فصل ۲

دانش‌افزایی واحدهای یادگیری درس دانش فنی تخصصی به تفکیک واحدهای یادگیری و پاسخ به فعالیت‌ها و تمرین‌ها

طراحی موقعیت‌های جدید یادگیری

مطالب پودمان اول متناسب با اهداف توانمندسازی تنظیم شده است. لازم است مبنای روش تدریس منطبق بر مطالب کتاب باشد لذا طراحی موقعیت‌های جدید یادگیری باید مکمل روش یادگیری کتاب باشد.

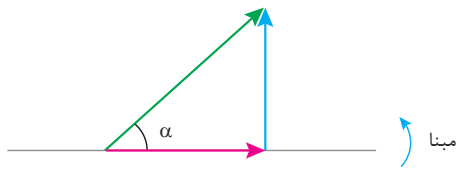
بردار

تجزیه بردار: علاوه بر روش پیشنهادی کتاب می‌توان با استفاده از رابطه فیثاغورث مؤلفه‌ها را به‌دست آورد.

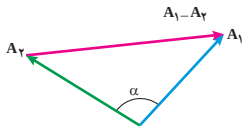
$$I = \sqrt{I_X^2 + I_Y^2}$$

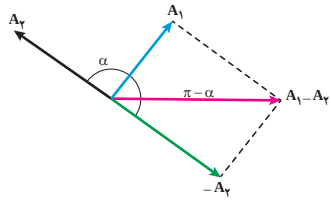
$$I_Y = I\sin\alpha = \sqrt{I^2 - I_X^2}$$

$$I_X = I\cos\alpha = \sqrt{I^2 - I_Y^2}$$



تفاضل بردار: رابطه محاسباتی تفاضل دو بردار به روش هندسی با مفهوم برآیند بردارها به‌دست می‌آید.





$$\vec{A}_1 - \vec{A}_2 = \vec{A}_1 + (-\vec{A}_2)$$

$$\vec{A}_1 - \vec{A}_2 = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\pi - \alpha)}$$

$$\vec{A}_1 - \vec{A}_2 = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 - A_1A_2\cos\alpha}$$

بردار $-\vec{A}_2$ خلاف جهت بردار A_2 است و اندازه بردار $-\vec{A}_2$ با بردار $\vec{A}_2$ برابر است.

مدارهای RL سری

در این بخش تأکید بر معادل‌سازی یک سیم‌پیچ می‌باشد. هدف معادل‌سازی یک سیم‌پیچ با مدار RL سری است. و باید تأکید شود مدار RL سری یک مدار الکتریکی معادل سیم‌پیچ است که برای تعیین کمیت‌های الکتریکی سیم‌پیچ به‌کار می‌رود.

توصیه می‌شود در تحلیل مدار با کمک از شکل‌های

و

هنرجو به خلق فرمول بپردازد و نیاز به حفظ کردن فرمول نداشته باشد.

مدارهای RC سری

در این بخش تأکید بر معادل‌سازی یک خازن می‌باشد. هدف معادل‌سازی یک خازن با مدار RC سری است. و باید تأکید شود مدار RC سری یک مدار الکتریکی معادل خازن است که برای تعیین کمیت‌های الکتریکی خازن به‌کار می‌رود.

توصیه می‌شود در تحلیل مدار با کمک از شکل‌های

و

هنرجو به خلق فرمول بپردازد و نیاز به حفظ کردن فرمول نداشته باشد.

مدارهای RLC سری

در این بخش تأکید بر معادل‌سازی یک اتصال سری سیم‌پیچ با خازن می‌باشد به‌طوری‌که نشان داده می‌شود می‌توان یک سیم‌پیچ و خازن سری را با مدار RLC سری معادل کرد.

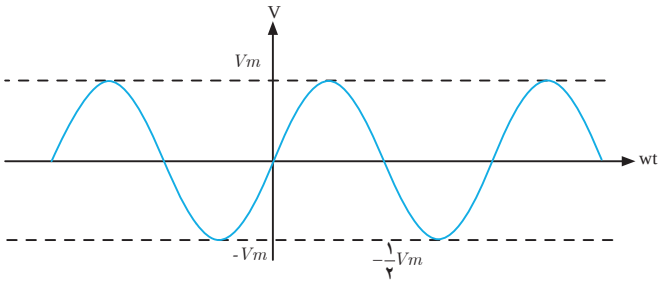
تأکید می‌شود مدار RLC سری یک مدار الکتریکی معادل سیم‌پیچ و خازنی است که با یکدیگر سری شده‌اند که برای تعیین کمیت‌های الکتریکی به‌کار می‌رود.

