

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

STUDIJSKI PROGRAM: NOVE ENERGETSKE TEHNOLOGIJE

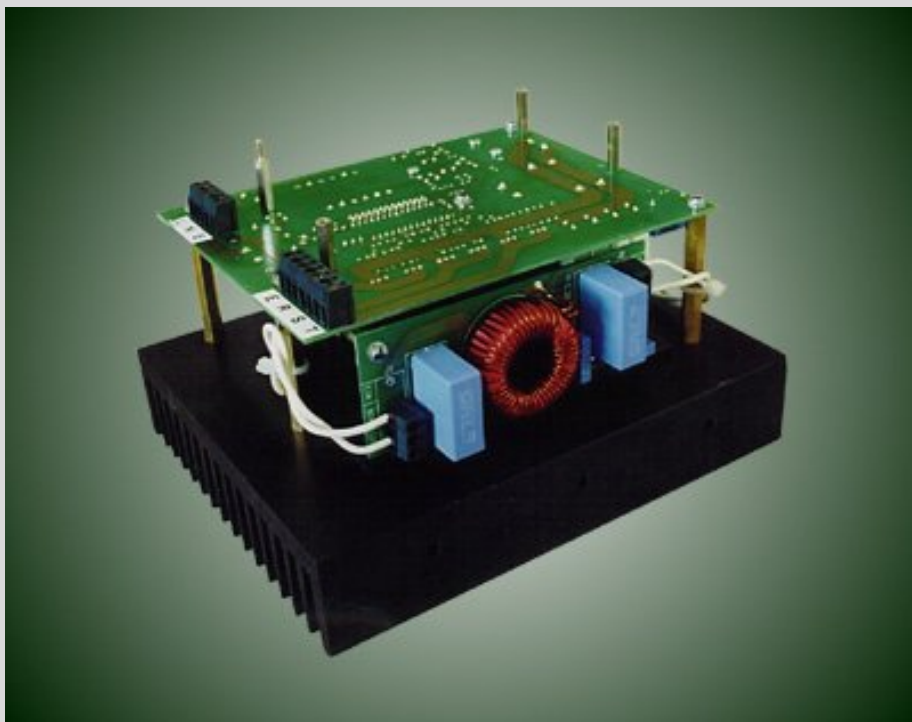
SPECIALISTIČKE STUDIJE

PREDMET: UPRAVLJANJE ELEKTROENERGETSKIM PRETVARAČIMA



ELEKTROENERGETSKI PRETVARAČI

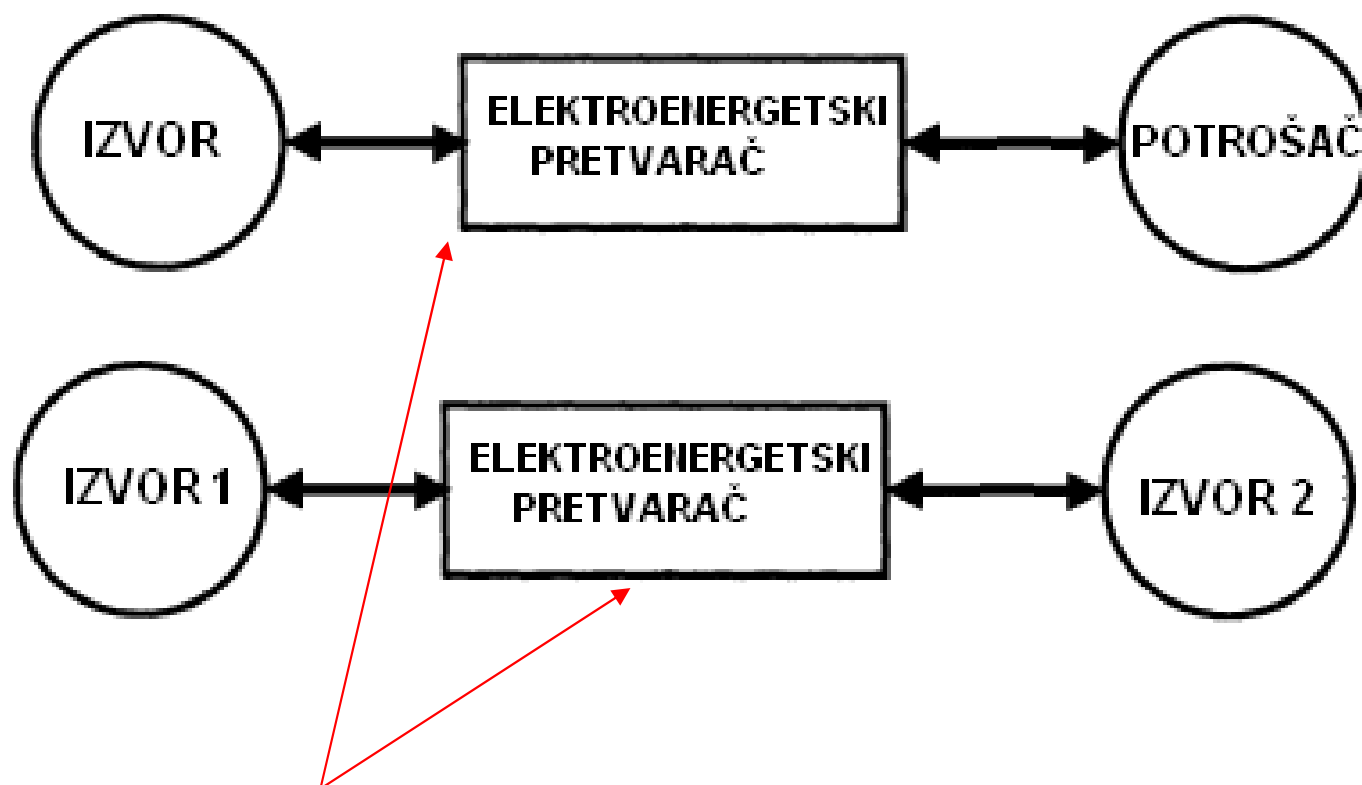
-UVODNO PREDAVANJE-



Predmetni profesor: Dr Željko Despotović

ENERGETSKI PRETVARAČI

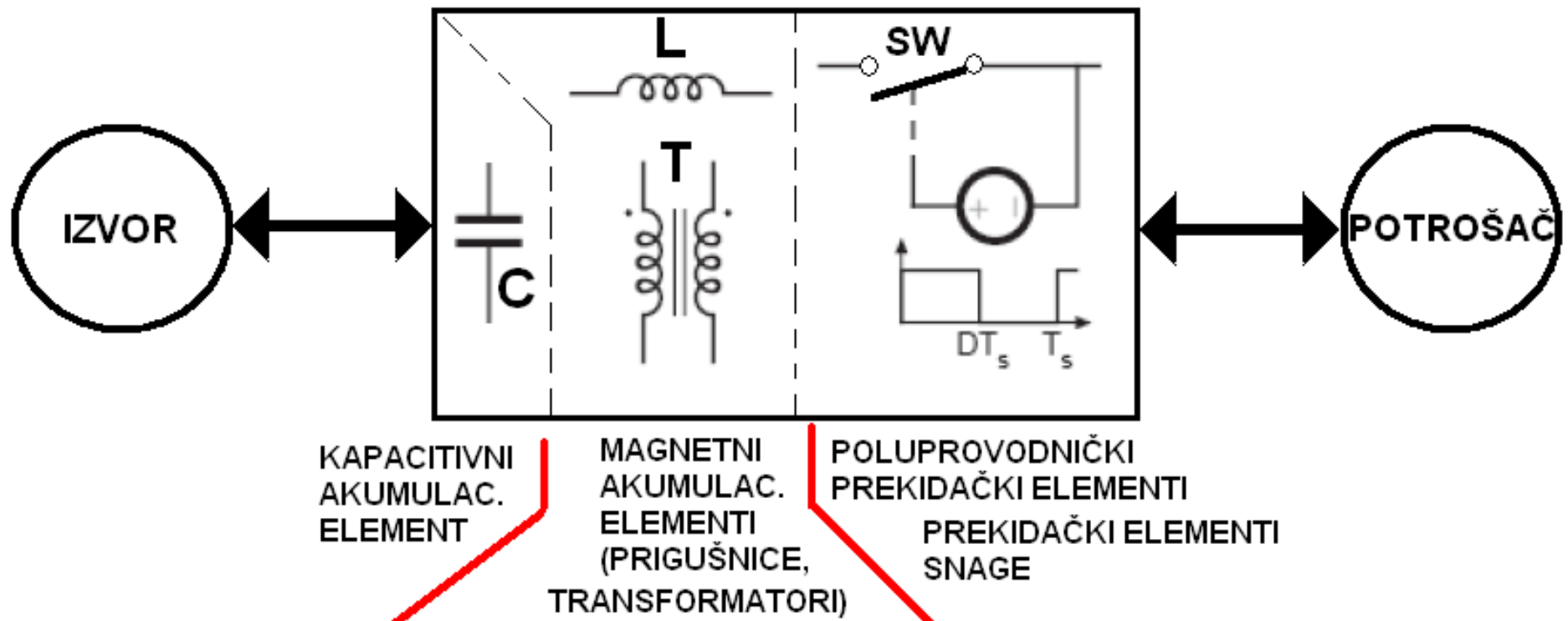
- Uređaji koji vrše PRETVARANJE (konverziju) električne energije od predajnika (generatora, izvora) ka prijemniku (potrošaču) ili između dva izvora



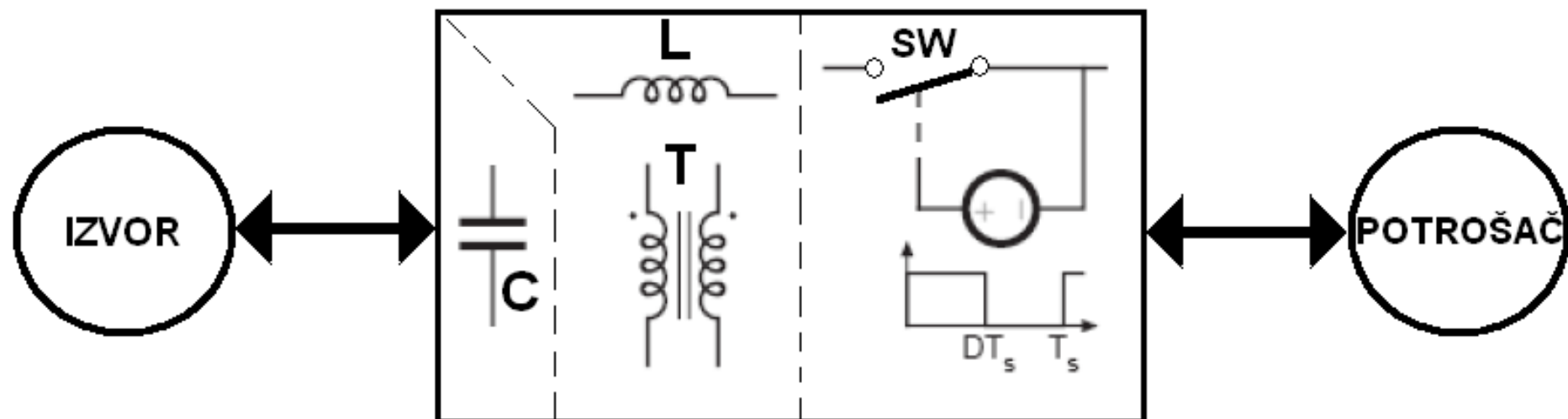
- INTERFEJS između izvora i potrošača ili između dva izvora

PRECIZNIJA DEFINICIJA ENERGETSKIH PRETVARAČA!!!

