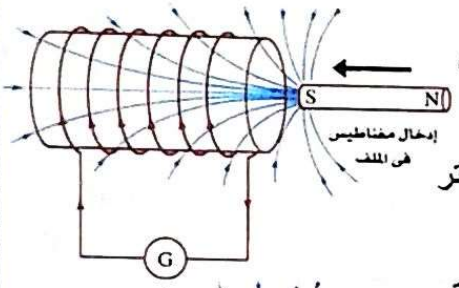
الفصل الثالث
الحث الكهرومغناطيسى

- أكتشف أورستد أن مرور تيار كهربى فى سلك يولد حوله مجالاً مغناطيسياً .
- تمكن فاراداي من تحقيق عكس هذه الظاهرة حيث نجح فى اكتشاف :

ظاهرة الحث الكهرومغناطيسى : وهى ظاهرة توليد قوة دافعة كهربية مستحثة وتيار كهربى مستحث فى دائرة مقفلة بتأثير مجال مغناطيسى متغير "

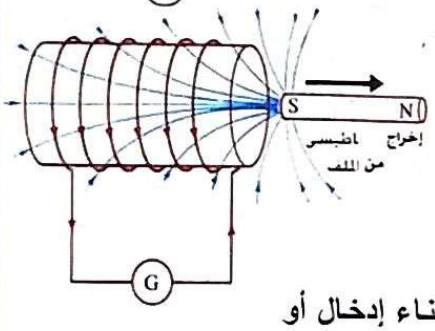
طرق الحصول على قوة دافعة كهربية مستحثة في ملف (ق . د . ك)

تجربة فاراداى لتوليد تيار مستحث فى ملف بإستخدام مغناطيس



١) نحضر ملف من سلك من النحاس لفاته معزولة بعضها عن البعض ويتصل طرفاه بجلفانومتر حساس صفر تدريجه فى المنتصف .

٢) عند إدخال المغناطيس بسرعة داخل الملف ينحرف مؤشر الجلفانومتر لحظياً فى إتجاه معين .



٣) عند إخراج المغناطيس بسرعة خارج الملف ينحرف مؤشر الجلفانومتر لحظياً فى إتجاه مضاد .

٤) عند تثبيت المغناطيس وتحريك الملف نحو المغناطيس أو بعيداً عنه نحصل على نفس النتائج .

الاستنتاج :

" تولد قوة دافعة كهربية مستحثة وكذلك تيار كهربى مستحث فى الملف أثناء إدخال أو إخراج المغناطيس من الملف بحيث يكون رد الفعل فى اتجاه يعارض الفعل فمثلاً :

⇦ عند إدخال المغناطيس فإنه يتولد تيار مستحث يولد مجال مغناطيسى مستحث يعمل على **مقاومة الإدخال**.

⇨عند إخراج المغناطيس فإنه يتولد تيار مستحث يولد مجال مغناطيسى مستحث يعمل على **مقاومة الإخراج**.

التفسير : " تتولد القوة الدافعة الكهربية المستحثة وكذلك التيار الكهربى المستحث نتيجة قطع لفات السلك لخطوط الفيض المغناطيسى أثناء حركة المغناطيس" عشان تفتكر

وذلك لأن التغير فى الفيض المغناطيسى يؤثر على الإلكترونات الحرة فى السلك فتندفع من أحد طرفى السلك (ويصبح موجب الجهد) إلى الطرف الآخر (ويصبح سالب الجهد) فينشأ بين طرفى السلك فرق فى الجهد أو قوة دافعة كهربية مستحثة وعند غلق الدائرة يمر تيار مستحث .

إستنتاج قانون فاراداى والعوامل التى يتوقف عليها مقدار القوة الدافعة المستحثة:

* **تتوقف مقدار القوة الدافعة المستحثة على :**

١) وجود حركة نسبية بين الموصل والمجال المغناطيس

٢) المعدل الزمنى الذى يقطع به الموصل خطوط الفيض (المعدل الزمنى للتغير فى الفيض $\frac{\Delta\Phi_m}{\Delta t}$).

حيث أن مقدار القوة الدافعة المستحثة emf (ε) يتناسب طردياً مع المعدل الزمنى لتغير الفيض المغناطيسى أى أن : $(emf) \alpha \frac{\Delta\Phi_m}{\Delta t}$

حيث (emf) متوسط القوة الدافعة المستحثة ،

($\Delta\Phi_m$) التغير فى الفيض المغناطيسى ، فى فترة زمنية قدرها (Δt) .

٣) **عدد لفات الملف الذى يقطع الفيض:**

حيث مقدار القوة الدافعة المستحثة يتناسب طردياً مع عدد لفات الملف الذى يقطع الفيض

أى أن : $emf \alpha N\frac{\Delta\Phi_m}{\Delta t}$

وبالتالى يمكن بتحليل النتائج السابقة استنتاج العلاقة : $\boxed{emf = - N \frac{\Delta\Phi_m}{\Delta t}}$

وهو ما يعرف بقانون فراداى للحث الكهرومغناطيسى

قانون فراداى للحث الكهرومغناطيسى:

" تتناسب القوة الدافعة المستحثة المتولدة بالحث الكهرومغناطيسي تناسباً طرديًا مع المعدل الزمنى الذى يقطع به الموصل الفيض وكذلك مع عدد لفات الملف " $emf = - N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

ملاحظة:

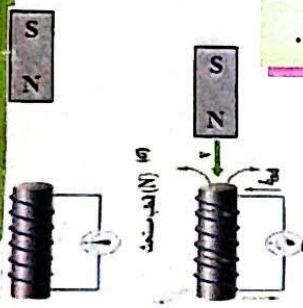
الإشارة السالبة فى العلاقة السابقة تدل على أن اتجاه القوة الدافعة المستحثة واتجاه التيار المستحث يكون بحيث يعاكس التغير المسبب له وهو ما يعرف بقاعدة لنز وتستخدم فى تحديد إتجاه التيار المستحث فى ملف .

قاعدة لنز:

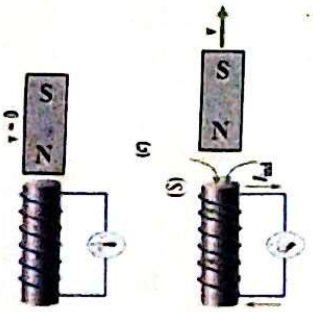
" يكون إتجاه التيار الكهربى المستحث بحيث يعاكس التغير المسبب له "

وتستخدم قاعدة لنز فى تعيين إتجاه التيار المستحث فى ملف.

تجربة لتحقيق قاعدة لنز عمليا :



عند تقريب القطب الشمالي للمغناطيس من الملف: يمر التيار الكهربى المستحث المتولد فى الملف فى إتجاه معين بحيث يتكون قطب شمالي عند طرف الملف المواجه للقطب الشمالي للمغناطيس. فتعمل قوة التنافر بين القطبين المتشابهين على مقاومة حركة تقريب هذا القطب.



عند إبعاد القطب الشمالي للمغناطيس عن الملف: يمر التيار الكهربى المستحث المتولد فى الملف فى إتجاه معين بحيث يتكون قطب جنوبي عند طرف الملف المواجه للقطب الشمالي للمغناطيس. فتعمل قوة التجاذب بين القطبين (الشمالى والجنوبي) على مقاومة حركة إبعاد القطب المؤثر .

ملاحظات هامة:

ق د ك المستحثة المتوسطه : هو القوة الدافعة الكهربية المتولدة فى موصل خلال فترة قطعه لخطوط الفيض المغناطيسي (عند تغير الفيض) .

شدة التيار المستحث : هى شدة التيار الكهربى الممتولد فى موصل دائرته مغلقة نتيجة تغير خطوط الفيض المارة به.

الوبر : هو الفيض المغناطيسى الذى إذا مر عموديا بلفة واحدة وانعدم تدريجيا فى ثانية واحدة تولدت بين طرفيها قوة دافعة كهربية مستحثة مقدارها واحد فولت.

ملاحظات هامة لحل المسائل:

١. متوسط القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى ملف : $$emf = - N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

٢. التغير فى الفيض المغناطيسى يساوى الفرق بين الفيضين أى أن $\Delta\Phi = (\Phi_1 - \Phi_2)$

٣. إذا كان الملف عموديا على الفيض ثم دار الملف ربع دورة أو دار 90^o أو ثلاثة أرباع دورة أو 270^o أو انعدم الفيض أو أخرج أو أبعد الملف من الفيض فإن الفيض ثانيا $= 0$ ويكون $\Delta\Phi = BA-0=BA$

٤. إذا كان الملف عموديا على الفيض ثم دار الملف نصف دورة أو دار 180^o أو قلب الملف أو عكس فإن الفيض ثانيا $= -BA$ ويكون $\Delta\Phi = BA-(-BA)=2BA$

٥. إذا دار الملف دورة كاملة أو ٣٦٠° فإن التغير فى الفيض $\Delta\phi$ = صفر وبالتالى $emf = 0$ المتوسطة

٦. عند دوران عقرب الثوانى مثلاً دورة كاملة فان:

طول العقرب = r نصف قطر المسار وبالتالى $\Delta A = \pi r^2$ ، $\Delta t = 60$ sec ، $N = 1$

ثم نستخدم قانون فاراداى على الصورة $emf = - N\frac{B\Delta A}{\Delta t}$

٧. لحساب شدة التيار المستحث أوكمية الشحنة الكهربية نعوض فى العلاقة:

$$emf = - I R \qquad = \frac{N . \Phi . R}{\Delta t}$$

$$emf = - N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$$

$$I R = N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$$

$$\frac{Q}{\Delta t} R = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

٨. نضع الاشارة السالبة فقط عند حساب emf المستحثة فقط

$\frac{N . \Phi}{\Delta t} \cdot R = \frac{N . \Phi . R}{\Delta t}$

الفصل الثالث

الحث الكهرومغناطيسي

مثال وضع ملف مكون من 200 لفة مساحة كل منها 5 سم^2 داخل فيض مغناطيسى كثافته 4 تسلا وكان الفيض عمودياً على مستوى اللفات أحسب القوة الدافعة المستحثة المتوسطة المتولدة فى الملف فى الحالات الآتية:

١- عند دورانه ربع دورة فى 0.1 ثانيه

٢- عند دورانه نصف دورة فى 0.1 ثانيه

٣- عند دورانه دورة كاملة فى 0.1 ثانيه

٤- عند زيادة كثافة الفيض الى 10T فى 0.1 ثانيه

٥- عند نقص كثافة الفيض الى 1T فى 0.1 ثانيه

الحل

١- عند دورانه ربع دورة

$$emf = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\frac{BA-0}{\Delta t}$$

$$emf = -200\frac{4\times5\times10^{-4}}{0.1} = -4V$$

٢- عند دورانه نصف دورة

$$emf = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\frac{BA-(-BA)}{\Delta t} = -N\frac{2BA}{\Delta t}$$

$$emf = -200\frac{2\times4\times5\times10^{-4}}{0.1} = -8V$$

٣- عند دورانه دورة كاملة $\Delta\Phi = 0$

$$\therefore emf = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -200\times\frac{0}{0.1} = 0$$

٤- عند زيادة كثافة الفيض الى 10T

$$emf = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \rightarrow \Delta B = 6T$$

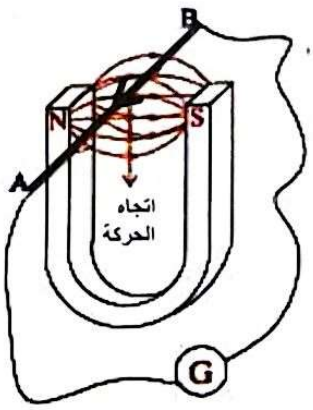
$$emf = -200\frac{6\times5\times10^{-4}}{0.1} = -6V$$

٥- عند نقص كثافة الفيض الى 1T

$$emf = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \rightarrow \Delta B = 3T$$

$$emf = -200\frac{3\times5\times10^{-4}}{0.1} = -3V$$

الحصول على (ف د ك مستحثة) وتيار مستحث فى سلك مستقيم يتحرك فى مجال مغناطيسى:

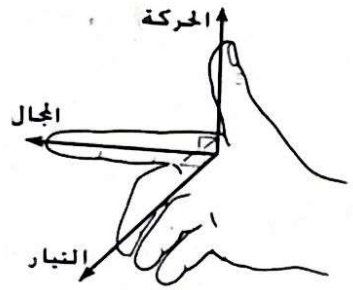


عند تحريك سلك مستقيم طرفاه موصلين بجلفانومتر حساس بسرعة عمودياً على إتجاه مجال مغناطيسى بحيث يقطع خطوط الفيض المغناطيسى فإنه يتولد بين طرفى السلك قوة دافعة كهربية مستحثة ينتج عنها تيار كهربى مستحث يسبب إنحراف مؤشر الجلفانومتر فى إتجاه معين .

ويتوقف إتجاه التيار المستحث على :-

١- اتجاه حركة السلك . ٢- اتجاه المجال المغناطيسى .

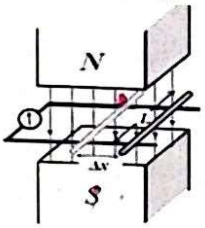
ولتحديد اتجاه التيار المستحث المتولد فى سلك مستقيم يتحرك فى مجال مغناطيسى نطبق :-



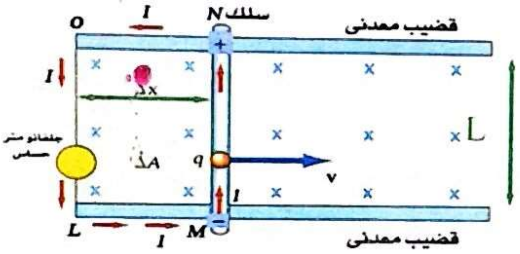
قاعدة اليد اليمنى لفلمنج :

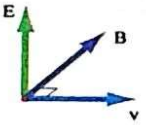
" أجعل أصابع اليد اليمنى الإبهام والسبابة والوسطى متعامدة على بعضها بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه حركة السلك والسبابة إلى اتجاه المجال وعندئذ يشير الوسطى إلى اتجاه التيار المستحث".