توصیه: در حل مدارهای الکتریکی به کمک قانون اهم فرمول بسازید و از حفظ کردن فرمول اجتناب شود.

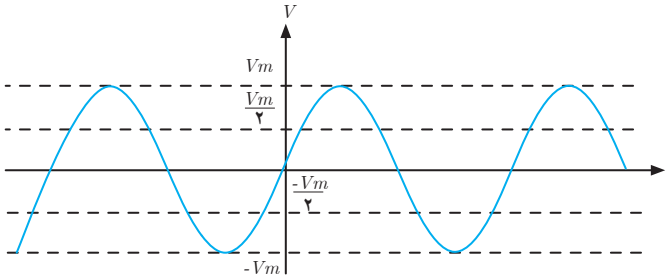
توصیه: در اثبات روابط نسبت‌های مثلثاتی از مثلث بردار ولتاژها استفاده کند.

۱ نحوهٔ ترسیم منحنی‌های سه فاز

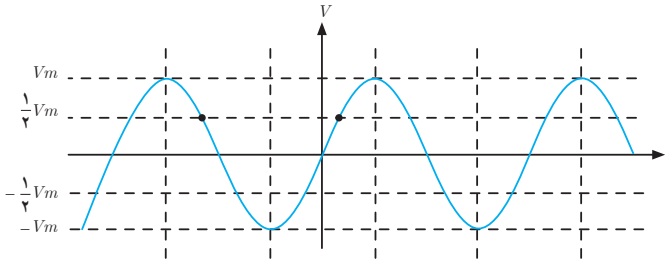
مرحله اول: موج متناوب تک‌فاز سینوسی را ترسیم کنید.



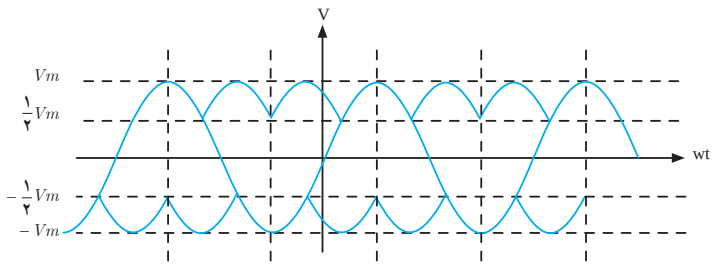
مرحله دوم: با خط چین $\frac{۱}{۲}V_m$ و $-\frac{۱}{۲}V_m$ را روی شکل مشخص نمایید.



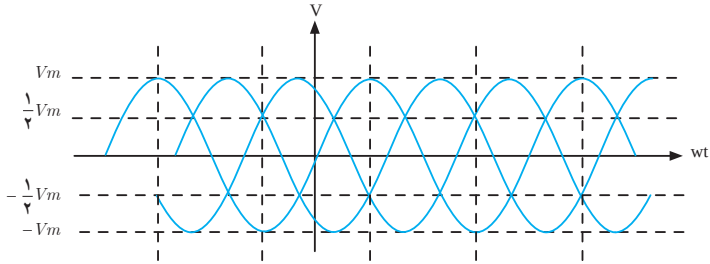
مرحله سوم: از هر پیک منحنی خط‌چینی عمود ترسیم می‌شود.



مرحله چهارم: پیک‌های منحنی دوم و سوم را مطابق شکل زیر ترسیم نمایید.



مرحله پنجم: منحنی سه فاز مطابق شکل تکمیل شود.



۲ موارد زیر در تکمیل بارهای سه فاز تأکید شود.

از دیدگاه شبکه سه فاز:

الف) ولتاژ خطی اختلاف پتانسیل میان دو فاز می‌باشد.

ب) ولتاژ فازی اختلاف پتانسیل میان هر فاز با سیم نول است.

از دیدگاه مصرف‌کننده سه فاز:

الف) در اتصال ستاره متعادل هر امپدانس ولتاژ فازی را تحمل می‌نماید.

ب) در اتصال مثلث هر امپدانس ولتاژ خطی را تحمل می‌نماید. در اتصال مثلث ولتاژ فازی حضور ندارد.

