Chapter Three الفصل الثالث

الحث الكهرومغناطيسي

Electromagnetic Induction

Sequence:12

- المقدمة.
- حساب الـ ق د ك المحتثة في سلك موصل.

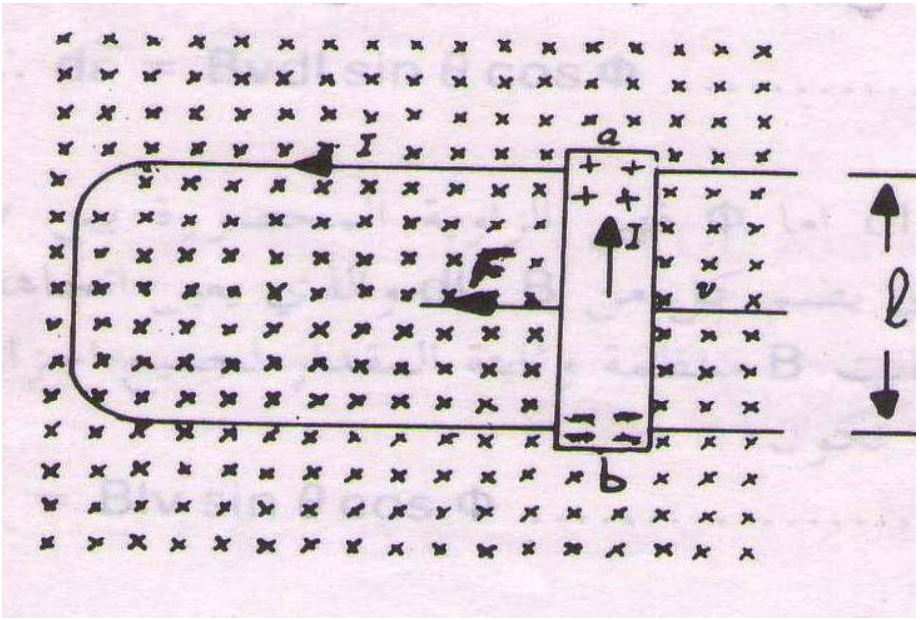
المقدمة

- قد بينا في المحاضرة الحادية عشر أنه اذا تحرك موصل مستقيم بسرعة عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم عمودي على مستوي الورقة فأن كل شحنة في الموصل تتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها ($F_M=evB$) ويكون اتجاهها من a إلى b بالنسبة إلى الشحنات السالبة. وأن هذه الشحنات تتحرك بفعل هذه القوة المغناطيسية نحو الأسفل فيزداد تركيزها وبنفس الوقت يزداد تركيز الشحنات الأخرى في الأعلى (وهذا يعني تولد تيار كهربائي) وهي النقطة المهمة.
- أن تراكم الشحنات الموجبة في طرف والسالبة في الطرف الآخر سيولد مجالاً كهربائياً غير أستاتيكي وباتجاه (من a إلى b،). يكون الإلكترون واقع تحت تأثير قوتين هما :-
- 1-القوة المغناطيسية نحو الأسفل ($F_M=evB$).
- 2-القوة الكهربائية نحو الأعلى ($F_E=eE$).
- باستمرار حركة الموصل يزداد تركيز الشحنات في طرفي الموصل وعليه تزداد E وتبعاً لذلك تزداد F_E، أما القوة المغناطيسية F_M فتبقى ثابتة مادام المجال المغناطيسي وسرعة الالكترون ثابتيين من حيث المقدار والاتجاه.

حساب الـ ق د ك المحتثة في سلك موصل

EMF Induced in a Moving Conductor

- رغم أن فترة الحصول على التيار قصيرة جداً إلا أنه يمكن أن نجد وسيلة لجعل التيار يستمر مدة أطول وذلك بان ندع الموصل يتحرك على سكة مقفلة من مادة موصلة بحيث ستكمل الإلكترونات دورتها من b إلى a .
- وللحصول على الصيغة الرياضية للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ε) نقوم بتحريك السلك المستقيم الذي طوله (ℓ) مسافة (dx) في زمن (dt) فإنه يتولد في السلك (ق.د.ك) محتثة وكذلك تيار محتث (I).



