

ENERGETSKI PRETVARAČI NAIZMENIČNOG NAPONA

Naizmjenični pretvarači su elektronski uređaji koji povezuju naizmjenične električne mreže različitih parametara, odnosno pretvaraju naizmjenični napon jednog nivoa u naizmjenični napon drugog nivoa ili naizmjenični napon jedne frekvencije u naizmjenični napon druge frekvencije i sl.

Naizmjenični pretvarači se dele na:

- pretvarače napona
- pretvarače frekvencije

Pretvarači frekvencije mogu biti:

- direktni AC/AC
- indirektni AC/DC/AC (imaju jednosmerno među kolo)

Direktni pretvarači frekvencije se dele prema odnosu ulazne i izlazne frekvencije, načinu isključenja tiristora i prema načinu upravljanja.

Prema odnosu ulazne i izlazne frekvencije naizmjeničnog napona ili struje, direktni pretvarači frekvencije mogu imati:

- nižu izlaznu frekvenciju i
- višu ili nižu izlaznu frekvenciju.

Za isključenje tiristora kod direktnih pretvarača frekvencije mogu se koristiti posebni komutacioni krugovi, a mogu raditi i bez posebnih komutacionih krugova.

Prema načinu upravljanja, direktni pretvarači frekvencije mogu biti:

- anvelopni ili ciklokonvertori (izlazni napon je anvelopa mrežnog napona)
- fazno upravljani

Fazno upravljani mogu biti:

- sa kružnom strujom i
- bez kružne struje

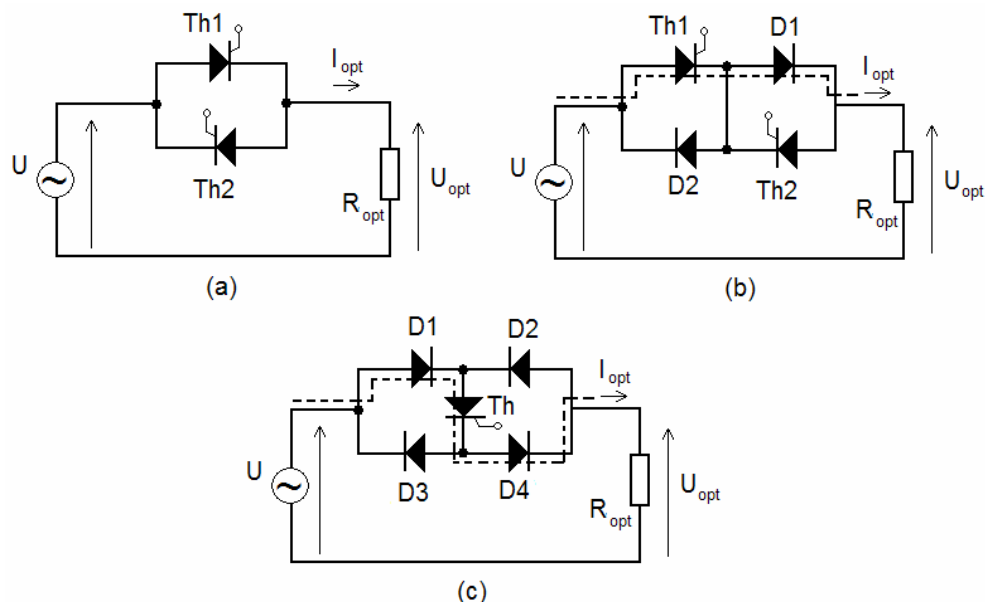
METODE PRETVARANJA NAIZMENIČNOG NAPONA

Ako se dva tiristora međusobno spoje antiparalelno, a zatim na red sa potrošačem, kao što je prikazano na Slici 1, na potrošaču se može regulisati efektivna vrednost naizmjeničnog napona. Za pretvaranje naizmjeničnog napona koriste se:

- Fazne metode,
- Stepnaste i fazno-stepnaste metode,
- Širinsko-impulsna metoda i dr.

Fazne metode pretvaranja naizmjeničnog napona zasnivaju se na upravljanju efektivne vrednosti naizmjeničnog napona na opterećenju, i to tako da se menja trajanje vođenja jednog od antiparalelno spojenih tiristora za vreme poluperioda frekvencije mreže (Slika 1)

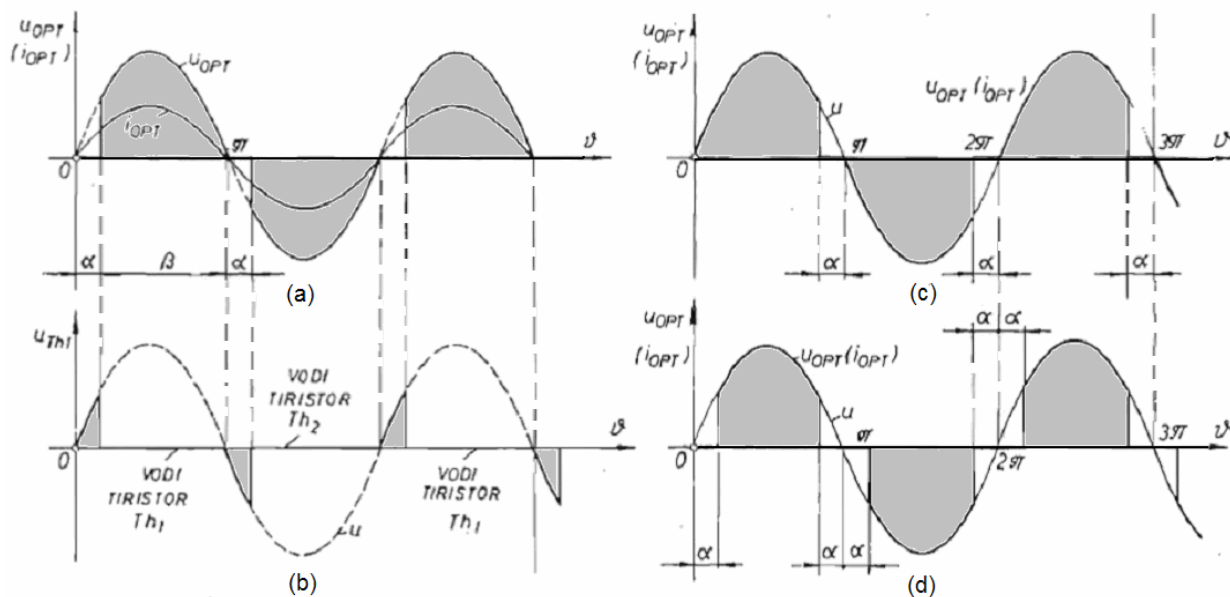
Fazno upravljanje je moguće ostvariti pri kašnjenju ugla upravljanja α (Slika 2(a)), pri prethodjenju ugla upravljanja α (Slika 2(b)), i pri kombinaciji oba načina upravljanja.



