

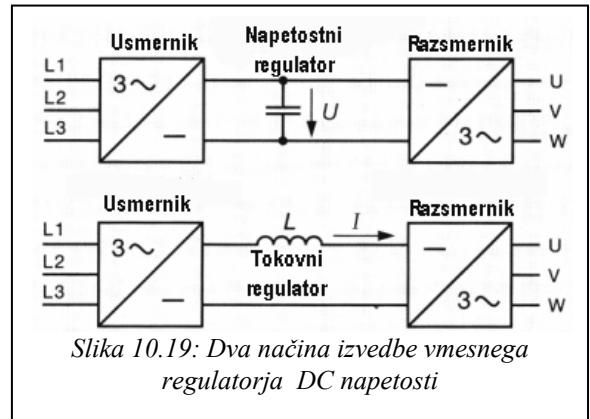
10.5 FREKVENČNI PRETVORNIKI

10.5.1 SPLOŠNE ZNAČILNOSTI

Frekvenčni pretvorniki so naprave, ki pretvarjajo električno energijo ene frekvence v izmenično napetost druge frekvence. Pri tem je možno drugačno ali enako število faz in različno fazno zaporedje. Najpogosteje se uporabljajo za krmiljenje vrtljajev izmeničnih trifaznih elektromotorjev.

Po načinu delovanja lahko frekvenčne pretvornike razdelimo na tiste z **vmesnim napetostnim oz. tokovnim regulatorjem** in **direktno pretvornike**. Pri relativno širokem razponu izhodne frekvence se mora v smislu doseganja enake moči na elektromotorju, prilagajati tudi efektivna vrednost izhodne napetosti.

S frekvenco se namreč bistveno spreminja tudi induktivna upornost navitja katera neposredno vpliva na velikost toka. Pri nižjih frekvencah je nižja tudi induktivna upornost navitja zato mora biti napetost nižja, da ni tokovne prekoračitve. Nasprotno je potrebno pri višjih frekvencah zaradi zvišane induktivne upornosti napetost zvišati, da je dosežen ustrezen tok. Ta odvisnost je določena z ustrežno U/f karakteristiko.

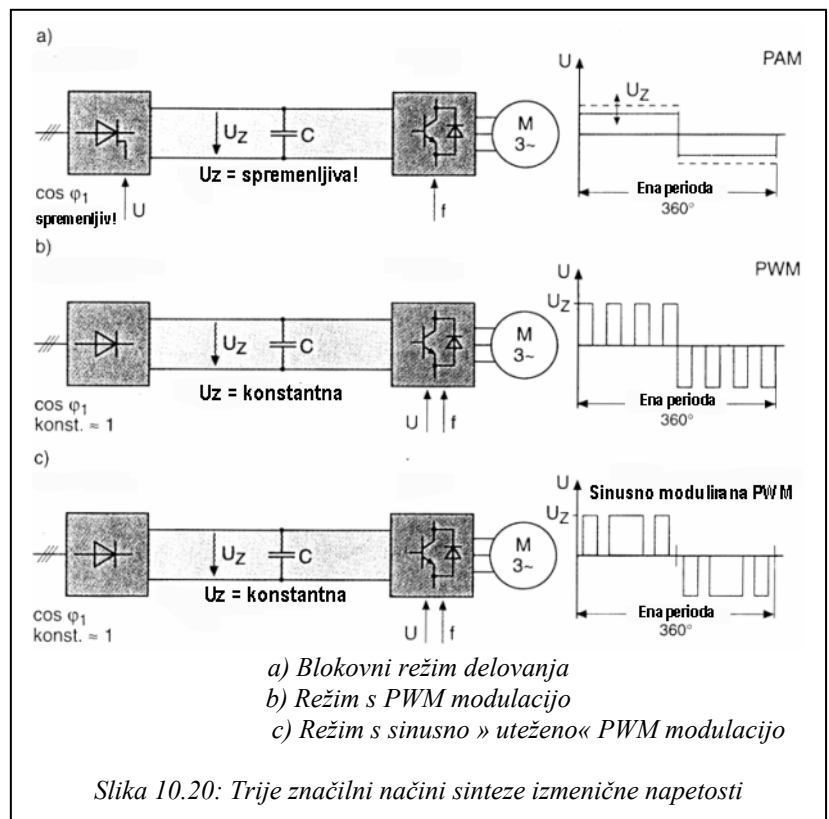


10.5.2 NAČINI DELOVANJA FREKVENČNIH PRETVORNIKOV

Frekvenčni pretvorniki so v izvedbah z bipolarnimi tranzistorji, MOSFET-ti, IGBT komponentami ali tiristorji, ki so lahko v posameznih ohišjih ali pa v novejšem času pogosteje v obliki inteligentnih modulov modulov.

