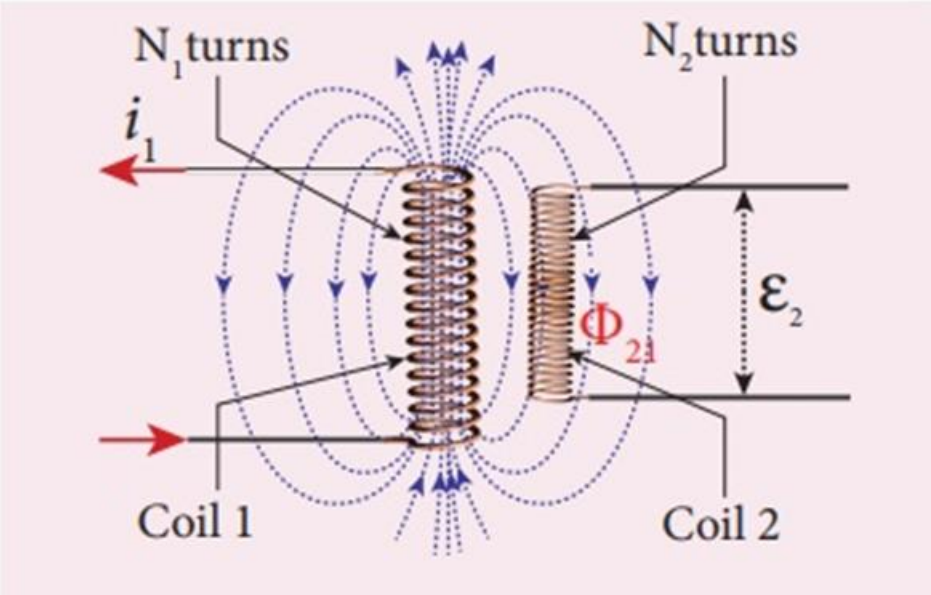
3-5الحث المتبادل Mutual Induction

عند مرور تيار كهربائي وتغير الشده في احد ملفين متجاورين يتولد مجال مغناطيسي متغير الشدة ايضا يقطع الملف الاخر ويولد قوة دافعة كهربائية محتثة ε_{in} وبالتالي تيار محتث I_{in} في الملف الاخر(حسب قانون فأراداي) *هذه الظاهرة* تسمى بالحث المتبادل.

الحث المتبادل: هو ظاهره تولد قوه دافعه كهربائية محتثهε_{in} في احد الملفين المتجاورين عندما يمر تيار متغير الشده الملف الاخر.



نفرض ان الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثاني عند مرور تيار I_1 في الملف الاول

$\emptyset_{21=}$

هذا الفيض يعتمد على عده عوامل وهي:

1- يتوقف على مساحه مقطع الملف الثاني

2-المسافة بين الملفين

3- يعتمد على وضع الملف الثاني بالنسبة للملف الاول او على التركيب الهندسي للملف الثاني

4- يعتمد على شده التيار الكهربائي المار في الملف الاول.

اذا كانت جميع العوامل ثابته ماعدا شده التيار الكهربائي

$\emptyset_{21} \alpha I_1$

$\emptyset_{21} = KI_1 \ldots\ldots\ldots..1$

حيث K تساوي كميه ثابته تعتمد قيمتها على العوامل السابقة.

∴ق.د.ك المحتثة في الملف الثاني ε_2 هي: -

$\varepsilon_2 = -N_2 \frac{d\emptyset_{21}}{dt} \ldots\ldots\ldots.2$ قانون فأراداي

