

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

نام درس: الکترونیک صنعتی

جلسه ۵: محاسبات توان (ادامه)

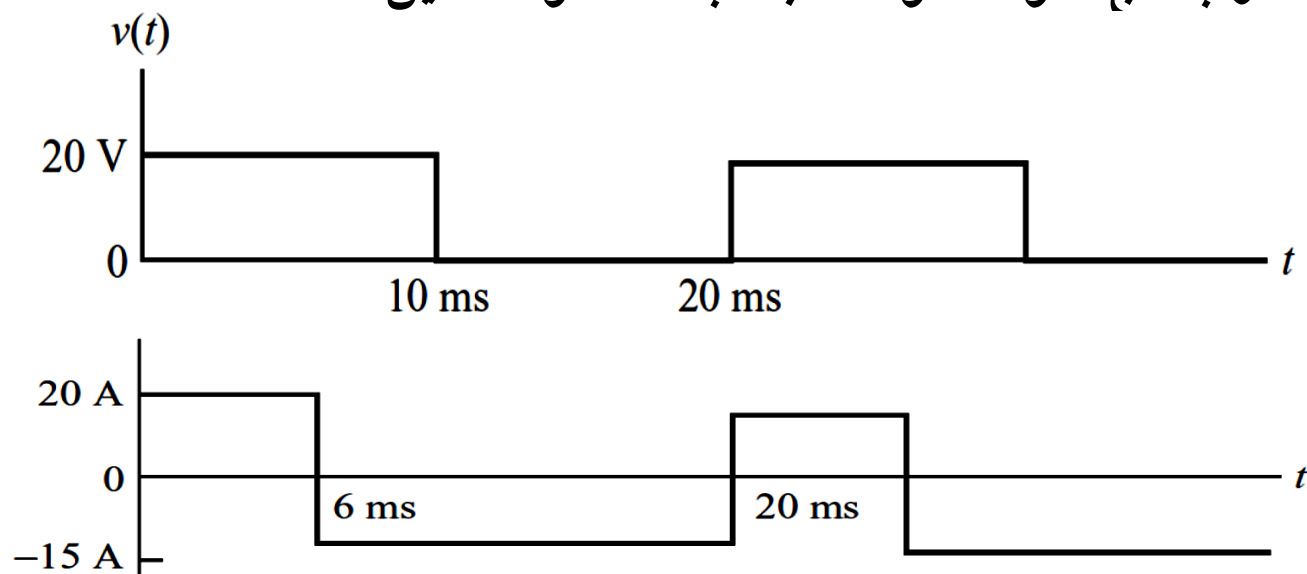
ارائه دهنده: علی دستفان

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مثال ۱

توان و انرژی

ولتاژ و جریان در شکل زیر با در نظر گرفتن جهت‌های قراردادی برای قطعه پسیو نشان داده شده است. مطلوب است: الف) توان لحظه‌ای جذب‌شده توسط این قطعه در یک دوره تناوب، ب) انرژی جذب‌شده در یک دوره تناوب، ج) توان متوسط جذب‌شده توسط این قطعه.



دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

حل مثال ۱

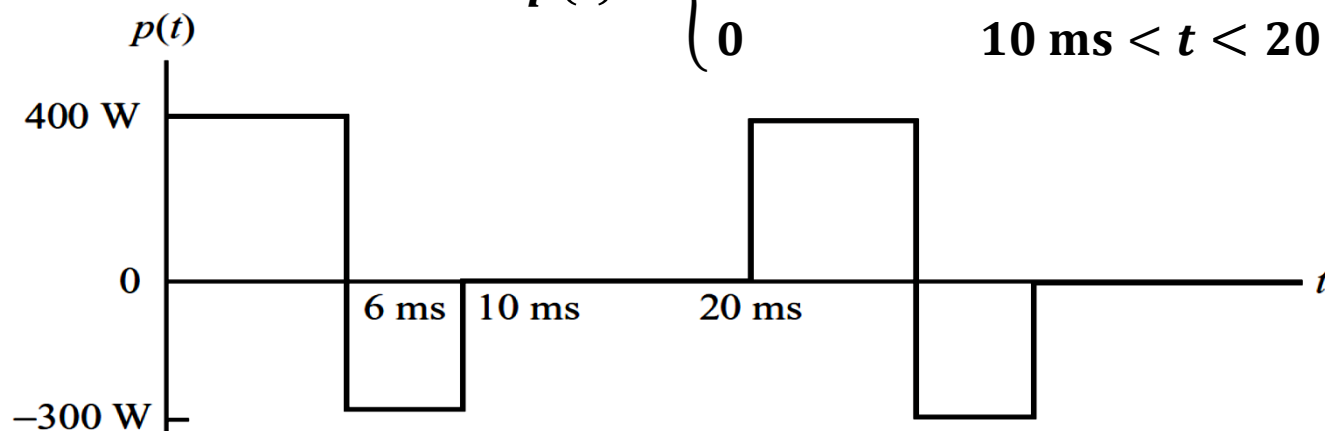
ولتاژ و جریان به صورت زیر بیان می شوند:

