

**VISOKA ŠKOLA ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA STRUKOVNIH
STUDIJA-VIŠER, BEOGRAD**

STUDIJSKI PROGRAM: NOVE ENERGETSKE TEHNOLOGIJE

OSNOVNE STUDIJE 2017/2018

PREDMET: ELEKTRIČNI PRETVARAČI SNAGE



TIRISTORSKI REGULATORI POBUDE



PREDMETNI PROFESOR: Dr Željko Despotović, dipl.el.inž



Sinhroni generator bloka B1 u TE "Nikola Tesla B" ima sledeće osnovne parametre:

- Proizvođač: **BBC**
- Tip: **WT 23S-106AF3**
- **Nominalna prividna snaga:** **727.5 MVA**
- **Nominalna aktivna snaga:** **618 MW**
- Nominalni faktor snage: **0,85**
- Nominalni napon statora: **21 kV**
- **Nominalna struja statora:** **20 kA**
- Frekvencija: **50 Hz**
- Broj obrtaja: **3000 obr/min**

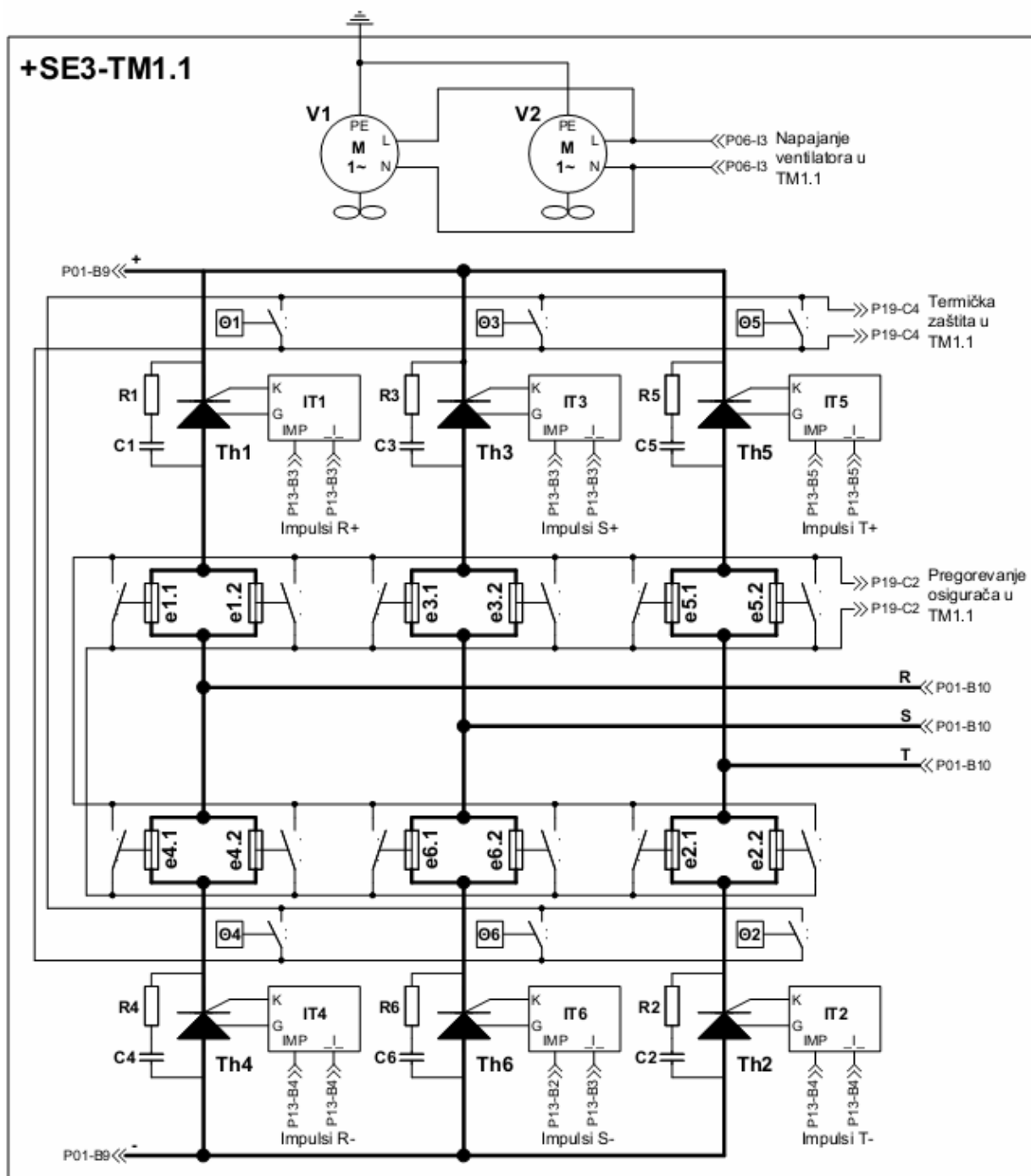
Osnovni parametri sistema pobude su sledeći:

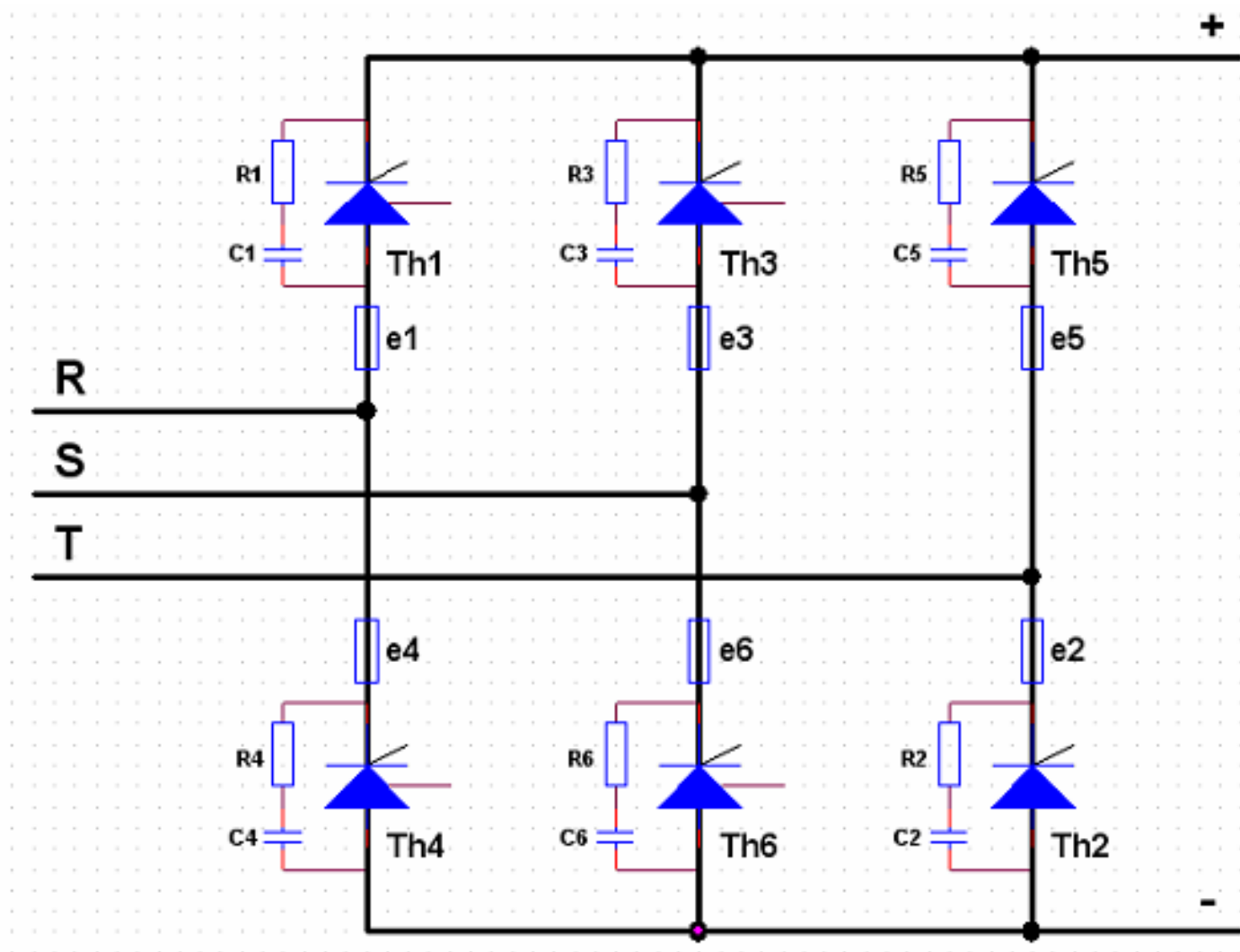
- Nominalni napon napajanja tiristorskih mostova: **3x710 V**
- Nominalna frekvencija napona napajanja tiristorskih mostova: **50 Hz**
- **Maksimalno dozvoljena trajna struja:** **6950 A**
- **Napon pri MAX dozvoljenoj trajnoj struji:** **668 V**
- Plafonska struja: **9400 A**
- Dozvoljeno vreme trajanja plafonske struje: **10 s**
- Plafonski napon pri nominalnom naponu napajanja: **958.5 V**
- Ispitni napon energetske opreme: **3,5 kV**
- Vreme odziva: **<0.1 s**
- Opseg podešenja napona generatora: **90 % - 110 %**
- Napon pomoćnog napajanja iz jednosmernog razvoda elektrane: **24 V, 220 V**
- Napon pomoćnog napajanja iz invertora: **220 V**