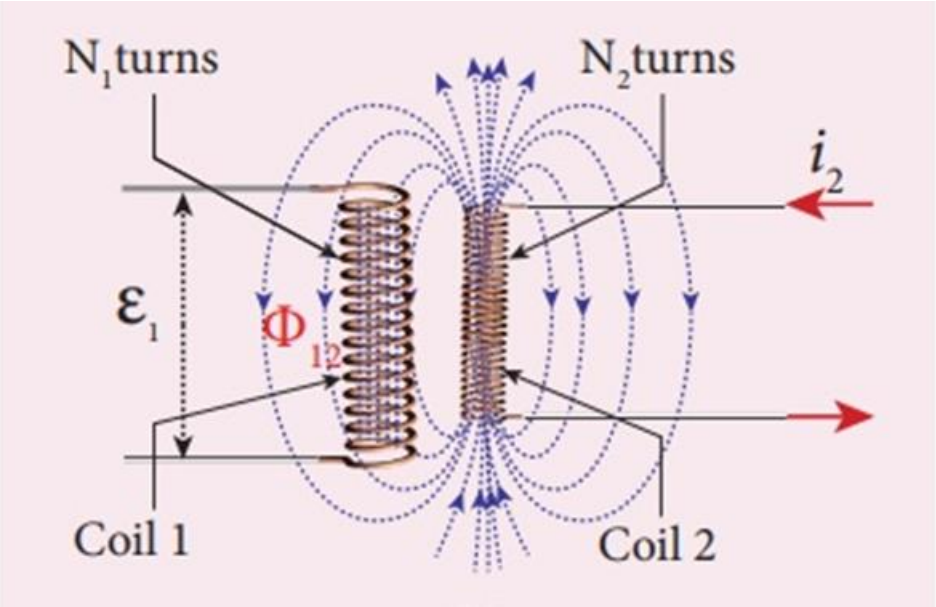
$\varepsilon_2 = -N_2 \frac{d}{dt}(KI_1)$

$\varepsilon_2 = -N_2 K \frac{dI_1}{dt}$

$\varepsilon_2 = -M_{21} \frac{dI_1}{dt} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 3$

$M_{21} = N_2 K$ وهو كمية ثابتة ويطلق علية معامل الحث المتبادل

بنفس الطريقة نفرض ان الفيض المغناطيسي الذي يقطع الملف الاول عند مرور تيار I_2 في



الملف الثانييساوي $\emptyset_{12}$ وان $\emptyset_{12}$ يعتمد على العوامل السابقة

$\emptyset_{12}\ \alpha I_2$

$\emptyset_{12} = \acute{K} I_2 \ldots\ldots\ldots\ldots .4$

∴ق.د.ك المحتثة في الملف الاول ε_1 هي: -

$\varepsilon_1 = -N_1 \frac{d\emptyset_{12}}{dt} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots.\ldots\ldots\ldots 5$

$\varepsilon_1 = -\acute{K} N_1 \frac{dI_2}{dt}$

$\varepsilon_1 = -M_{12} \frac{dI_2}{dt} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..6$

$M_{12} = \acute{K} N_1$ وهي كمية ثابتة ويسمى بمعامل الحث المتبادل

ملاحظة/ اذا كان الملفان متماثلين والوسط الفاصل بينهما هو الفراغ فأن

$M_{12} = M_{21} = \mathrm{M}$

لذا تكتب معادلة (3) ومعادلة (6)بالصيغة التالية : -

$\varepsilon_2 = -M \frac{dI_1}{dt} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots.\ldots\ldots\ldots\ldots.7$

$\varepsilon_1 = -M \frac{dI_2}{dt} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots.\ldots\ldots\ldots 8$

M : معامل الحث المتبادل بين الملفين

ويمكنان نضع المعادلتين (7)و (8) بالصيغة التالية :

$M = \frac{-\varepsilon_2}{dI_1/dt} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 9$

$M = \frac{-\varepsilon_1}{dI_2/dt} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..10$

∴ معامل الحث المتبادل : يعرف بأنه ق .د .ك المحتثة في احد الملفين متقارنين عندما يمر تيار في الملف الاخر يتغير بمعدل$1Amp/sec$او بعبارة اخرى يعرف معامل الحث المتبادل بأنه النسبة بين ق .د .ك المحتثة في احد الملفين المتقارنين الى المعدل الزمني لتغير التيار في الملف الاخر.