$$v(t) = \begin{cases} 20 \text{ V} & 0 < t < 10 \text{ ms} \\ 0 & 10 \text{ ms} < t < 20 \text{ ms} \end{cases}$$

$$i(t) = \begin{cases} 20 \text{ A} & 0 < t < 6 \text{ ms} \\ -15 & 6 \text{ ms} < t < 20 \text{ ms} \end{cases}$$

توان لحظه‌ای حاصل ضرب ولتاژ و جریان است و در شکل ۲-۲ (ج) نشان داده شده است.

$$p(t) = \begin{cases} 400 \text{ W} & 0 < t < 6 \text{ ms} \\ -300 \text{ W} & 6 \text{ ms} < t < 10 \text{ ms} \\ 0 & 10 \text{ ms} < t < 20 \text{ ms} \end{cases}$$



دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

حل مثال ۱

ب) انرژی جذب شده در یک دوره تناوب از معادله (۲-۲) محاسبه می شود:

$$W = \int_0^T p(t) dt = \int_0^{0.006} 400 dt + \int_{0.006}^{0.010} -300 dt + \int_{0.010}^{0.020} 0 dt = 2.4 - 1.2 = 1.2 \text{ J}$$

ج) توان متوسط از معادله (۲-۳) محاسبه می شود:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = \frac{1}{0.020} \left(\int_0^{0.006} 400 dt + \int_{0.006}^{0.010} -300 dt + \int_{0.010}^{0.020} 0 dt \right)$$

