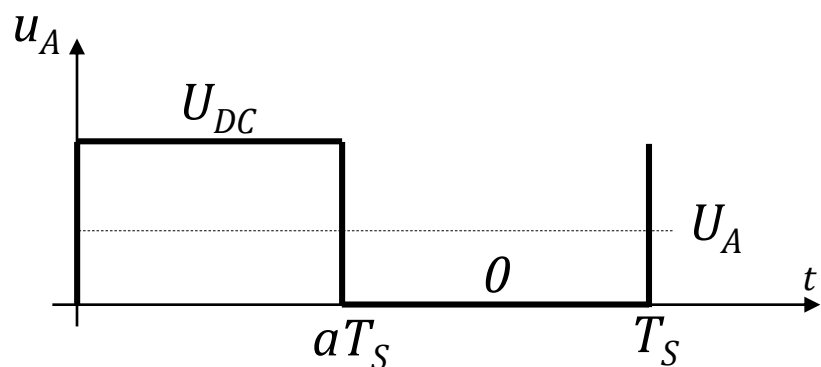


МОДУЛАЦИЈА ПРОСТОРНОГ ВЕКТОРА

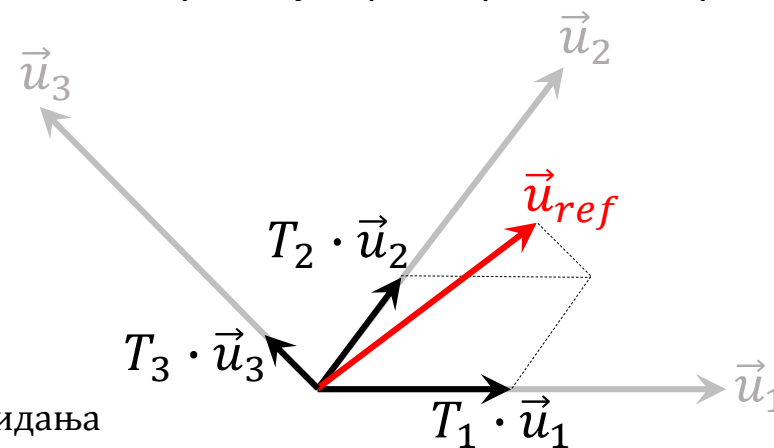
ПРИНЦИПИ ИМПУЛСНО-ШИРИНСКЕ МОДУЛАЦИЈЕ

- импулсно-ширинска модулација



$$T_S \cdot U_A = a \cdot T_S \cdot U_{DC} + (1 - a) \cdot T_S \cdot 0$$

- модулација просторног вектора



T_S – период прекидања

$f_S = 1/T_S$ – учестаност прекидања

$$T_S \cdot \vec{u}_{ref} = T_1 \cdot \vec{u}_1 + T_2 \cdot \vec{u}_2 + T_3 \cdot \vec{u}_3$$

$$T_S = T_1 + T_2 + T_3$$

ВЕКТОР НАПОНА НА ИЗЛАЗУ ИНВЕРТОРА

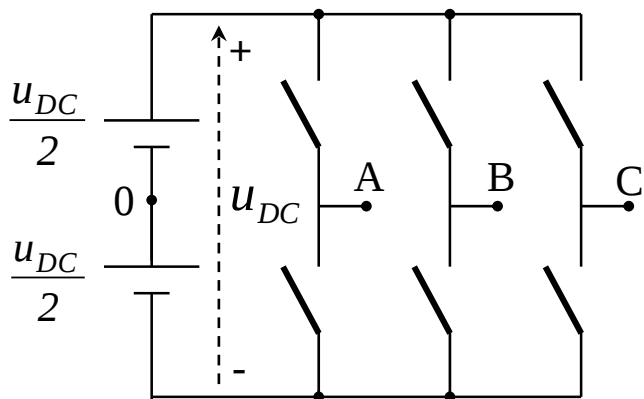
- вектор напона у трофазном систему

$$\vec{u} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot (u_A \cdot \vec{a}^0 + u_B \cdot \vec{a}^1 + u_C \cdot \vec{a}^2), \quad \vec{a} = e^{j \cdot \frac{2\pi}{3}}$$

пресликавање које одржава једнакост снаге:

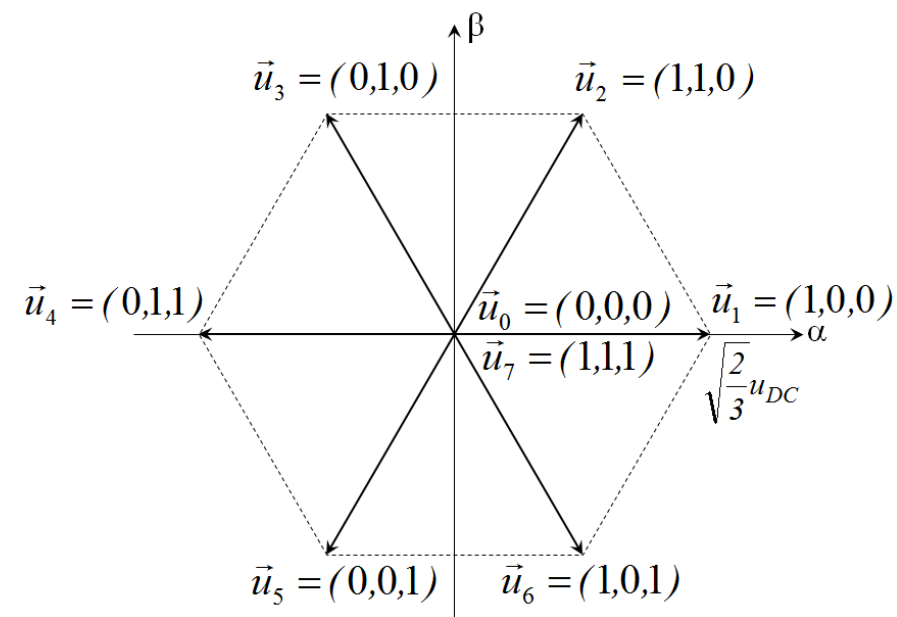
- модуло вектора $\vec{u}$ је једнак ефективној вредности линијског напона

- стања вектора напона на излазу инвертора



1 – укључен горњи транз. у грани
0 – укључен доњи транз. у грани

стање	u_{A0}	u_{B0}	u_{C0}	$\vec{u}$
100	$U_{DC}/2$	$-U_{DC}/2$	$-U_{DC}/2$	$\sqrt{2/3} \cdot U_{DC} \cdot e^{j0}$
110	$U_{DC}/2$	$U_{DC}/2$	$-U_{DC}/2$	$\sqrt{2/3} \cdot U_{DC} \cdot e^{j\pi/3}$
010	$-U_{DC}/2$	$U_{DC}/2$	$-U_{DC}/2$	$\sqrt{2/3} \cdot U_{DC} \cdot e^{j2\pi/3}$
011	$-U_{DC}/2$	$U_{DC}/2$	$U_{DC}/2$	$\sqrt{2/3} \cdot U_{DC} \cdot e^{j\pi}$
001	$-U_{DC}/2$	$-U_{DC}/2$	$U_{DC}/2$	$\sqrt{2/3} \cdot U_{DC} \cdot e^{j4\pi/3}$
101	$U_{DC}/2$	$-U_{DC}/2$	$U_{DC}/2$	$\sqrt{2/3} \cdot U_{DC} \cdot e^{j5\pi/3}$
000	$-U_{DC}/2$	$-U_{DC}/2$	$-U_{DC}/2$	0
111	$U_{DC}/2$	$U_{DC}/2$	$U_{DC}/2$	0



$$\vec{u}_K = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot U_{DC} \cdot e^{j \cdot (K-1) \frac{\pi}{3}}, \quad K = 1, \dots, 6$$

МОДУЛАЦИЈА ПРОСТОРНОГ ВЕКТОРА

- остваривање произвољног вектора

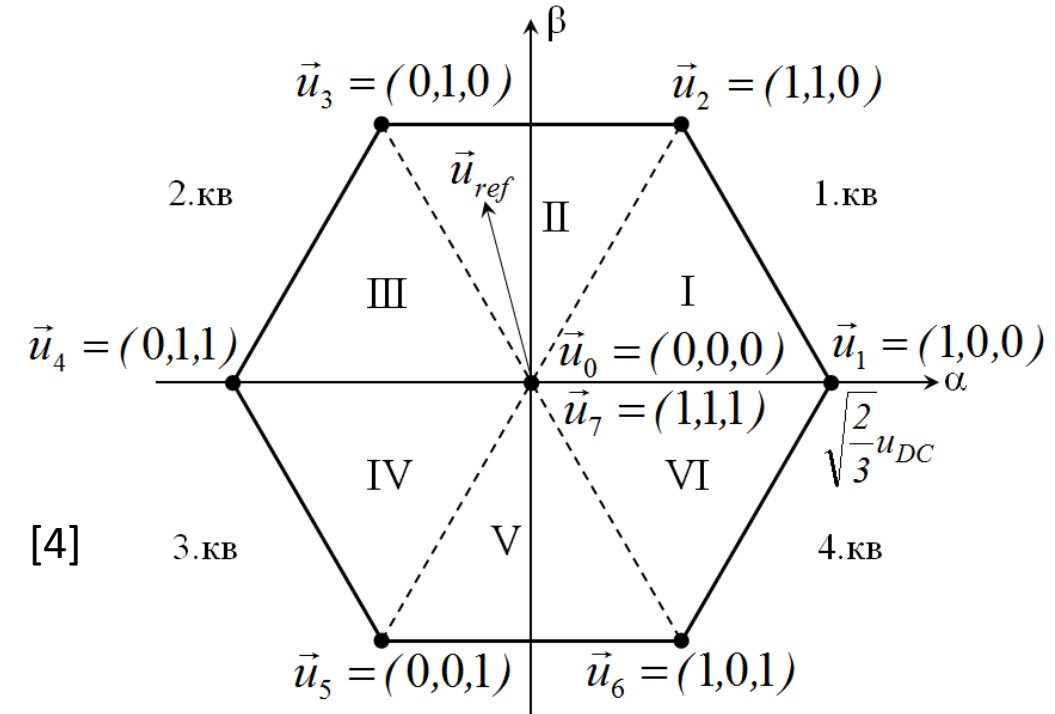
$$\vec{u}_K = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot U_{DC} \cdot e^{j \cdot (K-1) \frac{\pi}{3}} \quad [1]$$