• **Napon pomoćnog napajanja iz naizmeničnog razvoda elektrane: 3x380(220) V**

Tiristorski most TM1.1

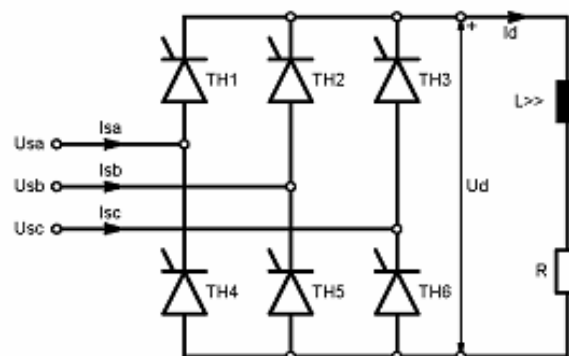
+SE3-TM1.1





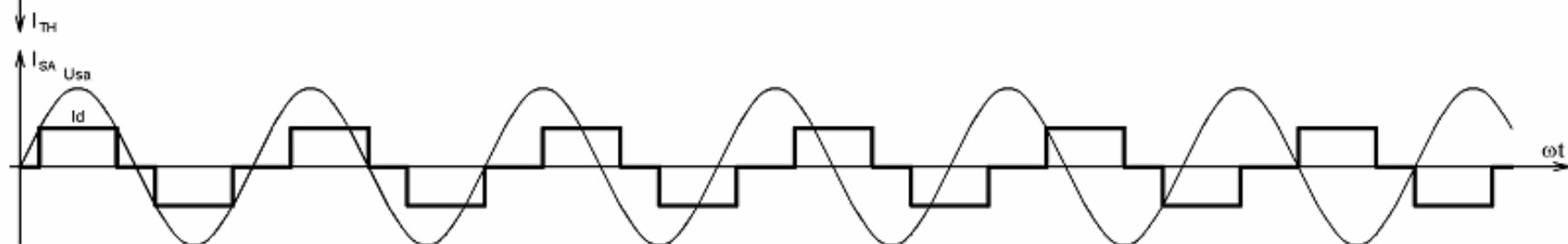
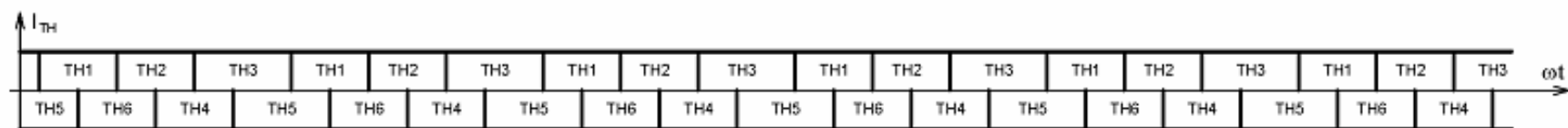
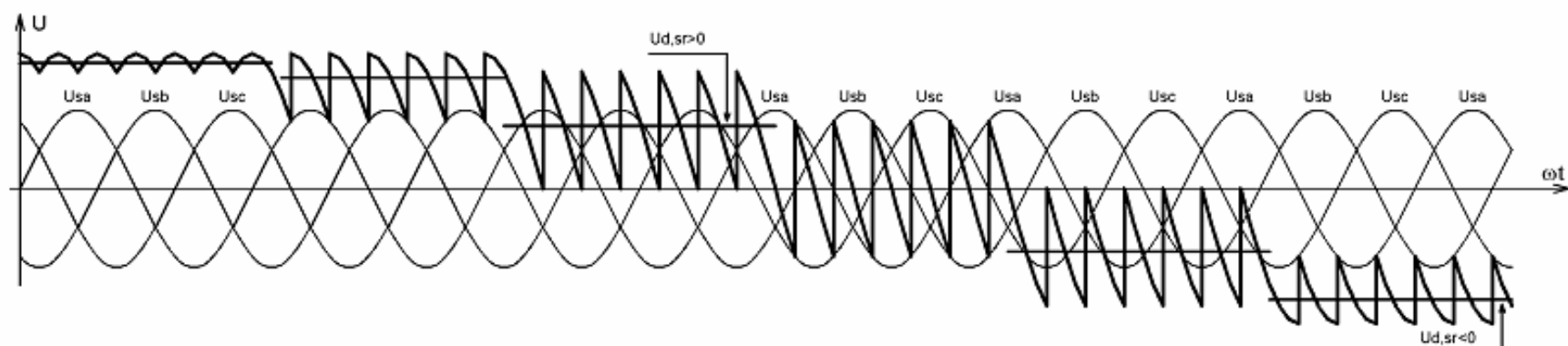
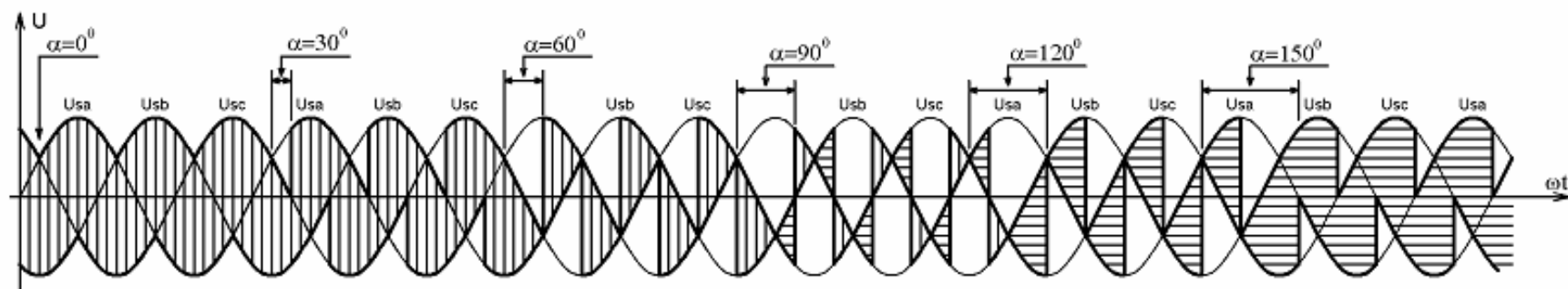
Tiristori su za struju /napon 3000A/2800V

Tiristorski Trofazni Punoupravljivi Ispravljac

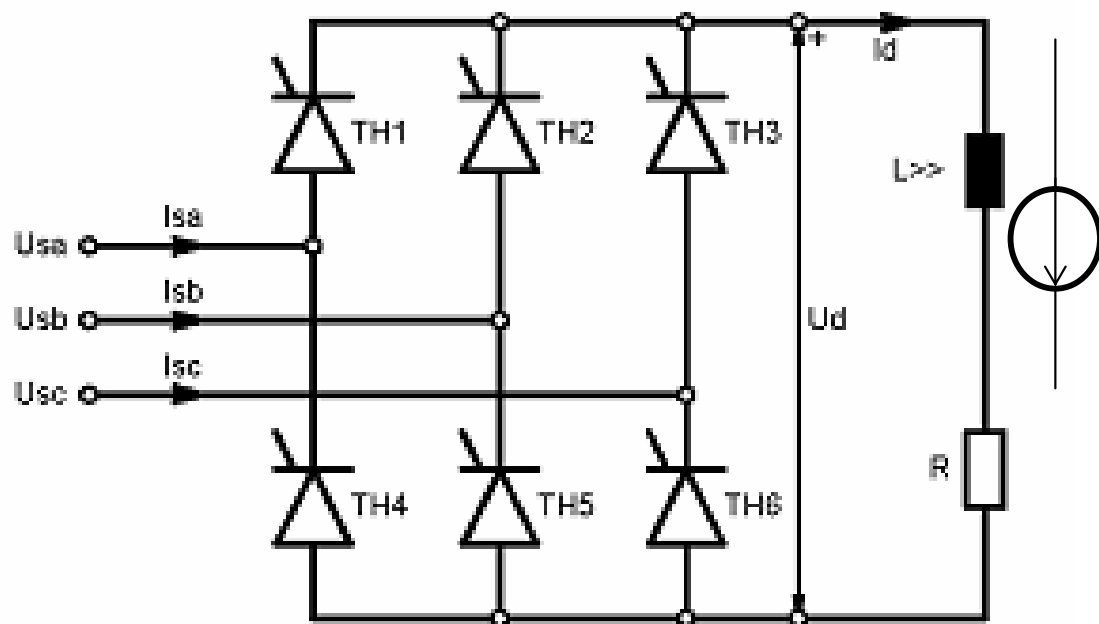


$$U_{SR} = U_{SR,0} \cos \alpha$$

$$U_{SR,0} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U_{S,f} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \frac{U_S}{\sqrt{3}} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} U_S = 1,35 \cdot U_S$$



Karakteristični talasni oblici i
srednja vrednost napona na opterećenju
ugao upravljanja $\alpha=0^\circ$ (ugao vođenja tiristora 120°)

