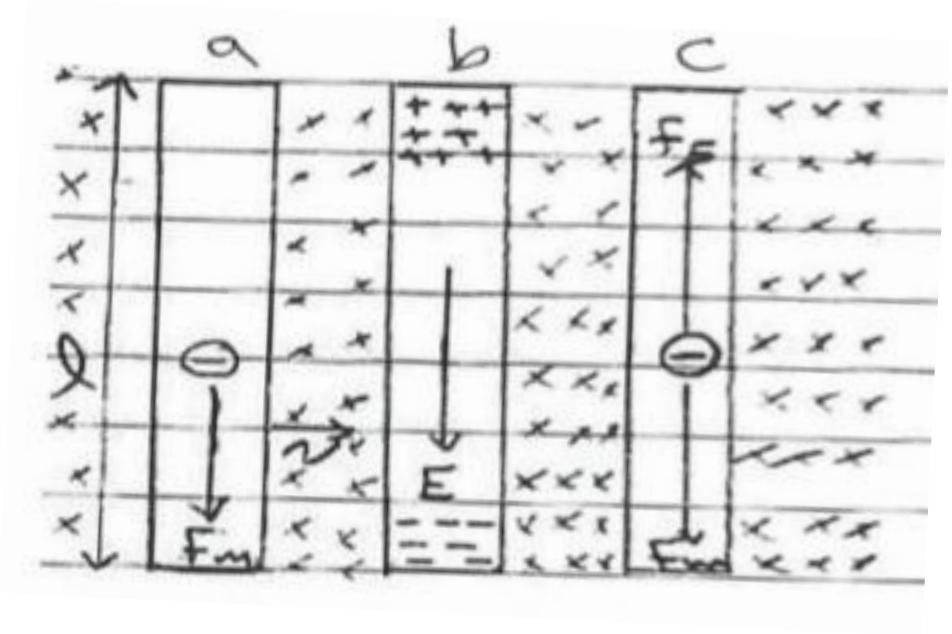
الفصل الخامس

القوة الدافعة الكهربائية المحتثة

لدينا سلك من مادة موصلة طوله ℓ يتحرك بسرعة منتظمة مقدارها ϑ باتجاه اليمين في منطقة تحتوي على مجال مغناطيسي منتظم اتجاهه عمودي على الصفحة مبتعداً عن القارئ . بما ان القضيب من مادة موصلة فهو يحوي الكترونات حرة وعند تركيبه سوف تتولد قوة على كل شحنة مقدارها $\bar{F} = q(\bar{\vartheta} \times \bar{B})$ وفي هذه الحالة الخاصة $F = e\vartheta B$ هذه القوة تتجه الى الاسفل فالإلكترونات سوف تتجه الى الاسفل بفعل هذه القوة ويزداد تركيزها في الطرف الاسفل وفي نفس الوقت يزداد تركيز الشحنات الموجبة في الطرف الاعلى للقضيب وان حركة الشحنات الكهربائية باستقامة الموصل معناه توليد تيار كهربائي .

ان تراكم الشحنات الكهربائية عند طرفي القضيب سوف يولد مجال كهربائي غير أتوماتيكي E للأسفل هذا المجال سيؤثر بقوة على كل شحنة موجودة .



فأذن سوف يؤثر على الالكترونات بقوة $(F_E = F_M)$ وتتجه للأعلى (بعكس اتجاه المجال) فأذن الالكترونات المتحركة سوف تتأثر بقوتان F_E, F_m

F_m سببها المجال المغناطيسي

F_E سببها المجال الكهربائي

وعند استمرار حركة الموصل لليمين سوف يزداد تركيز كل من الشحنات السالبة والموجبة في طرفي الموصل ويزداد نتيجة ذلك شدة المجال الكهربائي E وتزداد القوة F_E

اما القوة F_m فستبقى ثابتة المقدار ما دام B, ϑ ثابت المقدار والاتجاه وما دام حركة الالكترونات مستمرة نحو الاسفل وكذلك استمرار سريان التيار الكهربائي حتى تتساوى F_E مع F_m بالمقدار

عن ذلك تتوقف حركة الالكترونات ويتوقف التيار الكهربائي حتى ولو بقي الموصل متحرك بسرعته المنتظمة ϑ فأذن التيار سوف يكون مقيد الامر ولكن يجب ان نلجأ الى طريقة لجعل التيار يستمر مدة اطول وذلك جعل الموصل السابق يتحرك على سكة مقفلة من مادة موصلة .