$$\frac{T_S}{2} \cdot \vec{u}_{ref} = T_K \cdot \vec{u}_K + T_{K+1} \cdot \vec{u}_{K+1} \quad [2]$$

$$\frac{T_S}{2} = T_K + T_{K+1} + T_0 \quad [3]$$

$$\frac{T_S}{2} \cdot \vec{u}_{ref} = \frac{T_S}{2} \begin{bmatrix} u_\alpha \\ u_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} U_{DC} \cdot \begin{bmatrix} \cos \frac{(K-1)\pi}{3} & \cos \frac{K\pi}{3} \\ \sin \frac{(K-1)\pi}{3} & \sin \frac{K\pi}{3} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} T_K \\ T_{K+1} \end{bmatrix} \quad [4]$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} T_K \\ T_{K+1} \end{bmatrix} = \frac{T_S}{\sqrt{2}} \cdot U_{DC} \cdot \begin{bmatrix} \sin \frac{K\pi}{3} & -\cos \frac{K\pi}{3} \\ -\sin \frac{(K-1)\pi}{3} & \cos \frac{(K-1)\pi}{3} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u_\alpha \\ u_\beta \end{bmatrix} \quad [5]$$



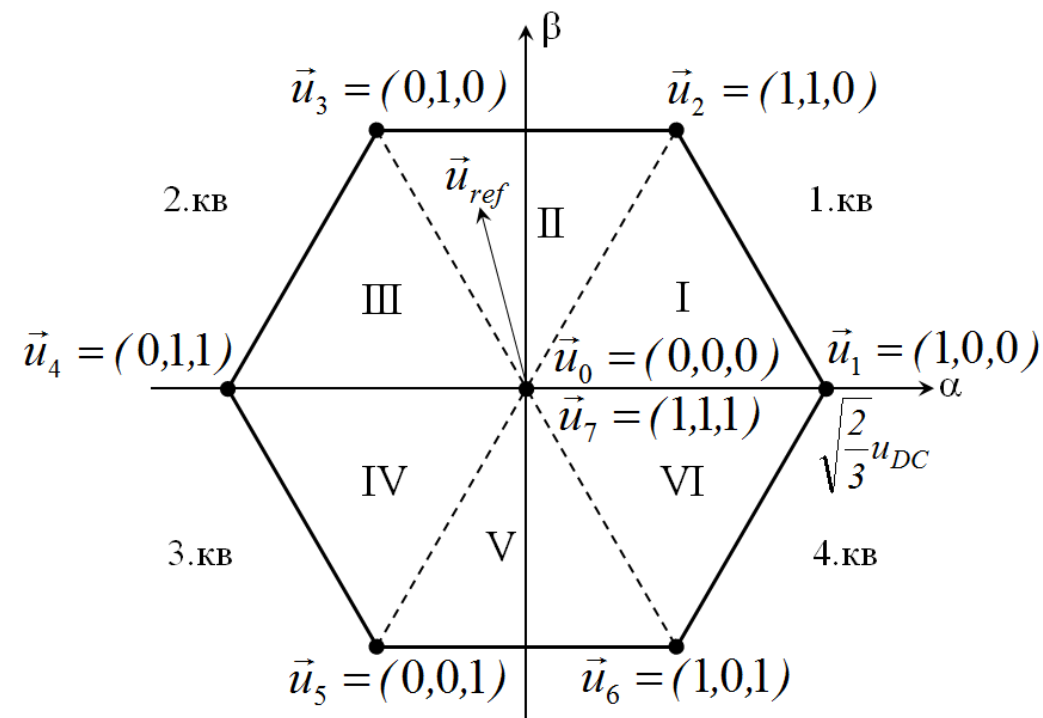
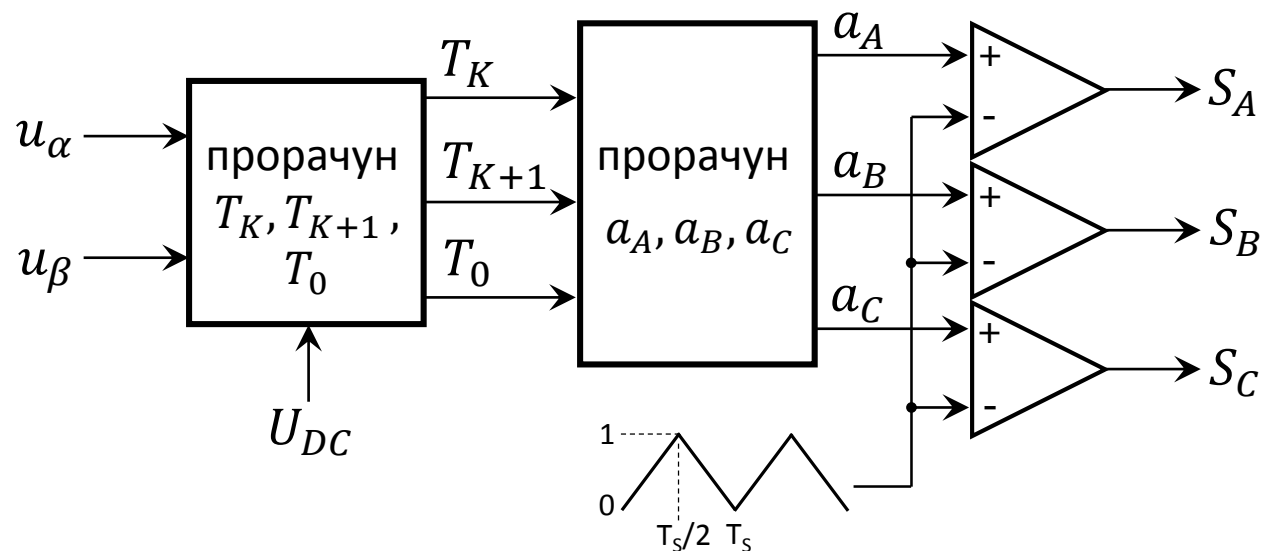
ОСТВАРИВАЊЕ МОДУЛАТОРА