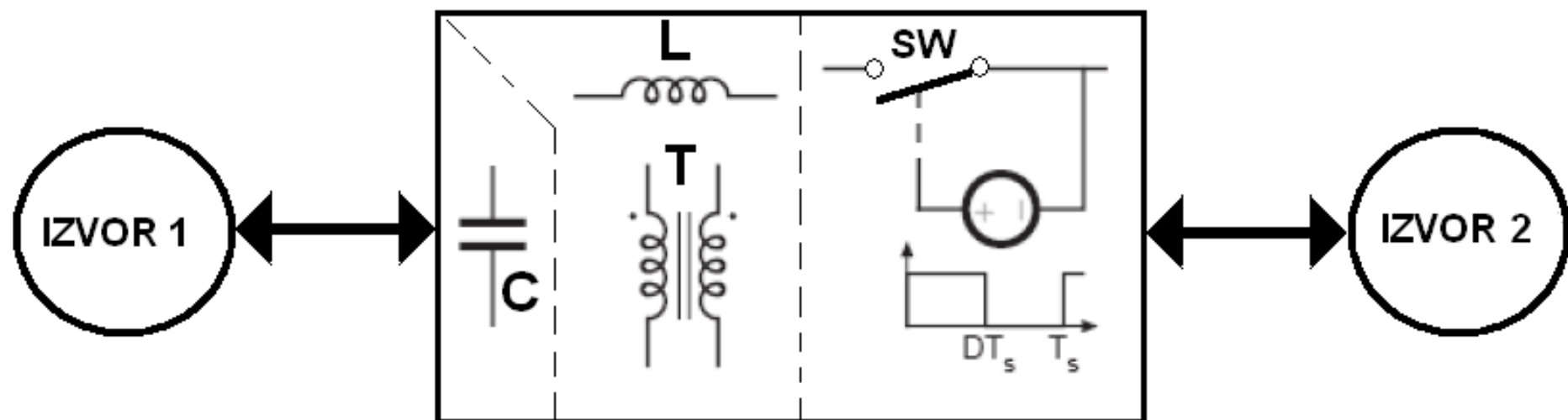
- Uređaji koji vrše PRETVARANJE (konverziju) električne energije uz pomoć energetskih poluprovodničkih komponenti i akumulacionih elemenata (induktivnosti, transformatora i kondenzatora) od predajnika (generatora, izvora) ka prijemniku (potrošaču) ili između dva izvora



TRANSFORMACIJA ELEKTRIČNE ENERGIJE IZMEĐU PREDAJNIKA (IZVORA) I
PRIJEMNIKA (POTROŠAČA)



TRANSFORMACIJA ELEKTRIČNE ENERGIJE IZMEĐU DVA IZVORA KOJI MOGU MENJATI ULOGE
PREDAJNIKA I PRIJEMNIKA



ELEKTROENERGETSKI PRETVARAČI KAO REGULATORI

- Uređaji energetske elektronike koji regulišu PROTOK ELEKTRIČNE ENERGIJE (SNAGE) transformacijom napona i struja iz jednog oblika u drugi
- Uređaji koji transformišu jedan oblik energije u drugi
- KOJI SU TO OBLICI??

Električna energija može biti:

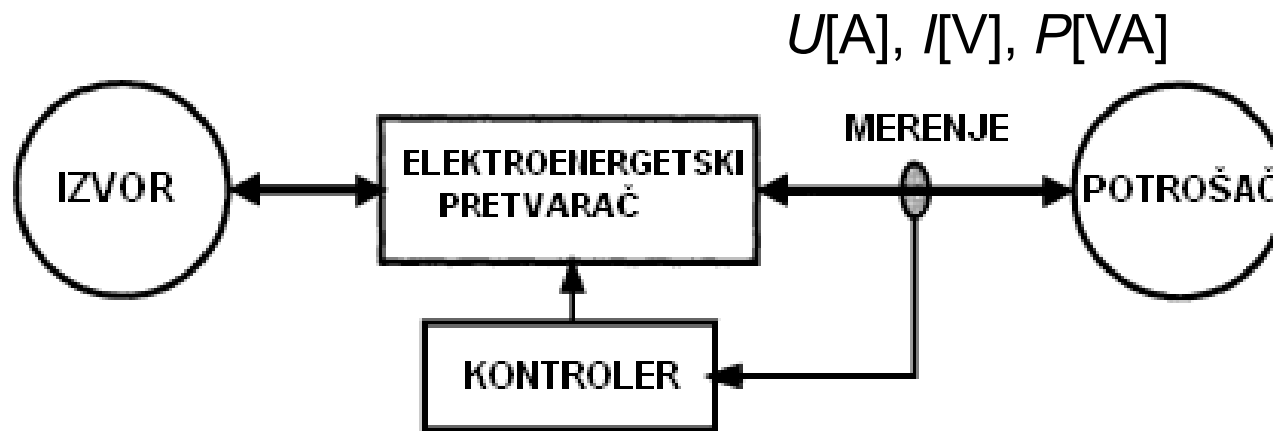
- jednosmerna (jednosmerna struja i napon)

- naizmenična (naizmenična struja i napon)

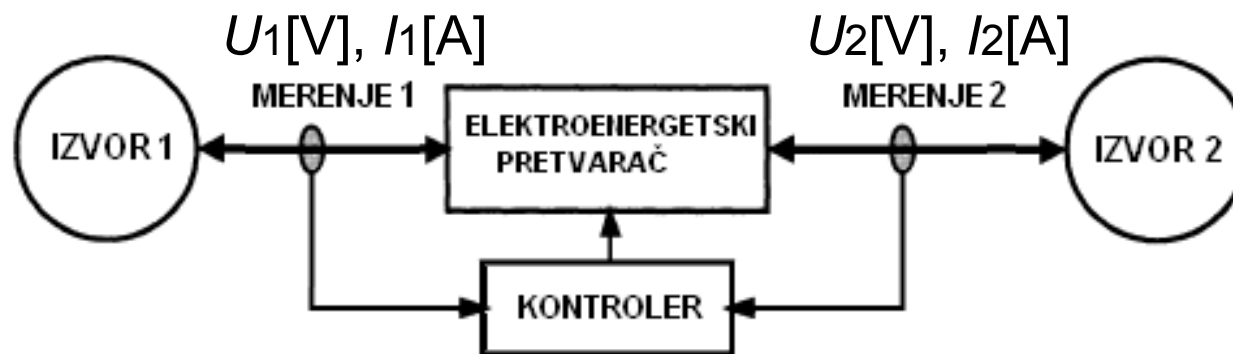


- KONTROLA ENERGETSKIH PRETVARAČA
- KONTROLA TRANSFORMACIJE STRUJA I NAPONA
- KONTROLA TRANSFORMACIJE ENERGIJE
- SISTEMI SA POVRATNOM SPREGOM

KONTROLA TOKA ENERGIJE OD IZVORA KA POTROŠAČU

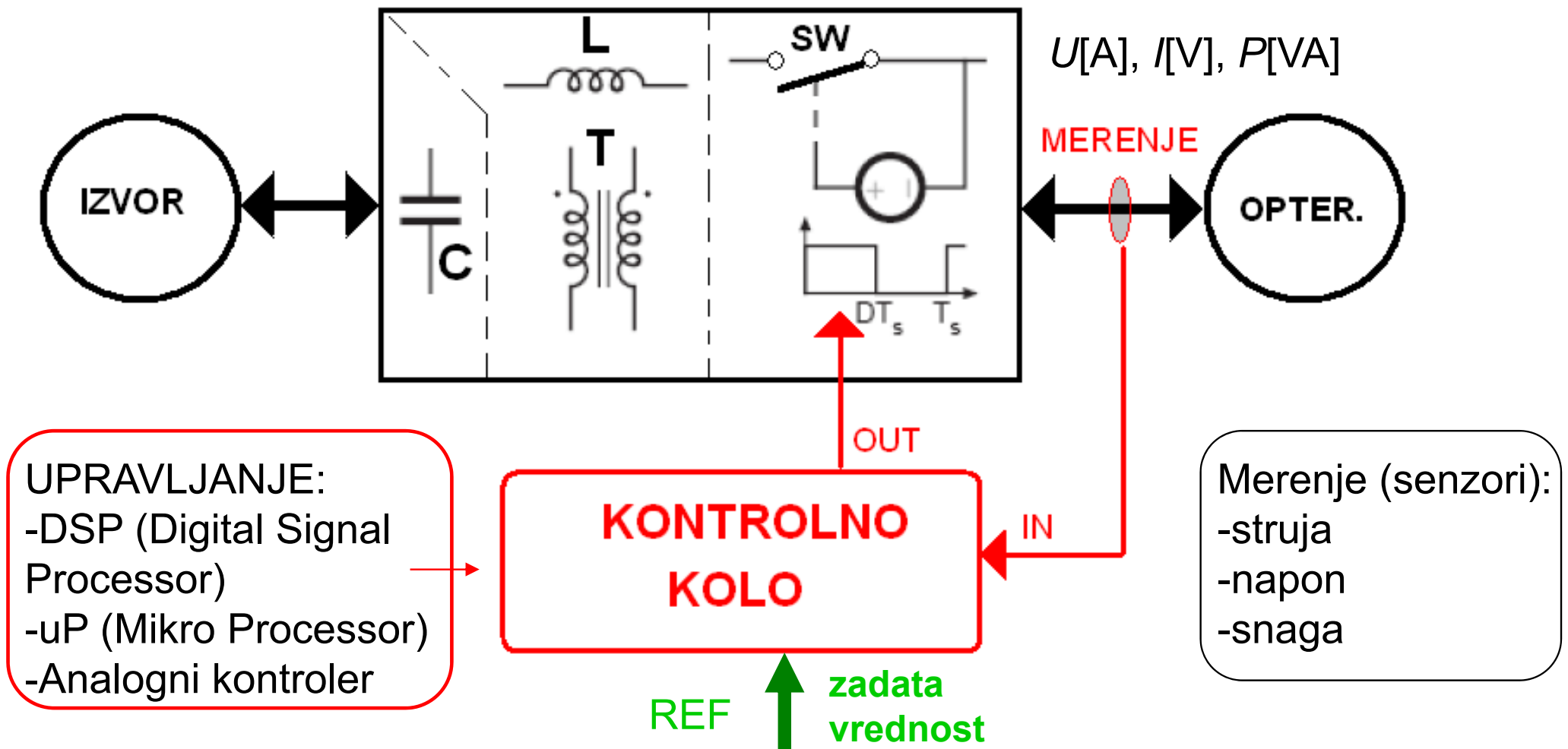


KONTROLA TOKA ENERGIJE IZMEĐU DVA IZVORA



- VELIČINE KOJE SE KONTROLIŠU SU OBIČNO STRUJA, NAPON I $SNAGA = STRUJA \times NAPON$
- STOGA JE OVE VELIČINE POTREBNO MERITI
- IZLAZ KONTROLERA?