في هذه الحالة سوف تكمل الالكترونات دورتها من الطرف b الى الطرف a خلال السكة وبذلك سنحصل على تيار مستمر ما دام الموصل متحرك خلال المجال فسوف يطلق على هذا التيار بالتيار المحتث .

كذلك سوف تتولد ق.د.ك محتثة نتيجة قطع الموصل لخطوط الفيض المغناطيسي

الان لو كان لدينا موصل طوله ℓ يمر خلاله تيار كهربائي شدته i موجودين مجال مغناطيسي شدته B فسوف تكون هناك قوة مغناطيسية على هذا الموصل $F_m = i\ell B$

والان لو كان لدينا جسم يتحرك بسرعة منتظمة نحو اليمين فمحصلة القوى المؤثرة عليه يجب ان تساوي صفرا (لان السرعة المنتظمة) فلابد ان نسلط قوة خارجية على الموصل تساوي F_m بالمقدار وتعاكسها بالاتجاه هذه القوة الخارجية هي التي تسحب الجسم باتجاه السرعة ϑ ليبقى الجسم متحرك بسرعته المنتظمة فأذن هنالك طاقة ميكانيكية مبذولة هي التي تنتج التيار (وهذا مطابق لقانون حفظ الطاقة) فالشغل المبذول من قبل القوة الخارجية لسحب الموصل مسافة dx

$$dw = F.dx$$

$$\therefore dw = (i\ell B)(\vartheta\, dt)$$

$$= (B\ell\vartheta)(idt)$$

$$= (B\ell\vartheta)dq$$

$$\frac{dw}{dq} = B\ell\vartheta$$

المقدار $\frac{dw}{dq}$ يمثل الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنة ويطلق عليها ق.د.ك المحتثة ويرمز لها $\mathcal{E}$

$$\therefore \mathcal{E} = \frac{dw}{dq} = B\ell\vartheta$$

$\mathcal{E} = B\ell\vartheta$ حالة خاصة

في حالة السرعة منتظمة والمجال المغناطيسي منتظم وعمودي على كل من ℓ , ϑ

- وبما ان ق.د.ك ناتجة عن حركة الموصل فتسمى ق.د.ك محتثة حركية

المعادلة اعلاه تعتبر حالة خاصة اما اذا اختل احد الشروط السابقة فلا يمكن استخدامها وتستبدل بمعادلة اخرى هي

$$d\mathcal{E} = \left(\bar{B} \times \overline{d\ell}\right), (\bar{\vartheta})$$

$$\therefore d\mathcal{E} = B\vartheta d\ell \sin\theta \cos\theta$$

θ الزاوية المحصورة بين $d\ell , B$

θ الزاوية المحصورة بين v والمستقيم العمودي على كل من $d\ell , B$

$$\mathcal{E} = B\ell\vartheta \sin\theta \cos\theta$$

فاذا كانت B منتظمة وثابتة المقدار لجميع اجزاء الموصل وكذلك السرعة ϑ سوف يكون $\mathcal{E}$ كمية عددية لان كمية اتجاهية في كمية اتجاهية تعطي كمية عددية .

