

## HARMONICI

Smanjivanje sadržaja harmonika THD potrebno je zbog:

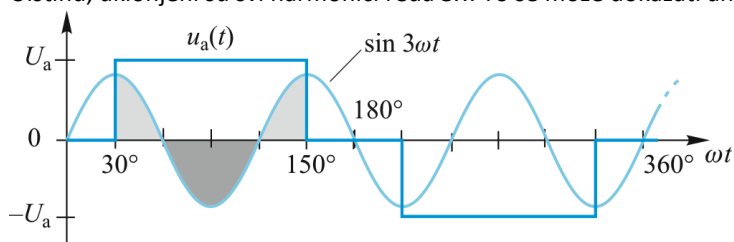
- harmonici smanjuju faktor snage na izmjeničnim priključcima,
- izvor su smetnji za upravljačke sklopove i druge uređaje,
- kod motora harmonici mogu pobuditi mehaničke rezonancije i uzrokovati akustičku buku trošila.

Niskopropusni filtri, sastavljeni od serijske prigušnice i paralelnog kondenzatora, nisu dovoljno dobar način za potiskivanje neželjenih harmonika. Koriste se metode aktivnog smanjivanja harmonika:

- metoda uklanjanja harmonika,
- metoda poništavanja harmonika,
- metoda premještanja harmonika (metoda širinsko-impulsne modulacije, metoda modulacije širine impulsa, PWM).

### Treći harmonik napona kvazipravokutnog valnog oblika

Odgovarajućim izborom  $\delta$  može se potpuno ukloniti treći harmonik. Treći harmonik ne postoji ako je  $\delta = 30^\circ$  el. Uistinu, uklonjeni su svi harmonici reda  $3n$ . To se može dokazati analizom Fourierovih koeficijenata.

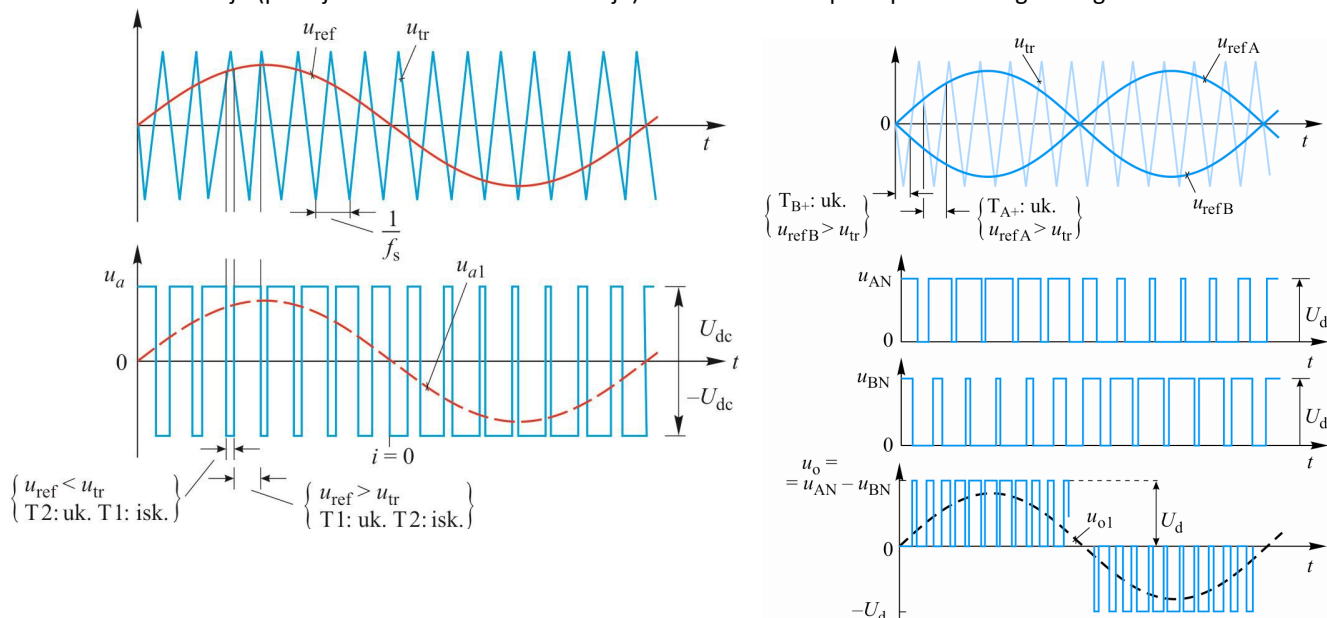


Pozitivne slabozatamnjene površine jednake su negativnim jako zatamnjenim površinama. Zato je uklonjen treći harmonik napona kvazipravokutnog valnog oblika.

### Istodobno uklanjanje trećeg i poništavanje petog harmonika

Poništavanje određenih harmonika postignuto je dodavanjem fazno pomaknutih izlaznih napona dvaju jednakih pretvarača u mosnom spoju pa dobijemo trofazni izlazni napon.

**PWM** – smanjivanje sadržaja harmonika se rješava premještanjem harmonika na frekvencije koje su dovoljno visoke da je filtriranje moguće i s manji komponentama. Modulacija širine impulsa je metoda smanjivanja faktora THD izlazne struje premještanjem harmonika na više frekvencije. Izlazni napon izmjenjivača dobiven modulacijom širine impulsa i napon pravokutnog valnog oblika imaju približno jednak faktor izobličenja napona THD. Međutim, harmonici napona PWM valnog oblika imaju mnogo veću frekvenciju (premješteni su na više frekvencije) od harmonika napona pravokutnog valnog oblika.

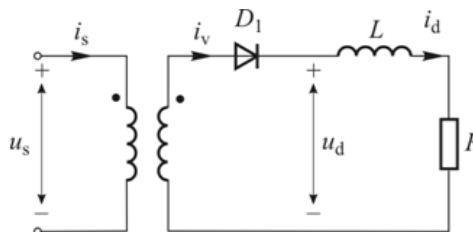
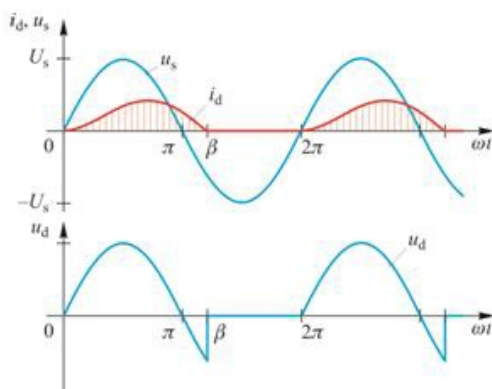


## Active front end – PWM usmjerivači

Mi koji smo bili kod Viktora smo dobili ova tri pitanja:

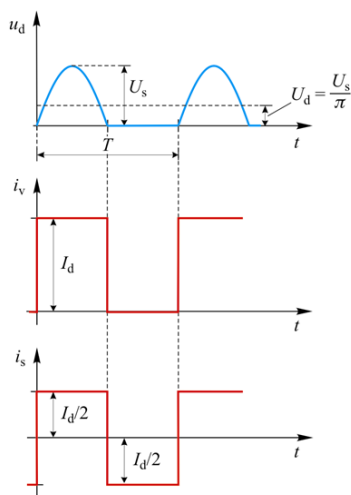
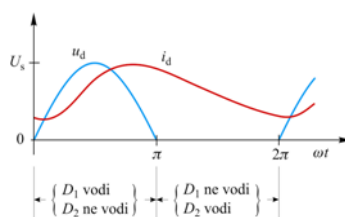
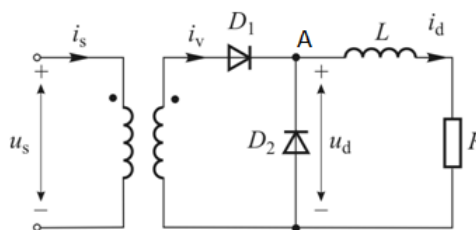
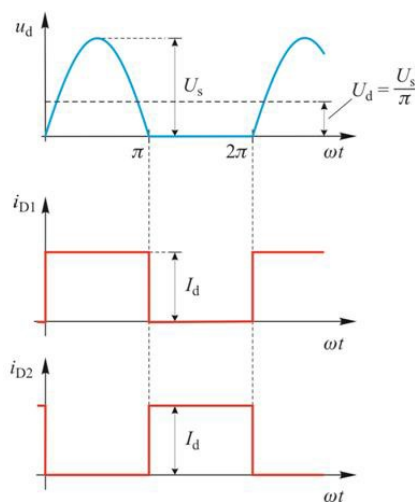
1. Ispravljački spojevi i fazno upravljivi upravljački spojevi - (a) razlika, (b) srednja vrijednost napona trošila uz komutaciju i razlika pri spajanju na 50 Hz i 60 Hz mrežu.

