

بسمه تعالی

درس الکترونیک صنعتی

حل تمرین سری اول

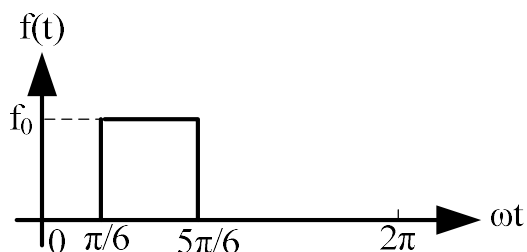
۱- مقادیر متوسط، موثر و دامنه هارمونی های ۱ تا ۳ را برای سیگنال های متناوب زیر با دوره تناوب 2π تعیین کنید.

$$f(\omega t) = \begin{cases} F & \frac{\pi}{6} \leq \omega t \leq \frac{5\pi}{6} \\ 0 & \text{Oherwise} \end{cases}$$

$$f(\omega t) = \begin{cases} f_m \sin \omega t & 0 \leq \omega t \leq \pi \\ 0 & \text{Oherwise} \end{cases}$$

$$f(\omega t) = 2 \sin \omega t + \cos \omega t + 0.5 \sin 3\omega t + 0.1 \sin 5\omega t$$

جواب :



$$f_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} f_0 \cdot d\omega t = \frac{f_0}{3}$$

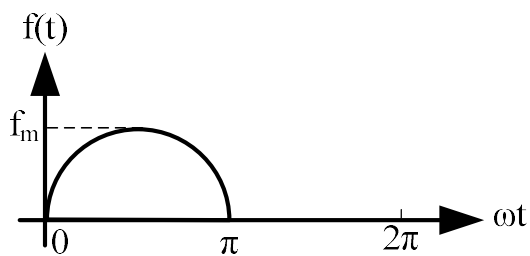
$$f_{rms} = \left[\frac{1}{2\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} f_0^2 \cdot d\omega t \right]^{1/2} = \frac{f_0}{\sqrt{3}}$$

$$f_{ac} = \sqrt{\frac{2}{9}} f_0$$

$$f_{an} = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} f_0 \cos n\omega t \cdot d\omega t = \frac{f_0}{n\pi} \sin n\omega t \Big|_{\pi/6}^{5\pi/6} = \begin{cases} 0 & n=1 \\ -\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{f_0}{\pi} & n=2 \\ 0 & n=3 \end{cases}$$

$$f_{bn} = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} f_0 \sin n\omega t \cdot d\omega t = -\frac{f_0}{n\pi} \cos n\omega t \Big|_{\pi/6}^{5\pi/6} = \begin{cases} \sqrt{3} \frac{f_0}{\pi} & n=1 \\ 0 & n=2 \\ 0 & n=3 \end{cases}$$

بنابراین دامنه هارمونی اول $\sqrt{3} \frac{f_0}{\pi}$ ، دامنه هارمونی دوم $\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{f_0}{\pi}$ و دامنه هارمونی سوم صفر می‌باشد و THD برابر ۶۸٪ است.



$$f_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi f_m \sin \omega t \cdot d\omega t = \frac{f_m}{\pi}$$

$$f_{rms} = \left[\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi (f_m \sin \omega t)^2 \cdot d\omega t \right]^{1/2} = \frac{f_m}{2}$$

$$f_{ac} = 0.385 f_m$$

$$f_{an} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} f_m \sin \omega t \cos n \omega t \cdot d\omega t = \begin{cases} \frac{f_m}{2\pi} \frac{n}{n^2 - 1} & n = 2k \\ 0 & n = 2k + 1 \end{cases}$$

$$f_{bn} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} f_m \sin \omega t \sin n \omega t \cdot d\omega t = \begin{cases} \frac{f_m}{2} & n = 1 \\ 0 & n \neq 1 \end{cases}$$

بنابراین دامنه هارمونی اول تا سوم عبارت است از $\frac{f_m}{2}$ ، $\frac{f_m}{3\pi}$ و صفر و THD نیز عبارت است از $42/7\%$:

$$f(\omega t) = 2 \sin \omega t + \cos \omega t + 0.5 \sin 3\omega t + 0.1 \sin 5\omega t$$

این تابع که حاصل جمع چند تابع سینوسی و کسینوسی است در واقع خود به فرم سری فوریه می‌باشد، بنابراین به راحتی می‌توان مقدار متوسط و دامنه مولفه‌های اول تا سوم آن را تعیین کرد. با مقایسه تابع با بسط سری فوریه مشخص است که مقدار متوسط شکل (f_0) صفر می‌باشد. همچنین شکل موج فقط دارای هارمونی اول، سوم و پنجم بوده و دامنه دیگر هارمونی‌ها صفر هستند. دامنه هارمونی اول برابر $\sqrt{2^2 + 1^2} = \sqrt{5}$ ، هارمونی سوم $0/5$ و پنجم نیز $0/1$ می‌باشند. THD سیگنال نیز برابر است با:

$$f_{rms} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{5}}{\sqrt{2}}\right)^2 + (0.5/\sqrt{2})^2 + (0.1/\sqrt{2})^2} = 1.62$$

$$f_{dc} = 0$$

$$f_{ac} = 1.62$$

$$THD = \frac{\sqrt{1.62^2 - (\sqrt{5}/\sqrt{2})^2}}{\sqrt{5}/\sqrt{2}} = 22\%$$

۲- یک یکسوساز نیم‌موج دیودی را به یک منبع 220 V ، 50 Hz و یک بار RL با مقادیر $50\ \Omega$ و 5 mH

۲۰ متصل می‌کنیم. الف) رابطه جریان بار را تعیین کنید. ب) شکل موج ولتاژ بار و جریان ورودی را

رسم کرده و متوسط آنها را محاسبه کنید.