- оптимално управљање инвертором
(низ стања који остварује најмање прекидачке губитке)

непарни сектор	$\vec{u}_0$	$\vec{u}_K$	$\vec{u}_{K+1}$	$\vec{u}_7$	$\vec{u}_{K+1}$	$\vec{u}_K$	$\vec{u}_0$
парни сектор	$\vec{u}_0$	$\vec{u}_{K+1}$	$\vec{u}_K$	$\vec{u}_7$	$\vec{u}_K$	$\vec{u}_{K+1}$	$\vec{u}_0$

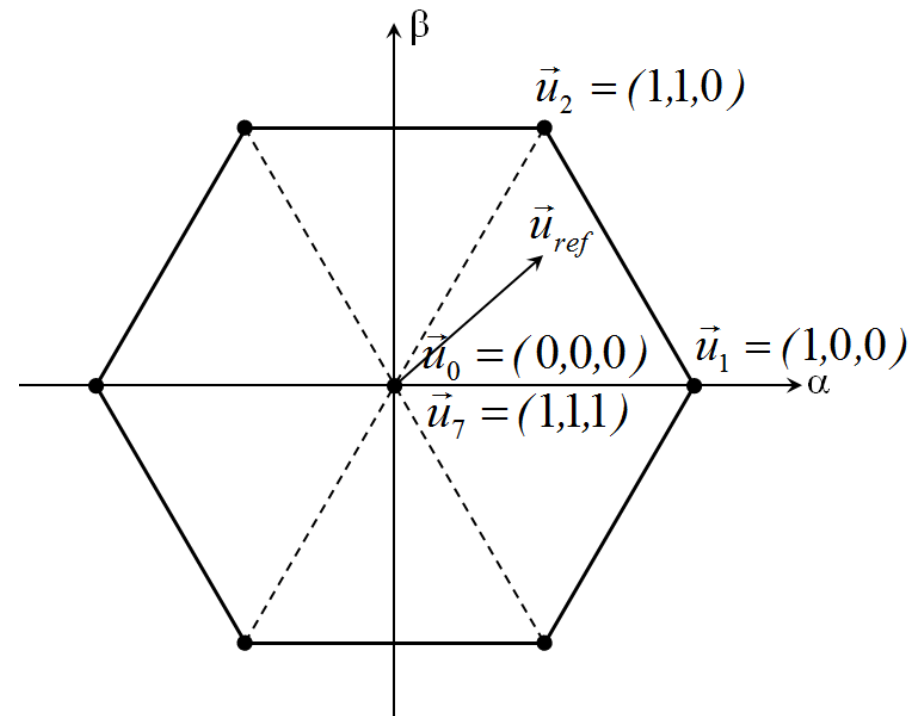
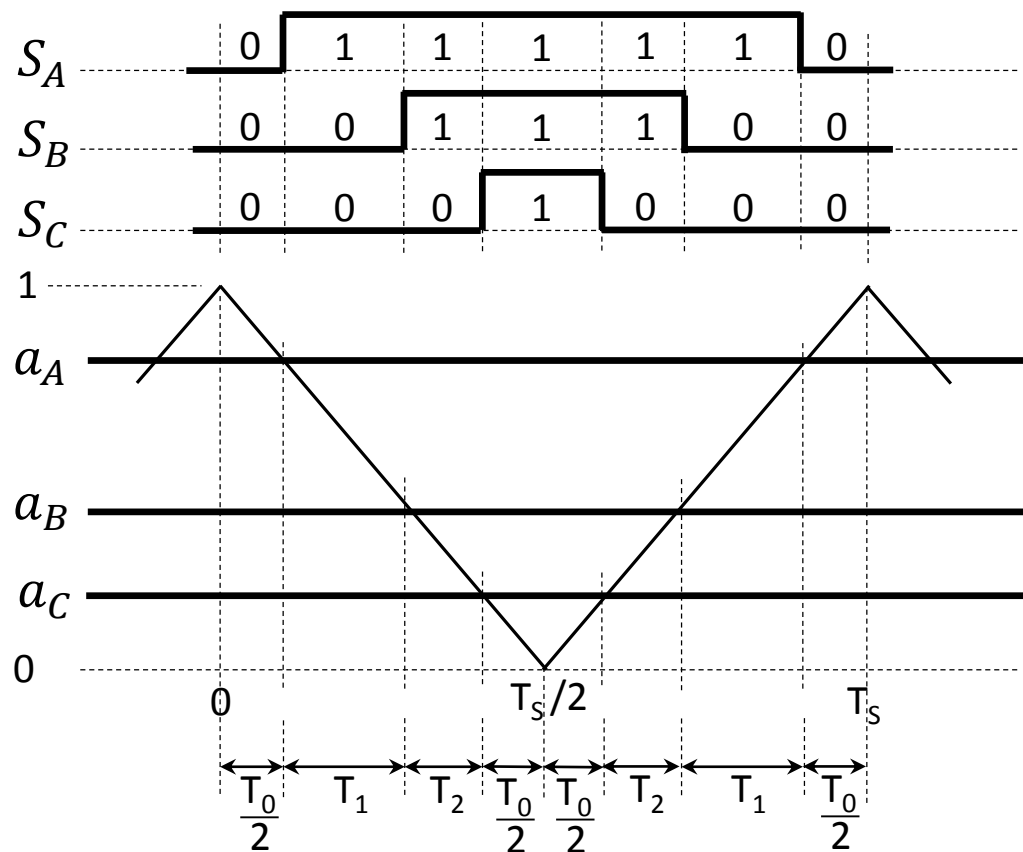
$\xleftarrow{\quad T_s/2 \quad} \quad \quad \quad \xleftarrow{\quad T_s/2 \quad}$

