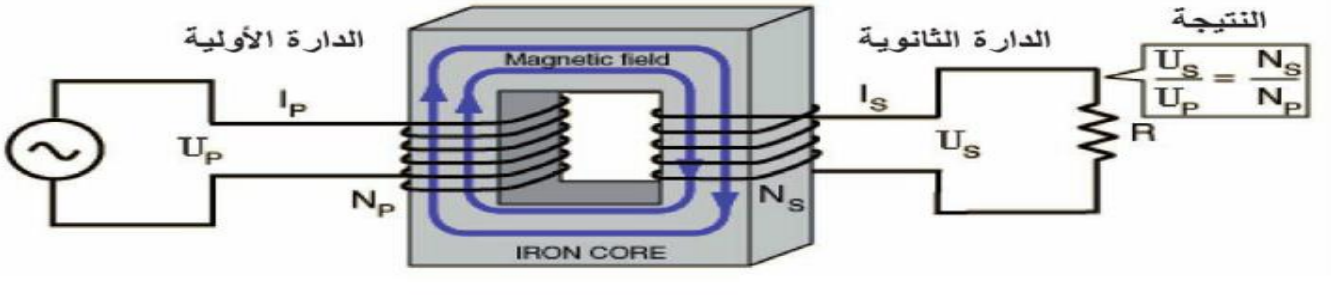
الدرس السادس المحولات الكهربائية

مم تتألف المحولة الكهربائية ؟

تتألف من وشيعتين ومن سلك ناقل معزول وملفوف على نواة حديد ليّن ، الوشيعة الأولية تتصل بمأخذ التيار المتناوب والوشيعة الثانوية توصل للحمولة ويكون لأحدهما سلك رفيع وعدد لفات كثير وللثانية سلك غليظ وعدد لفات أقل.

اشرح عمل المحولة الكهربائية



عند تطبيق توتر متناوب جيبي U_P بين طرفي الوشيعة الأولية يمر تيار متناوب جيبي i_P فيولد حقل مغناطيسي متناوب تتدفق جميع خطوط الحقل تقريباً عبر نواة الحديد المغلقة (بسبب نفوذية الحديد الكبيرة جداً أمام نفوذية الخلاء) إلى الوشيعة الثانوية فيتولد في الثانوية قوة محركة كهربائية تحريضية تساوي U_S وتيار متناوب متحرض i_S في الثانوية له تواتر التيار المرسل في الأولية.

سؤال نظري : في المحولة الكهربائية أجب عن الأسئلة التالية :

1. أكتب نسبة التحويل مبيّناً دلالات الرموز
2. بيّن متى تكون المحولة رافعة للتوتر ومتى تكون خافضة للتوتر
3. عرف المحولة وعلى ماذا تعتمد في عملها ؟
4. ماذا تتوقع عند استبدال منبع التيار المتناوب بمنبع تيار متواصل

الحل :

1. معادلة المحولة، نسبة التحويل μ :

$$\mu = \frac{N_s}{N_P} = \frac{U_{effs}}{U_{effp}} = \frac{I_{effp}}{I_{effs}}$$

N_P : عدد اللفات في الوشيعة الأولية، U_{effp} التوتر المنتج المطبق بين طرفيها، I_{effp} الشدة المنتجة المارة فيها

N_s : عدد اللفات في الوشيعة الثانوية، U_{effs} التوتر المنتج المطبق بين طرفيها ، I_{effs} الشدة المنتجة المارة فيها

2. محولة رافعة للتوتر وخافضة للشدة : $\mu > 1 \Rightarrow N_s > N_P \Rightarrow U_{effs} > U_{effp}$

محولة خافضة للتوتر ورافعة للشدة : $\mu < 1 \Rightarrow N_s < N_P \Rightarrow U_{effs} < U_{effp}$

3. المحولة جهاز كهربائي يعمل على رفع أو خفض التوتر والتيار المنتجين دون تغير الاستطاعة المنقولة وتواتر التيار أو شكل اهتزاز التيار وتعتمد على حادثة التحريض الكهرطيسي.

