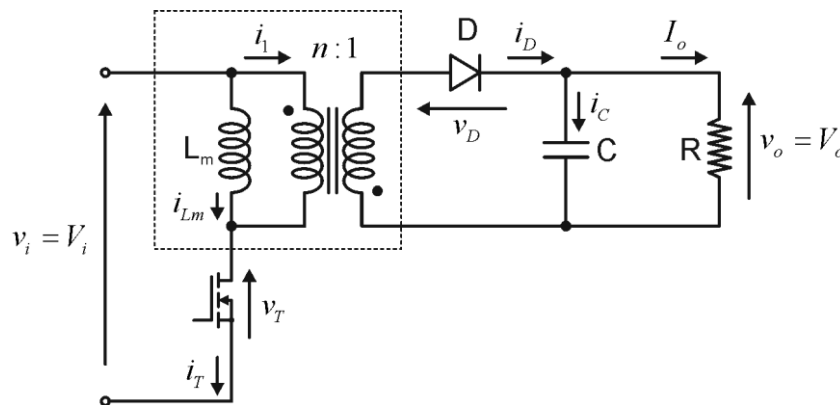
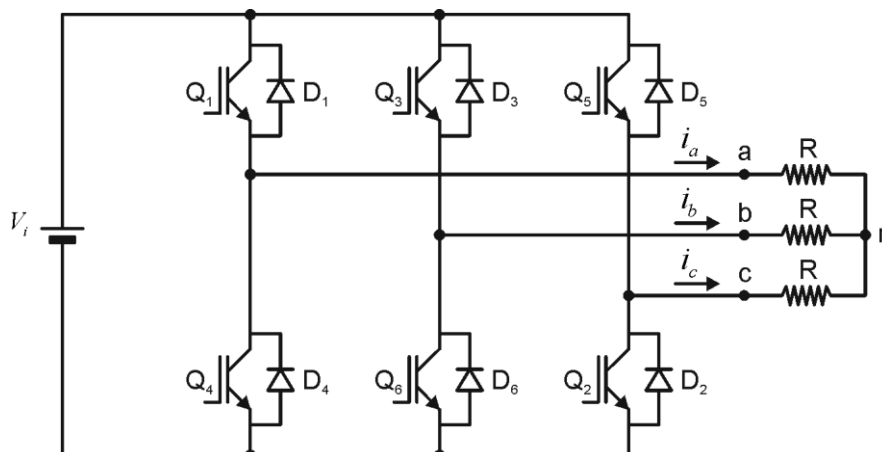


1. Претварач приказан на слици ради са *duty cycle*-ом $D=0.4$. Преносни однос трансформатора је $n=10$, а прекидачка учестаност $f_s=250\text{kHz}$. Напон извора је $V_i=300\text{V}$, а отпорност оптерећења $R=4\Omega$. *Peak-to-peak* рипл струје трансформатора на примарној страни једнак је $\Delta I=1.92\text{A}$. Одредити излазни напон претварача V_o , и скицирати таласне облике струја i_{Lm} , i_D и i_T .



2. Инвертор приказан на слици ради у режиму са правоугаоним напоном. Оптерећење инвертора чине три отпорника отпорности $R=14\Omega$, везана у звезду. Радна учестаност инвертора је $f=60\text{Hz}$. На улаз инвертора доведен је напон $V_i=400\text{V}$. 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

Након укључења транзистора, струја магнећења линеарно, под утицајем улазног напона V_i :

$$i_{Lm} = I_{Lm \min} + \frac{V_i}{L_m} \cdot t, \quad 0 < t \leq DT \quad (1.1)$$

Рипл струје ΔI једнак је промени струје од минималне до максималне вредности, у интервалу DT (D је *duty cycle*, а T је период рада претварача) у току којег је транзистор укључен:

$$\Delta I = \frac{V_i}{L_m} \cdot DT = \frac{V_i D}{f_s L_m} \quad (1.2)$$

Индуктивност магнећења трансформатора једнака је:

$$L_m = \frac{V_i D}{f_s \Delta I} = 250 \mu\text{H} \quad (1.3)$$

Претпоставимо да претварач ради у непрекидном режиму. Тада је излазна вредност напона претварача:

$$V_o = \frac{V_i D}{n(1-D)} = 20 \text{ V} \quad (1.4)$$

Из услова једнакости улазне снаге (снаге извора) и излазне снаге (снаге потрошача):

$$V_i \cdot I_{i,AVG} = V_o \cdot I_o = \frac{V_o^2}{R} \quad (1.5)$$

следи да је средња вредност струје извора:

$$I_{i,AVG} = \frac{V_o^2}{R V_i} = 0.333 \text{ A} \quad (1.6)$$

Средња вредност струје извора једнака је средњој вредности струје прекидача, која је дата изразом:

$$I_{T,AVG} = \frac{(I_{Lm \max} + I_{Lm \min}) DT}{2T} = \frac{2I_{Lm \min} + \Delta I}{2} \cdot D \quad (1.7)$$