قانون فاراداي

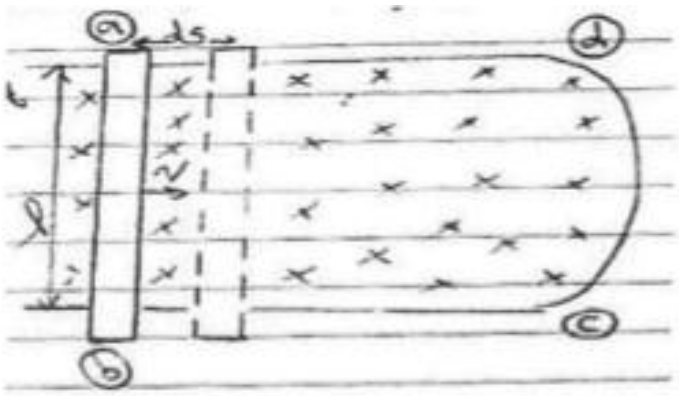
ينص القانون على ان ق.د.ك المحتثة المتولدة حول حلقة مقفلة تساوي عدديا المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي المخترق لها

$$\mathcal{E} = -\frac{d\theta}{dt}$$

الاشارة السالبة تدل على ان الفيض في حالة نقصان

$$\phi = BA\cos\theta$$

نفرض ان لدينا موصل طوله ℓ موجود في مجال مغناطيسي منتظم وموجود في الحلقة المغلقة $a\ b\ c\ d$ يتحرك بسرعة منتظمة ϑ خلال فترة زمنية dt الموصل يقطع مسافة ds



عند قطع الموصل مسافة ds تغيرت المساحة المحصورة ضمن الحلقة المقفلة $abcd$

$$dA = \ell ds$$

$$d\phi = -B\, dA \cos\theta$$

$$= -B(\ell\, ds)\cos\theta$$

$$= -B(\ell\vartheta\, dt)\cos\theta$$

$$d\phi = -B(\ell\vartheta dt) \qquad (\theta = 0)$$ حالة خاصة عندما

$$\frac{d\phi}{dt} = -B\ell\vartheta$$

$$\therefore\ \frac{d\phi}{dt} = -\mathcal{E}$$ ولكن ان $\mathcal{E} = B\ell\vartheta$

$$\therefore \mathcal{E} = -\frac{d\phi}{dt}$$ قانون فاراداي

حالة ثانية : عند تغير قيمة B وبقاء المساحة والاتجاه ثابتين

$$\mathcal{E} = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$\phi = BA\cos\theta$$

$$\therefore \mathcal{E} = -\frac{d}{dt}(BA\cos\theta)$$

$$\mathcal{E} = -A\cos\theta\ \frac{dB}{dt}$$

حالة ثالثة : عند تغير الاتجاه مع بقاء B ثابتة و A ثابتة

$$\mathcal{E} = -\frac{d\phi}{dt}$$

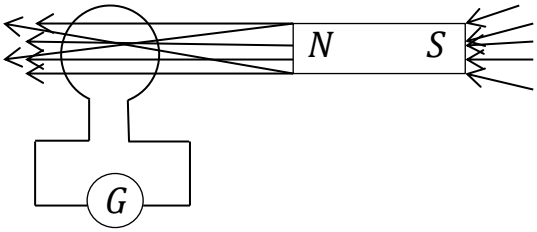
$$\mathcal{E} = -\frac{d}{dt}(BA\cos\theta)$$

$$\therefore \mathcal{E} = -BA\frac{d(\cos\theta)}{dt}$$

الان لو كان لدينا مغناطيس وحلقة

اذا بقى المغناطيس والحلقة غير متحركين فأن $(\mathcal{E} = 0)$ لان $\left(\frac{d\phi}{dt} = 0\right)$

اما اذا تحرك المغناطيس او الحلقة او كلاهما فسوف تتولد ق.د.ك في الحلقة وذلك بسبب تغير الفيض المغناطيسي المخترق لها وتتوقف ق.د.ك حال توقف التغير في الفيض المخترق للحلقة



اما اذا كان لدينا ملف يتكون من N من اللفات بدل الحلقة فسوف يكون $\mathcal{E} = -N\frac{d\phi}{dt}$