### Jednofazni diodni spoj



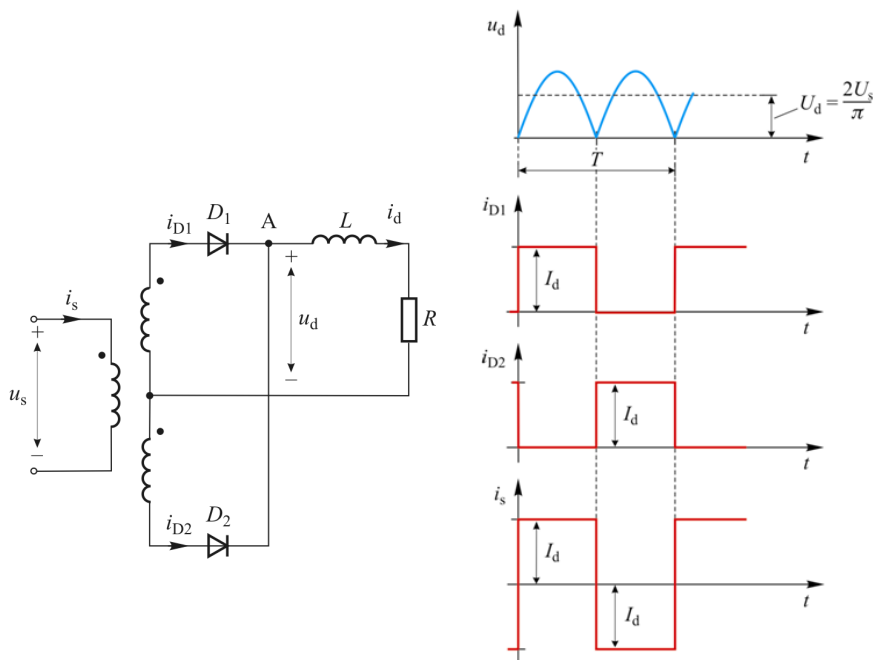
Problem kod ovog spoja je tzv. regulacija izlaznog napona trošilom.

### Jednofazni diodni spoj s porednom diodom (polumosni spoj)



nedostatak jednofaznog spoja s porednom diodom je jednopulsnost izlaznog napona. U prazninu treba dodati još jedan poluval. To se postiže tako da se poredna dioda spoji na napon- Jednofazni diodni spoj sa srednjom točkom. Polunamot kod jednofaznog spoja sa srednjom točkom je strujno iskorišten samo tijekom pozitivnog poluvala napona. Da li se promijenilo naponsko naprezanje dioda? Nije. Što je dobiveno u usporedbi s jednofaznim spojem s porednom diodom? Smanjila se valovitost izlaznog napona. Jednofazni mosni spoj je sastavljen od dva jednofazna spoja sa srednjom točkom. Zato se jednofazni spoj sa srednjom točkom naziva *polumosni spoj*.

**Jednofazni diodni spoj sa srednjom točkom (polumosni spoj)** Nastaje tako da se sekundar razdijeli na dva jednaka dijela, da se jedan pristup trošila spoji sa srednjom točkom i da se poredni kontakt spoji na donji polunamot.



#### **USPOREDBA**

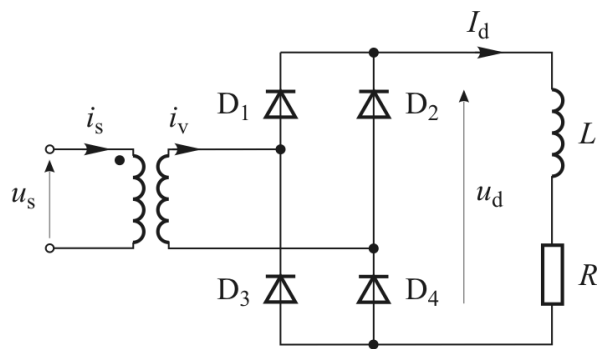
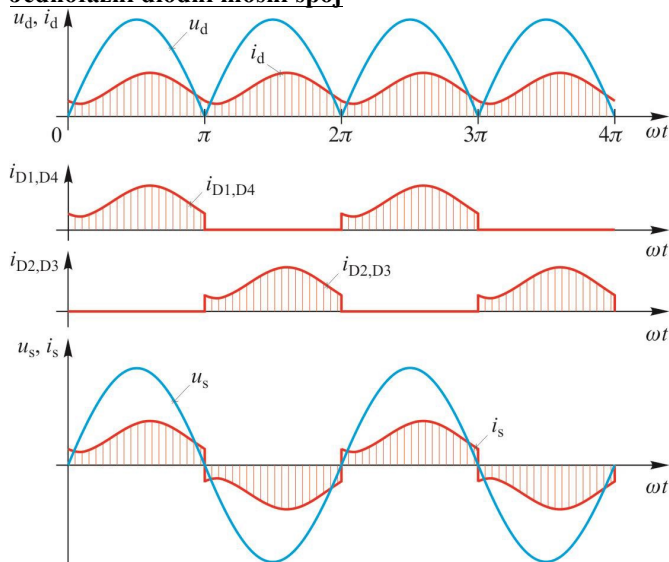
Oba jednofazna spoja sa srednjom točkom imaju jednaku srednju vrijednost izlaznog napona iznosa  $U_s / \pi$ . Izlazni naponi se zbrajaju, te je srednja vrijednost napona na trošilu  $2U_s / \pi$ . Polunamot je strujno iskorišten tijekom pozitivnog i negativnog poluvala napona.

#### **Pitanja:**

Da li se promijenilo naponsko naprezanje dioda? Nije.

Što je dobiveno u usporedbi s jednofaznim diodnim spojem sa srednjom točkom? Dva puta se povećala srednja vrijednost napona na trošilu.

### Jednofazni diodni mosni spoj

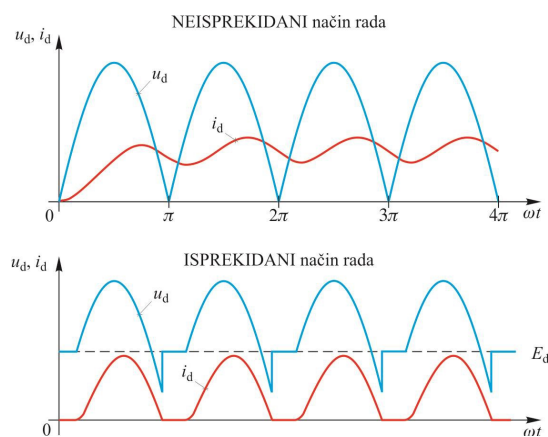
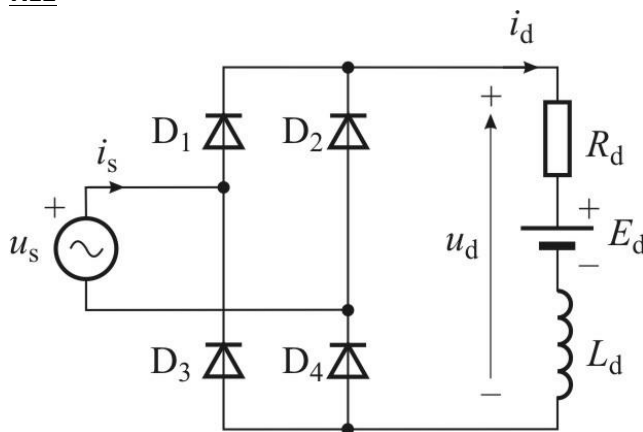


**Prednosti:** veći faktor snage, manja tipna snaga transformatora, manja valovitost izlaznog napona, nema istosmjerne komponente struje mreže.

### Usporedba mosnog i polumosnih spojeva

U oba slučaja izlazni napon jednofaznog mosnog spoja je zbroj izlaznih napona dvaju polumosnih spojeva. Zato je srednja vrijednost izlaznog napona jednofaznog mosnog spoja dva puta veća od srednje vrijednosti izlaznog napona jednofaznog spoja s porednom diodom i dva puta veća od srednje vrijednosti izlaznog napona jednofaznog spoja sa srednjom točkom.

### RLE



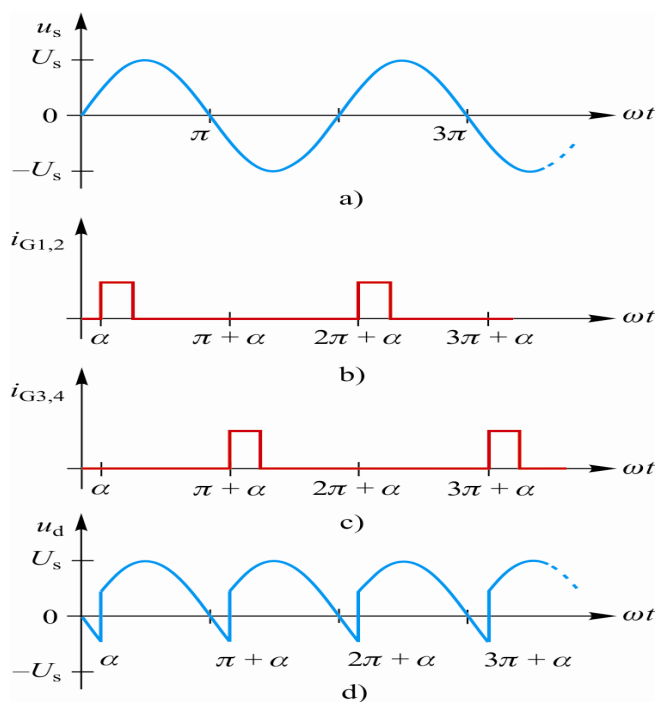
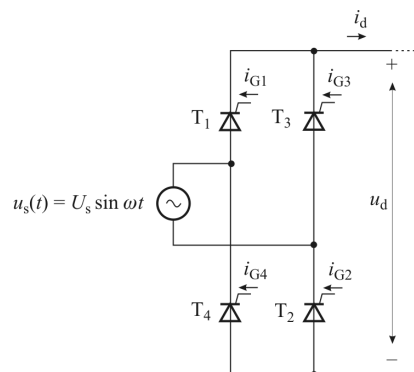
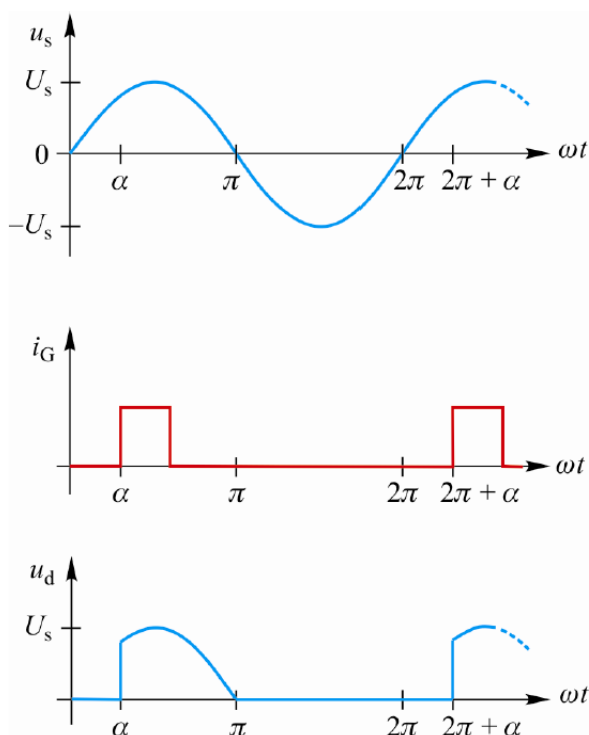
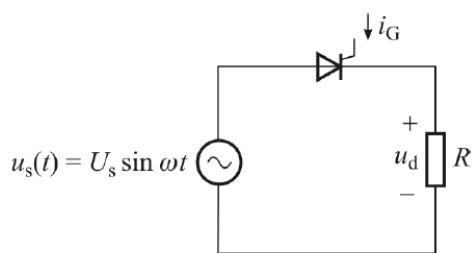
Struja trošila može biti neisprekidana (kontinuirana) ili isprekidana (diskontinuirana).