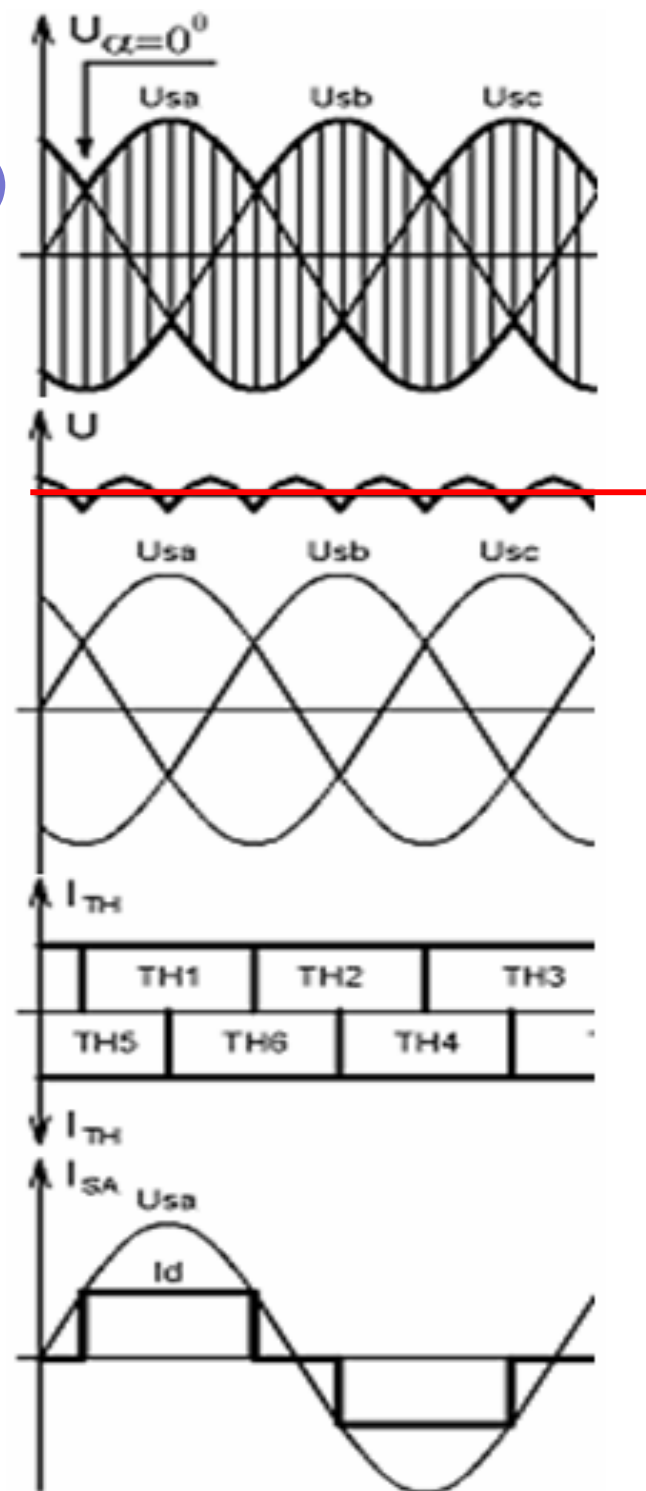


$$U_{SR} = U_{SR,0} \cos \alpha$$

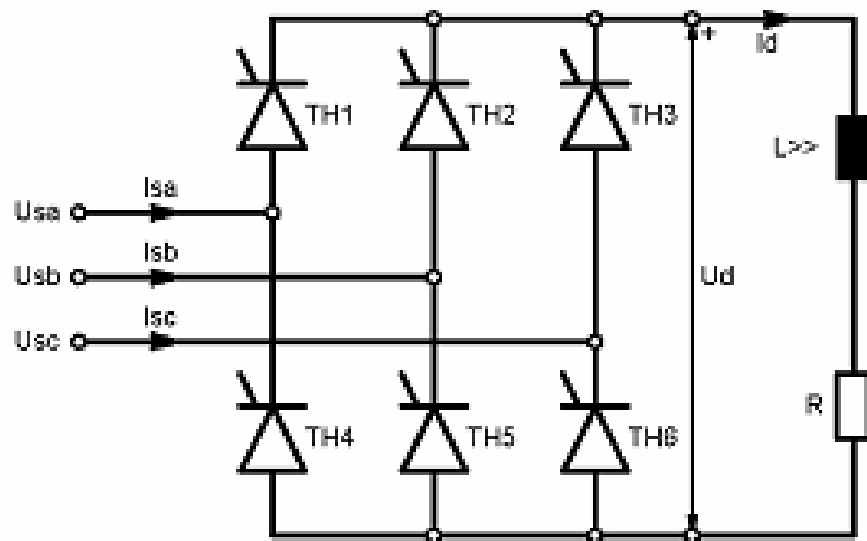
$$U_{SR,0} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U_{S,f} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \frac{U_S}{\sqrt{3}} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} U_S = 1,35 \cdot U_S$$

U_S -efektivna vrednost mrežnog linijskog
(međufaznog) napona

$$U_{sr} = 1.35 U_s$$

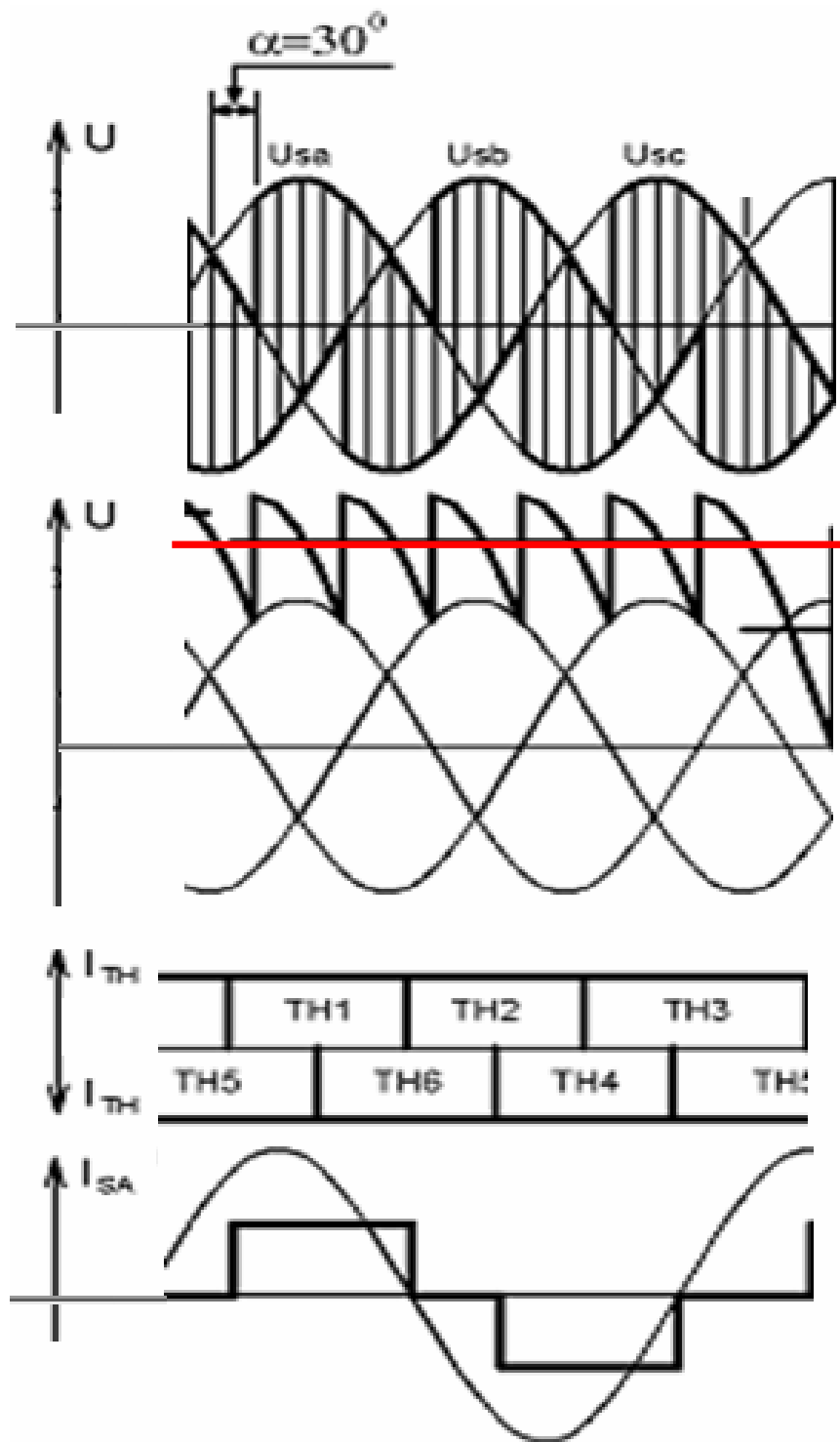


Karakteristični talasni oblici i
srednja vrednost napona na opterećenju
ugao upravljanja $\alpha=30^\circ$ (ugao vođenja
tiristora 120°)