پاسخ به فعالیت و تمرین‌ها

کلیه فعالیت‌های پودمان حل شده است و به حل نمونه‌هایی از تمرین‌های هر بخش اکتفا شده است.

ـ تجزیه بردار

تمرین ۱ـ صفحه ۱۶

الف) $I = ۴\angle ۰$ ب) $V = ۱۰۰\angle +۹۰$

ج) $I = ۶\angle -۹۰$ د) $V = ۲۰۰\angle +۵۳$

نکته

مقادیر برحسب ماکزیمم می‌باشد.

تمرین ۳ـ صفحه ۱۶

الف) $۳\angle -۳۰$ ب) $۲۲۰\angle +۳۰$

ج) $۱\angle ۰$ د) $۱۰۰\angle -۹۰$

تمرین ۴ـ صفحه ۱۷

الف)

$$I_X = ۳\sqrt{۲}\cos ۴۵^\circ$$

$$I_Y = ۳\sqrt{۲}\sin ۴۵^\circ$$

ب)

$$V_X = ۲۰۰\cos ۵۳^\circ = ۱۲۰$$

$$V_Y = \sqrt{۲۰۰^۲ - ۱۲۰^۲} = ۱۶۰$$

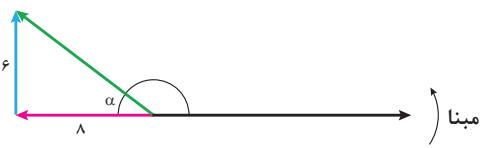
تمرین ۵ـ صفحه ۱۷

$$I = \sqrt{۶^۲ + ۸^۲} = ۱۰$$

$$\cos\alpha = \frac{۸}{۱۰} = ۰/۸ \rightarrow \alpha = ۳۷^\circ$$

فاز جریان $\theta = \pi - \alpha = ۱۸۰ - ۳۷^\circ = ۱۴۳^\circ$

$I = ۱۰\angle +۱۴۳^\circ$



نکته

فاز بردار نسبت به مبنا در نظر گرفته می‌شود.

ـ برآیند بردار به روش تحلیلی

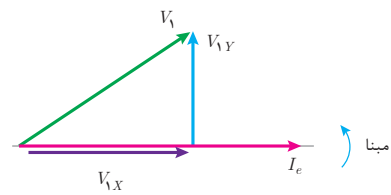
تمرین ۱ـ صفحه ۲۲

الف)

$$V_{1X} = +100\cos 30^\circ = +50\sqrt{3}$$

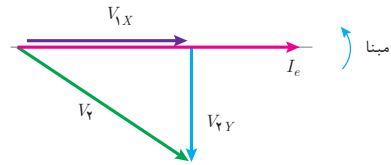
$$V_{2X} = +100\sqrt{3}\cos 60^\circ = +50\sqrt{3}$$

$$V_X = 50\sqrt{3} + 50\sqrt{3} = +100\sqrt{3}$$



$$V_{1Y} = +100\sin 30^\circ = -150$$

$$V_{2Y} = -100\sqrt{3}\sin 60^\circ = -150$$



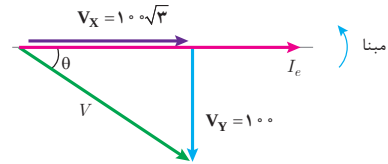
$$V_Y = +50 - 150 = -100$$

$$V = \sqrt{V_X^2 + V_Y^2} = 200$$

$$\cos\theta = \frac{V_X}{V} = \frac{100\sqrt{3}}{200} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\theta = 30^\circ$$

$$V = 200\angle -30^\circ$$



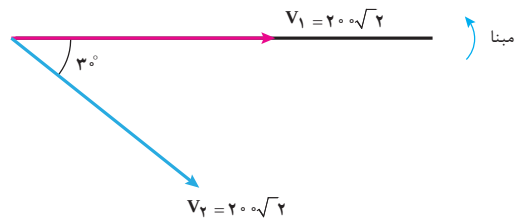
نکته

مقادیر برحسب مقدار ماکزیمم می‌باشد.