Slika 1. Šeme pretvarača naizmeničnog napona; (a) sa antiparalelno spojenim tiristorima, (b) sa tiristorima i nepropusno polarizovanim diodama, (c) sa diodama i zajedničkim tiristorom

PRETVARAČI NAIZMENIČNOG NAPONA SA ČISTIM OTPORNIM OPTEREĆENJEM

Dijagrami napona i struja prikazani na Slici 2. odnose se na monofazne pretvarače naizmeničnog napona sa čistim otpornim opterećenjem. Vrednost ugla ν odgovara vremenu, odnosno $\nu = \omega t$, gde je ω kružna učestanost mreže ($\omega = 2\pi f$; $f = 50(60)\text{Hz}$).



Slika 2. Vremenski dijagrami napona i struja koji ilustruju fazne metode pretvaranja naizmeničnog napona; (a) napona i struje na opterećenju, (b) napona na tiristoru pri zaostajanju ugla α , (c) napona i struje opterećenja pri prethodjenju ugla upravljanja α , (d) napona i struje opterećenja pri dvostranom faznom regulisanju

Pri upravljanju koji odgovara Slici 2(a), prestanak vođenja tiristora se ostvaruje u vremenskim trenucima koji odgovaraju uglovima π , 2π , 3π zbog promene polariteta naizmeničnog napona napajanja po završetku svake poluperiode (prirodna komutacija).

Pri načinu upravljanja koji odgovara slikama 2(c) i 2(d) prestanak vođenja tiristora mora se ostvariti do završetka tekućeg polutalasa napona napajanja. To je moguće postići jedino prinudnom komutacijom tiristora. Zadatak se rešava tako što se u šemu uvode kola za prinudnu komutaciju tiristora ili se jednosmerni tiristori zamenjuju dvosmernim.

Zavisnost efektivne vrednosti napona na opterećenju od ugla upravljanja α (upravljačka karakteristika) za fazno upravljanje s uglom kašnjenja i uglom prethođenja na Slici 2(a) i Slici 2(c), data je izrazom:

$$U_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (\sqrt{2}U)^2 \sin^2 \vartheta d\vartheta}; \quad U_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi-\alpha} (\sqrt{2}U)^2 \sin^2 \vartheta d\vartheta}, \quad (1.1)$$

ili u relativnim jedinicama, za čisto omsko opterećenje ova zavisnost je data kao:

$$\frac{U_{\text{opt}}}{U} = \sqrt{\frac{1}{\pi} (\pi - \alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha)}, \quad (1.2)$$

gde je U – efektivna vrednost naizmeničnog napona na ulazu pretvarača ($U=U_1$ pri nepostojanju i $U=U_2$ pri postojanju ulaznog transformatora) jednaka izlaznom naponu pri $\alpha=0$.

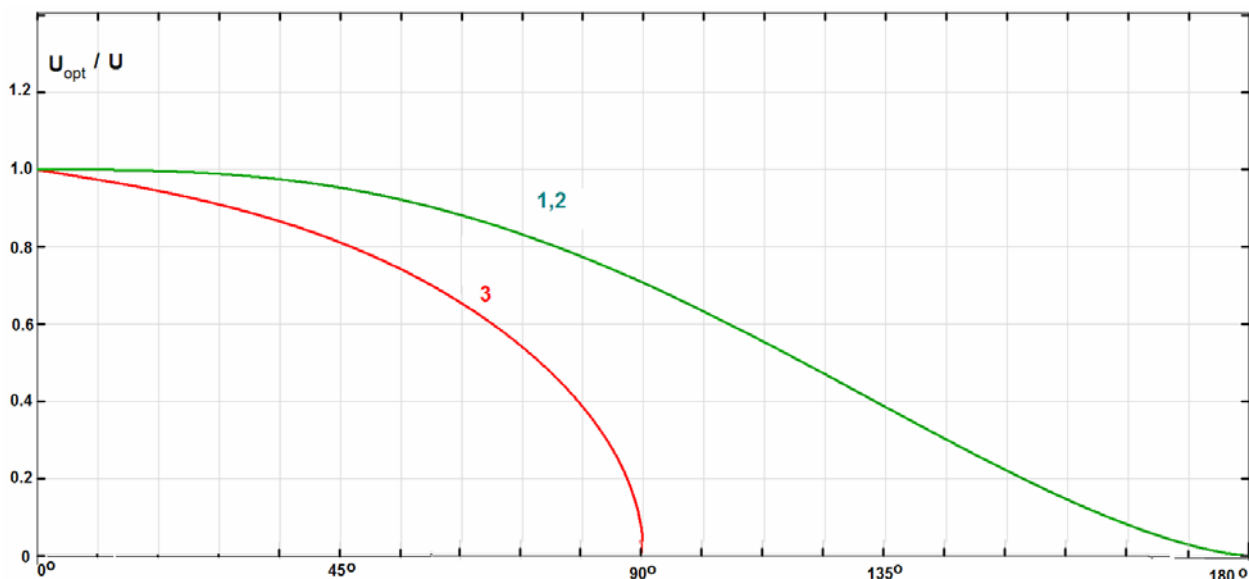
Na analogan način dobiju se izrazi za dvostrano fazno upravljanje:

$$U_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi-\alpha} (\sqrt{2}U)^2 \sin^2 \vartheta d\vartheta}, \quad (1.3)$$

odakle je:

$$\frac{U_{\text{opt}}}{U} = \sqrt{\frac{1}{\pi} (\pi - 2\alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha)}, \quad (1.4.)$$

Na Slici 3. prikazane su upravljačke karakteristike pretvarača naizmeničnog napona određene na osnovi izraza (1.2) i (1.4).