$$= \frac{2.4 - 1.2 - 0}{0.020} = 60 \text{ W}$$

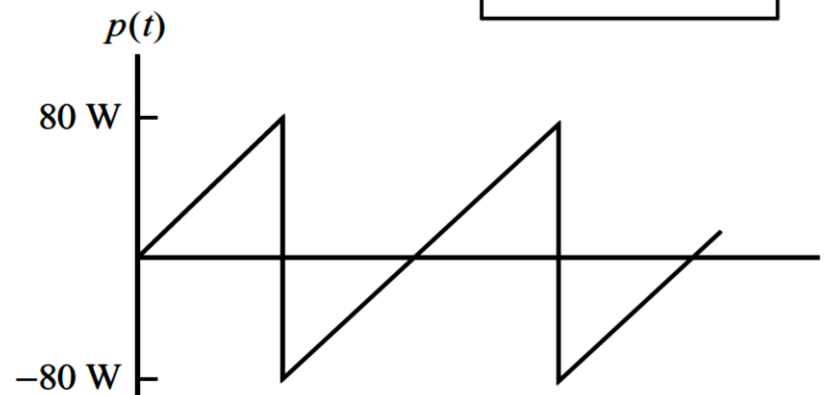
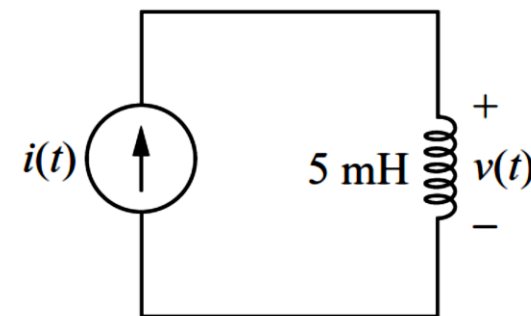
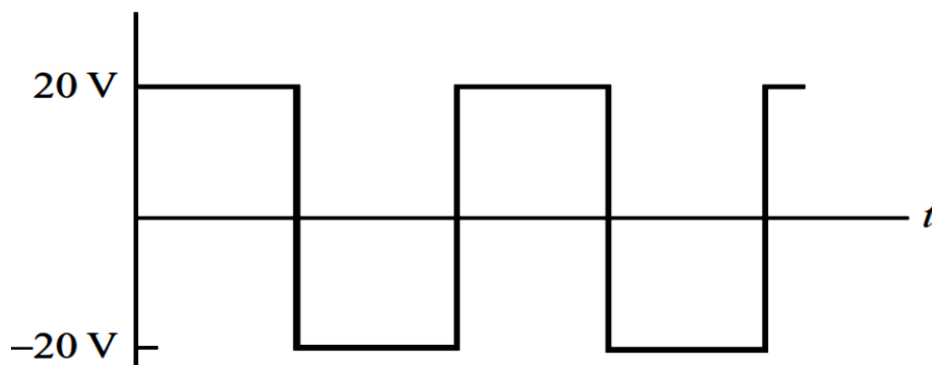
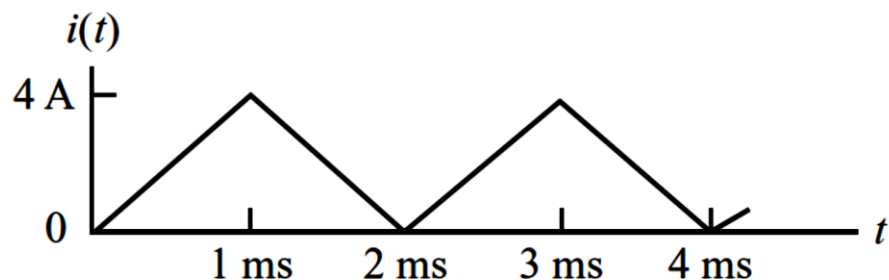
توان متوسط هم چنین می تواند از معادله (۲-۴) محاسبه شود:

$$P = \frac{W}{T} = \frac{1.2 \text{ J}}{0.020 \text{ s}} = 60 \text{ W}$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مثال ۲

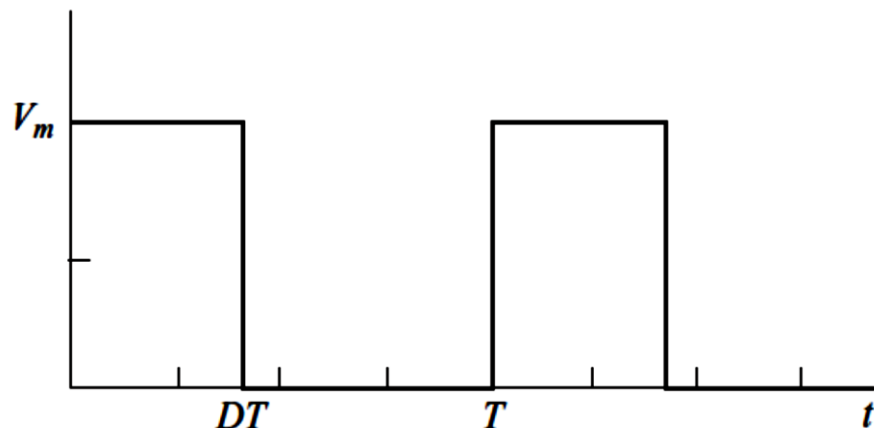
جریان در یک سلف ۵ میلی هانری، متناوب و به شکل مثلی است که در شکل نشان داده شده-
است. ولتاژ، توان لحظه‌ای و توان متوسط را برای این سلف محاسبه نمایید.



دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مثال ۳

مقدار مؤثر شکل موج پالسی متناوب که سیکل کاری در آن برابر D است و در شکل زیر نشان داده شده است، را بدست آورید.

