

الفصل السابع (نقل الطاقة الكهربائية)

إعداد: أ/ محمد الحيلة

المولد الكهربائي (الدينامو) :

المولد الكهربائي (الدينامو): هو جهاز تتحول فيه الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية.

تركيبه:

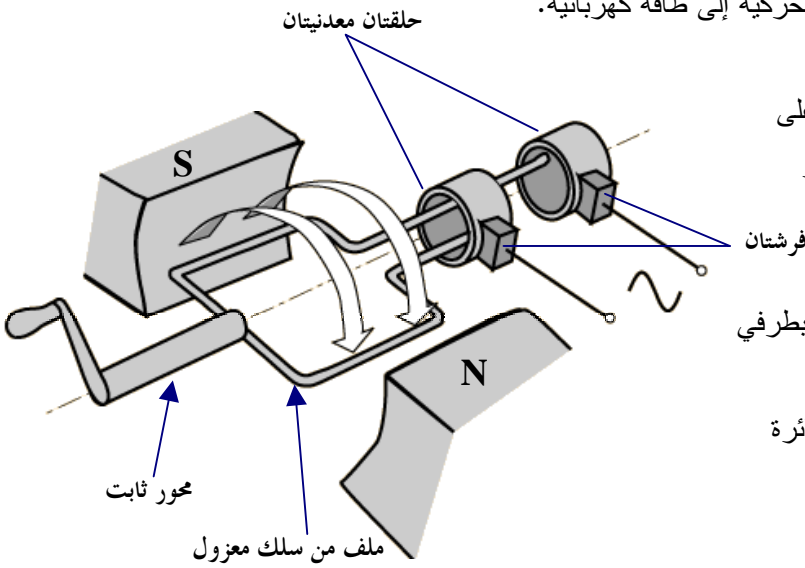
١. ملف من سلك معزول ملفوف على قلب حديدي على

شكل شرائح معزولة والملف قابل للدوران حول محور ثابت.

٢. مغناطيس قوي يقع الملف بين قطبيه.

٣. حلقتين معدنيتين معزولتين عن بعضهما تتصلان بطرفي الملف وتدوران معه.

٤. فرشتان معدنيتان تلامسان الحلقتين وتتصلان بالدائرة الخارجية.



عمل الجهاز:

تتولد ق.د.ك.ت. وبالتالي تيار تأثيري في ملف الدينامو عندما يدور بسبب تغير الفيض المغناطيسي المؤثر عليه من المغناطيس وذلك بالرجوع لقانون فارادي

$$ق = - n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

قانون الدينامو:

$$ق اللحظية = n ب س \omega \text{ حـا}$$

ويمكن إيجاد مقدار θ بالمعادلات التالية

$$\omega = \theta \quad \text{أو} \quad \theta = \pi z$$

وعندما تكون الزاوية $\theta = 90^\circ$ تكون القوة الدافعة الكهربائية التأثيرية

المتولدة أكبر ما يمكن أي أن: ق العظمى = ن ب س ω

$$\therefore ق اللحظية = ق العظمى \text{ حـا}$$

حيث أن:

ق اللحظية: القوة الدافعة الكهربائية التأثيرية المتولدة في ملف الدينامو عند لحظة ما (فولت).

ق العظمى: أكبر مقدار للقوة الدافعة الكهربائية التأثيرية المتولدة في ملف الدينامو (فولت).

ن: عدد لفات الملف.

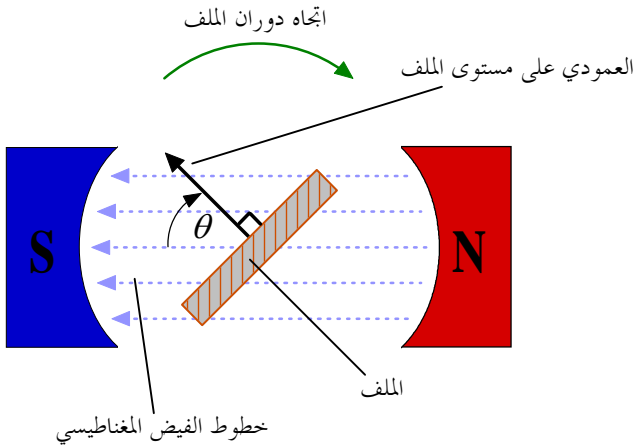
س: مساحة مقطع الملف (م^2).

ω : السرعة الزاوية لدوران الملف (راديان/ث).

θ : الزاوية التي يصنعها العمودي على مستوى الملف مع اتجاه المجال المغناطيسي.

ز: الزمن الذي نريد حساب ق اللحظية عنده (ثانية).

د: تردد الملف أي عدد الدورات التي يعملها في الثانية الواحدة (هرتز).



التغير في ق.د.ك.ت خلال دورة كاملة لملف الدينامو:

(١) الربع الأول ($0 \leftarrow 90$):

تبدأ ق.اللحظية من الصفر ثم تزداد إلى أن تصل إلى القيمة العظمى عند نهاية الربع الأول من دورة الملف.