رابطه کلی برای جریان در این مدار عبارت است از:

$$i(t) = A \cdot e^{-\frac{R}{L\omega} \omega t} + \frac{V_m}{Z} \sin(\omega t - \varphi)$$

که در آن $\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{L\omega}{R}\right) = 1.49 \text{ rad}$ و $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2} = 6.3 \Omega$ ، $V_m = 220\sqrt{2} = 311 (V)$ می‌باشند.

$$L\omega = 0.02 * 2 * \pi * 50 = 6.28 \Omega$$

با توجه به اینکه در لحظه صفر (زاویه صفر) جریان صفر است، مقدار A قابل محاسبه است.

$$i(0) = 0 \rightarrow A \cdot e^{-0.08t\omega} + 49.4 \sin(\omega t - 1.49) = 0 \rightarrow A = 49.2$$

پس رابطه جریان مشخص شد. برای محاسبه مقدار متوسط ولتاژ باید زاویه β (جایی که جریان دوباره صفر شده و دیود خاموش می‌شود) نیز مشخص باشد. چون در این زاویه جریان دوباره صفر می‌شود پس می‌توان با حل معادله زیر با سعی و خطا مقدار آن را بدست آورد.

$$i(\beta) = 0 \rightarrow 49.2e^{-0.08\beta} + 49.4 \sin(\beta - 1.49) = 0 \rightarrow \beta = 5.34 \text{ rad}$$

در نتیجه مقدار متوسط ولتاژ و جریان خروجی محاسبه می‌شود.

۳- به بار مسئله ۳ یک منبع dc ۵۰ ولتی نیز اضافه می‌کنیم تا یک بار RLE داشته باشیم. اکنون مراحل مسئله ۳ را دوباره تکرار کنید.

رابطه جریان برای این مسئله عبارت است از:

$$i(\omega t) = A \cdot e^{-0.08\omega t} - 100 + 49.4 \sin(\omega t - 1.49)$$

برای تعیین مقدار A به مقدار جریان در یک لحظه نیاز داریم. می‌دانیم که تا زمانی که ولتاژ منبع به ۵۰ ولت نرسیده دیود روشن نمی‌شود. پس از اینجا می‌توان زاویه روشن شدن دیودها که در آن جریان نیز صفر است را تعیین نمود.

$$V_m \sin \omega t \Big|_{\omega t = \alpha} = E \rightarrow \alpha = \sin^{-1} \frac{50}{220\sqrt{2}} = 0.16 \text{ rad}$$

$$i(\alpha) = 0 \rightarrow A \cdot e^{-0.08\alpha} - 100 + 49.4 \sin(\alpha - 1.49) = 0 \rightarrow A = 149.9$$

$$i(\omega t) = 149.9e^{-0.08\omega t} - 100 + 49.4 \sin(\omega t - 1.49)$$

زاویه β نیز با استفاده از سعی و خطا تقریبا برابر $4/7$ رادیان بدست می‌آید.

۴- یک یکسوساز نیم موج تکفاز، منبع 220 ولتی را به بار مقاومتی 100 اهمی متصل می‌کند، شکل موج ولتاژ و جریان خروجی و جریان ورودی یکسوساز را رسم کرده و پارامترهای کارایی را برای آن تعیین کنید.

جواب: مشابه این تمرین در کلاس حل شده است.

