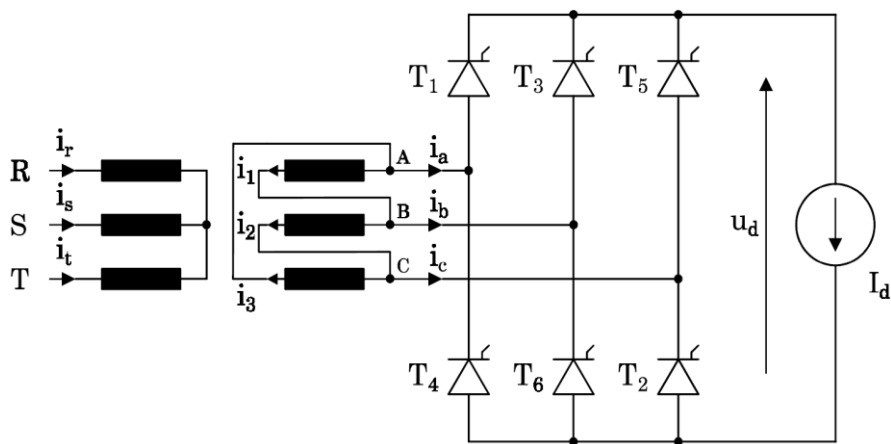
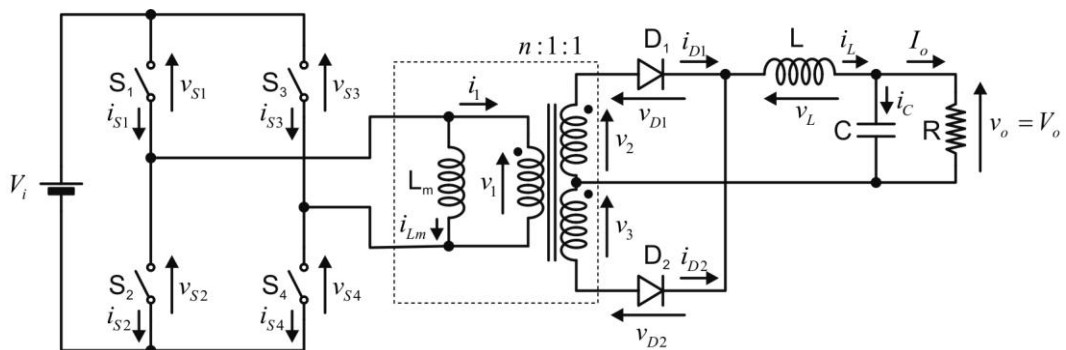


ЕНЕРГЕТСКИ ПРЕТВАРАЧИ 2 (13E013EP2) јул 2 2017.

1. Трофазни пуноуправљиви мосни исправљач приказан на слици снабдева оптерећење које се може представити струјним понором $I_d = 100 \text{ A}$, при напону $U_d = 100 \text{ V}$. Исправљач је на мрежу $3 \times 380 \text{ V}$, 50 Hz прикључен преко трансформатора у спреси Y_d . Однос броја навојака примара и секундар трансформатора је $1:1$. Индуктивност расипања трансформатора по фази сведена на секундар је $L_k = 2 \text{ mH}$. Одредити угао паљења тиристора. Скицирати таласне облике напона на оптерећењу и линијских струја примара и секундар (уз уважавање комутације) и јасно назначити вредности напона и струја. Израчунати ефективне вредности линијских струја примара и секундар без уважавања комутације.



2. Отпорност оптерећења мосног претварача приказаног на слици мења се између $R_{\min} = 5 \Omega$ и $R_{\max} = 15 \Omega$. Претварач ради са прекидачком учестаношћу $f = 50 \text{ kHz}$. Преносни однос трансформатора је $10:1:1$. Напон на излазу претварача треба одржавати на константној вредности $V_o = 12 \text{ V}$. Улазни напон претварача износи $V_i = 210 \text{ V}$. Индуктивност филтерске пригушнице је $L = 20 \mu\text{H}$. Одредити опсег промене *duty cycle*-а претварача у функцији отпорности оптерећења и скицирати ову зависност. При прорачуну сматрати да је $L_m \gg L$.



ИСПИТ ТРАЈЕ 2 САТА

1. задатак

Средња вредност једносмерног напона на излазу исправљача уз уважавање комутације дата је изразом:

$$U_d = \frac{3\sqrt{6}E}{\pi} \cos \alpha - \frac{3X'_k I_d}{\pi}, \quad (1.1)$$

где је:

$$E = \frac{380/\sqrt{3}}{\sqrt{3}} = 126.7 \text{ V} \quad (1.2)$$

ефективна вредност фазног напона секундара и:

$$X'_k = \frac{X_k}{3} = \frac{2\pi fL_k}{3} = 0.209 \ \Omega \quad (1.3)$$

еквивалентна реактанса расипања у линијским проводницима секундара. Ова вредност је добијена заменом троугла на страни секундара еквивалентном звездом¹. Сада се на основу претходних једначина може одредити вредност угла паљења:

$$\alpha = \arccos \frac{\pi U_d + 3X'_k I_d}{3\sqrt{6}E} = 66.1^\circ \quad (1.4)$$

