منصة إحتراف التعليمية

اسم المادة: الفيزياء

أستاذ محمد العامري

الفصل الثاني - المحاضرة الثالثة

لنز والحث الذاتي والحث المتبادل

تطبيقي

# منصة احتراف التعليمية

**© جميع الحقوق محفوظة**

لا يسمح بإعادة اصدار هذه الملزمة، او أي جزء منها، او تخزينها في نطاق استعادة المعلومات، او نقلها بأي شكل من الاشكال من دون إذن خطي مسبق من مؤسسة احتراف لإعداد القادة الشباب.

**© All copyrights reserved**

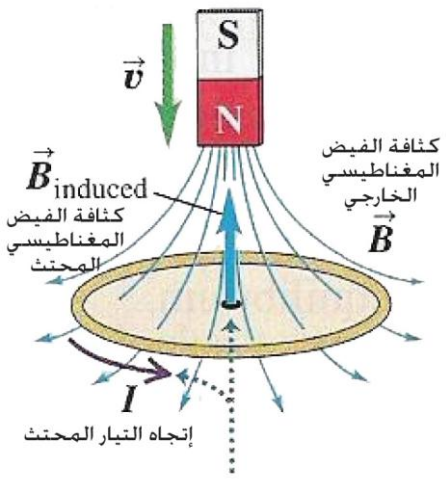
Reproduction of this Document, or any part thereof, or storage in the scope of the retrieval of the information, or copying in any form without prior written permission of professionalization foundation for Young leaders preparation, is not permitted.

**لذا يعد قانون لنز الطريقة الملائمة لتعيين اتجاه التيار المحتث في حلقة موصلة ومقفلة ولبيان هذه الحقيقة سوف نأخذ التجربة التالية :-**

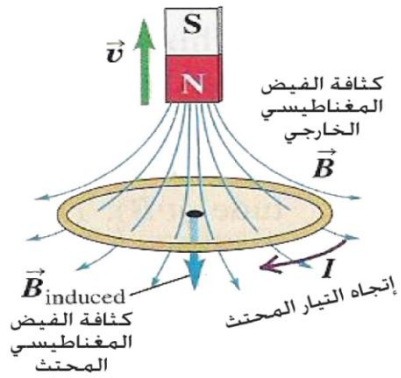
نعمل على تحريك ساق مغناطيسية بالقرب من وجه حلقة مقفلة وموصلة بموازاة محورها العمودي على وجهيها والمسار من مركزها وعلى طريقتين:

A:- عند تقريب الوجه الشمالي للمغناطيس من وجه الحلقة يتسبب في ازدياد الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة واتجاه كثافة الفيض نحو الاسفل ومتزايدة لذا يكون اتجاه التيار المحتث معاكساً لاتجاه دوران عقارب الساعة { على وفق قاعدة الكف اليمنى للملف }

فيولد مجالاً مغناطيسياً محتثاً كثافة فيضية Bind اتجاهه نحو الاعلى اي معاكساً لاتجاه الفيض المؤثر لكي يحاول ان يقاوم التزايد في الفيض الذي ولد التيار المحتث اي يتولد في وجه الحلقة المقابل للقطب N قطباً شمالياً N يتنافر مع القطب الشمالي للساق على وفق قانون لنز .




B:- عند ابعاد وجه القطب الشمالي عن وجهه الحلقة يتسبب في تناقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة واتجاه كثافة الفيض $\vec{B}$ نحو الاسفل ومتناقصه . لذا يكون اتجاه التيار المحتث مع اتجاه عقارب الساعة (على وفق قاعدة الكف اليمنى للملف )عندئذ يحدث العكس




**س** / ما الفائدة العملية من تطبيق قانون لنز ؟

**ج**/ يفيدنا قانون لنز في تعيين اتجاه التيار المحتث في دائرة كهربائية مقفلة وكما انه يعد قانوناً لحفظ الطاقة .

**س**/ علل/ يعد قانون لنز قانوناً لحفظ الطاقة ؟

**الجواب**/ لأنه في كلتا الحالتين (اقتراب المغناطيس او ابتعاده من وجه الحلقة ) يتطلب انجاز شغل ميكانيكي فيتحول الشغل المنجز الى نوع اخر من الطاقة في الحمل ويعد ذلك قانونا لحفظ الطاقة .