ENERGETSKI PRETVARAČ

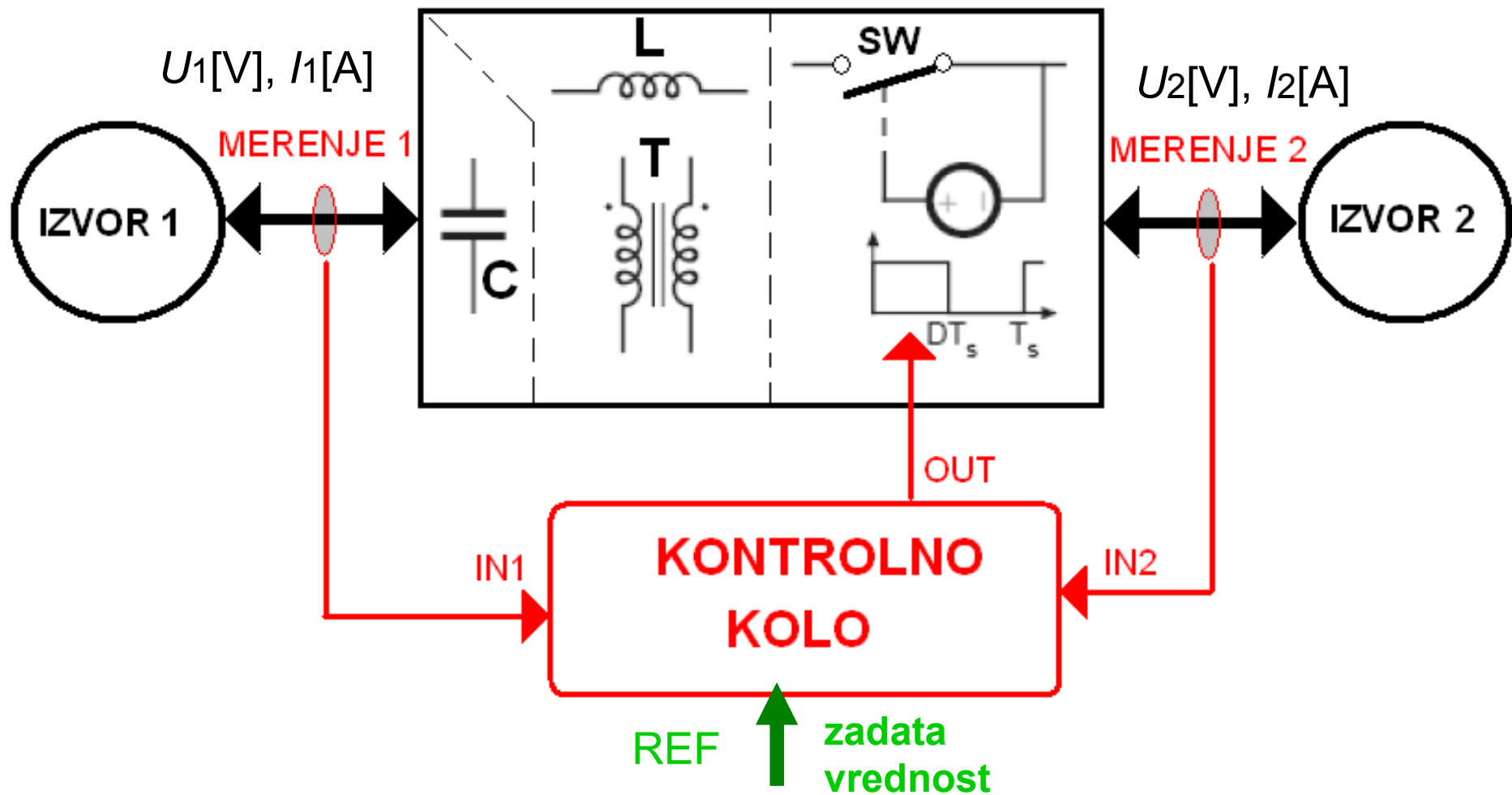


• ULAZ KONTROLERA "IN" JE MERENA IZLAZNA VELIČINA (ANALOGNA VELIČINA)

IZLAZ KONTROLERA "OUT" JE DIGITALNI ON-OFF I ON DELUJE NA STANJE PREKIDAČA SW (SWITCH)

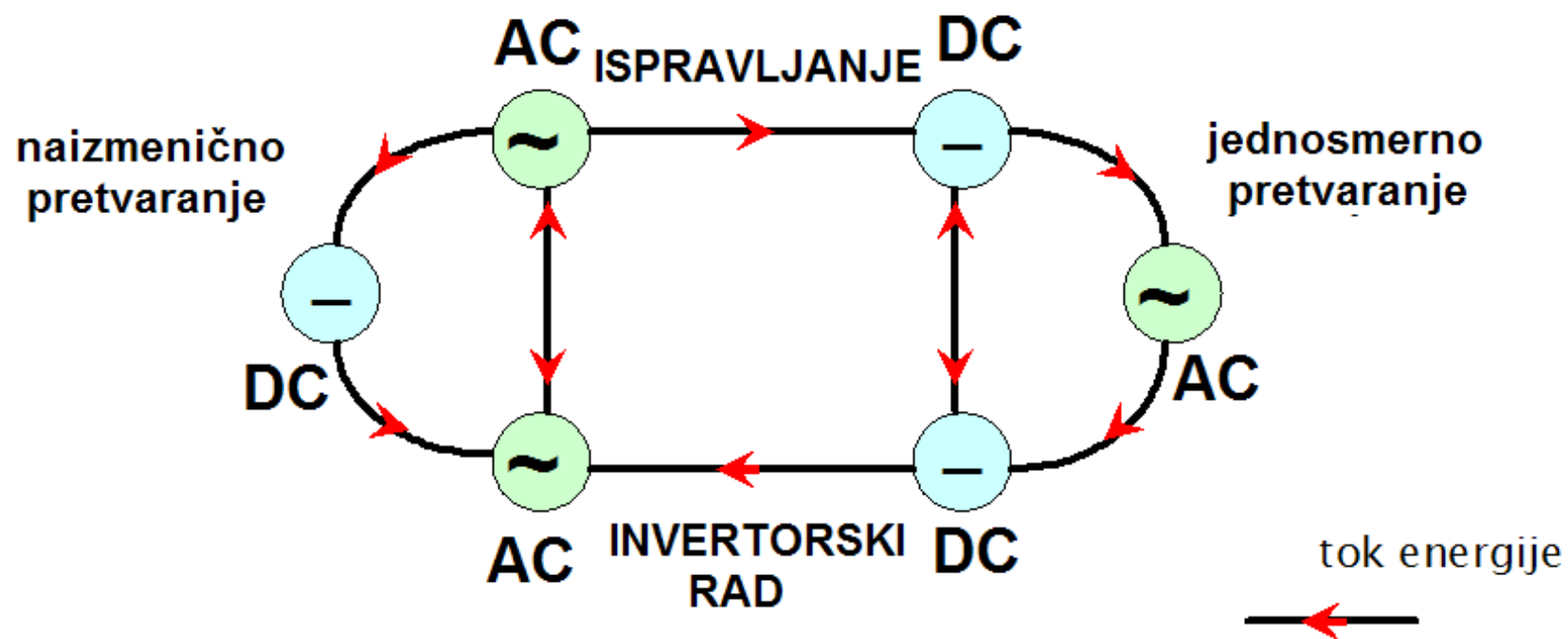
• STANJA PREKIDAČA ON=UKLJUČEN, OFF=ISKLJUČEN

ENERGETSKI PRETVARAČ



KONTROLA TOKA ENERGIJE IZMEĐU DVA IZVORA

OSNOVNI VIDOVI PRETVARANJA ENERGIJE



OBIM PRIMENE ENERGETSKIH PRETVARAČA

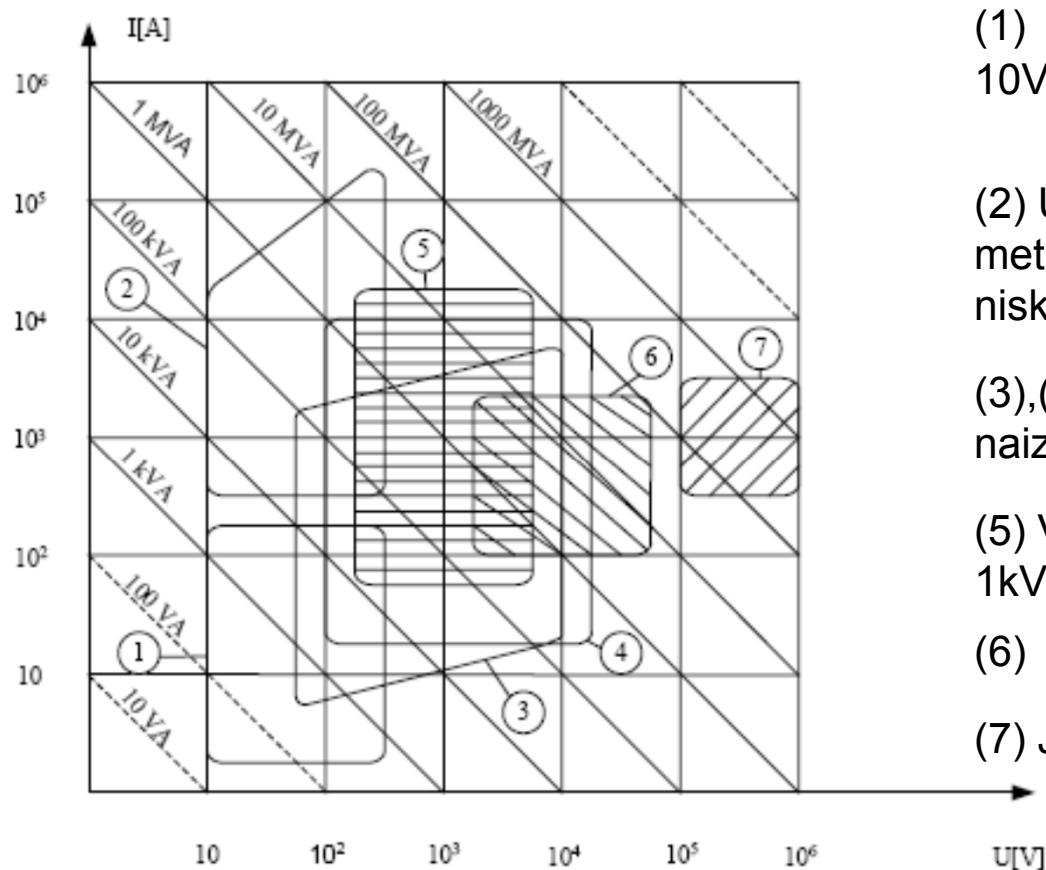
- NAJVEĆI DEO ELEKTRIČNE ENERGIJE SE DANAS PRETVARA POSREDSTVOM ELEKTROENERGETSKIH PRETVARČA

OBIM PRIMENE JE U STALNOM PORASTU!!!!

- u industriji,
- komercijalnim uređajima
- kućanskim aparatima,
- elektroenergetskim sistemima (kompenzatori reaktivne snage i energije, DC prenos
- obnovljivim izvorima električne energije (vetrogeneratori, solarni sistemi, gorivne ćelije, energija plime i oseke...) ,
- transportu i električnim vozilima, električnoj vuči
- vojnim primenama,
- kosmičkim i vazdušnim letilicama itd.

Primena pretvarača je raznovrsna, a njihove snage mogu biti reda od 1W (npr. u kućnim uređajima, u elektronskim uređajima) do reda 1000 MW.

