الفصل الخامس عشر
Chapter Fifteen

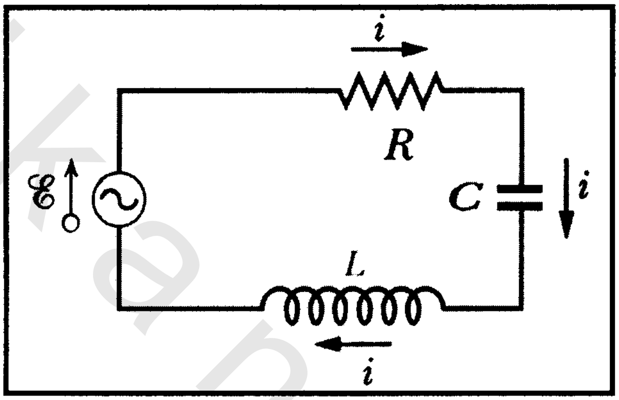
التيار المتناوب
Alternating Current

Problem (15.1) مسألة

في الشكل التالي (15.1)، تبلغ سعة المكثف $(C = 15.0 \mu F)$، ويبلغ مقدار تردد التيار المتناوب $(f = 60\ HZ)$، بينما تبلغ السعة القصوى للفولتية $(\xi_m = V_c = 36\ V)$.

1- أوجد الرادة السعوية *capacitive reactance* (X_C).

2- أوجد السعة القصوى للتيار (I_C).



شكل (15.1)، المسألة (15.1)

Solution الحل

-1
$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$= \frac{1}{(2\pi)(60\ HZ)(15.0 X 10^{-6}\ F)}$$

$$= 177\ \Omega.$$

من المناسب هنا أن يتذكر الطالب بأنّ وحدة قياس الرادة. السعوية هي الأوم، ولكنها ليست مقاومة، بل رادة. سعوية

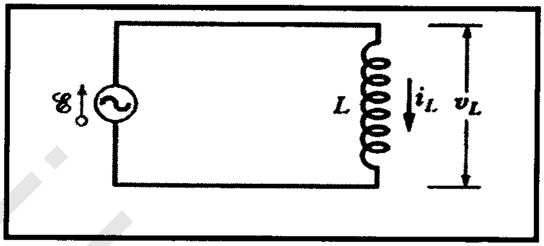
-2
$$I_C = \frac{V_C}{X_C} = \frac{36.0 V}{177\ \Omega} = 0.203 A$$

مسألة (15.2) Problem

في الشكل التالي (15.2) تبلغ حاثية الملف ($L = 230\ mH$)، ويبلغ مقدار تردد التيار المتناوب ($f = 60\ HZ$)، بينما تبلغ السعة القصوى للفولتية ($V_L = 36.0\ V$).

1- أوجد الرادة الحاثية Inductive reactance (X_L).

2- أوجد السعة القصوى للتيار (I_L) المار في الدائرة.



شكل (15.2)، المسألة (15.2)

الحل Solution

-1

$$X_L = \omega L = 2\pi\, fL$$

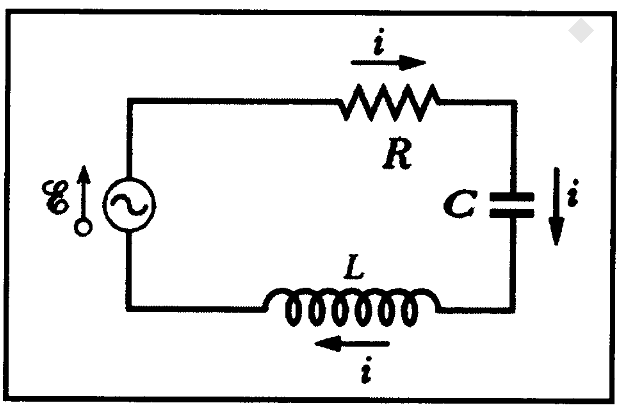
$$= (2\pi)(60\ HZ)(230 \times 10^{-3}\ H)$$

$$= 86.7\ \Omega$$

-2

$$I_L = \frac{V_L}{X_L} = \frac{36\ V}{86.7\ \Omega} = 0.415 A$$

مسألة (15.3) Problem



شكل (15.3)، المسألة (15.3)

في الشكل (15.3)، اعتمد القيم التالية لعناصر الدائرة :

$$\xi_m = 36\,V\ ,\ f = 60\,Hz\ ,\ L = 230\,mH\ ,\ C = 15\,\mu F\ ,\ R = 160\,\Omega$$

1- أوجد ممانعة الدائرة (Z) *Impedance* .