**ملاحظة /** عليك التمييز بين كثافة الفيض المغناطيسي الذي يتسبب تغير فيضه في توليد تيار محتث وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي وبين كثافة الفيض المغناطيسي المحتثة Bind الذي ولده التيار المحتث والذي يعاكس بتأثيره التغير في الفيض المغناطيسي الخارجي على وفق قانون لنز .

**التيارات الدوامة**

{ هي تيارات محتثة تتولد من حركة صفيحة داخل مجال مغناطيسي منتظم ( حسب قانون فراداي ) تكون هذه التيارات على شكل دوائر مقفلة وهي تشبه التيارات الدوامة المتولدة في الماء او الهواء .}

تتولد التيارات الدوامة في اوجه الصفائح التي تقطع من قبل المجال وهي ذات صفة حرارية وتكون عمودية على المجال المغناطيسي

**س / ماهي مضار التيارات الدوامة في المواصلات ؟**

**ج /** تسبب التيارات الدوامة في المواصلات بفقدان الطاقة والتي تكون على شكل حرارة مثل المحولات الكهربائية التي درستها وسنمر على ذكرها لاحقاً .

**س / كيف يمكننا التقليل من التيارات الدوامة ؟**

**او/ هل يمكن تقليل خسائر الطاقة التي تسببها التيارات الدوامة في قلب الحديد للملفات او المحولات ؟**

**ج / وذلك عن طريق:**

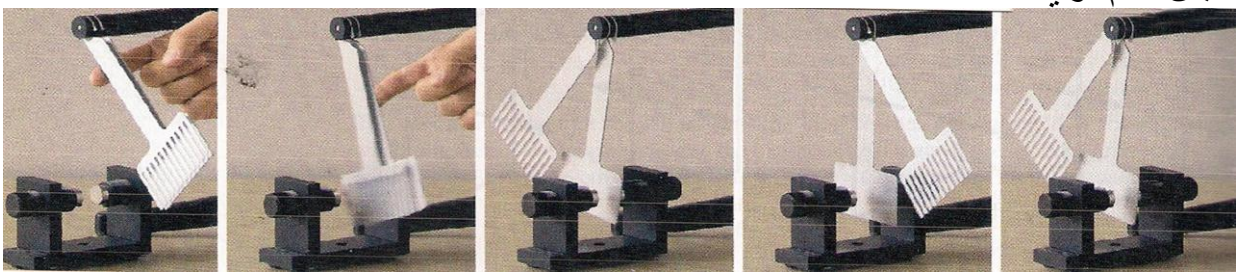
1- جعل الصفائح من الحديد المطاوع بسبب ان حلقة الهسترة له ضيقة وصغيرة .
2- وضع الصفائح بشكل موازي للفيض المغناطيسي الذي يخترقها .
3- جعل الصفائح معزولة عن بعضها كهربائياً ومضغوطة .

**س / ما هو سبب نشوء التيارات الدوامة في المواصلات ؟**

**ج /** تتولد التيارات الدوامة في وجه الصفيحة او وسطها نتيجة للحركة النسبية بين الصفيحة المعدنية والفيض المغناطيسي على وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي.

**نشاط /** يوضح تقليل مقدار تأثير التيارات الدوامة في الموصلات

**الادوات /** بندولان متماثلان على شكل صفيحة موصلة الالمنيوم مثلاً مثبتة بساق من الالمنيوم كذلك فتكون احدى الصفيحتين مقطعة على شكل شرائح معزولة عن بعضها والاخرى غير مقطعة ، مغناطيس دائم قوي ، حامل .