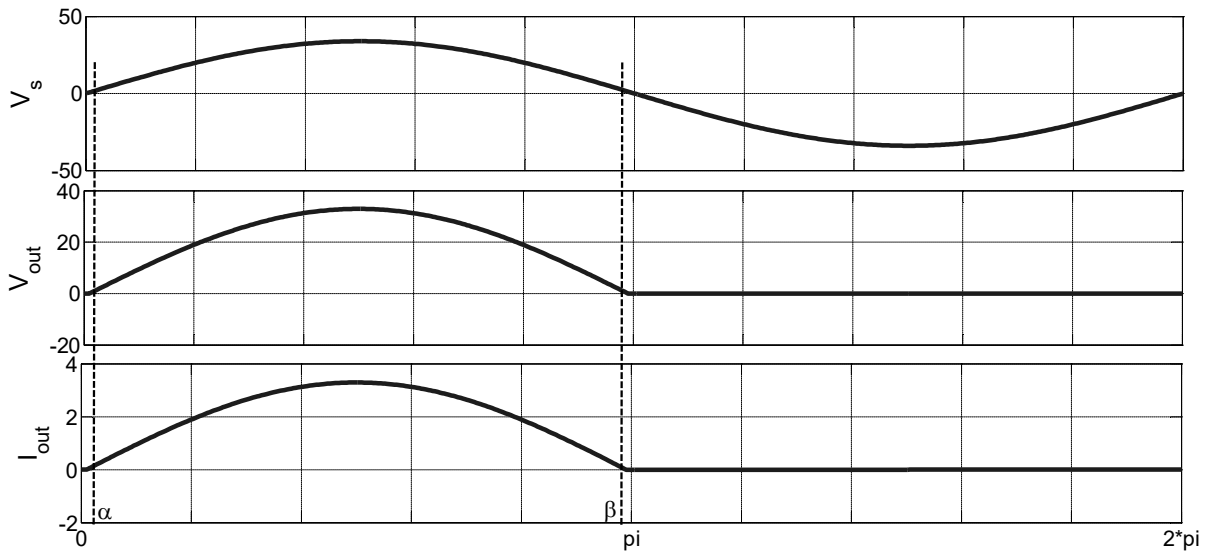
۵- برای یک یکسوساز تکفاز دیودی نیم موج با بار 10 اهمی و متصل به منبع 24 ولتی، در حالتی که از ولتاژ زمان روشن بودن دیود صرفنظر نشده و 1 ولت در نظر گرفته شود، شکل موج ولتاژ خروجی و جریان بار را محاسبه کرده و مقدار متوسط ولتاژ خروجی را محاسبه کنید.

در این حالت تا قبل از اینکه ولتاژ منبع به یک ولت برسد، دیود روشن نمی‌شود و پس از آن نیز با روشن شدن دیود همواره یک ولت روی دیود می‌افتد. پس از آنکه ولتاژ منبع بخواند از یک ولت کمتر شود دوباره دیود خاموش می‌شود. زوایای روشن و خاموش شدن دیود به صورت زیر محاسبه می‌شوند.

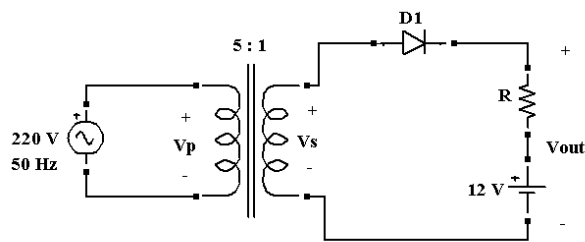
$$V_s(\omega t) = 24\sqrt{2} \sin \omega t$$

$$24\sqrt{2} \sin \alpha = 1 \rightarrow \alpha = \arcsin\left(\frac{1}{24\sqrt{2}}\right) = 1.7^\circ \rightarrow \beta = 180^\circ - \alpha = 178.3^\circ$$

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} (24\sqrt{2} \sin \omega t - 1) \cdot d\omega t = \frac{1}{2\pi} \left[-24\sqrt{2} \cos \omega t - \omega t \right]_{\alpha}^{\beta} = 10.3$$



۶- مدار مقابل به یک منبع 220 V متصل شده و باطری 12 V ولتی در حال شارژ شدن است. الف) شکل موج ولتاژ خروجی یکسوساز (V_{out}) و جریان بار را رسم کنید. ب) متوسط ولتاژ خروجی را محاسبه کنید. ج) بازده یکسوسازی را محاسبه کنید. د) چنانچه بیشترین جریان مجاز باطری 5 A باشد، مقدار مناسب مقاومت R و توان آن را محاسبه کنید.



حل:

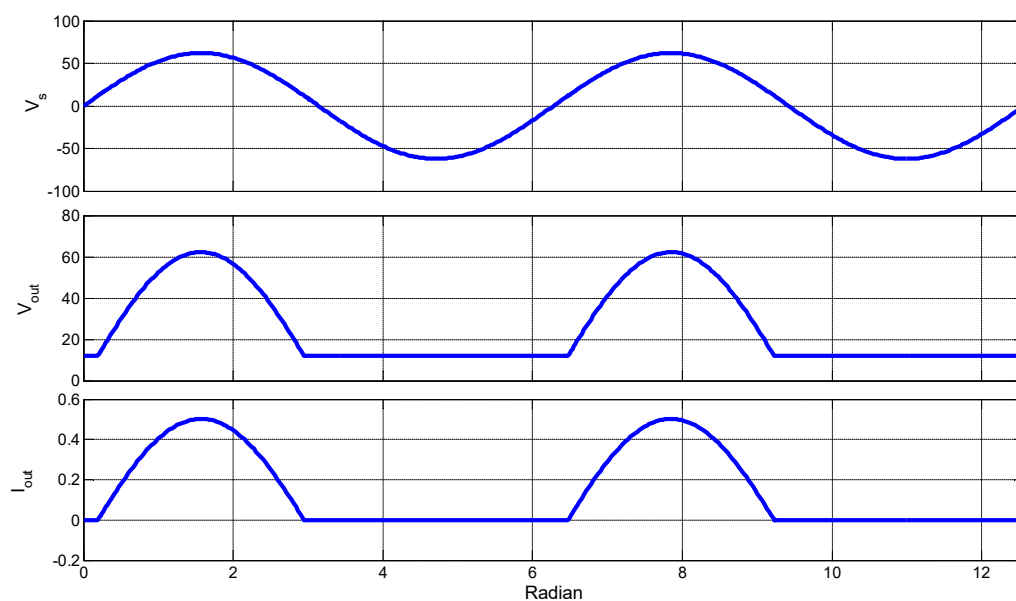
با توجه به نسبت تبدیل ترانس ولتاژ موثر خروجی ۴۴ ولت می باشد. پس ولتاژ اعمالی به یکسوساز عبارت است از :