$$I_d = \frac{U_d - E_d}{R_d} = \frac{\frac{2U_s}{\pi} - E_d}{R_d}$$

## FAZNO UPRAVLJIVI ISPRAVLJAČKI SPOJEVI

Poluvalni fazno upravljivi ispravljački spoj

Punoupravljivi fazno upravljivi usmjerivač

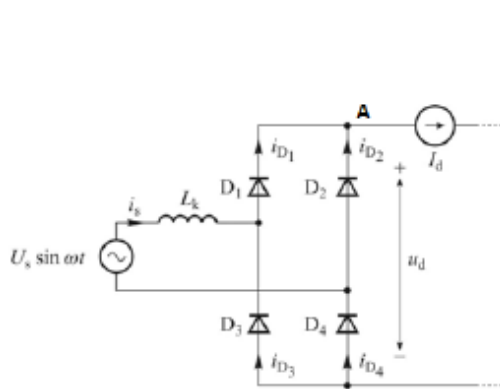


- komutacija: gdje dodati komutacijski induktivitet (serija s izvorom jel ) te nacrtaj valni oblik napona na trosilu (za komutaciju jel)

### Neke sitnice:

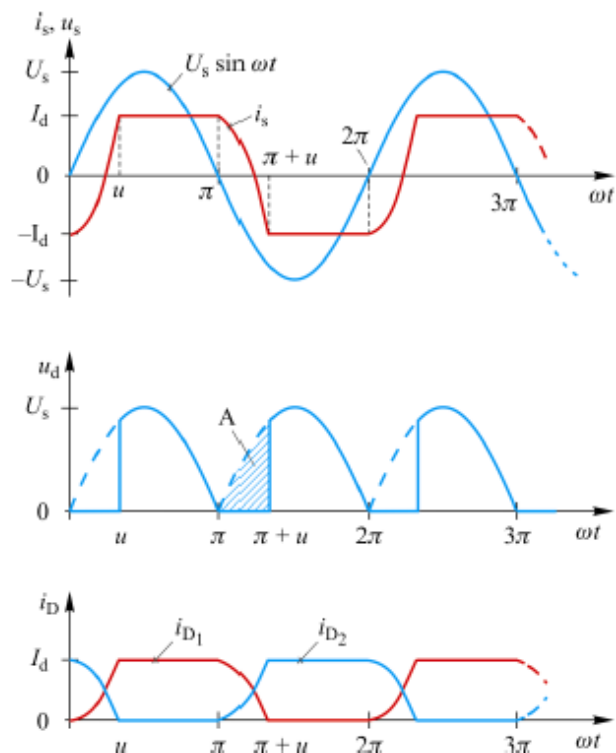
Komutacijski induktivitet je parazitni induktivitet, on se ne dodaje posebno u sklopove.

3 parametra koja utjecu na duljinu trajanja komutacije: komutacijski induktivitet, jacina struje i napon izvora.



Jednofazni mosni spoj s komutacijskim induktivitetom  $L_k$  na izmjeničnoj strani.

Trošilo je nadomješteno strujnim izvorom.



Neka diode  $D_2$  i  $D_3$  vode neposredno prije trenutka  $t = 0$ . U trenutku  $t = 0$  uvjet vođenja ispunjavaju diode  $D_1$  i  $D_4$ . Nastupa komutacija; vode sve četiri diode.

Promatra se čvor A. Struja trošila je konstantna i iznosa  $I_d$ . Struja kroz diodu  $D_1$  raste po kosinusnoj funkciji, jer je komutacijski napon sinusan i jer u komutacijskom krugu postoji samo induktivitet. Tjeme kosinusoide je u  $t = 0$ , jer komutacijski napon (napon napojne mreže) raste od 0 (nastupa pozitivni poluval napona).

Budući da je  $i_{D1} + i_{D2} = I_d$ , struja kroz diodu  $D_2$  je  $I_d - i_{D1}$  (od struje  $I_d$  odbija se struja  $i_{D1}$ ).

- jel struja istog valnog oblika? odgovor: jap, struja kroz diode nije ista jedino

- ak uzmemo u obzir komutaciju da li se sada srednja struja smanji ili poveca? (pogledaj sad sto si nacrtio, napon se smanji pa se onda i struja smanji)

Izlazna karakteristika 
$$U_d = \frac{2U_s}{\pi} \left( 1 - \frac{X_k I_d}{U_s} \right)$$

<- Izlazni napon

izražena pomoću kuta komutacije: 
$$\cos u = 1 - \frac{2X_k I_d}{U_s}$$

$$\begin{aligned} U_d &= U_{d0} \left( 1 - \frac{X_k I_d}{U_s} \right) = \frac{2U_s}{\pi} \left( 1 - \frac{X_k I_d}{U_s} \right) = \\ &= \frac{U_s}{\pi} (1 + \cos u) \end{aligned}$$

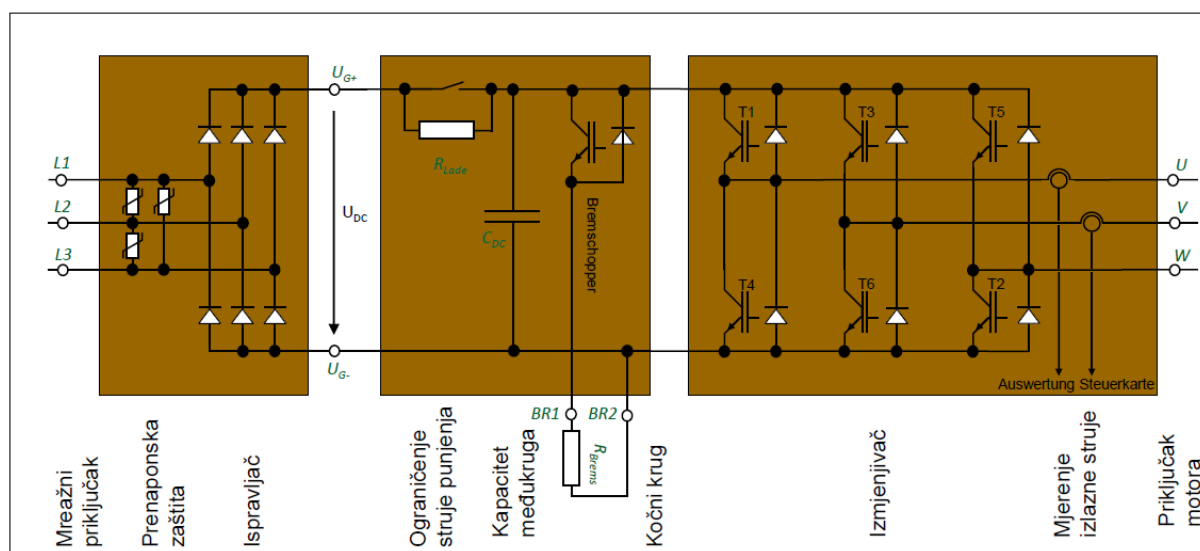
### 3. Neizravni izmjenični pretvarači i njihova primjena kod izmjeničnih pogona.

Za treći zadatak me je pitao zašto baš one sklopke u izmjenjivačkom dijelu pretvarača (zbog generatorskog načina rada) i što bi trebalo biti u ispravljačkom dijelu da se ta energija može vratiti u mrežu.

Najjednostavniji primjer izravnog izmjeničnog pretvarača je izmjenični regulator napona.

Primjena jednofaznog regulatora napona je kod rasvjete, univerzalnih motora itd. Primjena trofaznog regulatora napona je za upuštanje asinkronih motora, naponsko upravljanje asinkronim motorima, jednostavnu promjenu smjera vrtnje. **Mijenja se efektivna vrijednost izlaznog napona.** Ciklopretvarači su izravni pretvarači napona i frekvencije.

**Neizravni izmjenični pretvarači** imaju dva stupnja pretvorbe i istosmjerni međukrug. To je najčešća struktura pretvorbe kod suvremenih pretvarača za izmjenične strojeve.