**العمل /** نزيح الصفيحتين بإزاحة متساوية الى احد جانبي موقع استقرارهما ثم نتركهما لتهتزان في أن واحد بحرية بين قطبي المغناطيس نجد ان الصفيحة الغير مقطعة تتوقف عن الحركة خلال مرورها بين قطبي المغناطيس بينما الصفيحة المقطعة تستمر في الاهتزاز ذهاباً وايابا ً ولكن بتباطؤ قليل .

**الاستنتاج /** نستنتج من هذا انه تتولد تيارات دوامة كبيرة المقدار في الصفيحة الغير مقطعة في اثناء مرورها ( دخولها ) للمجال المغناطيسي وهذه التيارات ستولد مجالاً مغناطيسياً محتثاً وفق قانون فراداي ويكون معاكساً للمجال القاطع حسب قانون لنز لذلك تتوقف الصفيحةً.

بينما التيارات الدوامة المتولدة في الصفيحة المقطعة تكون صغيرة وتولد مجالاً معاكساً صغيراً وتأثيره يكون قليل .

**س/ بماذا تستثمر التيارات الدوامة ؟**

**ج /** تستثمر التيارات الدوامة في مجالات عدة منها :

1- كبح ( ايقاف ) القطارات حيث توضع ملفات سلكية مقابل قضبان السكة فعند الحركة الاعتيادية لا يمر تيار في الملفات .... ولإيقاف القطار يمر تيار في الملف ويتولد مجال مغناطيسي قوي يمر

$$V_{appalid} - \varepsilon_{ind} = I_{inst} * R$$

حيث ان $I_{inst}$ هو التيار الاتي ويكون متغير وفي حالة تزايد .
اما اذا كان التيار في حالة تناقص فان $V_{appalid}$ تعطى بالعلاقة الاتية

$$V_{appalid} + \varepsilon_{ind} = I_{inst} * R$$

**س** / يكون زمن تلاشي التيار من مقداره الثابت الى الصفر صغيراً نسبة الى زمن تناميه ؟
**ج** / وذلك بسبب ظهور فجوة هوائية بين جزئي المفتاح تجعل مقاومة الدائرة كبيرة جداً .

**ملاحظة :-** ان المقاومة المصنوعة من الاسلاك تلف لفاً غير حثي فهي تلف عادة بشكل طبقات ان يكون لف النصف الاول عكس اتجاه لف النصف الثاني لان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة سوف تكون متساوية بالمقدار ومعاكسة بالاتجاه لذلك سوف تلغى التأثيرات الحثية في تلك المقاومة .

## الطاقة المختزنة في المحث :

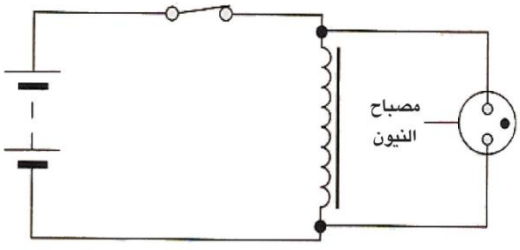
تكون هذه الطاقة مختزنة في المجال المغناطيسي للمحث بشكل طاقة مغناطيسية وهذه الطاقة تتناسب مع مربع التيار الثابت وتعطى بالعلاقة الاتية

$$PE = \frac{1}{2} LI^2$$

*ومن الجدير بالذكران المحث يعد ملفاً مهمل المقاومة وهذا يعني ان المحث لا يتسبب في ضياع الطاقة .

**س/** على ماذا تعتمد الطاقة المغناطيسية المختزنة في الملف؟
**الجواب/** تعتمد على مربع التيار الثابت.

**نشاط :-** يوضح تولد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي ملف




**ادوات النشاط :** بطارية ( 9v ) ومفتاح وملف سلكي في جوفه قلب من الحديد المطاوع ومصباح نيون يحتاج $(80V)$ لتوهجه .

**خطوات النشاط :**

1-نربط الملف والمفتاح والبطارية على التوالي ونربط المصباح على التوازي مع الملف
2-نغلق الدائرة الكهربائية لا نلاحظ توهج المصباح ولكن نلاحظ توهج المصباح بضوء ساطع لبرهة من الزمن لحظة فتح المفتاح على الرغم من فصل البطارية عنه .