شكل(24): سلك موصل يتحرك في مجال مغناطيسي على حلقة موصلة.

- **نلاحظ إن الشغل المبذول لتحريك السلك الموصل مسافة (dx) هو :-**

- **$dW = F\,dx$ .....(2)**
- **ومن تعريف السرعة فأنه :-**
- **$dx = v\,dt$ .....(3)**
- **بتعويض المعادلتين $F = I\,\ell\,B$ و (3) في المعادلة (2) نجد إن :-**
- **$dW = I\,\ell\,B\,v\,dt$ .....(4)**
- **وحيث إن الشحنة التأثيرية التي تولدت خلال زمن (dt) هي:-**
- **$dq = I\,dt$ .....(5)**

- **بتعويض المعادلة (5) في المعادلة (4) نجد إن:-**
- **$dW = B\,\ell\,v\,dq$ .....(6)**

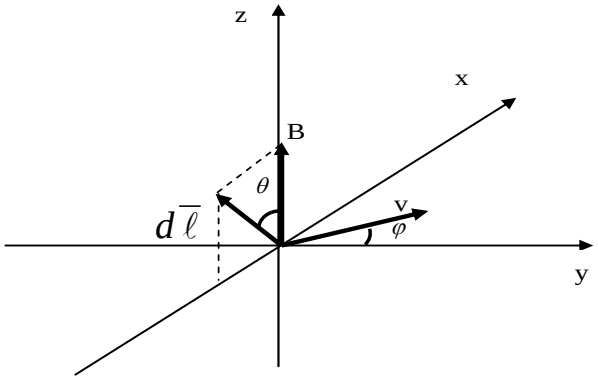
- ومن المعروف ان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة هي الشغل المبذول (dW) لنقل شحنة كهربائية (dq) :-

- $$\varepsilon = \frac{dw}{dq} = B\,\ell\,v \qquad \text{.....(7)}$$

- حيث إن (v) هي سرعة السلك الموصل في المجال المغناطيسي، وأن وحدة قياس (ق.د.ك) محتثة هي الفولت. وأن العلاقة الأخيرة هي علاقة خاصة وليست عامة. وأن العلاقة العامة هي :-

- $$d\varepsilon = \left(\overline{B} \times d\overline{\ell}\right)\cdot\left(\overline{v}\right) \qquad \text{.....(8)}$$
$$d\varepsilon = \left(B\,d\ell\sin\theta\right)\cdot\left(v\cos\varphi\right)$$

- حيث أن الزاوية θ بين المتجه $\overline{B}$ و $d\overline{\ell}$ ، بينما الزاوية φ بين المتجه $\overline{v}$ والعمود على المستوي الذي يضم المتجهين $\overline{B}$ و $d\overline{\ell}$ كما في الشكل التالي :-



- **1- إذا كان اتجاه حركة السلك عمودية على اتجاه المجال فأن $(\varphi = 90^o)$، ,وأن $\overline{\mathbf{B}}$ و $d\overline{\ell}$ متعامدين فأن الـ(ق.د.ك) المحتثة تساوي :-**

- $\boldsymbol{\varepsilon = B\,\ell\,v}$ .....(9)

- **2- عندما يكون اتجاه حركة السلك $\overline{V}$ يميل بزاوية (φ) مع المستوي الذي يضم المتجهين $\overline{\mathbf{B}}$ و $d\overline{\ell}$ فأن الـ(ق.د.ك) المحتثة تساوي :-**

- $\boldsymbol{d\varepsilon = (B\,\ell v\cos\varphi)}$ .....(10)

- **ولإيجاد شدة التيار الكهربي المحتث نستخدم العلاقة:**

- $\mathbf{I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{B\,\ell\,v}{R}}$ .....(11)