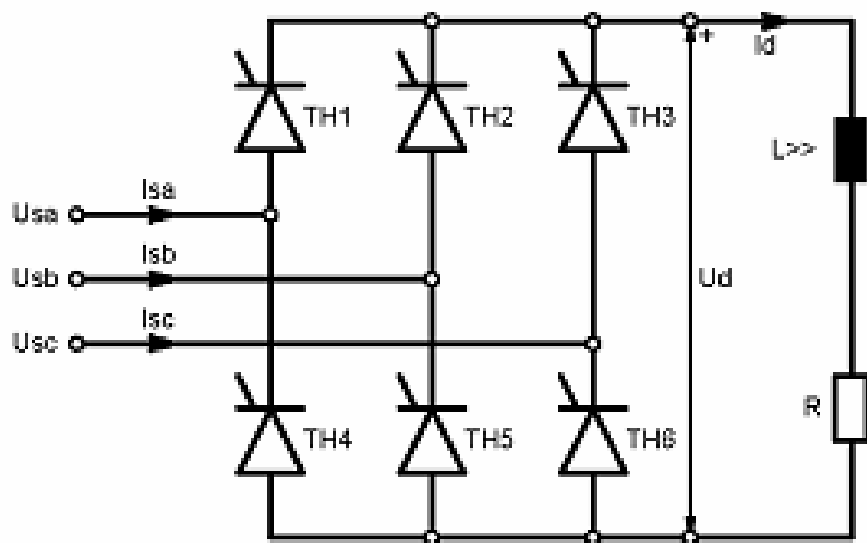


U_s -efektivna vrednost mrežnog linijskog (međufaznog)
napona

$$U_{sr} = 1.35 U_s \cos 30^\circ = 1.17 U_s$$

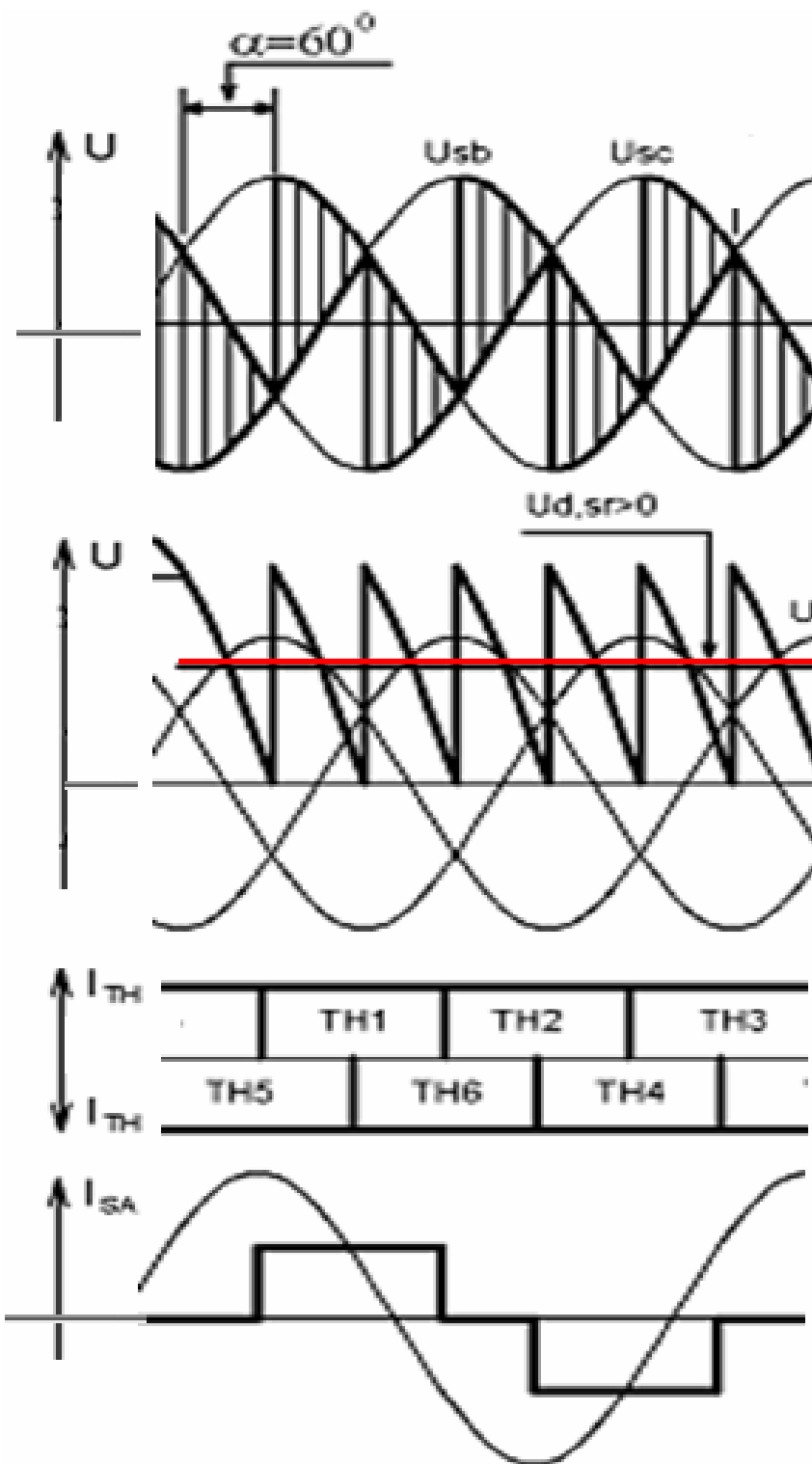


Karakteristični talasni oblici i
srednja vrednost napona na opterećenju
ugao upravljanja $\alpha=60^\circ$ (ugao vođenja
tiristora 120°)

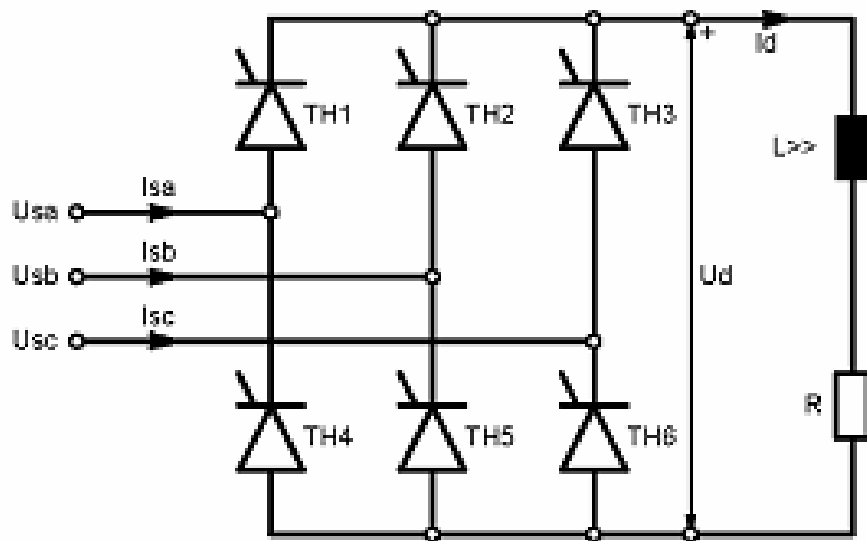


U_s-efektivna vrednost mrežnog linijskog (međufaznog)
napona

$$U_{sr} = 1.35 U_s \cos 60^\circ = 0.675 U_s$$

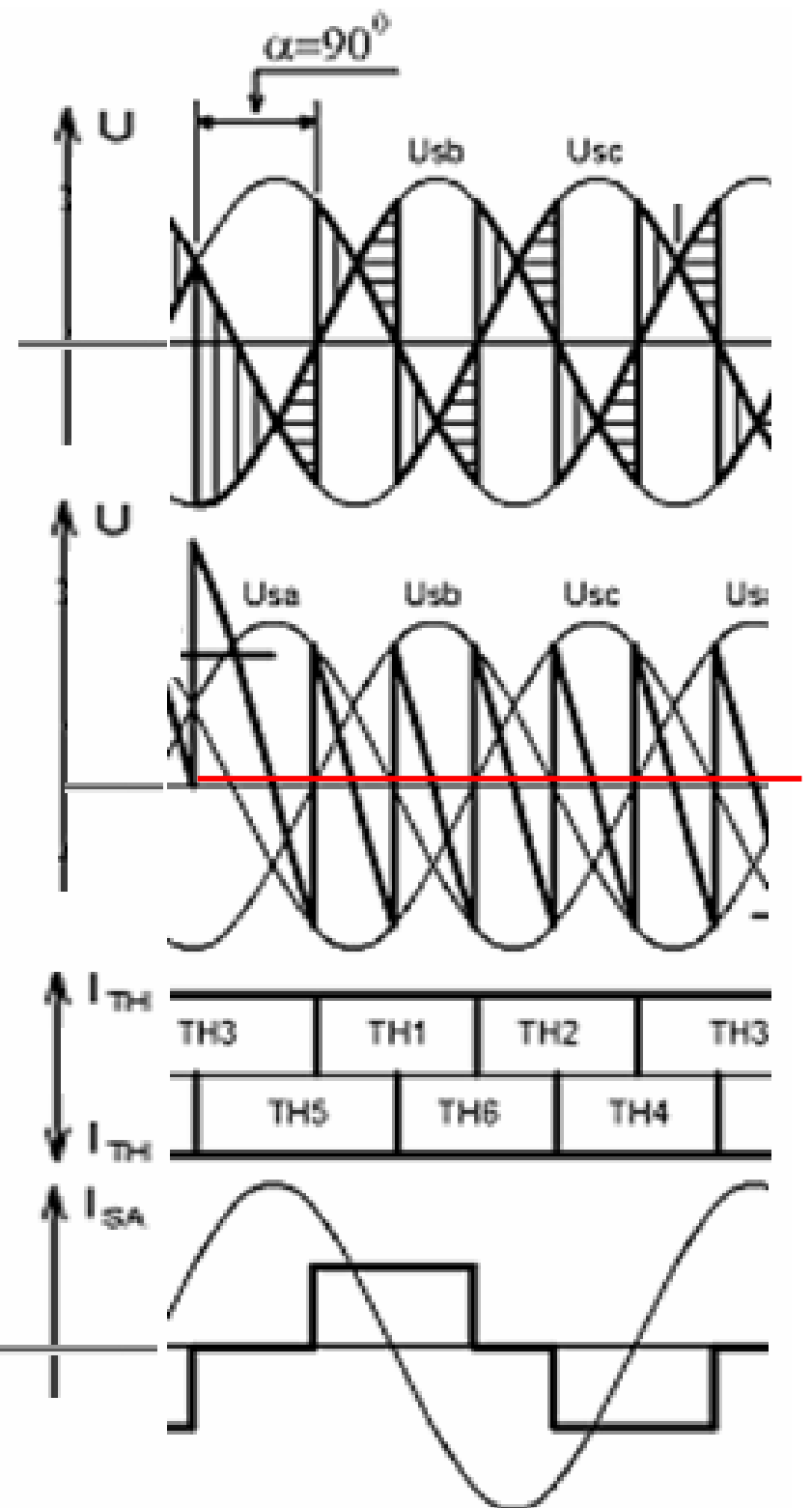


Karakteristični talasni oblici i
srednja vrednost napona na opterećenju
ugao upravljanja $\alpha=90^\circ$ (ugao vođenja
tiristora 120°)