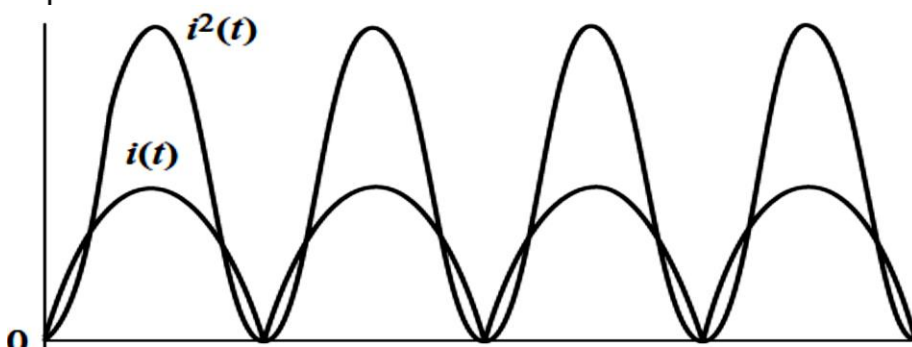
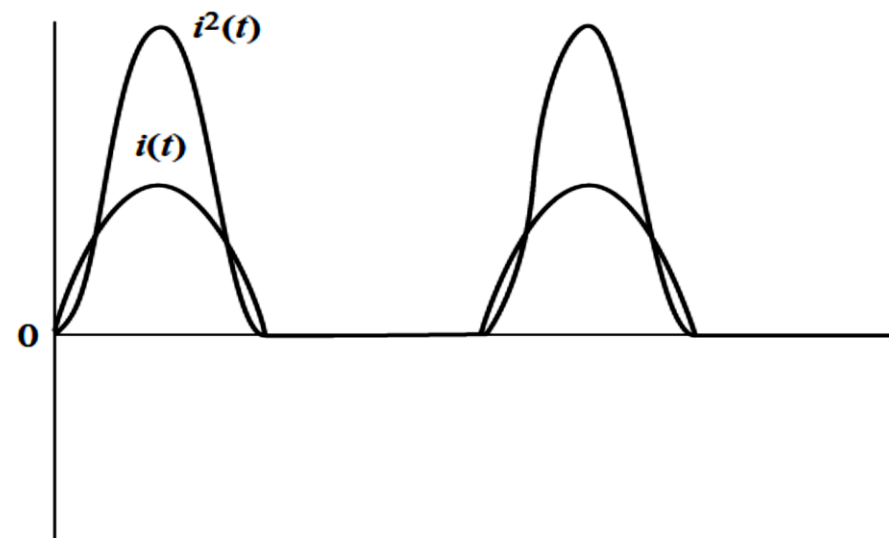
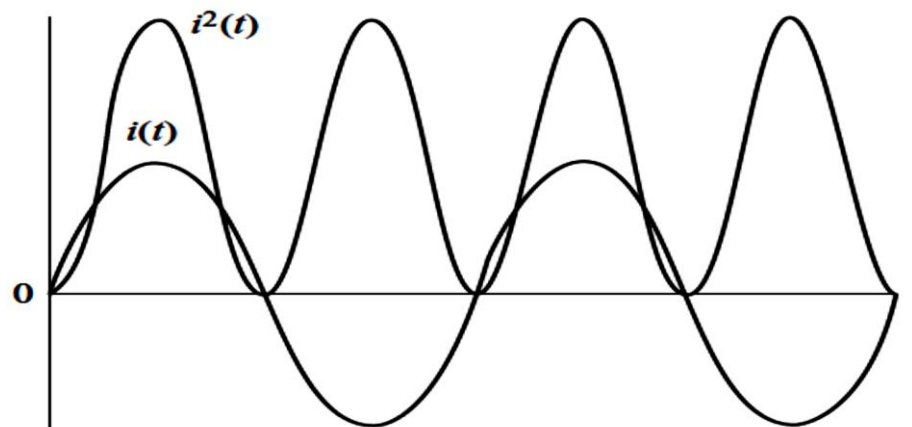


$$v(t) = \begin{cases} V_m & 0 < t < DT \\ 0 & DT < t < T \end{cases}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} = V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \left(\int_0^{DT} v_m^2(t) dt + \int_{DT}^T 0^2(t) dt \right)} = \sqrt{\frac{1}{T} (V_m^2 DT)} \quad V_{rms} = V_m \sqrt{D}$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مقدار موثر



$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2} \frac{V_m}{\sqrt{2}}} = \frac{V_m}{2}$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مثال ۴

