

Chapter Three الفصل الثالث

الحث الكهرومغناطيسي

Electromagnetic Induction

Sequence:18

- المقدمة.
- معامل الازدواج بين ملفين.
- الطاقة المخزونة في الملف.

المقدمة

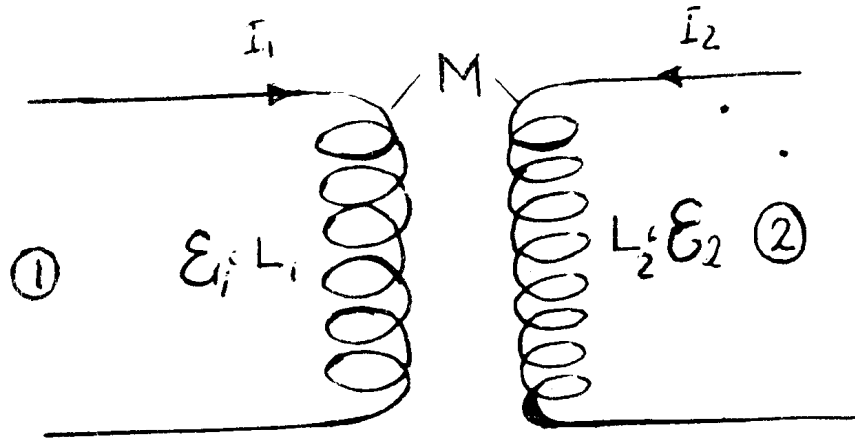
- لزيادة حث الملف بدون زيادة عدد اللفات يستخدم قلب مصنوع من مادة حديد ومغناطيسية حيث يساعد علي تجميع وتركيز المجال المغناطيسي الناتج من الملف فيزيد الحث . وإذا كان القلب مصمماً تمر فيه تيارات تسمى بالتيارات الاعصارية نتيجة للـ ق . د . ك المتولدة بالحث في القلب , وتتخذ هذه التيارات مسارا دائرياً بالقلب , وهي تمثيل فقد للقدرة ينتج عنها سخونة الملف فيتلف عزله , وخاصة عند التردد العالي .
- للتقليل من هذه القدرة المفقودة تستعمل قلوب من رقائق الحديد تجمع معاً وتعزل عن بعضها , وبذلك تزيد مقاومة دائرة الحديد للتيارات الاعصارية ؛ فتقل شدتها إلى الدرجة التي تجعل تأثيرها قليل الضرر .
- تستخدم أيضاً قلوب مصنوعة من برادة الحديد التي تلتصق مع بعضها بمادة لاصقة , وتشكل علي هيئة القلب المطلوب للملف . وبذلك تكون مقاومة حبيبات برادة الحديد عالية جدا بالنسبة للتيارات الاعصارية . كما تستخدم مواد تعرف بالفرايت كقلوب مغناطيسية في كثير من ملفات الحث في حالة الترددات العالية , ومواد الفرايت هي مواد خزفية لها خواص مغناطيسية مشابهة للحديد ولكنها تعتبر عوازل من الوجهة الافتراضية .
- تحدث المحاثة المتبادلة عندما يؤثر تغير للتيار في أحد الملفات منتجا جهدا في ملف آخر قريب. وتلك الحالة مهمة حيث يعتمد عليها عمل المحول الكهربائي ، كما تتسبب أحيانا في تأثير غير مرغوب فيه في دائرة كهربائية. وتعتبر المحاثة المتبادلة M أيضا مقياس للترابط بين اثنين من الموصلات. وتحسب المحاثة المتبادلة بين دائرتين بواسطة إجراء تكاملين لمعادلة نيومان.

معامل الازدواج بين ملفين

- لمعرفة مقياس الترابط المشترك في الفيض المغناطيسي بين ملفين، نعتبر أن لدينا ملفين متقارنين، فإذا كان الحث الذاتي للملف الأول هو L_1 والملف الثاني L_2 وأن التيار المار في الملف الأول هو I_1 والملف الثاني هو I_2 ، كما هو موضح في الشكل رقم (38). إذا فرضنا أن ϕ_1 يمثل الفيض المغناطيسي الذي يقطع الملف الأول نتيجة مرور التيار I_1 فيه وأن ϕ_2 يمثل الفيض المغناطيسي الذي يقطع الملف الثاني نتيجة مرور التيار I_2 فيه، وعليه فإن الحث الذاتي لكل ملف يعطى من المعادلة التالية :

$$L = \frac{N\phi}{I}$$

- إذن الحث الذاتي للملف الأول هو :



$$L_1 = \frac{N_1\phi_1}{I_1} \quad \dots (28)$$

- والحث الذاتي للملف الثاني هو :

$$L_2 = \frac{N_2\phi_2}{I_2} \quad \dots (29)$$

شكل (38): العلاقة بين الحث الذاتي والمتبادل.