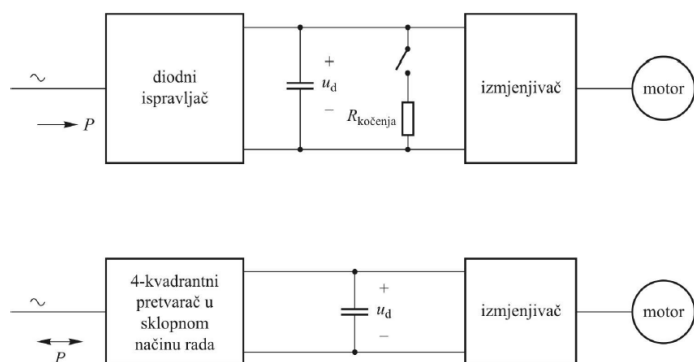


ULAZNI DIO:

- Diodni ispravljač
- Tiristorski usmjerivač
- PWM usmjerivač (eng. *active front end -AFE*)

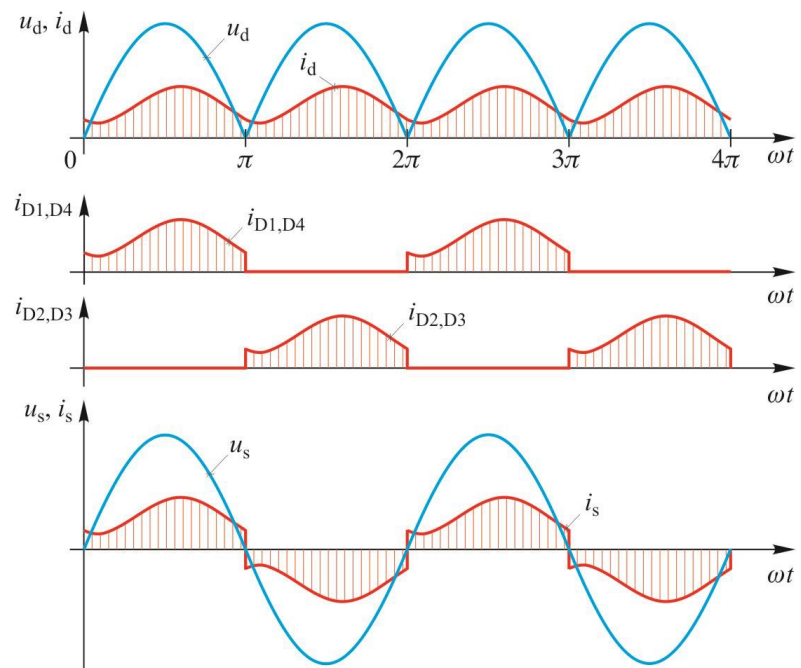
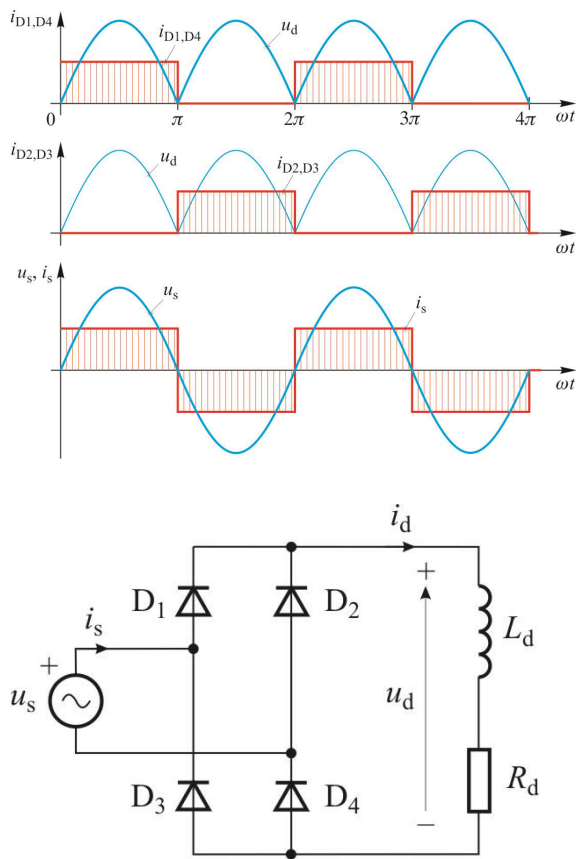
IZLAZNI DIO:

- VSI izmj. s nap. ulazom
- CSI izmj. sa str. Ulazom



## 1.punovalni diodni ispravljalj

- shema, valni oblik napona i struje kada je induktivitet velik/ normalan, valni oblik struje i napona izvora



- izraz za srednju struju (ne treba izvod naravno)



Srednja vrijednost struje trošila je istosmjerna komponenta

$$I_d = \frac{U_d}{R_d}$$

Viši harmonici struje trošila

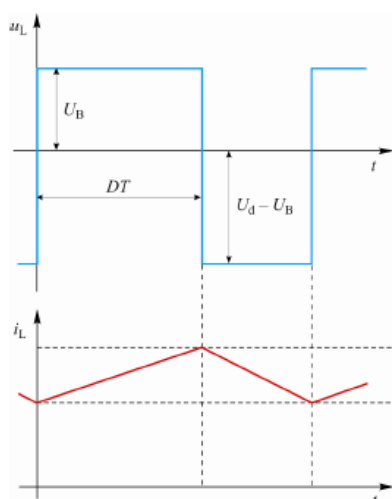
$$I_n = \frac{U_n}{Z_n} = \frac{U_n}{|R_d + jn\omega L_d|}$$

Može se primjeniti načelo superpozicije.

U slučaju velike vremenske konstante trošila, svi viši harmonici struje mogu se zanemariti, struja trošila ima samo istosmjernu komponentu.

## 2. uzlazni DC-DC

- shema, napon i struja na zavojnici za neisprekidani način rada
- izvedi naponsku transformatorsku jednadžbu; odakle si to izvukao, tj. zasto je površina ulaza = površini izlaza? (misli se na valni oblik napona) - odgovor: zato sto mi PRETPSTAVLJAMO da je sve idealno tj. C je toliko velik da je  $U_d = \text{konst.}$  (pise ispod sheme na slajdu sad da ne prepisujem)
- izvedi strujnu jednadžbu; zast je  $P_b = P_d$ ? (zato sto nema gubitaka)

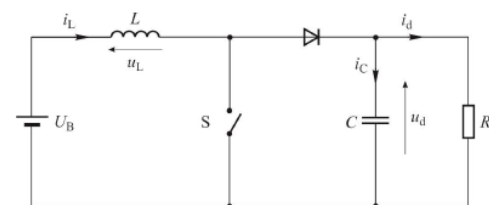


Slijedi naponska transformatorska jednadžba:

$$\begin{aligned} U_B \cdot D \cdot T &= (U_d - U_B) \cdot (1 - D) \cdot T \\ U_B \cdot D &= U_d - U_B - U_d \cdot D + U_B \cdot D \\ U_B &= U_d(1 - D) \\ \frac{U_d}{U_B} &= \frac{1}{1 - D} \end{aligned}$$

Strujna transformatorska jednadžba dobije se izjednačavanjem ulazne i izlazne snage:

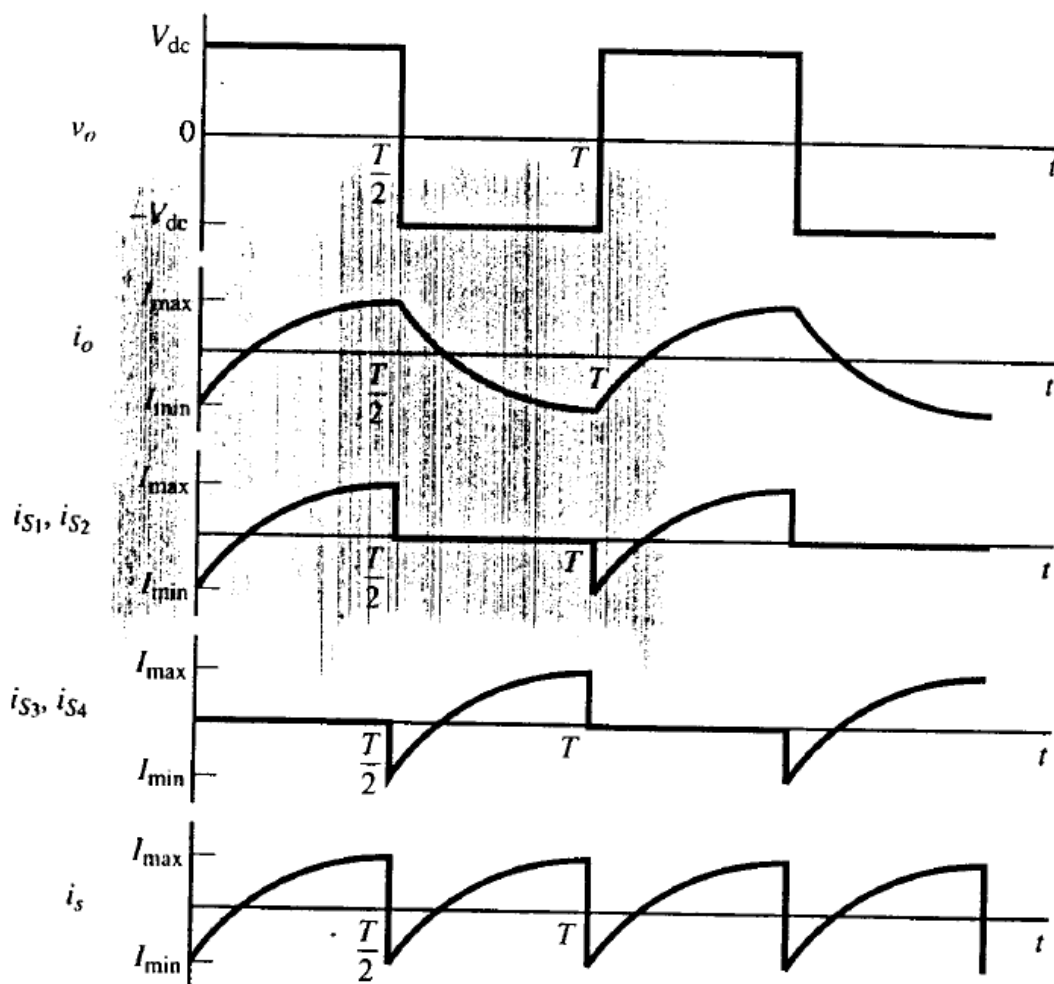
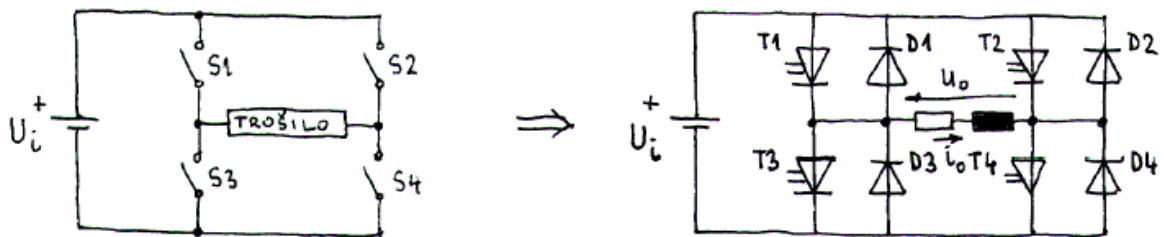
$$\begin{aligned} P_B &= P_d \rightarrow U_B \cdot I_B = U_d \cdot I_d \\ \frac{I_d}{I_B} &= \frac{U_B}{U_d} = 1 - D \end{aligned}$$



