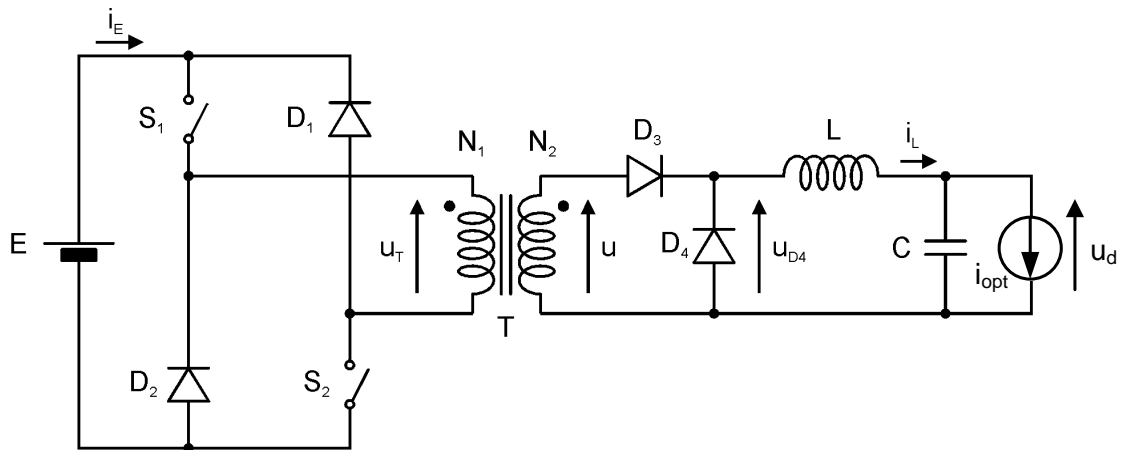
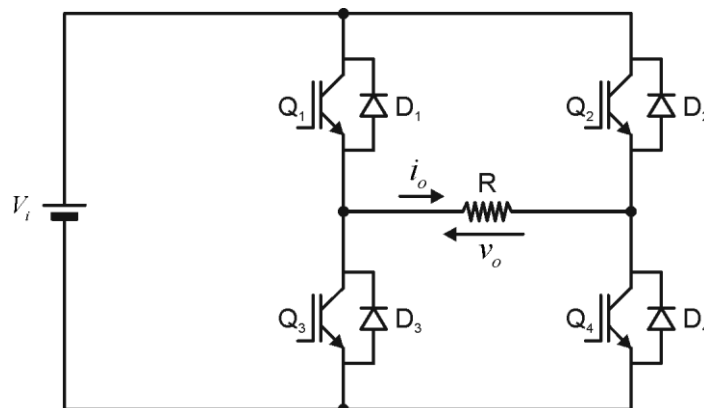


1. Период рада чопера приказаног на слици је $T = 150\mu\text{s}$. Прекидачи S_1 и S_2 се укључују истовремено и остају укључени једну трећину периоде. Трансформатор има преносни однос $m = N_1/N_2 = 4$, индуктивност магнетног са стране намотаја N_1 је $L_m = 2.4\text{ mH}$, а индуктивност расипања се може занемарити. Оптерећење се може представити струјним понором, чија је струја $I_{opt} = 6\text{ A}$. На ред са оптерећењем везана 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 вредност излазног напона U_d . Одредити и скицирати u_T , i_E и i_L .



2. Монофазни мостни инвертор оптерећен је отпорним оптерећењем отпорности $R=30\Omega$, на коме је измерена снага $P_o=1800\text{W}$. Номинална вредност улазног једносмерног напона је $V_i=300\text{V}$. За управљање радом инвертора примењена је униформна *PWM*, са 4 импулса у току једне полупериоде. Ако се једносмерни улазни напон повећа за 10%, одредити потребну ширину импулса да би снага на оптерећењу остала непромењена. Ако је максимално могућа ширина импулса 32° , одредити минимално дозвољени улазни напон при којем би снага пећи остала иста као пре повећања улазног напона.