Slika 3. Upravljačke karakteristike pretvarača pri faznim metodama pretvaranja naizmeničnog napona :
1,2 – pri kašnjenju i prethođenju ugla upravljanja α , 3 – pri dvostranoj faznoj regulaciji

Pri čistom aktivnom opterećenju i pri različitim načinima upravljanja krive struje mreže i struje opterećenja i_{opt} podudaraju se po obliku sa krivom napona u_{opt} i pri $\alpha > 0$ razlikuju se od sinusoide. Drugim rečima, za ove pretvarače i za ispravljače, značajne je procena efikasnosti potrošnje snage iz mreže $\delta = k \cdot \cos \varphi$. Faktor izobličenja k je mera odstupanja krive struje od sinusoide. Parametar karakteriše ugao faznog pomeraja prvog harmonika struje opterećenja i krive napona mreže.

U regulacionom smislu, u sklopu na Slici 2 (a) prvi harmonik struje zaostaje za naponom, dok prema Slici 2(c) prethodi naponu.

Za oba načina upravljanja faktor pomeraja i faktor izobličenja određuju se pomoću izraza:

$$\cos \varphi = \frac{\pi - \alpha + 0.5 \sin 2\alpha}{\sqrt{(\pi - \alpha)^2 + (\pi - \alpha) \sin 2\alpha + \sin^2 \alpha}} \quad (1.5)$$

$$k = \sqrt{\frac{(\pi - \alpha)^2 + (\pi - \alpha) \sin 2\alpha + \sin^2 \alpha}{\pi(\pi - \alpha + 0.5 \sin 2\alpha)}} \quad (1.6)$$

Pri dvostranom faznom upravljanju, kao što pokazuje Slika 2(d), fazni ugao $\varphi = 0$ i $\cos \varphi = 1$, pa je faktor izobličenja:

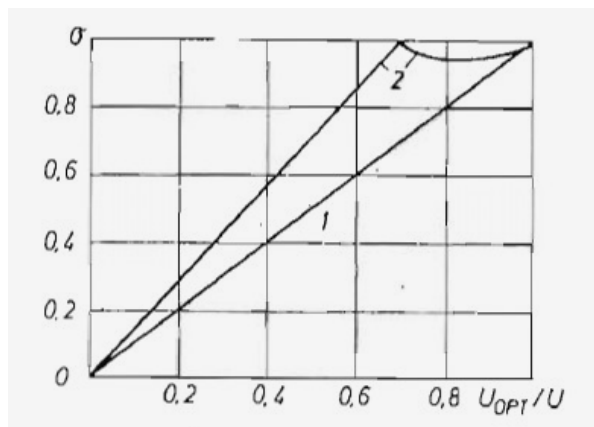
$$k = \sqrt{\frac{\pi - 2\alpha + \sin 2\alpha}{\pi}} \quad (1.7)$$

Pomoću izraza (1.5)- (1.7) možemo odrediti faktor snage:

$$\sigma = \frac{U_{opt}}{U}, \quad (1.8.)$$

Ova vrednost nam govori, da u jednostranim pretvaračima naizmeničnog napona, nezavisno od metode faznog upravljanja, je faktor snage jednak relativnom naponu na opterećenju i stoji s njim u linearnom odnosu, kriva 1 na slici 4.

Isti faktor snage za posmatrane metode faznog upravljanja dobija se na račun većih izobličenja krive struje i_{opt} prema Slici 2 (d), a u odnosu na Sl. 2(a) i 2.(c), odnosno na račun manjeg faktora k.



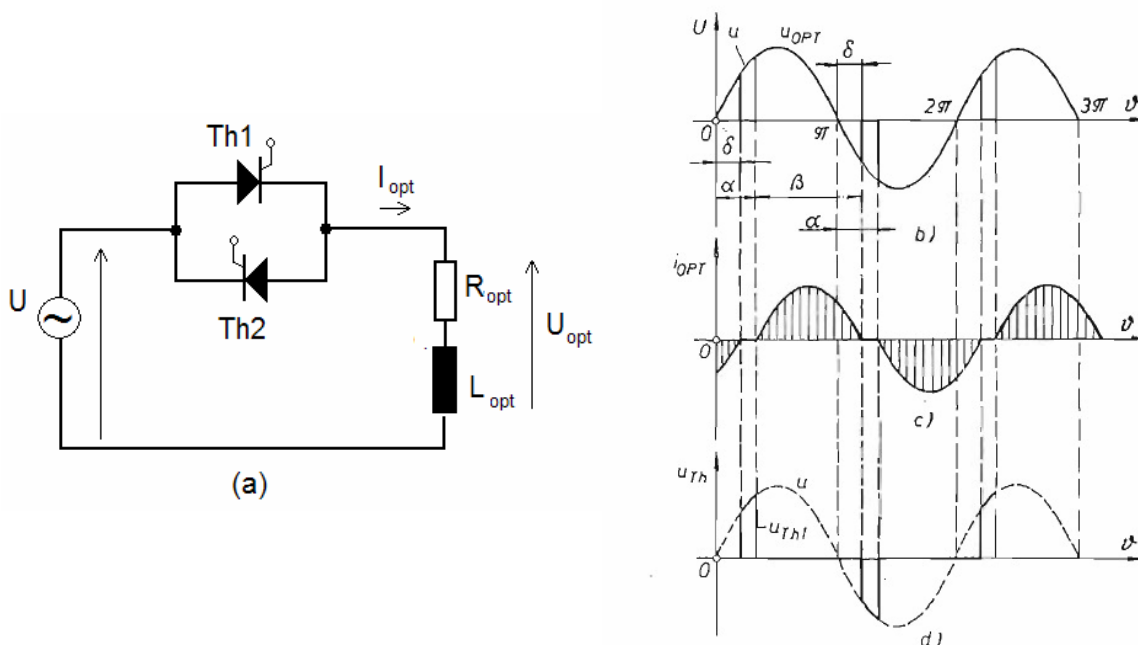
Slika 4. Dijagram zavisnosti faktora snage pretvarača naizmeničnog napona od relativne vrednosti napona na opterećenju: 1 - za jednostrane pretvarače, 2 - za grupno upravljanje

