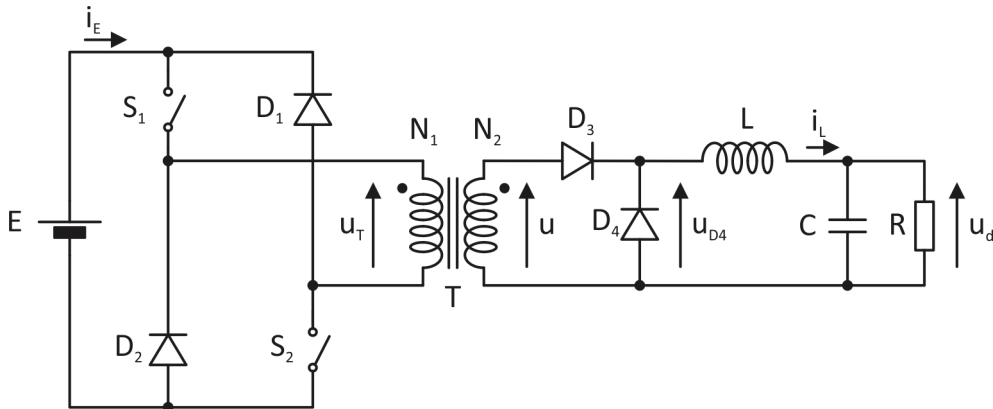
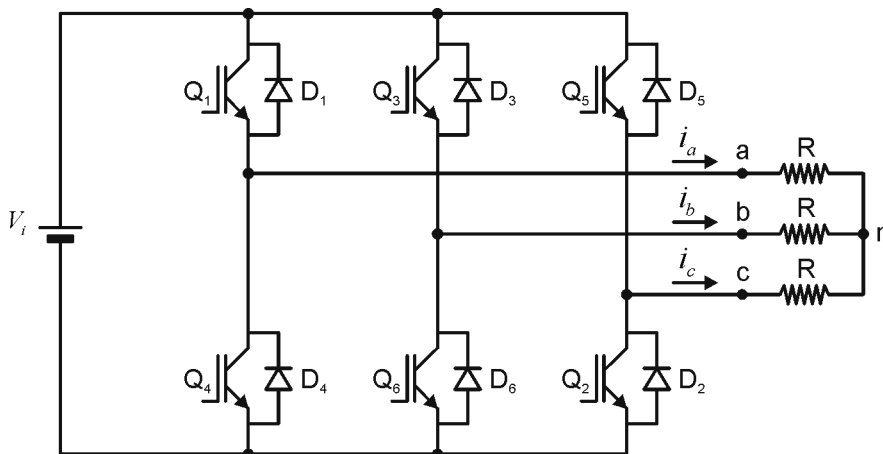


1. Период рада чопера приказаног на слици је $T = 150 \mu\text{s}$. Прекидачи S_1 и S_2 се укључују истовремено и остају укључени једну трећину периоде. Трансформатор има преносни однос $m = N_1/N_2 = 4$, индуктивност магнетног са стране намотаја N_1 је $L_m = 2.4 \text{ mH}$, а индуктивност расипања се може занемарити. На ред са оптерећењем $R = 1 \Omega$ повезана је пригушница индуктивности $L = 50 \mu\text{H}$, а капацитивност кондензатора у филтру је довољно велика да се може занемарити наизменична компонента напона на оптерећењу. Напон напајања чопера је $E = 96 \text{ V}$. Одредити и нацртати U_{d4} , U_T , I_E и I_L . У ком режиму ради чопер?



2. Инвертор приказан на слици ради у режиму са правоугаоним напоном. Оптерећење инвертора чине три отпорника отпорности $R = 16 \Omega$, повезана у звезду. Радна учестаност инвертора је $f = 60 \text{ Hz}$. На улаз инвертора доведен је напон $V_i = 500 \text{ V}$. 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

Када се укључе прекидачи S_1 и S_2 , напон на секундару трансформатора је:

$$U = \frac{E}{m} = \frac{E}{4} = 24 \text{ V} \quad (1.1)$$

Када су прекидачи S_1 и S_2 укључени, кроз примарни намотај трансформатора осим струје оптерећења протиче и струја магнећења. Када се прекидачи S_1 и S_2 искључе, струја магнећења се затвара кроз диоде D_1 и D_2 , јер више не може да протиче кроз прекидаче S_1 и S_2 . Укључењем диода D_1 и D_2 мења се поларитет напона на намотајима трансформатора. Због тога престаје да проводи диода D_3 , а струју оптерећења преузима диода D_4 . Средња вредност напона на диоди D_4 , тј. на оптерећењу (јер је средња вредност напона на пригушници у устаљеном стању једнака нули), под претпоставком непрекидног режима је:

$$U_d = \frac{U \cdot \frac{T}{3}}{T} = \frac{U}{3} = 8 \text{ V} \quad (1.2)$$

За време док су прекидачи S_1 и S_2 искључени, струја кроз пригушницу опада од максималне до минималне вредности:

$$I_{L \max} - I_{L \min} = \frac{U_d}{L} \cdot \frac{2T}{3} = 16 \text{ A} \quad (1.3)$$