- jel se more staviti tiristor umjesto sklopke? ogovor: ne more jer je tiristor polupravljiva sklopka i struje ne prolazi kroz 0 pa se ne moze isključiti pa bi time bila stalno uključena
- u stvarnom svijetu sklop radi na velikim frekvencijama i sto utjece na gubitke? (sklopka S jer nije idealna + pad napona na diodi)

### 3. jednofazni mosni izmjenjivac

- shema (samo s idealnim sklopkama), izgled napona i struje za pravokutnu modulaciju



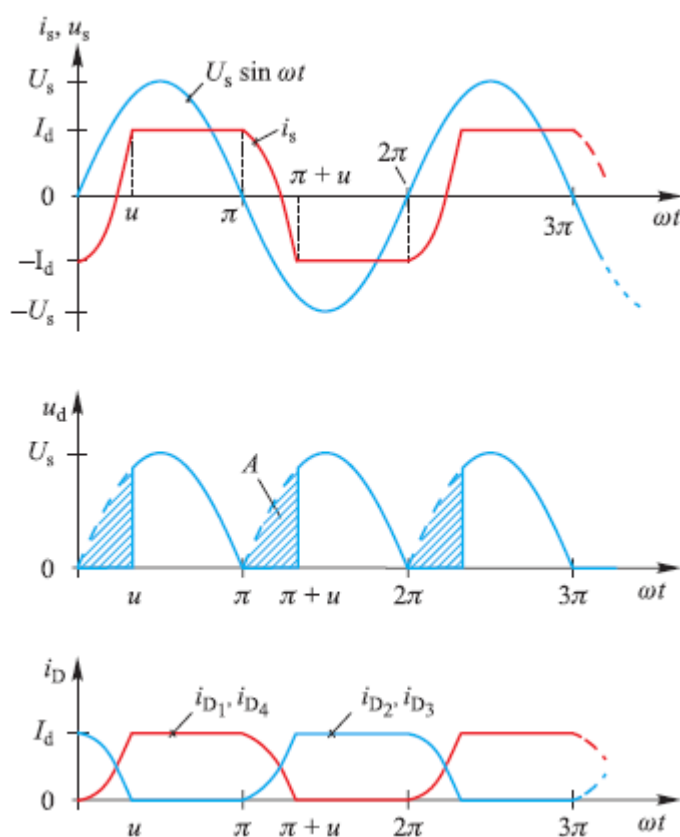
- struja nije sinusnog oblika, kak bi se moglo napraviti sinusno oblik, tj. koja modulacija? odgovor: PWM bipolarni ili unipolarni

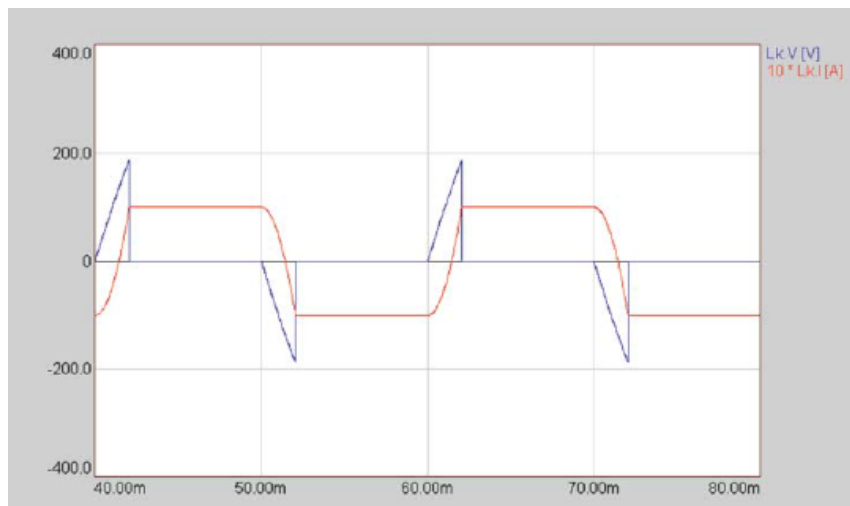
- 1) Utjecaj komutacije na rad ispravljača (usmjerivača). U kojim se valnim oblicima može primjetiti komutacija i kako izgleda.

Komutacija je proces tijekom kojeg se smanjuje struja kroz jedan poluvodički ventil i istovremeno prelazi na drugi poluvodički ventil pretvaračkog sklopa. Trenutačna komutacija u sklopovima učinske elektronike je samo idealizacija stvarnog stanja. U stvarnosti postoje komutacijski induktiviteti koji su uzrok trajanju komutacije. Na primjeru jednofaznog diodnog ispravljača u mosnom spoju istražit će se utjecaj komutacijskog induktiviteta  $L_c$  na izmjeničnoj strani pretvarača, slika II.12.

Uz pretpostavku da su diode  $D_1 - D_4$  idealne, komutacija se može opisati na sljedeći način. Neka diode  $D_2$  i  $D_3$  vode (to je trenutak neposredno prije trenutka  $t = 0$ ). U trenutku  $t = 0$  uvjet  $u_o = 0$  ispunjavaju diode  $D_1$  i  $D_4$ . Nastupa komutacija, vode sve četiri diode. Promotrimo čvor 1. Neka je struja trošila konstantna i iznosa  $I_d$ . Struja kroz diodu  $D_1$  raste po sinusnoj funkciji, jer je komutacijski napon sinusan i jer u komutacijskom krugu postoji samo induktivitet. Tjeme sinusoide je u  $t = 0$ , jer komutacijski napon (napon napojne mreže) raste od nule (nastupa pozitivni poluval napona). Budući da je  $i_{D1} + i_{D2} = I_d$ , struja kroz diodu  $D_2$  je  $I_d - i_{D1}$ . Struja izvora  $i_s$  jednaka je struji trošila  $I_d$  kada vode diode  $D_1$  i  $D_4$ , a negativnoj struji trošila kada vode diode  $D_2$  i  $D_3$ . Za vrijeme komutacije struja  $i_s$  jednaka je razlici struja dioda koje komutiraju. Valni oblici varijabli spoja tijekom komutacije prikazani su na slici II.13.

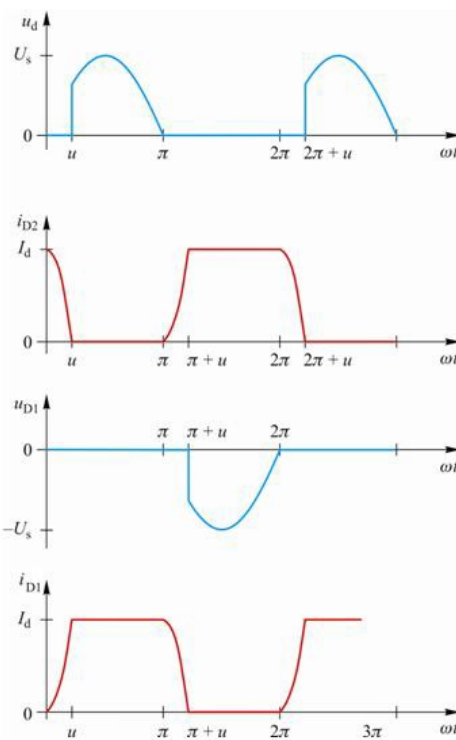
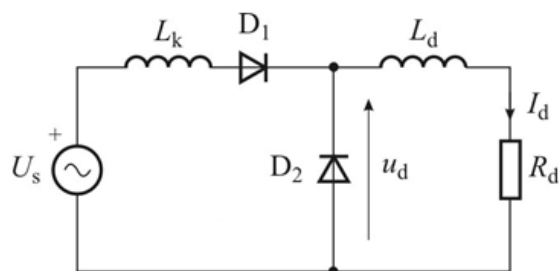
II.13.





Sl. II.51.: Napon na komutacijskom induktivitetu LC

jednofaznog diodnog spoja s porednom diodom



## 2) Bilo koji istosmjerni pretvarač bez galvanskog odvajanja. Skicirati glavne valne oblike. Načelo izvođenja transformacijskih jednadžbi.