Таласни облици напона и струја су приказани на слици². На основу таласних облика, ефективна вредност линијске струје примара i_a једнака је:

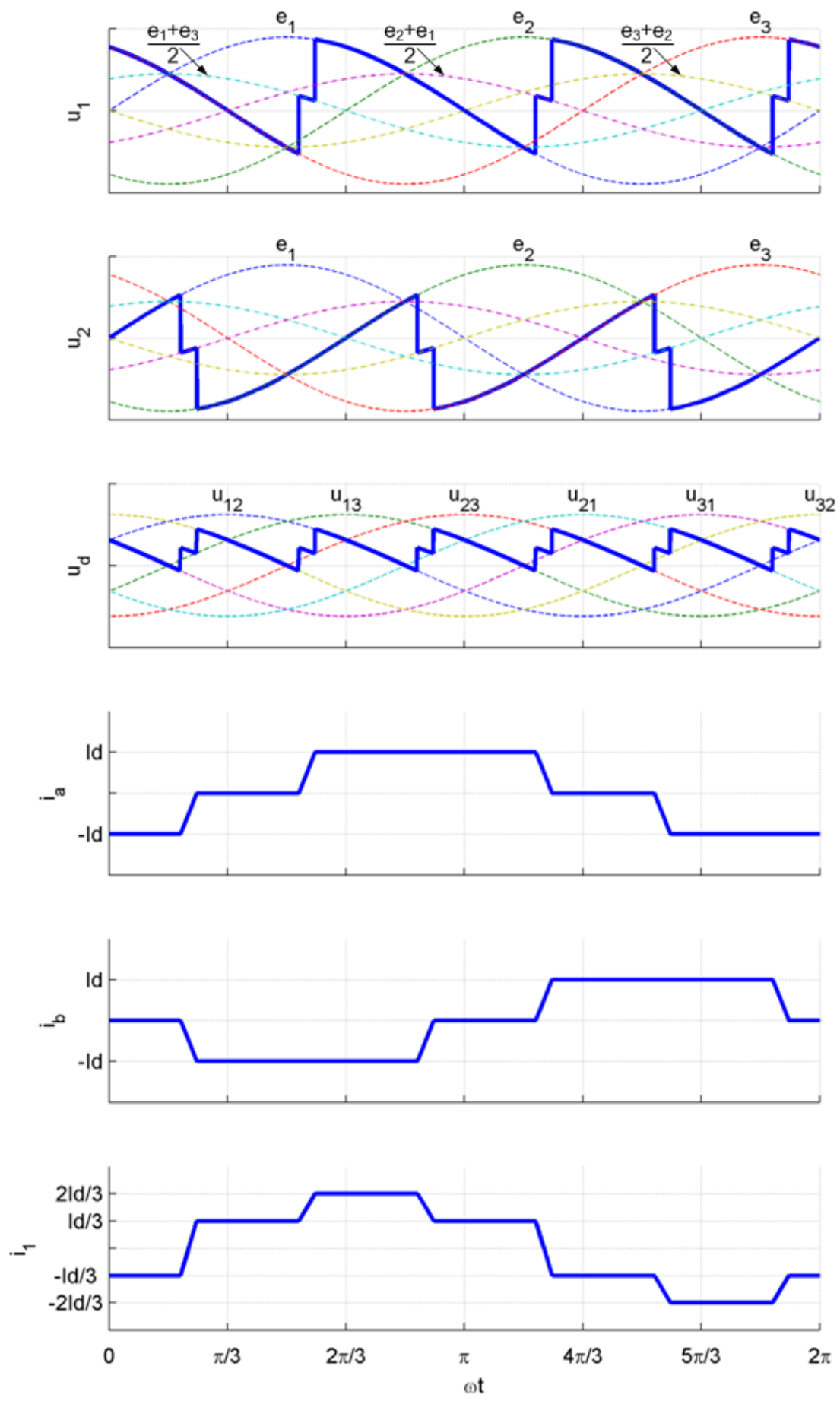
$$I_a = \sqrt{\frac{1}{\pi} \left(\frac{2\pi}{3} \cdot I_d^2 \right)} = 81.65 \text{ A} \quad (1.5)$$

а ефективна вредност линијске струје примара:

$$I_R = \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[\frac{2\pi}{3} \left(\frac{I_d}{3} \right)^2 + \frac{\pi}{3} \left(\frac{2I_d}{3} \right)^2 \right]} = 47.14 \text{ A} \quad (1.6)$$

¹ При томе је неопходно да буде испуњен услов очувања непромењених вредности напона и струја линијских проводника. Овај поступак је добро познат из Основа електротехнике.