استنتاج مقدار القوة الدافعة المستحثة فى سلك مستقيم :



١) نفرض أن لدينا موصلاً طوله (L) ينزلق بسرعة ثابتة (V) على موصل آخر على شكل حرف U موضوع عمودياً على مجال مغناطيسى كثافة فيضة B ثابتة .





٢) إذا أزيح الموصل نحو اليمين مسافة قدرها ΔX فى فترة زمنية Δt فإن التغير فى المساحة يكون

$$\Delta A = L\ \Delta X$$

٣) يكون التغير فى الفيض هو :

$$\Delta\Phi = B\ \Delta A = BL\Delta X$$

٤) وتتعين القوة الدافعة الكهربية المستحثة عندئذ من العلاقة :

$$e.m.f = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{BL\Delta X}{\Delta t}$$

ولكن السرعة $V = \frac{\Delta X}{\Delta t}$ والإشارة السالبة حسب قاعدة لنز .

$$\therefore (emf) = -BLV$$

(emf): (ق.د.ك) المستحثة فى موصل مستقيم B : كثافة الفيض المغناطيسى

L : طول الموصل V : سرعة حركة الموصل الإشارة السالبة طبقاً لقاعدة لنز

وبالتالى فإن مقدار (ق.د.ك) المستحثة فى موصل مستقيم هى:

$$\therefore (emf) = BLV$$

نلاحظ أن إذا كان إتجاه سرعة حركة السلك (V) يميل على اتجاه كثافة الفيض بزاوية قدرها (θ) فإن :

$$(emf) = BLV\sin\theta$$

& شدة التيار $I = \frac{emf}{R}$

مثال محلول سلك مستقيم طوله 150 cm مثبت أفقيا على سيارة تسير على طريق افقى بسرعة $20\ ms^{-1}$ ومقاومةالسلك 10أوم يتصل بجلفانومتر مقاومته 90 أوم فكانت قراءةالجلفانومتر والسيارة تسير $1.5\times10^{-4}\ A$ أحسب المركبة الرأسية لمجال الأرض المغناطيسي

الحل

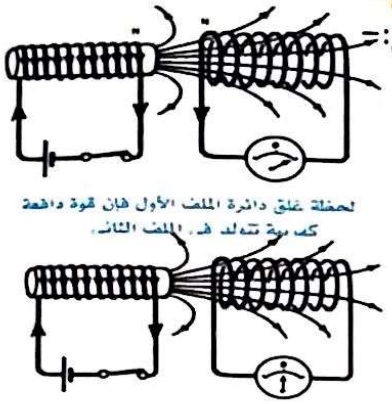
$$emf = -BLV$$
$$-IR_{eq} = -BLV$$
$$1.5\times10^{-4}\times100 = B\times1.5\times20$$
$$B = 5\times10^{-4}\ T$$

الحث المتبادل بين ملفين

إذا وضع ملفان أحدهما إبتدائى بجوار أو بداخل الآخر الثانوى فنلاحظ ما يأتى:-

(١) تغير شدة التيار فى أحدهما سيولد قوة دافعة كهربية مستحثة فى الآخر بحيث تولد مجال مغناطيسى يعمل على مقاومة التغير فى المجال المغناطيسى الناشئ عن تيار الملف الإبتدائى .

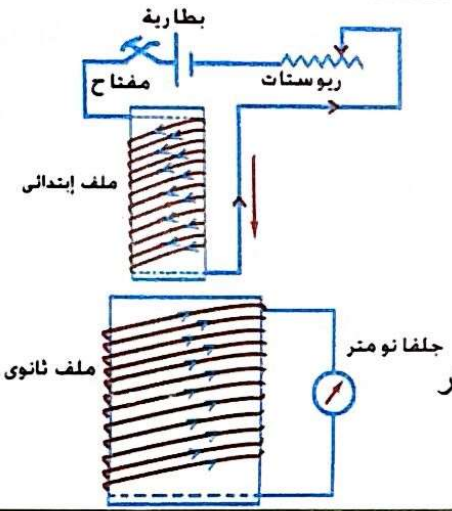
(٢) أى أن الملف الإبتدائى والملف الثانوى يؤثر كل منهما على الأخر ولذلك يسمى التأثير فى هذه الحالة بـ



الحث المتبادل

وهو " التأثير الكهرومغناطيسى الحادث بين ملفين متجاورين أو متداخلين يمر بأحدهما تيار كهربى متغير الشدة فيتأثر به الملف الثانى ويقاوم التغير الحادث فى الملف الأول "

تجربة لدراسة أو توضيح الحث المتبادل بين ملفين :



التركيب :

ملف إبتدائى : هو عبارة عن ملف بداخله قلب من الحديد المطاوع ويتصل ببطارية خلال مفتاح وريوستات .

ملف ثانوى : وهو عبارة عن ملف يتصل طرفاه بجلفانومتر حساس صفر تدريجه فى المنتصف.

خطوات التجربة

أ) عند لحظة تقريب أو إدخال الملف الإبتدائى فى الثانوى . ب) عند زيادة شدة التيار فى الملف الإبتدائى بواسطة الريوستات . جـ) عند لحظة غلق دائرة الملف الإبتدائي أثناء وجوده داخل الملف الثانوى .	أ) عند لحظة إبعاد أو إخراج الملف الإبتدائى من الثانوى . ب) عند نقص شدة التيار فى الملف الإبتدائى بواسطة الريوستات. جـ) عند لحظة فتح دائرة الملف الإبتدائي أثناء وجوده داخل الملف الثانوى .
المشاهدة: تتولد قوة دافعة كهربية مستحثة عكسية وينحرف مؤشر الجلفانومتر فى اتجاه معين.	المشاهدة: تتولد قوة دافعة كهربية مستحثة طردية وينحرف مؤشر الجلفانومتر فى الإتجاه المضاد .
التفسير فى هذه الحالات يتزايد الفيض المغناطيس الذى يخترق لفات الملف الثانوى فيتولد فى الملف الثانوى ق.د.ك مستحثة عكسية وتيار مستحث عكسى يعمل على توليد مجال مغناطيسى مستحث فى الملف الثانوى فى اتجاه مضاد يقاوم زيادة المجال المغناطيسى المؤثر من الملف الابتدائى. وهذا يوضح قاعدة لنز .	التفسير فى هذه الحالات يتناقص الفيض المغناطيس الذى يخترق لفات الملف الثانوى فيتولد فى الملف الثانوى ق.د.ك مستحثة طردية وتيار مستحث طردى يعمل على توليد مجال مغناطيسى مستحث فى الملف الثانوى فى نفس الاتجاه ليقاوم تناقص المجال المغناطيسى المؤثر من الملف الابتدائى. وهذا يوضح قاعدة لنز .

استنتاج ق.د.ك (e.m.f) للحث المتبادل

(١) تبعاً لفارادى تتناسب القوة الدافعة الكهربية المستحثة مع معدل التغير فى الفيض المغناطيسى المار به:

أى أن $(emf)_2 \alpha \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

(٢) ونظراً لأن الفيض المغناطيسى يتناسب طردياً مع شدة التيار فى الملف الأول أى أن $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \alpha \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$

∴ القوة الدافعة الكهربية المستحثة $(emf)_2$ المتولدة فى الملف الثانى تتناسب مع معدل التغير فى شدة التيار فى الملف الأول . أى أن $(emf)_2 \alpha \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$

$$\therefore (emf)_2 = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

حيث (M) مقدار ثابت يسمى " معامل الحث المتبادل بين الملفين "

ملاحظة: الإشارة السالبة فى العلاقة السابقة تدل على أن اتجاه القوة الدافعة الكهربية المستحثة أو (اتجاه التيار المستحث) بحيث يقاوم التغير المسبب له حسب قاعدة لنز .

$$\therefore M = \frac{-emf_2}{\Delta I_1 / \Delta t}$$

معامل الحث المتبادل بين ملفين : "هو مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة فى أحد الملفين عند تغير شدة التيار فى الملف الأخر بمعدل ١ أمبير كل الثانية "

وحدة قياس معامل الحث المتبادل هى (هنرى) $= \frac{\text{فولت . ثانية}}{\text{أمبير}} = \frac{\text{وبر}}{\text{أمبير}}$ = أوم . ثانية

تعريف: وحدة قياس معامل الحث المتبادل (الهنرى) :

هو معامل الحث المتبادل بين ملفين يتولد فى أحدهما قوة دافعة كهربية مستحثة مقدارها ١ فولت عند تغير شدة التيار فى الملف الأخر بمعدل ١ أمبير كل ثانية

العوامل التى يتوقف عليها معامل الحث المتبادل بين ملفين :

١) وجود قلب من الحديد داخل الملفين(معامل النفاذية). ٢) حجم الملفين(المساحة والطول)

٣) عدد لفات الملفين . ٤) المسافة الفاصلة بين الملفين .

ومن أوضح تطبيقات الحث المتبادل هو المحول الكهربي .

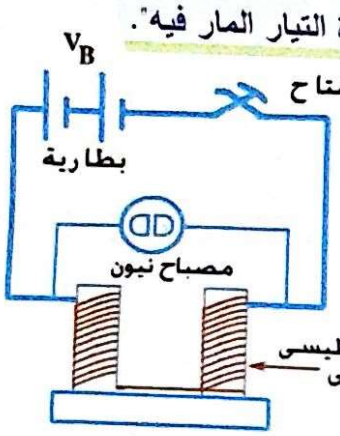
قارن بين حالات تولد تيار مستحث طردى وحالات تولد تيار مستحث عكسي فى الحث المتبادل ؟

كيف يمكن بإستخدام الحث المتبادل إثبات قاعدة لنز ؟

الحث الذاتى لملف

الحث الذاتى: "هو التأثير الكهرومغناطيسى الحادث في نفس الملف أثناء تغير شدة التيار المار فيه".

تجربة توضح الحث الذاتي لملف :-



١- نصل ملف مغناطيسي كهربي قوي (عدد لفاته كبير) على التوالي مع بطارية ٦ فولت ومفتاح ثم يوصل مصباح نيون علي التوازي بين طرفى الملف ثم نغلق الدائرة ليمر تيار .

٢- يتولد عن مرور التيار الكهربي فى الملف مجال مغناطيسى قوى حيث تعمل كل لفة كمغناطيس قصير خطوط فيضه تقطع اللفات المجاورة .

٣- عند فتح الدائرة يلاحظ مرور شرر كهربي بين طرفى المفتاح وتوهج مصباح النيون لحظياً ولما كان مصباح النيون يحتاج لتوهجه إلي جهد يصل إلي حوالي 180 فولت فلابد أن تكون القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة في الملف بالحث الذاتي كبيرة جداً في لحظة فتح الدائرة .

تفسير كبر القوة الدافعة المستحثة المتولدة بالحث الذاتي في ملف : -

١- إنقطاع التيار الكهربي فى دائرة الملف ⇐ يؤدى إلى تلاشى المجال المغناطيس للفاته .

⇐ فيتغير المعدل الزمنى الذى تقطع به خطوط الفيض كل لفة مجاورة ⇐ فيتولد قوة دافعة كهربية مستحثة طردية ناشئة عن الحث الذاتى عند الفتح حسب قاعدة لنز ويتكرر ذلك في جميع اللفات .

٢- وحيث أن عدد لفات الملف كبيرة فتكون القوة الدافعة المستحثة emf كبيرة وأكبر من V_B للبطارية. فيؤدى إلى توهج مصباح النيون (الذى يتطلب ١٨٠ فولت لتوهجه) وتولد شرر كهربي عند طرفي المفتاح .

٣- كما تعمل القوة الدافعة المستحثة المتولدة في الملف لحظة فتح الدائرة علي توليد تيار مستحث طردى يكون اتجاهه في نفس اتجاه التيار الأصلي لذلك يمر أحياناً شحنات هذا التيار علي هيئة شرر .

س أشرح تجربة لتوضيح الحث الذاتي لملف ، وعلل كبر القوة الدافعة المستحثة المتولدة في ملف ؟

***من تطبيقات الحث الذاتى: إضاءة مصباح الفلورسنت:**

حيث يتم تفريغ الطاقة المغناطيسية المختزنة فى الملف فى أنبوبة مفرغة من الهواء وبها غاز خامل مما يسبب تصادمات بين ذراته تؤدى إلى تأينها وأصطدامها مع سطح الأنبوبة المطلى بالمادة الفلورسية مما يؤدى إلى إنبعاث الضوء المرئى.

كيف يتم تلافى الحث الذاتى فى بعض الملفات مثل ملفات المقاومة القياسية

لتلافى الحث الذاتى تلف الملفات لفا مزدوجا أى يثنى السلك على نفسه قبل لفه فيكون اتجاه التيار فى أحد الفرعين عكس اتجاه التيار فى الفرع الآخر فيكون مجالاهما المغناطيسيان متساويان فى المقدار ومتضادان فى الاتجاه فيلاشى كل منهما الآخر فينعدم الحث الذاتى

حساب القوة الدافعة المتولدة بالحث الذاتي في ملف أو حساب الحث الذاتي لملف .

∵ القوة الدافعة المستحثة تتناسب طردياً مع المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي

أى أن $(emf) \alpha \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

ولكن المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيس يتناسب طردياً مع المعدل الزمني لتغير التيار فى الملف .

