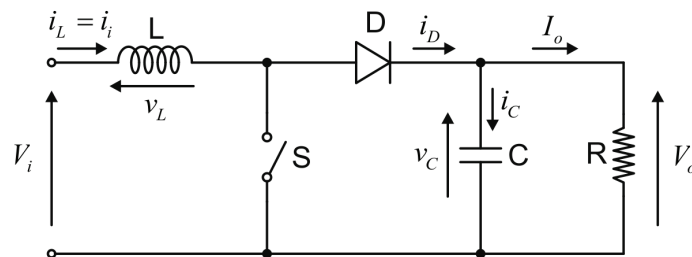
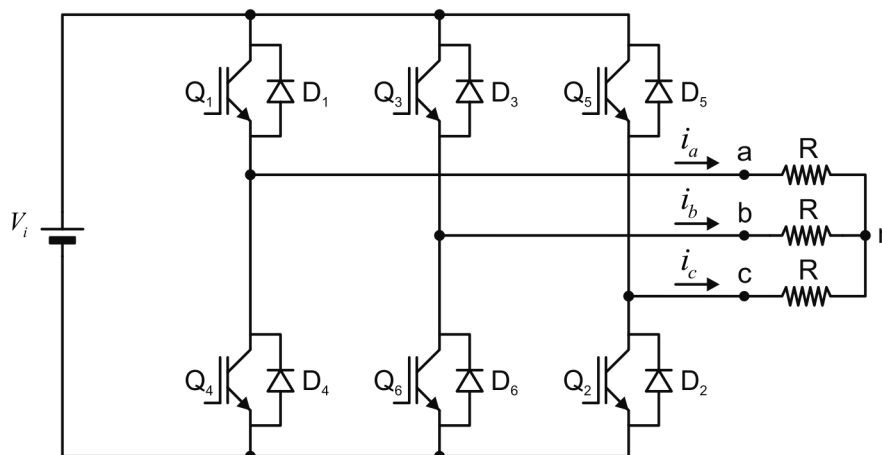


- Отпорност оптерећења чопера подизача напона приказаног на слици мења се од $R = 5\Omega$ до $R = 10\Omega$. Одредити минималну вредност индуктивности пригушнице тако да при свим вредностима отпорности оптерећења претварач ради у непрекидном режиму. Капацитивност кондензатора у филтру је довољно велика да се може занемарити наизменична компонента напона на оптерећењу. Остали подаци су: $f = 200\text{kHz}$, $D = 0.6$.

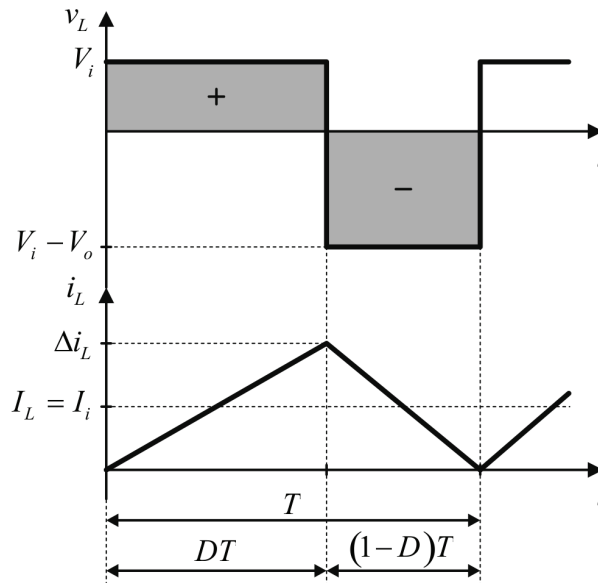


- Инвертор приказан на слици ради у режиму са правоугаоним напоном. Оптерећење инвертора чине три отпорника отпорности $R = 15\Omega$, повезана у звезду. Радна учестаност инвертора је $f = 50\text{Hz}$. На улаз инвертора доведен је напон $V_i = 450\text{V}$. Нацртати таласни облик фазног напона v_{an} и одредити: THD фактор фазног напона, снагу на оптерећењу, као и ефективну вредност струје једног транзистора.



1. задатак

На следећој слици приказани су таласни облици напона на пригушници и струје кроз пригушницу, у случају када претварач ради на граници прекидног режима.