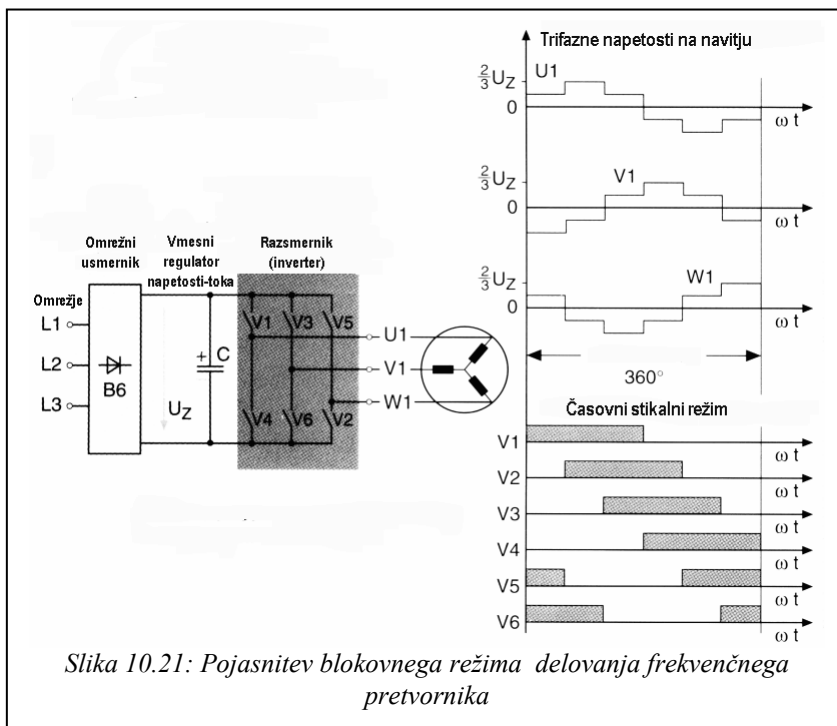
Sinteza izmenične napetosti je možna s pomočjo PAM oz. PWM moduliranih krmilnih signalov. V tem smislu so značilni sledeči režimi delovanja.

PAM - blokovni režim (a) delovanja zahteva relativno enostavno krmiljenje, vendar pa predstavljajo problem izrazite višje harmonske komponente na izhodu. Zato je ta način v uporabi predvsem za male moči bremen, kjer segrevanje zaradi harmonskih komponent ne predstavlja večjega problema. V smislu krmiljenja glede na U/f karakteristiko mora biti usmernik krmiljen, kar pa povzroča frekvenčno odvisnost $\cos\phi$ na vходу. Tak način se uporablja pri krmiljenju elektromotorjev za male moči in visoke vrtljaje npr. pri gravirni, zobotehniški in podobnih tehnologijah.



Pulzno širinski (PWM) režim

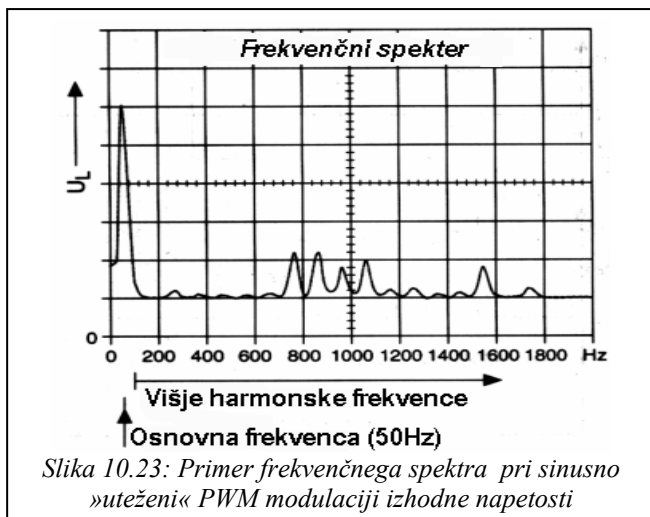
(b) ne potrebuje krmiljenega usmernika saj je možno z razmerjem impulz/pavza direktno vplivati na povprečno vrednost napetosti na motorju. Pri tem ostane perioda izhodne napetosti ohranjena. V tem primeru znaša $\cos\phi$ na vходу 1 in je neodvisen od izhodne frekvence. Seveda pa po drugi strani pulzni način prilagajanja napetosti vodi v povečanje stikalnih izgub, ki s frekvenco še naraščajo.



