

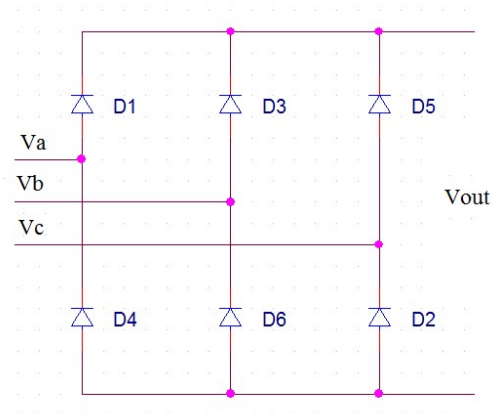
بسمه تعالی

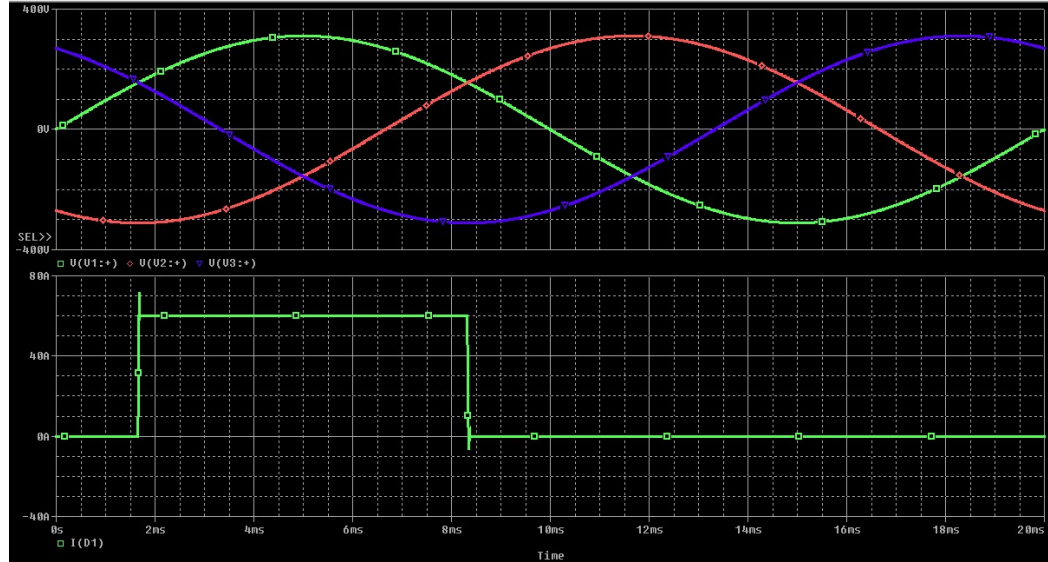
تمرین سری آخر الکترونیک صنعتی

1- یک یکسوساز سه فاز پل به یک بار شدیداً سلفی متصل شده بطوری که جریان متوسط بار 60 آمپر بوده و ریپل آن قابل صرفنظر است. چنانچه ولتاژ خط به زمین (ولتاژ فاز) منبع 220 ولت و 50 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 سه فاز 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 (60 آمپر) از آن می‌گذرد.





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

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

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 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 آن 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 ماکزیمم ولتاژ خط است یعنی:

$$\sqrt{3} V_m = \sqrt{3} * \sqrt{2} * 220$$

2- یک یکسوساز تکفاز تمام موج دارای بار RLE با مقادیر $R = 5 \Omega$ ، $L = 4.5 mH$ و $E = 20 V$

می باشد. 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 :

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

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:

$$I_{out,dc} = \frac{2}{2\pi} \int_0^\pi [A.e^{-2.92\omega t} - 4 + 32.14 \sin(\omega t - 0.327)] d\omega t = \frac{2}{2\pi} [-7.07e^{-2.92\omega t} - 4\omega t - 32.14 \cos(\omega t - 0.327)]_0^\pi = \frac{2}{2\pi} (0 - 12.56 + 30.44) - \frac{2}{2\pi} (-7.07 - 0 - 30.44) = 17.63 (A)$$