Средња вредност напона на излазу претварача може да се одреди на основу чињенице да је средња вредност напона на пригушници, у устаљеном стању, једнака нули:

$$V_i \cdot DT + (V_i - V_o) \cdot (1-D)T = 0 \Rightarrow V_o = \frac{V_i}{1-D}, \quad D = \frac{t_{on}}{T} \quad (1.1)$$

На граници прекидног режима важи:

$$\Delta i_L = \frac{V_i DT}{L} = \frac{V_o (1-D) DT}{L} = \frac{V_o (1-D) D}{fL} \quad (1.2)$$

На граници прекидног режима, средња вредност улазне струје је:

$$I_i = I_L = \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_o (1-D) D}{2fL} \quad (1.3)$$

С обзиром на то да су сви губици у колу занемарени, на основу закона о одржању енергије важи:

$$I_o = (1-D)I_i \quad (1.4)$$

Према томе, на граници прекидног режима важи:

$$I_o = \frac{V_o (1-D)^2 D}{2fL} = \frac{V_o}{R} \quad (1.5)$$

Да би претварач радио у непрекидном режиму, индуктивност пригушнице мора да буде већа од оне при којој претварач ради на граници прекидног режима. При промени отпорности оптерећења, мења се средња вредност струје оптерећења, I_o . Притом, индуктивност пригушнице не сме да буде мања од оне која ће и при најмањој струји оптерећења (највећој отпорности оптерећења) омогућити непрекидни режим рада претварача. Према томе, индуктивност пригушнице мора да буде већа од:

$$L_{\min} = \frac{R_{\max}}{2f}(1-D)^2 \quad D = 2.4 \mu\text{H} \quad (1.6)$$

2. задатак

С обзиром на то да инвертор ради у *square-wave* моду, сваки транзистор ће да буде укључен у трајању 10ms, што одговара половини периоде рада инвертора. Ово време одговара углу π . Транзистори у другој грани инвертора укључују се $2\pi/3$ након укључења одговарајућих транзистора у првој грани, а транзистори у трећој грани $2\pi/3$ након укључења одговарајућих транзистора у другој грани. На тај начин се на оптерећењу обезбеђује уравнотежен систем трофазних напона. У сваком тренутку укључена су 3 транзистора. Бројеви у ознаци транзистора показују редослед њиховог укључивања. Периода рада инвертора може да се подели на 6 интервала који трају по 60° . У првом интервалу (према ознаци са слике) укључени су транзистори Q_5, Q_6, Q_1 . У другом интервалу укључени су Q_6, Q_1, Q_2 ; у трећем Q_1, Q_2, Q_3 ; у четвртном Q_2, Q_3, Q_4 ; у петом Q_3, Q_4, Q_5 ; у шестом Q_4, Q_5, Q_6 .

Таласни облик фазног напона v_{an} може се добити анализом таласних облика у прва три интервала рада инвертора, користећи притом еквивалентне шеме које важе у овим интервалима. У првом интервалу рада важи:

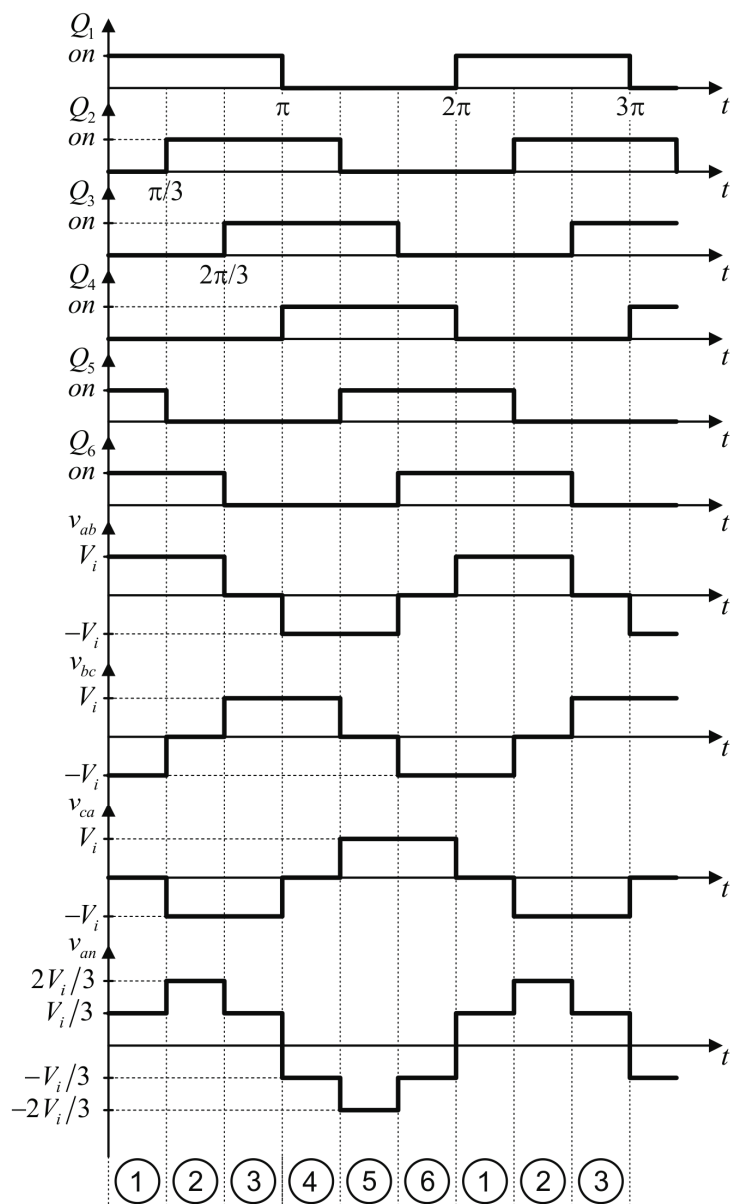
$$i_a = i_c = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_i}{3R} = \frac{V_i}{3R} \Rightarrow v_{an} = v_{cn} = R \cdot i_a = \frac{V_i}{3} \quad (1.7)$$