يبدأ الملف بالدوران مبتدئاً من الوضع الرأسي أي أن مستوى الملف عمودي على خطوط المجال المغناطيسي وبالتالي فإن العمودي على مستوى الملف في نفس اتجاه المجال المغناطيسي:

أي أن $\theta = 0$
وبذلك فإن

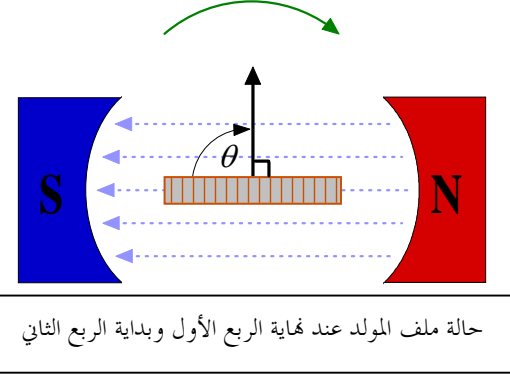
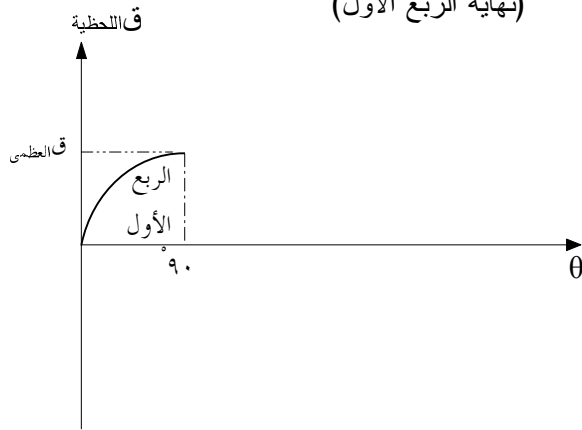
ق.اللحظية = ق.العظمى حا $\theta = 0$ (بداية الربع الأول)

وعند نهاية الربع الأول حيث يكون مستوى الملف موازاً لخطوط الفيض المغناطيسي أي أن العمودي على مستوى الملف يتعامد على اتجاه خطوط المجال المغناطيسي:

أي أن $\theta = 90$

وبذلك فإن

ق.اللحظية = ق.العظمى حا $\theta = 90$ (نهاية الربع الأول)



(٢) الربع الثاني ($90 \leftarrow 180$):

تبدأ ق.اللحظية من القيمة العظمى ثم تقل إلى أن تصل إلى الصفر عند نهاية الربع الثاني من دورة الملف.

يبدأ الربع الثاني بنفس نهاية الربع الأول ($\theta = 90$):

وبذلك فإن

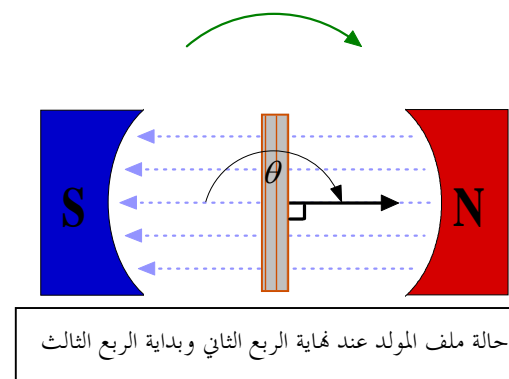
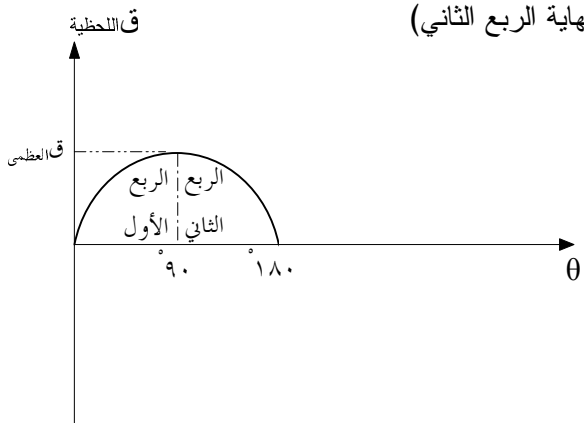
ق.اللحظية = ق.العظمى (بداية الربع الثاني)

وعند نهاية الربع الثاني حيث يكون مستوى الملف عمودي على خطوط الفيض المغناطيسي أي أن العمودي على مستوى الملف موازاً لاتجاه المجال المغناطيسي للمغناطيس ولكن في اتجاه مضاد له:

أي أن $\theta = 180$

وبذلك فإن

ق.اللحظية = ق.العظمى حا $\theta = 180$ (نهاية الربع الثاني)



(٣) الربع الثالث (١٨٠ ← ٢٧٠):-

ينعكس اتجاه القوة الدافعة الكهربية المتولدة وتبدأ من الصفر ثم تزداد إلى أن تصل إلى القيمة العظمى عند نهاية الربع الثالث من دورة الملف.