Da bi se povećao faktor σ , upravljanje snage potrošača, npr. grejača električnih peći, ostvaruje se tako da se grupa pretvarača napaja iz zajedničke mreže. Povećanje faktora snage objašnjava se time što se struje osnovnih i viših harmonika, koji su nastali u mreži za napajanje pri odvojenom radu pretvarača, sumiraju geometrijski pa fazni pomeraj ukupnog osnovnog harmonika u odnosu na napon napajanja i ukupne amplitude viših harmonika postaje manji od onoga u jednom pretvaraču koji radi punom snagom. Suštinski, postignuti efekat je posledica kombinacije razmotrenih načina upravljanja. Ovo je ilustrovano krivom 2 na Slici 4, i to za dva tipa pretvarača kojima se upravlja po zakonima koji odgovaraju slikama 2(a) i 2 (c).

PRETVARAČI NAIZMENIČNOG NAPONA SA INDUKTIVNIM OPTEREĆENJEM

Induktivnost u kolu opterećenja unosi promene u karakter struje i napona na opterećenju. Taj uticaj će biti razmotren za faznu metodu upravljanja sa uglom kašnjenja uključenja tiristora, kao što je prikazano na Slici 2(a).

Na slici 5. prikazana je šema pretvarača sa pretežno induktivnim opterećenjem i vremenski dijagrami napona i struje.



Slika 5. Pretvarač naizmeničnog napona sa pretežno induktivnim opterećenjem; (a) šema, (b) vremenski dijagram napona na opterećenju, (c) vremenski dijagram struje opterećenja, d) vremenski dijagram napona na tiristoru Th_1

Pri čistom omskom opterećenju struja i_{opt} postaje jednaka nuli pri prolasku napona napajanja kroz nulu, kao što pokazuje Slika 2 (a). Interval vođenja tiristora je $\beta = \pi + \alpha$. Oblik krive i_{opt} podudara se sa oblikom krive u_{opt} . Induktivnost L_{opt} usporava porast struje i_{opt} pri uključenju tiristora i sprečava njeno smanjenje pri smanjenju napona U , kao što pokazuje Slika 5(c). Struja i_{opt} teče kroz opterećenje i odgovarajući tiristor i posle prolaska napona mreže kroz nulu dostiže vrednost nula nakon pomaka δ u predelu narednog polutalasa napona U . Period vođenja tiristora povećava se za ugao delta, tj. $\beta = \pi - \alpha + \delta$. Na račun povećanja perioda vođenja tiristora u krivoj u_{opt} , kao i kod upravljačkih ispravljača, nastaju delovi napona U , (Slika 5(b)), kojih nema pri čistom omskom opterećenju. Period pauze u krivoj izlaznog napona smanjuje se do vrednosti $\alpha - \delta$. To dovodi i do promene oblika krive napona na tiristoru, kao što pokazuje Slika 5(d). Efektivna vrednost napona na opterećenju određuje se pomoću izraza:

$$U_{opt} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\delta} (\sqrt{2}U)^2 \sin^2 \vartheta d\vartheta}, \quad (1.9.)$$

tako da je relativna vrednost napona na opterećenju jednaka:

$$\frac{U_{opt}}{U} = \sqrt{\frac{1}{\pi} (\pi - (\alpha - \delta) + \frac{1}{2} \sin 2\alpha - \frac{1}{2} \sin 2\delta)}. \quad (1.10)$$

Struja opterećenja u periodu vođenja β svakog tiristora se dobija iz analize prelaznog procesa koji nastaje nakon ulaska tiristora u rad. Ta struja se sastoji iz dve komponente: prinudne

i slobodne. Prinudna komponenta struje opterećenja zaostaje za ugao $\varphi = \arctg\left(\frac{\omega L_{opt}}{R_{opt}}\right)$ za

naponom napajanja $u = \sqrt{2}U \sin \vartheta$.

Ona je jednaka odnosu:

$$i_{optpr} = \frac{\sqrt{2}U}{\sqrt{R_{opt}^2 + \omega^2 L_{opt}^2}} \sin(\vartheta - \varphi) \quad (1.11)$$

Slobodna komponenta opada po eksponencijalnom zakonu:

$$i_{optsl} = A \cdot e^{-\frac{\vartheta - \alpha}{\omega \tau}} \quad (1.12)$$

sa vremenskom konstantom $\tau = \frac{L_{opt}}{R_{opt}} = \frac{tg\varphi}{\omega}$

U trenutku $\vartheta = \alpha$ suma prinudne i slobodne komponente jednaka je nuli:

$$\frac{\sqrt{2}U}{\sqrt{R_{opt}^2 + \omega^2 L_{opt}^2}} \sin(\alpha - \varphi) + A = 0 \quad (1.13)$$

odakle dolazimo do koeficijenta A:

$$A = -\frac{\sqrt{2}U}{\sqrt{R_{opt}^2 + \omega^2 L_{opt}^2}} \sin(\alpha - \varphi) \quad (1.14)$$

Pomoću izraza (1.11) i (1.12) dobijamo da je:

$$i_{opt} = \frac{\sqrt{2}U}{\sqrt{R_{opt}^2 + \omega^2 L_{opt}^2}} \left[\sin(\vartheta - \alpha) - \sin(\alpha - \varphi) e^{-\frac{\vartheta - \alpha}{\omega \tau}} \right] \quad (1.15)$$

Pri čistom aktivnom opterećenju ($L_{opt}=0$, $\varphi=0$, $tg\varphi=0$), jednačina (1.15) prelazi u oblik:

$$i_{opt} = \frac{\sqrt{2}U}{R_{opt}} \sin \vartheta, \quad (1.16)$$

tj. kriva struje i_{opt} u periodu vođenja tiristora određena je sinusnim naponom napajanja (Slika 2(a)).