ويقاس معامل الحث المتبادل بوحدة الهنري

ويعرف الهنري على انه معامل الحث المتبادل بين ملفين متقارنين ق .د .ك المحتثة في احد الملفين تساوي 1volt عندما يتغير التيار المار في الملف الاخر بمعدل$1Amp/sec$ والوحدة الاساسية للهنري هي:

H=Volt.Sec/Amp

من معادلة (2) و(7) نجد ان

$$\varepsilon_2 = -N\frac{d\emptyset_{21}}{dt} = -M\frac{dI_1}{dt}$$

$$N_2 d\emptyset_{21} = M dI_1$$

وبتكامل الطرفين نحصل على

$$N_2\emptyset_{21} = MI_1 + C$$

عندما $I_1 = 0$ فأن $\emptyset_{21} = 0$ ايضا لذا $C = 0$

$$\therefore N_2\emptyset_{21} = MI_1$$

$$\boldsymbol{M = \frac{N_2\emptyset_{21}}{I_1} \ldots\ldots\ldots\ldots 11}$$

وبنفس الطريقة من المعادلة (5) و(8) نجد ان

$$\boldsymbol{M = \frac{N_1\emptyset_{12}}{I_2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 12}$$

$$\boldsymbol{H = \frac{web.turn}{Amp}}$$ ويقاس بوحدة الهنري

ملاحظة / اذا كان الملفين غير متماثلين فأن

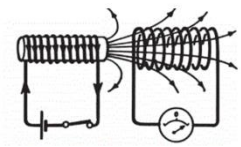
$$M_{21} = \frac{N_2\emptyset_{21}}{I_1}$$

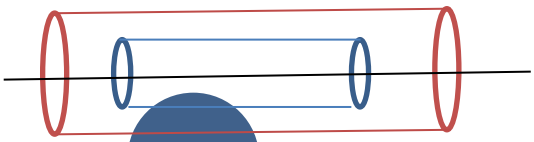
$$M_{12} = \frac{N_1\emptyset_{12}}{I_2}$$

$$M_{12} \neq M_{21}$$

مثال/ ملف اسطواني طوله($L_1 = 2m$)ومساحه مقطعه ($A_1 = 40cm^2$)وعدد لفاته ($N_1 = 2000$)لفه وضع في داخله وفي المنتصف ملف قصير بوضع بحيث اصبح للملفين محور مشترك طول الملف القصير($L_2 = 20cm$) ومساحه مقطعة ($A_2 = 16cm^2$)وعدد لفاته ($N_2 = 200$) لفه جد:

معامل الحث المتبادل بين الملفين والقوه الدافعة الكهربائية المتولدة في الملف القصير اذا كان التيار في الملف الطويل يتغير بمعدل $\frac{dI_1}{dt} = 0.8\, {}^{Amp}/_{sec}$





الحل/ (1)

$$\boldsymbol{M = \frac{N_2 \emptyset_{21}}{I_1}}$$

$$B_1 = \mu_\circ N_1 I_1 = \mu_\circ \frac{N_1}{L_1} I_1$$

$$\emptyset_{21} = B_1 A_2 \cos\theta \qquad , \theta = 0$$

$$\therefore \emptyset_{21} = B_1 A_2 = \mu_\circ \frac{N_1}{L_1} I_1 A_2$$

$$\therefore M = \frac{N_2}{\cancel{I_1}} \mu_\circ \frac{N_1}{L_1} \cancel{I_1} A_2$$

$$\therefore \boldsymbol{M = \frac{\mu_\circ N_1 N_2 A_2}{L_1}}$$

$$M = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2000 \times 200 \times 16 \times 10^{-4}}{2}$$

$$M = 4.02 \times 10^{-3} H$$

$$M = 4.02 mH$$

(2)

$$\because \varepsilon_2 = -M \frac{dI_1}{dt}$$

$$\varepsilon_2 = -4.02 \times 10^{-3} \times 0.8$$

$$\therefore \varepsilon_2 = -3.210^{-3} Volt$$