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

3- 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 120 درجه هدایت می کند و دیود پایینی نیز 120 درجه دیگر هدایت می کند. با این تفاوت که زمانی که دیود بالایی هدایت می کند جریان از فاز خارج شده به بار می رود و در مدت زمانی که دیود پایینی هدایت می کند جریان بار به فاز وارد می شود. به عنوان مثال جریان فاز a از 30 درجه تا 150 درجه 10 آمپر بوده و از 210 درجه تا 330 درجه 10- آمپر است. پس در اینصورت :

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

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

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

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

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

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

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

یک یکسوساز پل تکفاز تریستوری به منبع 120 ولت 50 هرتز متصل است و جریان بار 10 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 180 درجه روشن باشد. تریستوری که در زاویه α روشن شود در زاویه $\alpha + \pi$ خاموش می‌شود. جریان ورودی یکسوساز عبارت است از جریان تریستور بالایی هنگامی که روشن است منهای جریان تریستور پایینی. در واقع جریان ورودی برای 180 درجه 10 آمپر بوده و در 180 درجه بعدی 10- 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 می توان 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.

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

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

(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 10 آمپر ثابت است، پس مقدار متوسط و موثر آن یکی است :

4- 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 120 ولت و 60 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 :

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

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 1 و 2 یعنی در زاویه 60 درجه با مقدار جریان در هنگام روشن شدن تریستورهای 3 و 4 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.

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

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

4- در یک رگولاتور باک ولتاژ ورودی 12 ولت و متوسط ولتاژ خروجی 5 ولت است. چنانچه ریپل ولتاژ خروجی به 25 میلی ولت و ریپل جریان سلف به 0/8 آمپر محدود شود، با فرض فرکانس کلیدزنی 25 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.

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

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

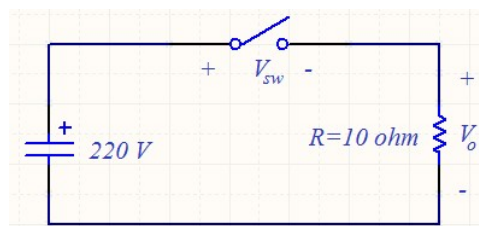
5- در یک رگولاتور باک- بوست با ورودی 12 ولت و دوره کاری $k=0.25$ و فرکانس کلیدزنی 25kHz، مقدار اندوکتانس 150 میکرو هانری و خازن فیلتر 220 میکرو فاراد می‌باشند. چنانچه متوسط جریان خروجی این مبدل 1/25 آمپر باشد، الف) مقدار متوسط ولتاژ خروجی، ب) ریپل ولتاژ خروجی و ریپل جریان سلف را مشخص کنید.

$$V_{out} = -\frac{V_{in} \cdot k}{1-k} = -\frac{12 \cdot 0.25}{1-0.25} = -4V$$

$$\Delta I_L = \frac{V_{in} \cdot k}{fL} \rightarrow \Delta I_L = \frac{12 \cdot 0.25}{(150 \cdot 10^{-6}) \cdot 25000} = 0.8A$$

$$\Delta V_c = \frac{k \cdot I_{out}}{Cf} \rightarrow \Delta V_c = \frac{0.25 \cdot 1.25}{(220 \cdot 10^{-6}) \cdot 25000} = 56.8mV$$

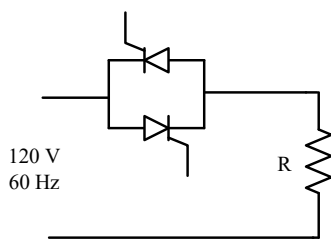
6- چاپر dc زیر را با بار مقاومتی 10 اهم و ولتاژ ورودی 220 ولت در نظر بگیرید. افت ولتاژ روی سویچ در هنگام روشن بودن 1/5 ولت است و فرکانس کلیدزنی 10 کیلوهرتز، اگر سیکل کاری برابر 80٪ باشد تعیین کنید: الف) مقدار متوسط ولتاژ خروجی و ب) مقدار موثر ولتاژ خروجی



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 $V_{out} = 0.8 * (220 - 1.5) = 174.8V$.

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

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



7- در یک کنترل‌کننده فاز تمام موج (دو تریستوری) که به بار مقاومتی 10 اهمی و ولتاژ ورودی 120 ولت، 60 هرتز متصل است، اگر توان مطلوب خروجی 0/5 کیلو وات باشد، الف) زاویه تاخیر تریستورها را محاسبه کنید. ب) مقدار موثر ولتاژ خروجی را حساب کنید. ج) مقدار متوسط جریان ورودی را حساب کنید. د) THD ولتاژ خروجی را تعیین کنید.