يبدأ الربع الثالث بنفس نهاية الربع الثاني ($\theta = 180^\circ$):

وبذلك فإن

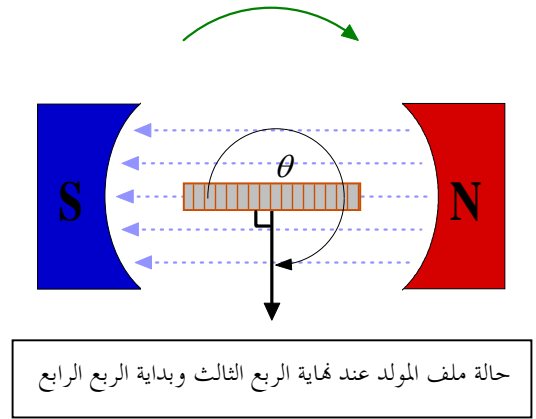
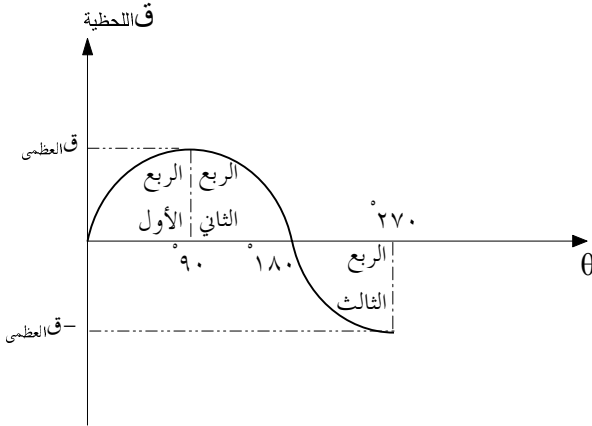
$$Q_{\text{اللحظية}} = 0 \quad (\text{بداية الربع الثالث})$$

وعند نهاية الربع الثالث حيث يكون مستوى الملف موازاً لخطوط الفيض المغناطيسي أي أن العمودي على مستوى الملف عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي ولكن في الاتجاه المضاد لاتجاهه في نهاية الربع الأول:

$$\text{أي أن } \theta = 270^\circ$$

وبذلك فإن

$$Q_{\text{اللحظية}} = Q_{\text{العظمى}} \text{ ح.ا } 270^\circ = - Q_{\text{العظمى}} \quad (\text{نهاية الربع الثالث})$$



الربع الرابع (٢٧٠ ← ٣٦٠):-

تبدأ Qاللحظية من القيمة العظمى ثم تقل إلى أن تصل إلى الصفر عند نهاية الربع الرابع من دورة الملف.

يبدأ الربع الرابع بنفس نهاية الربع الثالث ($\theta = 270^\circ$):

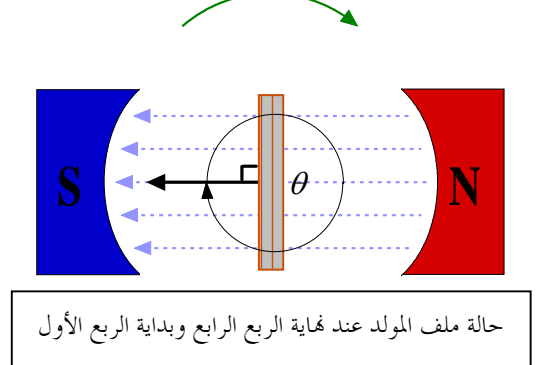
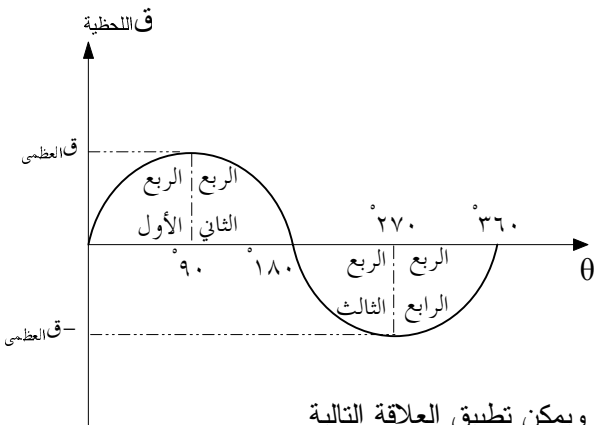
وبذلك فإن

$$Q_{\text{اللحظية}} = - Q_{\text{العظمى}} \quad (\text{بداية الربع الرابع})$$

عند نهاية الربع الرابع يعود الملف لحالته الأولى في بداية الدورة حيث يكون العمودي على مستوى الملف في نفس اتجاه المجال المغناطيسي:

$$\text{أي أن } \theta = 360^\circ \text{ أو } \theta = 0^\circ$$

$$Q_{\text{اللحظية}} = Q_{\text{العظمى}} \text{ ح.ا } 360^\circ = 0 \quad (\text{نهاية الربع الرابع})$$