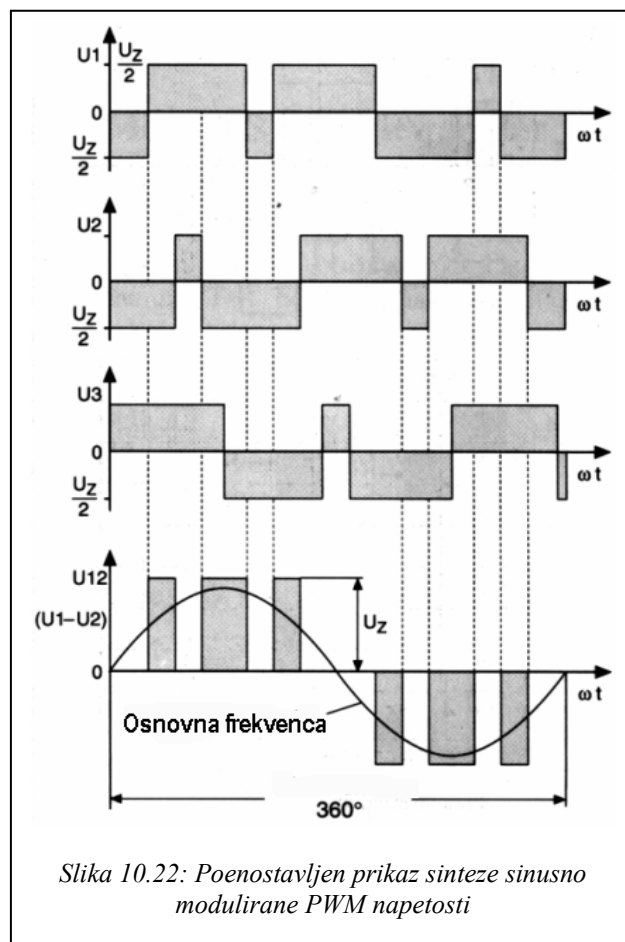
Slika 10.21: Pojasnitev blokovnega režima delovanja frekvenčnega pretvornika

Sinusno modulirani PWM režim (c) omogoča,

da se tok skozi navitje spreminja kolikor je mogoče po sinusni obliki. Bolj ko je tok sinusne oblike, večji je delež željene osnovne frekvence in manjši je delež neželjenih višjih harmonskih komponent, ki motor dodatno segrevajo in povzročajo motnje. Priprava krmilnih impulzov za sinusno PWM je komplicirana in je največkrat izvedena z mikroprocesorjem oz. je »vzorec« shranjen v spominskem vezju. Več kot je impulzov v periodi tem manj so zastopane višje harmonske frekvence.



Slika 10.23: Primer frekvenčnega spektra pri sinusno »uteženi« PWM modulaciji izhodne napetosti

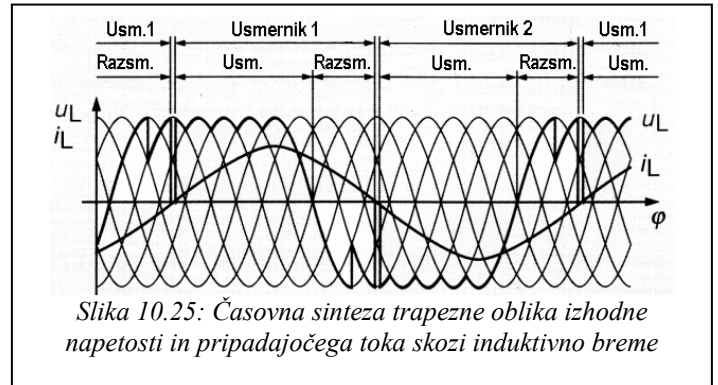
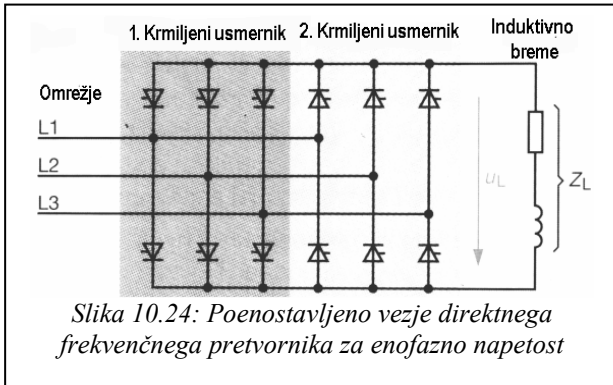