أى أن $\alpha \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \frac{\Delta I}{\Delta t}$

∴ القوة الدافعة الكهربية المستحثة ε المتولدة فى الملف تتناسب طردياً مع معدل التغير فى شدة التيار فى الملف . أى أن $(emf) \alpha \frac{\Delta I}{\Delta t}$

$$\therefore (emf) = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

حيث (L) ثابت التناسب ويسمى " معامل الحث الذاتي للملف " وتدل الإشارة السالبة على أن اتجاه القوة الدافعة المستحثة تعاكس التغير المسبب لها حسب قاعدة لنز .

ولحساب الحث الذاتي لملف :- من المعادلة السابقة نجد أن : $L = -\frac{emf}{\Delta I / \Delta t}$

معامل الحث الذاتي لملف: " هو مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة في الملف عندما يتغير التيار في الملف بمعدل ١ أمبير كل ثانية ". ويقاس بالهنرى

تعريف وحدة قياس الحث الذاتي (الهنرى):

" هو معامل الحث الذاتي للملف الذي يولد قوة دافعة مستحثة تساوي ١ فولت عندما يكون المعدل الزمني لتغير التيار في الملف ١ أمبير في الثانية " .

العوامل التى يتوقف عليها الحث الذاتى لملف :

(١) شكله الهندسي (٢) عدد لفاته

(٣) المسافة بين اللفات أى على طول الملف (٤) نفاذية القلب المغناطيسية

(٥) مساحة وجه الملف

ويمكن استنتاج العلاقة التي تربط هذه العوامل معاً لملف حث لولبى:

$$e.m.f = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -N\frac{\Delta \varphi_m}{\Delta t} = -N\frac{A\Delta B}{\Delta t} \quad , \quad \Delta B = \frac{\Delta \mu I N}{\ell}$$

$$\therefore -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -N\frac{A\Delta \mu I N}{\ell . \Delta t}$$

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

علل لما يأتى:

س١: يزداد الحث الذاتى لملف إذا كان قلبه مصنوع من حديد .

- لأن الحث الذاتى للملف يتناسب طردياً مع معامل النفاذية المغناطيسية للوسط والحديد معامل النفاذية المغناطيسية له كبير ويعمل على تركيز خطوط الفيض المغناطيسى فيزداد معامل الحث الذاتى للملف.

س٢ : قد لا تتولد ق. د ك مستحثة فى ملف لحظة مرور أو قطع التيار عنه؟

- وذلك لأن الملف يكون ملفوفاً لفاً مزدوجاً حيث يضاد اتجاه التيار فى أحد الفرعين اتجاه التيار فى الفرع الآخر فيتولد مجالان مغناطيسيان يتضادان ويعادل كل منهما الآخر فتكون محصلة تغير الفيض داخل الملف تساوى صفر فلا تتولد فيه ق.د.ك مستحثة.

س٣: لا يصل التيار إلى قيمته الثابتة التى يحددها قانون أوم لحظة غلق الدائرة . كما لا ينعدم لحظة الفتح .

- يرجع ذلك إلى ما يسمى بالحث الذاتى **عند غلق الدائرة** يتولد فى الملف ق.د.ك مستحثة عكسية ينتج عنها تيار مستحث ذاتى عكسى يضاد التيار الأصلى فيعمل على زيادة الفترة الزمنية التى يصل فيها التيار إلى قيمته العظمى الثابتة. **وعند فتح الدائرة** يتولد فى الملف ق.د.ك مستحثة طردية ينتج عنها تيار مستحث ذاتى طردى فى نفس اتجاه التيار الأصلى فيعمل على زيادة الفترة الزمنية التى يضمحل فيها التيار.

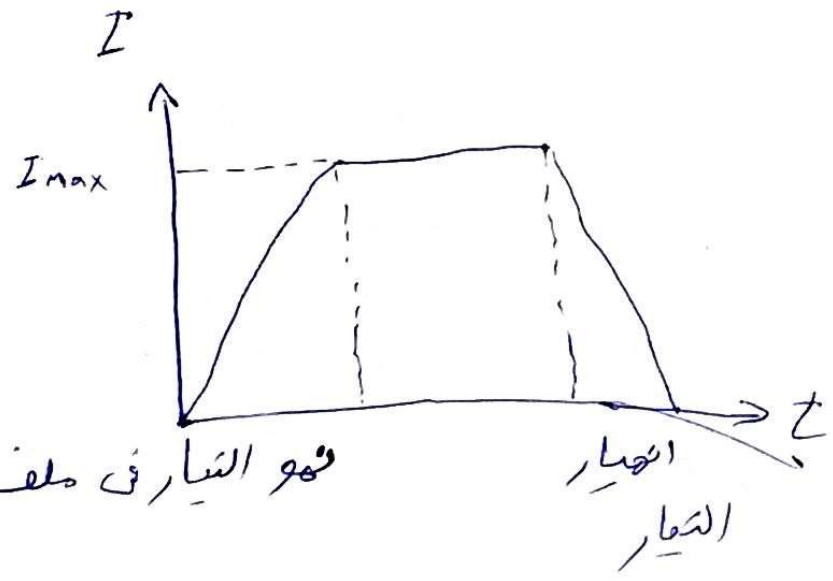
س٤: ينعدم التيار فى سلك مستقيم أسرع منه فى ملف وفى الملف أسرع منه فى ملف ملفوف حول قلب من الحديد.

- **فى السلك المستقيم** لا تتولد قوة دافعة عكسية وذلك لأن الفيض الناتج عن السلك لا يقطع السلك .

أما **بالنسبة للملف** فإن الحث الذاتى يكون أكبر نظراً لوجود عدد من اللفات التى تقطع الفيض فتتولد ق.د ك مستحثة طردية أكبر بينما **وجود قلب من الحديد** يعمل زيادة تركيز خطوط الفيض التى تقطع الملف أكثر فينتج عنها تيار مستحث ذاتى طردى كبير يعمل على بطء انعدام التيار.

ما معنى قولنا أن معامل الحث الذاتي لملف = ٥ ميكرو هنري ؟

أى أن القوة الدافعة الكهربية التى تتولد فى نفس الملف عندما يتغير التيار المار فيه بمعدل ١ أمبير في الثانية = ٥ × ١٠ $^{-٦}$ فولت .



مثال ١ ملفان متجاوران A, B عدد لفاتهما ١٠٠ لفة ، ٢٠٠ لفة على الترتيب و إذا تغير التيار فى ملف A بمقدار 2A تغير الفيض المغناطيسى فى الملف A بمقدار 3×10^{-4} wb و فى الملف B بمقدار 1.5×10^{-4} wb أوجد :

١ – معامل الحث الذاتى للملف A

٢ – معامل الحث المتبادل بين الملفين

٣ – متوسط emf الناشئة فى الملف B إذا انقطع التيار فى الملف A فى زمن قدره 0.1 s

$$\because emf = -L\frac{\Delta I_A}{\Delta t} = -N_A\frac{(\Delta\phi_m)_A}{\Delta t}$$

$$\therefore L = -N_A\frac{(\Delta\phi_m)_A}{\Delta I_A} = -\frac{100\times3\times10^{-4}}{2} = 1.5\times10^{-2}\,H$$

$$\because (emf)_B = -M\times\frac{\Delta I_A}{\Delta t} = -N_B\frac{(\Delta\phi_m)_B}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow \therefore M = N_B\frac{(\Delta\phi_m)_B}{\Delta I_A} = \frac{200\times1.5\times10^{-4}}{2} = 1.5\times10^{-2}\,H$$

$$\because (emf)_B = -M\times\frac{\Delta I_A}{\Delta t} = \frac{1.5\times10^{-2}\times2}{0.1} = 0.3V$$

مثال ٢ ملف حث معامل حثه الذاتي 0.1 H ومقاومته 20Ω وصل مع بطارية قوتها الدافعة 60V أوجد :

١ – ق.د.ك المستحثة لحظة غلق الدائرة

٢ – معدل نمو التيار لحظة غلق الدائرة

٣ – معدل نمو التيار عندما يصل التيار إلى $\frac{3}{4}$ قيمته العظمى

٤ – شدة التيار العظمى

٥ – معدل نمو التيار عندما يصبح التيار قيمته العظمى .

الإجابة

١ – لحظة غلق الدائرة تكون ق.د.ك المستحثة = القوة الدافعة الكهربية للبطارية وعكسها أي = -60V

٢ – $\therefore \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{60}{0.1} = 600\ A/S$ $\qquad e.m.f = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$

٣ – القوة الدافعة العكسية = $\frac{1}{4}$ ق.د.ك للمصدر في هذه الحالة

$$\therefore -\frac{1}{4}\times60 = -0.1\frac{\Delta I}{\Delta t} \qquad \therefore \frac{\Delta I}{\Delta t} = 150\ A/s$$

٤ – القيمة العظمى للتيار عندما لا توجد قوة دافعة عكسية منها $I_{max} = \frac{e.m.f}{R} = \frac{60}{20} = 3A$

٥ – عندما يصبح التيار قيمة عظمى تنعدم ق . د . ك العكسية ويكون معد النمو = صفر

التيارات الدوامية هي التيارات المستحثة التى تتولد في قطعة معدنية مصمته نتيجة لتغيير عدد خطوط الفيض المغناطيس المارة بها.

سبب التيارات الدوامية

تتولد نتيجة تغيير عدد خطوط الفيض المغناطيس المقطوعة بإحدي الطرق الآتية :-

١- بتحريك القطعة المعدنية في مجال مغناطيسي ثابت .

٢- بتعريض القطعة المعدنية لمجال مغناطيس متغير وليكن المجال المغناطيسى الناشئ عن تيار متردد.

٣- مرور تيار متغير حول قطعة معدنية مصمته .

أضرار التيارات الدوامية : فقد طاقة كهربية بتحويلها إلى طاقة حرارية قد تسبب صهر المادة العازلة لأسلاك الملفات وتسبب تلف الأجهزة المنزلية .

التقليل من التيارات الدوامية فى بعض الأجهزة الكهربية :-

- يصنع القلب الحديدى من شرائح رقيقة معزولة من الحديد المطاوع موازية لمحور الملف لزيادة مقاومتها لمرور التيارات الدوامية.
- يتم اختيار مادة مقاومتها النوعية كبيرة مثل الحديد المطاوع السليكونى .

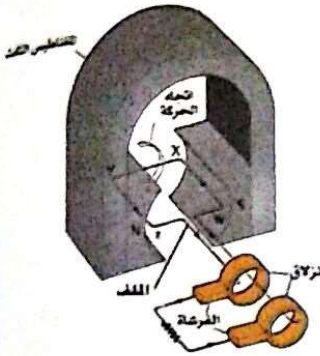
الاستفادة من التيارات الدوامية: في صهر الفلزات فيما يسمى بـ **أفران الحث**

ملاحظات هامة

مولد التيار الكهربي المتردد (الدينامو)

الغرض منه : تحويل الطاقة الميكانيكية إلي طاقة كهربية

فكرة عمله: الحث الكهرومغناطيسي حيث عند دوران ملف بين قطبي مغناطيس قوي فإنه يقطع خطوط الفيض المغناطيس ويتولد بين طرفيه قوة دافعة كهربية مستحثه يمكن الحصول منها علي تيار كهربي مستحث.

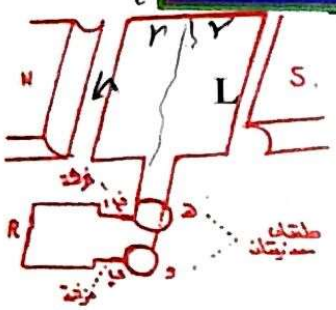


تركيب المولد الكهربي البسيط (دينامو التيار المتردد):-

1. **مغناطيس المجال:** ويمكن أن يكون مغناطيساً دائماً أو مغناطيساً كهربياً .
2. **عضو الأنتاج:** ملف (من لفة واحدة أو عدة لفات) يدور بين قطبي المغناطيس
3. **حلقتا انزلاق:** تتصلان بطرفى الملف وتدوران مع الملف في المجال المغناطيسي
4. **فرشتان من الجرافيت:** كلاً منهما تلامس إحدى الحلقتين المنزلقتين.

وتعتبر الفرشتين قطبا الدينامو أي المسئولة عن توصيل التيار للدائرة الخارجية.

حساب مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة اللحظية emf المتولدة فى ملف الدينامو

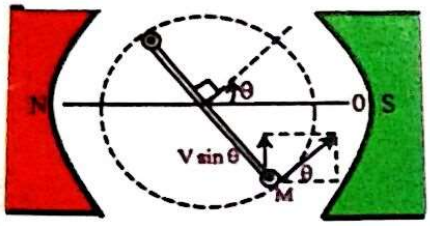


1. عندما يكون الملف الدوار في الوضع المبين (عند أي لحظة) فإن القوة الدافعة اللحظية المستحثة في كل جانب من الملف (M المميز باللون الأحمر في الشكل) تتعين من العلاقة :

$$(emf) = BLV \sin\theta$$

حيث: B : كثافة الفيض المغناطيس للمجال . ، L : طول جانب الملف.

، V : هي السرعة الخطية لكل جانب. ، θ: هي الزاوية المحصورة بين اتجاه السرعة V واتجاه كثافة الفيض B عند لحظة معينة.



2. عندما يدور الملف في دائرة نصف قطرها (r) تكون السرعة اللحظية (V) هي

$$V = \omega r$$

حيث ω هي السرعة الزاوية = $2\pi f$ ، f : هو التردد . وبالتعويض عن V في المعادلة السابقة:

$$(emf) = BL\,\omega\, r \sin\theta$$

3. تتولد في الجانب المقابل قوة دافعة كهربية مستحثة مماثلة ولا تتولد في الجانبين الآخرين آية قوة دافعة مستحثة.