- فإذا كان الحث المتبادل بين الملفين يساوي M ، ومن المعادلة رقم (23) نحصل على :

$$\therefore M = \frac{\phi_{12} N_1}{I_2} \quad \dots (30)$$

$$\therefore M = \frac{\phi_{21} N_2}{I_1} \quad \dots (31)$$

- حيث أن ϕ_{21} هو الفيض المغناطيسي الذي يقطع الملف الثاني نتيجة مرور تياراً متغير مقداره I_1 في الملف الاول، وأن ϕ_{12} يمثل الفيض المغناطيسي الذي يقطع الملف الاول نتيجة مرور تياراً متغير مقداره I_2 في الملف الثاني.

- عندما يكون الملفين متساويين في الحجم وقريبين جداً من بعضهما ويقابل بعضهما البعض فإنه يحدث ترابط تام بين الملفين المتجاورين، أي أن :

$$\phi_{21} = \phi_1 \quad \dots (32)$$

$$\phi_{12} = \phi_2 \quad \dots (33)$$

- من المعادلتين (30) و (31) نحصل على :

$$\therefore M^2 = \frac{\phi_1 N_1}{I_1} \cdot \frac{\phi_2 N_2}{I_2} = L_1 \cdot L_2 \quad \dots (34)$$

- أما إذا كان الترابط غير تام بين الملفين المتجاورين، فإن :

$$\phi_{21} \neq \phi_1$$

$$\phi_{12} \neq \phi_2$$
..... (35)

- وعنده هذه الحالة فإن المعادلة (34) تأخذ الصيغة الرياضية التالية :

$$\therefore M^2 = K \cdot L_1 \cdot L_2 \quad \text{..... (36)}$$

- حيث أن K يسمى ثابت الترابط بين الملفين (معامل الازدواج) وقيمته $(K \leq 1)$ ، وأن K هو مقياس الترابط بين الملفين ويعطى بالمعادلة التالية :

$$K = \frac{M^2}{L_1 \cdot L_2} \quad \text{..... (37)}$$

ملاحظة:

- 1- إذا كان الفيض الناتج من الملف الأول يخترق جميعه الملف الثاني فإن $K=1$ ويقال بان الملفين مترابطين مغناطيسيا (أي ان $(M^2 = L_1 \cdot L_2)$)

- 2- إذا كان الفيض الناتج من الملف الأول لا يخترق نهائيا الملف الثاني فإن $K=0$ ويقال بان الملفين معزولين وان $M=0$.

- 3- إذا كان جزءا من الفيض الناتج من الملف الأول يخترق الملف الثاني فإن $0 < K < 1$.

الطاقة المخزونة في الملف

- من تعريف القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة في الملف (المحاضرة رقم 16) والتي تعطى بالمعادلة التالية:-

$$\therefore \varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$$

- ومن تعريف القدرة (المعادلة رقم 12 في المحاضرة رقم 12)، فإن :

$$\therefore P = \varepsilon I = -LI \frac{dI}{dt} \quad \dots (38)$$

- حيث أن الطرف الأيمن للمعادلة رقم (38) يمثل القدرة المخزونة في الملف، وللحصول على الطاقة المغناطيسية المخزونة في الملف w نكامل المعادلة الاخيرة لنحصل على :

$$W = \int_0^t P dt = L \int_0^I IdI$$

$$W = \frac{1}{2} LI^2 \quad \dots (39)$$

- وتمثل المعادلة رقم (39) الطاقة المغناطيسية المخزونة في ملف منفرد حثه الذاتي L ويمر فيه تيار مقداره I .

- أما كثافة الطاقة المغناطيسية U فيمكن معرفتها، لنفرض ان لدينا ملف اسطوانى طوله l وعدد لفاته N ومساحة مقطعه A ويمر فيه تيار مقداره I ، فإن :

$$\therefore W = \frac{1}{2} LI^2 \quad \& \quad n = \frac{N}{l}$$

- حيث أن n يمثل عدد اللفات لوحدة الطول.