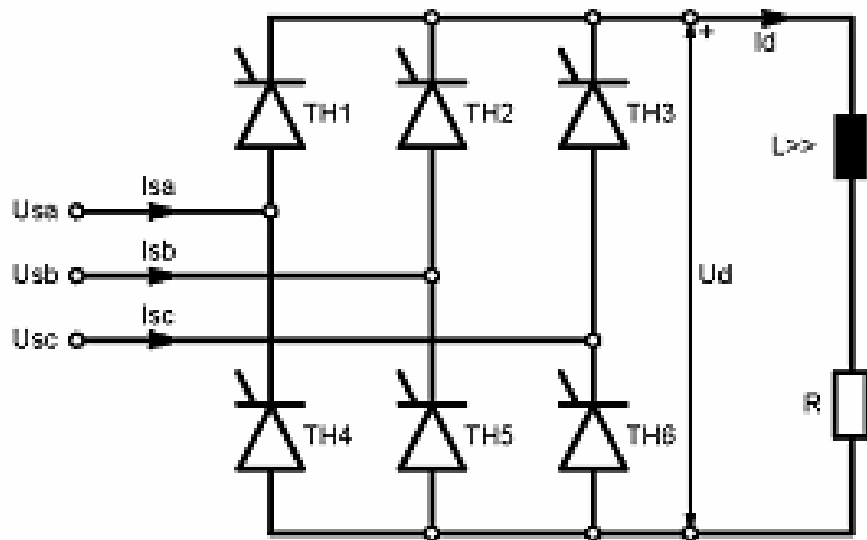


U_s-efektivna vrednost mrežnog linijskog (međufaznog)
napona

$$U_{sr} = 1.35 U_s \cos 90^\circ = 0$$

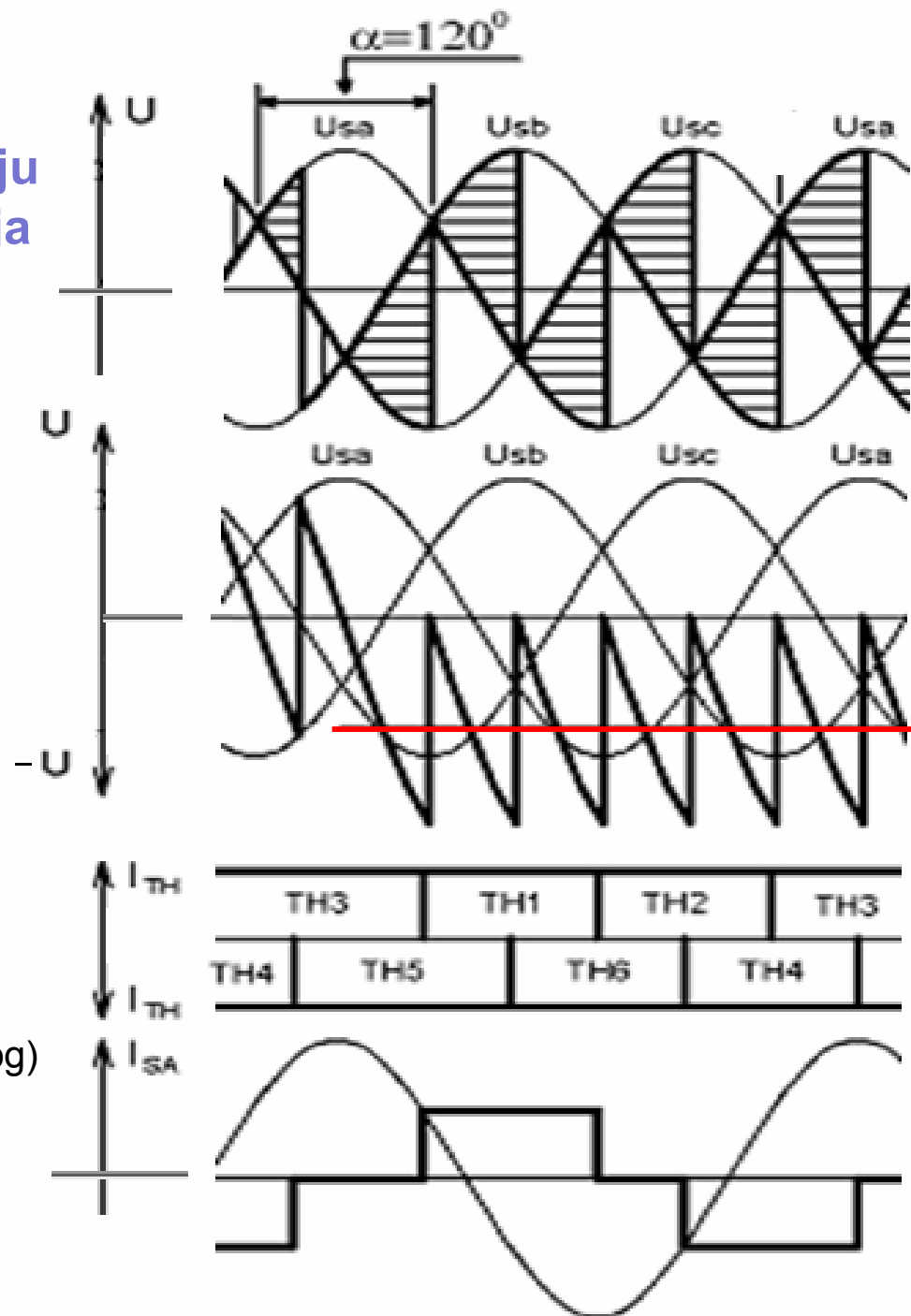


Karakteristični talasni oblici i
srednja vrednost napona na opterećenju
ugao upravljanja $\alpha=120^\circ$ (ugao vođenja
tiristora 120°)

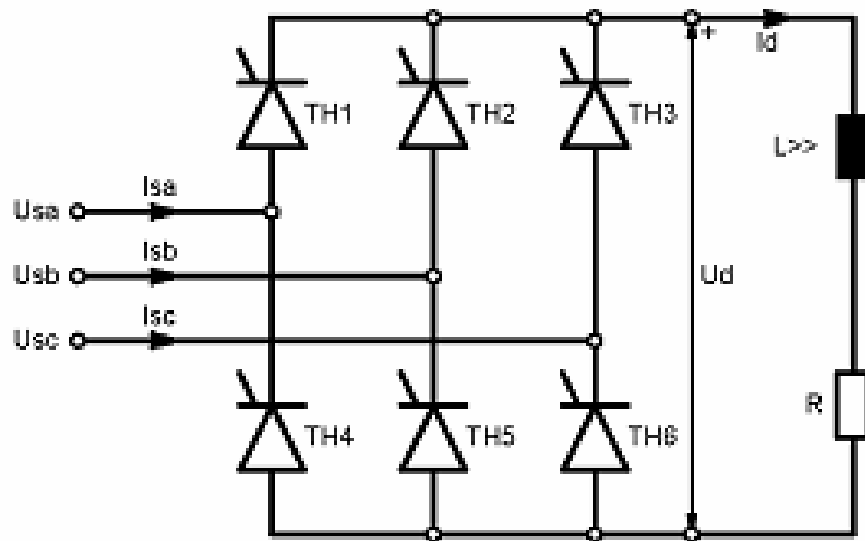


U_s-efektivna vrednost mrežnog linijskog (međufaznog)
napona

$$U_{sr} = 1.35 U_s \cos 120^\circ = -0.675 U_s$$

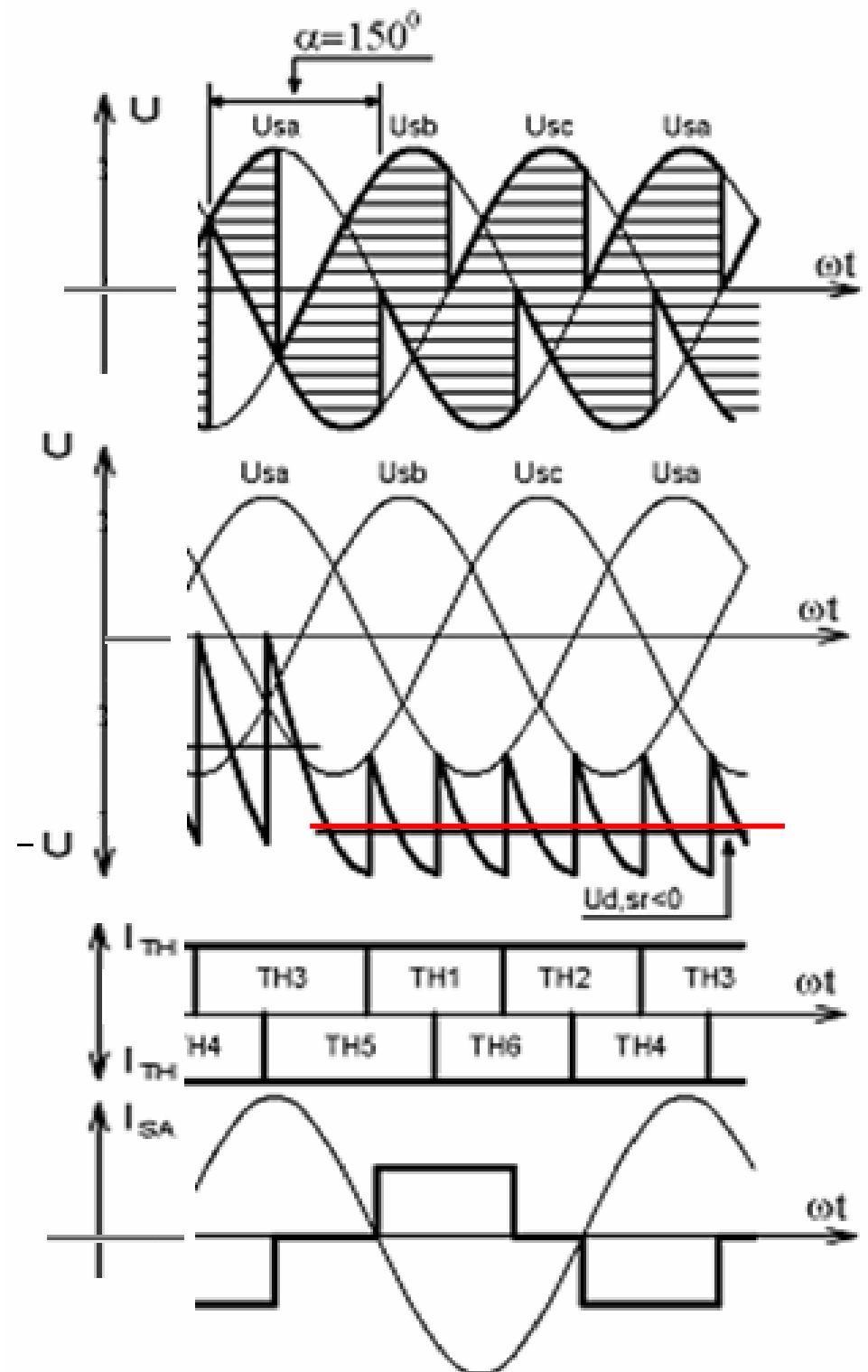


Karakteristični talasni oblici i
srednja vrednost napona na opterećenju
ugao upravljanja $\alpha=150^\circ$ (ugao vođenja
tiristora 120°)