2- أوجد السعة القصوى للتيار (I) *amplitude* .

3- أوجد ثابت الطور (ϕ) *phase constant* .

الحل Solution

-1

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$X_L = \omega L = 2\pi\, fL$$

$$= 2\pi(60\,Hz)(230 \times 10^{-3}\,H) = 86.7\,\Omega$$

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\, fC}$$

$$= \frac{1}{2\pi(60\,Hz)(15 \times 10^{-6}\,F)} = 177\,\Omega$$

$$Z = \sqrt{(160\,\Omega)^2 + (86.7\,\Omega - 177\,\Omega)^2} = 184\,\Omega$$

-2

$$I = \frac{\xi_m}{Z} = \frac{36\,V}{184\,\Omega} = 0.196\,A$$

-3

$$\phi = \tan^{-1}(-0.564) = -29.4^o$$

ويلاحظ في هذه المسألة أنّ : $X_C > X_L$

مسألة Problem (15.4)

سوف نعيد المعلومات الواردة في المسألة (15.3)، $(R = 160\Omega)$، $(C = 15\,\mu F)$، $(L = 230\,mH)$، $(f = 60\,Hz)$، $(\xi_{rms} = 36\,V)$، وذلك لإيجاد كلٍ من :

1- متوسط الجذر التربيعي للقوة الدافعة الكهربائية.

2- متوسط الجذر التربيعي للتيار I_{rms} .

3- معامل القدرة $\cos\phi$.

4- معدل القدرة المتبددة في الدائرة P_{av} .

الحل *Solution*

-1
$$\xi_{rms}=\frac{\xi_m}{\sqrt{2}}=\frac{36\,V}{\sqrt{2}}=25.45\,V$$

-2
$$I_{rms}=\frac{I}{\sqrt{2}}=\frac{0.192\,A}{\sqrt{2}}=0.139\,A$$

3- كنا قد أوجدنا ثابت الطور في المسألة (15.3)، $(\phi=-29.4^o)$، إذن :

معامل القدرة :
$$\cos(\phi)=0.871$$

-4
$$P_{av}=I_{rms}^2R=(0.139\,A)^2(160\,\Omega)$$
$$=3.07\,Watt$$

ومن ناحية أخرى وباستخدام المعادلة التي تعبر عن معدل القدرة المتبددة بدلالة معامل القدرة نجد أنَّ :

$$P_{av}=\xi_{rms}\,I_{rms}\cos\phi$$
$$=(25.45\,V)(0.139\,A)(0.871)$$
$$=3.07\,Watt$$

مسألة (15.5) *Problem*

محولة تستخدم لتغذية منطقة سكنية تعمل على فولتية $(V_P=8.5\,KV)$ للملف الابتدائي بحيث تصل الفولتية إلى البيوت السكنية بمقدار $(V_S=120\,V)$، كلا الفولتيتين تمثل جذر متوسط القيمة (*rms*)، افرض أن المحولة نموذجية *Ideal Transformer* وأن معامل القدرة $(\cos\phi=1)$.

1- ما هي نسبة اللفات (N_P / N_S) لهذه المحولة الخافضة $(step - down)$.

2- إذا كان معدل استهلاك الطاقة في وقت ما يساوي $(78\ KW)$، أوجد (I_{rms}) في الملف الابتدائي والثانوي.

3- أوجد مقدار الحمل المكافئ في دائرة الملف الثانوي.

4- أوجد مقدار الحمل المكافئ في دائرة الملف الابتدائي.

