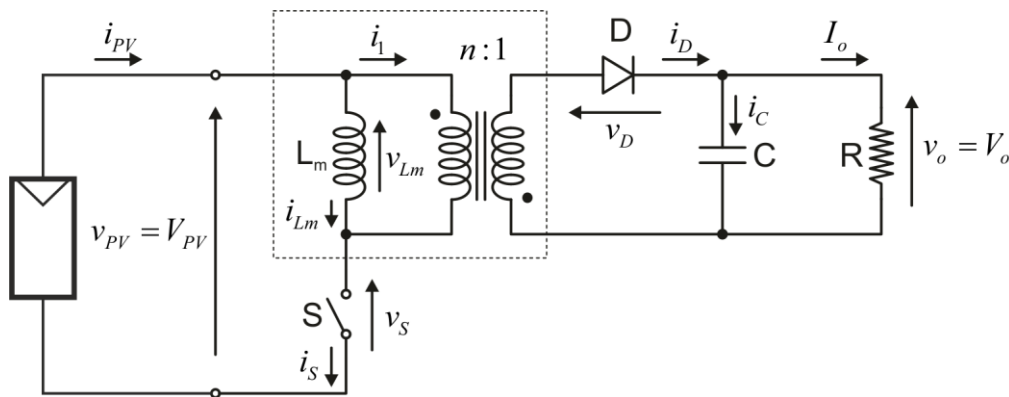
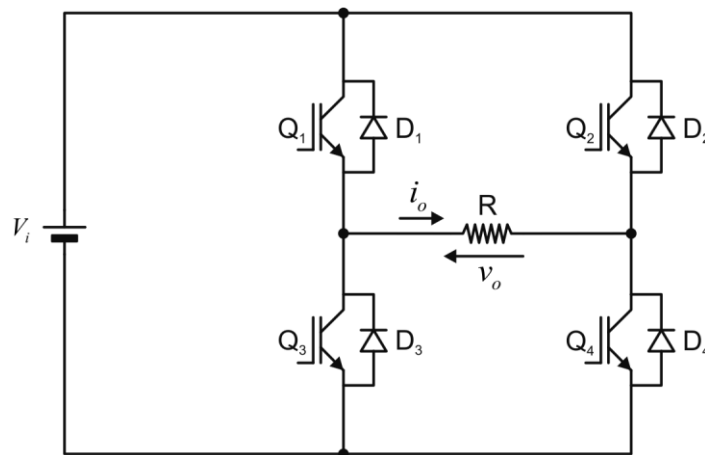


1. Претварач приказан на слици служи за напајање отпорног оптерећења из фотонапонског панела. Напон на излазу панела је константан и једнак $V_{PV} = 300\text{ V}$, док се средња вредност струје панела I_{PV} у зависности од осунчаности панела може мењати у границама од 0.5 A до 1.5 A . Преносни однос трансформатора је $n = 10$, а прекидачка учестаност рада претварача је $f_s = 50\text{ kHz}$. Отпорност оптерећења је $R = 5\ \Omega$. Одредити минималну вредност индуктивности магнетног трансформатора тако да претварач при свим вредностима улазне струје (струје панела) ради у непрекидном режиму.



2. Монофазни мостни инвертор оптерећен је отпорним оптерећењем отпорности $R = 30\ \Omega$, на коме је измерена снага $P_o = 2\text{ kW}$. Номинална вредност улазног једносмерног напона је $V_i = 300\text{ V}$. За управљање радом инвертора примењена је униформна PWM, са 5 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 30° , одредити минимално дозвољени улазни напон при којем би снага пећи остала иста као пре повећања улазног напона.



