

# Chapter Three      الفصل الثالث

## الحث الكهرومغناطيسي

## Electromagnetic Induction

### Sequence:19

- المقدمة.
- ربط المحاثات (الملفات) على التوالي.

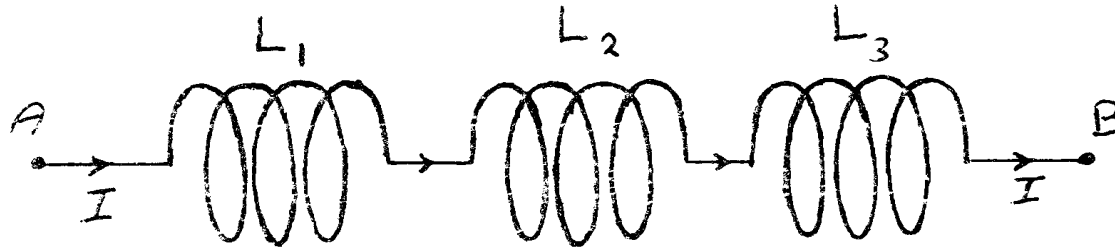
## المقدمة

- الدائرة الكهربائية التي توصل مكوناتها على التوالي ، أي يمر فيها التيار واحدة تلو الأخرى تسمى دائرة التوالي أو دائرة توصيل على التوالي ، و دائرة التوازي توصل فيها المكونات من مقاومات ومكثفات وخلافه على التوازي .
- تصور دائرة كهربائية بسيطة مكونة من من أربعة مصابيح و بطارية 6 فولت . فإذا وصلنا البطارية بسلك وبأحد المصابيح ومن المصباح الأول إلى المصباح التالي ثم بالمصباح الذي يليه وهكذا حتي نعود إلى البطارية مكونين دورة واحدة تسمى تلك الدائرة دائرة التوالي . وعند تركيب الأربعة مصابيح على التوالي يمر في كل مصباح نفس التيار الكهربائي ، وينخفض فرق الجهد عبر كل مصباح 1.5 فولت ، وإذا وصلنا الأربعة مصابيح على التوازي مر في كل منها جزءا من التيار ويكون مجموع أجزاء التيارات مساويا لتيار البطارية ، بينما يبلغ فرق الجهد عبر كل مصباح 6 فولت .
- في دائرة التوالي لا بد من سلامة تشغيل كل جزء في الدائرة حتى تعمل الدائرة ، فإذا تلف احد المصابيح الأربعة انقطع التيار وانطفأت الدائرة . أما في دائرة التوازي يكون لكل مصباح دائرته الخاصة به ، فإذا تلف احد هذه المصابيح لم تؤثر على إضاءة المصابيح الأخرى.

## ربط المحاثات (الملفات) على التوالي

- تربط الملفات (المحاثات) مع بعضها البعض على التوالي أو التوازي كما هو الحال مع المقاومات الكهربائية، ويمكن حساب المحاثة المكافئة عندما لا يكون هناك حالة اقتران بين تلك الملفات (أي أن  $M=0$ ) أو يوجد حالة اقتران بينهما (أي أن  $M \neq 0$ ).
- نفرض ان لدينا ثلاث محاثات  $L_1$  و  $L_2$  و  $L_3$  مربوطة على التوالي كما في الشكل رقم (39) ، إذا كان الحث المتبادل معدوم بينها فإن عملية حساب المحاثة المكافئة ستكون بسيطة. فإذا فرضنا أن  $I$  هو التيار المتغير الذي يمر في جميع المحاثات فإن القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على المحاثات المنفردة تأخذ الصيغة :

$$\varepsilon_1 = -L_1 \frac{dI}{dt} \quad \& \quad \varepsilon_2 = -L_2 \frac{dI}{dt} \quad \& \quad \varepsilon_3 = -L_3 \frac{dI}{dt} \quad \dots \dots (42)$$



شكل (39): ثلاثة محاثات مربوطة على التوالي.

- وعليه فإن القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي المجموعة AB تساوي مجموع القوة الدافعة الكهربائية المحتثة للمحاثات المنفردة، أي أن:-  

$$\therefore \mathcal{E}_T = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3$$

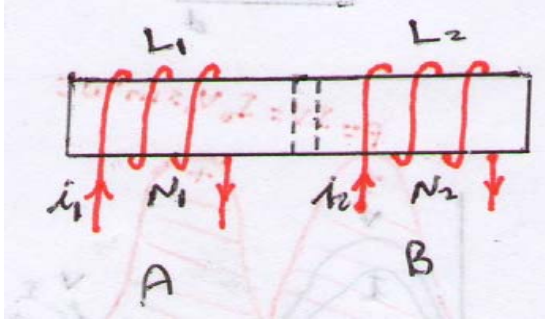
$$\therefore \mathcal{E}_T = -(L_1 + L_2 + L_3) \frac{dI}{dt} = -L_T \frac{dI}{dt}$$

$$\therefore L_T = L_1 + L_2 + L_3 \quad \dots (43)$$

- وتطبق العلاقة الأخيرة أيضاً بالنسبة لمحاثات مربوطة على التوالي عددها أكثر من ثلاثة محاثات وعندما تكون  $M=0$ .