الحل Solution

-1
$$\frac{N_P}{N_S} = \frac{V_P}{V_S} = \frac{8.5 \times 10^3\ V}{120\ V} \approx 71$$

-2
$$P_{av} = I_P V_P$$

$$I_P = \frac{P_{av}}{V_P} = \frac{78 \times 10^3 W}{8.5 \times 10^3 V} = 9.176\ A$$

$$I_S = \frac{P_{av}}{V_S} = \frac{78 \times 10^{10} W}{120\ V} = 650\ A$$

-3
$$R_S = \frac{V_S}{I_S} = \frac{120\ V}{650\ A} = 0.1846\ \Omega$$

-4
$$R_P = \frac{V_P}{I_P} = \frac{18.5 \times 10^3 V}{9.176\ A} = 926\ \Omega$$

والتي يمكن إيجادها باستخدام المعادلة $R_{eq} = \left(\frac{N_P}{N_S}\right)^2 R_S$ على النحو الآتي :

$$R_P = \left(\frac{N_P}{N_S}\right)^2 R_S = (70.83)^2 (0.1846\ \Omega)$$

$$= 926\ \Omega$$

وهي ذات النتيجة في الطريقة الأولى.

مسألة **Problem (15.6)**

إذا كانت المعادلة : $\xi = \xi_m \sin \omega t$

هي التي تعبِّرعن القوة الدافعة الكهربائية الفعالة التي لمقبس *Outlet* اعتيادي وبتردد $(60\ Hz)$.

1- ما هو التردد الزاوي (ω) الموافق لذلك ؟ أوجد مقداره.

2- كيف تستطيع شركة الكهرباء تثبيت هذه القيمة ؟ وضح ذلك.

الحل **Solution**

1- $\xi = \xi_m \sin \omega t$

ويكون التردد الزاوي (ω) عبارة عن :

$$\omega = 2\pi f$$

$$= 2(3.14)rad\ \ 60s^{-1} = 377\ rad.s^{-1}$$

2- يمكن الحصول على هذا التردد عند هذه القيمة وذلك بتدوير القاعدة الدوارة للمولد *rotating shaft* على المقدار ستين دورة في الثانية.

مسألة **Problem (15.7)**

مكثف مقدار سعته $(C = 15.0\ \mu F)$ تمَّ وصله على التوالي مع مولد للتيار المتناوب $(a.c.)$ يعمل بقوة دافعة $(\xi_m = 30.0\,V)$، أوجد السعة القصوى للتيار المتناوب إذا كان تردد القوة الدافعة الكهربائية $(\ emf\ )$:

1- $1.0\ KHz$

2- $8.0\ KHz$

الحل **Solution**

1- باستخدام العلاقة الرياضية : $I = \dfrac{\xi_m}{X_C}$

والعلاقة الأخرى : $X_C = \frac{1}{\omega C}$

نجد أن : $I = \omega C \xi_m$

$= 2\pi fC \xi_m$

$= (2\pi\ rad)(1 \times 10^3 s^{-1})(1.5 \times 10^{-6} F)(30 V)$

$= 0.283 A$

-2 $I = (2\pi\ rad)(8 \times 10^3 s^{-1})(1.5 \times 10^{-6} F)(30 V)$

$= 2.26 A$

ونلاحظ أن مقدار التيار المار (I) يزداد بازدياد التردد.

مسألة (15.8) *Problem*

ملف مقدار حاثيته ($L = 50.0\ mH$) تم وصله على التوالي مع مولد للتيار المتناوب ($a.c.$) يعمل بقوة دافعة كهربائية ($\xi_m = 30.0 V$)، أوجد السعة القصوى للتيار المتناوب إذا كان تردد القوة الدافعة الكهربائية (emf) :

1- $1.0\ KHz$

2- $8.0\ KHz$

3- استبدل الملف بمقاومة مقدارها ($R = 50\ \Omega$) في هذه المسألة ثم أكمل الباقي، وذلك بإيجاد السعة القصوى للتيار المتناوب.

4- قارن بين النتائج التي حصلت عليها في كلٍ من المكثف، الملف والمقاومة.