4. لا تعمل المحولة الكهربائية عند تطبيق توتر كهربائي متواصل بين طرفي دارتها الأولية .

سؤال نظري : تصنف الاستطاعة الضائعة في المحولة الكهربائية إلى نوعين ماهما مع الشرح ؟

1. استطاعة ضائعة حرارياً بفعل جول الحراري (وتساوي المقاومة ×مربع التيار)
   - استطاعة ضائعة حرارياً في الدارة الأولية $P'_P = R_p i^2_{eff_p}$
   - استطاعة ضائعة حرارياً في الدارة الثانوية $P'_s = R_s i^2_{eff_s}$
   - استطاعة كلية ضائعة حرارياً $P_E = P'_P + P'_s$
2. استطاعة كهربائية ضائعة مغناطيسياً P_M نتيجة هروب جزء من خطوط الحقل المغناطيسي خارج النواة الحديدية

سؤال نظري : استنتج العلاقة المحددة لمردود نقل الطاقة الكهربائية للتيار المتناوب من مركز توليده إلى مكان استخدامها وكيف نجعله يقترب من الواحد.

للتوضيح قبل الاستنتاج :

الاستطاعة الداخلة المتولدة من منبع التيار المتناوب: $P_p = P$

وتتوزع إلى استطاعتين : P_s استطاعة خارجة في الدارة الثانوية و P' استطاعة ضائعة حرارياً في اسلاك النقل

$$P = P_s + P' \xrightarrow{\text{الإستطاعة الخارجة من الثانوية}} P_s = P - P'$$

$$\eta = \frac{P_s}{P} = \frac{P-P'}{P} = \frac{\text{الإستطاعة الخارجة}}{\text{الاستطاعة الداخلة}} = \text{المردود}$$

الحل :

علاقة مردود النقل : $\eta = \frac{P-P'}{P}$

$$\xrightarrow{\text{بتوزيع على المقام}} \eta = \frac{P}{P} - \frac{P'}{P} = 1 - \frac{P'}{P}$$

- باعتبار عامل الاستطاعة قريباً جداً من الواحد : فتكون الاستطاعة المتولدة من المنبع $P = I_{eff}.U_{eff}$
- الاستطاعة الحرارية $P' = R\, i_{eff}^2$ تمثل الاستطاعة الضائعة حرارياً بفعل جول

$$\eta = 1 - \frac{R\, i_{eff}^2}{I_{eff}.U_{eff}} \Rightarrow \boxed{\eta = 1 - \frac{R\, I_{eff}}{U_{eff}}}$$

لكي يقترب المردود من الواحد ينبغي أن تكون الاستطاعة الضائعة حرارياً صغيرة لذلك عملياً بجعل أسلاك الوشيعة ذات مقاطع كبيرة لإنقاص مقاومتها R وذلك مكلف لذلك نلجأ إلى تكبير U_p وذلك برفع توتر المنبع.

سؤال نظري : تستخدم المحولات الخافضة للتوتر لشحن الهاتف النقال ، أذكر استخدامات أخرى لهذه المحولة .

- شحن بعض الأجهزة الكهربائية.
- ألعاب الأطفال التي يخفض فيها التوتر للأمان من 220 إلى 12 أو أقل.
- عمليات اللحام الكهربائي حيث نحتاج لتيار شدته من مرتبة مئات الأمبيرات.
- أفران الصهر.