قانون لينز

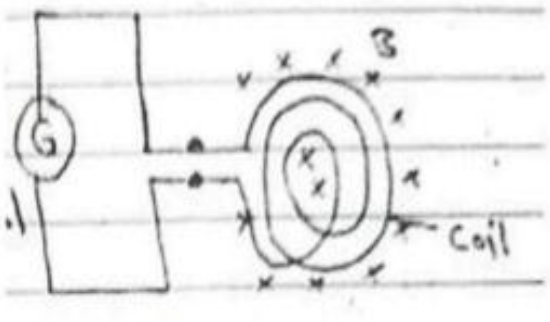
ينص على ان ق.د.ك المحتثة تتخذ اتجاها بحيث تعرقل السبب المنتج لها .

فحسب هذه القاعدة فأن التيار الكهربائي المحتث سيتخذ اتجاها بحيث ان الفيض المغناطيسي الناتج عنه يعرقل التغير في الفيض الذي سبب (انتج) التيار المحتث .

مثال : لدينا ملف وقضيب مغناطيسي وكلفانومتر للتحسس بوجود تيار كهربائي في الدائرة اذا بقي الملف والمغناطيسي بدون حركة بقي الفيض المغناطيسي المخترق للملف ثابت المقدار فلا تتولد ق.د.ك

١- اذا تحرك المغناطيس نحو الملف سوف يتغير الفيض المخترق للملف (زيادة في الفيض المخترق للملف) لذا سوف تتولد في الملف ق.د.ك ويسري خلال تيار محتث يتخذ اتجاها بحيث يعرقل السبب الذي انتجه ان السبب في احداث التيار هو زيادة في الفيض المغناطيسي فلذا سوف يتخذ التيار اتجاها يمنع هذه الزيادة في الفيض . هذا التيار يتخذ اتجاها بحيث يكون المجال المغناطيسي الذي يولده معاكسا لاتجاه المجال المخترق له في الاصل .
٢- اما اذا ابعد المغناطيس عن الملف فسيحدث تغير في الفيض المغناطيسي المخترق للملف (نقصان في الفيض المخترق للملف) فسوف تتولد في الملف ق.د.ك ويسري خلال الملف تيار محتث وهذا التيار سيتخذ اتجاها بحيث يعرقل السبب الذي انتجه كيف سيولد التيار مجال مغناطيسي بنفس اتجاه المجال المغناطيسي المخترق له اصلا .
٣- اما اذا توقف المغناطيس عن الحركة فيتوقف التيار المحتث

قياس B باستخدام ملف الحث



يستخدم ملف مساحته صغيرة ومعلومة وكذلك عدد لفاته معلومة N يربط طرفا الملف بكلفانومتر لا يتمس بالتيار ولكن يتمس بالشحنات يوضع الملف وسطحه بصورة عمودية على اتجاه المجال المغناطيسي ثم يدور الملف بسرعة حول احد اقطاره بزاوية $(90°)$ او بسحبه خارج المجال فسوف يتغير الفيض المغناطيسي المخترق للملف وتتولد ق.د.ك ويسري خلاله تيار كهربائي وسوف يعرف مؤشر الكلفانومتر على شكل نبضات عن وضع الاستقرار وبعد بضع ذبذبات لمؤشر الكلفانومتر سوف يستقر المؤشر .

اقصى انحراف يسجله مؤشر الكلفانومتر $(D) \propto$ مع مقدار الشحنة q المارة خلاله الناتجة عن التيار المحتث

$$q \propto D$$

$$q = GD$$ G كمية ثابتة (ثابت التناسب)

$$\because \mathcal{E} = -N \frac{d\theta}{dt}$$

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R}$$ R مجموع مقاومة الكلفانومتر والملف

$$i = -\frac{N}{R} \frac{d\theta}{dt}$$

$$i\, dt = -\frac{N}{R} d\theta$$

التغير بالفيض اثناء السحب

$$\int i\, dt = -\frac{N}{R} \int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta$$