ومن ثم يكون القوة الدافعة المستحثة الكلية في لفة واحدة هى: $(emf) = 2BL\,\omega\, r \sin\theta$

ولكن مساحة وجه الملف A هى : $A = L(2r)$

$$\therefore (emf) = BA\omega \sin\theta$$

عندما يكون عدد لفات الملف N تصبح القوة الدافعة المستحثة اللحظية هي :

$$\therefore (emf) = NBA\omega \sin\theta \quad \ldots\ldots\ldots(1)$$

وتبلغ القوة الدافعة المستحثة أقصى قيمة لها $(emf)_{max}$ عندما تكون $\theta = 90$

$$\therefore (emf)_{max} = NBA\omega \quad \ldots\ldots\ldots(2)$$

من (١) ، (٢) ينتج أن $(emf) = (emf)_{max} \sin\theta$

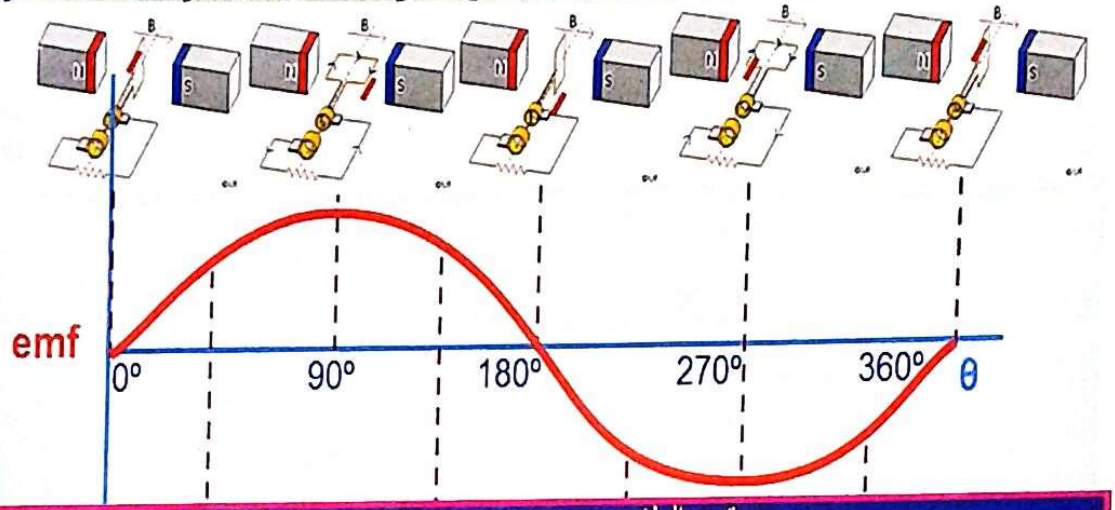
ويمكن أيضاً بقسمة طرفا المعادلة على R $I = I_{max} \sin\theta$

ويسمى التيار الناتج من الدينامو فى هذه الحالة بالتيار المتردد

التيار المتردد(AC) :

هو التيار الذي تتغير شدته وإتجاهه بصورة دورية مع الزمن ويمثل بمنحنى جيبى حيث تتغير شدته من صفر إلي نهاية عظمي ثم تهبط إلي الصفر خلال نصف دورة ثم يعكس اتجاهه وتزداد شدته من الصفر إلي نهاية عظمي ثم تهبط إلي الصفر خلال النصف الثاني من الدورة ويتكرر ذلك في جميع الدورات .

شرح عمل مولد التيار الكهربي المتردد (تتبع القوة الدافعة المترددة خلال دورة كاملة)



مستوي الملف	θ	sinθ	$emf=(emf)_{max}\sin\theta$
١) مستوي الملف راسيا ويكون جانبه (M) إلي اعلي فإن اتجاه حركة كل جانب يكون موازيا لخطوط الفيض فلا يقطع السلك أي خطوط فيض في هذه اللحظة وتكون القوة الدافعة المستحثة في هذه اللحظة = صفر وبالتالى تكون شدة التيار المستحث = صفر	0	0	$(emf) = 0$
٢) مستوي الملف افقيا يواجه جانبه (M) القطب الشمالي للمغناطيس عندئذ يكون اتجاه حركة كل جانب عموديا علي خطوط الفيض المغناطيسي فيقطعها في هذه اللحظة وتكون القوة الدافعة المستحثة في هذا الموضع نهاية عظمي وبالتالى تكون شدة التيار المستحث نهاية عظمي . وبتطبيق قاعدة فلمنج لليد اليمني نلاحظ أن اتجاه التيار فى الدائرة الخارجية يكون من ف١ إلي ف٢ .	90	1	$emf = (emf)_{max}$
٣) مستوي الملف راسيا ويكون جانبه (M) إلي اسفل فإن اتجاه حركة كل جانب يكون موازيا لخطوط الفيض المغناطيسي فلا يقطع السلف أي خطوط فيض في هذه اللحظة وتكون القوة الدافعة المستحثة فى هذه اللحظة = صفر وبالتالى تكون شدة التيار المستحث = صفر.	180	0	$(emf) = 0$
٤) مستوي الملف افقيا ويواجه جانبه (M) القطب الجنوبي للمغناطيسي وعندئذ يكون اتجاه حركة كل جانب عموديا علي خطوط الفيض فيقطعها في هذه اللحظة وتكون القوة الدافعة المستحثه في هذا الموضع نهاية عظمي وكذلك شدة التيار المستحث وبتطبيق قاعدة اليد اليمني لفلمنج نلاحظ إن اتجاه التيار في الدائرة الخارجية يكون من ف٢ إلى ف١	270	-1	$emf = -(emf)_{max}$
٥) راسيا كما في شكل (1) وتكون القوة الدافعة المستحثة =صفر وهكذا تتكرر نفس الأوضاع السابقة .	360	0	$(emf) = 0$

ملاحظات هامة:

١) **السرعة الزاوية ω** $\omega = \frac{\theta}{t}$ $\theta = \omega t$ $\theta = 2\pi f t$

هى الزاوية التى يمسحها نصف القطر فى الثانية الواحدة.

ووحدة قياسها راديان/ثانية (زاوية نصف قطرية/ثانية)

٢) **التردد f** : وهو يساوى = $\frac{\text{عدد دورات ملف الدينامو}}{\text{الزمن بالثانية}}$ ويسمى فى المسائل بسرعة الدوران

ووحدة قياسه دورة/ثانية أو الهرتز (ذبذبة/ثانية)

٣) يمكن حساب (θ) بدلالة السرعة الزاوية أو التردد من العلاقة :

حيث t : هى الفترة الزمنية التى يدورها الملف من وضع الصفر(الوضع العمودى) حتى اللحظة التى تحسب فيها القوة الدافعة.

٤) عدد مرات وصول التيار المتردد إلى النهاية العظمى فى الثانية = $2f$

٥) عدد مرات وصول التيار المتردد إلى الصفر(انعدام التيار) فى الثانية = $2f + 1$

٦) اثبات العلاقة بين السرعة الخطية والسرعة الزاوية $V = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi f r = \omega r$

٧) **عند حساب القوة الدافعة الكهربية اللحظية اى بعد زمن معين او بعد زاوية معينة :**

$$emf = NAB\omega \sin\theta$$

$$emf = NAB\omega \sin \omega t$$

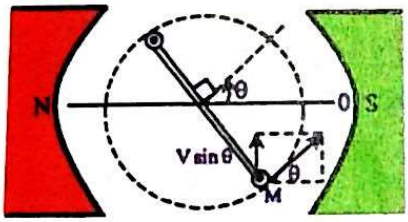
$$emf = NAB\, 2\pi f \sin 2\pi f t$$

$\frac{22}{7}$ ↙ ↘ 180

* ويمكن حساب شدة التيار المستحثة بعد زمن معين او بعد زاوية معينة: $I = I_{max} \sin \omega t$

٨) **يمكن أيضاً تعيين ق.د.ك المستحثة اللحظية المتولدة فى ملف من العلاقة:**

$$emf = NAB\omega \sin\theta \quad \& \quad (emf) = (emf)_{max} \sin\theta$$

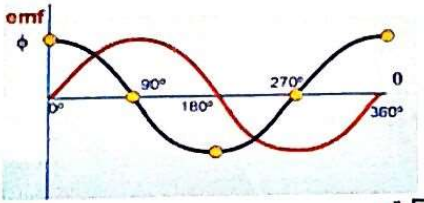


حيث: θ زاوية دوران الملف من الوضع العمودى (وضع الصفر)

او الزاوية المحصورة بين العمودى على مستوى الملف والمجال

او الزاوية بين العمودى على المجال ومستوى الملف

او الزاوية بين اتجاه الحركة (السرعة) واتجاه كثافة الفيض



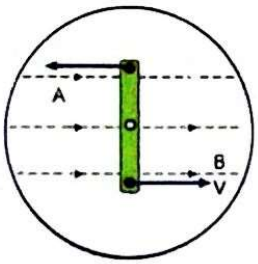
٩) إذا كانت الزاوية المحصورة بين مستوى الملف والمجال ٦٠° على سبيل المثال فإن: $(emf) = (emf)_{max} \cos 60$

أو $(emf) = (emf)_{max} \sin 30$

١٠) إذا دار الملف ٦٠° من الوضع الافقى (الموازى للفيض) على سبيل المثال فإن: $(emf) = (emf)_{max} \cos 60$

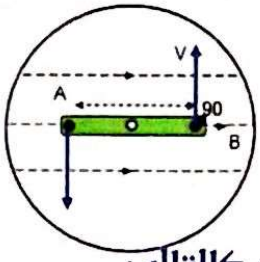
$(emf) = (emf)_{max} \sin (60+90)$

حـالات خـاصة:



① إذا كان مستوى الملف رأسى وعمودى على المجال أى اتجاه الحركة يكون موازى للمجال وبالتالى تكون (θ) أى الزاوية المحصورة بين العمودى على مستوى الملف والمجال تساوى صفر وتكون القوة الدافعة الكهربية فى هذه اللحظة تساو صفر

حيث: $emf = NAB\omega \sin 0 = 0$



② إذا كان مستوى الملف أفقى ومواز للفيض أى فى نفس اتجاه المجال فإن اتجاه الحركة يكون عمودياً على المجال وبالتالى تكون (θ) أى الزاوية المحصورة بين العمودى على مستوى الملف والمجال تساوى ٩٠° وتكون القوة الدافعة الكهربية فى هذه اللحظة تكون اكبر ما يمكن وتسمى النهاية العظمى للقوة الدافعة الكهربية المستحثة حيث : $emf = emf_{max} \sin 90 = emf_{max}$

③ **لحساب متوسط ق.د.ك فى الدينامو:** نستخدم قانون فارادى كالتالى :

اولا: متوسط emf فى الدينامو خلال ربع دورة

$$emf_{\frac{1}{4}} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\frac{A.B}{\frac{1}{4}T} = -4NABf = -\frac{2(e.m.f)_{max}}{\pi}$$

ثانيا :- متوسط emf فى الدينامو خلال نصف دورة

$$emf_{\frac{1}{2}} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\frac{A.2B}{\frac{1}{2}T} = -4NABf = -\frac{2(e.m.f)_{max}}{\pi}$$

ونلاحظ هنا أن:

متوسط emf فى الدينامو خلال ربع دورة يساوى متوسط emf فى الدينامو خلال نصف دورة؟

وذلك لأن التغير فى الفيض خلال نصف دورة 2Φ ضعف التغير فى الفيض خلال ربع دورة Φ وكذلك زمن نصف دورة ضعف زمن ربع دورة فيكون المعدل الزمنى للتغير فى الفيض متساوى كما سبق (+المعادلات)

ثالثا :- متوسط emf فى الدينامو دورة كاملة تساوى صفر

لان التغير فى الفيض خلال دورة كاملة للدينامو يساوى صفر $= \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ صفر وبالتالى :

$$emf = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0$$

ولأن متوسط emf المستحثة خلال النصف الاول الموجب من الدورة يساوى ويعاكس لمتوسط emf خلال النصف الثانى السالب من الدورة فيكون المحصلة تساوى صفر

رابعا: اذا كانت زاوية الدوران من وضع الصفر - 45 درجة فان:

قيمة القوة الدافعة الكهربية المستحثة الناتجة حينئذ تسمى بالقيمة الفعالة للقوة الدافعة الكهربية المستحثة emf_{eff}

حيث: $emf_{eff} = emf_{max} \sin 45 = emf_{max} = 0.707\, emf_{max}\frac{1}{\sqrt{2}}$

وبالمثل يمكن ايجاد شدة التيار المستحث الفعالة من العلاقة: $I_{eff} = 0.707\, I_{max}$

سؤال على الطاير: أثبت أنه إذا كان زمن وصول التيار المتردد من الصفر إلى نصف القيمة العظمى هو t فإن زمن وصوله من الصفر إلى القيمة العظمى هو 3t ؟

القيمة الفعالة للتيار المتردد

(١)نظراً لأن القيمة المتوسطة لتيار متردد تساوى الصفر فى دورة كاملة لأن شدة التيار المتردد تتغير من (I_{max}) إلى $(-I_{max})$

(٢)ومع ذلك تستنفذ طاقة كهربية كطاقة حرارية نتيجة لحركة الشحنة إذ أن معدل الطاقة الكهربية يتناسب مع مربع شدة التيار . $W = I^2 R t$

وهذا يعنى أن الطاقة الحرارية المتولدة فى موصل لا تتوقف على إتجاه التيار . ولذلك وجد أنه لقياس الشدة الفعالة للتيار المتردد هى إيجاد قيمة التيار المستمر الذى يولد نفس التأثير الحرارى .