حل:

الف و ب)

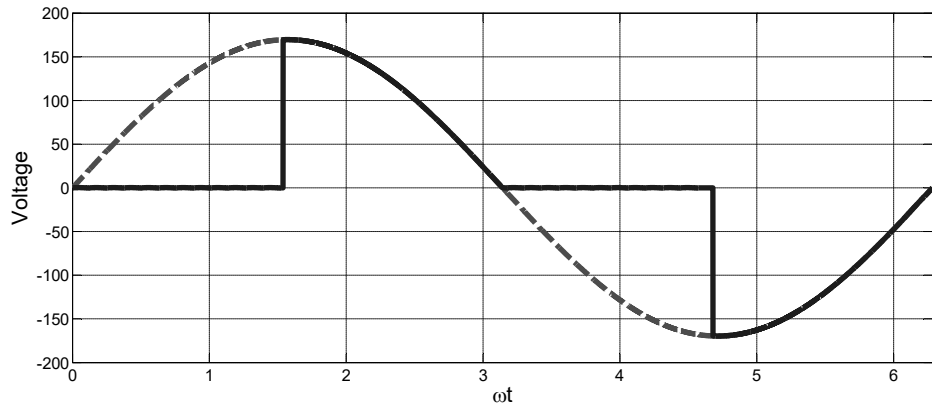
$$P = V_{o,rms} I_{o,rms} = \frac{V_{o,rms}^2}{R} \rightarrow V_{o,rms} = 70.7(V)$$

$$70.7 = 120 \left[\frac{1}{\pi} \left(\pi - \alpha + \frac{\sin(2\alpha)}{2} \right) \right]^{0.5}$$

برای حل رابطه بالا ابتدا آنرا تا حد امکان ساده می‌کنیم تا به صورت $\alpha - \frac{\sin(2\alpha)}{2} = 1.09$ در آید آنگاه با سعی و

خطا جواب را تعیین می‌کنیم. $\alpha = 1.82 (rad) \cong 104.3^\circ$

شکل موج ولتاژ خروجی به صورت زیر است.



ج) در کنترل کننده فاز تمام موج با بار مقاومتی مقدار متوسط جریان ورودی صفر است.

د) چون مقدار متوسط ولتاژ خروجی صفر است پس: $V_{o,ac} = V_{o,rms} = 70.7(V)$

$$V_{ol,rms} = \frac{\sqrt{V_{ol,a}^2 + V_{ol,b}^2}}{\sqrt{2}}$$

$$V_{ol,a} = \frac{1}{\pi} \int_{104.3}^{180} (120\sqrt{2} \sin \omega t) \cos \omega t + \frac{1}{\pi} \int_{268.13}^{360} (120\sqrt{2} \sin \omega t) \cos \omega t = 50.7$$

$$V_{ol,b} = \frac{1}{\pi} \int_{104.3}^{180} (120\sqrt{2} \sin \omega t) \sin \omega t + \frac{1}{\pi} \int_{268.13}^{360} (120\sqrt{2} \sin \omega t) \sin \omega t = 58.4$$