Slika 10.22: Poenostavljen prikaz sinteze sinusno modulirane PWM napetosti

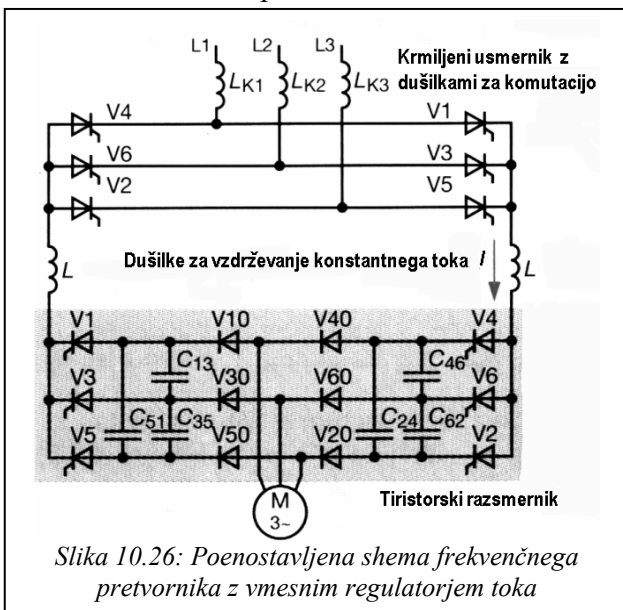
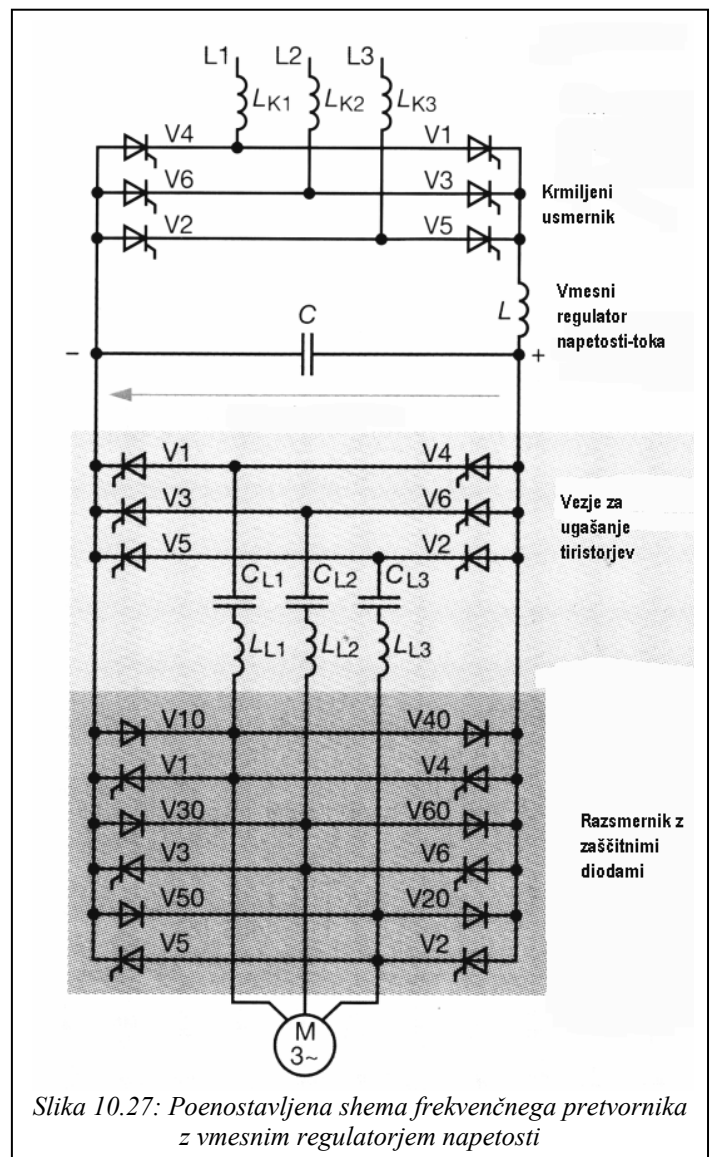
Pretekle praktične izkušnje kažejo, da so do nazivnih moči 120 kVA najvišje še uporabljive stikalne frekvence okrog 15kHz (vir. Mitsubishi Electric). Frekvenčni pretvorniki so v izvedbah z bipolarnimi tranzistorji, MOSFET-ti ali pa IGBT komponentami, ki so lahko v posameznih ohišjih ali pa v novejšem času pogostejše v obliki že pripravljenih modulov v ta namen. Pri teh izvedbah so možne izvedbe s PAM ali PWM modulacijo.

10.5.3 TIRISTORSKE IZVEDBE FREKVENČNIH PRETVORNIKOV

Že predhodno obravnavani tiristorško krmiljeni usmerniki so v bistvu direktni pretvorniki. Pri teh izvedbah seveda ostane frekvenca ohranjena, vplivati pa je možno na velikost in fazno zaporedje izhodne napetosti. Obstajajo pa tudi izvedbe pri katerih so tiristorji v mostičnem vezju krmiljeni tako, da je izhodna napetost trapezne oblike in na ta način se omogoča tudi zniževanje frekvence.