Podela oblasti primene pretvarača, po snazi (naponu i struji).



(1) U ovoj oblasti snage pretvarača su u opsegu od npr. 10VA do 100VA i to su aparati široke potrošnje.

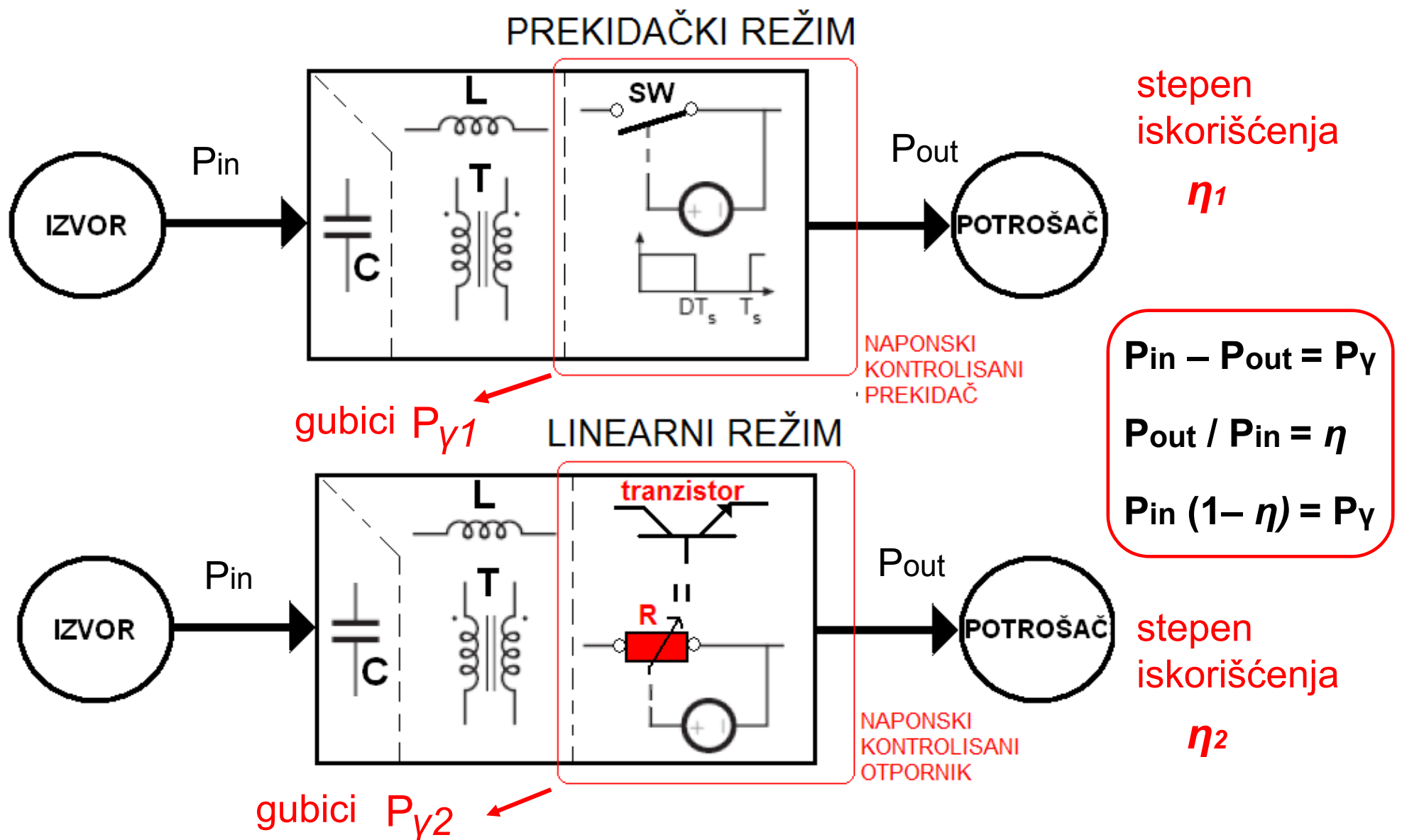
(2) Uređaji koji se koriste u hemijskoj industriji i metalurgiji npr. za elektrolizu; naponi su ovde relativno niski ali struje zato mogu imati veoma velike jačine.

(3),(4) Jednosmerni elektromotorni pogoni i naizmenični elektromotorni pogoni.

(5) VF (visokofrekventne) peći: ovde je napon reda 1kV, $P \in (\sim 10\text{kW}, \sim 1\text{MW})$.

(6) Električna vuča

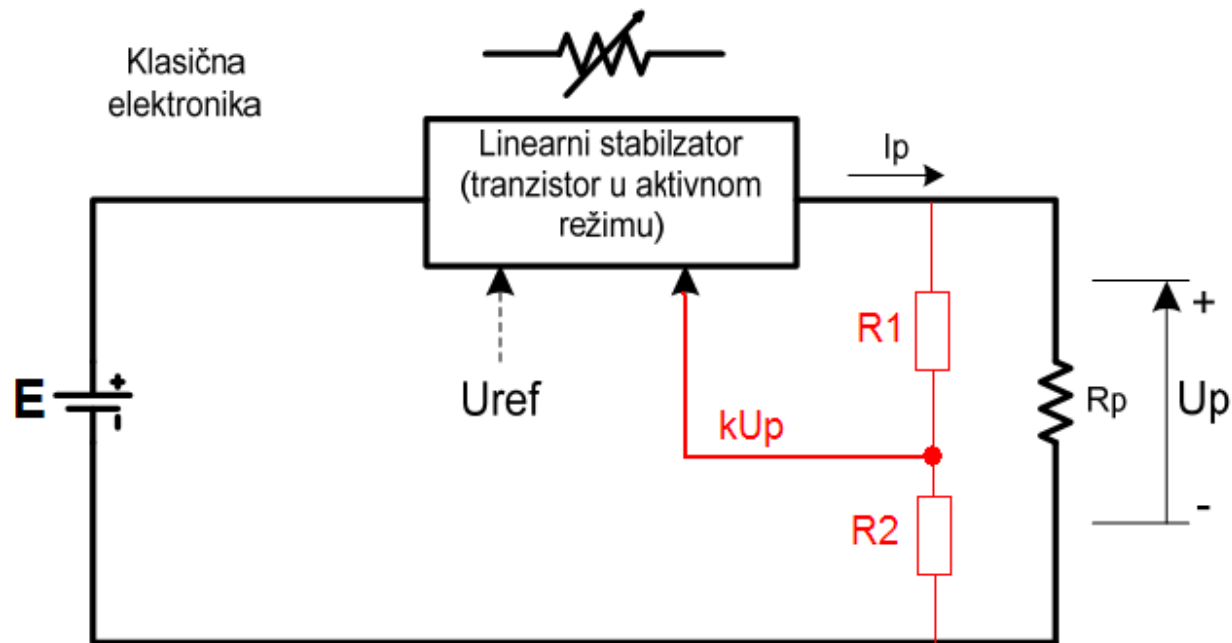
(7) Jednosmerni prenos električne energije



- Cilj je da se pretvaranje energije izvrši sa što manje gubitaka energije (sa što većim stepenom iskorišćenja)
- Prekidački režim je mnogo efikasniji od linearnog režima

$$\eta_1 \gg \eta_2$$

PRIMER KOJI OBJAŠNJAVA PREDNOST PREKIDAČKOG PRETVARAČA U ODNOSU NA KLASIČNI (LINEARNI)



Neka je $E=100V$
i neka se zahteva $U_p=50V$

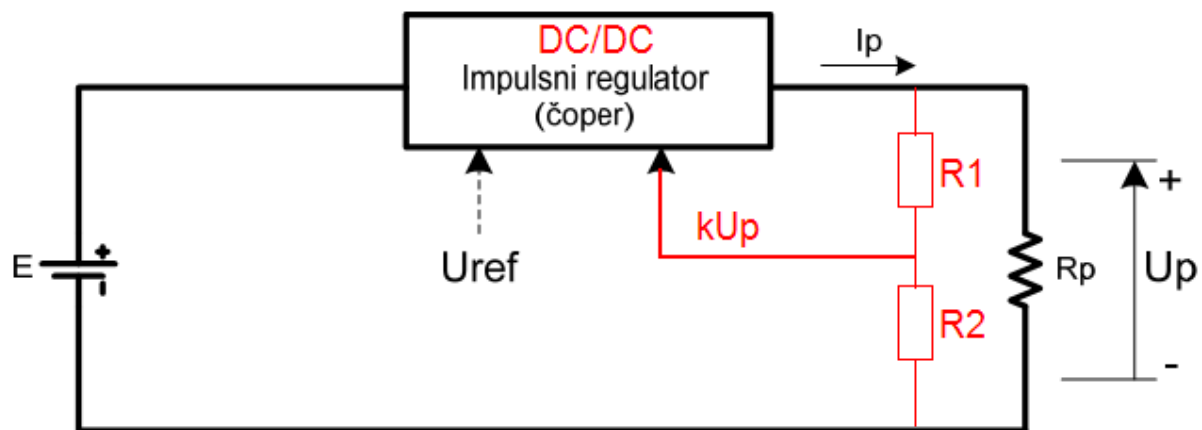
Bilans snaga:

I_p (A)	P_p (W)	P_y (W)
0,1	5	5
1	50	50
10	500	500
100	5000	5000
1000	50000	50000

$$P_p = U_p \cdot I_p$$

$$P_y = (E - U_p) \cdot I_p$$

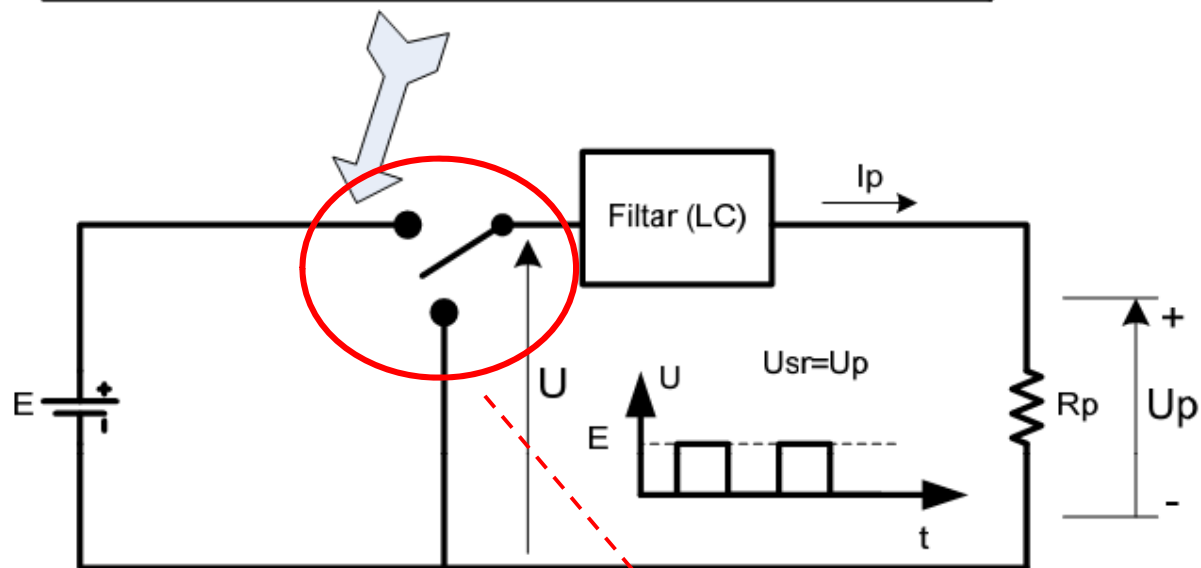
P_p -snaga koja se predaje potrošaču
 P_y -snaga gubitaka u kolu