تمرین ۴ـ صفحه ۲۳

$$V_1 = 220\sqrt{2}\angle 0$$

$$V_2 = 220\sqrt{2}\angle -30$$



$$V_{1X} = ۲۰۰\sqrt{۲}$$

$$V_{1Y} = ۰$$

$$V_{2X} = ۲۰۰\sqrt{۲}\cos ۳۰^\circ = ۱۰۰\sqrt{۶}$$

$$V_{2Y} = ۲۰۰\sqrt{۲}\sin ۳۰^\circ = ۱۰۰\sqrt{۲}$$

$$V_X = V_{1X} + V_{2X} = ۵۲۷/۸$$

$$V_Y = V_{1Y} + V_{2Y} = ۱۴۱/۴$$

$$V = \sqrt{V_X^۲ + V_Y^۲} = ۵۴۶/۴$$ برآیند

نکته

مقادیر برحسب مقدار ماکزیمم می‌باشد.

تمرین ۷ـ صفحه ۲۴

$$V = \sqrt{V_۱^۲ + V_۲^۲ + ۲V_۱V_۲\cos\alpha}$$

$$۴۰۰ = \sqrt{(۲۰۰)^۲ + (۲۰۰\sqrt{۳})^۲ + ۲(۲۰۰)(۲۰۰\sqrt{۳})\cos\alpha}$$

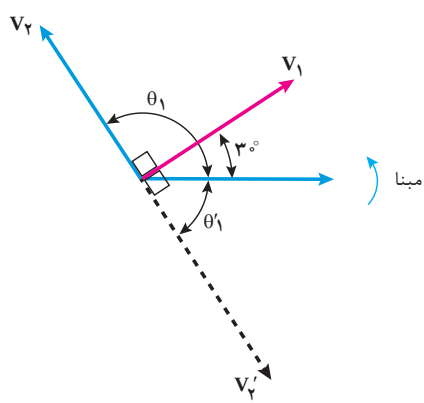
$$\alpha = ۹۰^\circ$$

$$\theta_۱ = ۹۰ + ۳۰ = ۱۲۰^\circ$$

$$\theta_۱' = ۹۰ - ۳۰ = ۶۰^\circ$$

$$V_۲ = ۲۰۰\sqrt{۳} \angle ۱۲۰^\circ$$ و یا

$$V_۲ = ۲۰۰\sqrt{۳} \angle -۶۰^\circ$$



تمرین ۷ـ صفحه ۲۶

$$\vec{I}_۲ = \vec{I} - \vec{I}_۱$$

$$I_۲ = \sqrt{I_۱^۲ + I^۲ - ۲I_۱ I \cos\alpha}$$

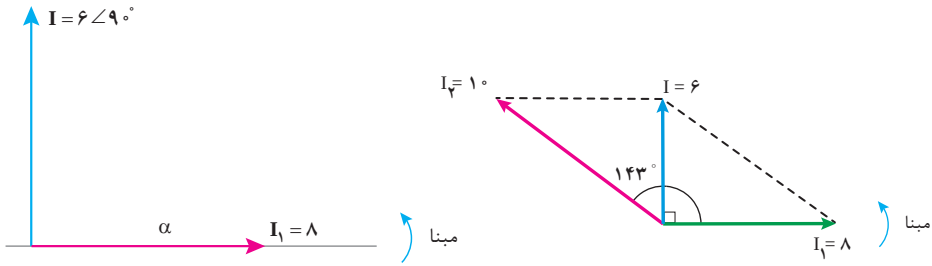
$$I_۲ = \sqrt{۸^۲ + ۶^۲ - ۲(۸)(۶)\cos ۹۰}$$