الحل *Solution*

1- السعة القصوى للتيار الكهربائي (I) يمكن حسابها من العلاقة الرياضية :

$$I = \frac{V_L}{X_L}$$

$$V_L = \xi_m$$

حيث إنّ (ξ_m) هي القوة الدافعة الكهربائية للمولد.

$$X_L = 2\pi f L$$

$$= (2\pi\ rad)(1 \times 10^3\ s^{-1})(50 \times 10^{-3}\ H)$$

$$= 314.2\ \Omega$$

$$I = \frac{V_L}{X_L} = \frac{30\ V}{314.2\ \Omega} = 9.5 \times 10^{-2}\ A$$

-2 $$X_L = (2\pi\ rad)(8 \times 10^3\ s^{-1})(50 \times 10^{-3}\ H)$$

$$= 2513.3\ \Omega$$

$$I = \frac{V_L}{X_L} = \frac{30\ V}{2513.3\ \Omega} = 1.2 \times 10^{-2}\ A$$

-3 $$I = \frac{\xi_m}{R}$$

$$= \frac{30\ V}{50\ \Omega} = 0.6\ A$$

وذلك بغض النظر عن تردد التيار المتناوب.

4- وهكذا نجد أن التيار أكبر ما يكون في حالة المكثف (انظر المسألة (15.7)) وتنخفض قيمته القصوى في حالة المقاومة ثم تزداد انخفاضاً في حالة الملف.

مسألة (15.9) *Problem*

إذا كانت الرادة السعوية ($X_C = 12\ \Omega$) لمكثف تبلغ سعته ($C = 1.5\ \mu F$).

1- أوجد تردد تشغيل هذا المكثف.

2- أوجد مقدار (X_C) إذا كان التردد ضعف مقدار التردد الذي أوجدته في الطلب الأول.

الحل Solution

يمكننا إيجاد التردد من العلاقة الرياضية :

$$f = \frac{1}{2\pi \; fC \; X_C}$$

$$= \frac{1}{(2\pi \; rad)(1.5 \times 10^{-6} \; F)(12\,\Omega)}$$

$$= 8.84 \; KHz$$

$$= 8.84 \times 10^{3} \; s^{-1}$$

2- نلاحظ أن العلاقة بين الرادة السعوية (X_c) والتردد هي علاقة عكسية أي أنّ :

$$X_C \propto f^{-1}$$

فإذا ازداد التردد بمقدار الضعف، هذا يعني أنّ الرادة السعوية سوف تقل بمقدار النصف، أي أنّ :

$$X_C = \frac{1}{2}(12\,\Omega) = 6.0\,\Omega$$

مسألة (15.10) *Problem*

إذا كانت القوة الكهربائية الدافعة الخارجة *Output* عن مولد للتيار المتناوب $(a.c.)$
هي : $\xi = \xi_m \sin \omega \, t$

حيث إنّ $(\xi_m = 25.0\,V)$، $(w = 377 \; rad/s)$، تمّ وصله بملف حاثيته $(12.7 \; H)$

1- أوجد أعلى قيمة للتيار الصادر من هذا المولد.

2- عند أعلى قيمة للتيار، أوجد القوة الدافعة الكهربائية له (emf).

3- عندما تزداد القوة الدافعة الكهربائية للمولد إلى $(-12.5\,V)$، أوجد مقدار التيار المار.

4- في الظروف المبينة في الطلب (3) من هذه المسألة، قرر فيما إذا كان المولد يعطي أم يأخذ طاقة من باقي أجزاء الدائرة.

الحل *Solution*

1- يمكننا إيجاد أعلى قيمة للتيار الصادر عن هذا المولد من العلاقة الرياضية :

$$I = \frac{\xi_m}{X_L} = \frac{\xi_m}{\omega L}$$

$$= \frac{25.0\,V}{(377\ rad\ s^{-1})(12.7\ s^{-1})}$$

$$= 5.22 \times 10^{-3}\ A$$

2- أعلى قيمة للتيار تكون عندما تكون :

$$\xi(t) = 0$$

$$i(t) = I$$

وذلك عند فرق الطور ($\phi = 90^o$).