$$V_s = 44\sqrt{2} \sin \omega t = 62.2 \sin \omega t$$

دیود D1 تنها زمانی روشن می شود که ولتاژ آند از کاتد بیشتر گردد. یعنی باید ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور از ولتاژ باطری بیشتر شود در اینصورت می توان زوایایی که دیود در آنها روشن و خاموش می شود را مشخص کرد.

$$V_s(\omega t = \alpha) = E \rightarrow 62.2 \sin \alpha = 12 \rightarrow \alpha = \sin^{-1}\left(\frac{12}{62.2}\right) \rightarrow \alpha = 11.1^\circ = 0.194 \text{ rad}$$

پس دیود در زاویه α که ولتاژ آند از کاتد بیشتر می شود، روشن شده و در زاویه $\beta = \pi - \alpha = 2.95 \text{ rad}$ خاموش می شود.



با توجه به شکل در زمانهایی که دیود روشن است، ولتاژ ثانویه ترانس در خروجی قرار می گیرد و با خاموش شدن دیود ولتاژ خروجی برابر با ولتاژ باطری (۱۲ ولت) می باشد. در اینصورت متوسط ولتاژ خروجی برابر است با :

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_{out} dt = \frac{1}{2\pi} \left[\int_0^{\alpha} 12 d\theta + \int_{\alpha}^{\beta} 44\sqrt{2} \sin \theta d\theta + \int_{\beta}^{2\pi} 12 d\theta \right] = 26.17 (V)$$

برای محاسبه راندمان یکسوسازی باید مقادیر متوسط و موثر ولتاژ و جریان خروجی مشخص گردند. جریان خروجی تنها هنگامی غیرصفر است که دیود روشن باشد. مقدار متوسط آن عبارت است از :

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_{out} dt = \frac{1}{2\pi} \left[\int_{\alpha}^{\beta} \frac{44\sqrt{2} \sin \theta - 12}{R} d\theta \right] = \frac{14.2}{R} (A)$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (V_{out})^2 dt} = 32.3$$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (I_{out})^2 dt} = \frac{24}{R}$$

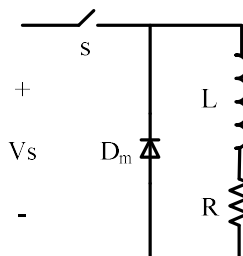
$$\eta = \frac{V_{dc} I_{dc}}{V_{rms} I_{rms}} = \frac{26.17 * 14.2 / R}{32.3 * 24 / R} = 0.48$$

برای محدود کردن جریان باطری به ۵ آمپر باید مقدار DC جریان برابر ۵ آمپر قرار داده شود.

$$I_{dc} = \frac{14.2}{R} = 5 \rightarrow R = 2.84 \Omega$$

$$P_R = R I_{dc}^2 = 71 (w)$$

یک مدار دیودی با $R=10 \Omega$ و $L=6 mH$ و منبع 220 ولت 50 هرتز در شکل نشان داده شده است. در لحظه $t=0$ که جریان دیود هرزگرد D_m برابر 10 آمپر است، کلید s بسته می‌شود. رابطه جریان بار را تعیین کنید.



چنانچه منبع ولتاژ یک منبع ac با فرکانس 50 هرتز فرض شود، رابطه جریان بار پس از وصل شدن کلید s

$$i(\omega t) = A e^{-5.32 \omega t} + 30.56 \sin(\omega t - 0.186) \text{ : عبارت است از :}$$

برای تعیین مقدار A به یک نقطه از جریان نیاز داریم. جریان در زاویه صفر برابر ۱۰ آمپر داده شده پس مقدار A بدست می‌آید: $A=15.65$