$$I_۲ = ۱۰$$

$$I = \sqrt{I_۱^۲ + I_۲^۲ + ۲I_۱ I_۲ \cos\alpha}$$

$$۶ = \sqrt{۸^۲ + ۱۰^۲ + ۲(۸)(۱۰)\cos\alpha}$$

$$\alpha = ۱۴۳$$



ـ توان

تمرین ۱ـ صفحه ۳۵

الف) جریان مؤثر
ب) ضریب کیفیت
ج) Yها ـ منفی
د) توان مؤثر ـ وات

تمرین ۲ـ صفحه ۳۵

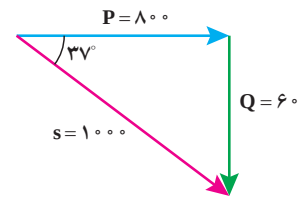
$$S = ۸۰۰\sqrt{۲} \angle ۴۵^\circ$$

تمرین ۳ـ صفحه ۳۵

الف) پس‌فاز
ب) S=۲۵۰VA
ج) ۰/۶

تمرین ۶ـ صفحه ۳۶

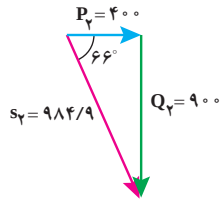
بار شبکه



$\cos\varphi = ۰/۸$

=

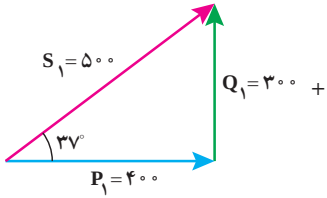
بار دوم



پیش فاز $\cos\varphi_۱ = ۰/۴$

+

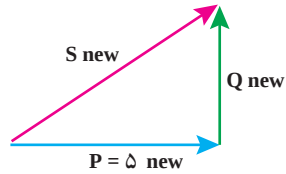
بار اول



پس فاز $\cos\varphi_۲ = ۰/۸$

تمرین ۷ـ صفحه ۳۶

بار شبکه جدید

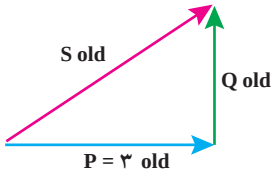


$\cos\varphi = ۰/۸$

$$S_{new} = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{۵}{۰/۸} = ۶/۲۵$$

$$Q_{new} = S_{new}\sin\varphi = ۶/۲۵ \times ۰/۶ = ۳/۷۵$$

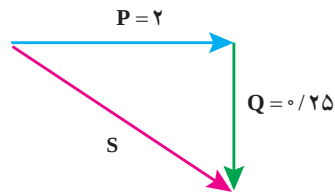
بار شبکه قدیم



$$S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{۳}{۰/۶} = ۵$$

$$Q = S\sin\varphi = ۵ \times ۰/۸ = ۴$$

بار دوم:



$$Q_{load} = Q_{new} - Q_{old} = ۳/۷۵ - ۴ = -۰/۲۵$$

بار $S_{load} = \sqrt{P_L^۲ + Q_L^۲} = \sqrt{۲^۲ + ۰/۲۵^۲} = ۲/۰۱$

ـ مدار RL سری

فعالیت

فعالیت: صفحه ۴۳

$$V_e = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

$$V_e = \sqrt{(RI_e)^2 + (X_L I_e)^2}$$

$$V_e = I_e\sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$\frac{V_e}{I_e} = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$\cos\varphi = \frac{V_R}{V_e} = \frac{RI_e}{ZI_e} = \frac{R}{Z}$$

تمرین ۱۰ـ صفحه ۴۸

$$Z = \frac{V_m}{I_m} = \frac{۲۰۰\sqrt{۲}}{۴\sqrt{۲}} = ۵۰\,\Omega$$

$\varphi = \theta_v - \theta_i = ۰ - (-۵۳^\circ) = +۵۳^\circ$ پس فاز

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} \Rightarrow R = Z\cos\varphi = ۵۰ \times ۰/۶ = ۳۰$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{۵۰^2 - ۳۰^2} = ۴۰\,\Omega$$

ـ مدار RC سری

فعالیت

فعالیت: صفحه ۵۵

$$V_e = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

$$V_e = \sqrt{(RI_e)^2 + (X_C I_e)^2}$$

$$V_e = I_e\sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$\frac{V_e}{I_e} = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

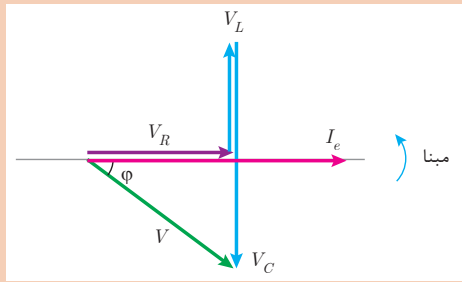
$$\cos\varphi = \frac{V_R}{V_e} = \frac{RI_R}{ZI_e} = \frac{RI_e}{ZI_e} = \frac{R}{Z}$$

ـ مدار RLC سری

فعالیت

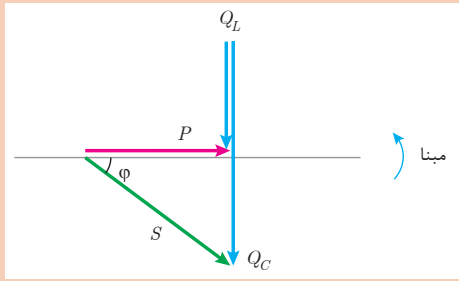
فعالیت: صفحه ۶۶

جریان منبع φ° از ولتاژ منبع جلوتر است لذا مدار پیش فاز می‌باشد.