Neka je $E=100V$
i neka se zahteva $U_p=50V$

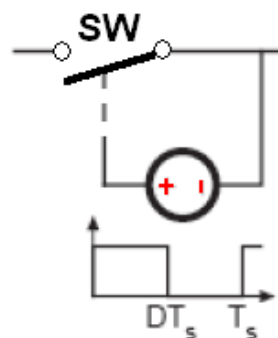
Bilans snaga:

I_p (A)	P_p (W)	P_y (W)
0,1	5	≈ 0
1	50	≈ 0
10	500	≈ 0
100	5000	≈ 0
1000	50000	≈ 0



$$P_p = U_p \cdot I_p$$

$$P_y = (E - U_p) \cdot I_p$$

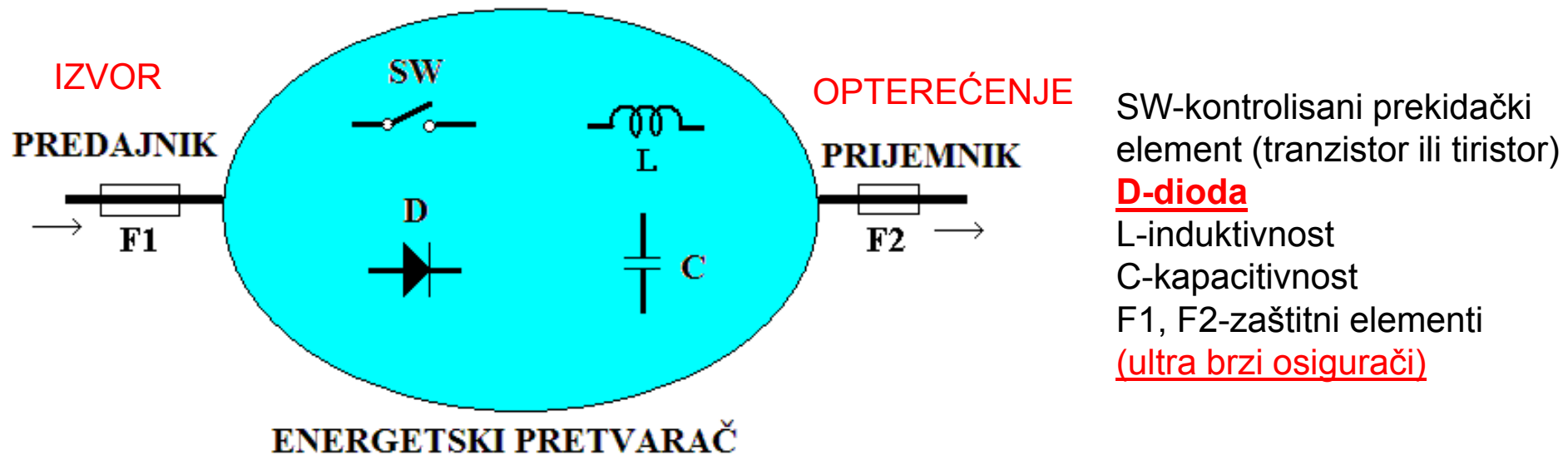


Kada su komponente filtra L , C ,
kao i sam prekidač idealni,
nema gubitaka tj. $P_y=0$

ZAKLJUČAK IZ PRETHODNOG PRIMERA

- Primena elektroenergetskih pretvarača u odnosu na klasične linearne stabilizatore, obezbeđuje:
 - manji gubitak energije (ovo je bitno i za male snage, u mobilnim uređajima povećava se autonomija vek trajanja baterije, smanjuje se grejanje itd.)
 - manje gabarite uređaja
(hladnjaci, transformatori i filtri su manjih dimenzija)
 - nižu cenu izrade

POLUROVODNIČKE KOMPONENETE KOJE SE KORISTE U ELEKTROENERGETSKIM PRETVARAČIMA



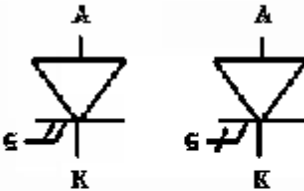
U linearnoj elektronici je najbitnije da li poluprovodnička komponenta verno prenosi ili održava signal, dok je koeficijent korisnog dejstva manje važan.

U energetskej elektronici situacija potpuno obrnuta. Veoma je bitno da se pretvaranje energije ostvaruje sa što manjim gubicima. Najvažniji pokazatelj nekog energetskog pretvarača je njegov stepen korisnog dejstva.

Koje su to poluprovodničke komponente (pored diode) koje se koriste u elektroenergetskim pretvaračima??

- Dioda 

- Tiristor (eng. Thyristor) – SCR (Silicon Controlled Rectifier) 

- GTO (Gate turn-off) tiristor, 

- Triak (Triac), 

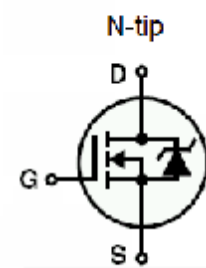
- Bipolarni tranzistor, BJT (Bipolar Junction Transistor)



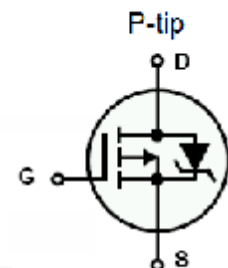
NPN

PNP

- MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)

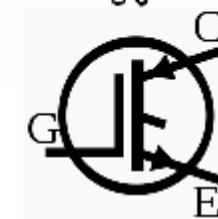


N-tip



P-tip

- IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor – tranzistor sa izolovanim gejtom),



- SIT (Static Induction Transistor),

- SITH (Static Induction Thyristor),

- MCT (MOS-controlled thyristor),

- IGCT (Integrated gate commutated thyristor), itd.