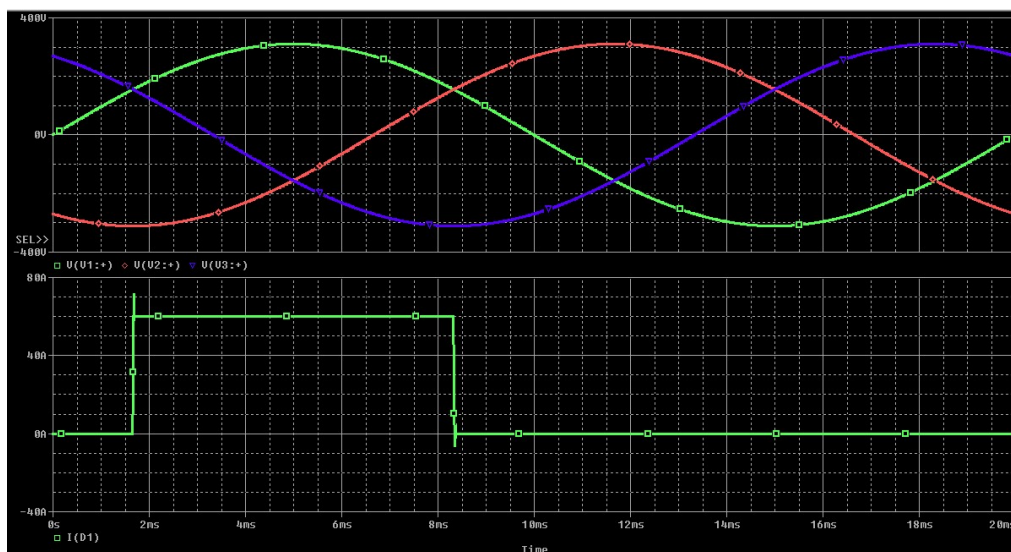
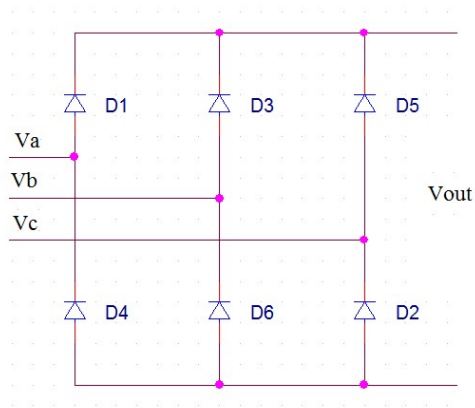
رابطه فوق در بازه $[0, \pi]$ که ولتاژ نیم سیکل مثبت منبع روی بار افتاده صحیح است. از لحظه $\omega t = \pi$ به بعد که ولتاژ منبع منفی می‌شود، دیود وصل شده و جریان سلف در مقاومت تلف می‌شود. در این حالت یک مدار RL با جریان اولیه داریم و رابطه جریانی خروجی یک رابطه نمایی می‌باشد که مقدار اولیه آن از رابطه قبلی برای زاویه $\omega t = \pi$ بدست می‌آید. پس: $i(\omega t) = 5.65e^{-5.32\omega t}$

این جریان نیز در $\omega t = 4.08 \text{ rad}$ تقریباً صفر شده و از این زاویه به بعد تا انتهای سیکل جریان بار صفر می‌باشد. البته توجه داشته باشید که در نیم سیکلهای منفی ولتاژ، اگر کلید S روشن باشد به دلیل روشن شدن دیود، منبع اتصال کوتاه می‌شود.

۷- یک یکسوساز سه‌فاز پل به یک بار شدیداً سلفی متصل شده بطوری که جریان متوسط بار ۶۰ آمپر بوده و ریپل آن قابل صرف‌نظر است. چنانچه ولتاژ خط به زمین (ولتاژ فاز) منبع ۲۲۰ ولت و ۵۰ هرتز باشد، جریان یکی از دیودها را رسم کرده و مشخصات دیود مورد استفاده را تعیین کنید (جریان متوسط هر دیود، جریان موثر هر دیود و ماکزیمم ولتاژ معکوس روی هر دیود).

حل:

با توجه به عملکرد یکسوساز سه‌فاز تمام موج، دیود D_1 در بازه $[\pi/6, 5\pi/6]$ که v_a از ولتاژهای دیگر بیشتر است، روشن می‌باشد و جریان خروجی (۶۰ آمپر) از آن می‌گذرد.



$$I_{dc,diod} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_{diod} \cdot d\omega t = \frac{1}{2\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} 60 \cdot d\omega t = \frac{1}{2\pi} * 60 * (5\pi/6 - \pi/6) = 20A$$

$$I_{rms,diod} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (i_{diod})^2 \cdot d\omega t} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} 60^2 \cdot d\omega t} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} * 60^2 * (5\pi/6 - \pi/6)} = 34.64A$$

برای تعیین ماکزیمم ولتاژ روی هر دیود ابتدا باید رابطه ولتاژ دیود (هنگامی که خاموش است) را بدست آورده و سپس ماکزیمم دامنه آن را حساب کنیم. فرض کنید D_1 خاموش و D_4 روشن باشد، در اینصورت یکی از دیودهای D_3 و یا D_5 روشن هستند و بالطبع یکی از ولتاژهای v_b یا v_c روی سر مثبت بار (یا همان کاتد D_1) می افتد و ولتاژ v_a نیز روی آنند D_1 قرار دارد. پس در واقع یک ولتاژ خط روی دیود D_1 می افتد که مقدار آن $\sqrt{3}$ برابر بزرگتر از ولتاژ فاز می باشد. در اینصورت ماکزیمم ولتاژ روی دیود برابر

$$\sqrt{3} V_m = \sqrt{3} * \sqrt{2} * 220 \text{ یعنی :}$$

۸- یک یکسوساز تکفاز تمام موج دارای بار RLE با مقادیر $E = 20V$ و $L = 4.5mH$ ، $R = 5\Omega$ می‌باشد. ولتاژ ورودی 120 ولت و 60 هرتز است. مقادیر زیر را تعیین کنید.