اختبر نفسك:

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة مما يأتي:

1. محولة كهربائية نسبة تحويلها $\mu = 3$ ، وقيمة الشدة المتجة في ثانويتها $I_{eff_s} = 6\ A$، فإن الشدة المنتجة في أوليتها:

a- $I_{eff_p} = 18A$　　b- $I_{eff_p} = 2A$　　c- $I_{eff_p} = 9A$　　d- $I_{eff_p} = 3A$

توضيح اختيار الإجابة: $\mu = \frac{I_{eff_p}}{I_{eff_s}} \Rightarrow 3 = \frac{I_{eff_p}}{6} \Rightarrow I_{eff_p} = 18A$

2. محولة كهربائية قيمة التوتر المنتج بين طرفي أوليتها $U_{eff_p} = 20V$ وقيمة التوتر المنتج بين طرفي ثانويتها $U_{eff_s} = 40V$ فإن نسبة تحويلها μ

a-2　　b- 0.5　　c- 20　　d- 60

توضيح اختيار الإجابة: $\mu = \frac{U_{eff_s}}{U_{eff_p}} = \frac{40}{20} = 2$

ثانياً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1) لا تنقل الطاقة الكهربائية عبر المسافات البعيدة بوساطة تيار متواصل؟

للتقليل من الطاقة الضائعة بفعل جول.

2) تنقل الطاقة الكهربائية بتوتر عدة آلاف من الفولتات ثم تخفض إلى $220V$ عند الاستهلاك؟

للتقليل من الطاقة الضائعة بفعل جول ثم تخفض إلى $220V$ عند الاستهلاك لتوافق عمل الأجهزة الكهربائية.

3) تصنع النواة في المحولة من صفائح أو قضبان معزولة من الحديد اللين؟　　لإنقاص تيارات فوكو وتحسين مردود المحولة.

ملاحظات الدرس السادس المحولة الكهربائية

ثانوي : S من قوانين المتناوب أولي : p من نسبة التحويل

نسبة التحويل : $\mu = \frac{N_s}{N_P} = \frac{U_{effs}}{U_{effp}} = \frac{I_{effp}}{I_{effs}}$

محولة رافعة للتوتر(الجهد) وخافضة للتيار: $\mu > 1 \Rightarrow N_s > N_P \Rightarrow U_{effs} > U_{effp}$

محولة خافضة للتوتر (الجهد) ورافعة للتيار : $\mu < 1 \Rightarrow N_s < N_P \Rightarrow U_{effs} < U_{effp}$

لحساب كل من شدة تياري الأولية I_{effp} والثانوية I_{effs} $\begin{cases} I_{effs} = \frac{U_{effs}}{R_s} \text{ أو } P_{avg_s} = I_{eff_s} U_{eff_s} \Rightarrow I_{eff_s} = \frac{P_{avg_s}}{U_{eff_s}} \\ I_{effp} = \mu . I_{effs} \end{cases}$

يتم دمج مسألة المحولة مع التيار المتناوب في الدارة الثانوية ويكون U_{effs} هو التوتر المنتج الكلي للدارة التفرع

المسألة الأولى: يبلغ عدد لفات أولية محولة كهربائية $N_p = 125$ لفة وعدد لفات ثانويتها $N_s = 375$ لفة، والتوتر اللحظي بين طرفي الثانوية يُعطى بالمعادلة: $u_s = 120\sqrt{2}\cos 100\pi t(V)$ **المطلوب:**

1. احسب نسبة التحويل، ثم بين إن كانت المحولة رافعة للتوتر أم خافضة له.
2. احسب قيمة التوتر المنتج بين طرفي كل من الدارة الثانوية و الأولية.
3. نصل طرفي الدارة الثانوية بمقاومة صرف $R = 30\Omega$، احسب قيمة الشدة المنتجة للتيار المار في الدارة الثانوية.
4. نصل على التفرع مع المقاومة السابقة وشيعة مهملة المقاومة، فيمر في فرع الوشيعة تيار شدته المنتجة $I_{eff_2} = 3A$، احسب رديه الوشيعة، ثم اكتب التابع الزمني لشدة التيار المار في الوشيعة
5. احسب قيمة الشدة المنتجة الكلية في الدارة الثانوية باستخدام إنشاء فرينل.
6. احسب قيمة الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في الدارة، وعامل استطاعة الدارة.