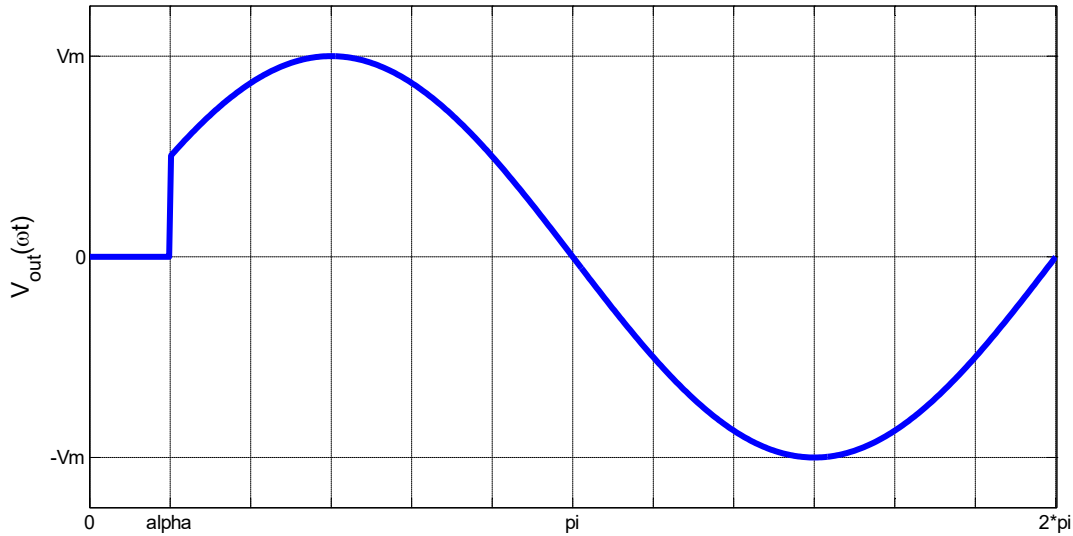
$$V_{ol,rms} = 54.7$$

$$THD = \frac{\sqrt{70.7^2 - 54.7^2}}{54.7} = 81.9\%$$

8- در یک کنترل کننده فاز جای یکی از تریستورها با یک دیود عوض می شود. در اینصورت با فرض زاویه

آتش α درجه شکل موج ولتاژ خروجی را رسم کرده و مقدار متوسط و موثر آن را حساب کنید.

حل:



$$V_{out,dc} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{2\pi} V_m \sin \omega t \cdot dt = \frac{V_m}{2\pi} (\cos \alpha - 1)$$

$$V_{out,rms} = \left[\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{2\pi} (V_m \sin \omega t)^2 \cdot dt \right]^{1/2} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \left[\frac{1}{2\pi} \left(2\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) \right]^{1/2}$$

9- کنترل کننده فاز تمام موج به ولتاژ 120 ولت، 50 هرتز متصل بوده و یک بار RL با مقادیر 5 اهم و 5 میلی‌هائری را تغذیه می‌کند. زاویه آتش برابر 30 درجه است. الف) رابطه جریان بار را تعیین کنید. ب) هر تریستور تا چه زاویه‌ای روشن است (زاویه هدایت هر تریستور چقدر است). ج) مقدار موثر ولتاژ خروجی و جریان بار را حساب کنید.

$$\text{حل: رابطه کلی جریان عبارتست از: } i(\omega t) = \frac{V_m}{Z} \sin(\omega t - \theta) + A \cdot e^{-\frac{R}{L}\omega t}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2} = 5.24 \Omega$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{L\omega}{R}\right) = 17.4^\circ$$

$$i(\omega t) = 32.39 \sin(\omega t - 17.4^\circ) + A \cdot e^{-3.18\omega t}$$

با توجه به صفر بودن جریان در هنگام روشن کردن تریستور (یعنی زاویه آتش) می‌توان مقدار A را تعیین کرد.

$$i(\omega t = \alpha = 30^\circ) = 32.39 \sin(\omega t - 17.4^\circ) + A \cdot e^{-3.18\omega t} = 0 \rightarrow A = -37.35$$

ب) در زاویه β دوباره جریان صفر می شود و تریستور خاموش می شود. این زاویه با سعی و خطا بدست می آید.

$$i(\omega t = \beta) = 32.39 \sin(\beta - 17.4^\circ) - 37.35 e^{-3.18\beta \cdot \pi / 180} = 0 \rightarrow \beta = 3.445(\text{rad}) = 197.4^\circ$$

در اینصورت زاویه هدایت هر تریستور برابر است با: $\beta - \alpha = 167.4^\circ$

ج) مقادیر موثر ولتاژ و جریان خروجی برابرند با:

$$V_{o,rms} = \sqrt{\frac{2}{2\pi} \int_{30}^{197.4} (120\sqrt{2} \sin \omega t)^2 \cdot d\omega t} = 118.6(V)$$

$$I_{o,rms} = \sqrt{\frac{2}{2\pi} \int_{30}^{197.4} (32.39 \sin(\omega t - 17.4^\circ) - 37.35 e^{-3.18\beta \cdot \pi / 180})^2 \cdot d\omega t} = 15.87(A)$$

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

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

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

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

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