مقدار rms مجموع شکل موجها
 مطلوبست محاسبه مقدار مؤثر تابع $v(t) = 4 + 8\sin(\omega_1 t + 10^\circ) + 5\sin(\omega_2 t + 50^\circ)$
 برای الف) $\omega_2 = 2\omega_1$ ب) $\omega_2 = \omega_1$

حل الف) $v(t) = 4 + 8\sin(\omega_1 t + 10^\circ) + 5\sin(\omega_2 t + 50^\circ)$

$$V_{rms} = \sqrt{V_{1,rms}^2 + V_{2,rms}^2 + V_{3,rms}^2} = \sqrt{4^2 + \left(\frac{8}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{5}{\sqrt{2}}\right)^2} = 7.78 \text{ V}$$

ب)

$$8\angle 10^\circ + 5\angle 50^\circ = 12.3\angle 25.2^\circ$$

$$v(t) = 4 + 12.3\sin(\omega_1 t + 25.2^\circ) \text{ V}$$

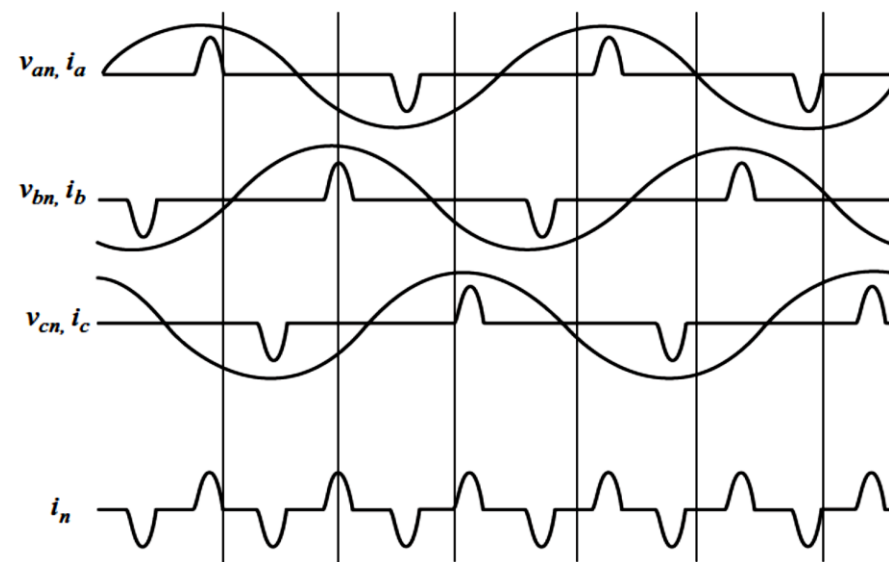
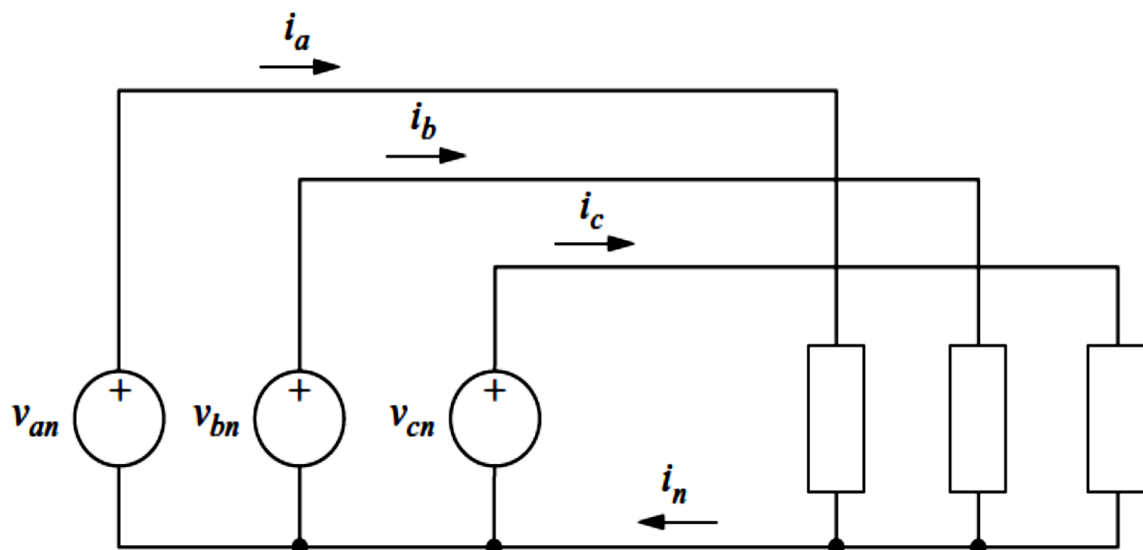
$$V_{rms} = \sqrt{4^2 + \left(\frac{12.3}{\sqrt{2}}\right)^2} = 9.57 \text{ V}$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مثال ۵