القيمة الفعالة للتيار المتردد (I_{eff}):

تقدر بقيمة شدة التيار المستمر الذى يولد نفس معدل التأثير الحرارى أو نفس القدرة التى يولدها التيار المتردد عند مروره فى نفس المقاومة.
(أى يولد نفس الطاقة الحرارية عند مروره فى نفس المقاومة وفى نفس الفترة الزمنية).

وقد وجد أن

$$I_{eff} = 0.707\ I_{max}$$

بالمثل تحسب القوة الدافعة الكهربية الفعالة من العلاقة :-

$$(emf)_{eff} = 0.707\ (emf)_{max}$$

ملاحظة :-

$$(emf) = (emf)_{max} Sin(\theta) \quad or \quad V = V_{max} Sin(\theta) \quad , \quad V_{eff} = 0.707\ V_{max}$$

ما معنى قولنا أن : القيمة الفعالة لتيار متردد ٤ أمبير ؟

معنى ذلك أن كمية الطاقة الحرارة التى يولدها هذا التيار المتردد تساوى نفس كمية الطاقة الحرارية التى يولدها تيار مستمر شدته ٤ امبير عندما يمر كل منهما على حدة فى نفس المقاومة ولنفس الزمن .

س علل : الطاقة المستنفذة خلال دورة تيار متردد فى مقاومة أومية لا تساوى صفر؟.

ج لأن الطاقة الكهربية تستنفذ فى المقاومة الأومية على شكل طاقة حرارية وهى لا تتوقف على اتجاه التيار لأن معدل الطاقة الكهربية تتناسب طردياً مع I^2 حيث ($W = I^2Rt$) فتكون I^2 كمية موجبة دائماً.

معلومة

جميع قياسات التيار المتردد تعتبر فعالة مالم يذكر أى شئ آخر

مثال ١ ملف في مولد كهربي بسيط للتيار المتردد عدد لفاته ١٠٠ لفة مساحة مقطع كل منها 0.21 م^2 يدور الملف بتردد 50 دورة في الثانية فى مجال مغناطيسي ثابت كثافة فيضه 10^{-3} ويبر/م^2. ما النهاية العظمي للقوة الدافعة المستحثة وما قيمتها عندما تكون الزاوية بين إتجاه السرعة وكثافة الفيض 30^o .

الحل

$$(emf)_{max} = NBA\omega = NBA\,(2\pi f)$$
$$= 100 \times 10^{-3} \times 0.21 \times 2 \times \frac{22}{7} \times 50 = 6.6 \text{ v}$$

$$(emf) = (emf)_{max} \sin\theta = 6.6 \times \sin 30 = 6.6 \times \frac{1}{2} = 3.3 \text{ v}$$

مثال ٢ ملف مستطيل الشكل طوله 20 سم وعرضه 10 سم مكون من ٢٠٠ لفة وموضوع بحيث كان مستواه عمودياً علي مجال مغناطيسي منتظم. ولما دار حول محوره $\frac{1}{4}$ دورة في فترة زمنية قدرها ٠.٣ ثانية تولدت بين طرفيه قوة دافعة كهربية مستحثة قيمتها اللحظية 0.4 فولت. إحسب كثافة الفيض المغناطيسي .

الحل

$$A = 10 \times 20 = 200 \text{ cm}^2 \times 10^{-4} = 0.02 \text{ m}^2 \;,\; N = 200 \;,\; (emf) = 0.4 \text{ v} \;,\; t = 0.3 \text{ S}$$

$$\text{التردد} = \frac{\text{عدد دورات ملف الدينامو}}{\text{الزمن بالثانية}} = \frac{\frac{1}{4}}{0.3} = \frac{1}{1.2} \text{ دورة/ث}$$

$$(emf) = NBA\,\omega \sin\theta = NBA\,(2\pi f)\sin\theta$$
$$0.4 = 200 \times B \times 0.02 \times 2 \times \frac{22}{7} \times \frac{1}{1.2} \sin 90$$
$$B = 0.0191 \text{ تسلا}$$

مثال ٣ ملف مكون من 500 لفة مساحة كل منها 100 سم^2 يدور بسرعة 1500 دورة/دقيقة في مجال متنظم كثافة فيضه ٤٢ × ١٠$^{-٤}$ تسلا أحسب : -

أولا : متوسط القوة المستحثة المتولدة عند دوران الملف $\frac{1}{4}$ دورة .

ثانيا: القوة الدافعة اللحظية المستحثة عندما يكون مستوي الملف فى اتجاه المجال .

ثالثا: القوة الدافعة اللحظية المستحثة عندما يكون مستوى الملف يصنع زاوية ٦٠ علي اتجاه المجال .

رابعا: القوة الدافعة اللحظية عندما يكون مستوي الملف عموديا علي اتجاه المجال .

الحل

$$N = 500 \;,\; A = 100 \times 10^{-4} = 0.01 \text{ m}^2 \;,\; f = \frac{1500}{60} = ٢٥ \text{ دورة/ث} \;,\; B = 42 \times 10^{-٤} \text{ T}$$

$$\text{زمن الدورة الواحدة (الزمن الدورى)} = \frac{١}{\text{التردد f}} = \frac{1}{25} = ٠.٠٤ \text{ ث}$$

أولاً : زمن $\frac{1}{4}$ دورة = $\frac{1}{4} \times ٠.٠٤ = ٠.٠١$ ث

$$(emf) = -\frac{500 \times 0.01 \times 42 \times 10^{-4}}{0.01} \;\; \frac{N(\Delta\Phi)}{\Delta t} = \frac{NA(B-o)}{\Delta t} == 2.1 \text{ v}$$

أكمل الحل بنفسك (٢.٣ ، ١.٦٥ ، ٠ فولت)

مثال شامل للدينامو: دينامو بسيط له ملف مستطيل الشكل طوله ٢٠ سم وعرضه ١٠ سم مكون من ٣٥ لفه ادير الملف بسرعة منتظمة ٣٦٠٠ دوره فى الدقيقة داخل فيض مغناطيسى كثافته ٠.٥ تسلا. أوجد :

١) التردد ٢) الزمن الدورى ٣) التردد الزاوى (السرعة الزاوية)

٤) عدد مرات وصول التيار المتردد إلى النهاية العظمى في الثانية.

٥) عدد مرات وصول التيار المتردد إلى الصفر في الثانية

٦) ق.د.ك المستحثة العظمى.

٧) ق.د.ك الفعالة

٨) متوسط ق.د.ك المستحثة بعد دوران الملف ربع دورة من وضع مستوى الملف متعامد على المجال

٩) متوسط ق.د.ك بعد دوران الملف ١٨٠ درجة من وضع الصفر (من الوضع العمودى).

١٠) متوسط ق.د.ك المستحثة بعد دوران الملف نصف دورة من وضع مستوى الملف موازٍ للمجال

١١) ق د ك المتوسطة خلال ثلاثة أرباع دورة من البداية

١٢) متوسط ق.د.ك خلال دورة كاملة .

١٣) ق.د.ك عندما يكون مستوى الملف فى إتجاه المجال .

١٤) ق.د.ك عندما يكون مستوى الملف عمودى على إتجاه المجال.

١٥) ق.د.ك عندما يميل مستوى الملف بزاوية ٦٠ على اتجاه خطوط الفيض.

١٦) ق.د.ك عندما يصنع العمودي على مستوى الملف زاوية ٣٠ مع الفيض.

١٧) ق.د.ك عندما يصنع مستوى الملف زاوية ٣٠ مع العمودى على المجال.

١٨) ق.د.ك عند مرور ١/٧٢٠ ثانية على اللحظة التى يمر فيها الملف بالوضع الرأسى.

١٩) ق.د.ك عندما يصل الملف إلى ١/١٢ من الدورة من اللحظة التى تكون ق.د.ك = ٠

٢٠) ق.د.ك عند مرور ١/١٢٠ ث على اللحظة التى يكون فيها مستوي الملف موازى للفيض.

٢١) حدد مستوى الملف بالنسبة لإتجاه خطوط الفيض بعد مرور ١/٧٢٠ ث من بدء دورانه من وضع الصفر

٢٢) شدة التيار العظمى إذا كانت المقاومة ٦٦ أوم

٢٣) ما موضع مستوى الملف بالنسبة لإتجاه خطوط الفيض عندما تبلغ شدة التيار نهاية عظمى مع التعليل

٢٤) شدة التيار اللحظية عندما يصنع مستوي الملف زاوية ٣٠ درجة مع العمودى على المجال

٢٥) الزمن الذى يمضى حتى تصبح ق.د.ك مستحثة +٦٦ فولت فى أول مره

٢٦) الزمن الذى يمضى حتى تصبح ق.د.ك مستحثة – ٦٦ فولت لأول مرة

٢٧) القيمة العظمى لكل من فرق الجهد وشدة التيار عندما يدور الملف حول محور موازٍ لطوله بسرعة ٣٣ م/ث إذا كانت مقاومة الملف ٦٦ أوم.

٢٨) السرعة التى يجب أن يدور بها الملف للحصول على ق.د.ك مستحثة عظمى قدرها ٢٦٤ فولت .

٢٩) شدة التيار الفعالة فى المقاومة ٦٦ أوم

٣٠) الزاوية المحصورة بين بين اتجاه خطوط الفيض والمستوى العمودى على الملف عندما تكون القيمة اللحظية = الفعالة لشدة التيار المتردد.

٣١) الطاقة المستنفذه فى المقاومة ٦٦ أوم لمدة ٥ دقائق

٣٢) الطاقة المستنفذه فى المقاومة ٦٦ أوم خلال دورة واحدة

ثانيا : دينامو التيار موحد الإتجاه

هو دينامو تيار متردد أدخلت عليه تعديلات ليعطى تيار موحد الإتجاه ومتغير الشدة

التعديلات التى أدخلت على الدينامو :-

التعديل الأول : **تقويم (توحيد) اتجاه التيار المتردد**

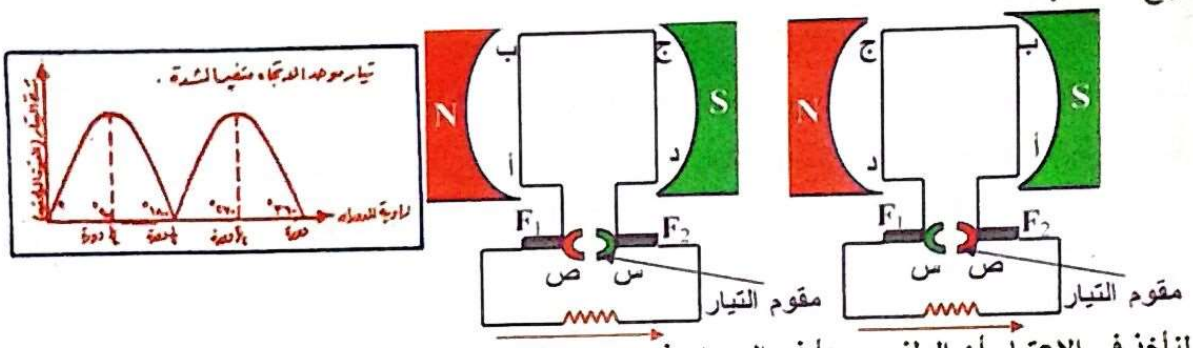
المقصود بذلك جعل التيار فى الدائرة الخارجية موحد الإتجاه ولهذا الغرض يتم إستبدال الحلقتين المعدنيتين بما يسمى مقوم التيار .

ويتركب مقوم التيار من أسطوانة معدنية جوفاء مشقوقة إلى نصفين س ، ص معزولين تماماً عن بعضهما.

ويلامس نصفى الإسطوانة س ، ص أثناء دورانهما فرشتان F_1 ، F_2 .

ويراعى أن تلمس الفرشتان الشقين العازلين فى اللحظة التى يكون فيها مستوى الملف عمودياً على خطوط الفيض المغناطيسى أى فى اللحظة التى تكون فيها القوة الدافعة الكهربية المتولدة فى الملف = صفر .

شرح عمله :-



ولنأخذ فى الإعتبار أن الملف سيبدأ فى الدوران فى الإتجاه المبين بالشكل فنجد أن :

(١) فى النصف الأول من الدورة تكون الفرشة F_1 ملامسة لنصف الإسطوانة (س) والفرشة F_2 ملامسة لنصف الإسطوانة (ص)

∴ التيار الكهربى سيمر فى الملف فى الإتجاه (أ ب ج د) ويترتب على ذلك أن يمر التيار الكهربى فى الدائرة الخارجية من الفرشة F_1 إلى الفرشة F_2 خلال النصف الأول من الدورة .

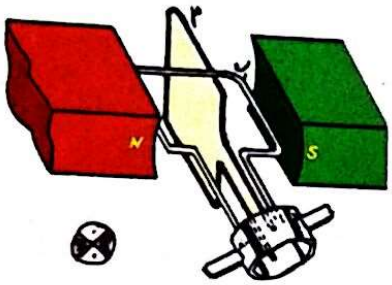
(٢) فى النصف الثانى من الدورة يعكس التيار الكهربى اتجاهه فى الملف بمعنى أن التيار الكهربى سيمر فى الملف فى الإتجاه (د ج ب أ) وفى نفس الوقت تصبح الفرشة F_1 ملامسة لنصف الإسطوانة ص.

∴ يمر التيار فى الدائرة الخارجية من الفرشة F_1 إلى الفرشة F_2 وهو نفس اتجاهه فى النصف الأول من الدورة . ومع استمرار الدوران تظل الفرشة F_1 موجبة والفرشة F_2 سالبة . لذلك يكون التيار الكهربى فى الدائرة الخارجية دائماً موحد الاتجاه .