- في حالة وجود حث متبادل بين ملفين (أي أن  $M \neq 0$ ) وكانا مربوطين على التوالي فإنه توجد حالتين وهما كما يلي :

- أ) إذا كان التيار المار في الملفين بنفس الاتجاه فإن التغير في الفيض المغناطيسي سيكون بنفس الاتجاه (أي أن الفيض الذاتي للملف والفيض المخترق له والناتج عن الملف الثاني بنفس الاتجاه)، كما هو مبين في الشكل رقم (40) وعليه فإن القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الناتجة عن



شكل (40): ملفين مربوطين على التوالي والتيار المار فيهما بنفس الاتجاه.

- الحث الذاتي والمتبادل ستكونان باتجاه واحد ، أي أن:

$$\varepsilon_1 = -L_1 \frac{dI}{dt} - M \frac{dI}{dt} = -(L_1 + M) \frac{dI}{dt}$$

$$\varepsilon_2 = -L_2 \frac{dI}{dt} - M \frac{dI}{dt} = -(L_2 + M) \frac{dI}{dt}$$

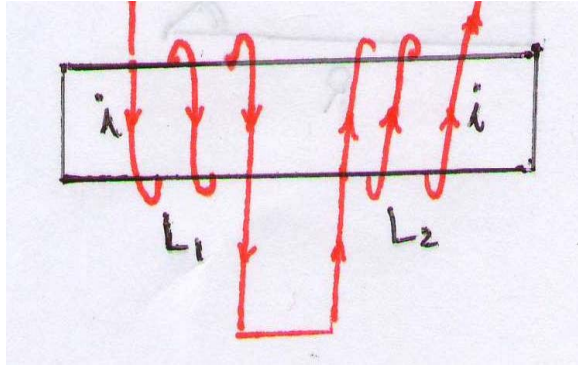
- إذن القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الكلية في الملفين تساوي :

$$\therefore \varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = -(L_1 + L_2 + 2M) \frac{dI}{dt}$$

- وعليه فإن المحاثة الكلية المكافئة في حالة التيار المار في الملفين بنفس الاتجاه هي :

$$\therefore L_T = L_1 + L_2 + 2M \quad \dots (44)$$

- ب) إذا كان التيار المار في الملفين باتجاهين متعاكسين فإن كثافة الفيض الذاتي للملف والفيض المخترق له والناتج عن الملف الثاني سيكونان باتجاهين متعاكسين، كما هو موضح في الشكل رقم (41) وعليه فإن القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الناتجة عن الحث الذاتي والمتبادل ستكونان أيضاً باتجاهين متعاكسين، أي أن :-



شكل (41): ملفين مربوطين على التوالي والتيار المار فيهما بعكس الاتجاه .

$$\varepsilon_1 = -L_1 \frac{dI}{dt} - (-M \frac{dI}{dt})$$

$$\varepsilon_2 = -L_2 \frac{dI}{dt} - (-M \frac{dI}{dt})$$

- إما القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الكلية في الملفين تساوي :

$$\therefore \varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = -(L_1 + L_2 - 2M) \frac{dI}{dt}$$

- وعليه فإن المحاثة الكلية المكافئة في حالة التيار المار في الملفين بعكس الاتجاه هي :

$$\therefore L_T = L_1 + L_2 - 2M \quad \dots (45)$$

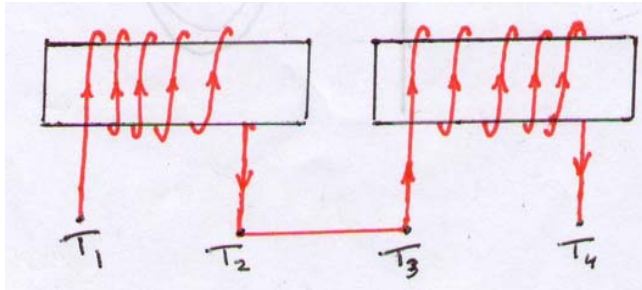
- ومن المعادلتين (44) و (45) يمكن الحصول على محاثة متغيرة القيمة وحسب الحاجة في الدوائر الكهربائية والأجهزة .