Posle ubacivanja vrednosti $\vartheta = \pi + \delta$ u relaciju (1.15) koja odgovara struji $i_{opt}=0$ (Slika 5 (b), (c)), dolazimo do transcendentne jednačine:

$$\sin(\delta - \varphi) + \sin(\alpha - \varphi) e^{-\frac{\pi + \delta - \alpha}{\omega \tau}} = 0 \quad (1.17)$$

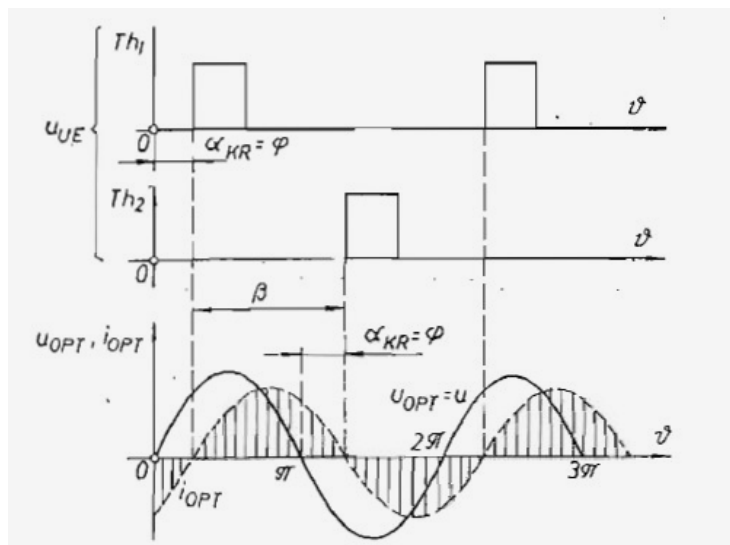
koja se može koristiti za određivanje ugla δ .

Pri pretežno induktivnom opterećenju pretvarača značajno je pitanje i određivanje kritičnog ugla $\alpha = \alpha_{kr}$, pri kome interval vođenja struje δ potpuno prekriva interval α .

U tom slučaju, prema Slici 6, struja i_{opt} se smanjuje do nule u trenutku $\vartheta = \pi + \alpha$ (tj. trenutak prestanka vođenja jednog tiristora podudara se sa vremenom početka vođenja drugog tiristora). U krivoj napona u_{opt} i struje i_{opt} nema pauza, a trajanje vođenja β svakog tiristora jednako je 180° . Iz jednačine (1.17) sledi da takav režim nastaje pri $\alpha = \alpha_{kr} = \varphi = \delta = \arctg(\omega L_{opt} / R_{opt})$. Efektivna vrednost napona na opterećenju ima najveću vrednost i njena relativna jedinica, prema jednačini (1.10), je jednaka jedinici. Kriva struje i_{opt} je neprekidna i sinusna. U skladu sa izrazom (1.15) pri $\alpha = \alpha_{kr}$, biće:

$$i_{opt} = \frac{\sqrt{2}U}{\sqrt{R_{opt}^2 + \omega^2 L_{opt}^2}} \sin(\vartheta - \varphi) \quad (1.18)$$

Očigledno je da će analogan režim rada biti i pri uglovima $\alpha_{kr} > \alpha > 0$. Područje uglova α od nule do α_{kr} je neupravljiva zona pretvarača u kojoj promena ugla α ne utiče na promenu efektivne vrednosti napona na opterećenju i njegove struje.



Slika 6. Vremenski dijagrami napona i struje pretvarača naizmeničnog napona pri kritičnoj vrednosti ugla upravljanja

Izvršena analiza rada sklopa prikazanog na Slici 1(a), može se primeniti i na njegove varijante na slikama 1(b) i 1(c).

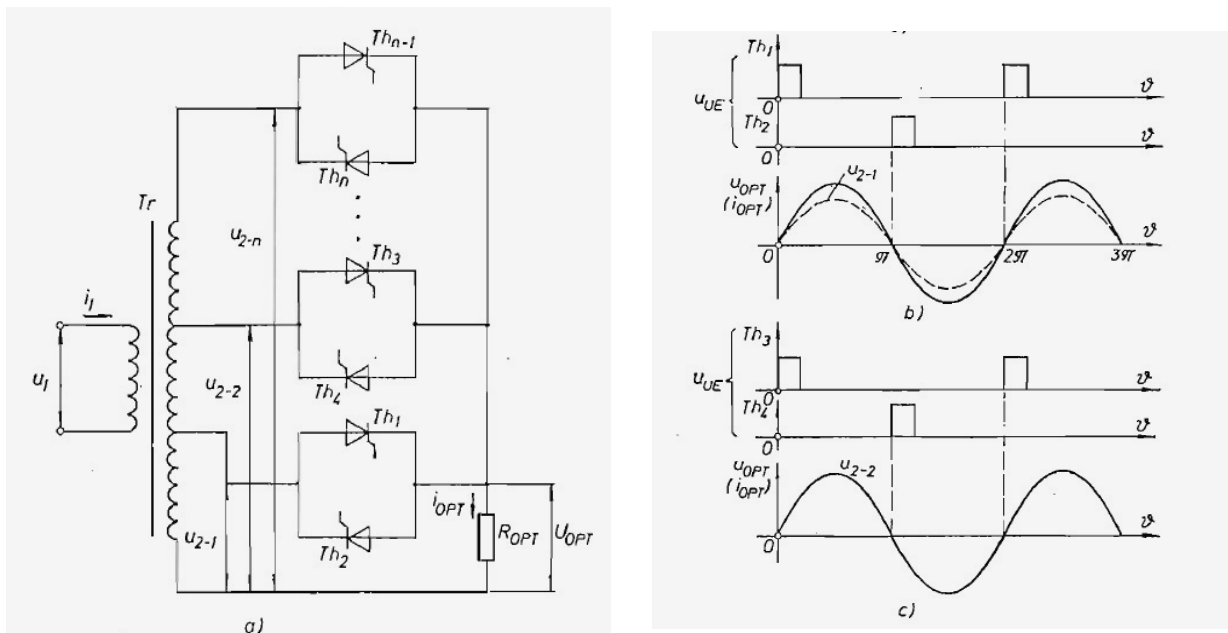
U šemi prikazanoj na Slici 1(b), koriste se dopunske diode D_1 i D_2 spojene antiparalelno tiristorima tako da je inverzni napon na tiristorima za vreme rada blizak nuli. Zbog toga su naponski zahtevi koji se postavljaju na tiristore jednostavniji, jer će tiristor voditi samo iznad maksimalne vrednosti propusnog napona. Struja opterećenja odgovarajućeg smera teče u datom spoju kroz rednu vezu diode i tiristora. Kriva inverznog napona na diodi pri regulisanju ima isti izgled kao i kriva inverznog napona jednog tiristora u spoju na Slici 1(a).