- **حيث أن تمثل $\mathbf{R}$ مقاومة السلك. ولمعرفة القدرة الكهربائية المستنفذة فأن :-**

- $\mathbf{P = \varepsilon\, I}$ .....(12)

- **مثـــــــال (1) :**
- **يتحرك سلك موصل طوله 1.2 m ومقاومته 6 Ω في مجال مغناطيسي حثه المغناطيسي 2.5 Wb/m2عمودي على سطح الموصل، احسب:-**
- **(1) سرعة حركة السلك التي تعطي تيارا مقداره 0.3 A (2) (ق.د.ك) المحتثة**
- **(3) القدرة الضائعة في المقاومة.**

- **الحـــــــــــــل:**

- $\ell = 1.2$ m , $R = 6\ \Omega$, $B = 2.5$ Wb/m^2 , $I = 0.3$ A , $\varepsilon = ??$, $P = ??$

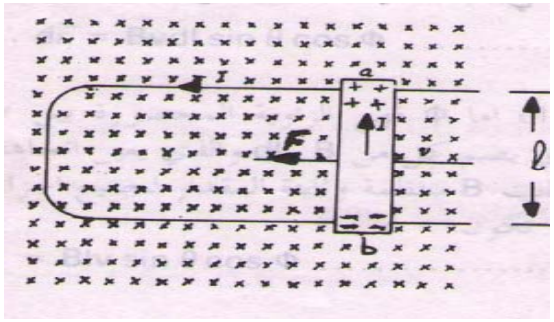
$$\therefore v = \frac{I R}{B \ell} = \frac{0.3 \times 6}{2.5 \times 1.2} = 0.6 \ \text{m/s}$$

$$\varepsilon = B \ \ell \ v = I \ R$$

- $\varepsilon = 2.5 \times 1.2 \times 0.6 = 1.8$ V
- $P = \varepsilon \ .I = 1.8 \times 0.3 = 0.54$ W

- **مثـــــــال (2) :**

في الشكل المجاور إذا كانت المسافة ab تساوي 40cm والسرعة v=1.2 m/sec وكانت B=2 T، فإذا كانت مقاومة الدائرة الكهربائية R=4 Ω وبقيت هذه المقاومة ثابتة دون تغيير. جد كل من الـ ق.د.ك. المحتثة والتيار المحتث: (1) إذا كانت B تؤثر بصورة عمودية على السطح.



- **(2) إذا كانت B تؤثر بصورة عمودية على الموصل المتحرك**
- **الإ أنها تميل بزاوية 30° مع العمود المقام على السطح.**
- **(3) القدرة الضائعة في المقاومة.**

- **الحـــــــــــل:**

(1) $\theta = 90^o$ & $\varphi = 0^o$

$\because \varepsilon = Blv \sin\theta \cos\varphi$

$= 2 \times 0.4 \times 1.2 \times \sin 90 \times \cos 0$

$= 0.96 volt$

$\because i = \dfrac{\varepsilon}{R} = \dfrac{0.96}{4} = 0.24 \ amp.$

(2) $\theta = 90^o$ & $\varphi = 30^o$

$\because \varepsilon = Blv \sin\theta \cos\varphi$

$= 0.96 \times 1 \times \dfrac{\sqrt{3}}{2} = 0.48\sqrt{3} \ volt$

$= 0.831 \ volt$

$\because i = \dfrac{\varepsilon}{R} \quad , \quad \therefore i = \dfrac{0.831}{4} = 0.2 \ amp$

الخلاصة Summary

- تضمنت المحاضرة النقاط المهمة التالية :

- حساب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة لسلك موصل مستقيم طوله l عندما يكون اتجاه حركة السلك :

  1 - عمودية على اتجاه المجال.

  2- تصنع زاوية مع اتجاه المجال .

- إيجاد شدة التيار الكهربي المحتث للسلك الموصل .
- ومعرفة القدرة الكهربائية المستنفذة في السلك الموصل.

- مثـــــال (1):
- مثـــــال (2):
- أختبـــار.