TIRISTORI-SCR



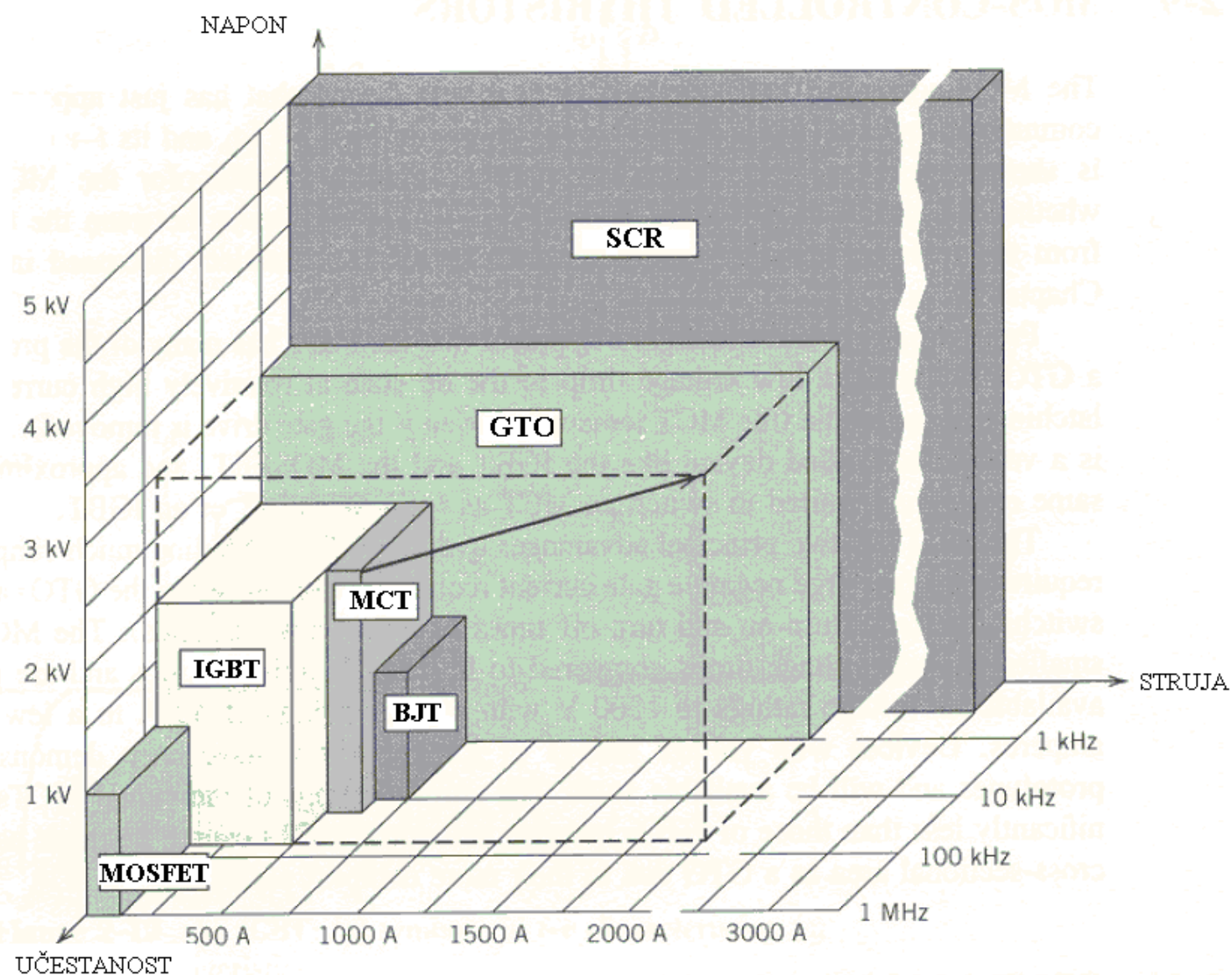
TIRISTORI ZA VELIKE SNAGE



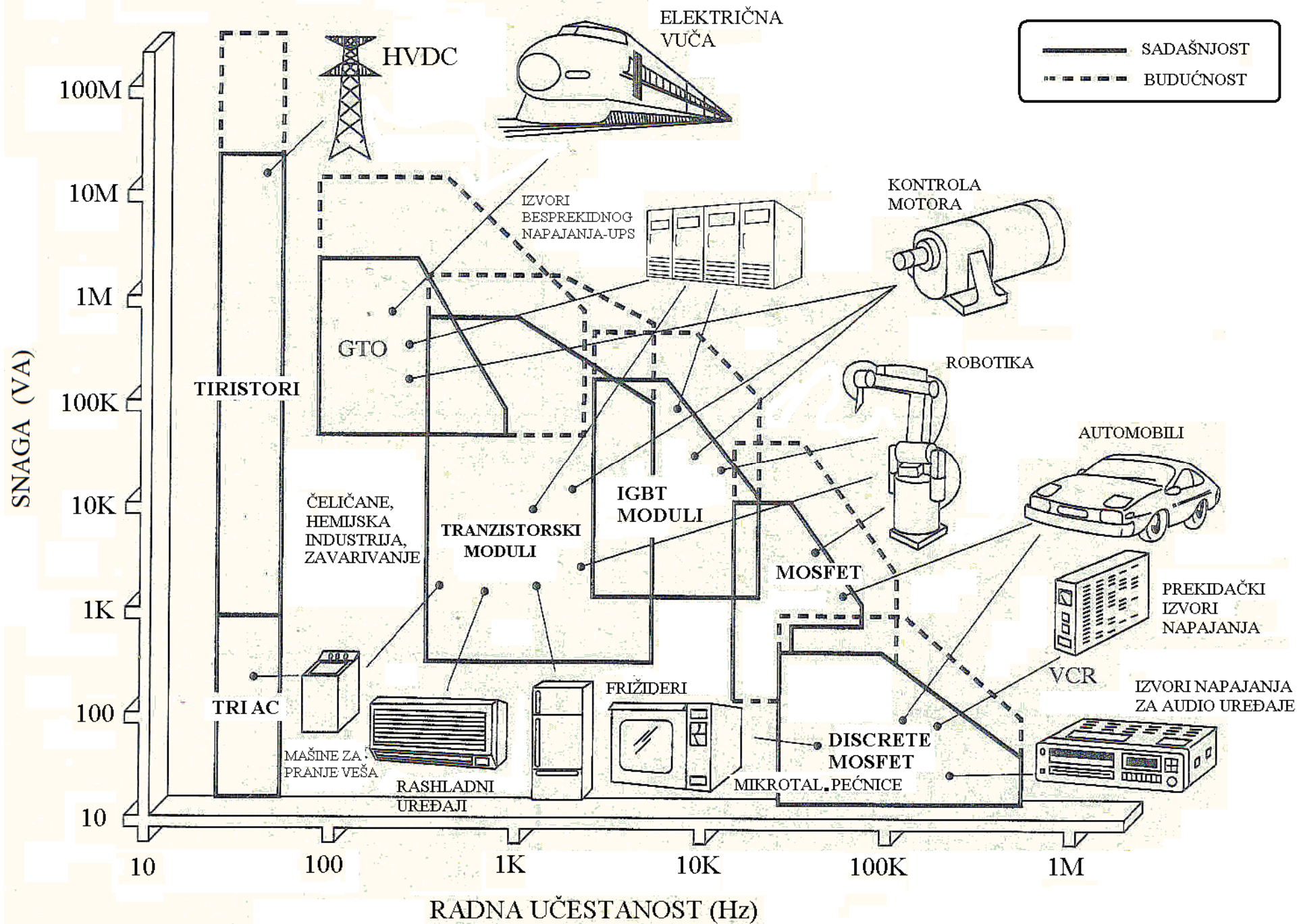
IGBT tranzistor 150A/600V(danas je to glavni
poluprovodnički prekidač snage)



OPSEZI PRIMENE KONTROLISANIH PREKIDAČKIH ELEMENATA-SW



Podela oblasti primene energetskih prekidača po snazi i radnoj učestanosti



NEDOSTACI POLUPROVODNIČKIH PREKIDAČA

- Postojanje pada napona, odnosno gubitaka u stanju uključenosti (ON state)
- Proticanje struje kroz prekidač, odnosno gubici u isključenom stanju (OFF state)
- Ograničenja u pogledu maksimalno dozvoljenih napona i struja na prekidačima!!!
- Za upravljanje prekidačima (kontrolisanje uključenja i isključenja) potrebna relativno mala energija
(npr. kod tiristora je odnos snage koja se prenosi i kojom se upravlja reda 10^5 do 10^8)
- Povećani prekidački gubici (povećana disipacija energije u trenucima uključenja i isključenja); ovi gubici su proporcionalni prekidačkoj učestanosti!!!!

OGRANIČENJA U POGLEDU MAKSIMALNIH NAPONA I STRUJA

<u>Polupr. komponenta</u>	<u>Napon (V)</u>	<u>Struja (A)</u>
Tiristor (SCR)	6000	3500 (5000)
GTO / IGCT	4500	3000 (4500)
Triak	800	40
Bipolarni tranzistor	1200	800
MOSFET	500 (1200)	140
IGBT	600 (3500)	50 (1200)
SIT	800	60
SITH	1200 (4000)	800 (2200)
MCT	600 (3000)	60

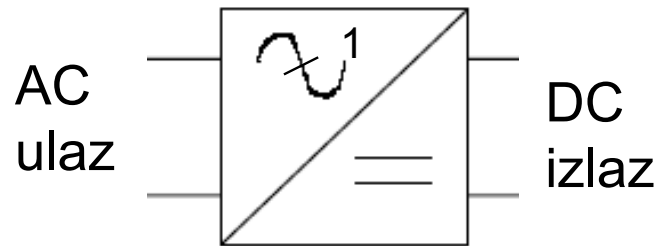
OSNOVNI TIPOVI ENERGETSKIH PRETVARAČA

- Prema tipu konverzije energetske pretvarače delimo na
- AC/DC (ispravljači; upravljivi i neupravljivi)
- DC/AC (invertori)
- DC/DC (čoperi)
- AC/AC (podešavači napona, ciklokonvertori...

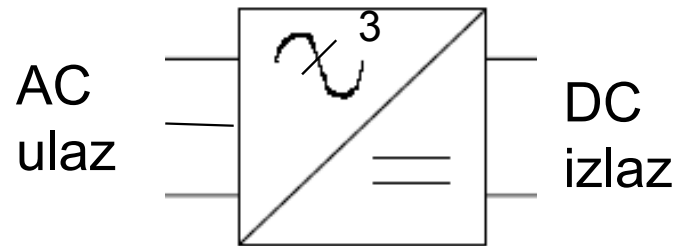
AC/DC pretvarači-ISPRAVLJAČI

AC ulaz: monofazni ili trofazni

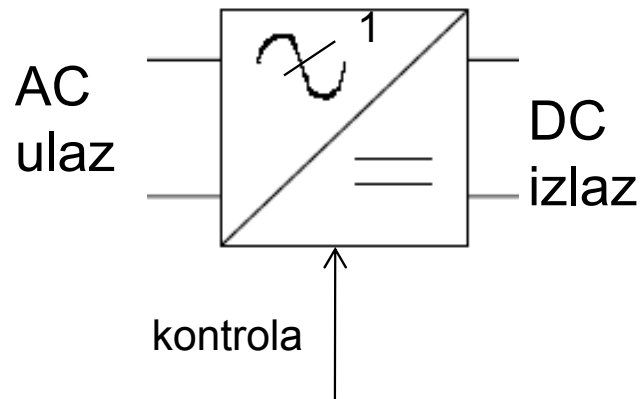
220V, 50/60Hz
3x380/220V, 50/60Hz



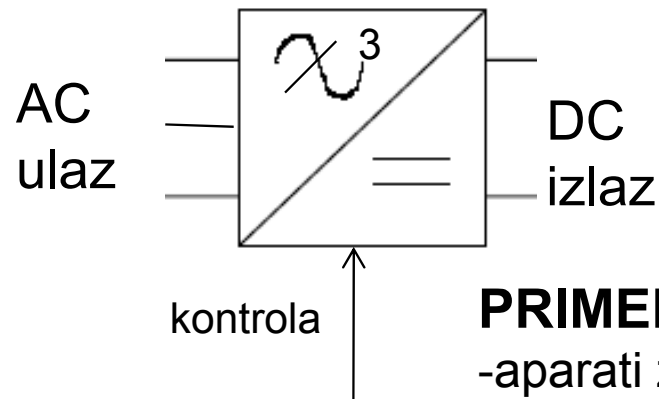
MONOFAZNI DIODNI ISPRAVLJAČI



TROFAZNI DIODNI ISPRAVLJAČI



**KONTROLISANI
TIRISTORSKI ili TRANZISTORSKI ISPRAVLJAČI
MONOFAZNI , TROFAZNI**

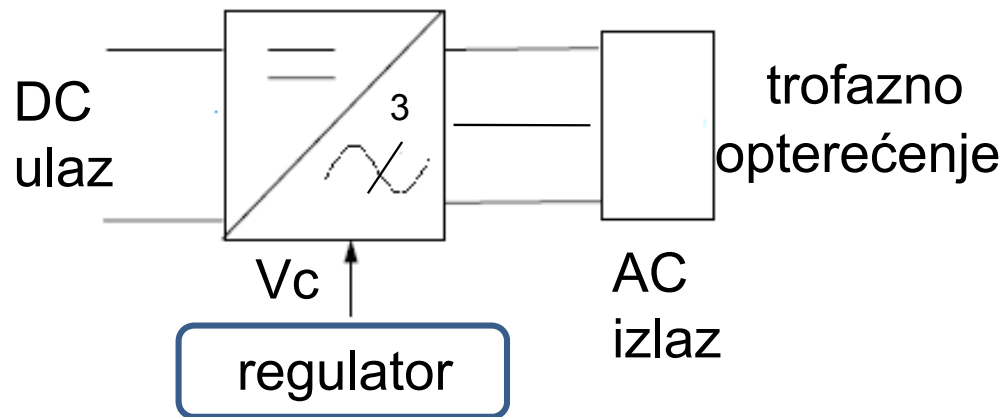
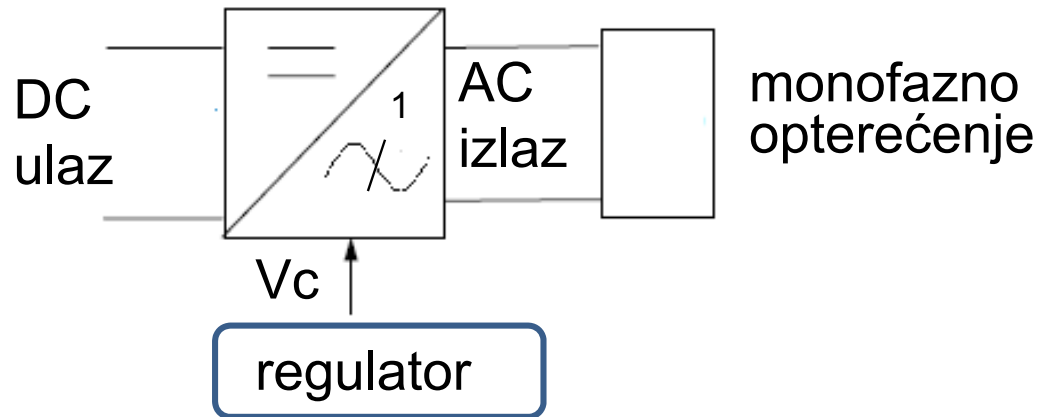


PRIMENA:

- aparati za zavarivanje
- jednosmerni motorni pogoni
- punjači baterija
- jednosmerni izvori napajanja
- visokonaponske DC aplikacije
- DC transmisije dalekovodima