1. задатак

С обзиром на то да се захтева да претварач увек ради у непрекидном режиму, важе следеће релације за напон на индуктивности магнећења:

$$v_{Lm} = \begin{cases} V_{PV} & , \quad 0 \leq t \leq DT \\ -nV_o & , \quad DT \leq t \leq T \end{cases} \quad (1.1)$$

одакле се, на основу услова да је средња вредност напона на пригушници у устаљеном стању једнака нули, добија израз за средњу вредност напона на оптерећењу:

$$V_o = \frac{V_{PV}D}{n(1-D)} \quad (1.2)$$

Како се у задатку тражи **минимална** вредност индуктивности магнећења при којој ће претварач при свим вредностима улазне струје радити у непрекидном режиму, то значи да ће при некој вредности улазне струје претварач радити на граници прекидног режима. На граници прекидног режима, струја магнећења i_{Lm} биће једнака нули непосредно пре укључења транзистора. Самим тим, након укључења транзистора, струја магнећења ће линеарно да расте од нуле, под утицајем улазног напона V_{PV} :

$$i_{Lm} = \frac{V_{PV}}{L_m} \cdot t \quad , \quad 0 < t \leq DT \quad (1.3)$$

Максимална вредност ове струје, I_{Lmmax} , достиже се на крају интервала DT (D је *duty cycle*, а T је период рада претварача) у току којег је транзистор укључен:

$$I_{Lmmax} = \frac{V_{PV}}{L_m} \cdot DT = \frac{V_{PV}D}{f_s L_m} \quad (1.4)$$

Енергија која се у току једног периода рада претварача узме из извора и акумулира у магнетском колу трансформатора једнака је:

$$W_m = \frac{L_m \cdot i_{Lmmax}^2}{2} = \frac{V_{PV}^2 D^2}{2f_s^2 L_m} \quad (1.5)$$

У устаљеном стању ова енергија једнака је енергији која се дисипира на отпорнику у току једног периода рада претварача:

$$W_m = \frac{V_o^2}{R} \cdot T \Rightarrow \frac{V_{PV}^2 D^2}{2f_s^2 L_m} = \frac{V_o^2}{f_s R} \quad (1.6)$$

Претходна једначина важи и при непрекидном режиму рада претварача. Елиминацијом производа $V_{PV}D$ из једначине (1.6) помоћу једначине (1.2), добија се једначина помоћу које се може одредити тражена индуктивност магнећења:

$$\frac{n^2 V_o^2 (1-D)^2}{2f_s L_m} = \frac{V_o^2}{R} \Rightarrow L_m = \frac{n^2 R (1-D)^2}{2f_s} \quad (1.7)$$

Како би непрекидан режим био загарантован, потребно је индуктивност L_m изабрати тако да услов непрекидности (1.7) буде задовољен при минималној очекиваној вредности *duty cycle*-а. Треба поћи од израза за средњу вредност струје панела, који следи из једнакости улазне и излазне снаге претварача:

$$V_{PV} I_{PV} = V_o I_o \Rightarrow I_{PV} = \frac{V_o I_o}{V_{PV}} = \frac{V_o^2 / R}{V_{PV}} = \frac{V_{PV} D^2}{n^2 R (1-D)^2} \quad (1.8)$$

Минимална вредност *duty cycle*-а одговара минималној вредности улазне струје и одређује се из следеће квадратне једначине:

$$\left(\frac{V_{PV}}{n^2 R I_{PV \min}} - 1 \right) D^2 + 2D - 1 = 0 \quad (1.9)$$

и износи $D_{\min} = 0.477$. Минимална вредност индуктивности пригушнице која ће обезбедити непрекидан рад претварача добија се уврштавањем ове вредности у израз (1.7):