У устаљеном стању, енергија која се пренесе преко трансформатора у току једне периоде, једнака је енергији коју потроши оптерећење у току периоде:

$$U \cdot \frac{I_{L \min} + I_{L \max}}{2} \cdot \frac{T}{3} = \frac{U_d^2}{R} \cdot T \quad (1.4)$$

Одакле је:

$$I_{L \min} + I_{L \max} = 16 \text{ A} \quad (1.5)$$

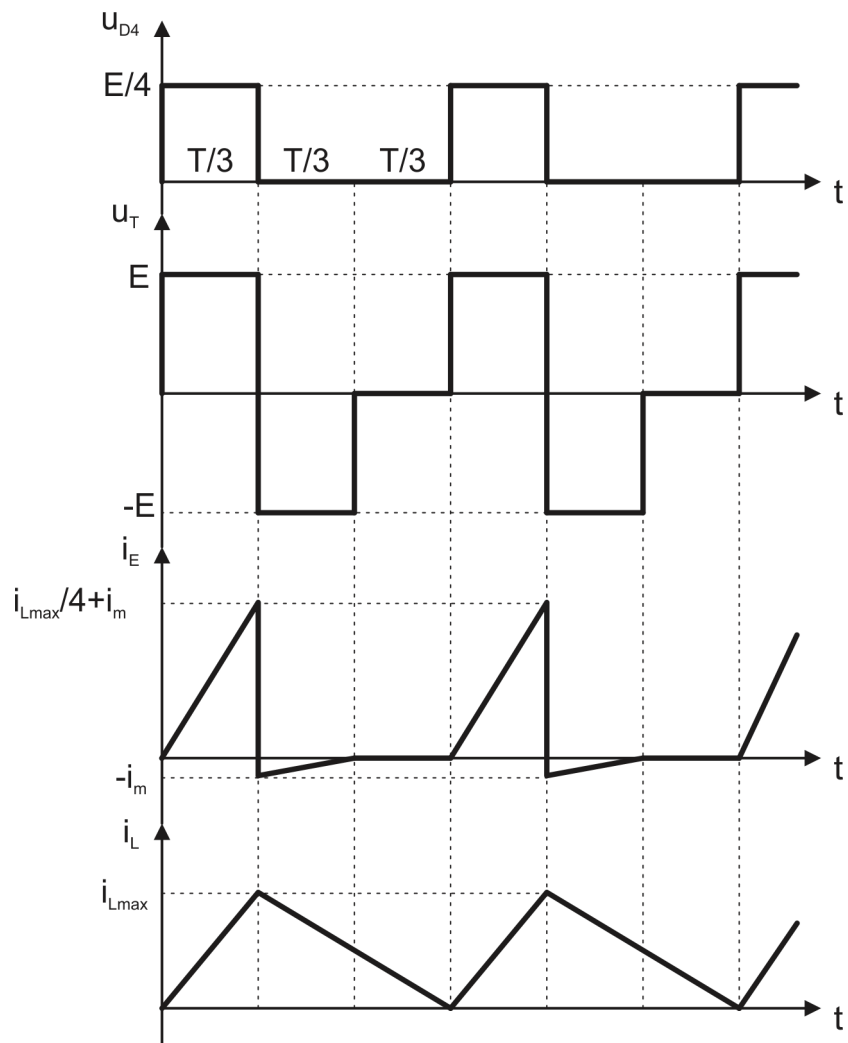
Из једначина (1.3) и (1.5) следи:

$$I_{L \min} = 0 \text{ A} \quad , \quad I_{L \max} = 16 \text{ A} \quad (1.6)$$

што значи да чопер ради на граници прекидног режима, па важе горње једначине. За време док су прекидачи S_1 и S_2 укључени, струја магнећења расте од нуле до I_m :