الف) جریان خروجی در حالت ماندگار در زاویه صفر (I_1). ب) مقدار متوسط جریان بار. ج) مقدار متوسط جریان یکی از دیودها.

الف) جریان خروجی در حالت ماندگار در زاویه صفر (I_1). ب) مقدار متوسط جریان بار. ج) مقدار متوسط جریان یکی از دیودها.

رابطه کلی جریان برای بار RLE عبارت بود از :

$$i(t) = A e^{\frac{-R}{L\omega} \omega t} - \frac{E}{R} + \frac{V_m}{Z} \sin(\omega t - \varphi)$$

که در آن $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2} = 5.28\Omega$ و $\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{L\omega}{R}\right) = 18.74^\circ = 0.327 \text{ rad}$ در اینصورت داریم:

$$i(\omega t) = A e^{-2.92\omega t} - 4 + 32.14 \sin(\omega t - 0.327)$$

با توجه به اینکه پیوسته یا ناپیوسته بودن جریان مشخص نیست، مساله را با فرض پیوسته بودن جریان حل کرده و چنانچه جریان اولیه صفر بدست آمد نتیجه می‌گیریم که این فرض اشتباه بوده. در حالت پیوسته جریان در $\omega t = 0$ و $\omega t = \pi$ با هم برابرند.

$$i(0) = A - 4 + 32.14 \sin(-0.327 \text{ rad}) = A - 14.33$$

$$i(\pi) = -4 + 32.14 \sin(\pi - 0.327) = 6.32$$

$$i(0) = i(\pi) = I_1 \rightarrow \begin{cases} A = 20.65 \\ I_1 = 6.32 \end{cases}$$

پس فرض پیوسته بودن جریان صحیح است. برای محاسبه مقدار متوسط جریان خروجی داریم:

$$I_{out,dc} = \frac{2}{2\pi} \int_0^\pi [Ae^{-2.92\omega t} - 4 + 32.14\sin(\omega t - 0.327)] d\omega t = \frac{2}{2\pi} [-7.07e^{-2.92\omega t} - 4\omega t - 32.14\cos(\omega t - 0.327)]_0^\pi =$$

$$\frac{2}{2\pi} (0 - 12.56 + 30.44) - \frac{2}{2\pi} (-7.07 - 0 - 30.44) = 17.63 (A)$$

مقدار متوسط جریان هر دیود نیز نصف مقدار متوسط جریان خروجی است که برابر با $8/82$ آمپر است.

۹- جریان ورودی و ولتاژ خروجی را برای یکسوسازهای نیم موج و تمام موج سه فاز متصل به منبع سینوسی $220V$ (ولتاژ فاز)، $50Hz$ با جریان بار صاف 10 آمپری رسم کرده و ضریب اعوجاجی کل جریان ورودی (THD) را محاسبه کنید.

حل :

در یکسوساز نیم موج هر دیود به مدت 120° درجه هدایت می کند، مثلاً دیود متصل به فاز a بین زوایای 30° درجه تا 150° درجه هدایت می کند و جریان بار را تامین می کند که این همان جریان فاز a نیز می باشد. در اینصورت :

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_{out} d\omega t = \frac{1}{2\pi} \left[\int_{30^\circ}^{150^\circ} 10 d\omega t \right] = \frac{10}{3} (A)$$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{30}^{150} (10)^2 d\omega t} = \frac{10}{\sqrt{3}} (A)$$

$$a_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} I_{out} \cos \omega t d\omega t = \frac{1}{\pi} \int_{30}^{150} 10 \cos \omega t d\omega t = 0$$

$$b_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} I_{out} \sin \omega t d\omega t = \frac{1}{\pi} \int_{30}^{150} 10 \sin \omega t d\omega t = 5.516 (A)$$

$$I_1 = \frac{\sqrt{a_1^2 + b_1^2}}{\sqrt{2}} = 3.9 (A)$$

$$I_{ac} = \sqrt{I_{rms}^2 - I_{dc}^2} = 4.717 (A)$$

$$THD = \frac{\sqrt{I_{ac}^2 - I_1^2}}{I_1} * 100 = 68\%$$

در یکسوساز تمام موج دیود بالایی ۱۲۰ درجه هدایت می‌کند و دیود پایینی نیز ۱۲۰ درجه دیگر هدایت می‌کند. با این تفاوت که زمانی که دیود بالایی هدایت می‌کند جریان از فاز خارج شده به بار می‌رود و در مدت زمانی که دیود پایینی هدایت می‌کند جریان بار به فاز وارد می‌شود. به عنوان مثال جریان فاز a از ۳۰ درجه تا ۱۵۰ درجه ۱۰ آمپر بوده و از ۲۱۰ درجه تا ۳۳۰ درجه ۱۰- آمپر است. پس در اینصورت :