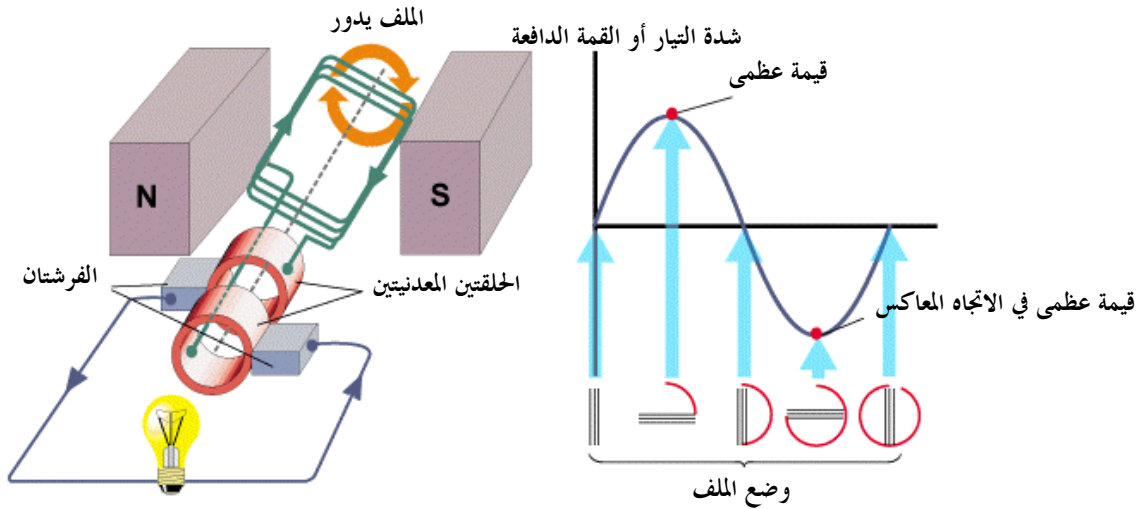


ملاحظة: إن التيار التأثيري الناتج عن الدينامو تتغير شدته تبعاً لتغير ق.د.ك.ت ويمكن تطبيق العلاقة التالية

$$Q_{\text{اللحظية}} = Q_{\text{العظمى}} \text{ ح.ا } \theta$$

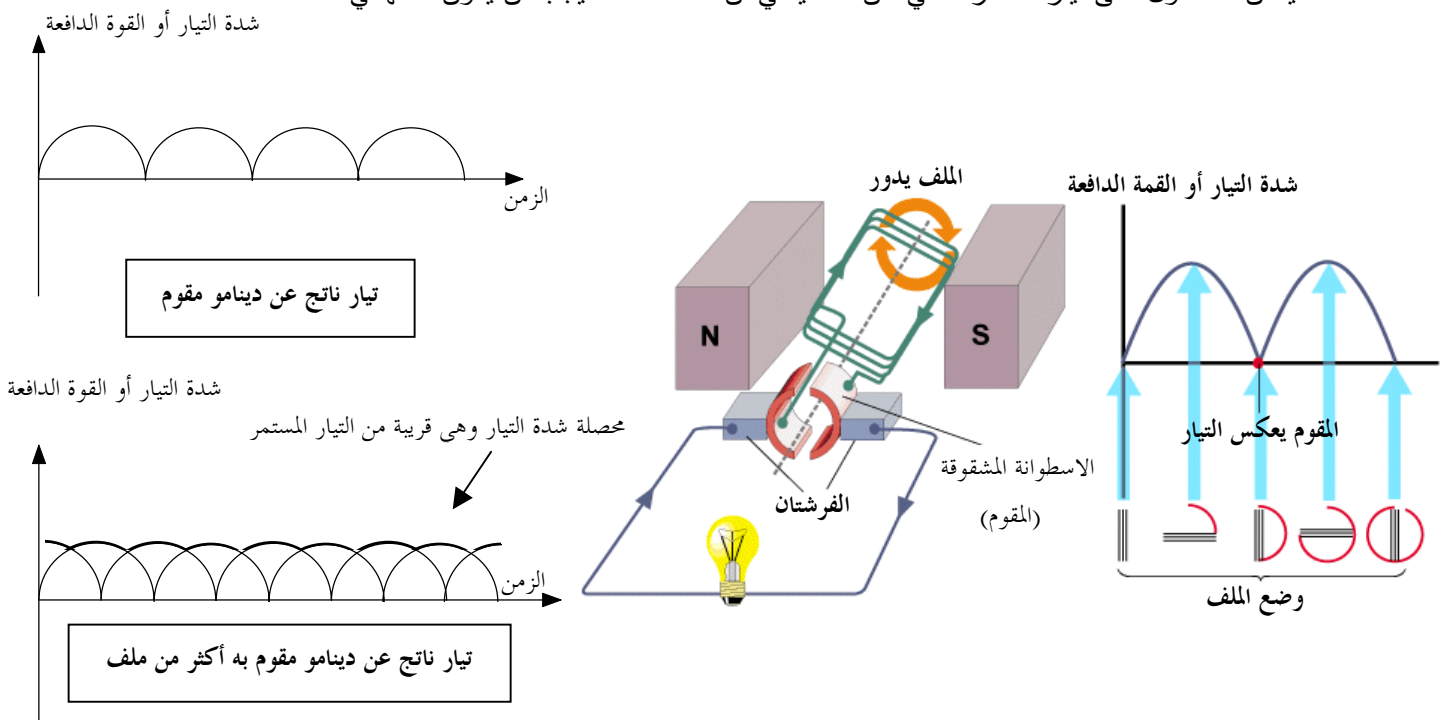
ملخص الدورة الكاملة لملف الدينامو:

1. خلال النصف الأول من الدورة يحدث تغير في كل من ق.د.ك.ت والتيار التأثيري في القيمة فتكون صفراً ثم تزداد تدريجياً حتى النهاية العظمى ثم تقل حتى تصبح صفراً.
 2. خلال النصف الثاني من الدورة ينعكس اتجاه كل من ق.د.ك.ت والتيار التأثيري وتبدأ قيمها من الصفر ثم تزداد تدريجياً حتى النهاية العظمى ثم تقل تدريجياً حتى تنعدم.
- وبذلك فإن ق.د.ك.ت أو التيار التأثيري الناتج عن الدينامو يسمى متناوب.



الدينامو المقوم:

- ✖ يتحول دينامو التيار المتناوب إلى دينامو مقوم (أي دينامو يولد ق.د.ك.ت أو تيار موحد الاتجاه) وذلك بإبدال الحلقتين بحلقة (اسطوانة) مشقوقة إلى نصفين تفصلهما مادة عازلة.
- ✖ الاسطوانة المشقوقة تسمى مقوم.
- ✖ يتوحد اتجاه التيار بسبب تبديل نصفا الحلقة موضعيهما عند إكمال الملف نصف دورة.
- ✖ يمكن الحصول على ق.د.ك.ت أو تيار مستمر تقريباً بزيادة عدد الملفات بحيث تحصر بين بعضها زوايا متساوية وهي ملفوفة على نفس القلب الحديدي.
- ✖ لا يمكن الحصول على تيار مستمر مثالي لأن ذلك يعني أن عدد الملفات يجب أن يكون لا نهائي.



التيار المتناوب:

تعريفه : هو التيار الذي تتغير شدته من الصفر إلى نهاية عظمى ثم تهبط إلى الصفر خلال نصف دورة ثم ينعكس اتجاهه وتزداد شدته من الصفر إلى نهاية عظمى ثم تقل إلى الصفر مرة أخرى خلال النصف الدورة الأخرى.

باختصار: هو تيار كهربائي متغير في الاتجاه والشدة بنظام دوري ثابت.

المصطلحات المتعلقة بالتيار المتناوب:

(١) الذبذبة (الدورة) الكاملة:

التغير الذي يحدث للتيار أو للجهد المتناوب خلال دورة كاملة من دورات الملف الذي يولد التيار.

(٢) الزمن الدوري (زمن الاهتزازة):

هو الزمن اللازم لاتمام ذبذبة أو اهتزازة أو دورة كاملة للملف أو التيار.

(٣) التردد:

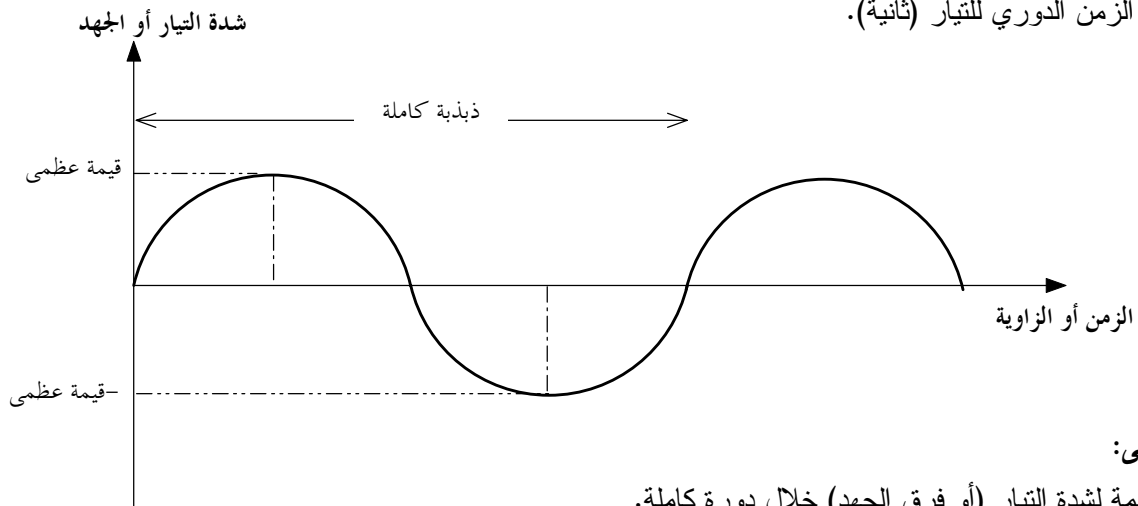
هو عدد الذبذبات أو الدورات التي يعملها الملف أو التيار في الثانية الواحدة.