U_s-efektivna vrednost mrežnog linijskog (međufaznog)
napona

$$U_{sr} = 1.35 U_s \cos 150^\circ = -0.117 U_s$$



Izlazni napon ispravljača uzimajući u obzir komutacione efekte

$$U_{AVout} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} U_s \cos \alpha - \frac{3X_k}{\pi} I$$

Trofazni punoupravljivi ispravljač; U_s -linijski napon

$$U_{AVout} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} E \cos \alpha - \frac{X_k}{\pi} I$$

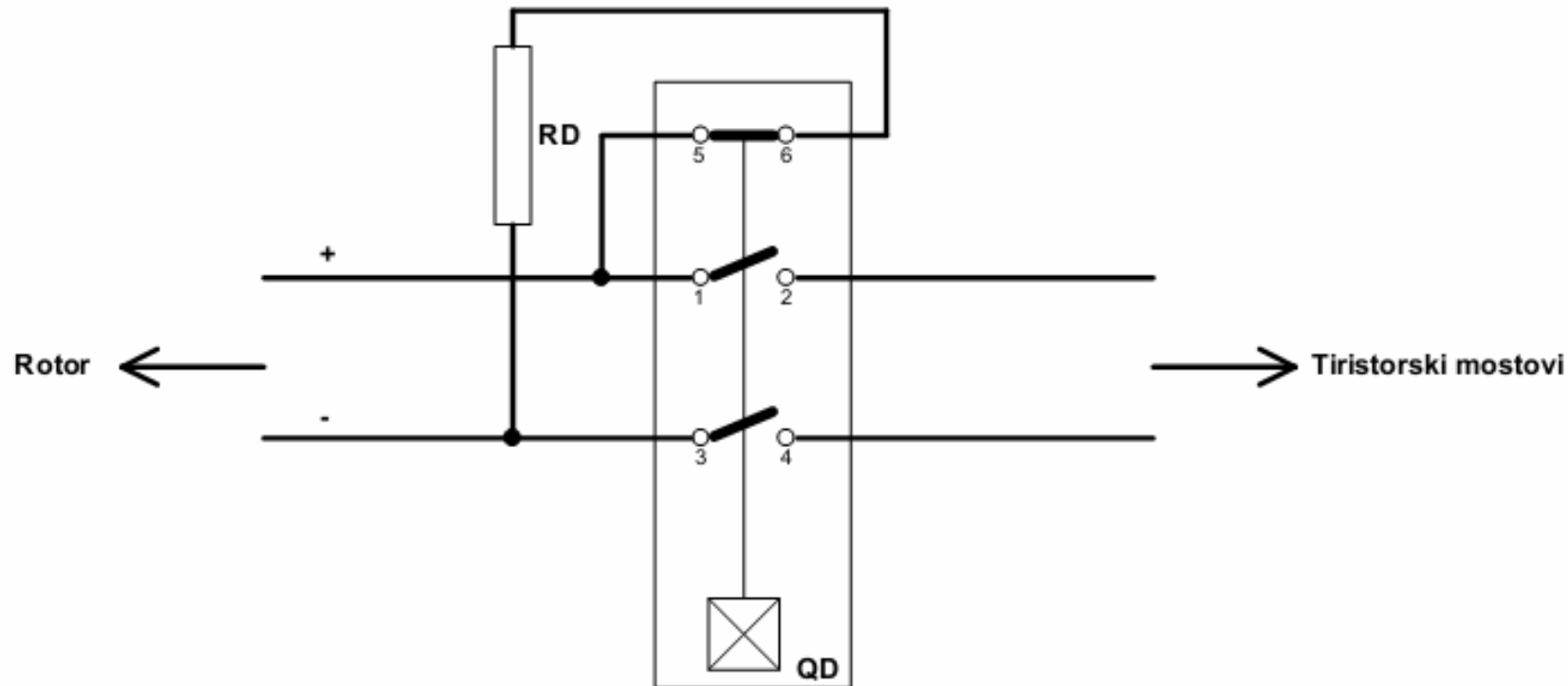
E - efektivna vrednost faznog napona

$X_k = \omega L_k$ -reaktansa rasipanja

ISPRAVLJAČKI / INVERTORSKI REŽIM RADA

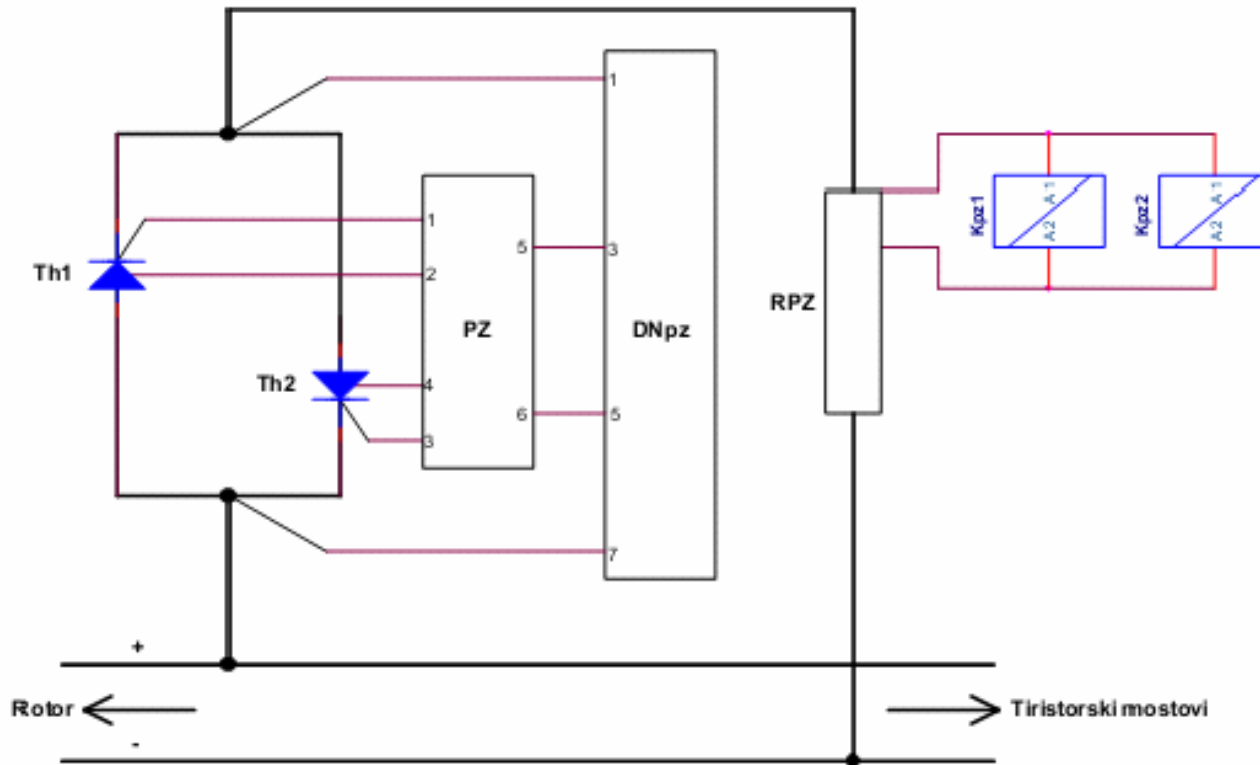
- Tiristorski mostovi mogu da rade u ispravljačkom i invertorskom režimu.
- U ispravljačkom režimu ($\alpha < 90^\circ$) i napon i struja na izlazu iz tiristorskog mosta su pozitivni, dok je u invertorskom režimu napon negativan, a struja pozitivna.
- Invertorski režim ($\alpha > 90^\circ$) ne može biti trajan.
- Tiristorski most može biti u ovom režimu samo dok struja mosta ne padne na nulu.
- Tiristorski mostovi omogućavaju brz prelazak sa jednog na drugi blok tiristorskih mostova što pruža mogućnost redundancije.
- U bilo kom trenutku je moguće izvršiti prelazak sa jednog na drugi blok tiristorskih mostova, bez ometanja rada generatora, na nalog operatera ili zaštite.
- U slučaju kvara na bloku tiristorskih mostova koji je u radu dolazi do automatskog prelaska na rezervni blok tiristorskih mostova bez ispada agregata.
- Prelazak je realizovan blokadom neispravnog bloka tiristorskih mostova ukidanjem impulsa za paljenje tiristora koji se šalju na rezervni blok tiristorskih mostova koji preuzima struju pobude.
- Tiristorski mostovi su parametrirani tako da jedan blok tiristorskih mostova može da zadovolji sve režime rada, uključujući i forsiranje pobude pri havarijskim režimima sa predviđenim koeficijentom forsiranja.