Изједначавањем десних страна израза (1.6) и (1.7) добија се минимална вредност струје магнећења трансформатора:

$$I_{Lm \min} = -0.1275 \text{ A} \quad (1.8)$$

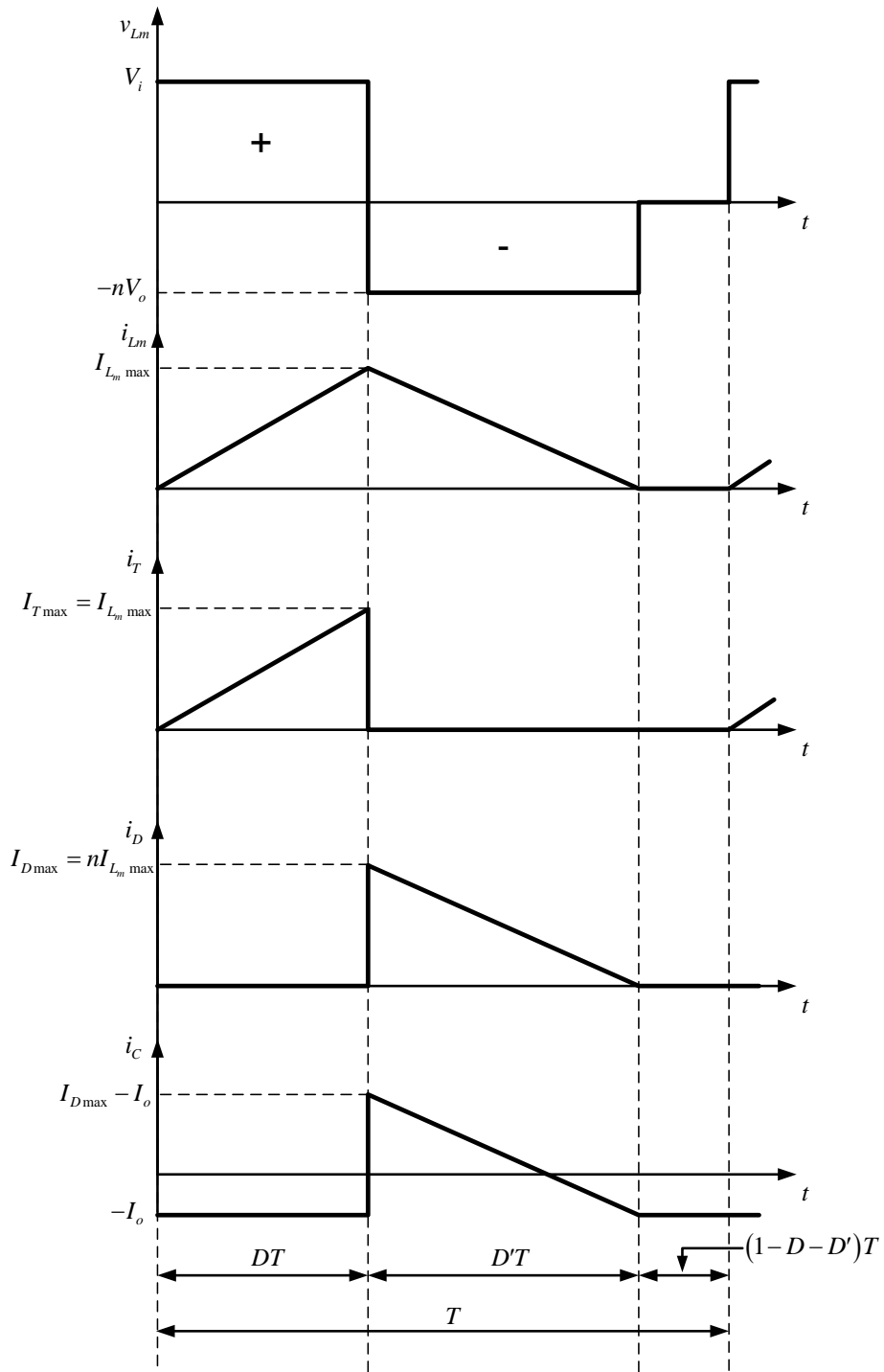
Како струја магнећења код овог претварача не може бити негативна, очигледно је да претварач ради у прекидном режиму.

Дијаграми значајних величина у прекидном режиму рада претварача дати су на слици. Излазни напон претварача може се одредити на основу израза (1.5). Средња вредност струје извора у прекидном режиму једнака је (слика, струја транзистора једнака је струји извора):