Za drugi zadatak sam ja nacrtao silazni pretvarač kad sam rješavao. Kad sam otišao kod njega rekao je da nacrtam silazno-uzlazni pretvarač, napišem transformatorsku jednadžbu i skiciram napon trošila u diskontinuuiranom načinu rada (napon trošila se ne mijenja).

transformatorske jednadžbe istosmjernih pretvarača koji sadrže filtre izvode se iz dva uvjeta:

- srednja vrijednost napona na induktivitetu jednaka je nuli
- srednja vrijednost struje kroz kapacitet jednaka je nuli.

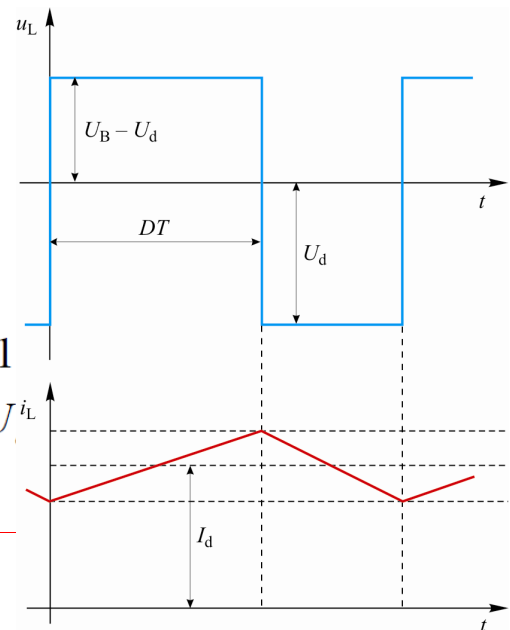
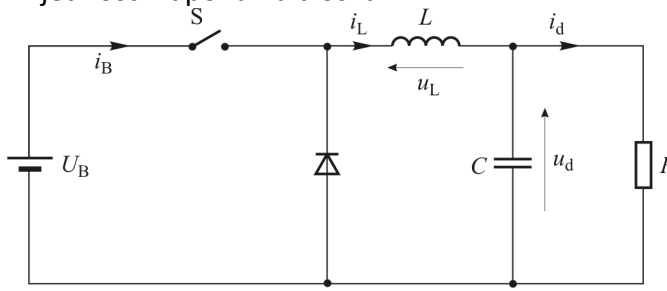
To su uvjeti ustaljenog stanja. Faktor vođenja  $D$  (opterećenja, upravljanja) može se smatrati prijenosnim omjerom.

### SILAZNI –

Pretpostavka:  $C$  je tako velik da je  $u_d = \text{konst.}$

Uočite da je srednja vrijednost struje kroz trošilo jednaka srednjoj vrijednosti struje kroz induktivitet.

Još uočite da je srednja vrijednost napona na diodi jednaka srednjoj vrijednosti napona na trošilu.



$$(U_B - U_d) \cdot D \cdot T = U_d \cdot (1 - D)$$

$$U_B \cdot D - U_d \cdot D = U_d - U_d \cdot D$$

$$U_d = D \cdot U_B$$

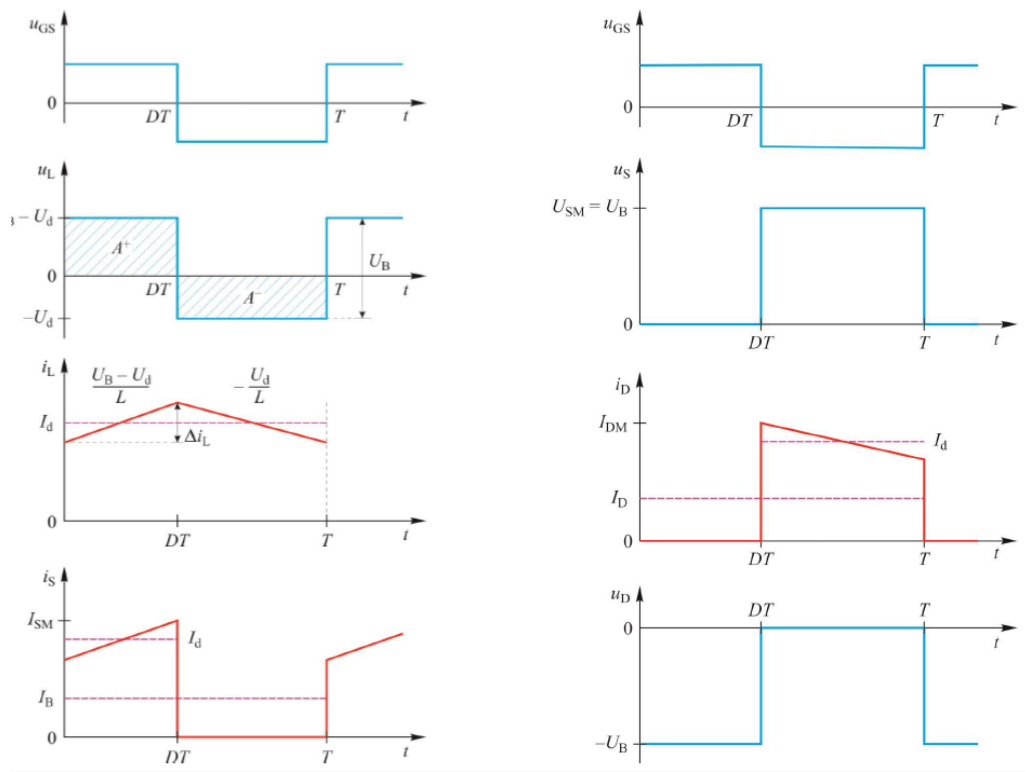
$$P_B = P_d$$

$$U_B \cdot I_B = U_d \cdot I_d$$

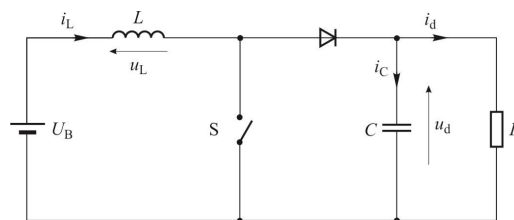
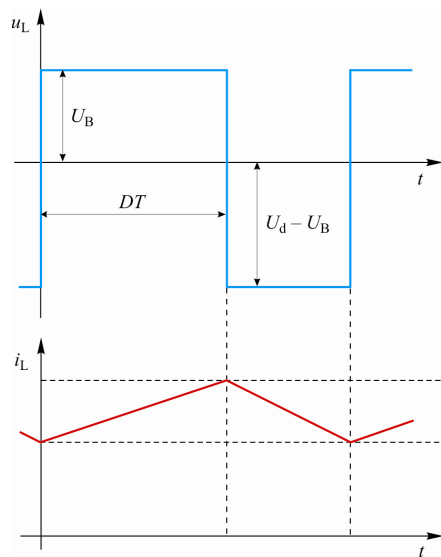
$$I_d = \frac{1}{D} \cdot I_B$$

Srednja vrijednost napona na trošilu jednaka je srednjoj vrijednosti napona na diodi, jer je srednja vrijednost napona na induktivitetu (u ustaljenom stanju) jednaka nuli.

Do isprekidanog načina rada dolazi kada se srednja vrijednost struje trošila smanjuje, primjerice zbog smanjenja potrošnje nekog uređaja. Pri tome je valovitost struje prigušnice nepromijenjena. Kada se srednja vrijednost struje trošila toliko smanji da minimalna vrijednost struje prigušnice padne na nulu, dosegnut je isprekidani način rada.



**Uzlazni** - Pretpostavka: C je tako velik da je  $u_d = \text{konst.}$



$$U_B \cdot D \cdot T = (U_d - U_B) \cdot (1 - D) \cdot T$$

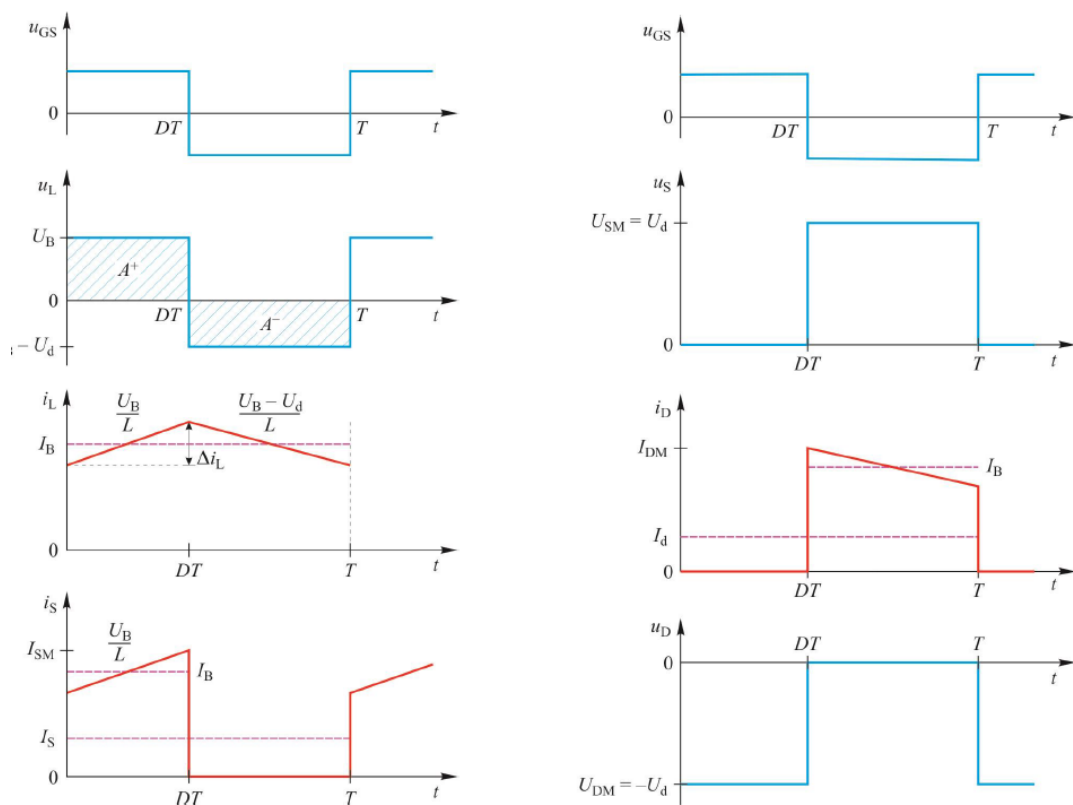
$$U_B \cdot D = U_d - U_B - U_d \cdot D + U_B \cdot D$$