3- عندما تكون الفولتية (-12.5) فولت فهذا يعني أنَّ :

$$\omega\, t = (2\pi\, n - \pi / 6)$$

حيث (n) هو عدد صحيح من الدورات فكل دورة ($2\pi\ rad$) وهكذا تصبح المعادلة العامة للتيار.

$$i = I \sin(2\pi\, n - \pi / 6 + \pi / 2)$$

$$= I \sin(\pi / 3) = (5.22 \times 10^{-3}\ A)(\sqrt{3} / 2)$$

$$= 4.51 \times 10^{-3}\ A$$

4- إنّ الطاقة المتولدة في هذه اللحظة هي عبارة عن :

$$P = \xi(t)\, i(t)$$

$$= \xi_m \sin(2\pi\, n - \pi/6)\, I \sin(\pi/3)$$

$$= -\xi_m I \sin(\pi/6) \sin(\pi/3)$$

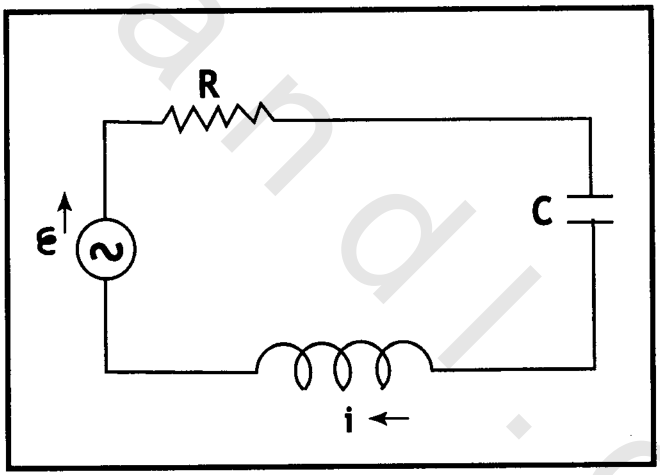
$$= -(+12.5\, V)(5.22 \times 10^{-3}\, A)(0.5)(0.866)$$

$$= -0.028 \ \ Watt.$$

وعليه فإن المولد يأخذ طاقة من باقي أجزاء الدائرة. لأن الطاقة سالبة (-0.028).

مسألة **Problem (15.11)**

إذا كانت لديك الدائرة الآتية، والمبينة في الشكل (15.4).



شكل (15.4)، المسألة (15.11)

حيث إنّ $(R = 160\ \Omega)$، $(L = 230\ mH)$، $(f = 60.0\ Hz)$، $(\xi_m = 36.0\, V)$،
$(C = 0.8\ \mu F)$ أوجد كلا من :

1- ممانعة الدائرة (Z) .

2- السعة القصوى للتيار (I).

3- ثابت الطور (ϕ).

Solution الحل

1- ممانعة الدائرة يمكن إيجادها من العلاقة الرياضية :

$$Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$$

$$X_C=\frac{1}{\omega C}=\frac{1}{2\pi fC}$$

$$=\frac{1}{(2\pi\ rad)(60\ s^{-1})(0.8\times 10^{-6}\ F)}$$

$$=3315.7\ \Omega$$

$$X_L=2\pi\ f\ L=(2\pi\ rad)(60\ s^{-1})(230\times 10^{-3}\ H)$$

$$=86.7\ \Omega$$

$$Z=\sqrt{(160\ \Omega)+(86.7\ \Omega-3315.7\ \Omega)}$$

$$=3232.95\ \Omega$$

2- السعة القصوى للتيار.

$$I=\frac{\xi_m}{Z}$$

$$=\frac{36\ V}{3232.95\ \Omega}=9.28\times 10^{-3}\ A$$

-3

$$\tan\phi=\frac{X_L-X_C}{R}$$

$$=\frac{86.7\ \Omega-3315.7\ \Omega}{160\ \Omega}=20.18125$$

$$\phi=87.16^o$$

مسألة (15.12) *Problem*

دائرة (LC) على التوالي تم وصلها بمولد للتيار المتناوب $(a.c.)$ تردده $(f = 930\ Hz)$، إذا كانت حاثية الملف $(L = 88\ mH)$ ومقاومته مجهولة، أما سعة المكثف $(C = 0.94\ \mu F)$، بينما يساوي ثابت الطور بين الفولتيتين والتيار $(\phi = 75^o)$، أوجد مقدار مقاومة الملف.