SKLOP ZA BRZO RAZBUĐIVANJE



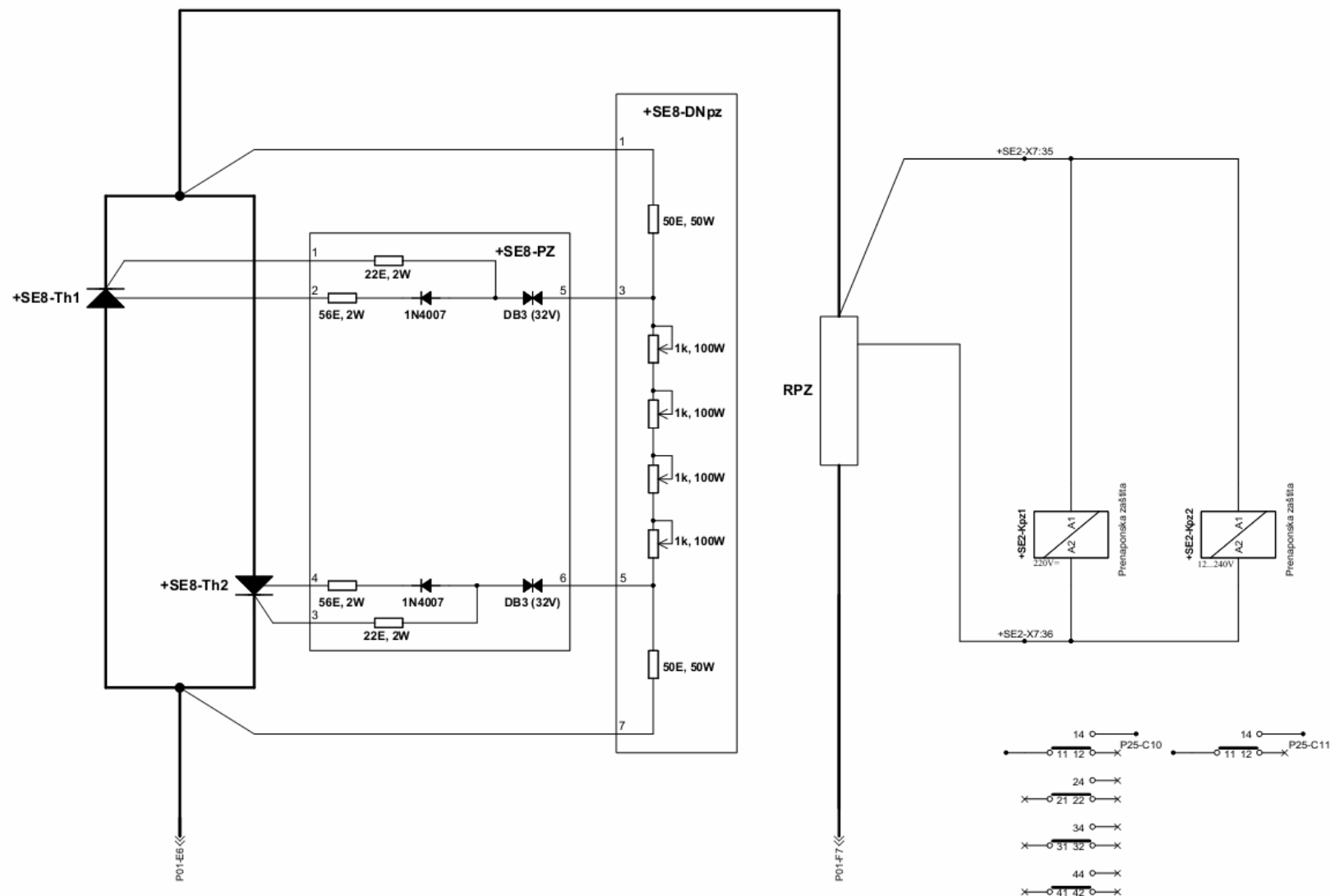
- Sklop za brzo razbuđivanje se sastoji iz prekidača za demagnetizaciju QD, koji ima dva radna i jedan mirni kontakt, i otpornika za demagnetizaciju RD.
- Brzo razbuđivanje se ostvaruje tako što se najpre isključi generatorski ili mrežni prekidač, a zatim prekidač za demagnetizaciju.
- Prekidač za demagnetizaciju prvo svojim mirnim kontaktom paralelno pobudnom namotaju uključuje otpornik za demagnetizaciju preko koga se vrši disipacija magnetne energije, a zatim otvara svoja dva radna kontakta i odvaja rotor od sistema pobude.
- Sklop za brzo razbuđivanje je dimenzionisan tako da omogući razbuđivanje pri trolejnom kratkom spoju generatora kada je energija u rotoru najveća i spreči pojavu prenapona pri prekidanju pobudne struje.
- Razbuđivanje generatora u normalnim režimima rada nakon silaska generatora sa mreže se ostvaruje bez isključenja prekidača za demagnetizaciju prelaskom tiristorskih mostova u invertorski režim kada napon na izlazu iz mosta postaje negativan.

PRENAPONSKA ZAŠTITA



- Prenaponi se u pobudnom namotaju mogu javiti u slučaju kratkih spojeva na generatoru, ispadu generatora iz sinhronizma (asinhroni rad) ili pri prekidu kola pobude.
- Tiristorski sistem pobude i rotor generatora se od prenapona štite **prenaponskom zaštitom i odvodnikom prenapona.**

- Prenaponska zaštita sadrži dva antiparalelno vezana tiristora Th1 i Th2, otpornik RPZ i sklop za detekciju pojave prenapona PZ, koji generiše impulse za paljenje tiristora.
- Prilikom pojave napona na rotoru, koji je veći od podešene vrednosti prenaponske zaštite, jedan od dva tiristora dobija impuls za paljenje i paralelno sa rotorom vezuje otpornik R2 na kome se disipira energija rotora.
- Zaštita je dvosmerna, odnosno jedan tiristor se pali u slučaju pojave pozitivnog prenapona, dok se drugi pali u slučaju pojave negativnog prenapona.
- Prenaponska zaštita je dimenzionisana tako da omogući ograničenje prenapona pri asinhronom radu generatora kada dolazi do pojave najvećih prenapona usled promene smera struje kroz tiristorski most.

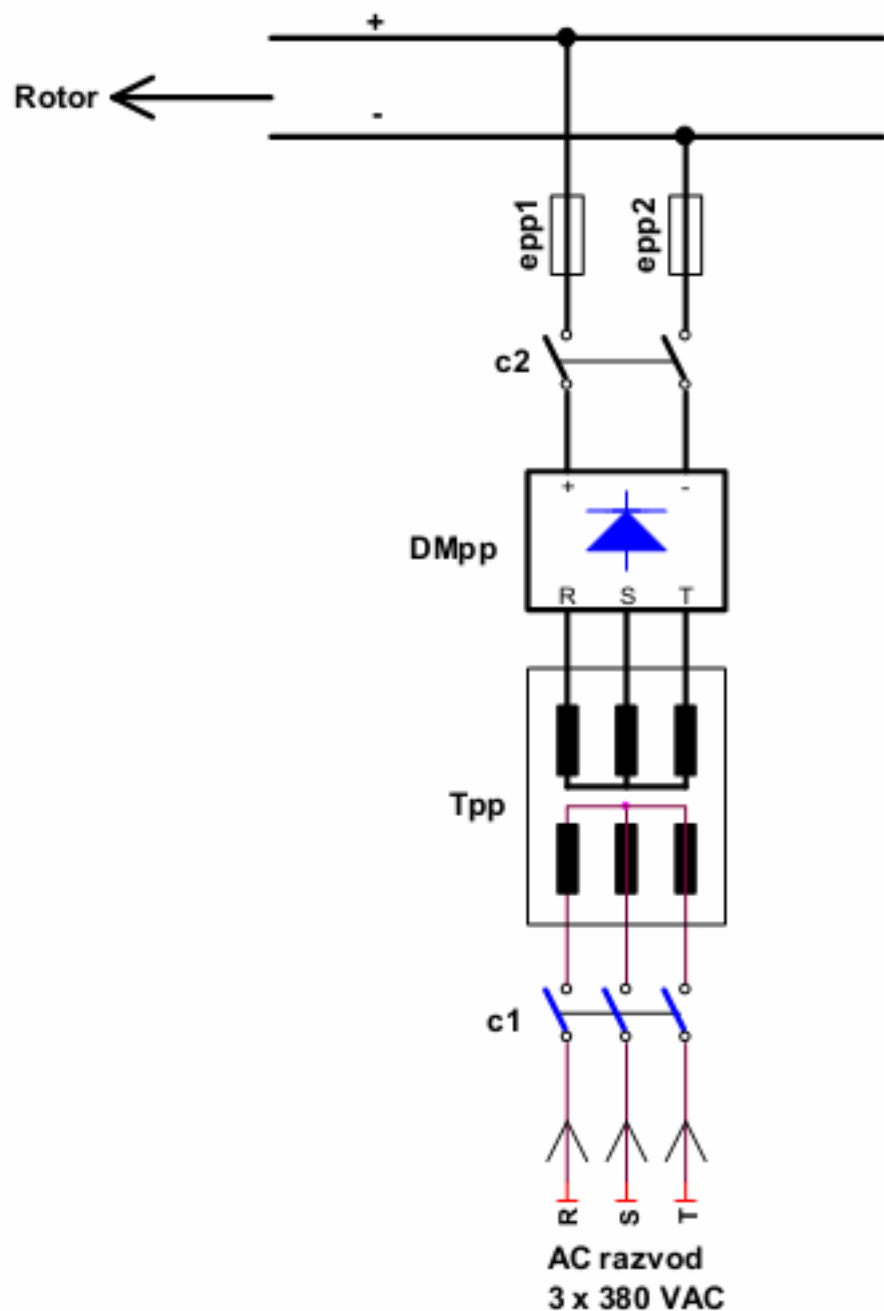


Prenaponska zaštita je dimenzionisana tako da omogući ograničenje prenapona pri asinhronom radu generatora kada dolazi do pojave najvećih prenapona usled promene smera struje kroz tiristorski most. Prorada zaštite se podešava prema relaciji:

$$U_{pz} = 0.8 \cdot V_{DSM} = 0.7 \cdot 2800V = 2240V \Rightarrow U_{pz} = 2200V$$

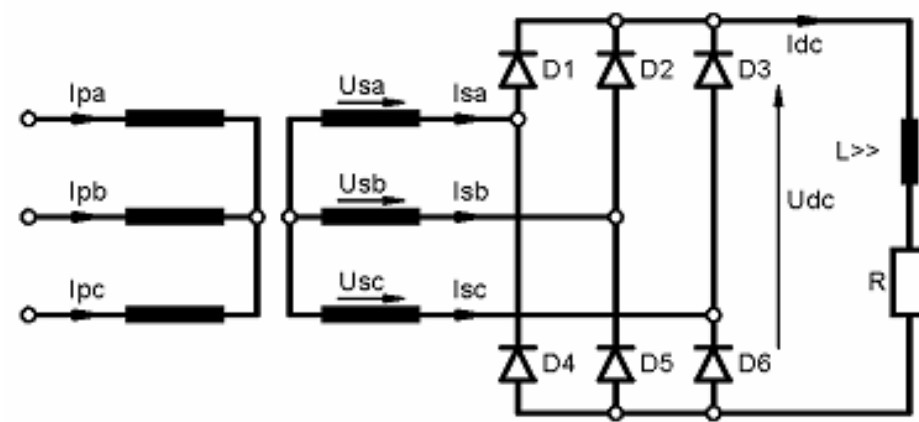
Odrada ove zaštite deluje na isključenje prekidača QD i dovodi do ispada sistema pobude i agregata. !!!