المعطيات: $N_p = 125$ لفة ، $N_s = 375$ لفة

$U_s = 120\sqrt{2}\cos \pi t(V)$

الحل:

1- نوع المحولة = ؟ ، $\mu = ?$

$$\mu = \frac{N_s}{N_p} = \frac{375}{125} = 3 > 1$$

- المحولة رافعة للتوتر خافضة للشدة لأن : $\mu > 1$

2- التوتر المنتج في دارتي الأولية والثانوية : $U_{eff_P} = ?$ $U_{effs} = ?$

التوتر المنتج في الثانوية : $U_{eff_s} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{120\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \Rightarrow \boxed{U_{effs} = 120V}$

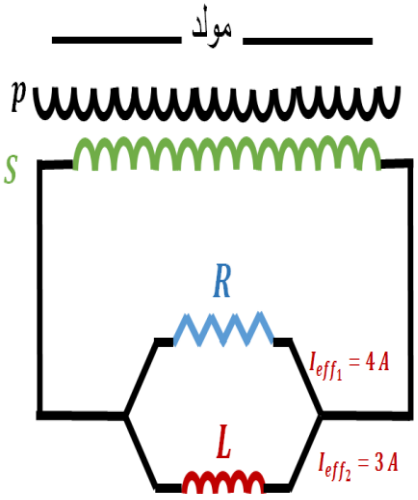
التوتر المنتج في الأولية : $\mu = \frac{U_{effs}}{U_{eff_p}} \Rightarrow U_{eff_p} = \frac{U_{effs}}{\mu}$

$$U_{eff_p} = \frac{120}{3} \Rightarrow \boxed{U_{effp} = 40V}$$

3- قيمة الشدة المنتجة للتيار المار في الدارة الثانوية $I_{eff_s} = ?$ علماً أن $R = 30\Omega$

$$I_{eff_s} = \frac{U_{effs}}{R} = \frac{120}{30} \Rightarrow \boxed{I_{effs} = 4A}$$

-4 ردية الوشيعة: ؟ ، علماً أن $I_{eff_2} = 3A$



$$X_L = \frac{U_{effs}}{I_{eff_2}} = \frac{120}{3} \Rightarrow \boxed{X_L = 40\ \Omega}$$

$$i = I_{max}\cos(\omega t + \varphi)$$

$$I_{\max 2} = I_{eff_2}.\sqrt{2} = 3\sqrt{2}\ A$$

$$\omega = 100\pi\ rad.s^{-1} \qquad \varphi_2 = -\frac{\pi}{2} rad$$

$$\boxed{i_2 = 3\sqrt{2}\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{2}\right)\ (A)}$$

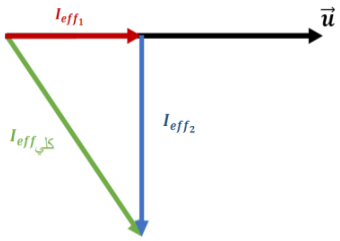
-5

$$\overrightarrow{I_{effs}} = \overrightarrow{I_{eff_1}} + \overrightarrow{I_{eff_2}}$$

$$I_{effs}^2 = I_{eff_1}^2 + I_{eff_2}^2$$

$$I_{effs} = \sqrt{16+9} \Rightarrow \boxed{I_{effs} = 5A}$$

-6 الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في جملة الفرعين :



$$P_{avg} = P_{avg_1} + P_{avg_2}$$

$$P_{avg} = I_{eff_1}U_{effs}cos\varphi_1 + I_{eff_2}U_{effs}\,cos\varphi_2$$

$$P_{avg} = 4\times120\times1 + 3\times120\times0 \Rightarrow \boxed{P_{avg} = 480\ watt}$$