$$i_b = -2 \cdot i_a = -\frac{2V_i}{3R} \Rightarrow v_{bn} = R \cdot i_b = -\frac{2V_i}{3}$$

У другом интервалу рада важи:

$$i_a = \frac{V_i}{3R} = \frac{2V_i}{3R} \Rightarrow v_{an} = R \cdot i_a = \frac{2V_i}{3} \quad (1.8)$$

$$i_b = i_c = -\frac{i_a}{2} = -\frac{V_i}{3R} \Rightarrow v_{bn} = v_{cn} = R \cdot i_b = -\frac{V_i}{3}$$



У трећем интервалу рада важи:

$$i_a = i_b = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_i}{3R} = \frac{V_i}{3R} \Rightarrow v_{an} = v_{bn} = R \cdot i_a = \frac{V_i}{3} \quad (1.9)$$

$$i_c = -2 \cdot i_a = -\frac{2V_i}{3R} \Rightarrow v_{cn} = R \cdot i_c = -\frac{2V_i}{3}$$

На основу претходних једначина добијен је таласни облик напона v_{an} . Напон v_{an} може се представити *Fourier*-овим редом:

$$v_{an}(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)) \quad (1.10)$$

С обзиром на то да је таласни облик напона v_{an} непарна функција времена са симетријом у односу на $\pi/2$, само непарни коефицијенти b_k у *Fourier*-овом реду којим се представља ова функција нису једнаки нули (коефицијенти a_k , $k \in N_0$ су једнаки нули):

$$b_n = \frac{4}{\pi} \left(\int_0^{\frac{\pi}{3}} \frac{V_i}{3} \cdot \sin(n\omega t) d(\omega t) + \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{2V_i}{3} \cdot \sin(n\omega t) d(\omega t) \right), \quad n = 2k + 1, k \in N_0 \quad (1.11)$$

$$b_n = \frac{4V_i}{3n\pi} \left(1 + \cos \frac{n\pi}{3} \right), \quad n = 2k + 1, k \in N_0$$

Коефицијент b_n из претходне једначине једнак је нули за $n = 3k$, $k \in N$, што значи да фазне струје немају треће хармонике и њихове мултипле. За остале $n = 2k + 1$, $k \in N_0$ израз у загради у другој једначини (1.7) једнак је $3/2$. Дакле, фазни напон v_{an} може се представити *Fourier*-овим редом:

$$v_{an}(t) = \sum_{n=1,5,7,\dots}^{\infty} \frac{2V_i}{n\pi} \cdot \sin(n\omega t) \quad (1.12)$$

Ефективна вредност напона v_{an} дата је са:

$$V_{an} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \left(2 \cdot \frac{\pi}{3} \frac{V_i^2}{9} + \frac{\pi}{3} \frac{4V_i^2}{9} \right)} = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot V_i = 212.13 \text{ V} \quad (1.13)$$

Ефективна вредност првог хармоника напона v_{an} дата је са:

$$V_{an1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2V_i}{\pi} = 202.57 \text{ V} \quad (1.14)$$

THD фактор овог напона је:

$$THD_{V_{an}} = \frac{\sqrt{V_{an}^2 - V_{an1}^2}}{V_{an1}} \cdot 100\% = 31.09\% \quad (1.15)$$

Снага на оптерећењу је:

$$P_o = \frac{3V_{an}^2}{R} = 9 \text{ kW} \quad (1.16)$$

С обзиром на то да линијску струју деле два транзистора, ефективна вредност струје једног транзистора једнака је:

$$I_{Q(RMS)} = \frac{V_{an}}{\sqrt{2}R} = 10 \text{ A} \quad (1.17)$$