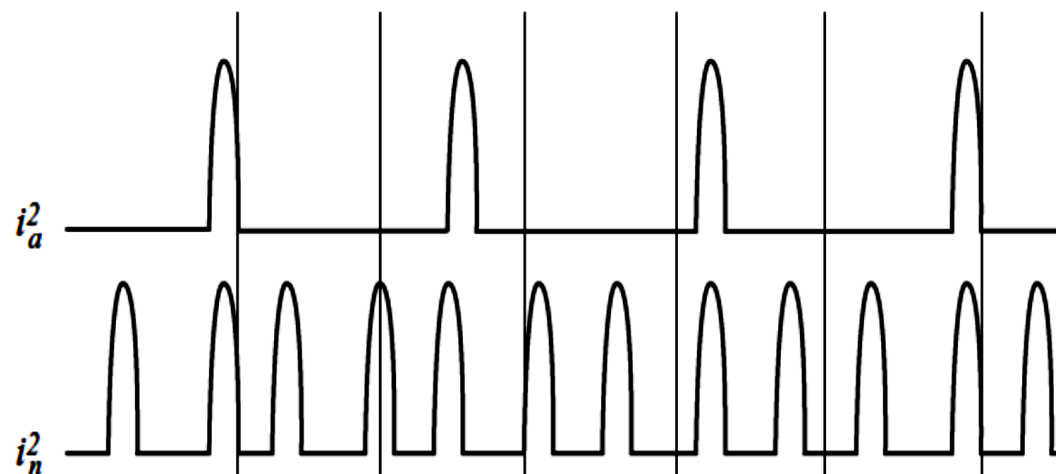
جریان سیم نول در یک سیستم سه فاز

یک مجموعه اداری به کمک یک سیستم سه فاز چهار سیمه مطابق شکل زیر تغذیه می‌شود. به علت وجود یکسوسازها در ورودی منابع تغذیه تجهیزات، بار به شدت غیر خطی است، و جریان هر فاز در شکل نشان داده شده است. جریان سیم نول مجموع جریان‌های فاز می‌باشد. اگر i_{rms} جریان هر فاز ۲۰ آمپر باشد، i_{rms} جریان سیم نول را بدست آورید:



دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

حل مثال ۵

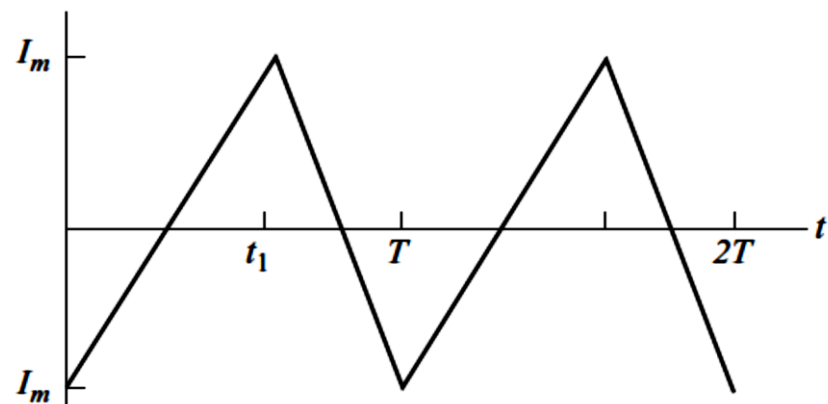
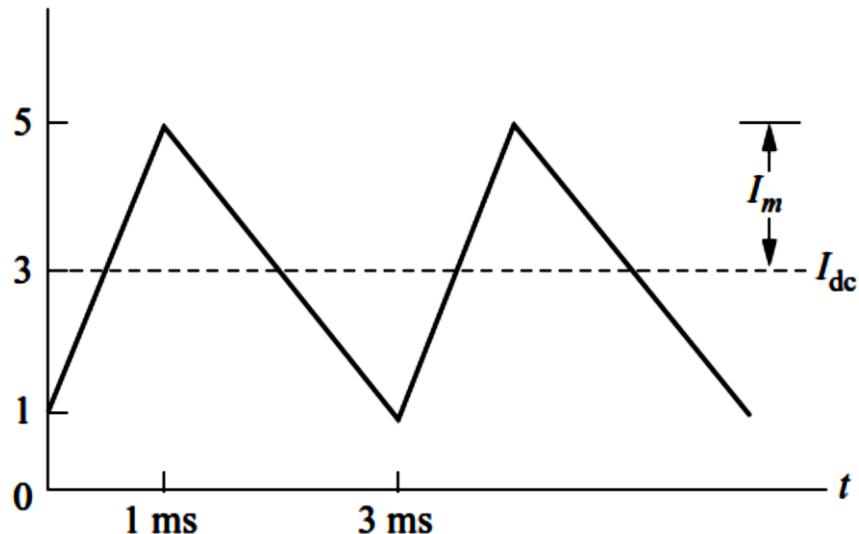