## • مثال (1) :

ملفان أقطابهما  $T_1T_2$  والآخر  $T_3T_4$  وضعت بالقرب من بعضهما.. فإذا كان الحث الذاتي للملف الاول 1200 ملي هنري وللملف الثاني 800 ملي هنري .. وتم ربط  $T_3$  بـ  $T_2$  كان الحث  $L_T$  بين  $T_1$  و  $T_4$  2500 ملي هنري. مامقدار الحث المتبادل بين الملفين وما مقدار  $L_T$  بين  $T_3$  و  $T_1$  عندما يتم ربط  $T_2$  مع  $T_4$ .

## الحل:

• (1) الحالة الاولى يكون فيها التيار المار في الملفين بنفس الاتجاه

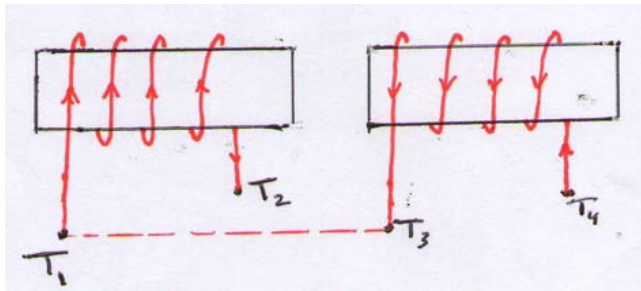


$$\therefore L_T = L_1 + L_2 + 2M$$

$$2500 = 1200 + 800 + 2M$$

$$\therefore M = 250 \text{ mH}$$

• (2) الحالة الثانية يكون فيها التيار المار في الملفين بعكس الاتجاه



$$L_T = L_1 + L_2 - 2M$$

$$L_T = 1200 + 800 - 2 \times 250$$

$$L_T = 1500 \text{ mH}$$

- **مثال (2) :** ملفان معامل الازدواج بينهما ( $K=0.25$ ) مربوطان على التوالي بحيث يكون تأثيرهما (أ) بنفس الاتجاه (ب) بعكس الاتجاه. وكان مقدار الحث الكلي للحالة (أ) يساوي ( $1.9 H$ ) وللحالة (ب) يساوي ( $0.7 H$ ). جد الحث المتبادل بين الملفين ثم أحسب الحث الذاتي لكل ملف.

**الحل:** من المعادلتين (44) و (45) نحصل على المعادلتين (1) و (2) .

$$L_T = L_1 + L_2 + 2M$$

$$1.9 = L_1 + L_2 + 2M \quad \dots\dots (1)$$

وبطرح المعادلتين (1) و (2) نحصل على الحث المتبادل  $M$  والذي يساوي  $M = 0.3 H$

$$L_T = L_1 + L_2 - 2M$$

$$0.7 = L_1 + L_2 - 2M \quad \dots\dots (2)$$

بتعويض قيمة  $M$  في المعادلة (1) نحصل على :

$$L_1 + L_2 = 1.3 \quad \dots\dots \dots\dots (3)$$

ومن المعادلة (37) (في المحاضرة 18) فان معامل الازدواج يساوي :

$$K = \frac{M^2}{L_1 \cdot L_2} \Rightarrow L_1 \cdot L_2 = \frac{M^2}{K} = \frac{(0.3)^2}{0.25} = 0.36$$

ومنه نحصل على :  $L_2 = \frac{0.36}{L_1}$  . بتعويض هذه النتيجة في المعادلة رقم (3) نحصل المعادلة التالية والتي تحل لنحصل على الحلين أدناه :

$$L_1^2 - 1.3 L_1 + 0.36 = 0$$

$$(L_1 - 0.4)(L_1 - 0.9) = 0$$

$$L_1 = 0.4 H \quad \& \quad L_2 = 0.9 H$$

$$L_1 = 0.9 H \quad \& \quad L_2 = 0.4 H$$



## الخلاصة Summary

- تضمنت المحاضرة النقاط المهمة التالية :
- ربط المحاثات على التوالي وايجاد المحاثة الكلية (المكافئة) اذا كان معامل الارتباط يساوي صفراً.
- ايجاد المحاثة المكافئة لمففين عندما يكون التيار المار في كليهما :
- 1- بنفس الاتجاه.
- 2- بعكس الاتجاه.
- أن القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي المجموعة AB تساوي القوة الدافعة الكهربائية المحتثة للمحاثات المنفردة.
- امكانية الحصول على محاثة متغيرة القيمة وحسب الحاجة في الدوائر الكهربائية والأجهزة .
- مثال (1) & مثال (2)
- اختبار.