- поставка модулятора



ОСТВАРИВАЊЕ МОДУЛАТОРА

- прорачун a_A, a_B, a_C
(пример за 1. сектор)



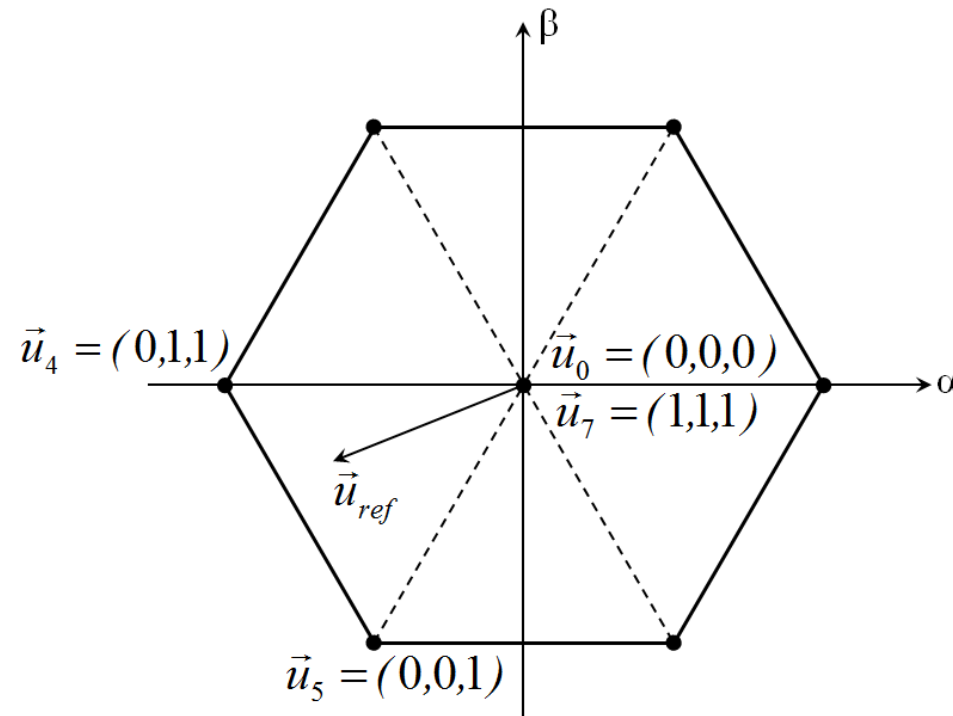
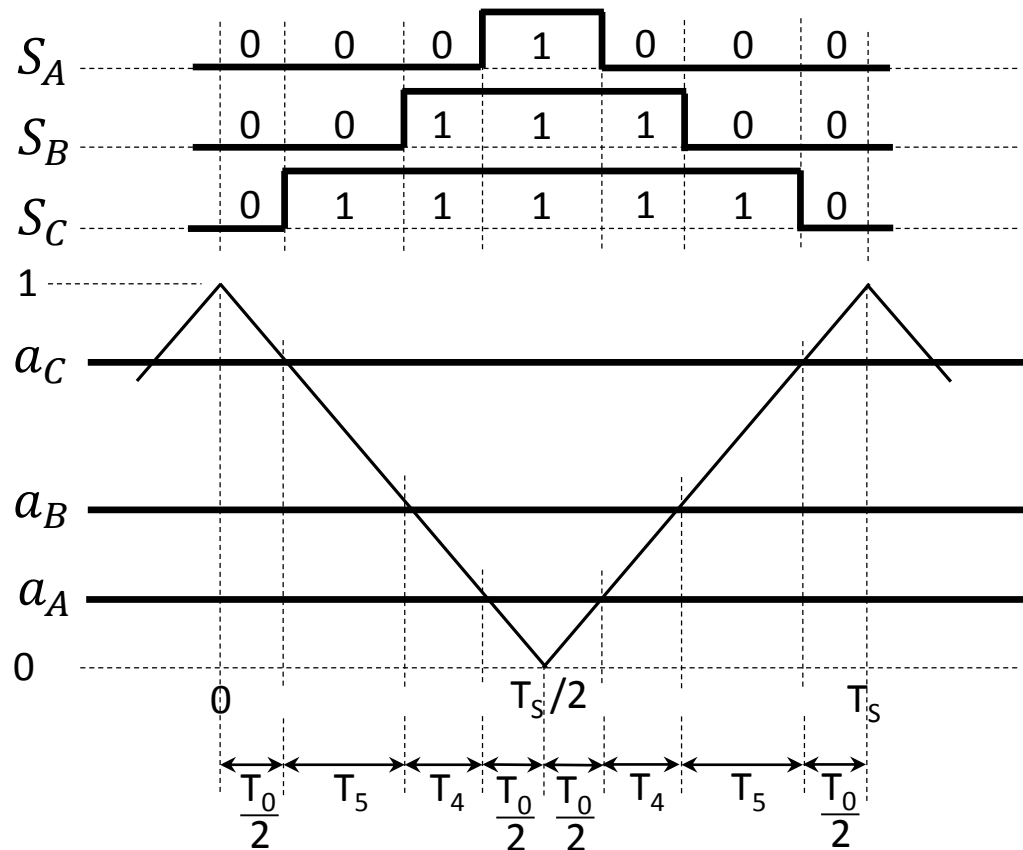
$$a_A = 1 - \frac{T_0/2}{T_s/2}$$

$$a_B = 1 - \frac{T_0/2 + T_1}{T_s/2}$$

$$a_C = \frac{T_0/2}{T_s/2}$$

ОСТВАРИВАЊЕ МОДУЛАТОРА

- прорачун a_A, a_B, a_C
(пример за 4. сектор)



$$a_C = 1 - \frac{T_0/2}{T_s/2}$$

$$a_B = 1 - \frac{T_0/2 + T_5}{T_s/2}$$

$$a_A = \frac{T_0/2}{T_s/2}$$

ОСТВАРИВАЊЕ МОДУЛАТОРА

- остваривање прорачуна T_k и T_{k+1} и a_A , a_B , a_C помоћу *Matlab Function* блока

```

1  function [aa,ab,ac]=mpv(mod,arg,Udc,Ts)
2  - aa=0;
3  - ab=0;
4  - ac=0;
5  - k=0;
6  - Tk=0;
7  - Tk1=0;
8  - Ualfa=mod*cos(arg);
9  - Ubeta=mod*sin(arg);