$$U_B = U_d (1 - D)$$

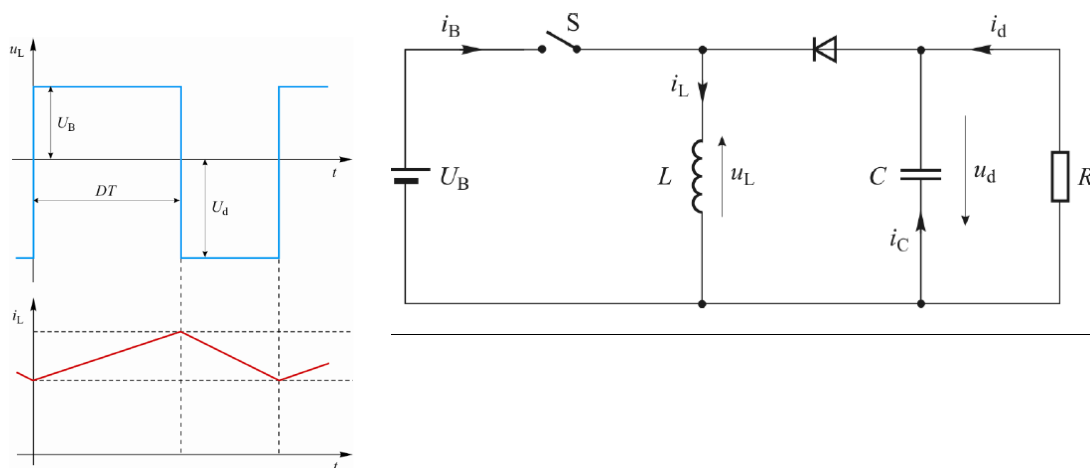
$$\frac{U_d}{U_B} = \frac{1}{1 - D}$$

$$P_B = P_d \rightarrow U_B \cdot I_B = U_d \cdot I_d$$

$$\frac{I_d}{I_B} = \frac{U_B}{U_d} = 1 - D$$



### SILAZNO-UZLAZNI

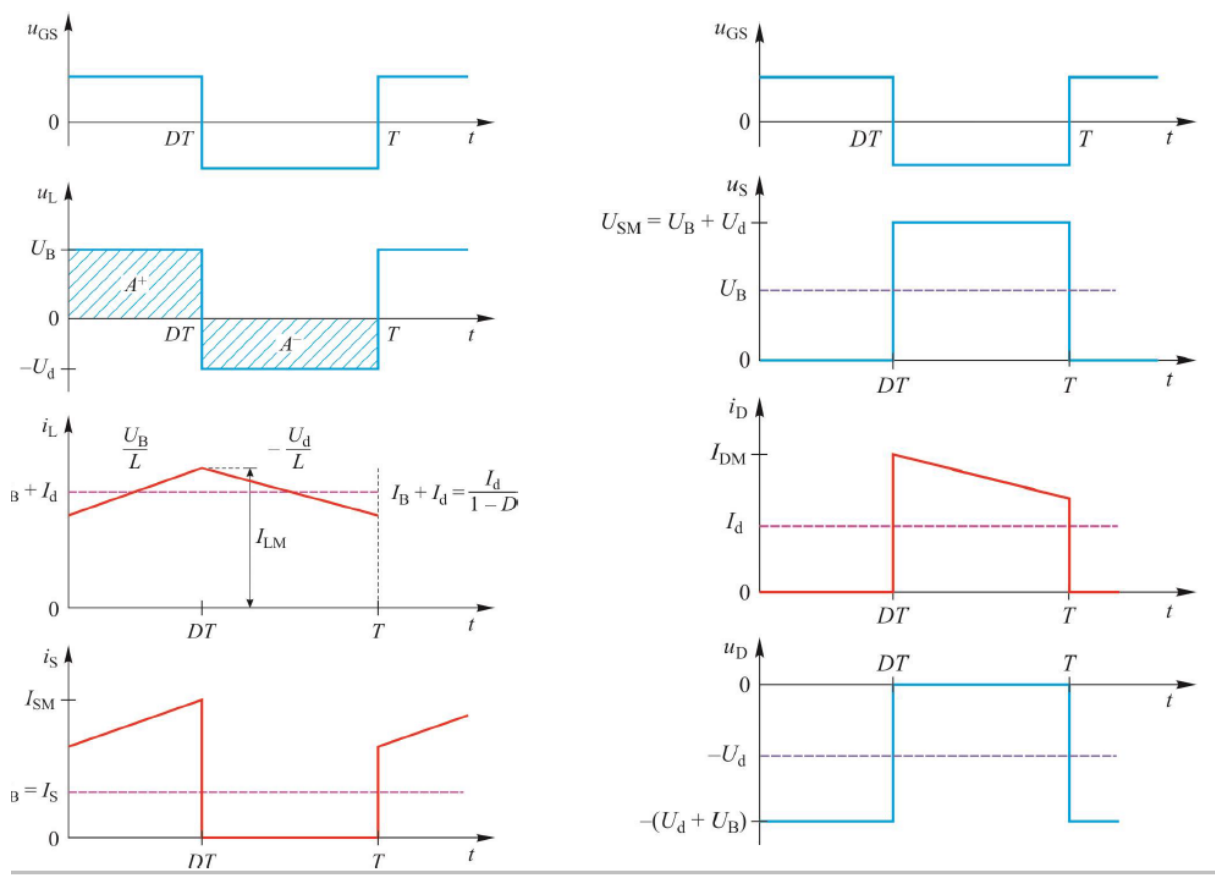


$$U_B \cdot D \cdot T = U_d \cdot (1 - D) \cdot T$$

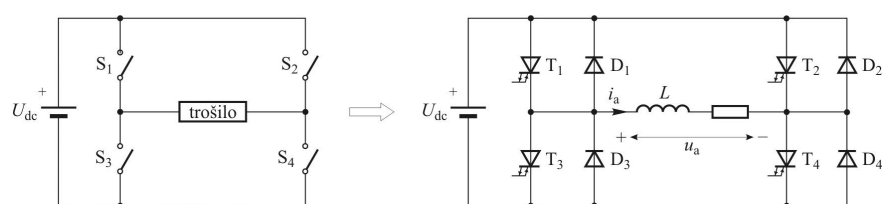
$$\frac{U_d}{U_B} = \frac{D}{1 - D}$$

$$P_B = P_d \rightarrow U_B \cdot I_B = U_d \cdot I_d$$

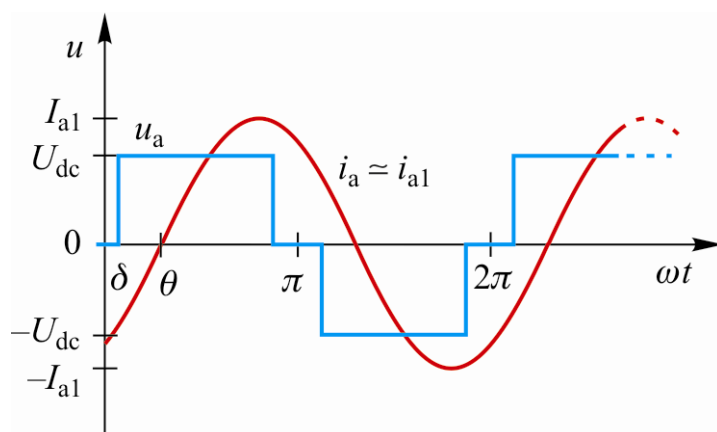
$$\frac{I_d}{I_B} = \frac{1 - D}{D}$$



3) Naponski izmjenjivač u jednofaznom spoju za dobivanje pravokutnog, kvazipravokutnog i izmjeničnog napona - nacrtati napon i struju - kriterij za odabir sklopki

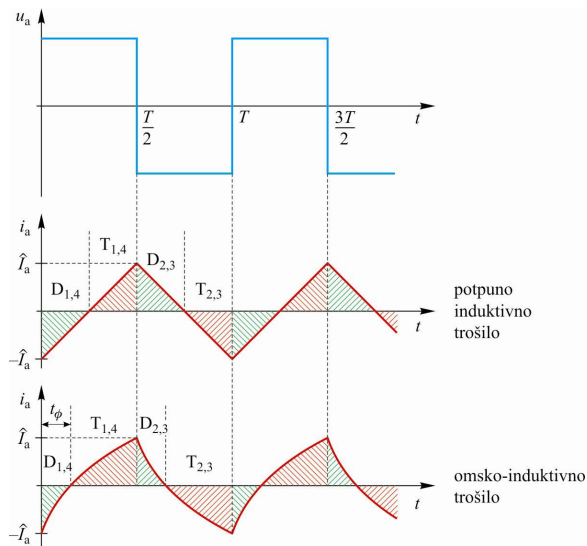


### KVAZIPRAVOKUTNI





## Pravokutni napon



Sklopke se ostvaraju protuparalelnim spojem jednog od punoupravljivih poluvodičkih ventila (BJT, MOSFET, IGBT) i povratne diode. Zbog induktivnog trošila struja zaostaje za naponom i teče kroz povratne diode.