SKLOP ZA POČETNO POBUĐIVANJE



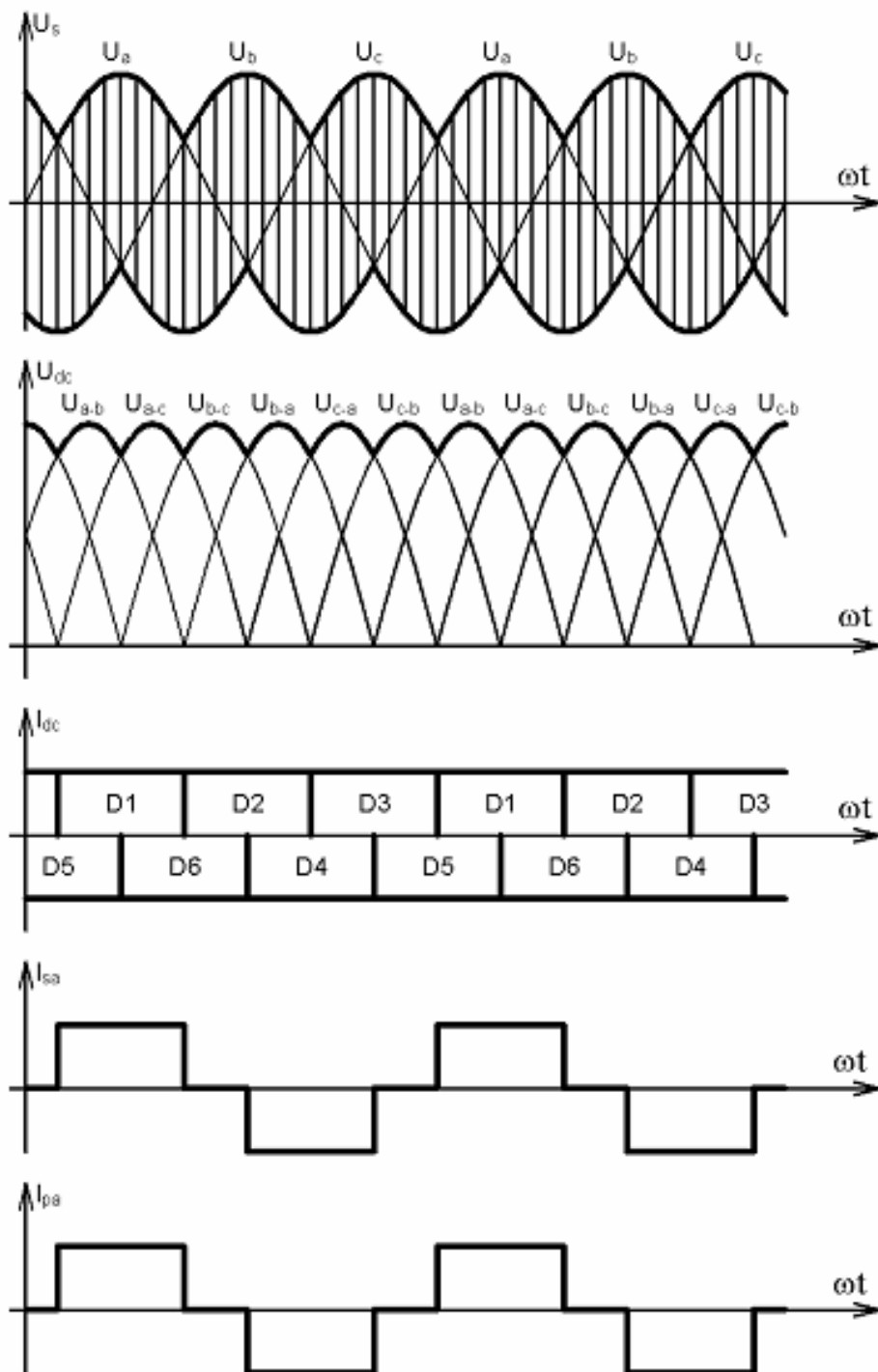
- Sklop za početno pobuđivanje omogućava da otpočne proces pobuđivanja generatora, jer pobudni transformator pri razbuđenom generatoru nije pod naponom.
- Na početku procesa pobuđivanja pobudni namotaj generatora se napaja iz početne pobude dok napon ne postigne 10% nominalne vrednosti, a zatim napajanje pobudnog sistema postepeno preuzima generator.
- Početna pobuda se napaja iz naizmeničnog razvoda elektrane napona 0.4 kV.
- Nalog za uključenje početne pobude daje regulator pri pobuđivanju generatora.
- Početna pobuda se uključuje u trajanju do 5 sekundi.

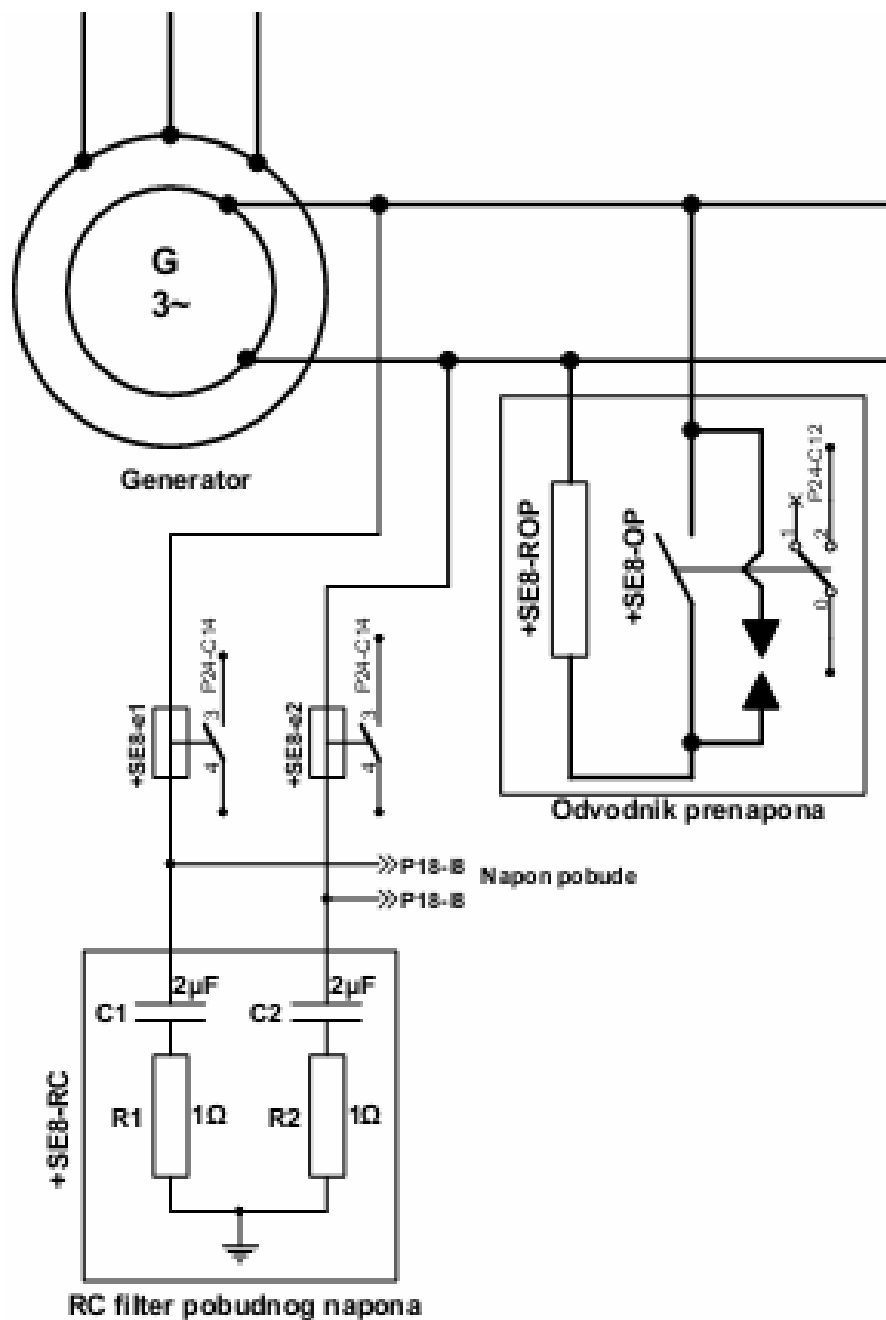
Diodni Trofazni Neupravljivi Ispravljač



U_s -efektivna vrednost mrežnog linijskog
(međufaznog) napona

$$U_{sr} = 1.35 U_s$$





RC FILTER

- RC filter je povezan na izlazu sistema pobude paralelno sa rotorskim namotajem i koristi se za filtriranje pikova napona pobude generatora, koji se javljaju usled komutacija tiristora.
- Filter se sastoji iz: dva kondenzatora od 2 μ F i naponske klase 8 kV, dva otpornika od 1 Ω snage 200 W i dva brza osigurača za 20 A.

KONSTRUKCIJA ZA PROMENU POLARITETA NAPONA NA KLIZNIM PRSTENOVIMA

- Sistem pobude ima na svom izlazu, u sklopu ormara pobude, konstrukciono rešenje za jednostavnu promenu polariteta napona na kliznim prstenovima (npr. vijčanim prespajanjem delova sabirnica) kod stajanja proizvodne jedinice.
-
- Preporučuje se da se promena polariteta izvrši jednom godišnje, kako bi se klizni prstenovi ravnomerno trošili, jer se prstenovi vezani na pozitivan kraj napona pobude brže troše!!!!.