U spoju prikazanom na Slici 1(c) koristi se samo jedan tiristor. Struja opterećenja teče kroz tri redno spojena elementa (tiristor Th i dve unakrsno spojene diode). Zbog postojanja dioda D_1 - D_4 , na tiristor Th deluje propusni napon nezavisno od polariteta napona U tako da je prestanak vođenja tiristora moguć samo pri čistom aktivnom opterećenju. Prestanak vođenja tiristora se ostvaruje na račun smanjenja struje i_{opt} do nule, u trenutku prolaska napona U kroz nulu. Ako u kolu opterećenja postoji induktivnost, spoj gubi sposobnost faznog regulisanja, jer trenutcima prolaska struje kroz nulu odgovara propusni napon na tiristoru pa bi se tiristor nalazio u stanju neprekidnog vođenja struje, nezavisno od ugla upravljanja α . Struja i_{opt} bi u tom slučaju imala sinusni oblik u skladu sa izrazom (1.18).

Spojevi trofaznih pretvarača naizmeničnog napona sa faznom regulacijom realizuju se po analogiji sa jednofaznim spojevima. U ovom slučaju celokupna analiza se izvodi sa svaku fazu ponaosob. Na osnovu izračunatih faznih struja i napona, se jednostavno mogu izračunati linijski naponi i struje zavisno od sprege trofaznog pretvarača (zvezda ili trougao).

STEPENASTA METODA PRETVARANJA NAIZMENIČNOG NAPONA

Osobina stepenaste metode upravljanja je stepenasta promena amplitude (efektivne vrednosti) naizmeničnog napona na opterećenju bez promene njihovog oblika. Ova metoda se ostvaruje pomoću transformatora na kome se izvodi sekundarnog namotaja spajaju na opterećenje preko anti-paralelnih tiristora, kao što pokazuje Slika 7.



Slika 7. Pretvarač naizmeničnog napona sa stepenastim upravljanjem: a) šema, b) i c) vremenski dijagrami napona

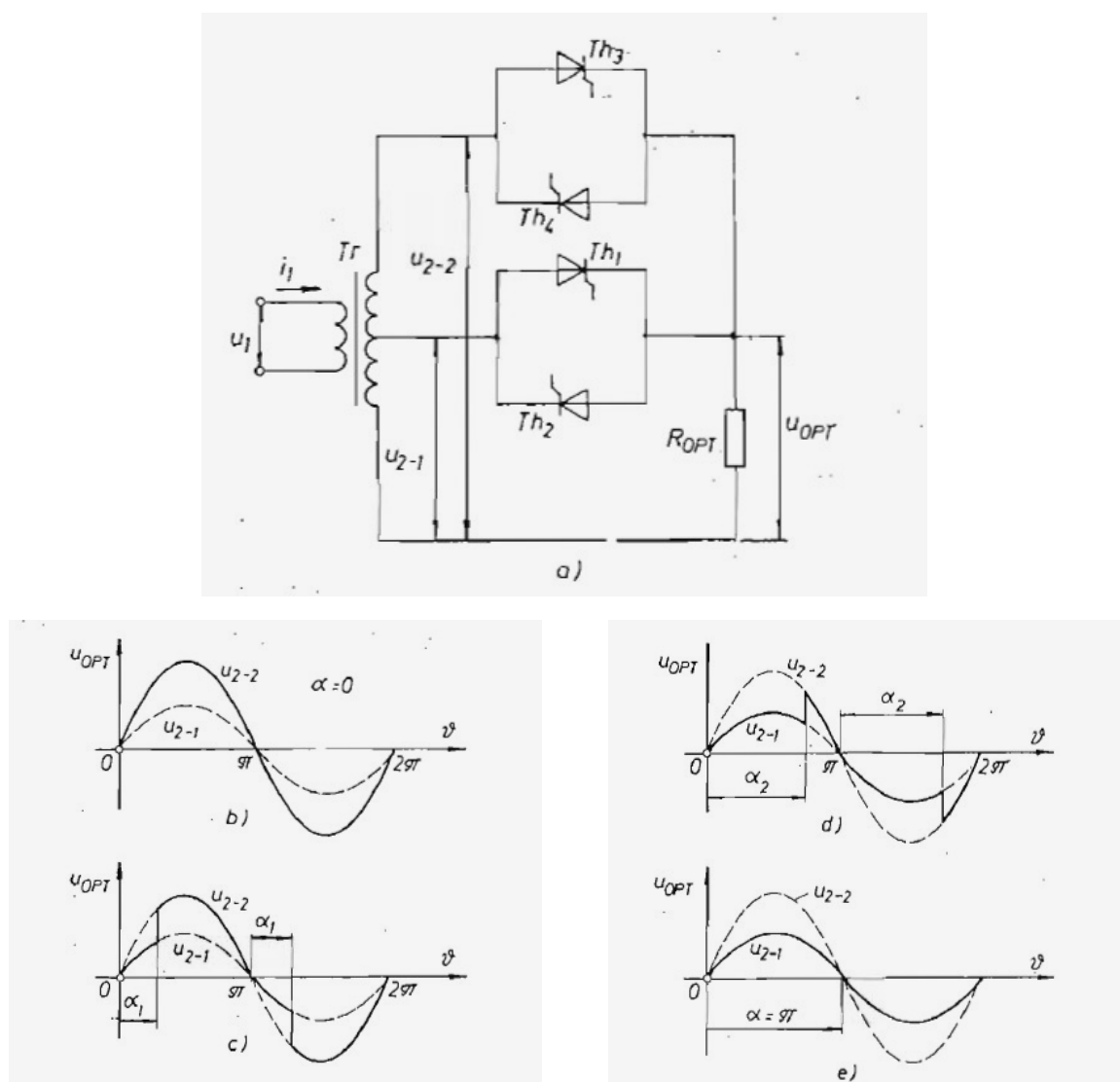
Početak vođenja tiristora nastaje pri prolasku naizmeničnog napona kroz nulu, kao što pokazuju Slike 7(b), (c). Regulisanje snage na potrošaču ostvaruje se pomoću upravljačkog sistema koji selektivno šalje impulse na odgovarajući par anti-paralelnih tiristora i uključuje ih. Prednosti ove metode su nepostojanje izobličenja oblika struje mreže i faznog pomeraja struje u odnosu na napon mreže (pri čistom aktivnom opterećenju).