$$I_{n,rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i_n^2(t) dt} = \sqrt{3 \left(\frac{1}{T} \int_0^T i_a^2(t) dt \right)} = \sqrt{3} I_{a,rms}$$

$$I_{n,rms} = \sqrt{3} \times 20 = 34.6 \text{ A}$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مثال ۶



مقدار rms موج مثلثی در شکل روبرو را بدست آورید.

(حل)

ابتدا برای یک شکل موج مثلثی مانند شکل زیر رابطه را بدست می آوریم.

$$i(t) = \begin{cases} \frac{2I_m}{t_1}t - I_m & 0 < t < t_1 \\ \frac{-2I_m}{T-t_1}t + \frac{I_m(T+t_1)}{T-t_1} & t_1 < t < T \end{cases}$$

$$I_{rms}^2 = \frac{1}{T} \left[\int_0^{t_1} \left(\frac{2I_m}{t_1}t - I_m \right)^2 dt + \int_{t_1}^T \left(\frac{-2I_m}{T-t_1}t + \frac{I_m(T+t_1)}{T-t_1} \right)^2 dt \right]$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

ادامه حل مثال ۶

پس از محاسبه رابطه قبلی، مقدار موثر موج مثلثی بدست می آید.

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{3}}$$

از آن جا که شکل موج مثلثی در قسمت (الف) شامل هیچ مقدار DC نمی باشد و شکل موج مثلثی و سیگنال DC متعامد هستند، لذا می توان نوشت:

$$I_{rms} = \sqrt{I_{1,rms}^2 + I_{2,rms}^2} = \sqrt{\left(\frac{I_m}{\sqrt{3}}\right)^2 + I_{dc}^2} = \sqrt{\left(\frac{2}{\sqrt{3}}\right)^2 + 3^2} = 3.22 \text{ A}$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مثال ۷

منبع غیر سینوسی به همراه بار غیر خطی

یک منبع ولتاژ غیر سینوسی متناوب داری سری فوریه به صورت
 $v = 10 + 20 \cos(2\pi 60t - 25^\circ) + 30 \cos(4\pi 60t + 20^\circ)$ می باشد. این منبع ولتاژ به یک
مقاومت ۵ اهمی و سلف ۱۵ میلی هانری، که به صورت سری به هم متصل هستند، وصل
می شود. توان جذب شده توسط بار را به دست آورید.