## الاستنتاج

1-نستنتج من هذا ان المصباح يتوهج لحظة فتح الدائرة وذلك بسبب تولد قوة دافعة كهربائية محتثة كبيرة المقدار تكفي لتوهجه نتيجة ان زمن تلاشي التيار يكون صغيراً فيعمل الملف كمصدر للفولطية تكفي لتوهج المصباح.

2-اما عدم توهج المصباح لحظة غلق الدائرة فان زمن تنامي التيار يكون بطيئاً وذلك لتوليد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي الملف تعرقل المسبب لها حسب قانون لنز .

**مثال /** ملف معامل حثه الذاتي ( 2.5 mH) وعدد لفاته 500 لفة ينساب فيه تيار مستمر (4A ) احسب :

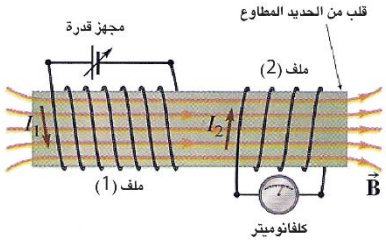
1- مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة
2- الطاقة المختزنة في الملف
3- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة اذا انعكس اتجاه التيار خلال $0.25s$

**الحل :**

1. $N\Phi_B = L * I \Longrightarrow 500 * \Phi_B = 2.5 * 4 * 10^{-3}$
   $\Phi_B = 2 * 10^{-5} Web$
2. $PE = \frac{1}{2} LI^2 \Longrightarrow PE = \frac{1}{2} * 2.5 * (4)^2 * 10^{-3} = 0.02J$
3. لذلك فإن $\Delta I = -8A$ عندما ينعكس اتجاه التيار فإن:

$$\varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} \Longrightarrow \varepsilon_{ind} = -2.5 * 10^{-3} * \frac{-8}{0.25} = 0.08V$$

## الحث المتبادل:




لقد درست سابقاً ماذا يحصل عند انسياب تيار مستمر في احد سلكين مستقيمين متجاورين .

والان سوف ندرس ماذا يحصل عندما يتغير التيار في احد ملفين ملفوفين حول حلقة مغلقة ومتجاورين .

ان التغير في التيار يمكنه ان يحث تياراً في الملف الاخر لتوضيح ذلك نأخذ سلكين متجاورين ( لاحظ الشكل ) فالتيار المنساب في الملف الاول يولد مجالاً مغناطيسياً يخترق الملف الثانوي ( الملف الثاني ) على وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي فانه سوف تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الثاني.

$$\varepsilon_{ind2} = -N_2\frac{\Delta\Phi_{B2}}{\Delta t}$$

وان الفيض المغناطيسي في الملف الثانوي يتناسب طردياً مع التيار في الملف الاول اي ان $\Delta\Phi_2^B \alpha I_1$ وهذا يعني ان $N_2\Delta\Phi_{B2}\alpha I_1$

وان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الثانوي $\varepsilon_{ind2}$ تعتمد على المعدل الزمني للتغير في التيار في الملف الاول وتتناسب معه طردياً لذلك فان $\varepsilon_{ind2}$ وتعطى بالعلاقة الاتية

$$\varepsilon_{ind2} = -M\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

حيث ان M : هو معامل الحث المتبادل بين الملفين ويسمى ثابت التناسب

**ملاحظة :**

**اولاً :-** اذا كان الملفان في الهواء فان معامل الحث المتبادل يعتمد على

1-ثوابت الملفين { حجم الملف ، الشكل الهندسي للملف، وعدد لفات الملف، والنفوذية المغناطيسية لمادة جوف الملف}.

2-وضعية كل ملف .

3-الفاصلة بين الملفين.