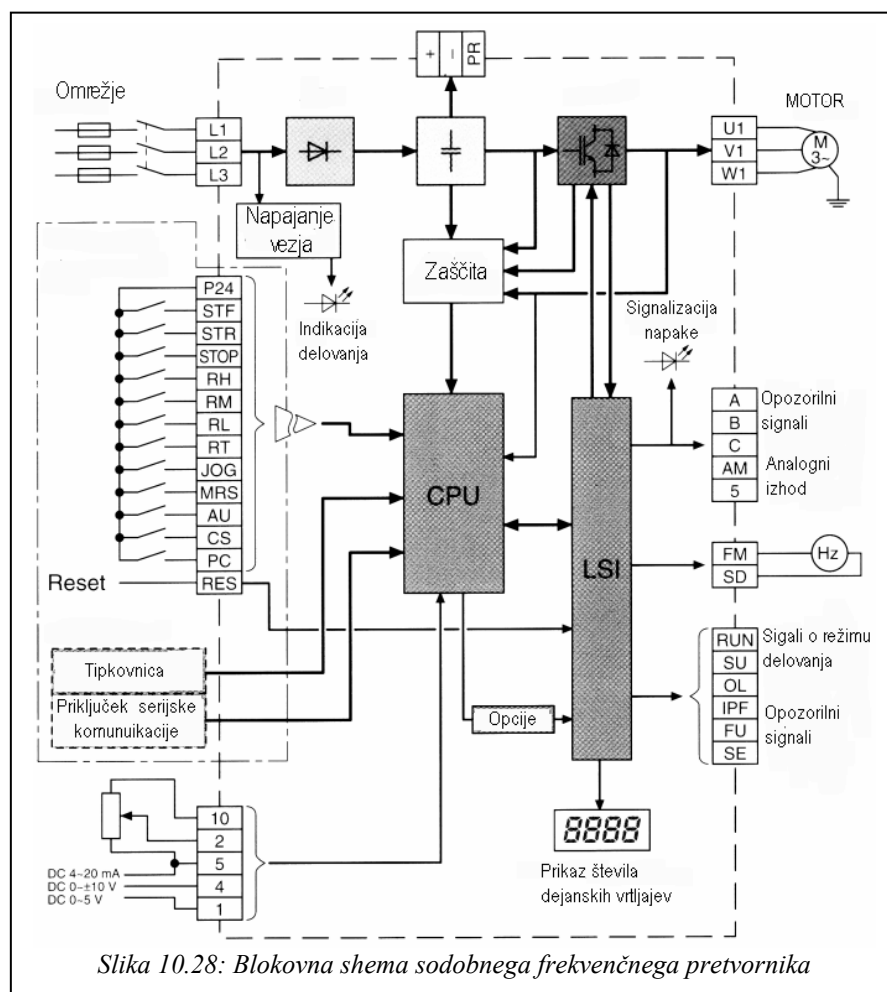
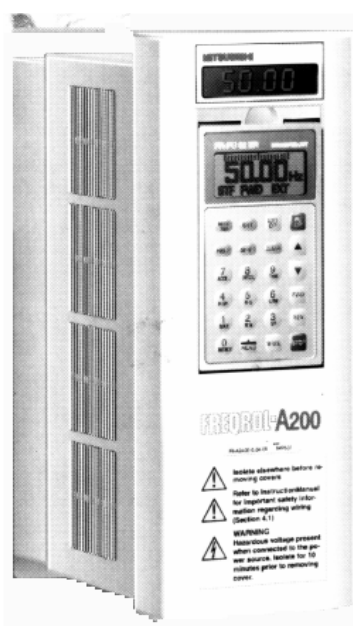
Pri pretvornikih z vmesnim regulatorjem pa se omrežna napetost najprej usmeri in ustrezno izhodni frekvenci napetostno oz. tokovno omeji. Napetostni oz. tokovni regulator je v bistvu vmesni omejevalnik energije, katera se z razsmernikom ponovno preoblikuje v izmenično vendar druge (spremenljive) frekvence. Z vezavo vmesnega kondenzatorja dosežemo konstantnost potrebne napetosti (napetostna regulacija) z zaporedno dušilko velike induktivnosti pa konstantnost potrebnega toka. Najpogosteje je krmiljenje impulzno-širinsko po sinusni modulaciji, s čimer je možno spreminjati frekvenco, ter vplivati na efektivno vrednost izhodne napetosti.



Na slikah 10.26 in 10.27 predstavljajo tiristorji V1-V6 krmiljeni usmernik, ki s pomočjo dušilk L omogoča vzdrževanje konstantnega toka glede na frekvenco izhodne napetosti. Trifazni razsmernik na sliki 10.26 je tiristorški z dodatno vezanimi kondenzatorji za gašenje tiristorjev.

Kondenzatorji se preko diod V10-V60 med odprtjem posameznih tiristorjev nabijejo na napetost pripadajoče polaritete. Ko pride do vžiga naslednjega para tiristorjev, se pripadajoča kondenzatorja izpraznita in za hip povzročita negativno napetost na anodah predhodno vodljivih tiristorjev, s čimer jih tudi ugasneta. Proces se ponavlja v vseh treh vejah mostičnega vezja periodično. Dušilke L_{k1} , L_{k2} , L_{k3} so potrebne za komutacijo tiristorjev. Pri izvedbi z regulatorjem napetosti (slika 10.27) je vezje za ugašanje glavnih tiristorjev razsmernika izvedeno z dodatnimi-gasilnimi tiristorji. Čeprav je potrebno v tem primeru gasilne tiristorje še dodatno krmiliti, je način ugašanja enak.