$$\therefore q = -\frac{N}{R}(\theta_2 - \theta_1)$$

$\theta_2 = 0$ عند سحب الملف خارج المجال

$\therefore q = +\frac{N}{R}\theta$

$\therefore \theta = \frac{qR}{N} = \frac{GDR}{N}$

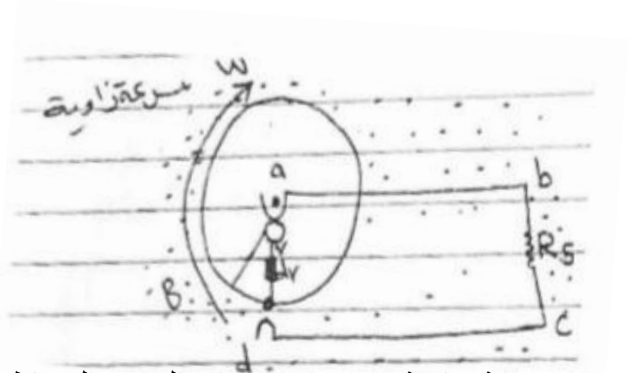
$\theta = BA \rightarrow B = \frac{\theta}{A}$

$\therefore B = \frac{GDR}{AN}$ حيث A مساحة الملف

B تمثل الحث اذا كان المجال منتظم وتمثل معدل الحث اذا كان المجال غير منتظم

قرص فاراداي

هو اول جهاز ميكانيكي استخدم للحصول على طاقة كهربائية بطريقة ميكانيكية وسمي بهذا الاسم نسبة للعالم فراداي لأنه اول من استخدم هذا الجهاز يتكون من قرص دائري يدور حول المحور وعمودي على السطح مارا بمحوره يسلط على القرص مجال مغناطيسي عمودي على سطحه a , b , c , d تمثل دائرة كهربائية والنقطة a في تماس مع المركز و d في تماس مع المحيط .



عندما يدور القرص بسرعة زاوية w فيتغير مقدار الفيض المغناطيسي وبالتالي نحصل على ق.د.ك وبالتالي تيار محتث نأخذ الشريحة $(a\ d)$ ونقسمها الى اجزاء جميع الاجزاء تدور بنفس السرعة الزاوية (w) لكنها تختلف بسرعتها الخطية لان $(\vartheta = wr)$ نأخذ جزء من هذه الاجزاء طوله dr من الشريحة ad يبعد عن المركز مسافة r

$\therefore$ ق.د.ك الناتجة عن الجزء dr هي $d\mathcal{E}$

$\mathcal{E} = B\vartheta\ell$

$d\mathcal{E} = B\vartheta dr$

$d\mathcal{E} = Bwrdr$

$\therefore \mathcal{E} = Bw\int_0^R r\ dr$

$\mathcal{E} = \frac{1}{2}\ B\ w\ R^2$ نصف قطر القرص R

المجال الكهربائي المحتث

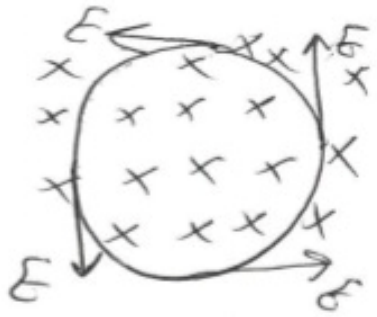
نأخذ حلقة نصف قطرها R مسلط على سطحها بصورة عمودية مجال مغناطيسي B (معنى وجود B هو وجود فيض مغناطيسي) فاذا تغيرت θ فستتولد ق.د.ك محتثة اي توليد تيار محتث يمر بالحلقة وان مرور التيار بالحلقة معناه وجود مجال كهربائي وهذا معناه وجود قوة كهربائية على كل شحنة مولدة للتيار .