**ثانيا :-**

في حالة وجود قلب في الحديد المطاوع ومغلق بين الملفين فان معامل الحث المتبادل يعتمد على ثوابت الملفين فقط نتيجة لحصول الاقتران المغناطيسي التام بين الملفين كما في المحولة الكهربائية

*في حالة الاقتران المغناطيسي التام فان معامل الحث المتبادل يعطى بالعلاقة الاتية

$$M = \sqrt{L_1 * L_2}$$

*تستثمر ظاهرة الحث المتبادل في استعمال جهاز التحفيز المغناطيسي خلال الدماغ اذ يسلط تيار متغير مع الزمن على الملف الابتدائي الذي يمسك على منطقة الدماغ للمريض فالمجال المتغير المتولد بوساطة هذا الملف يخترق دماغ المريض مولداً قوة دافعة كهربائية محتثة فيه وهذه بدورها تولد تياراً محتثاً يشوش الدوائر الكهربائية في الدماغ وبهذه الطريقة تعالج بعض الامراض النفسية مثل الكأبة .

**مثال /** ملفان متجاوران ملفوفين حول حلقة مقفلة من الحديد المطاوع ربط بين طرفي الملف الابتدائي بطارية فرق الجهد بين طرفيها $(100V)$ ومفتاح على التوالي فاذا كان معامل الحث الذاتي لملف الابتدائي ( 0.5 H ) ومقاومة $20\Omega$ احسب :

1- المعدل الزمني للتغير في التيار في الملف الابتدائي لحظة اغلاق الدائرة

2-معامل الحث المتبادل بين الملفين اذا تولدت قوة دافعة كهربائية محتثة بين طرفي الملف الثانوي مقدارها $40V$ لحظة اغلاق المفتاح في الملف الابتدائي

3-التيار الثابت المنساب في دائرة الملف الابتدائي بعد اغلاق الدائرة

4-معامل الحث الذاتي للملف الثانوي

**الحل**

1. $V_{app} - \varepsilon_{ind} = I_{ins} * R$ يكون $(I_{ins} = 0)$ لحظة اغلاق المفتاح

$$V_{applid} = L\frac{\Delta I}{\Delta t} + 0 \Longrightarrow 100 = \frac{\Delta I}{\Delta t} * 0.5 + 0$$

$$\therefore \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{100}{0.5} = 200\,{}^{A}/_{s}$$

2. $\varepsilon_{ind2} = -M\frac{\Delta I}{\Delta t} \Longrightarrow\ -40 = -M * 200 \Longrightarrow$

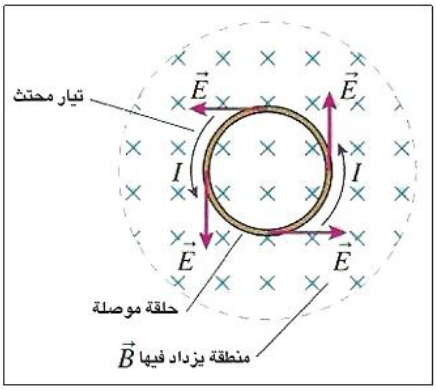
$$M = \frac{-40}{-200} = 0.2H$$

3. $V_{appalid} = I_{const} * R \Longrightarrow I_{const} = \frac{100}{20} = 5A$

4. $M = \sqrt{L_1 * L_2} \Longrightarrow 0.2 = \sqrt{0.5 * L_2}$

$$0.04 = 0.5 * L_2 \Longrightarrow L_2 = \frac{4 * 10^{-2}}{5 * 10^{-1}} \Longrightarrow L_2 = 0.08H$$

## المجالات الكهربائية المحتثة:-




عند وضع حلقة داخل مجال مغناطيسي متزايد فالمجال سيقطع هذه الحلقة الساكنة ويتولد فيها تيار محتث وفق قانون فراداي ويكون اتجاهه معاكساً لحركة عقارب الساعة حسب قانون لنز.
ان حركة الشحنات (التيار) داخل الحلقة بسبب مجال كهربائي والذي يؤثر باتجاهات مماسيه على هذه الشحنات... ويسمى هذا المجال باسم المجال الكهربائي المحتث.