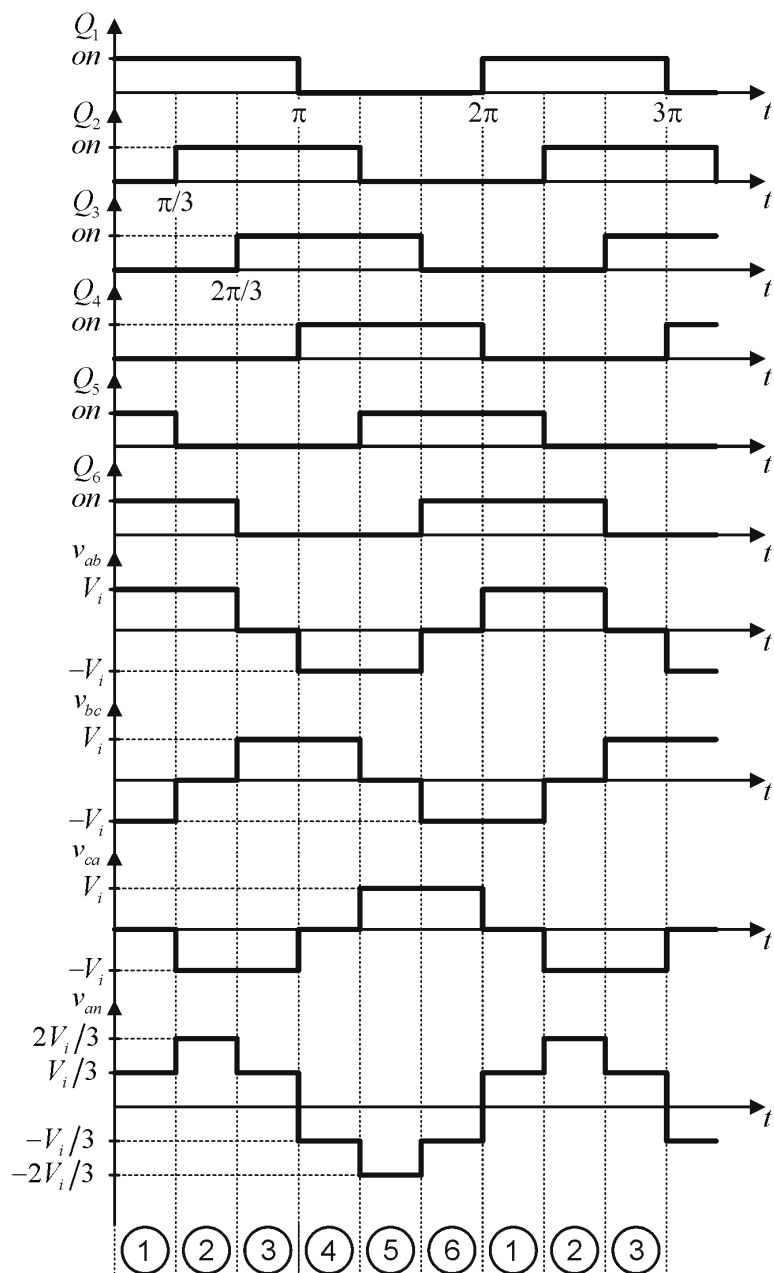
$$I_m = \frac{E \cdot t_{ON}}{L_m} = 2 \text{ A} \quad (1.7)$$

На основу ових резултата следе тражени дијаграми:



2. задатак

С обзиром на то да инвертор ради у *square-wave* моду, сваки транзистор ће да буде укључен у трајању 8.333ms , 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:

$$i_a = i_c = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_i}{3R} = \frac{V_i}{6R} \Rightarrow v_{an} = v_{cn} = R \cdot i_a = \frac{V_i}{6} \quad (2.1)$$

$$i_b = -2 \cdot i_a = -\frac{2V_i}{6R} \Rightarrow v_{bn} = R \cdot i_b = -\frac{2V_i}{6}$$

У другом интервалу рада важи:

$$i_a = \frac{V_i}{3R} = \frac{2V_i}{6R} \Rightarrow v_{an} = R \cdot i_a = \frac{2V_i}{6} \quad (2.2)$$

$$i_b = i_c = -\frac{i_a}{2} = -\frac{V_i}{6R} \Rightarrow v_{bn} = v_{cn} = R \cdot i_b = -\frac{V_i}{6}$$

У трећем интервалу рада важи:

$$i_a = i_b = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_i}{3R} = \frac{V_i}{6R} \Rightarrow v_{an} = v_{bn} = R \cdot i_a = \frac{V_i}{6} \quad (2.3)$$

$$i_c = -2 \cdot i_a = -\frac{2V_i}{6R} \Rightarrow v_{cn} = R \cdot i_c = -\frac{2V_i}{6}$$

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

$$v_{an}(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)) \quad (2.4)$$

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):

$$b_n = \frac{4}{\pi} \left(\int_0^{\frac{\pi}{3}} \frac{V_i}{3} \cdot \sin(n\omega t) d(\omega t) + \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{2V_i}{3} \cdot \sin(n\omega t) d(\omega t) \right), \quad n = 2k+1, k \in N_0 \quad (2.5)$$

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

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:

$$v_{an}(t) = \sum_{n=1,5,7,\dots}^{\infty} \frac{2V_i}{n\pi} \cdot \sin(n\omega t) \quad (2.6)$$

Ефективна вредност напона v_{an} дата је са:

$$V_{an} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \left(2 \cdot \frac{\pi V_i^2}{3 \cdot 9} + \frac{\pi 4V_i^2}{3 \cdot 9} \right)} = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot V_i = 235.7 \text{ V} \quad (2.7)$$

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

$$V_{an1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2V_i}{\pi} = 225.08 \text{ V} \quad (2.8)$$

THD фактор овог напона је:

$$THD_{V_{an}} = \frac{\sqrt{V_{an}^2 - V_{an1}^2}}{V_{an1}} \cdot 100\% = 31.08\% \quad (2.9)$$

Снага на оптерећењу је:

$$P_o = \frac{3V_{an}^2}{R} = 10.416 \text{ kW} \quad (2.10)$$

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

$$I_{Q(RMS)} = \frac{V_{an}}{\sqrt{2}R} = 10.416 \text{ A} \quad (2.11)$$