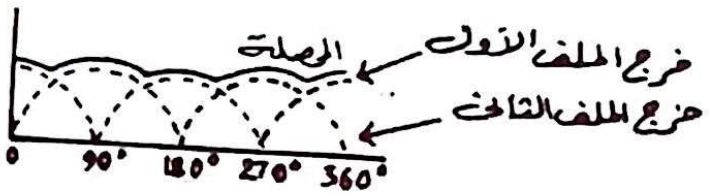
ويلاحظ أن القوة الدافعة الكهربية المتولدة هنا موحدة الاتجاه ولكن مقدارها يتغير من الصفر إلى النهاية العظمى ثم إلى الصفر كل نصف دورة من دورات الملف كما هو موضح بالرسم البيانى أى غير ثابت الشدة .

ملحوظة : التيار موحد الإتجاه : هو تيار متغير الشدة ثابت الإتجاه

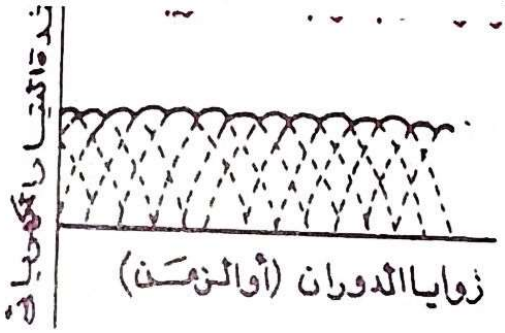
التعديل الثانى الحصول على تيار موحد الاتجاه و ثابت الشدة تقريباً:



نستخدم ملفان متماثلان متعامدان ونستخدم مقوم التيار على شكل اسطوانة معدنية مجوفة مقسمة لأربعة أجزاء فيقل التغير فى شدة التيار فى الدائرة كما هو موضح من الخط المتصل فى الشكل . وبهذه الكيفية يتم الحصول على تيار موحد الاتجاه وثابت الشدة تقريباً.



وللحصول على تيار موحد الإتجاه ثابت الشدة تقريبا تستخدم عدة ملفات بينها زوايا صغيرة متساوية وتستخدم اسطوانة معدنية مجوفة مشقوقة الى عدد من الأجزاء يساوى ضعف عدد الملفات وبهذه الكيفية يتم الحصول فعليا على مولد ثابت الشدة DC



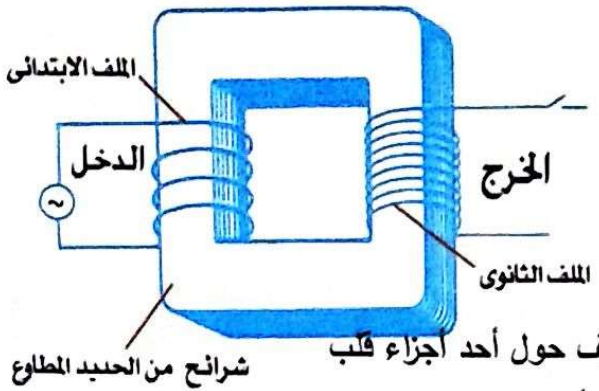
المحول الكهربى

نظرية عمله :

تبنى فكرة عمله على الحث المتبادل بين ملفين .

الغرض منه :

رفع أو خفض القوة الدافعة الكهربية المترددة فقط .



تركيب المحول

(١) **ملف إبتدائى** : وهو عبارة عن سلك نحاسي معزول ملفوف حول أحد أجزاء قلب حديدى ويتصل طرفاه بمصدر التيار المتردد المراد رفع أو خفض جهده .

(٢) **ملف ثانوى** : عبارة عن سلك نحاسى معزول ملفوف حول جزء آخر من القلب الحديدى ويتصل طرفاه بالجهاز المراد تشغيله .

(٣) **قلب من الحديد** : يتآلف من شرائح رقيقة من الحديد المطاوع معزولة عن بعضها موازية لمحور الملف. **علل ؟**

وذلك للتقليل من التيارات الدوامية وبالتالى الحد من الطاقة المفقودة .

ويعمل قلب الحديد على جعل خطوط الفيض المتولد عن التيار المار بالملف الابتدائي تمر فى الملف الثانوى

* **ويعمل أيضاً** على تجميع وتركيز خطوط الفيض المغناطيسى .

شرح عمله:

أولا عند غلق دائرة الملف الإبتدائي ودائرة الثانوى مفتوحة

يمر تيارمتردد فى الإبتدائى يولد فيض مغناطيسي متغير يمر عبر القالب الحديدى ويقطع كل من الإبتدائى والثانوى ويولد فى الثانوى ق د ك عكسية ولا يمر به تيار لأن دائرته مفتوحة ويتولد فى الإبتدائى ق د ك عكسية تساوى تقريبا ق د ك للمصدر فتلغيها ولا يمر به تيار رغم غلق دائرته طالما دائرة الثانوى مفتوحة

ثانيا : عند غلق دائرة الملف الإبتدائي و الثانوى

يمر تيارمتردد فى الإبتدائى يولد فيض مغناطيسي متغير يمر عبر القالب الحديدى ويقطع كل من الإبتدائى والثانوى ويولد فى الثانوى ق د ك عكسية و يمر به تيارمتردد له نفس تردد المصدر لأن دائرته مغلقة فيولد هذا التيار فيض متغير يقطع الملف الإبتدائى يولد فيه ق د ك طردية تلغى ق د ك العكسية فيه

وبذلك يمر تيار فى الإبتدائي والثانوى فيعمل المحول

س يقسم القالب الصلب الى شرائح معزوله عن بعضها ؟

س لا يعمل المحول اذا سحب تيار طالما دائرة الثانوى مفتوحة والابتدائى مغلقة

س لا يعمل المحول بتيار مستمر ؟

استنتاج قوانين المحول الكهربى

أولاً : العلاقة بين القوتين الدافعتين الكهربيتين فى ملف المحول وعدد لفات الملفين:-

1. عندما يوصل الملف الإبتدائى بمصدر جهد متردد (V_p) فإن التغير فى المجال المغناطيسى يولد قوة دافعة كهربية مستحثة فى الملف الثانوى (V_S) لها نفس التردد وتتعين من العلاقة:

$$V_S = N_S \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث N_S : عدد لفات الملف الثانوى ، $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$: معدل خطوط الفيض المغناطيسى التى تقطعه لفات الثانوى.

2. وعلى ذلك فإن القوة الدافعة الكهربية فى الملف الإبتدائى (V_p) تتعين بنفس الطريقة حيث

$$V_p = N_p \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث N_p : عدد لفات الملف الإبتدائى ، $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$: معدل خطوط الفيض المغناطيسى التى تقطعه لفات الإبتدائى

حيث تتولد بالملف الإبتدائى ق.د.ك مستحثة تعمل على تحديد قيمة التيار بحيث لا يزداد أكثر من اللازم فيحترق الملف.

3. وبفرض عدم وجود فقد فى الفيض المغناطيسى بحيث يمر الفيض المغناطيسى الناتج بأكمله فى الملف الثانوى ، ويمكننا بقسمة العلاقتين (١) ، (٢) الحصول على ما يلى:

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

ومن ذلك يتضح أن القوة الدافعة الناتجة تتناسب طردياً مع عدد لفات الثانوى

ثانياً : العلاقة بين شدتي التيارين فى ملفى المحول والقوة الدافعة فيهما :

بفرض عدم وجود فقد فى الطاقة الكهربية فى المحول فإنه تبعاً لقانون بقاء الطاقة تكون

الطاقة الكهربية المستنفذة فى الملف الإبتدائى = الطاقة الكهربية المستنفذة فى الملف الثانوى

$$V_S I_S t = V_P I_P t$$

ولكن الزمن واحد فى الملفين ∴ قدرة الدخل = قدرة الخرج

$$V_S I_S = V_P I_P$$

$$\therefore \quad \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

بالإستعانة بالعلاقتين (3،4) نجد أن :

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$$

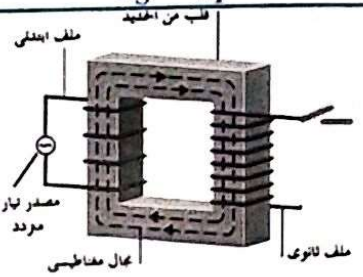
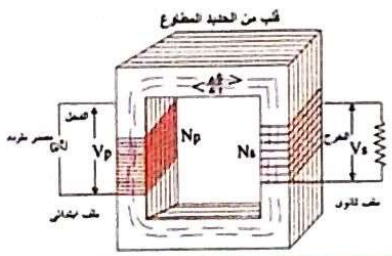
أى أن شدة التيار فى أحد الملفين تتناسب عكسياً مع عدد لفاته فمثلاً عندما يكون عدد لفات الملف الثانوى ضعف عدد لفات الملف الإبتدائى فإن شدة تيار الملف الثانوى تساوى نصف شدة تيار الملف الإبتدائى .

نوعا المحولات الكهربية :

من العلاقتين (4،3) السابقة يمكن إستنتاج القانون العام للمحول وهو $\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$

وهذا يعنى أنه إذا كان عدد لفات الملف الثانوى أكبر من عدد لفات الملف الإبتدائى فإن القوة الدافعة المستحثة المتولدة فى الملف الثانوى تكون أكبر من القوة الدافعة المستحثة المتولدة فى الملف الإبتدائى بينما يكون تيار الملف الإبتدائى أكبر. ومن ذلك يمكن تقسيم أنواع المحولات إلى ما يلى :-

مقارنة بين المحول الرافع والخافض

المحول الرافع	المحول الخافض
وهو المحول الذى يقوم بتحويل قوة دافعة مترددة صغيرة إلى قوة دافعة مترددة كبيرة وفيه يكون عدد لفات ملفه الثانوى أكبر من عدد لفات ملفه الإبتدائى .	وهو المحول الذى يقوم بتحويل قوة دافعة مترددة كبيرة إلى قوة دافعة مترددة صغيرة وفيه يكون عدد لفات ملفه الثانوى أقل من عدد لفات ملفه الإبتدائى .
$N_P < N_S$	$N_S < N_P$
$V_P < V_S$	$V_S < V_P$
$I_S < I_P$	$I_P < I_S$
	

كفاءة المحول الكهربى :-

إذا لم يكن هناك فقد فى الطاقة الكهربية فى المحول بمعنى أن الطاقة الكهربية المتولدة فى الملف الثانوى تساوى الطاقة الكهربية المستنفذة فى الملف الإبتدائى تكون كفاءة المحول 100% ومثل هذا المحول غير موجود فى الحياة العملية حيث يحدث فقد فى الطاقة للأسباب الآتية ويمكن علاجها كما يأتى :

أسباب فقد الطاقة الكهربية	طرق التغلب عليها
(١) يتحول جزء من الطاقة الكهربية إلى طاقة حرارية بسبب مقاومة أسلاك الملفين .	(١) تصنع أسلاك الملفين من النحاس وتكون غليظة حتى تكون مقاومتها صغيرة .
(٢) يتحول جزء آخر من الطاقة الكهربية إلى طاقة حرارية بسبب تولد تيارات دوامية فى القلب الحديدى .	(٢) يصنع القلب الحديدى من شرائح رقيقة ومعزولة عن بعضها عزلاً تاماً وتكون موازية لمحور الملف وذلك للحد من التيارات الدوامية.
(٣) يتحول جزء من الطاقة الكهربية إلى طاقة ميكانيكية تستنفذ فى تحريك جزيئات القلب الحديدى.	(٣) يصنع القلب من الحديد المطاوع السليكونى لسهولة حركة جزيئاته المغناطيسية .
(٤) تتسرب بعض خطوط الفيض المغناطيسى خارج القلب الحديدى فلا تقطع لفات الملف الثانوى .	(٤) يجعل الملف الإبتدائى داخل الملف الثانوى .

تعريف كفاءة المحول : " هى النسبة بين الطاقة الكهربية التى نحصل عليها من الملف الثانوى إلى الطاقة الكهربية المعطاه للملف الإبتدائى في نفس الزمن " .

" أو هى النسبة بين قدرة الملف الثانوي إلى قدرة الملف الإبتدائي "

أى أن كفاءة المحول = $\frac{\text{القدرة الكهربية فى الملف الثانوى}}{\text{القدرة الكهربية فى الملف الإبتدائى}} = \eta$ $100 \times \frac{V_S I_S}{V_P I_P}$

وبصفة عامة إذا كانت الطاقة المفقودة تمثل 10% من الطاقة الكهربية الأصلية تكون كفاءة المحول 90% .

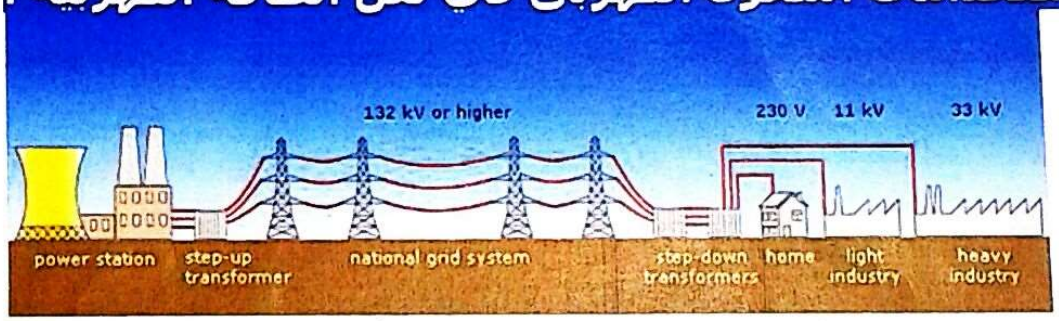
س ما المقصود بأن : محول كفاءته ٨٠ % ؟

معنى ذلك أن النسبة بين الطاقة الكهربية التى نحصل عليها من الملف الثانوى إلى الطاقة الكهربية المعطاه للملف الإبتدائى في نفس الزمن = $\frac{80}{100}$.