عامل استطاعة الدارة : $P_{avg} = I_{eff}U_{effs}cos\varphi$

$$cos\varphi_{كلي} = \frac{P_{avg}}{I_{eff}.U_{eff}} = \frac{480}{5\times120} = \frac{4}{5} \Rightarrow \boxed{cos\varphi_{كلي} = 0.8}$$

المسألة الثانية: محولة كهربائية مثالية عدد لفات ثانويتها **200** لفة يطبق بين طرفي أوليتها توتراً منتجاً **60V** ويوصل بين طرفي ثانويتها مصباح كهربائي استطاعته **240 watt** ويعمل بتوتر منتج **120 V** **المطلوب حساب :**

1. الشدة المنتجة المارة في الدارة الثانوية
2. الشدة المنتجة المارة في الدارة الأولية
3. عدد لفات الدارة الأولية ونسبة التحويل .
4. المقاومة الأومية للمصباح الكهربائي .

المعطيات: $U_{effs} = 120V$ $U_{effp} = 60V$ $N_s = 200$ $P_{avg_s} = 240watt$

الحل :

1. الشدة المنتجة المارة في الدارة الثانوية من الاستطاعة المتوسطة : $I_{eff_s} = ?$

$$P_{avg_s} = I_{eff_s}U_{eff_s} \Rightarrow I_{eff_s} = \frac{P_{avg_s}}{U_{eff_s}}$$

$$I_{eff_s} = \frac{P_{avg_s}}{U_{eff_s}} = \frac{240}{120} \Rightarrow \boxed{I_{eff_s} = 2A}$$

2. الشدة المنتجة المارة في الدارة الأولية من نسبة التحويل : $I_{eff_p} = ?$ $\frac{U_{effs}}{U_{effp}} = \frac{I_{effp}}{I_{effs}}$

$$\frac{120}{60} = \frac{I_{effp}}{2} \Rightarrow I_{effp} = \frac{120\times2}{60} \Rightarrow \boxed{I_{effp} = 4A}$$

3. عدد لفات الدارة الأولية ونسبة التحويل . $N_P = ?$ ، $\mu = ?$

♥ حساب عدد لفات الأولية من نسبة التحويل : $\frac{N_s}{N_P} = \frac{U_{effs}}{U_{effp}}$

$$\frac{200}{N_P} = \frac{120}{60} \Rightarrow I_{effp} = \frac{200\times60}{120} \Rightarrow \boxed{N_P = 100 \text{ لفة}}$$

♥ حساب نسبة التحويل : $\mu = \frac{U_{eff_S}}{U_{eff_p}} \Rightarrow \mu = \frac{120}{60} = 2$

4. المقاومة الأومية للمصباح الكهربائي . $R_s = ?$

$$R_s = \frac{U_{eff_S}}{I_{eff_S}} = \frac{120}{2} \Rightarrow \boxed{R_s = 60\Omega}$$

المسألة الثالثة: يبلغ عدد لفات أولية محولة **3750** لفة، وعدد لفات ثانويتها **125** لفة، نطبق بين طرفي الأولية توتراً منتجاً $U_{eff_p} = 3000V$، ونربط بين طرفي الثانوية دارة تحوي على التفرع:

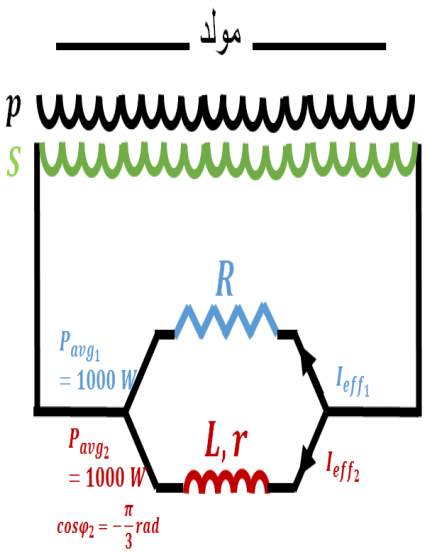
- مقاومة صرفه، الاستطاعة المستهلكة فيها $P_{avg_1} = 1000W$.
- وشيعة لها مقاومة أومية ، الاستطاعة المستهلكة فيها $P_{avg_2} = 1000W$، يمر فيها تيار يتأخر بالطور عن التوتر المطبق بمقدار $\frac{\pi}{3} rad$.