10 % provera za sektor 1
11 if(Ualfa>0 && Ubeta>=0 && Ubeta/Ualfa<sqrt(3))
12     k=1;
13     Tk=1/sqrt(2)*Ts/Udc*(sin(k*pi/3)*Ualfa-cos(k*pi/3)*Ubeta);
14     Tk1=1/sqrt(2)*Ts/Udc*(-sin((k-1)*pi/3)*Ualfa+cos((k-1)*pi/3)*Ubeta);
15     T0=Ts/2-Tk-Tk1;
16     ac=T0/Ts;
17     ab=(Ts/2-T0/2-Tk)/(Ts/2);
18     aa=(Ts/2-T0/2)/(Ts/2);
19
20 end
21 % provera za sektor 2
22 if((Ualfa>0 && Ubeta>=0 && Ubeta/Ualfa>=sqrt(3)) || (Ualfa<=0 && Ubeta>0 && Ubeta/(-Ualfa)>sqrt(3)))
23     k=2;
24     Tk=1/sqrt(2)*Ts/Udc*(sin(k*pi/3)*Ualfa-cos(k*pi/3)*Ubeta);
25     Tk1=1/sqrt(2)*Ts/Udc*(-sin((k-1)*pi/3)*Ualfa+cos((k-1)*pi/3)*Ubeta);
26     T0=Ts/2-Tk-Tk1;
27     ab=(Ts/2-T0/2)/(Ts/2);
28     aa=(Ts/2-T0/2-Tk1)/(Ts/2);
29     ac=T0/Ts;
30
31 end