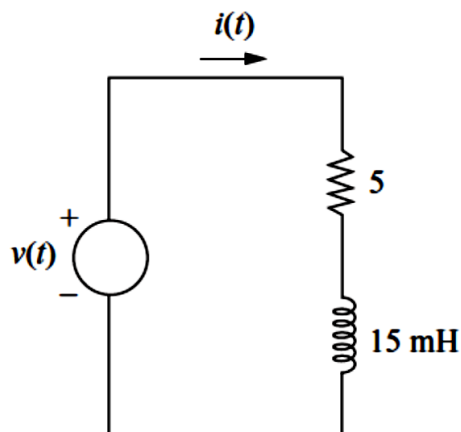
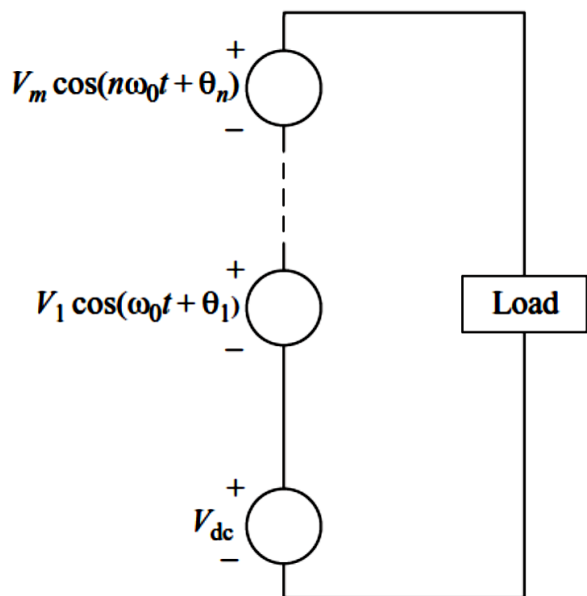
حل:

جریان در هر فرکانس به طور مجزا محاسبه می شود (جمع آثار)

$$I_0 = \frac{V_0}{R} = \frac{10}{5} = 2 \text{ A} \quad I_1 = \frac{V_1}{R + j\omega_1 L} = \frac{20 \angle -25^\circ}{5 + j(2\pi 60)(0.015)} = 2.65 \angle -73.5^\circ \text{ A}$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

ادامه حل مثال ۷



$$\text{DC : } P_0 = (10V)(2A) = 20 \text{ W}$$

$$\omega = 2\pi 60: P_1 = \frac{(20)(2.65)}{2} \cos(-25^\circ + 73.5^\circ) = 17.4 \text{ W}$$

$$\omega = 4\pi 60: P_2 = \frac{(30)(2.43)}{2} \cos(20^\circ + 46^\circ) = 14.8 \text{ W}$$

$$P = 20 + 17.4 + 14.8 = 52.2 \text{ W}$$

$$P = I_{rms}^2 R = \left[2^2 + \left(\frac{2.65}{\sqrt{2}} \right)^2 + \left(\frac{2.43}{\sqrt{2}} \right)^2 \right] 5 = 52.2 \text{ W}$$

$$\mathbf{I}_2 = \frac{\mathbf{V}_2}{R + j\omega_2 L} = \frac{30 \angle 20^\circ}{5 + j(4\pi 60)(0.015)} = 2.43 \angle -46.2^\circ \text{ A}$$

$$i(t) = 2 + 2.65 \cos(2\pi 60t - 73.5^\circ) + 2.43 \cos(4\pi 60t - 46.2^\circ) \text{ A}$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مثال ۸

منبع سینوسی و بار غیر خطی

یک منبع ولتاژ سینوسی به فرم $v(t) = 100 \cos(377t) \text{ V}$ به باری غیر خطی اعمال می‌شود و در نتیجه یک جریان غیر سینوسی که سری فوریه آن به صورت زیر است، حاصل می‌شود:

$$i(t) = 8 + 15 \cos(377t + 30^\circ) + 6 \cos[2(377)t + 45^\circ] + 2 \cos[3(377)t + 60^\circ]$$

مطلوبست: الف) توان جذب شده توسط بار، ب) ضریب قدرت بار، ج) ضریب اعوجاج جریان بار، د) اعوجاج هارمونیک کل جریان بار.

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

حل مثال ۸

$$P = (0)8 + \left(\frac{100}{\sqrt{2}}\right)\left(\frac{15}{\sqrt{2}}\right)\cos 30^0 + (0)\left(\frac{6}{\sqrt{2}}\right)\cos 45^0 + (0)\left(\frac{2}{\sqrt{2}}\right)\cos 60^0$$

$$P = \left(\frac{100}{\sqrt{2}}\right)\left(\frac{15}{\sqrt{2}}\right)\cos 30^0 = 650 \text{ W}$$