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 магнетнења. Када се прекидачи S_1 и S_2 искључе, струја магнетнења 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:

$$I_{L\min} + I_{L\max} = 12 \text{ A} \quad (1.5)$$

Из једначина (1.3) и (1.5) следи:

$$I_{L\min} = -2 \text{ A} \quad , \quad I_{L\max} = 14 \text{ A} \quad (1.6)$$

што значи да чопер ради у прекидном режиму, па горње једначине не важе.

У прекидном режиму, за време док су прекидачи S_1 и S_2 укључени, струја пригушнице L расте од нуле до вредности ΔI_L , а у интервалу док су прекидачи искључени, струја опада до нуле, и остаје једнака нули до краја тог интервала (слика):

$$i_L(t) = \begin{cases} \frac{U - U_d}{L} \cdot t, & 0 < t < DT \\ \frac{-U_d}{L} \cdot t, & DT < t < DT + t_x \\ 0, & DT + t_x < t < T \end{cases} \quad (1.7)$$

На основу претходног израза, средња вредност напона на оптерећењу једнака је:

$$U_d = \frac{DT}{DT + t_x} U \quad (1.8)$$

Промена струје пригушнице (која је у прекидном режиму једнака максималној струји пригушнице) може се изразити у функцији излазног напона као:

$$\Delta I_L = \frac{U_d \cdot t_x}{L} \quad (1.9)$$

Средња вредност струје пригушнице једнака је струји струјног понора и дата је изразом:

$$I_L = I_{opt} = \frac{\Delta I_L \cdot (DT + t_x)}{2T} = \frac{U_d \cdot t_x \cdot (DT + t_x)}{2LT} \quad (1.10)$$

Заменом једначине (1.8) у (1.10) следи:

$$I_{opt} = \frac{DT \cdot t_x}{2LT} U = \frac{D t_x}{2L} U \quad (1.11)$$

На основу ове једначине добија се да је време потребно да струја пригушнице опадне на нулу:

$$t_x = \frac{2LI_{opt}}{DU} = 75 \mu\text{s} \quad (1.12)$$

Средња вредност напона на оптерећењу је, на основу израза (1.8):

$$U_d = 9.6 \text{ V} \quad (1.13)$$

Максимална вредност струје кроз пригушницу једнака је:

$$I_{Lmax} = \Delta I_L = 14.4 \text{ A} \quad (1.14)$$

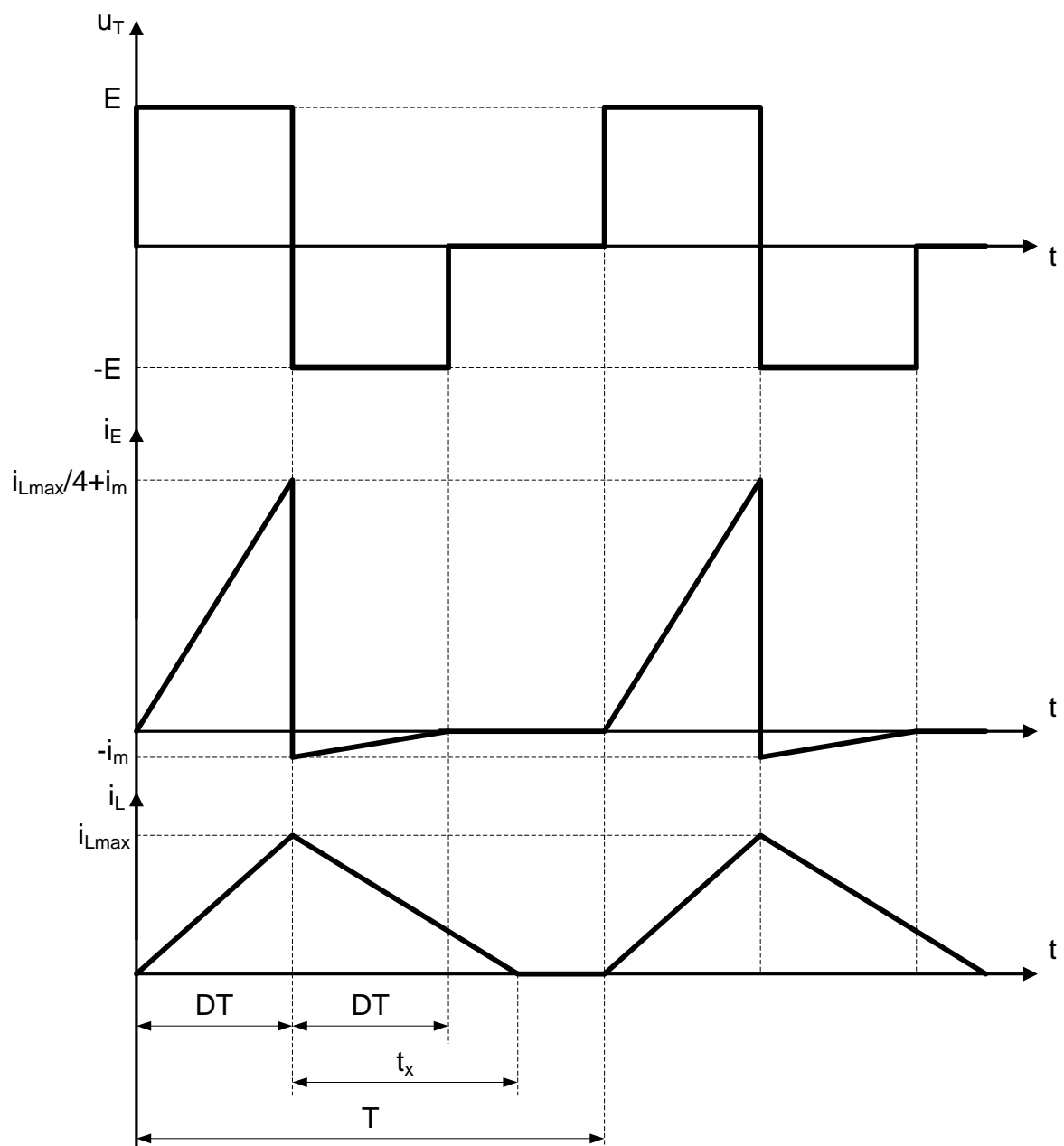
За време док су прекидачи S_1 и S_2 укључени, струја магнећења расте од нуле до I_m :

$$I_m = \frac{E \cdot t_{ON}}{L_m} = 2 \text{ A} \quad (1.15)$$

Струја магнећења опада до нуле у интервалу када проводе диоде D1 и D2. У интервалу када проводе прекидачи, струја извора i_E једнака је збиру струје пригушнице подељене преносним односом трансформатора и струје магнећења. У интервалу када су прекидачи искључени, струја извора је једнака негативној вредности струје магнећења. Струја извора има максималну вредност на крају интервала у коме проводе транзистори, и једнака је:

$$I_{Emax} = I_{Lmax} / 4 + I_m = 5.6 \text{ A} \quad (1.16)$$

На основу добијених резултата следе тражени дијаграми:

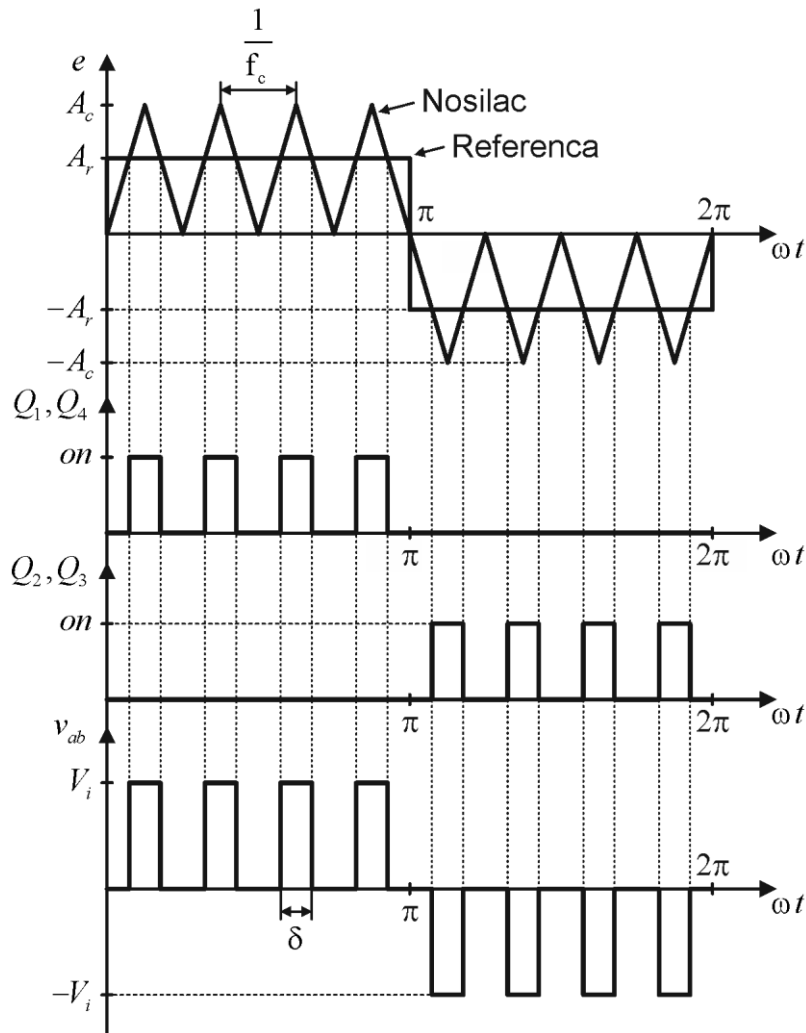


2. задатак

Да би се смањило садржај виших хармоника у излазном напону инвертора, уместо једног импулса који траје половину периоде може да се користи више импулса краћег трајања. У случају када импулси имају исту ширину, ради се о униформној *PWM*. Број примењених импулса, p , у току полупериоде одређен је фреквенцијом носиоца:

$$p = \frac{f_c}{2f_o} \quad (2.1)$$

Фреквенција излазног напона једнака је фреквенцији сигнала референце. Према таласним облицима приказаним на следећој слици, транзистори ће да буду укључени све док је сигнал референце по амплитуди мањи од сигнала носиоца. У монофазном мостном инвертору приказаном на претходној слици истовремено се укључују транзистори Q_1 и Q_4 (при чему транзистори Q_2 и Q_3 остају искључени), као и транзистори Q_2 и Q_3 (при чему транзистори Q_1 и Q_4 остају искључени).



Ефективна вредност напона на оптерећењу може да се одреди по дефиницији:

$$V_o = \sqrt{\frac{2p}{2\pi} \cdot \int_{\frac{(\pi/p-\delta)}{2}}^{\frac{(\pi/p+\delta)}{2}} V_i^2 d(\omega t)} = V_i \sqrt{\frac{p\delta}{\pi}} \quad (2.2)$$

Снага на оптерећењу је:

$$P_o = \frac{V_o^2}{R} = \frac{V_i^2}{R} \frac{p\delta}{\pi} = 1800 \text{ W} \quad (2.3)$$

одакле следи да је ширина импулса:

$$\delta = \frac{P_o R \pi}{p V_i^2} = 27^\circ \quad (2.4)$$

Ако се једносмерни улазни напон повећа за 10%, тада, да би ефективна вредност напона на оптерећењу остала иста, ширина импулса мора да се смањи на:

$$\delta = \frac{P_o \cdot R \pi}{p \cdot (1.1 V_i)^2} = 22.31^\circ \quad (2.5)$$

Ако је максимално могућа ширина импулса 32° , минимално дозвољени улазни напон при којем би снага пећи остала иста као пре повећања улазног напона је:

$$V_{i \min} = \sqrt{\frac{P_o \cdot R \pi}{p \cdot \delta_{\max}}} = 275.56 \text{ V} \quad (2.6)$$