```

← дефиницање улаза, излаза и параметара
Matlab Function блока

← иницијализација променљивих

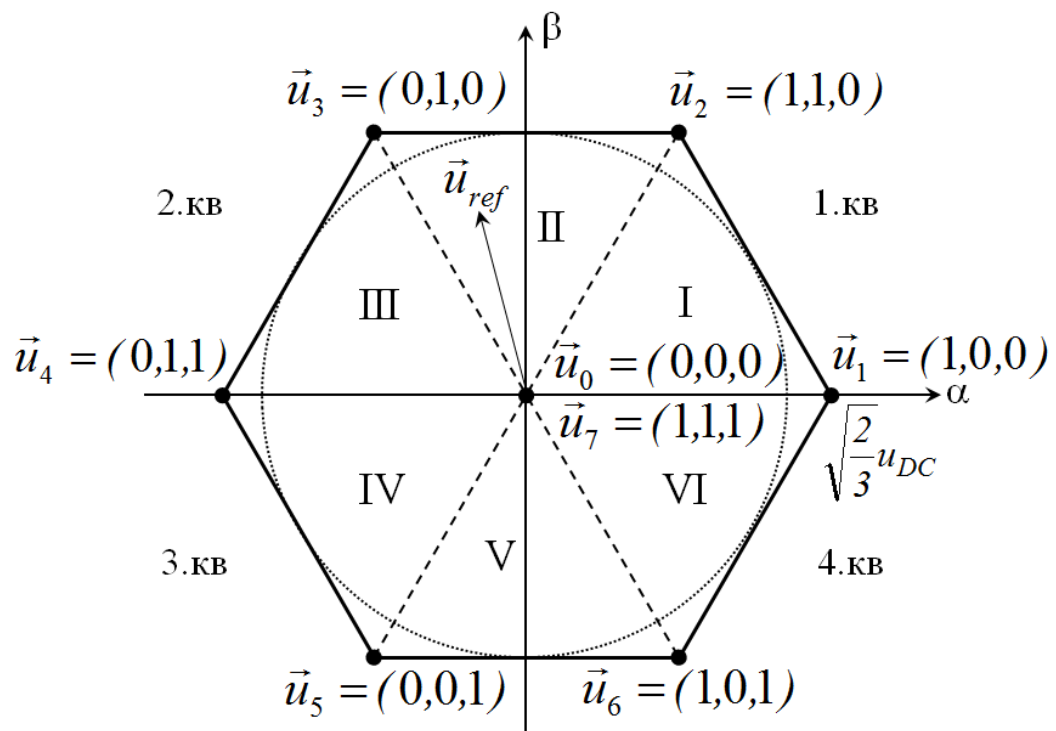
← одређивање сектора

← рачунање времена

← рачунање модулишућих сигнала

ОСТВАРИВАЊЕ МОДУЛАТОРА

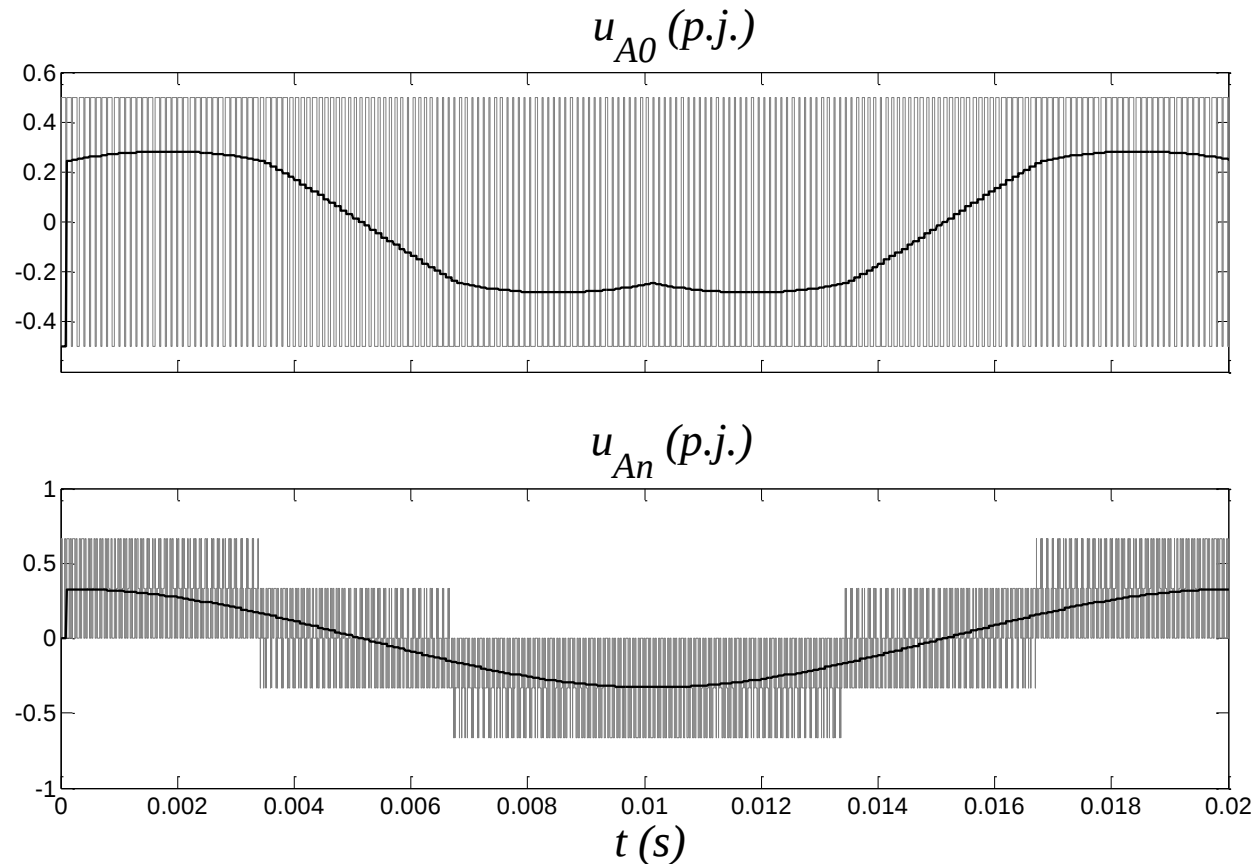
- линеаран опсег рада



$$|\vec{u}_{ref}| = \sqrt{u_{\alpha}^2 + u_{\beta}^2} \leq \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot U_{DC} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot U_{DC}$$

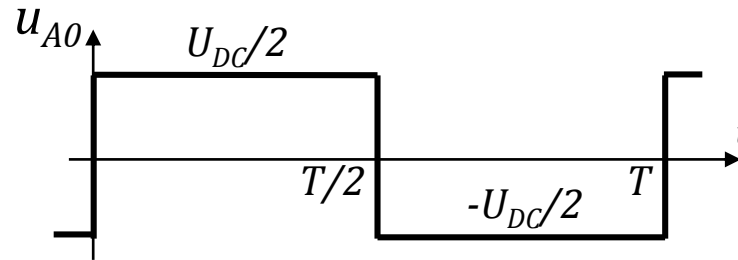
- резултати симулација

(са нормализованим вредностима [p.j.])



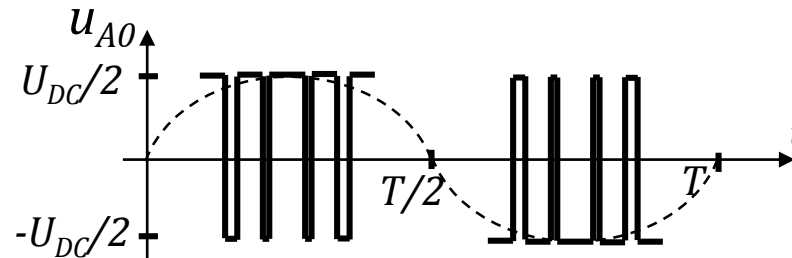
НАПОНСКО ИСКОРИШЋЕЊЕ

- правоугаоно управљање:



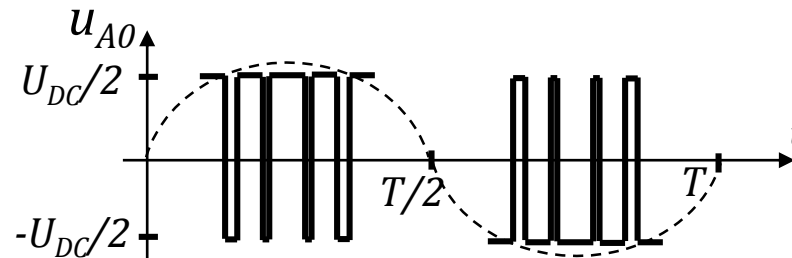
$$\widehat{U_{A0(1)пу}} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{U_{DC}}{2}$$

- синусна модулација:



$$\widehat{U_{A0(1)син}} = \frac{U_{DC}}{2} \Rightarrow \frac{\widehat{U_{A0(1)син}}}{\widehat{U_{A0(1)пу}}} = 0,785$$

- синусна + 3.хармоник:



$$\widehat{U_{A0(1)син+3х}} = 1,15 \cdot \frac{U_{DC}}{2} \Rightarrow \frac{\widehat{U_{A0(1)син+3х}}}{\widehat{U_{A0(1)пу}}} = 0,903$$

- модулација просторног вектора:

$$\widehat{U_{A0(1)МПВ}} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{U_{DC}}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{\widehat{U_{A0(1)МПВ}}}{\widehat{U_{A0(1)пу}}} = 0,903$$