TIRISTORSKI: POLUUPRAVLJIVI I PUNOUPRAVLJIVI

DC/AC pretvarači-INVERTORI



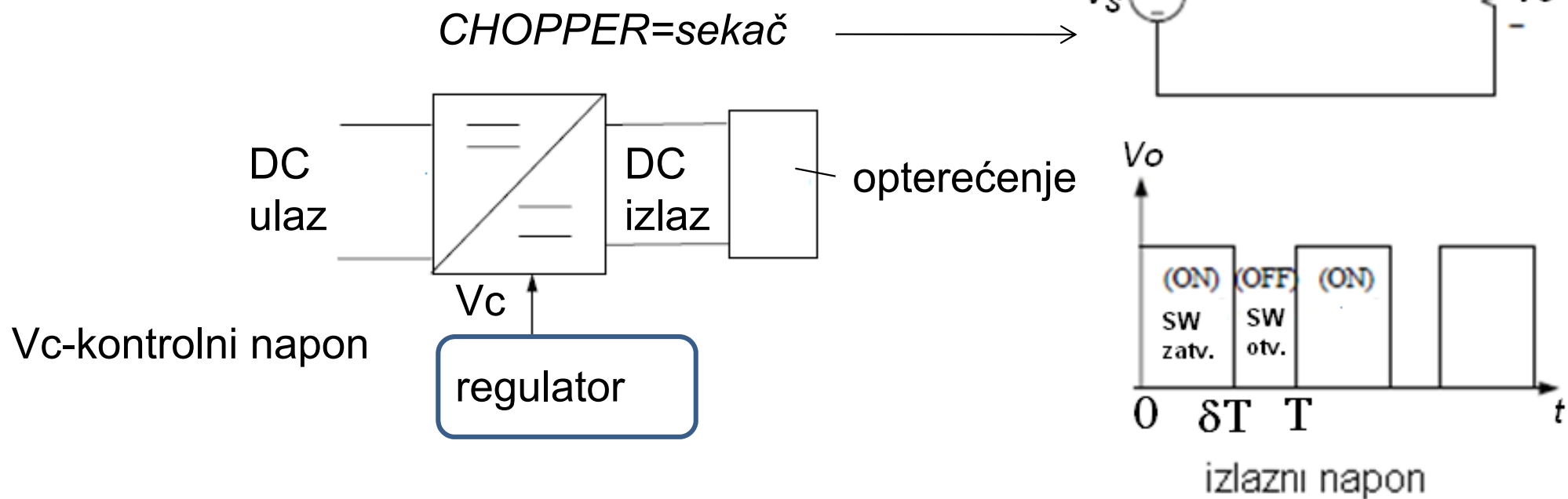
PRIMENA:

- regulisani motorni pogoni
- kućne aplikacije
- el.vuča
- DC transmisije

Vc-kontrolni napon

DC ulaz: jednosmerni izvori napajanja, izlaz ispravljačkih jedinica, solarne ćelije, DC vetrogeneratori, baterije, gorivne ćelije

DC/DC pretvarači-ČOPERI

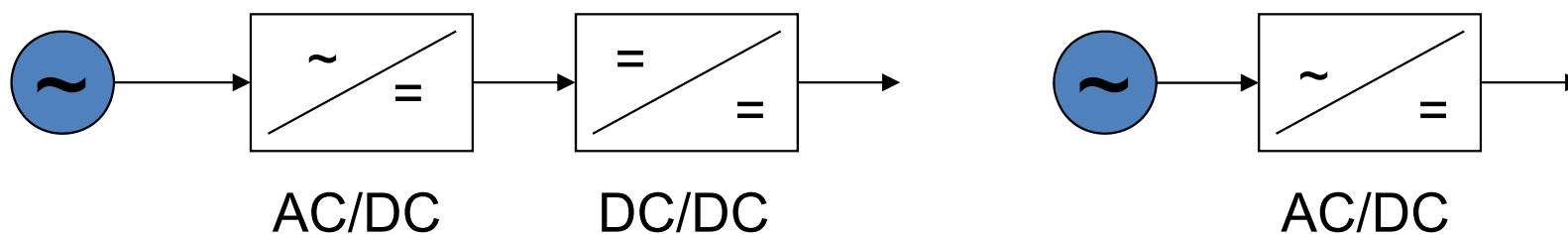


Pretvaraju nestabilisani DC ulazni napon u stabilisani DC izlazni napon zahtevanog nivoa

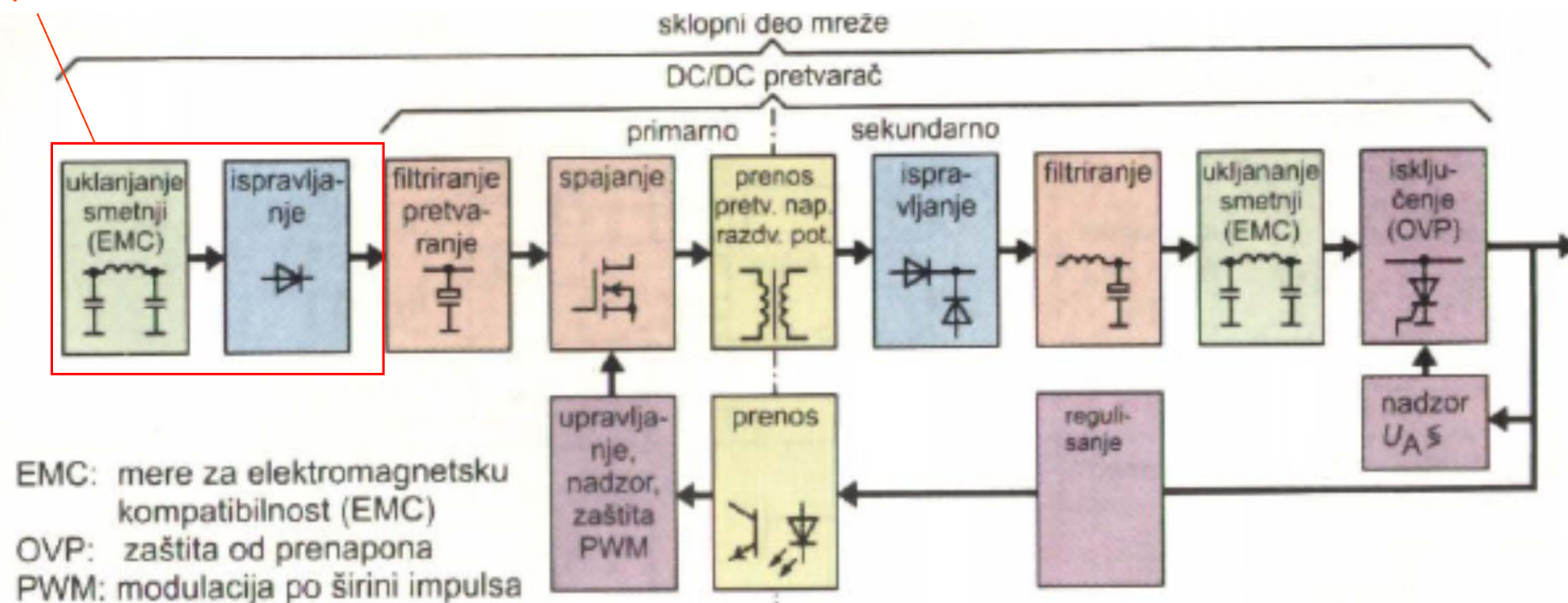
DC ulaz: jednosmerni izvori napajanja, izlaz ispravljačkih jedinica, solarne ćelije, DC vetrogeneratori, baterije, gorivne ćelije

PRIMENA: Prekidački izvori napajanja-Switch Mode Power Supply (SMPS), kontrola jednosmernih motora, punjači baterija

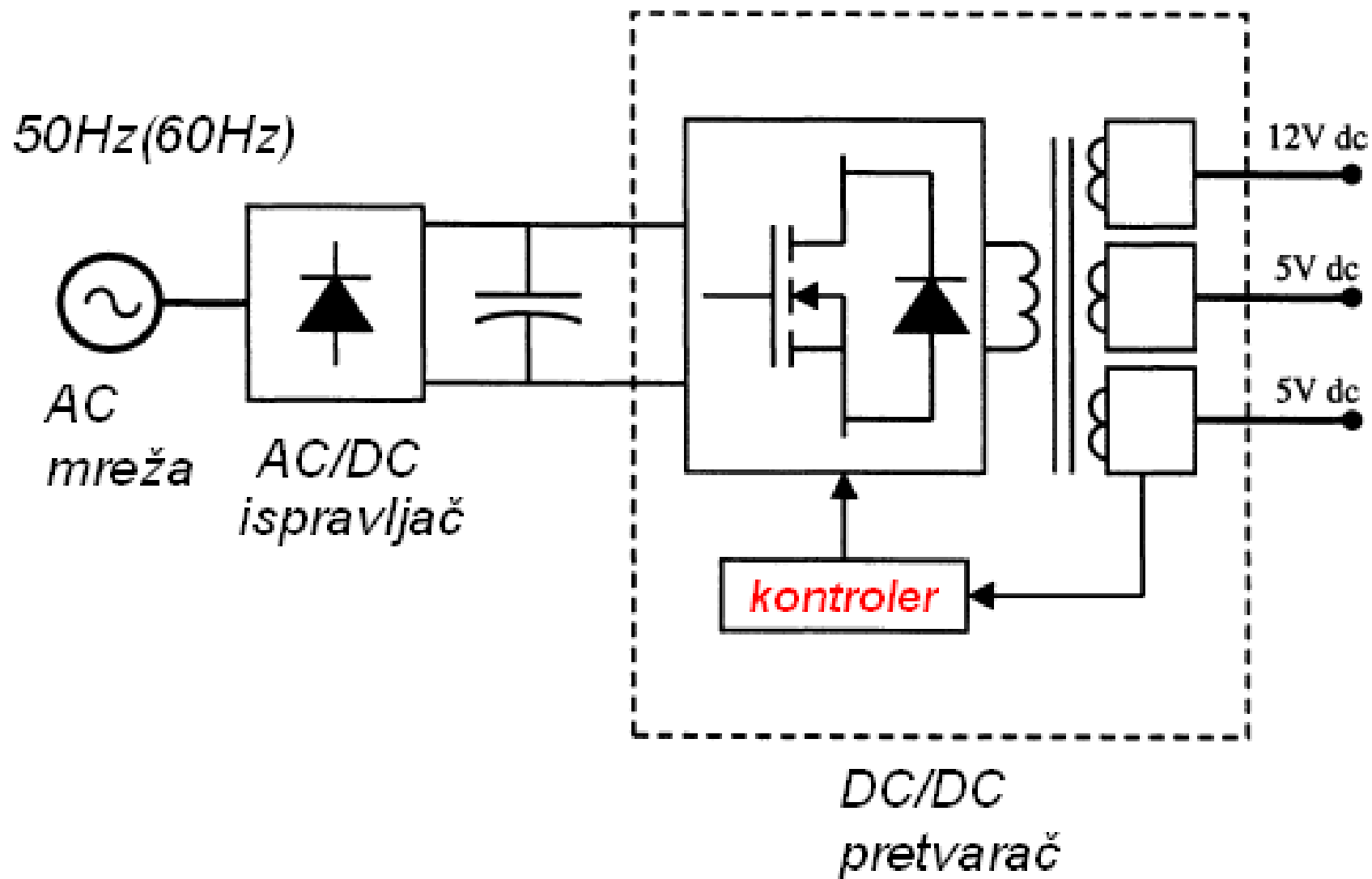
Kombinovani AC/DC i DC/DC pretvarač = AC/DC pretvarač (ispravljač)