10.5.4 PRIMER SODOBNE IZVEDBE FREKVENČNEGA PRETVORNIKA



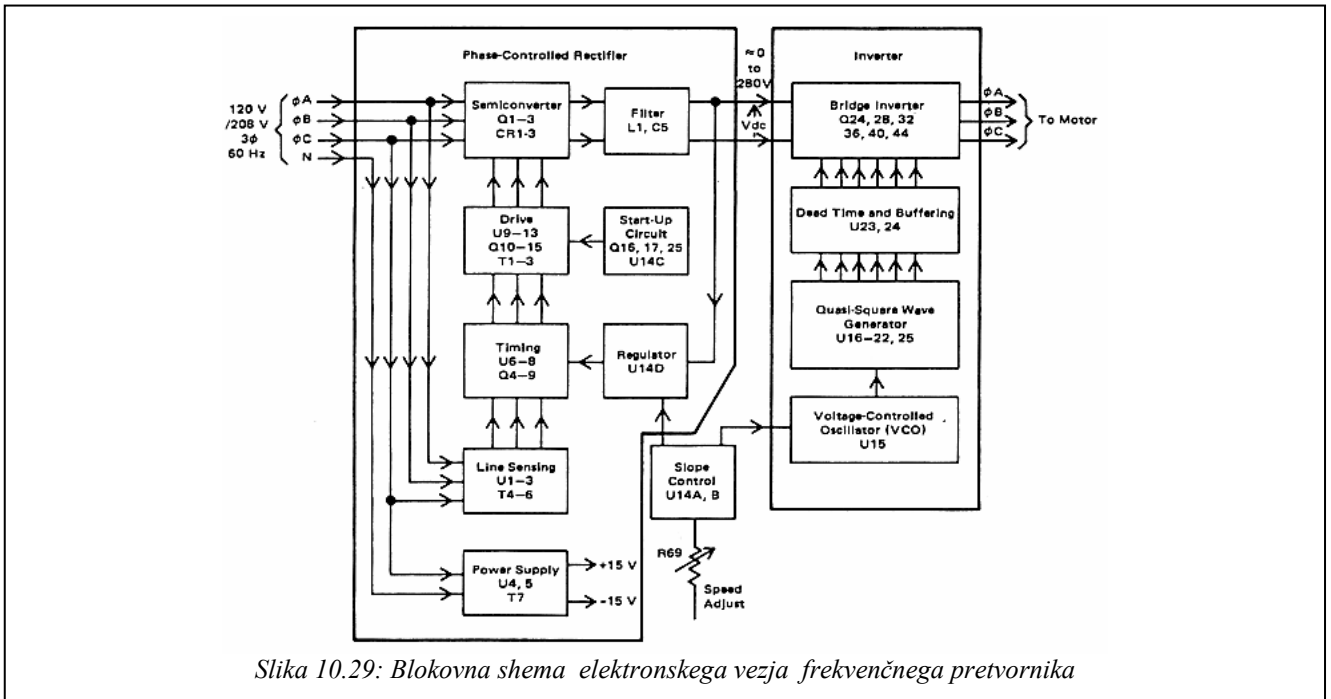
Delovanje sodobnega frekvenčnega pretvornika nadzira mikroprocesor, ki poleg osnovnih funkcij potrebnih za krmiljenje usmernika in inverterja, izvaja še zaščitne funkcije (temperaturna, tokovna, zagonna,..) in omogoča daljinsko kontrolo. Mikroprocesor sprejema signale iz senzorjev, instrukcije iz interne tipkovnice za nastavitve parametrov oz. omejitev in preko priključka za serijsko komunikacijo. Tako je možno nastaviti različne parametre za način delovanja (zagonna karakteristika, časovni potek spreminjanja vrtljajev, nadziranja vrtljajev, zavornega režima,...). Tak frekvenčni pretvornik je zaradi tega sorazmerno inteligentna naprava saj neprestano preverja delovanje sklopov in preprečuje zagon oz. delovanje pri nenormalnih pogojih.

POZOR!!!