FAZNO STEPENASTA METODA PRETVARANJA NAIZMENIČNOG NAPONA

Ova metoda se zasniva na zajedničkom korišćenju stepenaste i fazne metode regulisanja. Ona se realizuje prema šemi sa transformatorom na ulazu, kao što pokazuje Slika 7 (a). U zavisnosti od broja stepeni sekundarnog napona transformatora u_2 , postoji dvostepeno, trostepeno, četvorostepeno i višestepeno regulisanje.

Suština fazno stepenaste metode svodi se na korišćenje faznog upravljanja pri kontinualnoj promeni efektivne vrednosti napona na potrošaču u svakom delu stepena izlaznog napona. Zbog širokog raspona kontinualnog upravljanja napona, fazno stepenasta metoda daje visoku vrednost faktora snage u odnosu na fazne metode.

Princip fazno stepenaste metode upravljanja razmotrimo detaljnije na primeru dvostepenog pretvarača prikazanog na Slici 8.



Slika 8. Dvostepeni pretvarač naizmeničnog napona; (a) šema, (b) – (e) vremenski dijagrami napona za različite uglove upravljanja

Upravljački impulsi za uključenje tiristora Th_1 i Th_2 nižeg stepena dovode se u trenutku prolaza napona napajanja kroz nulu. Uključenje tiristora Th_3 i Th_4 nastaje pri uglu zaostajanja α u odnosu na pomenuti trenutak.

Pri uglu $\alpha = 0$ trenutci nailaska impulsa za uključenje za obe grupe tiristora (Th_1, Th_2, Th_3 i Th_4) se podudaraju. Isto tako, upravljački impulsi uslovljavaju naizmenično uključenje samo tiristora Th_3 i Th_4 iz više grupe. Tiristori Th_1 i Th_2 ostaju isključeni pod uticajem razlike napona ($u_{2-2} - u_{2-1}$). Zbog toga je pri $\alpha = 0$ napon na opterećenju određen naponom u_{2-2} višeg stepena, kao što pokazuje Slika 8(b). Polutalas napona u_{opt} pozitivnog polariteta formira se pri isključenom tiristoru Th_3 , a polutalas napona negativnog polariteta pri isključenom tiristoru Th_4 .

Pri uglovima $\pi > \alpha > 0$ (Slike 8(c) i 8(d)), upravljački impulsi za uključenje tiristora Th_3 i Th_4 nailaze s vremenskim zaostajanjem u odnosu na upravljačke impulse za uključenje tiristora Th_1 i Th_2 . U periodu α provodi ili tiristor Th_1 (pri pozitivnom polaritetu napona u_{2-1}) ili tiristor Th_2 (pri negativnom polaritetu napona u_{2-1}) tako da se u vezi s tim periodi krive napona u_{opt} određuju odseccima sinusoide u_{2-1} . Upravljački impuls koji dolazi na tiristor Th_3 (ili Th_4) nakon intervala α izaziva uključenje ili isključenje pod delovanjem napona ($u_{2-2} - u_{2-1}$) ranije uključenog tiristora nižeg stepena. Napon na opterećenju do završetka tekućeg polutalasa napona napajanja određen je naponom u_{2-2} sekundarnog namotaja transformatora (Slike 8(c), (d)).

Dovođenje upravljačkog impulsa na tiristore višeg stepena sa uglom $\alpha = \pi$ (Slika 8(d)), ne dovodi do njihovog uključjenja tako da je napon na opterećenju određen sinusoidalnom naponom u_{2-1} nižeg stepena u uslovima naizmeničnog vođenja tiristora Th_1 i Th_2 .

Na taj način, pri kontinualnom upravljanju ugla α (trenutkom uključjenja tiristora Th_3 i Th_4), pretvarač ostvaruje promenu efektivne vrednosti napona na opterećenju u oblasti napona od u_{2-1} do u_{2-2} .