$$\frac{1}{z} = d$$

حيث أن:

d: تردد التيار المتناوب (هرتز).

z: الزمن الدوري للتيار (ثانية).



القيمة العظمى:

هي أقصى قيمة لشدة التيار (أو فرق الجهد) خلال دورة كاملة.

القيمة اللحظية:

هي شدة التيار (أو فرق الجهد) المتردد عند لحظة ما.

$$ج\text{ه} \text{ اللحظية} = ج\text{ه} \text{ العظمى} \cos \theta$$

$$ت \text{ اللحظية} = ت \text{ العظمى} \sin \theta$$

القيمة المتوسطة:

■ القيمة المتوسطة للتيار أو الجهد المتناوب تساوي صفر دائماً.

■ القيمة المتوسطة للتيار أو الجهد المقوم تحسب بالمعادلتين التاليتين:

$$ج\text{ه} \text{ م} = ج\text{ه} \text{ العظمى} \times 0,636$$

$$ت \text{ م} = ت \text{ العظمى} \times 0,636$$

حيث أن

ج\text{ه} \text{ م} : القيمة المتوسطة للجهد المقوم (فولت).

ت \text{ م} : القيمة المتوسطة للتيار المقوم (أمبير).

القيمة الفعالة للتيار المتناوب:

هي شدة التيار المستمر الذي له نفس التأثير الحراري للتيار المتردد لو مر كل منهما على انفراد في نفس المقاومة ونفس الزمن. وتحسب القيمة الفعالة للتيار والجهد المتناوب بالمعادلتين:

$$I_{\text{ت.ى}} = \frac{I_{\text{العظمى}}}{\sqrt{2}}$$

$$V_{\text{ج.ى}} = \frac{V_{\text{العظمى}}}{\sqrt{2}}$$

حيث أن:

ت.ى: القيمة الفعالة للتيار المتناوب (أمبير).

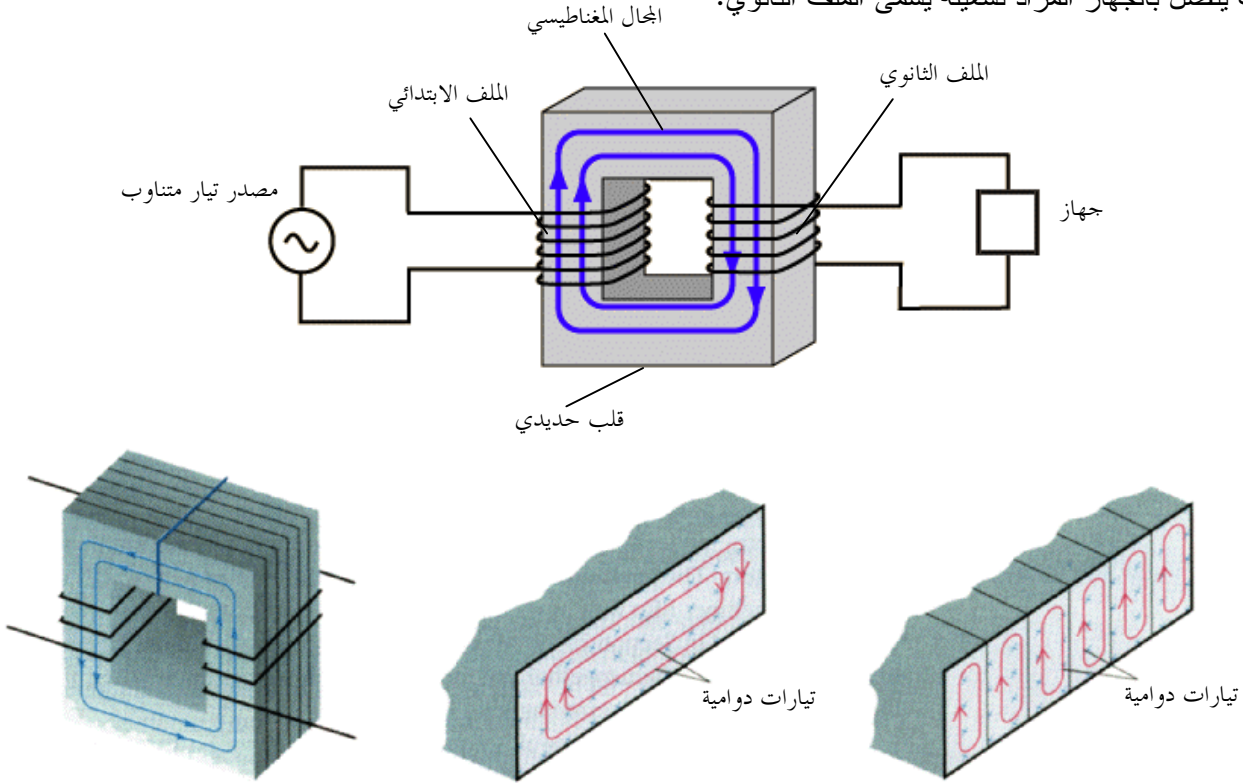
ج.ى: القيمة الفعالة للجهد المتناوب (فولت).