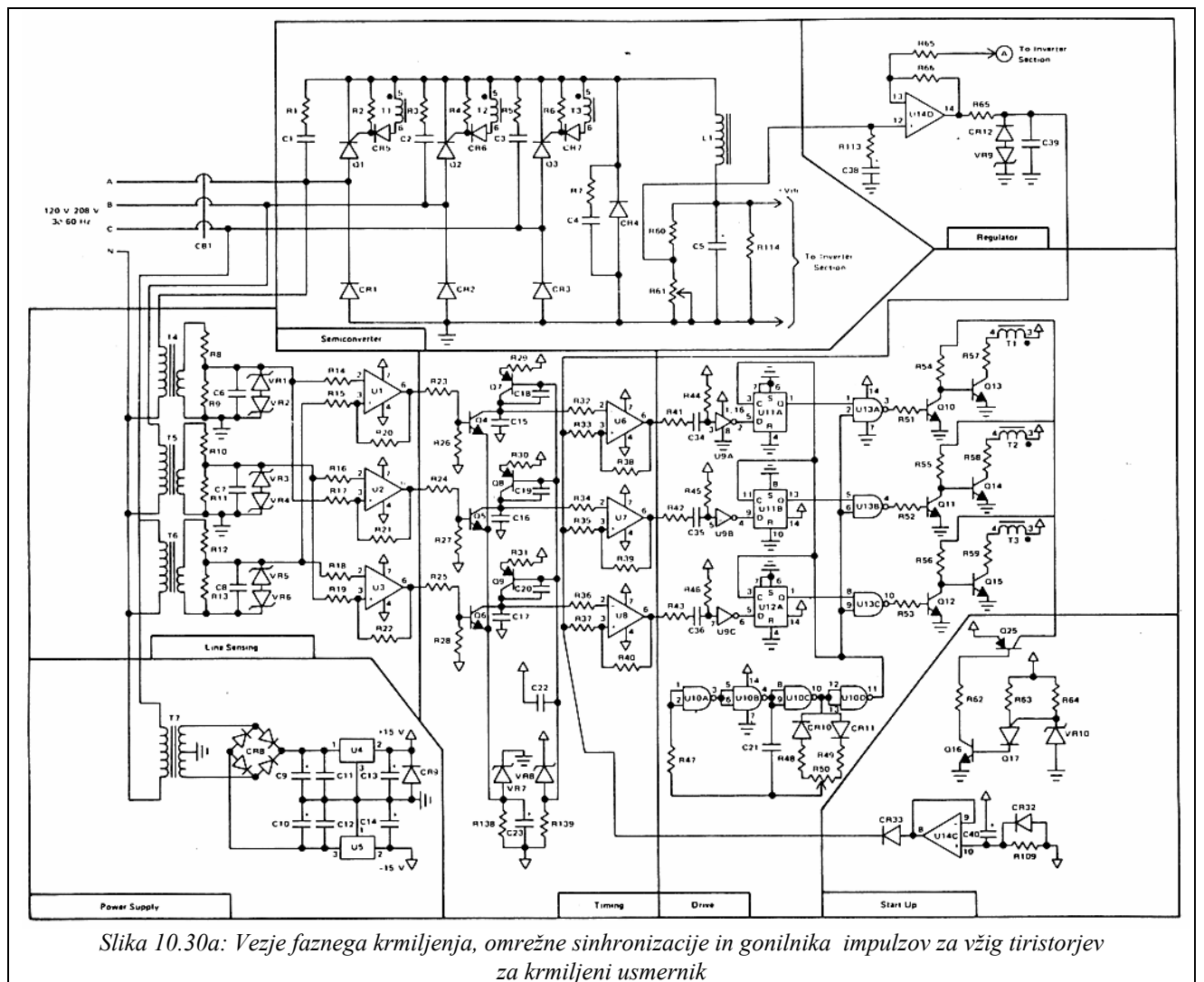
Pri poseganju v elektronsko vezje, je potrebno biti posebno pozoren na kondenzatorje v krmiljenem usmerniku. Kapacitivnosti kondenzatorjev so velike in lahko **ohranijo naboj z visoko napetostjo** še daljši čas po izključitvi naprave, kar predstavlja veliko nevarnost za električni udar in poškodbe.