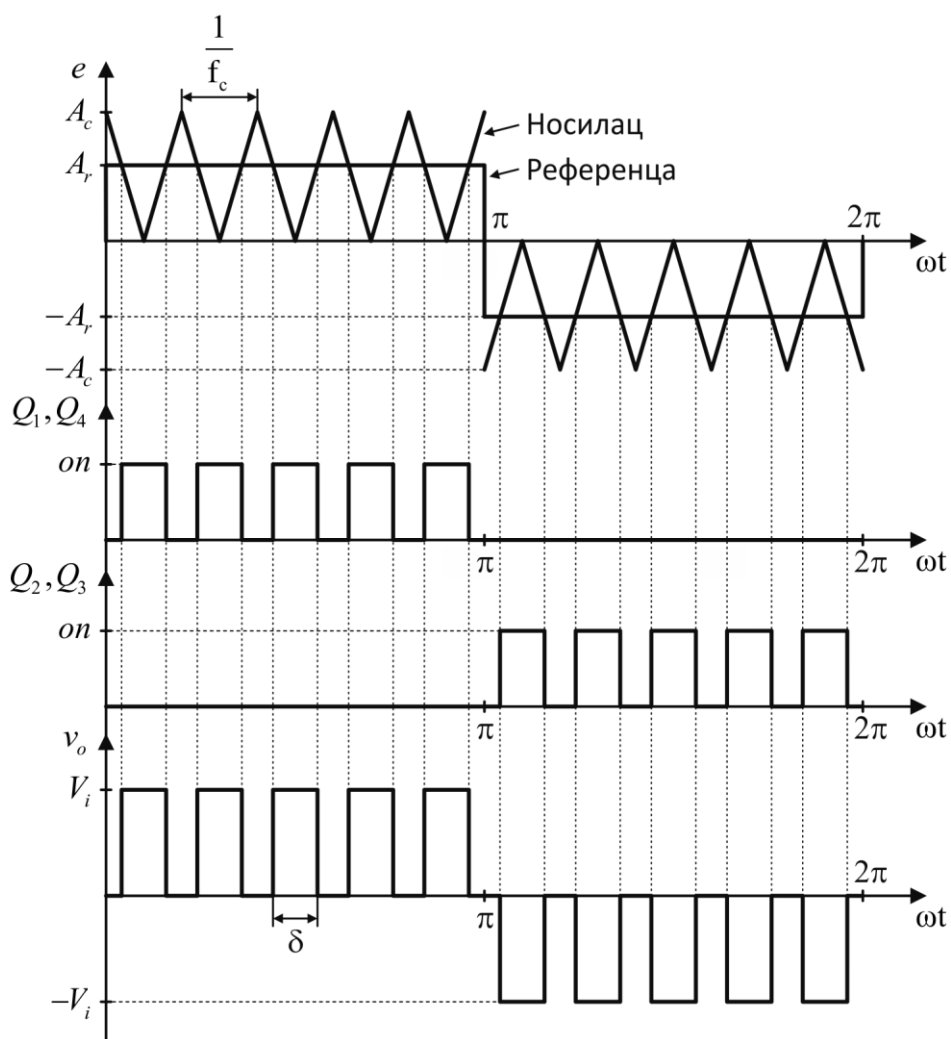
$$L_{m, \min} = \frac{n^2 R (1 - D_{\min})^2}{2f_s} = 1.368 \text{ mH} \quad (1.10)$$

2. задатак

Да би се смањио 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:

$$p = \frac{f_c}{2f_o} \quad (1.11)$$

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:

$$V_o = \sqrt{\frac{2p}{2\pi} \cdot \int_{\frac{(\pi/p-\delta)}{2}}^{\frac{(\pi/p+\delta)}{2}} V_i^2 d(\omega t)} = V_i \sqrt{\frac{p\delta}{\pi}} \quad (1.12)$$

Снага на оптерећењу је:

$$P_o = \frac{V_o^2}{R} = \frac{V_i^2}{R} \frac{p\delta}{\pi} = 2 \text{ kW} \quad (1.13)$$

одакле следи да је ширина импулса:

$$\delta = \frac{P_o R \cdot 180^\circ}{p V_i^2} = 24^\circ \quad (1.14)$$

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:

$$\delta = \frac{P_o \cdot R \cdot 180^\circ}{p (1.1 \cdot V_i)^2} = 19,83^\circ \quad (1.15)$$

Ако је максимално могућа ширина импулса 30° , минимално дозвољени улазни напон при којем би снага пећи остала иста као пре повећања улазног напона је:

$$V_{i \min} = \sqrt{\frac{P_o \cdot R \cdot 180^\circ}{p \cdot \delta_{\max}}} = 268.33 \text{ V} \quad (1.16)$$