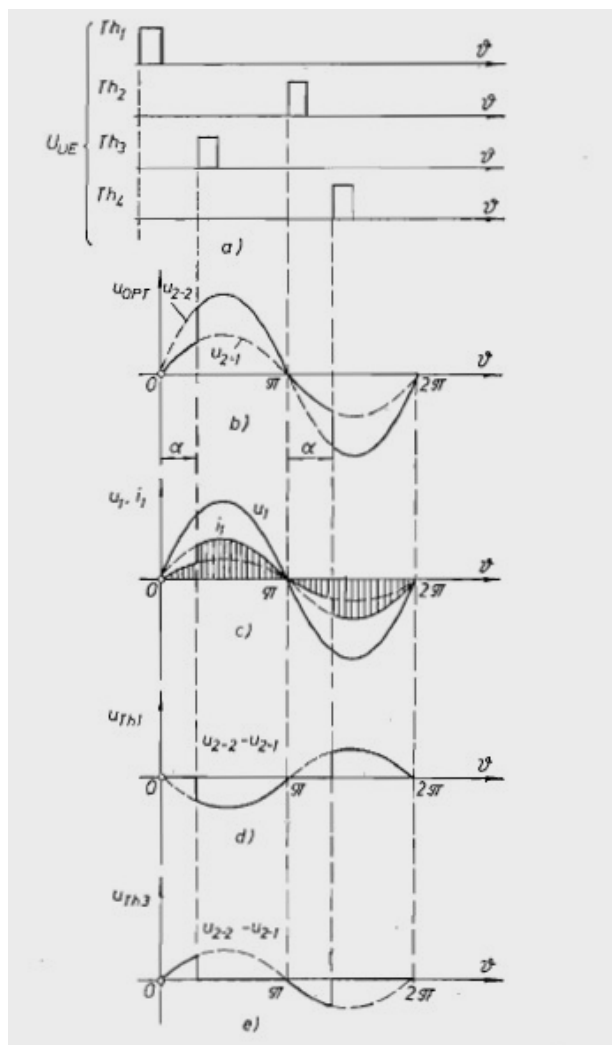
Upravljačku karakteristiku $u_{opt} = f(\alpha)$ nalazimo iz izraza za efektivnu vrednost napona dvostepene krive (Slika 8(c)):

$$U_{opt} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\alpha} (\sqrt{2}U_{2-1})^2 \sin^2 \vartheta d\vartheta + \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (\sqrt{2}U_{2-2})^2 \sin^2 \vartheta d\vartheta} \quad (1.19)$$

ili posle pojednostavljenja:

$$U_{opt} = \sqrt{\frac{U_{2-1}^2}{\pi} \left(\alpha - \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right) + \frac{U_{2-2}^2}{\pi} \left(\pi - \alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right)} \quad (1.20)$$

Na Slici 9. prikazani su vremenski dijagrami napona i struja koji ilustruju procese u sklopu pretvarača sa Slike 8(a), pri fazno stepenastoj metodi upravljanja.



Slika 9. Vremenski dijagrami napona i struja pretvarača naizmjeničnog napona sa dvostepenim faznim upravljanjem

ŠIRINSKO IMPULSNA METODA PRETVARANJA NAIZMENIČNOG NAPONA

Regulisanje po ovoj metodi zasniva se na promeni broja perioda naizmjeničnog napona koji se propušta na opterećenje. Ovaj način upravljanja naizmjeničnog napona može se ostvariti pomoću sklopova prikazanih na Slici 1.

Režim širinsko-impulsnog upravljanja može se ostvariti npr. pomoću sklopa sa Slike 1(a), tako da se uključenje i isključenje tiristora odvija u vremenu dužem od perioda frekvencije napona mreže. Ako nema upravljačkog impulsa, tiristori ne propuštaju struju i opterećenje je odvojeno od mreže. Ako se na upravljačke elektrode dovede upravljački impuls, tiristori se uključuju na početku svakog poluperioda (rade kao diode) i opterećenje je spojeno na mrežu.

Pri kratkom uključivanju i isključivanju opterećenja antiparalelno spojene tiristore možemo smatrati beskontaktnim prekidačima za uključenje i isključenje potrošača, kao što su motori,

grejači i sl. Ako se uključivanje i isključivanje potrošača odvija sa regulisanim trajanjem uključenog t_v i isključenog t_1 stanja, pri relativnoj promeni trajanja:

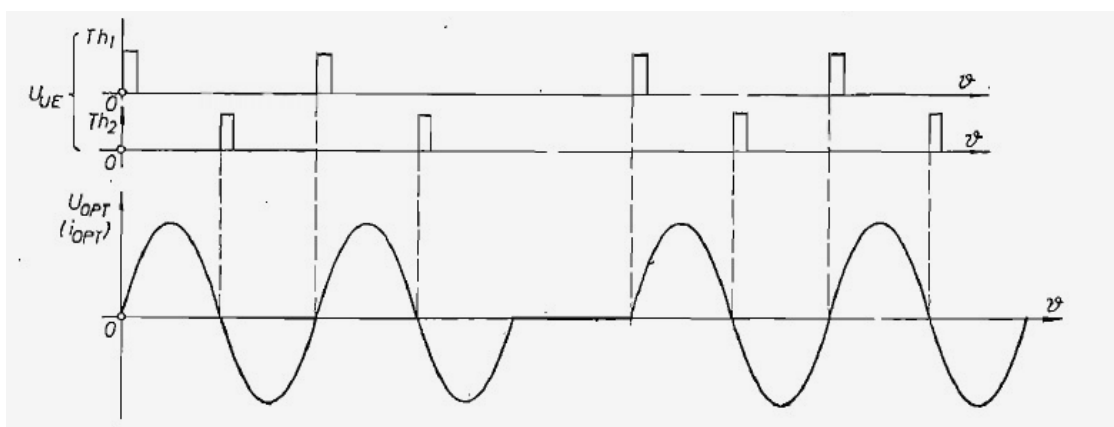
$$\gamma = \frac{t_v}{t_v + t_1} = \frac{t_v}{T} \quad (1.21)$$

ostvaruje se regulacija srednje snage na potrošaču:

$$P_{optsr} = P_{MAX} \cdot \gamma \quad (1.22)$$

gde je P_{MAX} – snaga potrošača bez prisustva regulacije ($t_1=0$).

Na slici 10. prikazani su vremenski dijagrami napona koji ilustruju princip rada pretvarača naizmeničnog napona za datu metodu regulisanja.



Slika 10. Vremenski dijagrami napona koji ilustruju princip širinsko-impulsne metode upravljanja na sniženoj frekvenciji

Ova metoda omogućuje regulisanje snage na opterećenju u rasponu od $\frac{U^2}{R_{opt}}$ do nule.

Nedostatak ove metode je prisustvo harmonika u struji mreže pri radnim frekvencijama nižim od 50Hz, što je posledica impulsnog karaktera trošenja energije iz mreže. Ovaj nedostatak se u znatnoj meri može umanjiti ako se napajanje vrši iz zajedničke naizmenične mreže za grupu od nekoliko pretvarača tako da se vrši kompenzovanje smanjene potrošnje jednog pretvarača potrošnjom drugog pretvarača.