المحول الكهربائي:

المحول الكهربائي: هو جهاز يعمل على رفع أو خفض الجهد وشدة التيار حسب الحاجة.

تركيب المحول:

1. قلب من الحديد المطاوع مقطع إلى شرائح تفصلها مادة عازلة (لتقليل التيارات الدوامية المتولدة فيه).
2. ملف يتصل بمصدر التيار المتناوب يسمى الملف الابتدائي.
3. ملف يتصل بالجهاز المراد تشغيله يسمى الملف الثانوي.



نظرية عمله:

عند مرور التيار المتناوب في الملف الابتدائي يتولد فيه فيض مغناطيسي متغير بشدة في المقدار والاتجاه لأن التيار المتناوب تتغير شدته واتجاهه بمعدل كبير. وينتقل معظم هذا الفيض المغناطيسي المتغير خلال القلب (حيث يعمل الحديد المطاوع على تجميع خطوط الفيض) إلى الملف الثانوي فتتولد فيه بالحث ق.د.ك.ت وذلك حسب قانون فارادي:

$$q = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta z}$$

قانون المحول:

على افتراض أن معدل تغير الفيض الناشئ عن الملف الابتدائي يساوي معدل التغير الفيض المغناطيسي الذي يقطع الملف الثانوي

$$\frac{q_1 \Phi \Delta}{\Delta z} = \frac{q_2 \Phi \Delta}{\Delta z}$$

وبالرجوع إلى قانون فارادي

$$q_1 = -n_1 \frac{\Delta \Phi}{\Delta z} \quad \text{القوة الدافعة الكهربائية التأثيرية في الملف الابتدائي هي:}$$

$$q_2 = -n_2 \frac{\Delta \Phi}{\Delta z} \quad \text{القوة الدافعة الكهربائية التأثيرية في الملف الثانوي هي:}$$

ويقسمة المعادلة الأولى على المعادلة الثانية:

$$\frac{\frac{1\Phi\Delta}{\Delta} 1N^-}{\frac{2\Phi\Delta}{\Delta} 2N^-} = \frac{1Q}{2Q}$$

$$\frac{1N}{2N} = \frac{1Q}{2Q} \quad \therefore$$

وعند إهمال مقاومتي الملفين الابتدائي والثانوي فإن القوة الدافعة الكهربائية تساوي فرق الجهد (ق = جه)

$$\textcircled{1} \longleftarrow \frac{1N}{2N} = \frac{1\text{جه}}{2\text{جه}} \quad \therefore$$

وعلى افتراض أن المحول مثالي: فإن القدرة المستفزة في الملف الابتدائي تساوي القدرة المستمدة من الملف الثانوي

$$1\text{قد} = 2\text{قد}$$

$$1\text{جه}1\text{ت} = 2\text{جه}2\text{ت}$$

$$\textcircled{2} \longleftarrow \frac{2\text{ت}}{1\text{ت}} = \frac{1\text{جه}}{2\text{جه}} \quad \therefore$$

من المعادلتين (1) و (2) نجد أن

$$\text{قانون المحول} \longleftarrow \frac{2\text{ت}}{1\text{ت}} = \frac{1N}{2N} = \frac{1\text{جه}}{2\text{جه}}$$

حيث أن:

جه₁، ن₁، ت₁: فرق الجهد وعدد اللفات وشدة التيار في الملف الابتدائي.

جه₂، ن₂، ت₂: فرق الجهد وعدد اللفات وشدة التيار في الملف الثانوي.