الحل *Solution*

من المعلوم أن طور هذه الدائرة (ϕ) يمكن إيجاده من العلاقة الرياضية :

$$\tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

$$X_L = 2\pi\ f\ L = (2\pi\ rad)(930\ s^{-1})(88 \times 10^{-3}\ H)$$

$$= 182.06\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi\ f\ C} = \frac{1}{(2\pi\ rad)(930\ s^{-1})(0.94 \times 10^{-6}\ F)}$$

$$= 182.06\ \Omega$$

$$R = \frac{X_L - X_C}{\tan\phi} = \frac{514.2\ \Omega - 182.06\ \Omega}{\tan 75^o}$$

$$= \frac{332.14}{3.732} = 88.99\ \Omega$$

مسألة (15.13) *Problem*

في دائرة (RLC) على التوالي تبلغ أقصى قيمة للقوة الدافعة الكهربائية (emf) للمولد $(125\ V)$، وأعلى قيمة للتيار $(3.20\ A)$.

إذا كان التيار يسبق القوة الدافعة للمولد بمقدار $(0.982\ rad)$.

أوجد : 1- الممانعة في الدائرة المذكورة (Z) *Impedance*.

2- مقاومة الدائرة.

3- ما هي الصفة الغالبة على الدائرة ؟ هل هي سعوية أم حثية.

الحل Solution

1- الممانعة يمكن إيجادها من العلاقة الرياضية :

$$Z = \frac{\xi_m}{I} = \frac{125\ V}{3.2\ A} = 39.1\,\Omega$$

2- أما مقاومة الدائرة فهي :

$$R = \frac{V_R}{I} = \frac{\xi_m \cos\phi}{I}$$

$$= \frac{(125\,V)(\cos 10.982\ rad)}{3.2\ A} = 21.7\,\Omega$$

-3
$$X_L - X_C \propto \sin\phi = \sin(-0.982\ rad)$$

$$= -0.83$$

وهكذا نجد أن الدائرة سعوية وليست حثية ذلك أن ($\sin\phi$ سالب).

مسألة (15.14) Problem

أثبت أن معدل الطاقة التي تغذي الدائرة المبينة في الشكل (15.1) في المسألة (15.1) يمكن التعبير عنها رياضياً بالصيغة الآتية :

$$P_{av} = \frac{\xi_{rms}^2 R}{Z^2}$$

الحل Solution

من المعلوم أنّ معدل الطاقة يعطى بالعلاقة الرياضية :

$$P_{av} = \xi_{rms} I_{rms} \cos\phi$$

$$= \xi_{rms}\left(\frac{\xi_{rms}}{Z}\right)\left(\frac{R}{Z}\right)$$

حيث إنَّ :

$$\cos\phi = \frac{R}{Z}$$

$$I_{rms} = \frac{\xi^2_{rms}}{Z}$$

وهكذا نجد أنَّ :

$$P_{av} = \frac{\xi^2_{rms} R}{Z^2}$$

مسألة (15.15) *Problem*

محرك كهربائي موصول بفولتية قدرها $(120\ V)$ وتيار متناوب بتردد $(60\ Hz)$ ينتج عملاً ميكانيكياً بمعدل $(1.0\ hp)$. إذا كان المحرك يسحب تياراً مقداره $(I_{rms} = 0.65\ A)$، أوجد مقدار المقاومة الفعالة بدلالة القدرة المنقولة.

الحل *Solution*

تذكر بأنَّ المقاومة الفعالة بدلالة القدرة المنقولة نعبِّر عنها بالعلاقة الرياضية :

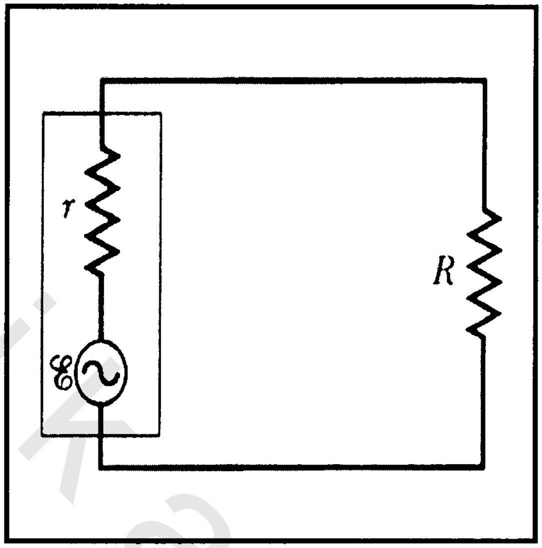
$$R_{eff} = \frac{P_{mechanical}}{I^2_{rms}}$$

$$= \frac{(0.1\ hp)(746\ W/hp)}{(0.65\ A)^2} = 177\ \Omega$$

وهذه هي القيمة الفعالة للمقاومة في حال انتقال القدرة من الشكل الكهربائي إلى الشكل الميكانيكي. ولابد من أن نتذكر بأن المقدار $(I^2_{rms} R)$ هو عبارة عن حرارة جول أو القدرة المتبددة خلال عمل الدائرة.