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_{out} d\omega t = \frac{1}{2\pi} \left[\int_{30^\circ}^{150^\circ} 10 d\omega t + \int_{210^\circ}^{330^\circ} -10 d\omega t \right] = 0 (A)$$

$$I_{rms} = 8.165 (A)$$

$$a_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} I_{out} \cos \omega t d\omega t = 0$$

$$b_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} I_{out} \sin \omega t d\omega t = 11 (A)$$

$$I_1 = \frac{\sqrt{a_1^2 + b_1^2}}{\sqrt{2}} = 7.8 (A)$$

$$I_{ac} = \sqrt{I_{rms}^2 - I_{dc}^2} = 8.165 (A)$$

$$THD = \frac{\sqrt{I_{ac}^2 - I_1^2}}{I_1} * 100 = 31\%$$

۱۰- یک یکسوساز پل تکفاز تریستوری به منبع ۱۲۰ ولت ۵۰ هرتز متصل است و جریان بار ۱۰ آمپری را تامین می‌کند. جریان بار را صاف و بدون ریپل در نظر بگیرید. الف) جریان ورودی یکسوساز را بر حسب سری فوریه بیان کرده و THD آن را بدست آورید (با زاویه تاخیر α درجه). ب) چنانچه $\alpha = \pi/3$ باشد، بازده یکسوسازی و ضریب ریپل ولتاژ خروجی را محاسبه کنید.

چون جریان پیوسته است پس هر تریستور باید ۱۸۰ درجه روشن باشد. تریستوری که در زاویه α روشن شود در زاویه $\alpha + \pi$ خاموش می‌شود. جریان ورودی یکسوساز عبارت است از جریان تریستور بالای هنگامی که روشن است منهای جریان تریستور پایینی. در واقع جریان ورودی برای ۱۸۰ درجه ۱۰ آمپر بوده و در ۱۸۰ درجه بعدی ۱۰- آمپر می‌باشد.

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_s \cdot d\omega t = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\alpha} -10 \cdot d\omega t + \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} 10 \cdot d\omega t + \frac{1}{2\pi} \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} -10 \cdot d\omega t = 0$$

$$I_{an} = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} i_s \cdot \cos n\omega t \cdot d\omega t = \frac{1}{\pi} \int_0^{\alpha} -10 \cdot \cos n\omega t \cdot d\omega t + \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} 10 \cdot \cos n\omega t \cdot d\omega t +$$

$$\frac{1}{\pi} \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} -10 \cdot \cos n\omega t \cdot d\omega t = \begin{cases} -\frac{4 \cdot 10}{n\pi} \sin n\alpha & n = 1, 3, 5, \dots \\ 0 & n = 2, 4, 6, \dots \end{cases}$$

$$I_{bn} = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} i_s \cdot \sin n\omega t \cdot d\omega t = \frac{1}{\pi} \int_0^{\alpha} -10 \cdot \sin n\omega t \cdot d\omega t + \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} 10 \cdot \sin n\omega t \cdot d\omega t +$$

$$\frac{1}{\pi} \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} -10 \cdot \sin n\omega t \cdot d\omega t = \begin{cases} \frac{4 \cdot 10}{n\pi} \cos n\alpha & n = 1, 3, 5, \dots \\ 0 & n = 2, 4, 6, \dots \end{cases}$$

در نتیجه جریان ورودی را می‌توان بصورت زیر نوشت :

$$i_s(t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \sqrt{2} I_n \sin(\omega t + \phi_n)$$

که در این رابطه ϕ_n زاویه جابجایی هارمونیک n ام و I_n مقدار موثر آن است.

$$\phi_n = \tan^{-1} \frac{I_{an}}{I_{bn}} = -n\alpha$$

$$I_n = \frac{\sqrt{I_{an}^2 + I_{bn}^2}}{\sqrt{2}} = \frac{2\sqrt{2} * 10}{n\pi} \quad \rightarrow \quad I_1 = 9A$$

(دلیل اینکه مقدار I_n مستقل از زاویه α شده این است که ما جریان را صاف و بدون ریپل فرض کردیم)

برای محاسبه THD باید مقدار موثر جریان را نیز محاسبه کنیم.

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (i_s)^2 \cdot d\omega t} = 10A$$

$$THD = \frac{\sqrt{10^2 - 9^2}}{9} = 48.3\%$$

(ب) چون جریان خروجی ۱۰ آمپر ثابت است، پس مقدار متوسط و موثر آن یکی است :

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} \cos \alpha = 54V \quad , \quad V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 120$$

$$I_{dc,out} = I_{rms,out} = 10A$$

$$\eta = \frac{54 * 10}{120 * 10} = 0.45$$

$$V_{ac} = \sqrt{V_{rms}^2 - V_{dc}^2} = 107.2V$$

$$RF = \frac{V_{ac}}{V_{dc}} = 1.98$$

۱۱- یک یکسوساز تمام موج تکفاز تریستوری به بار RLE با مقادیر $R = 0.5 \Omega$ ، $L = 6.5 mH$ و

$E = 10V$ متصل است. ولتاژ منبع ۱۲۰ ولت و ۶۰ هرتز می باشد. الف) با فرض زاویه آتش $\alpha = 60^\circ$ ،

جریان بار را تعیین کنید. ب) مقادیر متوسط و موثر جریان هر تریستور را تعیین کنید.