المطلوب:

1. احسب قيمة الشدة المنتجة للتيار المار في المقاومة.
2. احسب قيمة الشدة المنتجة للتيار المار في الوشيعة.
3. احسب قيمة الشدة المنتجة للتيار المار في ثانوية المحولة.
4. احسب الشدة المنتجة للتيار المار في الدارة الأولية للمحولة.

المعطيات: $U_{eff_p} = 3000\ V$, $N_s = 125$ لفة , $N_p = 3750$ لفة

الحل:



-1 قيمة الشدة المنتجة للتيار المار في المقاومة من الاستطاعة $I_{eff_1} = ?$

- نحسب U_{eff_s} من نسبة التحويل:

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{U_{eff_s}}{U_{eff_p}} \Rightarrow \frac{125}{3750} = \frac{U_{eff_s}}{3000}$$

$$U_{eff_s} = 100\ V$$

$$P_{avg_1} = I_{eff_1} U_{eff_s} cos\varphi_1$$

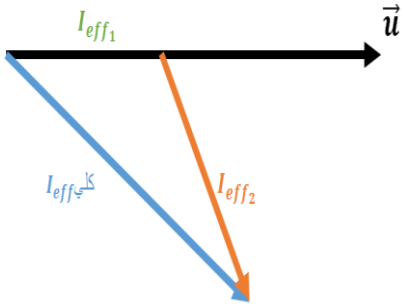
$$I_{eff_1} = \frac{P_{avg}}{U_{eff_s} \underbrace{cos\varphi_1}_{0}} = \frac{1000}{100} \Rightarrow \boxed{I_{eff1} = 10A}$$

-2 من الاستطاعة المتوسطة :

$$P_{avg_2} = I_{eff_2} . U_{eff_s} cos\varphi_2$$

$$I_{eff_2} = \frac{P_{avg_2}}{U_{eff_s} \underbrace{cos\varphi_2}_{-\frac{\pi}{3}}} = \frac{1000}{100 \times \frac{1}{2}} \Rightarrow \boxed{I_{eff2} = 20A}$$

-3 من إنشاء فرينل :



$$\overrightarrow{I_{eff_s}} = \overrightarrow{I_{eff_1}} + \overrightarrow{I_{eff_2}}$$

$$I_{eff_s}^2 = I_{eff_1}^2 + I_{eff_2}^2 + 2I_{eff_1} . I_{eff_2} . \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$I_{eff_s} = \sqrt{I_{eff_1}^2 + I_{eff_2}^2 + 2I_{eff_1} . I_{eff_2} . \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$I_{eff_s} = \sqrt{100 + 400 + 400\cos(-\frac{\pi}{3} - 0)}$$

$$I_{eff_s} = \sqrt{700} \Rightarrow \boxed{I_{eff_s} = 10\sqrt{7}\ A}$$

-4 من نسبة التحويل :

$$\frac{U_{eff_s}}{U_{eff_p}} = \frac{I_{eff_p}}{I_{eff_s}} \Rightarrow \frac{100}{3000} = \frac{I_{eff_p}}{10\sqrt{7}} \Rightarrow \boxed{I_{eff_p} = \frac{\sqrt{7}}{3}\ A}$$

المسألة الرابعة يبلغ عدد الحلقات في أولية محولة **125** حلقة، وفي ثانويتها **375** حلقة. نطبق بين طرفي الدارة الاولية فرق كمون منتج قيمته **10V**، ونصل طرفي الثانوية بمقاومة صرف **R** مغموسة في مسعر يحوي **600g** من الماء معادله المائي مهمل، فترتفع حرارته **2.14°C** خلال دقيقة واحدة. والحرارة الكتلية للماء $\mathbf{c = 4200j.kg^{-1}.c^{0^{-1}}}$ **المطلوب** :