- المجال الكهربائي المحتث يتولد نتيجة للتغيرات الحاصلة في الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن الذي يخترق الحلقة.
- المجالات الكهربائية المستقرة:- هي المجالات التي تنشأ بواسطة الشحنات الكهربائية الساكنة.
- المجالات الكهربائية الغير مستقرة:- هي المجالات التي تنشأ بواسطة التغيرات الحاصلة في الفيض المغناطيسي.

## التطبيقات العملية للمجالات الكهربائية:-

1) السيارات الهجينة التي تمتلك محركين (محرك كهربائي ومحرك كازولين) ان التيارات المحتثة الناتجة في دائرتها الكهربائية تستثمر في اعادة شحن بطارية السيارة.
2) في بعض الطائرات التي تستثمر التيارات المحتثة المتولدة في دائرتها الكهربائية تعمل على ابقاء محركها في حالة اشتغال حتى بعد عطل اي نظام كهربائي فيها.

## التطبيقات العملية لظاهرة الحث الكهرومغناطيسي

1. بطاقة الائتمان:- عند تحريك بطاقة الائتمان ( بطاقة خزن المعلومات )الممغنطة امام ملف سلكي يستحث تياراً كهربائي ثم يضخم هذا التيار ويتحول الى نبضات للفولطية تحتوي المعلومات.
2. القيثار الكهربائي :- تكون اوتار القيثار معدنية ( فهي مصنوعة من مواد فيرو مغناطيسية ) تتمغنط في اثناء اهتزازها بواسطة ملفات سلكية يحتوي كل منها بداخله ساقاً مغناطيسية. توضع هذه الملفات

في مواضع مختلفة تحت الاوتار المعدنية للقيثار الكهربائي وعندما تهتز هذه الاوتار يستحث تيار كهربائي متناوب تردده يساوي تردد الاوتار ثم يوصل الى مضخم

3. الطباخ الحثي:- تستثمر ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي في عمل هذا النوع من الطباخات. اذ يوضع تحت السطح العلوي للطباخ ملف سلكي ينساب فيه تيار متناوب ويحث هذا التيار مجالاً مغاطيسياً متناوباً ينتشر نحو الخارج وبمرور التيار المتناوب خلال قاعدة الاناء اذا كان مصنوعاً من المعدن تتولد تيارات دوامة في قاعدة الاناء المعدني وبذلك تسخن قاعدة الاناء فيغلي الماء الذي يحتويه.

اما اذا كان الوعاء من الزجاج فلا تتولد تيارات دوامة في قاعدته لان الزجاج مادة عازلة ولا يسخن الماء الذي يحتويه.

المدهش في الامر انه لو لمسنا السطح العلوي للطباخ الحثي لا نشعر بسخونة السطح.

س/ علل/ لو لمسنا السطح العلوي للطباخ الحثي لا نشعر بسخونة السطح؟

**الجواب/** عدم تولد التيارات الدوامة على السطح العلوي للطباخ الحثي.

## مسائل اضافية

**س1/** حلقة موصلة دائرية مساحتها ($520cm^2$) ومقاومتها 5 Ω موضوعة في مستوى الورقة ، سلط عليها مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.15T) باتجاه عمودي على مستوى الحلقة ، سحبت الحلقة من جانبها بقوتي شد متساويتين فبلغت مساحتها ($20cm^2$) خلال فترة زمنية (0.3 s) ، أحسب مقدار التيار المحتث في الحلقة ؟

**س2/** ملفان متجاوران بينهما ترابط مغناطيسي تام ، كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.4H) ومقاومته 15Ω ومعامل الحث الذاتي للملف الثانوي (0.9H) ، الفولطية الموضوعة في دائرة الملف الابتدائي (60V) . أحسب مقدار :

1- المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الابتدائي لحظة ازدياد التيار فيها الى 80% من مقداره الثابت،

2- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف الثانوي في تلك اللحظة

**س3/** ملف سلكي دائري الشكل عدد لفاته (50) لفة ونصف قطره (20 cm) وضع بين قطبي مغناطيسي كهربائي ، فاذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي المارة خلال الملف من (0.0T) الى (0.6 T) خلال زمن قدره (πs) .ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف عندما يكون :

1- متجه مساحة اللفة الواحدة من الملف بموازاة كثافة الفيض المغناطيسي .

2- متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية قياسها (37) مع مستوى الملف ؟

**س4/** ملف معامل حثه الذاتي (0.36H ) ومقاومة الدائرة (12 Ω) طبقت في الدائرة فولطية مستمرة مقدارها (60 V) احسب مقدار:

1- التيار الاني والمعدل الزمني لتغير التيار لحظة ازدياد التيار فيها الى (40%) من مقداره الثابت.

2- الطاقة المختزنة عند وصول التيار مقداره الثابت.

**س5/** ملفان متجاوران بينهما ترابط مغناطيسي تام، كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.1 H) ومقاومته ( 20Ω ) ومعامل الحث الذاتي للملف الثانوي (0.9H) ، طبقت على الملف الابتدائي فولطية مستمرة عند اغلاق دائرة الملف الابتدائي ووصول التيار الى (40%) من مقداره الثابت كانت الفولطية المحتثة في الملف الابتدائي (*18V*) احسب مقدار :

1- معامل الحث المتبادل بين الملفين. 2- الفولطية الموضوعة في دائرة الملف الابتدائي.

3- المعدل الزمني للتغير في التيار في دائرة الملف الابتدائي ؟

س6/ ملف عدد لفاته (50) لفة ومساحة اللفة الواحدة ($25cm^2$) يدور بسرعة زاوية منتظمة مقدارها ($10\pi$ rad/s) داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه ( $\frac{2}{\pi}$ T )أحسب:

1- المقدار الأعظم للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف .

2- القوة الدافعة الكهربائية الآنية المحتثة في الملف بعد مرور (1/60)s من الوضع الذي كان مقدارها يساوي صفراً .

س7/ ملف عدد لفاته (50) لفة و نصف قطره (2cm) يدور داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه ( $\frac{2}{\pi}$ T ) بسرعة زاوية منتظمة مقدارها (15 $\pi$ rad/s) وكان اعظم مقدار للتيار المنساب في الحمل (0.5 A) احسب مقدار:

1- المقدار الأعظم للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف .

2- القدرة العظمى المجهزة للحمل المربوط مع الملف؟.

**س8/** ملفان متجاوران بينهما ترابط مغناطيسي تام، كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.4 H) ومقاومته ( 15Ω ) ومعامل الحث الذاتي للملف الثانوي (0.9H) ، طبقت على الملف الابتدائي فولطية مستمرة مقدارها (*60V*) احسب مقدار :

1- المعدل الزمني للتغير في التيار في دائرة الملف الابتدائيلحظة ازدياد التيار فيها الى (*80%*) من مقداره الثابت. 2- القوة الدافعة الكهربائية الآنية المحتثة على طرفي الملف الثانوي في تلك اللحظة.

**س9/** افرض ان ساق موصلة طولها { 1.6m } انزلقت على سكة موصلة بشكل حرف U باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضة ( 0.8 T) بتاثير قوة ساحبة ثابتة (0.064 N) وكانت مقاومة المصباح المربوط مع السكة على التوالي ( 128Ω) اهمل المقاومة الكهربائية للساق والسكة واحسب مقدار

1- القوة الدافعة الكهربائية الحركية المحتثة

2- السرعة التي تنزلق بها الساق على السكة؟

**س10/** ملف معامل حثه الذاتي ( 0.5 H) طبقت في الدائرة فولطية مستمرة مقدارها (100 V) فكان مقدار التيار الثابت المنساب في دائرة الملف بعد اغلاق الدائرة (5A) احسب مقدار:

1- المعدل الزمني لتغير التيار في الملف لحظة اغلاق الدائرة. 2- المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف لحظة ازدياد التيار الى (3A).