حل: رابطه کلی جریان برای بار RLE عبارت بود از :

$$i(t) = A.e^{\frac{-R}{L}\omega t} - \frac{E}{R} + \frac{V_m}{Z} \sin(\omega t - \varphi)$$

که در آن $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2} = 2.5 \Omega$ و $\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{L\omega}{R}\right) = 78.47^\circ$ در اینصورت داریم:

$$i(\omega t) = A.e^{-0.2\omega t} - 20 + 67.88\sin(\omega t - 78.47^\circ)$$

با توجه به اینکه پیوسته یا ناپیوسته بودن جریان مشخص نیست، مساله را با فرض پیوسته بودن جریان حل کرده و چنانچه جریان اولیه صفر یا منفی بدست آمد نتیجه می‌گیریم که این فرض اشتباه بوده. در حالت پیوسته برای تریستورها باید جریان در زمان روشن شدن تریستورهای ۱ و ۲ یعنی در زاویه 60° درجه با مقدار جریان در هنگام روشن شدن تریستورهای ۳ و ۴ یعنی 180° درجه دیرتر (زاویه 240° درجه) با هم برابر باشند، پس:

$$i(60^\circ) = 0.811A - 20 + 67.88\sin(60 - 78.47) = 0.811A - 41.5 = I_1$$

$$i(240^\circ) = 0.433A - 20 + 67.88\sin(240 - 78.47) = 0.433A + 1.5 = I_1$$

$$\rightarrow \begin{cases} A = 113.75 \\ I_1 = 50.75 (A) \end{cases}$$

پس فرض پیوسته بودن جریان صحیح است. اکنون رابطه جریان برای زمان بین 60° درجه تا 240° درجه مشخص است. برای محاسبه مقدار متوسط و موثر جریان هر تریستور می‌توانیم متوسط و موثر رابطه به دست آمده را محاسبه کنیم.

$$I_{T1,dc} = \frac{2}{2\pi} \int_0^\pi [113.75e^{-0.2\omega t} - 20 + 67.88\sin(\omega t - 78.47^\circ)] d\omega t = 43.7$$

$$I_{T1,rms} = 63.3$$

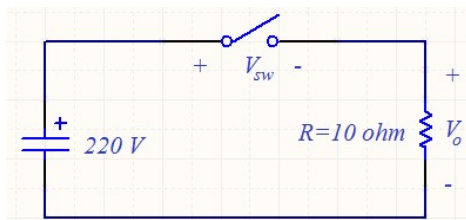
۱۲- در یک رگولاتور باک ولتاژ ورودی ۱۲ ولت و متوسط ولتاژ خروجی ۵ ولت است. چنانچه ریپل ولتاژ خروجی به ۲۵ میلی ولت و ریپل جریان سلف به 0.8 آمپر محدود شود، با فرض فرکانس کلیدزنی ۲۵ کیلوهرتز، الف) دوره کاری k ، ب) مقادیر سلف و خازن را مشخص کنید.

در رگولاتور باک می‌دانیم که $V_{out} = k \cdot V_{in}$ ، پس $k = V_{out} / V_{in} = 5/12 = 41.7\%$. برای تعیین سلف و خازن از روابط زیر استفاده می‌کنیم.

$$\Delta I_L = \frac{V_{in} \cdot k \cdot (1-k)}{fL} \rightarrow L = \frac{12 \cdot 0.417 \cdot (1-0.417)}{0.8 \cdot 25000} = 146 \mu H$$

$$\Delta V_c = \frac{V_{in} \cdot k \cdot (1-k)}{8LCf^2} \rightarrow C = \frac{12 \cdot 0.417 \cdot (1-0.417)}{8 \cdot (146 \cdot 10^{-6}) \cdot (20 \cdot 10^{-3}) \cdot 25000^2} = 200 \mu F$$

۱۳- چاپر dc زیر را با بار مقاومتی ۱۰ اهم و ولتاژ ورودی ۲۲۰ ولت در نظر بگیرید. افت ولتاژ روی سویچ در هنگام روشن بودن ۱/۵ ولت است و فرکانس کلیدزنی ۱۰ کیلوهرتز، اگر سیکل کاری برابر ۸۰٪ باشد تعیین کنید: الف) مقدار متوسط ولتاژ خروجی و ب) مقدار موثر ولتاژ خروجی



با توجه به اینکه این ساختار یک ساختار اولیه چاپر باک می‌باشد، ولتاژ خروجی عبارت است از $V_{out} = k \cdot V_{in}$ ، که در اینجا باید افت ولتاژ روی سویچ را نیز در نظر بگیریم . $V_{out} = 0.8 \cdot (220 - 1.5) = 174.8V$

برای محاسبه مقدار موثر ولتاژ خروجی، با توجه به اینکه از لحظه صفر تا لحظه $t_{on} = k \cdot T$ سویچ روشن است و ولتاژ منبع منهای افت سویچ روی خروجی می‌افتد، می‌نویسیم:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v_{out}^2 \cdot d\omega t} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{0.8T} (220 - 1.5)^2 \cdot d\omega t} = 195.4V$$