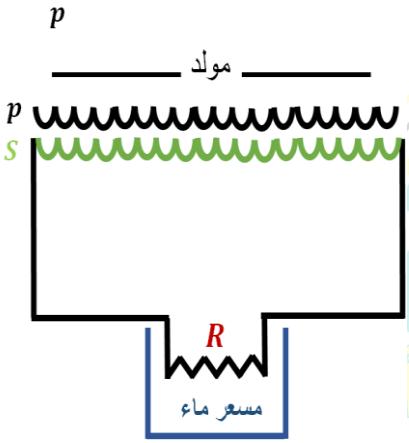
1. احسب قيمة المقاومة **R.**
2. احسب الشدتين المنتجتين في دارتي المحولة باعتبار مردودها يساوي الواحد .
3. نصل على التفرع بين طرفي المقاومة وشيعة مهملة المقاومة فتصبح الشدة المنتجة الكلية في الدارة الثانوية **5A.**

المطلوب :

a. احسب الشدة المنتجة للتيار في فرع الوشيعة باستخدام إنشاء فرينل، ثم اكتب تابع الشدة اللحظية. $\mathbf{(f = 50Hz)}$

b. احسب ذاتية الوشيعة. **c.** احسب الاستطاعة المتوسطة في جملة الفرعين.

المعطيات : $U_{eff_p} = 10V$, $N_s = 375$لفة , $N_p = 125$ لفة



معطيات المسعر : الزمن : $t = 1\ min = 60\ sec$

- كتلة الماء في المسعر : $m = 600 \times 10^{-3}\ kg$
- درجة الحرارة : $\Delta t = 2.14\ °C$
- الحرارة الكلية للماء : $C = 4200 J.kg^{-1}.°C^{-1}$

الحل :

-1 حساب قيمة المقاومة : $R = ?$

نحسب التوتر المنتج في الثانوية من نسبة التحويل :

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{U_{eff_s}}{U_{eff_p}} \Rightarrow \frac{375}{125} = \frac{U_{eff_s}}{10} \Rightarrow U_{eff_s} = 30\ V$$

مبدأ التوازن الحراري :

$$\begin{bmatrix} \text{الطاقة الحرارية} \\ \text{التي يكتسبها الماء} \\ t \text{ في المسعر خلال الزمن} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{الطاقة الحرارية المنتشرة} \\ \text{عمل المقاومة في الدارة} \\ t \text{ الثانوية خلال زمن} \end{bmatrix}$$

$$m_{\text{كتلة}} . C_{\text{حرارة كلية}} . \Delta t_{\text{تغير درجة الحرارة}} = \underbrace{R.I_{eff_s}^2}_{\text{الاستطاعة}} . \underbrace{t}_{\text{الزمن}}$$

$$\xrightarrow{I_{eff_s} = \frac{U_{eff_s}}{R}} m.C.\Delta t = R.\frac{U_{eff_s}^2}{R^2}.t$$

$$R = \frac{U_{eff_s}^2.t}{m.c.\Delta t} = \frac{900 \times 60}{600 \times 10^{-3} \times 4200 \times 2.14}$$