$$I_{i,AVG} = \frac{\Delta I \cdot DT}{2T} = 0.384 \text{ A} \quad (1.9)$$

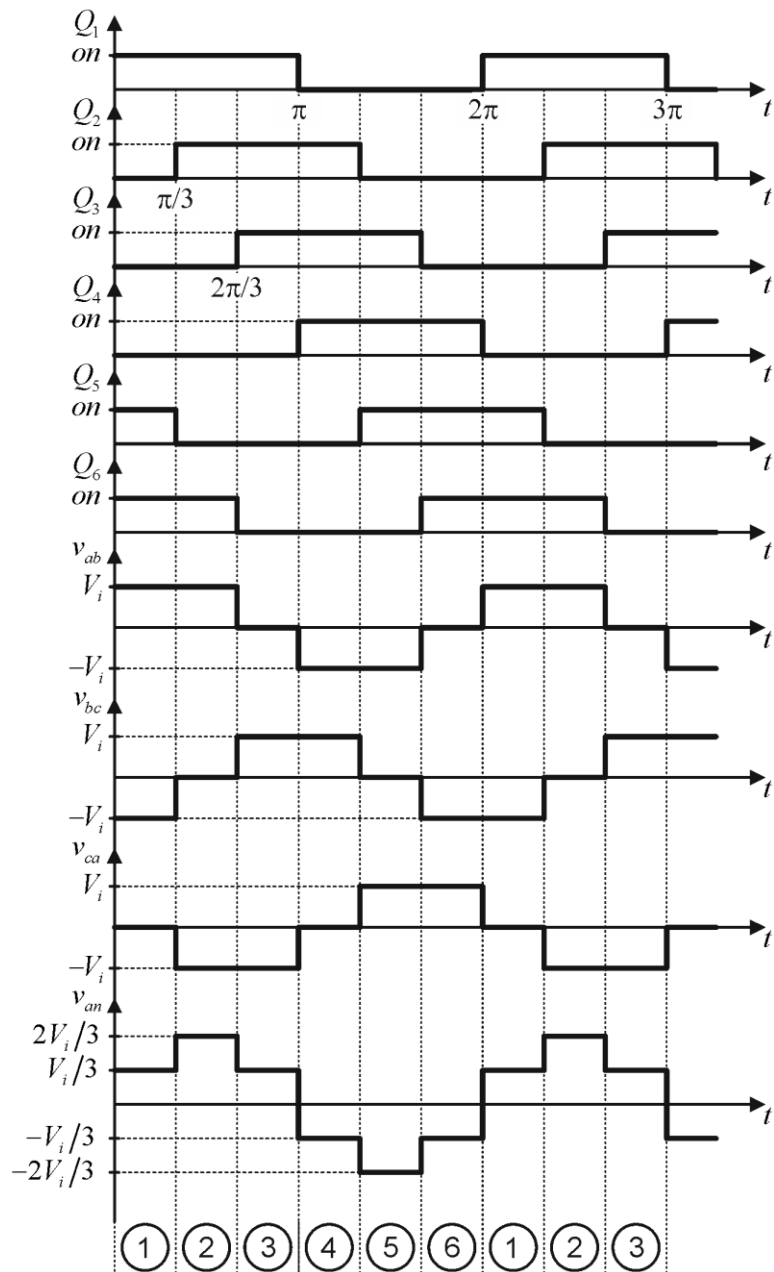
Из услова једнакости улазне и излазне снаге (1.5), следи да је вредност излазног напона:

$$V_o = 21.47 \text{ V} \quad (1.10)$$



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:

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

$$i_b = -2 \cdot i_a = -\frac{2V_i}{3R} \Rightarrow v_{bn} = R \cdot i_b = -\frac{2V_i}{3}$$
(1.11)

У другом интервалу рада важи:

$$i_a = \frac{V_i}{3R} = \frac{2V_i}{3R} \Rightarrow v_{an} = R \cdot i_a = \frac{2V_i}{3}$$

$$i_b = i_c = -\frac{i_a}{2} = -\frac{V_i}{3R} \Rightarrow v_{bn} = v_{cn} = R \cdot i_b = -\frac{V_i}{3}$$
(1.12)

У трећем интервалу рада важи:

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

$$i_c = -2 \cdot i_a = -\frac{2V_i}{3R} \Rightarrow v_{cn} = R \cdot i_c = -\frac{2V_i}{3}$$
(1.13)

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

$$v_{an}(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t))$$
(1.14)

С обзиром на то да је таласни облик напона v_{an} непарна функција времена са полупериодном симетријом, 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):

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

$$b_n = \frac{4V_i}{3n\pi} \left(1 + \cos \frac{n\pi}{3} \right), \quad n = 2k + 1, k \in N_0$$
(1.15)

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:

$$v_{an}(t) = \sum_{n=1,5,7,\dots}^{\infty} \frac{2V_i}{n\pi} \cdot \sin(n\omega t) \quad (1.16)$$

Ефективна вредност напона v_{an} дата је са:

$$V_{an} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \left(2 \cdot \frac{\pi V_i^2}{3 \cdot 9} + \frac{\pi 4V_i^2}{3 \cdot 9} \right)} = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot V_i = 188.56 \text{ V} \quad (1.17)$$

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

$$V_{an1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2V_i}{\pi} = 180.06 \text{ V} \quad (1.18)$$

THD фактор овог напона је:

$$THD_{V_{an}} = \frac{\sqrt{V_{an}^2 - V_{an1}^2}}{V_{an1}} \cdot 100\% = 31.08\% \quad (1.19)$$

Снага на оптерећењу је:

$$P_o = \frac{3V_{an}^2}{R} = 7619 \text{ W} \quad (1.20)$$

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

$$I_{Q(RMS)} = \frac{V_{an}}{\sqrt{2}R} = 9.524 \text{ A} \quad (1.21)$$