فعالیت

فعالیت: صفحه ۷۴



تمرین ۳ـ صفحه ۷۶

$$Z = \frac{V_m}{I_m} = \frac{۲۰۰\sqrt{۲}}{۴\sqrt{۲}} = ۵۰\,\Omega$$

$$\varphi = \theta_v - \theta_i = ۰ - (-۳۷) = +۳۷^{\circ}$$

$$X_C = \frac{۱}{c\omega} = \frac{۱}{۱۰۰ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰۰۰} = ۱۰\,\Omega$$

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} \rightarrow R = Z\cos\varphi = ۵۰ \times ۰/۸ = ۲۱۰\,\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^{۲} + (X_L - X_C)^{۲}}$$

$$۵۰=\sqrt{۴۰^۲+(X_L-۱۰)^۲}$$

$$۲۵۰۰=۱۶۰۰+(X_L-۱۰)^۲$$

$$(X_L-۱۰)^۲=۹۰۰$$

$$X_L-۱۰=\pm ۳۰$$

$$X_L=۱۰\pm ۳۰\rightarrow \begin{matrix} X_L=۴۰ & \text{قابل قبول} & X_L>X_C \\ X_L=-۲۰ & \text{غیر قابل قبول} & ۴۰\ \ ۱۰ \end{matrix}$$

تمرین ۴ـ صفحه ۷۷

$$\cos\varphi=\frac{R}{Z}\rightarrow Z=\frac{R}{\cos\varphi}=\frac{۱۲}{۰/۶}=۲۰\Omega$$

$$Z=\sqrt{R^۲+(X_L-X_C)^۲}$$

$$۲۰=\sqrt{۱۲^۲+(۲۰-X_C)^۲}$$

$$(۲۰-X_C)^۲=۲۵۶$$

$$۲۰-X_C=\pm ۱۶$$

$$X_C=۲۰\pm ۱۶\rightarrow \begin{matrix} X_C=۳۶ & \text{جواب:} & X_C>X_L & \text{اگر مدار پیش فاز باشد آنگاه} \\ X_C=۴ & \text{جواب:} & X_C<X_L & \text{اگر مدار پس فاز باشد آنگاه} \end{matrix}$$

تمرین ۶ـ صفحه ۷۷

$$V_R=RI_e=۳۰\times ۲=۶۰$$

$$V_e=\sqrt{V_R^۲+(V_L-V_C)^۲}$$

$$۱۰۰=\sqrt{۶۰^۲+(V_L-V_C)^۲}$$

$$(V_L-V_C)^۲=۶۴۰۰$$

$$V_L-V_C=\pm ۸۰$$

$$۵V_L-V_C=+۸۰$$

چون $V_L=۵V_C$ لذا $V_L>V_C$ می‌باشد و $+۸۰$ جواب است.

$$V_C=۲۰[V]$$

$$V_L=۵V_C=۱۰۰[V]$$

$$X_L=\frac{V_L}{I_e}=\frac{۱۰۰}{۲}=۵۰\Omega\rightarrow L=\frac{X_L}{\omega}=\frac{۵۰}{۱۰۰۰}=۰/۰۵[H]$$

$$X_C=\frac{V_C}{I_e}=\frac{۲۰}{۲}=۱۰\Omega\rightarrow c=\frac{۱\times ۱۰^۶}{\omega\times c}=\frac{۱۰^۶}{۱۰۰۰\times ۱۰}=۱۰۰[\mu F]$$

فعالیت

$S_{3\varphi} = 3V_P I_P$

در اتصال مثلث هر امپدانس ولتاژ خطی را تحمل می‌کند.