Problem (15.16) مسألة

تأمل الشكل التالي (15.5).



شكل (15.5)، المسألة (15.16)

أثبت أن معدل تبدد الطاقة في المقاومة (R) يبلغ قيمته العظمى عندما ($R = r$)، حيث (r) هي المقاومة الداخلية لمولد التيار المستمر.

Solution الحل

تأمّل الشكل (15.5) لتجد أنّ الطاقة عبر المقاومة (R) هي :

$$P_R = i^2 R = \left[\frac{\xi_m}{r+R}\right]^2 R$$

ولكي تكون الطاقة عند أعلى مقدار لها لابد أن نساوي المشتقة الأولى بالنسبة للمقاومة (R) بالمقدار صفر، أي أنّ :

$$\frac{dP_R}{dR} = \frac{d}{dR}\left[\frac{\xi_m^2 R}{(r+R)^2}\right]$$

$$P_R = \frac{\xi^2{}_m(r+R)^2 - \xi^2{}_m R2(r+R)}{(r+R)^4}$$

$$= \frac{\xi^2{}_m[(r+R)^2 - 2(r+R)R]}{(r+R)^4}$$

$$= \frac{\xi^2{}_m[r^2 + \cancel{R^2} + \cancel{2Rr} - \cancel{2rR} - \cancel{2}R^2]}{(r+R)^4}$$

$$= \frac{\xi^2{}_m(r^2 + R^2)}{(r+R)^4} = \frac{\xi^2{}_m\cancel{(r+R)}(r-R)}{(r+R)^{\cancel{4}\,3}}$$

$$= \frac{\xi^2{}_m(r-R)}{(r+R)^3} = 0$$

من المعلوم أنّ :

$$\xi^2{}_m \neq 0$$

$$(r+R)^3 \neq 0$$

إذن :

$$r - R = 0$$

وعليه فإن أقصى قيمة لتبدد الطاقة عندما $(r = R)$.

مسألة ***Problem*** **(15.17)**

مولد يغذي الملف الابتدائي لمحولة بفولتية مقدارها $(100\ V)$، يبلغ عدد لفاته $(N_P = 50\ turns)$، إذا كان عدد لفات الملف الثانوي $(N_S = 500\ turns)$، أوجد مقدار الفولتية في الملف الثانوي.

الحل ***Solution***

من المعلوم لدينا بأن :

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P}$$

أي أنّ :

$$V_S\,N_P = N_S\,V_P$$

$$V_S = V_P\left(\frac{N_S}{N_P}\right) = (100\,V)\left(\frac{500}{50}\right)$$

$$= 1\times 10^3\,V.$$

مسألة (15.18) *Problem*

يبلغ عدد لفات الملف الابتدائي لمحولة $(N_P = 500\ turns)$ وعدد لفات الملف الثانوي $(N_S = 10\ turns)$.

1- إذا كانت $(V_P = 120\ V_{rms})$، أوجد (V_S) بافتراض أن الدائرة مفتوحة.

2- تم ربط مقاومة قدرها $(15\ \Omega)$ مع الملف الثانوي ، أوجد مقدار التيار في كل من الملفين الابتدائي والثانوي.

الحل *Solution*

-1

$$V_S = V_P\left(\frac{N_S}{N_P}\right)$$

$$= (120\,V)\left(\frac{10}{500}\right) = 2.4\,V$$

-2

$$I_s = \frac{V_s}{R_s} = \frac{2.4\,V}{15\,\Omega} = 0.16\ A$$

$$I_p = I_s\left(\frac{N_s}{N_p}\right) = (0.16\,A)\left(\frac{10}{500}\right)$$

$$= 3.2\times 10^{-3}\,A.$$