² За више детаља о прорачуну струја, погледати 20. задатак из збирке „Енергетски претварачи - збирка решених испитних задатака“ М. Недељковића

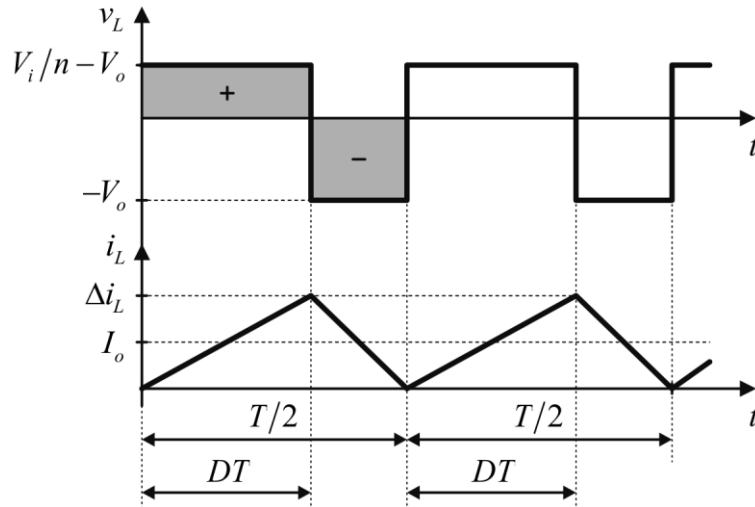


2. задатак

Duty cycle претварача у непрекидном режиму може се одредити на основу услова да је средња вредност напона на пригушници једнака нули:

$$\left(\frac{V_i}{n} - V_o\right) D_{cont} T = V_o \left(\frac{1}{2} - D_{cont}\right) T \Rightarrow D_{cont} = \frac{nV_o}{2V_i} = 0.2857 \quad (2.1)$$

Потребно је утврдити да ли је претварач при свим вредностима отпорности, тј. струје оптерећења у непрекидном режиму, и ако није, која је гранична вредност отпорности при којој претварач прелази из непрекидног у прекидни режим рада. На следећој слици приказани су таласни облици напона на пригушници и струје кроз пригушницу у случају када претварач ради на граници између непрекидног и прекидног режима.



Са претходне слике се види да важи:

$$\Delta i_L = \frac{V_o}{L} \left(\frac{T}{2} - DT\right) = \frac{V_o}{fL} \left(\frac{1}{2} - D\right) \quad (2.2)$$

Са претходне слике се такође види да на граници прекидног режима важи:

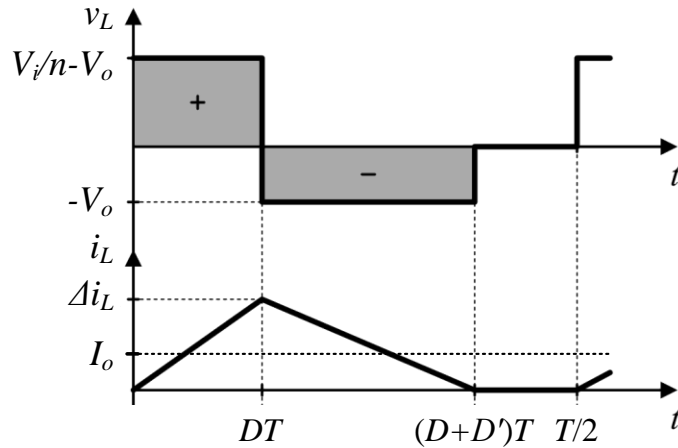
$$I_o = \frac{\Delta i_L}{2} \Rightarrow \frac{V_o}{R} = \frac{V_o}{2fL} \left(\frac{1}{2} - D\right) \quad (2.3)$$

На основу претходне једначине има се да ће претварач радити на граници између непрекидног и прекидног режима када је вредност отпорности једнака:

$$R_{gr} = \frac{2fL}{1/2 - D_{cont}} = 9.333 \Omega \quad (2.4)$$

При вредностима отпорности мањим од R_{gr} , претварач ће радити у непрекидном режиму. При већим вредностима отпорности, претварач ради у прекидном режиму. Таласни облици напона на пригушници и струје пригушнице у прекидном режиму су приказани на слици испод. У прекидном режиму важи:

$$\frac{V_i}{n} D = V_o (D + D') \Rightarrow D' = \frac{V_i/n - V_o}{V_o} D \quad (2.5)$$



Средња вредност струје у прекидном режиму дата је изразом:

$$I_o = \frac{\Delta i_L (D+D')T/2}{T/2} = \frac{(V_i/n - V_o)}{fL} D(D+D') \quad (2.6)$$

Уврштавањем израза (2.5) у (2.6), и имајући у виду да је $I_o = V_o/R$, добија се следећа зависност *duty cycle*-а од отпорности оптерећења у прекидном режиму:

$$D_{disc} = \sqrt{\frac{nV_o^2 fL}{V_i(V_i/n - V_o)} \frac{1}{R}} = \frac{0.8729}{\sqrt{R}} \quad (2.7)$$

Зависност *duty cycle*-а од отпорности на целом опсегу промене отпорности сада се може изразити као:

$$D = \begin{cases} 0.2857, & R \leq R_{gr} \\ \frac{0.8729}{\sqrt{R}}, & R > R_{gr} \end{cases} \quad (2.8)$$

Дата зависност је графички приказана на слици испод.