- ومن خلال تعريف معامل الحث الذاتي والفيض المغناطيسي ومقار المجال المغناطيسي B يمكن الحصول على الطاقة المغناطيسية المخزونة في الملف w ومن ثم معرفة كثافة الطاقة المغناطيسية U من خلال الخطوات الرياضية التالية :

$$\therefore L = \frac{N}{I} \phi \quad \& \quad \phi = AB \quad \& \quad B = \mu_o nI$$

$$\therefore L = \frac{N}{I} AB$$

$$W = \frac{NAB}{2} I = \frac{B}{2} NIA \quad] \times \frac{\mu_o}{\mu_o}$$

$$W = \frac{B}{2\mu_o} \mu_o nI \quad Al = \frac{B^2}{2\mu_o} \quad Al \quad \dots\dots\dots (40)$$

$$\therefore U = \frac{W}{Al} = \frac{B^2}{2\mu_o} \quad \dots\dots\dots (41)$$

• مثال (1) :

ملفان A و B عدد لفات كل منهما 750 لفة يقعان في مستويين متوازيين فإذا كان معدل تغير التيار في الملف A والذي يساوي 1500 أمبير/ثانية ينتج عنه ق.د.ك محتثة مقدارها 11.25 فولت في الملف B . احسب الحث المتبادل. وإذا كان الحث الذاتي لكل منهما 15 ملي هنري .. احسب الفيض الناتج من الملف A لكل أمبير والنسبة المئوية للفيض المخترق للملف B .

الحل:

$$\varepsilon = M \frac{dI_1}{dt} \Rightarrow M = \frac{\varepsilon}{\frac{dI_1}{dt}} = \frac{11.25}{1500}$$

• (1) لأيجاد معامل الحث المتبادل نستخدم المعادلة :

$$\therefore M = 7.5 \text{ mH}$$

• (2) ولحساب الفيض الناتج من الملف A لكل أمبير

$$\therefore L_1 = \frac{N_1 \phi_1}{I_1} \Rightarrow \therefore \frac{\phi_1}{I_1} = \frac{L_1}{N_1} = \frac{15 \times 10^{-3}}{750} = 2 \times 10^{-3} \text{ Wb/A}$$

• نستخدم المعادلة التالية :

$$K = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \quad \& \quad \therefore L_1 = L_2 = L$$

• (3) ولمعرفة النسبة المئوية للفيض المخترق للملف

$$\therefore K = \frac{7.5 \times 10^{-3}}{\sqrt{L^2}} = \frac{7.5 \times 10^{-3}}{15 \times 10^{-3}} = 0.5 = 50\%$$

• نستخدم المعادلة التالية :

• B

• مثال (2) :

ما مقدار الطاقة المخزونة في طول مقداره 20 cm من ملف اسطواني مجوف طويل جدا مساحة مقطعه 30 cm^2 وعدد لفات المتر الواحد من طوله 2000 لفة، ويمر خلاله تيار شدته 2 Amp .

الحل:

• (1) لإيجاد الطاقة المخزونة نستخدم العلاقة رقم (40) :

$$\therefore W = \frac{B^2}{2\mu_0} Al$$

$$\therefore B = \mu_0 In = 4\pi \times 10^{-7} \times 2 \times 2000$$

$$\therefore W = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \times 2 \times 2000)^2}{2 \times 4\pi \times 10^{-7}} \times (30 \times 10^{-4} \times 20 \times 10^{-2})$$

$$W = 192\pi \times 10^{-5} \text{ Joul} \quad \text{جول} \quad \bullet$$

الخلاصة Summary

- تضمنت المحاضرة النقاط المهمة التالية :
- تعريف معامل الازدواج (الترابط) بين ملفين، والذي يبين لنا مقياس الترابط المشترك في الفيض المغناطيسي بين الملفين. وهناك ثلاثة حالات هي :
- 1- إذا كان الفيض الناتج من الملف الأول يخترق جميعه الملف الثاني فان $K=1$ ويقال بان الملفين مترابطين مغناطيسيا.
- 2- إذا كان الفيض الناتج من الملف الأول لا يخترق نهائيا الملف الثاني فان $K=0$ ويقال بان الملفين معزولين وان $M=0$.
- 3- إذا كان جزءا من الفيض الناتج من الملف الأول يخترق الملف الثاني فان حيث ان $0 < K < 1$.
- التعرف على الطاقة المغناطيسية المخزونة في ملف منفرد حثه الذاتي L ويمر فيه تيار مقداره I .
- تحديد كثافة الطاقة المغناطيسية U لملف اسطواني طوله l وعدد لفاته N ومساحة مقطعه A ويمر فيه تيار مقداره I .
- مثال (1) & مثال (2)
- أختبار.