$S_{3\varphi} = 3V_L I_P$

و جریان هر امپدانس برابر با $I_P = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$ می‌باشد.

$$S_{3\varphi} = 3V_L \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

$$S_{3\varphi} = \sqrt{3} V_L I_L$$

در اتصال ستاره هر امپدانس ولتاژ فازی را تحمل می‌کند و $V_P = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$

$S_{3\varphi} = 3V_P I_P$

$$S_{3\varphi} = 3 \frac{V_L}{\sqrt{3}} I_P$$

و جریان هر امپدانس برابر با $I_P = I_L$ است.

$$S_{3\varphi} = 3 \frac{V_L}{\sqrt{3}} I_L$$

$$S_{3\varphi} = \sqrt{3} V_L I_L$$

نتیجه می‌شود که رابطه $P_{3\varphi} = \sqrt{3} V_L I_L \cos\varphi$ برای اتصال ستاره و مثلث قابل استفاده است.

پودمان دوم

ماشین‌های الکتریکی (ترانسفورماتورهای تک‌فاز)

حل فعالیت ماشین‌های الکتریکی (ترانسفورماتور تک‌فاز)

کلیه فعالیت‌های پودمان حل شده است و به حل نمونه‌هایی از تمرین‌های هر بخش اکتفا شده است.

فعالیت

فعالیت صفحه ۱۰۱

$E_۱=۴/۴۴N_۱B_mAf$ و $E_۲=۴/۴۴N_۲B_mAf$

$$\frac{E_۱}{E_۲}=\frac{۴/۴۴\,N_۱B_mAf}{۴/۴۴\,N_۲B_mAf}\rightarrow\frac{E_۱}{E_۲}=\frac{N_۱}{N_۲}=a$$

فعالیت

فعالیت صفحه ۱۰۵

۱ ورقه‌های هسته مرتب در کنار یکدیگر قرار گیرد.

۲ ورقه‌های هسته توسط پیچ‌های عایق و یا عایق شده به یکدیگر محکم شوند به‌طوری‌که ارتباط الکتریکی بین ورقه‌های هسته ایجاد نشود.

فعالیت

فعالیت صفحه ۱۱۱

در ترانسفورماتور ایده‌آل توان ورودی با توان خروجی برابر است همچنین نیروی محرکه القایی سیم‌پیچ‌ها با ولتاژ آنها برابر می‌باشد

$$S_۱=S_۲\rightarrow V_۱I_۱=V_۲I_۲\rightarrow\frac{V_۱}{V_۲}=\frac{I_۲}{I_۱}\quad(۱)$$

$E_۱=V_۱$ و $E_۲=V_۲$

$$\frac{E_۱}{E_۲}=\frac{N_۱}{N_۲}=a\rightarrow\frac{V_۱}{V_۲}=\frac{N_۱}{N_۲}=a\quad(۲)$$

از برابری روابط ۱ و ۲ خواهیم داشت:

$$\frac{V_۱}{V_۲}=\frac{I_۲}{I_۱}=\frac{N_۱}{N_۲}=a$$

تمرین ۱ صفحه ۱۱۶

$$S_۲ = \frac{۱}{۲} S_n \rightarrow S_۲ = \frac{۱}{۲} \times ۲ = ۱ [KVA]$$

$$\frac{P_{CUn}}{P_{cu}} = \left(\frac{S_n}{S_۲} \right)^۲ \rightarrow \frac{۱۰۰}{P_{cu}} = \left(\frac{۲}{۱} \right)^۲ \rightarrow P_{cu} = ۲۵ [W]$$

$$\Delta P = P_{cu} + P_{core} = ۲۵ + ۱۰۰ = ۱۲۵ [W]$$

تمرین ۶ صفحه ۱۱۶

با پیش‌فرض اینکه راندمان ماکزیمم در توان نامی رخ داده است و توجه به اینکه شرط راندمان ماکزیمم برابری تلفات مسی با تلفات هسته $P_{cu} = P_{core}$ می‌باشد.

$$P_{out} = S_۲ \cos\varphi_۲ = ۱۰۰۰ \times ۰/۹ = ۹۰۰ [W]$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \rightarrow Pin = \frac{۹۰۰}{۰/۸} = ۱۱۲۵ [W]$$

$$\Delta P = P_{in} - P_{out} = ۱۱۲۵ - ۹۰۰ = ۲۲۵ [W]$$

$$P_{cu} = P_{core} = \frac{\Delta P}{۲} = \frac{۲۲۵}{۲} = ۱۱۲/۵ [W]$$