$$B \rightarrow \theta \rightarrow \varepsilon \rightarrow i \rightarrow E \rightarrow F$$

$$F = qE = eE$$

بسبب التناظر فان اتجاه المجال في ايه نقطة من نقاط الحلقة سيكون باتجاه المماس لتلك النقطة لذا فخطوط المجال الكهربائي هذه هي خطوط دائرية مقفلة وانها تختلف في طبيعتها عن خطوط المجال الكهربائي الناتجة عن شحنة كهربائية حيث تبدأ من شحنة موجبة وتنتهي بشحنة سالبة

∴ الطاقة المبذولة على الالكترون خلال دورة كاملة



$$e\varepsilon = F(2\pi R)$$

$$e\varepsilon = \grave{e}E(2\pi R)$$

$$\varepsilon = E(2\pi R) \qquad\qquad \varepsilon = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$-\frac{d\phi}{dt} = E.2\pi R$$

$$\therefore E = -\frac{\frac{d\phi}{dt}}{2\pi R}$$

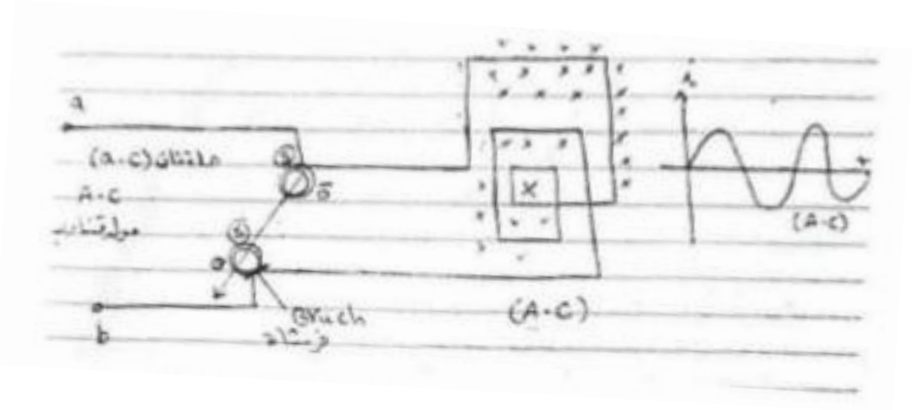
$$E = \frac{F}{q} \ \therefore F = (E.q).(2\pi R)$$

$$\because \varepsilon = \leftarrow \frac{dw}{dq} = B\ell v \rightarrow \begin{matrix} dw = F.dx \\ = i\ell B.(vdt) \\ = B\ell v.idt \\ dw = B\ell v.dq \end{matrix}$$

المولد الكهربائي

هو جهاز يستخدم للحصول على طاقة كهربائية باستخدام الطاقة الميكانيكي يتكون من ملف عدد كثافته N يدور حول المحور oo' وحلقتي الجامع حيث يتصل كل طرف من الملف باحدى حلقتي الجامع ثم تتصل بكل حلقة من شاة ترتبط بالدائرة الخارجية عند النقطتين a,b يسلط على سطح الملف مجال مغناطيسي مقداره B

فاذا كانت مساحة اللغة الواحدة A وكان الملف يدور بسرعة زاوية مقدارها w



$$\phi = BA\cos\theta$$

$$\theta = wt$$

$$\phi = BA\cos wt$$

نستنتج من المعادلة اعلاه $(\phi x cos\ wt)$

ان الفيض المغناطيسي المخترق للملف يتغير المقدار لذا سوف تتولد ق.د.ك

$$\varepsilon = -N\frac{d\phi}{dt}$$

$$\varepsilon = -N\frac{d(BAcos\ wt)}{dt}$$ ق.د.ك الانية

$$\varepsilon = NBAw\sin wt$$ المعادلة هي دالة جيبية

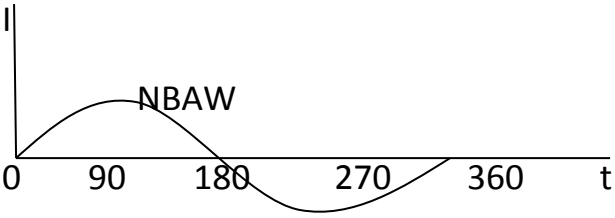
$$\varepsilon_{max} = NBAW$$ حيث $wt = 90°$

$$\sin wt = 1$$

حيث $wt = 0$

$$\sin o = 0$$

$\varepsilon_{min} = 0$



(A.C)