10.5.5 PRILOGA 8

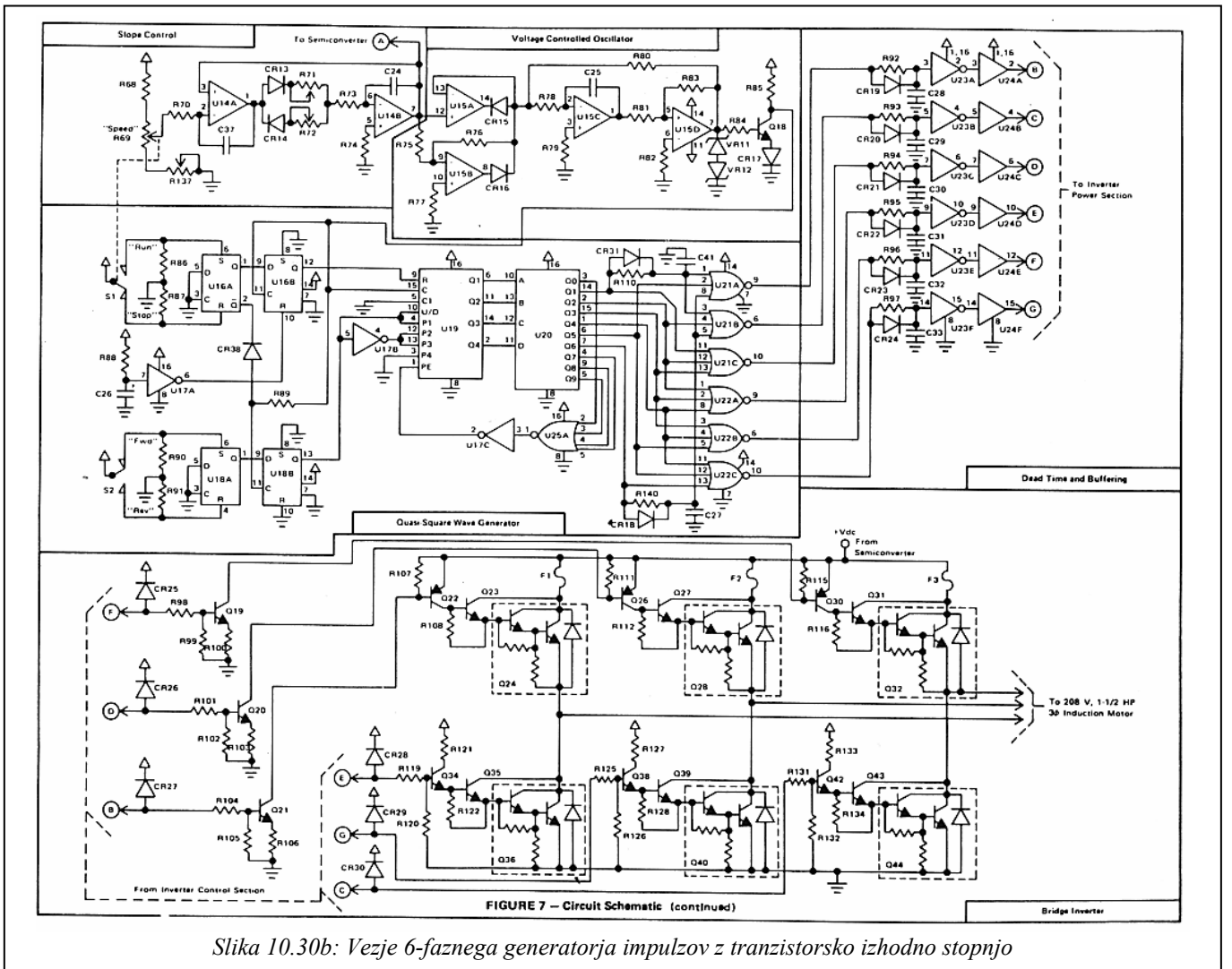
Primer frekvenčnega pretvornika v izvedbi z diskretnimi komponentami (vir Motorola)



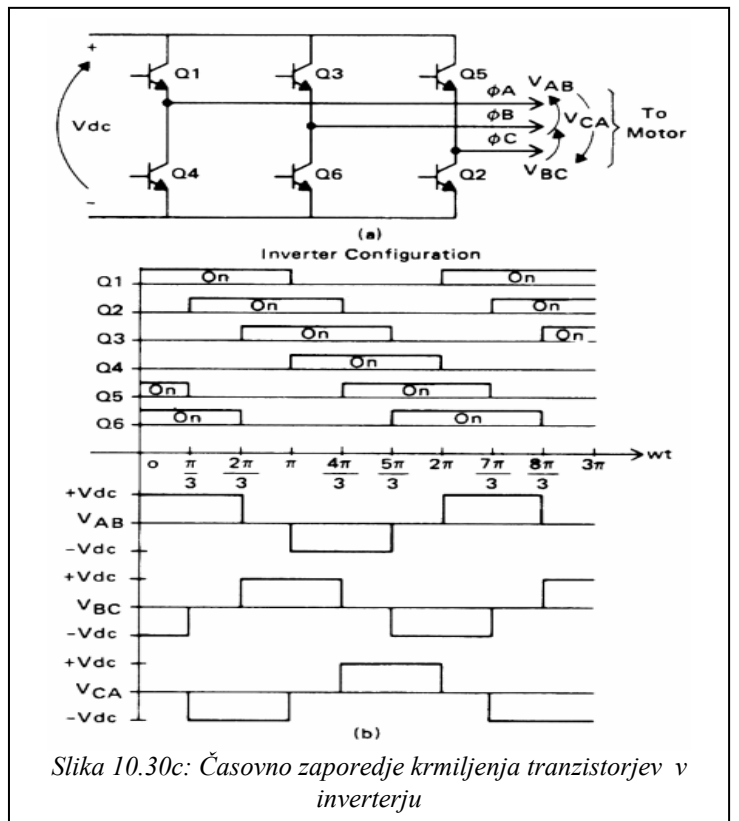
Slika 10.29: Blokovna shema elektronskega vezja frekvenčnega pretvornika



Slika 10.30a: Vezje faznega krmiljenja, omrežne sinhronizacije in gonilnika impulzov za vžig tiristorjev za krmiljeni usmernik



Slika 10.30b: Vezje 6-faznega generatorja impulzov z tranzistoro izhodno stopnjo



Slika 10.30c: Časovno zaporedje krmiljenja tranzistorjev v inverterju