أو أن النسبة بين القدرة الكهربية التى نحصل عليها من الملف الثانوى إلى القدرة الكهربية المعطاه للملف الإبتدائى = $\frac{80}{100}$.

وأن هذا المحول يفقد ٢٠% من الطاقة الكهربية أثناء إنتقالها من الملف الإبتدائى إلى الملف الثانوى.

٣ إستخدامات المحول الكهربى في نقل الطاقة الكهربية :



تستخدم المحولات لنقل الطاقة الكهربية من محطات توليدها إلى أماكن إستخدامها على مسافات بعيدة عبر أسلاك معدنية دون فقد يذكر فى الطاقة الكهربية حيث:

تستخدم محولات رافعة للجهد عند محطات التوليد ومحولات خافضة للجهد عند مناطق التوزيع. **علل؟**

جـ (١) **يستخدم محول رافع عند محطات التوليد :**

وذلك لرفع القوة الدافعة المترددة بمقدار كبير جداً فتقل شدة التيار فى الأسلاك لتصبح صغيرة جداً وبالتالى تقل القدرة الكهربية المفقودة على صورة حرارة حيث I^2R = القدرة الكهربيه المفقودة على صورة حرارة

(وعلى سبيل المثال إذا خفض التيار فى أسلاك النقل إلى $\frac{1}{100}$ مثلاً من شدة تيار الملف الإبتدائى للمحول

فإن القدرة المفقودة تصل إلى $\frac{1}{10000}$ من القدرة المفقودة إذا ظل التيار الكهربى بنفس شدته الأصلية)

كما يمكن إستخدام أسلاك أصغر قطراً مما يوفر التكاليف الاقتصادية

(٢) **يستخدم محول خافض عند أماكن الإستهلاك :**

وذلك لخفض القوة الدافعة المترددة ثم توزع هذه الطاقة على المنازل وغيرها والقوة الدافعة الناتجة تكون 220 فولت. وهو جهد التشغيل لكثير من الأجهزة الكهربية المستخدمة فى المنازل.

تذكر أن:

١) إذا ذكرت أية بيانات عن المنبع أو المصدر الكهربي أو القدرة الداخلة فذلك يُقصد به بيانات الملف الإبتدائي.

٢) إذا ذكرت أية بيانات عن الجهاز المراد تشغيله فإن ذلك يُقصد به بيانات الملف الثانوى.

٣) للحصول على أكبر قوة دافعة كهربية (أو أقل تيار) (أى محول رافع) يجب أن يكون عدد لفات الملف الثانوى أكبر من عدد لفات الملف الإبتدائى.

٤) للحصول على أقل قوة دافعة كهربية (أو أكبر تيار) (أى محول خافض) يجب أن يكون عدد لفات الملف الثانوى أقل من عدد لفات الملف الإبتدائى.

ملاحظات لحل المسائل

❶ في المحول المثالي (كفاءته = 100%) تستخدم القوانين الآتية :

$$\frac{V_s}{V_p}=\frac{N_s}{N_P} \quad ، \quad \frac{V_p}{V_s}=\frac{I_P}{I_s} \quad ، \quad \frac{I_p}{I_s}=\frac{N_s}{N_P}$$

❷ في المحول غير المثالي (كفاءته ≠ 100%) تستخدم القوانين الآتية : $\eta=\frac{V_s I_s}{V_p I_p}\times 100$ ، $\eta=\frac{V_s N_p}{V_p N_s}\times 100$

❸ كفاءة نقل الطاقة $= \frac{\text{القدرة عند المستهلك}}{\text{القدرة عند المحطة}} \times 100$

❹ القدرة عند المستهلك = القدرة عند المحطة – القدرة المفقودة في الأسلاك

❺ القدرة عند المحطة = VI

❻ القدرة المفقودة في الأسلاك = I^2R

❼ الهبوط في الجهد = IR

❽ إذا كان المحول له ملفان ثانويان وتم غلق دائرة الملفين معا وكانت كفاءة المحول 100%

∴ قدرة الملف الثانوي الأول + قدرة الملف الثانوي الثاني = قدرة الملف الإبتدائى

$$P_P = P_{s1} + P_{s2}$$
$$V_P I_P = V_{s1} I_{s1} + V_{s2} + I_{s2}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

مثال١ محول خافض موضوع فى نهاية الخطوط الناقلة للتيار الكهربى يخفض الجهد من 2400 فولت إلى 120 فولت ، إذا كانت القدرة الناتجة من المحول 13.5 كيلو وات ، وكفاءته 80 % وعدد لفاته ملفه ابتدائى 4000 لفة ، أحسب : أ) عدد لفات الملف الثانوى . ب) شدة التيار فى كل من الملفين .

$$\eta = \frac{V_S I_S}{V_P I_P} = \frac{V_s N_p}{V_p N_s} \rightarrow \frac{80}{100} = \frac{120x4000}{2400xN_s}$$

$N_s < N_p$

$$N_s = 250 \text{ لفة}$$

$$I_s = \frac{(P_w)_s}{V_s} = \frac{13.5x1000}{120} = 112.5 \text{ A}$$

$$\eta = \frac{V_s I_s}{V_p I_p} \rightarrow \frac{80}{100} = \frac{120x112.5}{2400xI_p}$$

$$I_p = ٧.٠٣ \text{ A}$$

مثال٢ يراد نقل قدرة كهربية مقدارها 80 كيلووات من محطة توليد كهربى إلى أحد المصانع الذى يبعد عن محطة التوليد مسافة قدرها ٢ كيلومتر فإذا كان فرق الجهد عند محطة التوليد 400 فولت وكانت مقاومة الكيلومتر الواحد من كل من سلكى التوصيل بين المحطة والمصنع 0.1 أوم فأوجد مقدار القدرة المفقودة فى السلكين . وإذا استخدم محولات كهربية عند محطة التوليد لرفع فرق الجهد عندها من 400 فولت إلى 2000 فولت فأوجد مقدار القدرة المفقودة فى سلكى التوصيل فى هذه الحالة.

أولاً : بدون وجود محولات :-

$$P_W = VI \qquad \therefore I = \frac{P_W}{V} = \frac{80\times1000}{400} = 200A$$

منها القدرة المفقودة في الأسلاك وتحسب من

$$P_W = I^2R$$

$$R=0.1\times4=0.4\Omega$$

$$P_W = I^2R=200\times200\times0.4=16000 \text{ watt}$$

ثانياً : بوجود محولات :-

$$P_W = VI \qquad \therefore I = \frac{P_W}{V} = \frac{80\times1000}{2000} = 40A$$

منها القدرة المفقودة في الأسلاك وتحسب من

$$P_W = I^2R$$

$$R=0.1\times4=0.4\Omega$$

$$P_W = I^2R=40\times40\times0.4=640 \text{ watt}$$

$$\eta = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

المحرك الكهربى (الموتور)

الغرض من الموتور: تحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة ميكانيكية (حركية) .

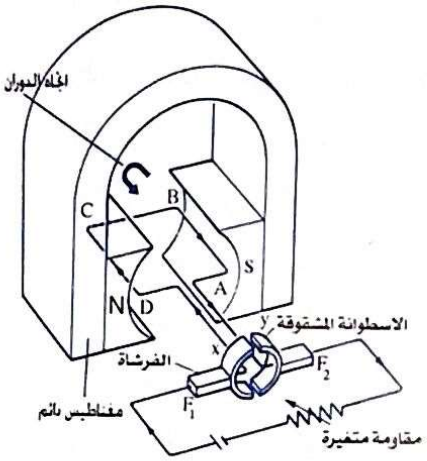
أى وظيفته عكس الوظيفة التى يؤديها الدينامو .

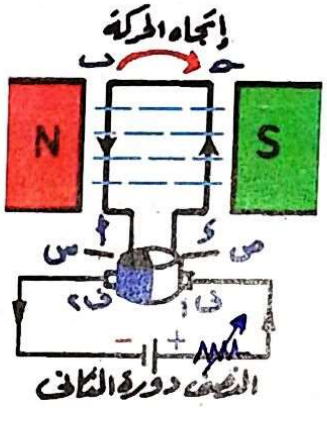
نظرية عمله: إذا مر تيار كهربى مستمر فى ملف مستطيل موضوع حر الحركة فى مجال مغناطيسى منتظم (به ضلعان عموديان على خطوط الفيض المغناطيسى) فإن الفيض يؤثر بقوة تعمل على توليد عزم إزدواج يسبب حركة ودوران الملف فى اتجاه معين .

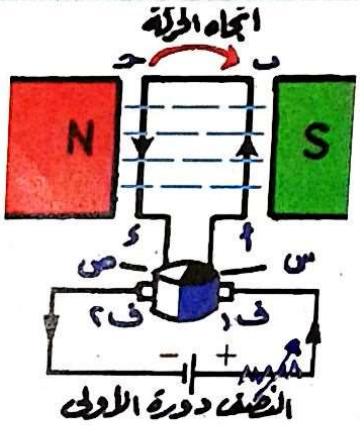
وهى نفس فكرة عمل الجلفانومتر ذو الملف المتحرك والفرق بينهما أن ملف المحرك الكهربى يجب أن يستمر فى الدوران فى نفس الاتجاه .

ملحوظة : يرجع دوران الملف إلى أن مرور تيار فى سلك موضوع عمودى على مجال مغناطيسى فإن السلك يتأثر بقوة تعمل على تحريكه فى اتجاه عمودى على كل من اتجاه التيار واتجاه المجال المغناطيسى

تركيب الموتور الكهربى :







نلاحظ انه يشبه تركيب الدينامو . وهو يتركب من :-

(١) مغناطيسى قوى على شكل حذاء فرس قطباه المقعران متقابلان .

(٢) ملف مستطيل (أ ب جـ د) من سلك من النحاس المعزول عدد لفاته كبير ملفوف طولياً حول قلب إسطوانى من الحديد المطاوع مكون من أقراص (شرائح) رقيقة معزولة لتقليل التيارات الدوامية ، والملف ومعه القلب الحديدى قابل للدوران بين قطبي المغناطيس

(٣) يتصل طرفا الملف بنصفى اسطوانة نحاسية مشقوقة طولياً إلى نصفين س ، ص وهما معزولان عن بعضهما وقابلان للدوران حول نفس محور دوران الملف . ويراعى أن يكون المستوى الفاصل بين نصفي الأسطوانة عمودياً على مستوى الملف .

(٤) فرشتان(ف١ ، ف٢) ثابتتان وتلامسان نصفي الاسطوانة س ، ص أثناء دورانهما .

(٥) توصل الفرشتان (ف١، ف٢) عند تشغيل الموتور بقطبي البطارية .

شرح عمله :

(١) عندما يكون مستوى الملف أفقياً أى موازياً لخطوط الفيض كما بشكل(١) تكون الفرشة ف١ المتصلة بالقطب الموجب للبطارية ملامسة لنصف الاسطوانة (س) ، والفرشة ف٢ المتصلة بالقطب السالب للبطارية ملامسة لنصف الاسطوانة (ص). عندئذ يمر التيار فى الملف فى الاتجاه (أ ب جـ د) وبتطبيق قاعدة فلمنج لليد اليسرى على كل من السلكين نلاحظ أن السلك (أ ب) يتأثر بقوة إلى أسفل بينما يتأثر السلك (جـ د) بقوة إلى أعلى وينشأ عن هاتين القوتين ازدواج يعمل على دوران الملف كما هو موضح بالرسم ويكتسب الملف طاقة حركية .

(٢) مع دوران الملف يقل عزم الإزدواج تدريجياً لنقص البعد العمودى بين القوتين حتى يصبح مستوى الملف عمودياً على إتجاه خطوط الفيض(بعد 90°) فينعدم عزم الإزدواج

(٣) يستمر الملف فى الدوران مدفوعاً بالقصور الذاتى (أى بتأثير طاقة الحركة التى إكتسبها) حتى تتجاوز المنطقتان العازلتان بين نصفي الأسطوانة الفرشتين (ف١، ف٢) وعندئذ يكون النصفان (س،ص) قد تبادلا موضعيهما بالنسبة للفرشتين (ف١، ف٢) كما بالشكل (٢).

(٤) تصبح الفرشة ف١ ملامسة لنصف الإسطوانة ص ، الفرشة ف٢ ملامسة لنصف الاسطوانة س فينعكس اتجاه التيار فى الملف ويمر التيار فى الاتجاه (د جـ ب أ) .

(٥) بتطبيق قاعدة فلمنج لليد اليسرى على كل من السلكين نلاحظ أن السلك (أ ب) يتأثر بقوة إلى أعلى بينما يتأثر السلك (جـ د) بقوة إلى أسفل وينشأ عن هاتين القوتين ازدواجاً يعمل على دوران الملف فى نفس الاتجاه الدائرى السابق ويزداد عزم الازدواج تدريجياً حتى يصل نهاية عظمى عندما يكون مستوى الملف موازياً لخطوط الفيض.

(٦) باستمرار دوران الملف يقل عزم الازدواج تدريجياً لنقص البعد العمودى بين القوتين حتى يصبح مستوى الملف رأسياً (عند 270°) فينعدم عزم الازدواج ولكن الملف يستمر فى الدوران مدفوعاً بخاصية القصور الذاتى مما يسمح لنصفى الاسطوانة أن يتبادلا موضعيهما بالنسبة للفرشتين ويزداد العزم .

(٧) عند 360° يصبح مستوى الملف أفقياً أى موازياً لخطوط الفيض كما بشكل (١) ويكون عزم الازدواج نهاية عظمى ويكون الملف قد أتم دورة كاملة ويتكرر ما حدث ويستمر الملف فى الدوران فى نفس الاتجاه.