أنواع المحولات:

بالرجوع لقانون المحول نجد أن العلاقة بين فرق الجهد وشدة التيار عكسية، فالمحول الذي يرفع الجهد يخفض شدة التيار. وللمحول نوعان:

1. محول رافع للجهد:

حيث يكون فرق الجهد المستمد من الملف الثانوي أكبر من فرق الجهد المستفد في الملف الابتدائي (جه₂ < جه₁) إذا كان عدد لفات

الملف الثانوي أكبر من عدد لفات الملف الابتدائي (ن₂ < ن₁) وبالرجوع لقانون المحول نجد أن المحول الرافع للجهد خافض للتيار

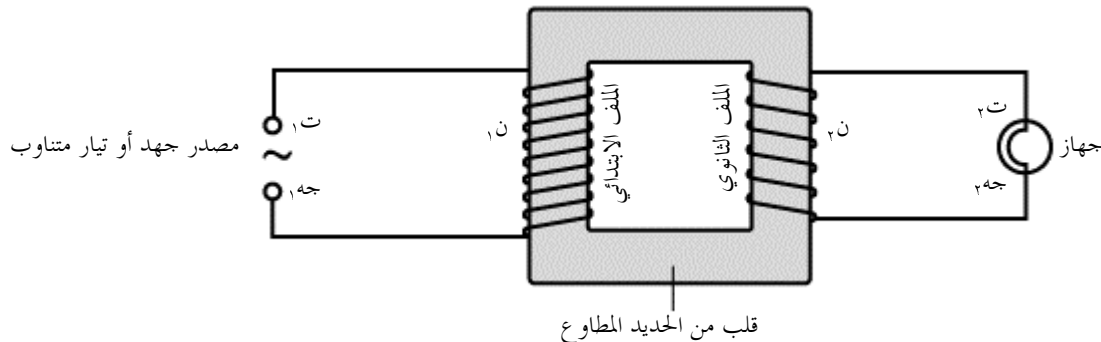
∴ المحول الرافع للجهد يكون فيه جه₂ < جه₁ و ن₂ < ن₁ و ت₂ > ت₁

2. محول خافض للجهد:

حيث يكون فرق الجهد المستمد من الملف الثانوي أصغر من فرق الجهد المستفد في الملف الابتدائي (جه₂ > جه₁) إذا كان عدد لفات

الملف الثانوي أصغر من عدد لفات الملف الابتدائي (ن₂ > ن₁) وبالرجوع لقانون المحول نجد أن المحول الخافض للجهد رافع للتيار

∴ المحول الخافض للجهد يكون فيه جه₂ > جه₁ و ن₂ > ن₁ و ت₂ < ت₁



كفاءة (فعالية) المحول:

من الناحية العملية فإن القدرة الناتجة من الملف الثانوي دائماً أقل من القدرة المستفزة من الملف الابتدائي بسبب فقد جزء من الطاقة الكهربائية للأسباب التالية:

١. فقد جزء من الطاقة الكهربائية على شكل طاقة حرارية في أسلاك ملفي المحول عند مرور التيار فيهما.
 ٢. فقد جزء من الطاقة الكهربائية على شكل طاقة حرارية بسبب تولد تيارات دوامية في قلب المحول.
 ٣. تسرب بعض خطوط الفيض المغناطيسي.
 ٤. ضياع جزء من الطاقة الكهربائية في عملية تغيير اتجاه وترتيب الجزيئات المغناطيسية كلما غير التيار المتناوب اتجاهه (ويمكن التقليل من ذلك بجعل القلب من الحديد السليكوني لكي يكون سهل المغنطة وتتحرك الجزيئات بسهولة).
- وتحسب كفاءة المحول بالمعادلة التالية:

$$\text{كفاءة المحول} = \frac{\text{القدرة في الملف الثانوي}}{\text{القدرة في الملف الابتدائي}}$$

$$\text{كفاءة المحول} = \frac{\text{قد } ٢}{\text{ت } ٢ \text{ جه } ١} = \frac{\text{قد } ١}{\text{ت } ١ \text{ جه } ١}$$

وعندما يكون المحول مثالي فإن $\text{قد } ١ = \text{قد } ٢$

$$\text{الكفاءة} = ١ = ١٠٠\%$$

التيار المتناوب ونقل الطاقة الكهربائية

لنقل الطاقة الكهربائية من محطة التوليد إلى المنازل، يرفع الجهد إلى مقدار كبير (يصل إلى ٦٦ كيلوفولت أو أكثر) عن طريق محول رافع للجهد فتتخفف شدة التيار مما يؤدي إلى تقليل الطاقة الحرارية المستفزة في الأسلاك (حسب قانون جول: $\text{كج} = \text{ت}^2 \text{م}$)، وقبل توصيل الطاقة الكهربائية للمنازل تمر عبر محول خافض للجهد حتى تصلح لتشغيل الأجهزة المنزلية. وعموماً فإن التيار المتناوب يتميز بالخواص التالية:

١. يتم رفع وخفض الجهد (وشدة التيار) المتناوب باستخدام المحولات ولا يتم ذلك مع التيار المستمر.
٢. يمكن تحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر باستخدام المقومات.
٣. يتم نقل التيار المتناوب مسافات بعيدة بدون فقد كبير في الطاقة بعد خفض شدته.
٤. رخص ثمن استهلاك التيار المتناوب بالمقارنة مع طاقة التيار المستمر.