بما ان ق.د.ك الناتجة متغيرة المقدار والوجهة فخلال الدورة الواحدة يتغير مقدارها من الصفر الى نهاية عظمى مقدارها (NABW) ثم الصفر فنهاية صغرى تساوي (NABW-) وتسمى ق.د.ك المتناوبة والتيار الناتج عنها بالتيار المتناوب ويرمز له (A.C)

عكس التيار المستحصل عليه من البطاريات والاعمدة يكون ثابت الوجهة فهو يسري من القطب الموجب نحو القطب السالب

كذلك يمكن تحديد الجهاز وجعله (D.C) وذلك بأخذ حلقة واحدة ذات نصفين بربط كل طرف من طرفي الملف الى كل نصف من نصف الحلقة

عندما يكون حركة الملف عمودي على الفيض تتولد ق.د.ك تحققه تزداد تدريجيا الى ان تصبح في القيمة العظمى اي في لحظة وصولها 90 اي ربع دورة وبعد مضي ربع دورة تقبل ق.د.ك محتثة الى ان تصبح صفر اي 180

D.C

س١/ ملف يتألف من (6) لفات مساحته $(10cm^2)$ موجود في مجال مغناطيسي منتظم $(B: 0.1T)$ ازيل المجال خلال فترة زمنية مقدارها $(1x10^{-3}\ \sec)$ جد مقدار ق.د.ك المحتثة المتولدة في الملف اذا كان المجال المغناطيسي يؤثر :

١- بصورة عمودية على سطح الملف
٢- باتجاه يضع زاوية مقدارها $30°$ مع اتجاه سطح الملف

س٢/ ملف عدد لفاته (100) ومساحته $(5cm^2)$ موجود في مجال مغناطيسي منتظم $(B = 0{,}25T)$ يؤثر باتجاه عمودي على السطح سحب الملف بسرعة فاصبح خلال $(0 - 01\ \sec)$ خارج المجال المغناطيسي جد ق.د.ك المحتثة والشحنة الكهربائية المارة خلال الملف علما بان مقاومة الملف ، الملف تساوي (~ 20)

س٣/ ملف اسطواني طوله $(2.2m)$ وعدد لفاته (8800) ومساحة مقطعه $(24cm^2)$ لف حول وسطه ملف قصير عدد لفاته (200) فاذا كان التيار المار في الملف الطويل يتغير لمعدل $((0 - 2amp/\sec))$ جد ق.د.ك المتولدة في الملف القصير اذا كانت مساحة مقطعه تساوي $(24cm^2)$

س٤/ الملف كما في الشكل يتألف من (40) لفة ومقاومته (~ 16) يخترقه مجال مغناطيسي بصورة عمودية على سطحه فاذا كان الفيض المغناطيسي المخترق للملف يتغير وفق المعادلة $(\theta = (0.02t^2 + 0.06t + 12)$ ، t مقدره بالثواني و θ بالوبير ، جد مقدار واتجاه التيار المحتث عندما تكون $(t = 0)$ $(t = 2\ \sec)$

س٥/ ملف مولد كهربائي عدد لفاته (200) ومساحته $(400cm^2)$ يدور حول قطره بتردد منتظم في مجال مغناطيسي منتظم $(B = 0.2T)$ كم يجب ان يكون تردد الملف لتصبح القيمة العظمى للقوة الدافعة الكهربائية الناتجة $(220volt)$

س٦/ ملف عدد لفاته (1000) ومقاومته (~ 50) يخترقه فيض مغناطيسي يتغير وفق المعادلة $(\emptyset = 4x10^{-4} \sin 120\ \pi t)$ جد معادلة ق.د.ك والتيار المحتث والقيمة العظمى لكل منهما