$$\boxed{R = 10\Omega}$$

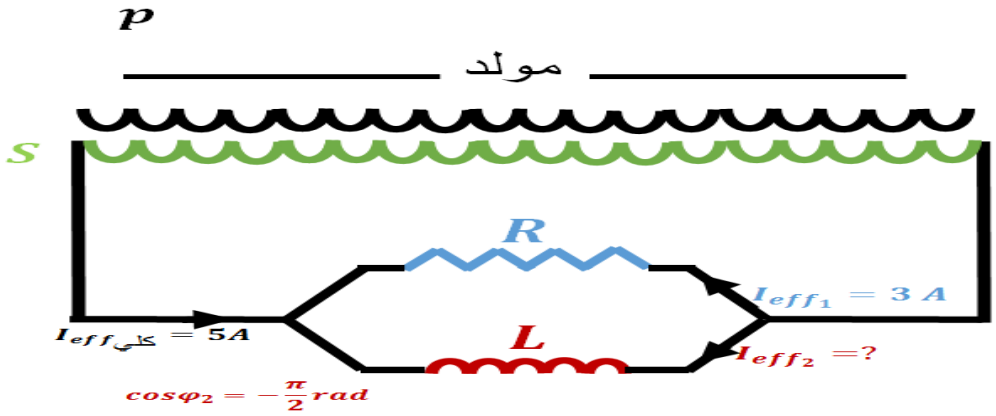
-2 حساب الشدة المنتجة في الدارة الثانوية :

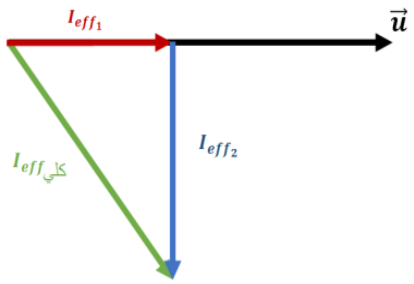
$$I_{eff_s} = \frac{U_{eff_s}}{R} = \frac{30}{10} \Rightarrow \boxed{I_{eff_s} = 3\ A}$$

حساب الشدة المنتجة في الدارة الأولية : $\frac{U_{eff_s}}{U_{eff_p}} = \frac{I_{eff_p}}{I_{eff_s}}$

$$\frac{30}{10}=\frac{I_{effp}}{3}\Longrightarrow I_{effp}=\frac{30\times3}{10}\Longrightarrow \boxed{I_{effp}=9A}$$

3- فرعين الأول مقاومة صرفة والثاني وشيعة مهملة المقاومة :





a- $I_{eff_2}=?$ فرينل $i_2=?$

$$\overrightarrow{I_{eff}}=\overrightarrow{I_{eff_1}}+\overrightarrow{I_{eff_2}}$$

حسب فيثاغورث :

$$I_{eff}^2=I_{eff_1}^2+I_{eff_2}^2$$

$$I_{eff_2}^2=I_{eff}^2-I_{eff_1}^2$$

$$I_{eff_2}=\sqrt{25-9}=\sqrt{16}$$

$$\boxed{I_{eff_2}=4\ A}$$

تابع الشدة اللحظية :

$$i_2=I_{max}\cos(\omega t+\varphi_2)$$

$$I_{max_2}=I_{eff_2\sqrt{2}}=4\sqrt{2}\ A$$

$$\omega=2\pi f=100\pi\ rad.s^{-1}$$

وشيعة مهملة المقاومة : $\varphi_2=-\frac{\pi}{2}rad$

$$i_2=4\sqrt{2}\cos\left(100\pi t-\frac{\pi}{2}\right)\ A$$

b- ذاتية الوشيعة : $L=?$ نحسبها من الردية :

$$X_L=\frac{U_{eff}}{I_{eff_2}}=\frac{30}{4}=\frac{15}{2}\Omega$$

$$X_L=L\omega\Longrightarrow L=\frac{X_L}{\omega}=\frac{15}{2\times100\pi}$$

$$\boxed{L=\frac{15}{200\pi}\ H}$$

c- الاستطاعة المستهلكة في جملة الفرعين :

$$P_{avg}=P_{avg1}+P_{avg_2}$$

$$P_{avg}=I_{eff_1}U_{eff_s}\ cos\varphi_1+I_{eff_2}U_{eff_s}\ cos\varphi_2$$

$$P_{avg}=3\times30\times1+4\times30\times0$$

$$P_{avg}=90+0\Longrightarrow\boxed{P_{avg}=90\ Watt}$$

MY Way طريقي
مع أنس أحمد