Slijedi zaključak da je ovisnost snage  $P$  o kutu  $\delta$  kod opterećenja reaktivnim trošilom različita od iste ovisnosti kod opterećenja djelatnim trošilom. Uzimajući u obzir utjecaj viših harmonika, ovisnost postaje još složenija, ali još uvijek ovisi o kutu  $\delta$  i faktoru faznog pomaka osnovnih i viših harmonika.

Kod opterećenja djelatnim trošilom faktor faznog pomaka  $\theta$  je stalan, a snagom se može

upravljati samo mijenjanjem kuta  $\delta$  ili ulaznog istosmjernog napona  $U_{dc}$ .

### 3. Neizravni izmjenični pretvarač - sve tam proučite, shemu i sl.

Usmeni: ispravljači, usmjerivaci, podjele komutacije valni oblici izvod izreza za sr napon trosila.

Dcd

Izvod trafo jdbi i malo o tom.

Smanjivanje, uklanjanje i izmjeatanje harmonika kod autonomnih izmjenjivaca

Skalarna vektorska

ispravljači, usmjerivači + izmj. način rada (skiciraš shemu spoja, napon i struju trošila, upravljačku karakteristiku),

tu me Šunde onda pitao da nacrtam na ploči kako bi izgledao napon trošila 1f tiristorskog usmjerivača sa komutacijom i o čemu ovisi duljina trajanja

komutacije, i kako bi postigli izmjenjivački način rada.

Drugo pitanje je bilo: podjela DC/DC pretvarača, odabrati jedan: nacrtati shemu, izvesti transformatorske jednadžbe, isprekidan način rada

(tu me još pitao kako izgleda napon na trošilu kad je isprekidana struja i nek skiciram struju i koji je uvjet za isprekidan način rada)

Treće je bilo metode uklanjanja harmonika, pitao me koje se najčešće koriste i malo nek ih objasnim.

Uglavnom ništa strašnog, kod Jakopovića su bili brže gotovi jer Šunde malo voli duže ispitivati i baš crtaš sheme pred njim na ploči.

ispravljač, fazno upravljivi ispravljač, usmjerivač, kao šta je šta i karakteristike one  
i metode rješavanja harmonika

neizravni ac/ac pretvarac (frekvencijski u biti) ali za jednofazni motor prikazan kao induktivno trosilo - tu je trebalo nacrtati. Ac/dc kao mosni diodni, pa istosmjerni medjukrug kao i kod trofaznog i onda autonomni izmjenjivac na kraju (mosni spoj s tranzistorima i diodama). Pitanja u vezi toga su bila: ako je kvazipravokutna modulacija koja su dva uvjeta da bi struja trosila bila sinusna - dovoljno veliki induktivitet trosila i uklanjanje svih 3n harmonika izborom kuta delta od 30 stupnjeva. Malo pitanja i oko pwm modulacije, unipolarna/bipolarna i onaj frekvencij. ski faktor modulacije. Jos i valni oblici kvazipravokutne modulacije.

Drugo pitanje jednofazni tiristorski usmjerivac s djelatnim trosilom - valni oblici ulaza i trosila. Trece je bilo silazni dc/dc pretvarac. Shema, kolike su frekv uklapanja sklopke (do nekoliko khz), jel moze tiristor kao sklopka (ne, struja bi vjecno isla).. Ne sjecam se vise ali mislim da sam vecinu pokrio.

usmjerivač + faktor snage + komutacija  
neki dc/dc pretvarač  
izmjenivač + modulacije

Bilo bi dobro da pogledate:

1. Silazne, uzlazne i te pretvarače - izvod formula, shemu, one grafove. To je meni došlo na 2 usmena.

2. Modulacija - PWM - to Šunde obožava, prenošenje tih spektara i sl. Uglavnom, frajer me tu namlatio s tim, nisam imao pojma.

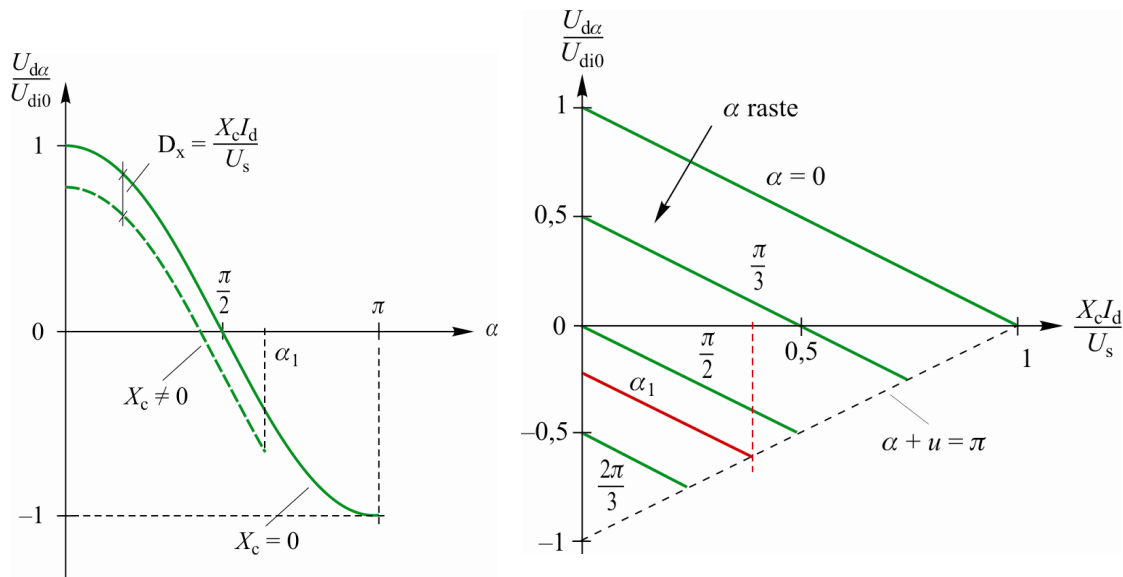
3. Neizravni izmjenični pretvarač - sve tam proučite, shemu i sl.

To su 3 najučestalija pitanja... 

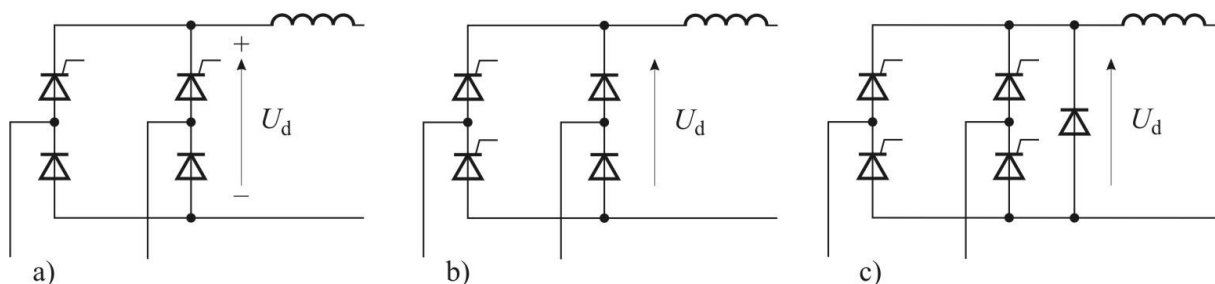
1. ispravljač fazno upravljivi ispravljač usmjerivac
2. dc dc vrste i jedan nacrtat izvest trafo jednadzbu i isprekidani nacin rada
3. nacini uklanjanja visih harmonika kod dc ac

1. mene jakopović pitao upravljačku karakteristiku, obje verzije, kojom su funkcijom opisane, na koji načine ostvarit poluupravljivi spoj

Upravljačka karakteristika daje ovisnost srednje vrijednosti izlaznog napona  $U_d$  o kutu upravljanja  $\alpha$ ; parametar je srednja vrijednost struje trošila  $I_d$ .



### Moguće inačice poluupravljivih spojeva



Kod poluupravljivih spojeva na trošilu se ne može pojaviti negativni napon. Mogu raditi samo u jednom kvadrantu. Različita je raspodjela struje između ventila. Poluupravljivi spojevi imaju manji utjecaj na napojnu mrežu od punoupravljivih spojeva (veći faktor snage).

2. tu kako smo svi crtali silazni upravljač pitao je dal znam nacrtat koji drugi, i ja mu nacrtah silazno-uzlazni i dvije riječi rekao

### 3. Prednosti i nedostaci premodulacije

Veća se vršna vrijednost linijskog napona trofaznog izmjenjivača može dobiti premodulacijom ( $ma > 1$ ). U području premodulacije, vršna vrijednost osnovnog harmonika linijskog napona ne mijenja se linearno s amplitudnim indeksom modulacije  $ma$  i ovisi o frekvencijskom indeksu modulacije  $mf$ . Za dovoljno veliku vrijednost  $ma$  modulacija širine impulsa daje pravokutni napon. U tom području rada maksimalna vršna vrijednost osnovnog harmonika linijskog napona jednaka je  $1,10 U_d$  (efektivna  $0,78 U_d$ ). U području premodulacije postoji više bočnih harmonika oko harmonika  $mf$  i višekratnika od  $mf$ . Međutim, dominantni harmonici su manje amplitude nego u slučaju  $ma \leq 1$ .

**Neke sitnice:**

Komutacijski induktivitet je parazitni induktivitet, on se ne dodaje posebno u sklopove.

3 parametra koja utjecu na duljinu trajanja komutacije: komutacijski induktivitet, jacina struje i napon izvora.