لزيادة قدرة المحرك الكهربى (الموتور) على الدوران:

(١) تستخدم عدة ملفات بين مستوياتها زوايا صغيرة متساوية .

(٢) تقسم الاسطوانة المعدنية إلى عدد من القطع ضعف عدد الملفات يفصل بين القطع مادة عازلة ثم يوصل طرفا كل ملف بقطعتين متقابلتين تلامسان الفرشتين أثناء الدوران عندما يكون الملف المتصل بهما أفقياً حيث يتأثر الملف فى هذه الحالة بأكبر عزم ازدواج ثم يحل محله الملف التالى وهكذا تدور الملفات بسرعة أكبر .

لاحظ أن : بالمحرك الكهربي يغير نصفا الأسطوانة موضعيهما بالنسبة للفرشتين كل نصف دورة ويترتب على هذا أن التيار الكهربي المار فى ملف المحرك يعكس اتجاهه فى الملف كل نصف دورة.

أهمية المقاومة المتغيرة في الموتور :

خفض تيار البداية لعدم وجود ق.د.ك عكسية حتي لا يتلف ملف المحرك ثم تفصل عند انتظام الدوران .

إنتظام معدل دوران ملف المحرك الكهربى : [علل؟]

(١) عند دوران الموتور يقطع ملفه خطوط الفيض المغناطيسى للمغناطيس ويكون معدل القطع متغيراً فتتولد فى الملف قوة دافعة كهربية مستحثة عكسية (وفقاً لقاعدة لنز) وتيار عكسى يكون اتجاهه عكس اتجاه التيار المستمد من البطارية .

(٢) ويعمل التيار المستحث العكسى على إنتظام معدل دوران ملف المحرك كما يأتى :-

(أ) يكون التيار المحرك للموتور = الفرق بين التيارين = تيار البطارية – التيار المستحث العكسى .

$$I_{\text{محرك}} = I_{\text{للمصدر}} - I_{\text{مستحث عكسي}}$$

(ب) عند زيادة سرعة الموتور تزداد شدة التيار العكسى فيقل شدة التيار المحرك للموتور فتقل سرعته.

(جـ) عند إبطاء سرعة الموتور (عند بدء الحركة مثلاً) تقل شدة التيار العكسى فيزداد شدة التيار المحرك فتزداد سرعته .

(د) ونتيجة لذلك تحتفظ شدة التيار المحرك بقيمتها ثابتة فتثبت سرعة دوران الموتور .

ملاحظة :-

*** القوة الدافعة العكسية فى الموتور :**

"هى القوة المتولدة بالحث فى ملف الموتور أثناء دورانه بسبب قطع ملفه لخطوط الفيض المغناطيسي بمعدل متغير وينشأ عنها تيار عكسي يعمل على انتظام سرعة دوران ملف الموتور ".

* عند لحظة بدء التشغيل

$$I_{\text{محرك}} = \frac{\text{للمصدر } E}{\text{للجهاز } R}$$

* شدة التيار المحرك = شدة تيار البطارية – شدة التيار المستحث العكسى

* بضرب طرفى المعادلة فى (R) حيث R هى المقاومة الكلية للموتور فنستنتج أن :

ق د ك محركة = ق.د.ك للبطارية – ق د ك تأثيرية عكسية

$$(emf)_{\text{محركة(مستخدمة)}} = (V_B)_{\text{للمصدر}} - (emf)_{\text{مستحثة عكسية}}$$

* أثناء التشغيل

$$I = \frac{\text{للمصدر } E - \text{المستحثة } E'}{\text{للجهاز } R}$$

مثال : محرك كهربى تتصل فرشتاه ببطارية قوتها الدافعة 50 فولت فكانت شدة التيار المار فى ملفه أثناء دورانه بسرعة منتظمة هى 4 أمبير فاحسب ق د ك مستحثة عكسية المتولدة فى هذا الملف إذا علمت أن المقاومة الكلية للمحرك هى 7.5 أوم.

الحل

ق د ك المحركة = شدة التيار المحرك × المقاومة الكلية للمحرك

$$\varepsilon_{\text{محركة}} = ٤ \times ٧.٥ = ٣٠ \text{ فولت}$$

$$(emf)_{\text{محركة(مستخدمة)}} = (V_B)_{\text{للمصدر}} - (emf)_{\text{مستحثة عكسية}}$$

$$30 = 50 - (emf)_{\text{مستحثة عكسية}}$$

$$(emf)_{\text{مستحثة عكسية}} = 20 \text{ volt}$$

☐ مقارنة هامة بين المولد الكهربي والمحرك الكهربي

وجه المقارنة	المولد الكهربى (الدينامو)	المحرك الكهربي (الموتور)
الغرض	تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربية. أى مصدر لتوليد الطاقة الكهربية التى تستخدم فى الإضاءة وغيرها...	تحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة ميكانيكية. أى مصدر لتوليد الطاقة الحركية التى تستخدم فى إدارة الآلات فى المصانع والقطارات وغيرها.
فكرة العمل	الحث الكهرومغناطيسي لملف موضوع في مجال مغناطيسي	عزم الإزدواج المغناطيسي المؤثر على ملف قابل للدوران
التركيب	ملف من سك نحاسي معزول قابل للدوران بين قطبي مغناطيس قوى على شكل حذاء الفرس ويخرج التيار الكهربي من الفرشتين	ملف من سك نحاسي معزول قابل للدوران بين قطبي مغناطيس قوى على شكل حذاء الفرس وتوصل الفرشتان بقطبي بطارية .
القاعدة المستخدمة	تستخدم قاعدة فلمنج لليد اليمنى لتحديد اتجاه التيار المستحث	تستخدم قاعدة فلمنج لليد اليسرى لتحديد اتجاه الحركة

علل لما يأتى:

س١ إذا قطع سلك فيضاً مغناطيسياً تولد بين طرفى السلك قوة دافعة كهربية مستحثة؟

جـ١ لأن التغير فى الفيض المغناطيسى يؤثر على الإلكترونات الحرة لذرات السلك فتندفع من أحد طرفى السلك (ويصبح موجب الجهد) إلى الطرف الآخر (ويصبح سالب الجهد) فينشأ بين طرفى السلك فرق فى الجهد أو قوة دافعة كهربية مستحثة.

س٢ قد يتحرك سلك مستقيم بين قطبى مغناطيسى ولا تتولد فيه ق.د.ك مستحثة؟

جـ٢ لأن السلك يتحرك موازياً لخطوط الفيض المغناطيسى فلا يحدث قطع لخطوط الفيض المغناطيسى وبالتالى لا تتولد فيه ق. د ك مستحثة وطبقاً للعلاقة $(emf) = BLV \sin\theta$ تكون

$$(emf) = 0 \Leftarrow \sin\theta = 0 \Leftarrow \theta = \text{صفر}$$

س٣ الطاقة المستنفذة خلال دورة تيار متردد فى مقاومة أومية لا تساوى صفر؟.

جـ٣ لأن الطاقة الكهربية تستنفذ فى المقاومة الأومية على شكل طاقة حرارية وهى لا تتوقف على اتجاه التيار لأن معدل الطاقة الكهربية تتناسب طردياً مع I^2 حيث ($W = I^2Rt$) فتكون I^2 كمية موجبة دائماً.

س٤ المحول الرافع للجهد خافض لشدة التيار؟

جـ٤ لأن قدرة الملف الابتدائى = قدرة الملف الثانوى

$$V_S I_S = V_P I_P \Rightarrow \frac{V_S}{V_P} = \frac{I_P}{I_S}$$

فإذا رفع الجهد فى الملف الثانوى بزيادة عدد لفاته لابد أن تقل شدة التيار.

س٥ لا يعمل المحول بالقوة الدافعة المستمرة؟

جـ٥ لأنه تبنى فكرة عمله على الحث الكهرومغناطيسى (المتبادل) ولأن التيار المستمر ثابت الشدة وموحد الاتجاه فينتج عنه فيض مغناطيسى ثابت وبذلك لا يكون الفيض متغير فلا تتولد ق.د. ك مستحثة فى الملف الثانوى.

س٦ فى المحول عندما تكون دائرة الملف الثانوى مفتوحة يكاد ينعدم مرور تيار فى الابتدائى؟
أو لا تستهلك طاقة كهربية تُذكر إذا أغلقت دائرة الملف الإبتدائى وفتحت دائرة الملف الثانوى ؟

ج٦ وذلك لأن القوة الدافعة المتولدة فى الملف الإبتدائى بالحث الذاتى تساوى تقريباً وتضاد القوة الدافعة للمصدر.

س٧ فى المحول عندما تكون دائرة الملف الثانوى مغلقة يمر تيار فى الملف الابتدائى ؟
أو يعمل المحول عند غلق دائرة الملف الثانوى .

ج٧ وذلك بسبب تولد تيار فى الملف الثانوى (بالحث المتبادل) يولد مجالاً مغناطيسياً يعاكس المجال الناشئ عن تيار الملف الإبتدائى فتقل ق.د.ك العكسية المتولدة فيه بالحث الذاتى فيمر التيار الأصلى من المصدر .

أسئلة يجيب عليها الطالب :

س٨ يفقد جزء من الطاقة الكهربية فى المحول عند انتقاله من الملف الإبتدائى إلى الملف الثانوى ؟

س٩ لا يوجد محول مثالى ؟

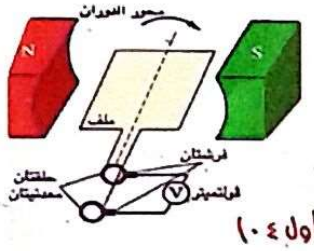
س١٠ يصنع الملفين فى المحول بحيث يكونا متداخلين ؟

س١١ تصنع أسلاك ملفى المحول من النحاس ؟

س١٢ يصنع قلب المحول من الحديد المطاوع السليكونى مقسم إلى شرائح رقيقة معزولة.

س١٣ يستمر ملف الموتور فى الدوران عند مروره بالوضع الرأسي رغم إنعدام عزم الإزدواج الكهرومغناطيسي فى هذا الوضع .

سؤال هام :



الشكل المقابل يمثل دينامو بسيط، أراد طالب تحويله إلى موتور يعمل بالتيار المستمر فقام باستبدال الفولتميتر ببطارية ومفتاح وعندما أغلق المفتاح لم يدر الملف :

(أ) ما سبب ذلك ؟

(ب) كيف تساعد الطالب ليدور الملف ؟ وضح بالرسم. (دور أول ٠٤)

الإجابة أ) السبب هو أن الطالب مازال يستخدم نظام الحلقتين التى تدورات مع الملف والفرشتين الثابتتين ويترتب على ذلك أن التيار الكهربى المار فى الملف يظل فى نفس الإتجاه ولا ينعكس كل نصف دورة وبالتالى تكون القوة المؤثرة عليه على حسب قاعدة فلمنج لليد اليسرى فى اتجاه واحد دائماً فيتحرك الملف قليلاً ولا يدور.

الأستاذ/ أحمد إمام بركة
01001490360

الوحدات المستخدمة لقياس الكميات الفيزيقية فى المنهج

• **المقاومة النوعية ρ_e**
- أوم . متر
- فولت متر / أمبير

• **التوصيلة الكهربية σ**
- أوم$^{-1}$. م$^{-1}$
- سيمون . م$^{-1}$
- أمبير / فولت . متر

• **شدة التيار الكهربى I**
١- أمبير
٢- كولوم / ثانية
٣- فولت / أوم
٤- نيوتن / متر. تسلا
٥- فولت . ثانية / هنرى
٦- وبر / هنرى
٧- وات / فولت
٨- جول / وبر

• **كثافة الفيض (B)**
١- تسلا
٢- نيوتن / أمبير. متر
٣- وبر / م^2
٤- فولت. ث / م^2
٥- أوم. كولوم / م^2
٦- كجم / كولوم. ثانية
٧- كجم / امبيرث٢
٨- نيوتن . ثانية / كولوم . متر
٩- نيوتن . أوم / فولت . متر

• **الفيض المغناطيسى (ϕ_m)**
١- وبر
٢- جول. ث / كولوم
٣- جول / أمبير
٤- أوم. كولوم
٥- فولت. ثانية
٦- هنرى. أمبير
٧- نيوتن. متر / أمبير

• **معامل الحث [L , M]**
١- هنرى
٢- فولت. ث / أمبير
٣- أوم. ثانية
٤- وبر / أمبير

• **النفاذية المغناطيسية (μ)**
- وبر / أمبير. متر
- تسلا. متر / أمبير
- نيوتن / أمبير٢
- أوم ثانية / متر
- هنرى / متر
- فولت . ثانية / أمبير . م

• **ثابت بلانك (h)**
- جول. ثانية
- كجم م^2 / ث
- جول / هرتز
- وات (ثانية)^2

• **الطاقة (جميع صورها)**
- جول
- فولت. ثانية. أمبير
- فولت. كولوم
- وات . ثانية
- نيوتن. متر
- كجم م^2 / ث^2
- وبر × أمبير

• **كمية التحرك**
- كجم. متر / ثانية

• **(السرعة الزاوية) ω**
- رديان / ثانية

• **العزم**
- نيوتن. متر

• **عزم ثنائى القطب**
- نيوتن. متر / تسلا
- أمبير. م^2

• **سعة المكثف (C)**
- فاراد
- كولوم / فولت
- ثانية / أوم

• **فرق الجهد (V)**
- فولت
- أمبير.أوم
- وبر /ثانية
- جول /كولوم
- وات /أمبير
- أمبير . هنرى / ثانية
- تسلا. م^2/ ثانية

• **عجلة السقوط الحر (g)**
- متر / ثانية٢.
- نيوتن / كجم
- جول / كجم . متر

أحمد بركة
خبير الفيزياء بوزارة التربية والتعليم سابقا