AC/DC
pretvarač

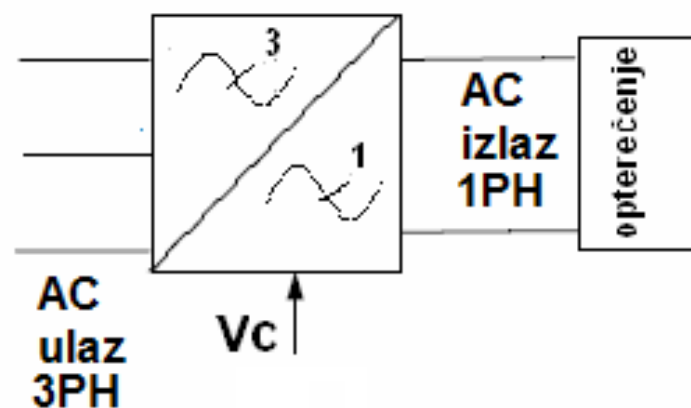
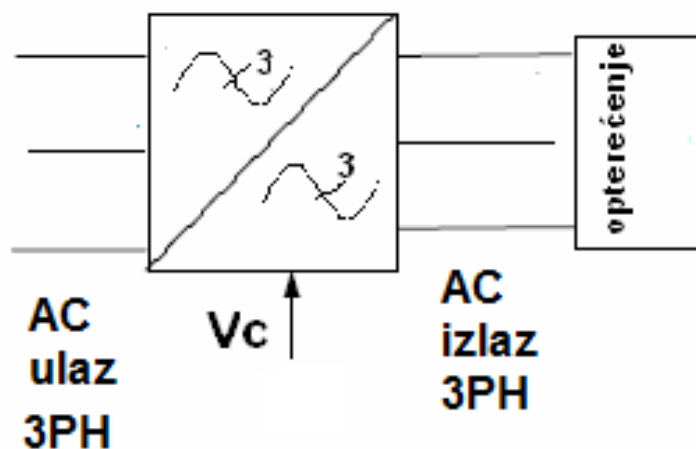
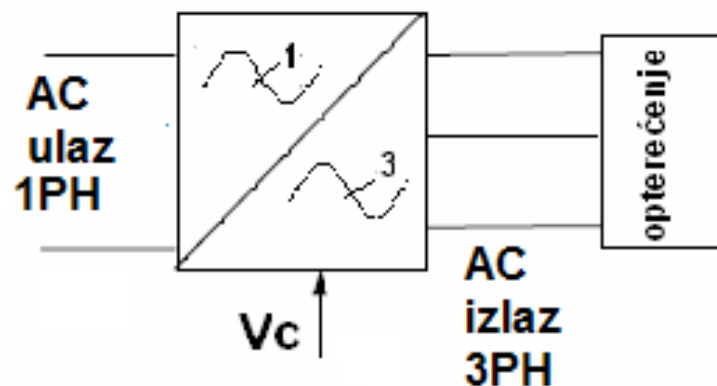
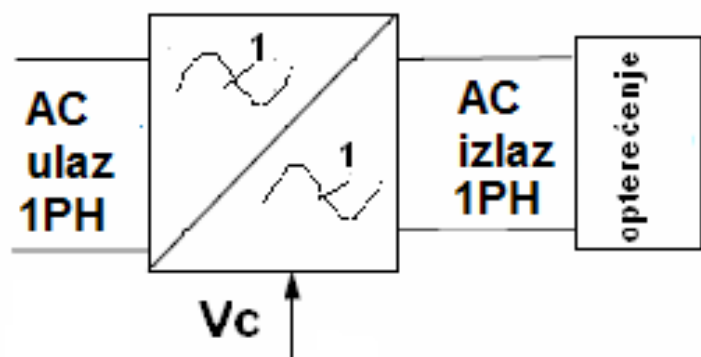


- PC napajanje (tipičan primer AC/DC/DC konverzije)



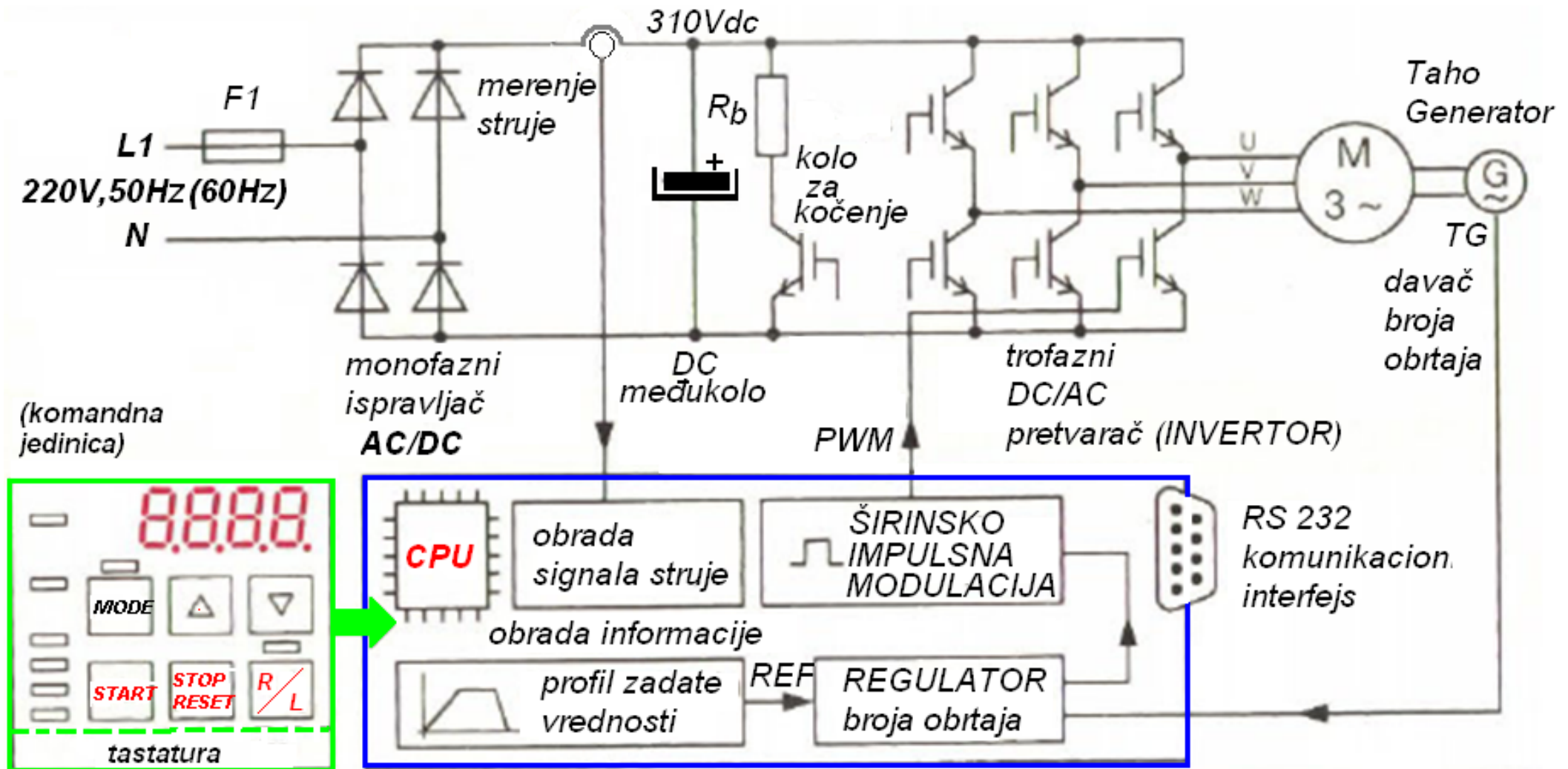
AC/AC pretvarači

PODEŠAVAČI NAPONA
PRETVARAČI UČESTANOSTI



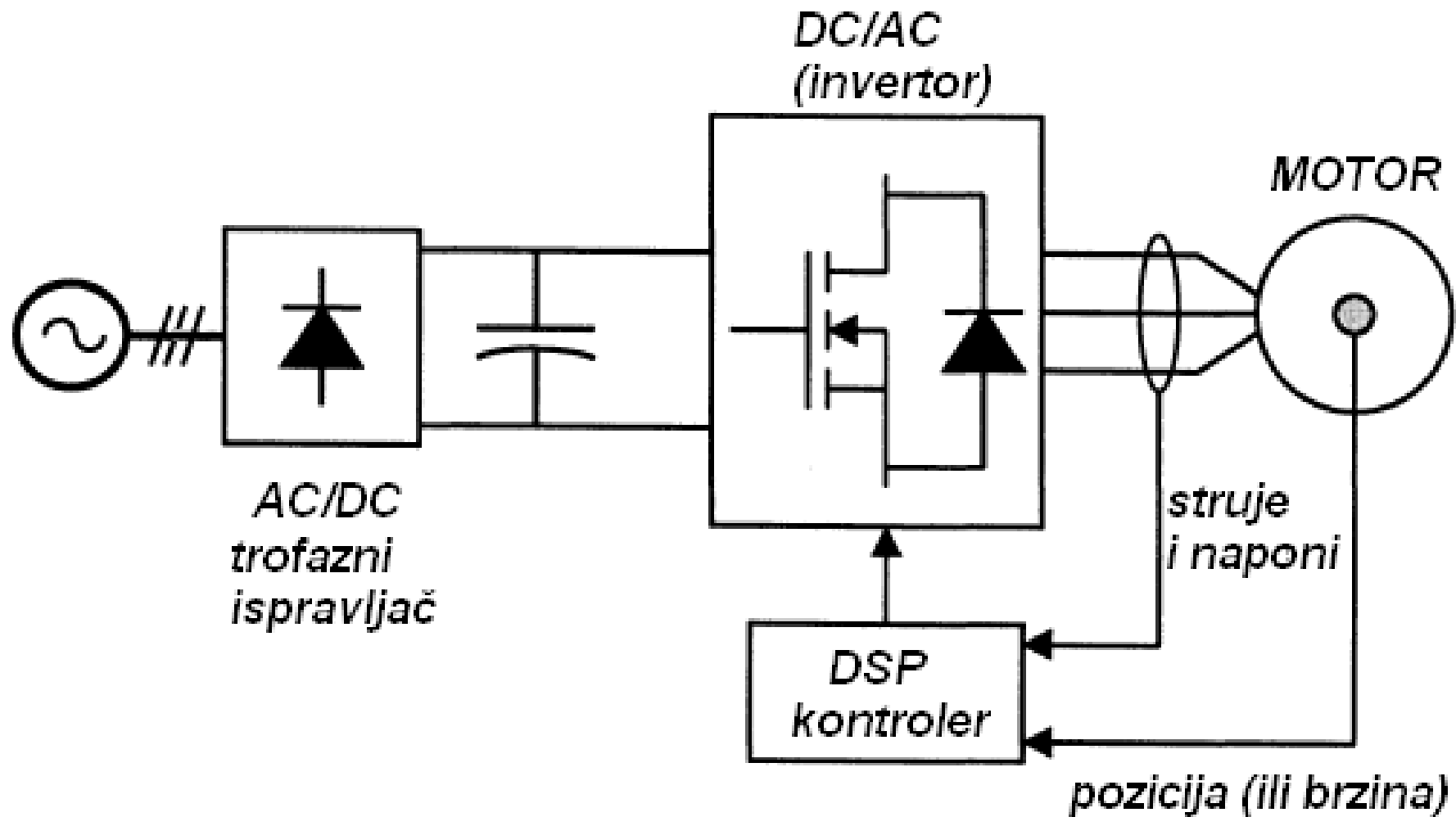
INDIREKTNI PRETVARAČ UČESTANOSTI PRETVARAČ 1PH/3PH (Frekventni Regulator)

Dva pretvaranja energije: AC-DC i DC-AC što je ustvari AC-AC



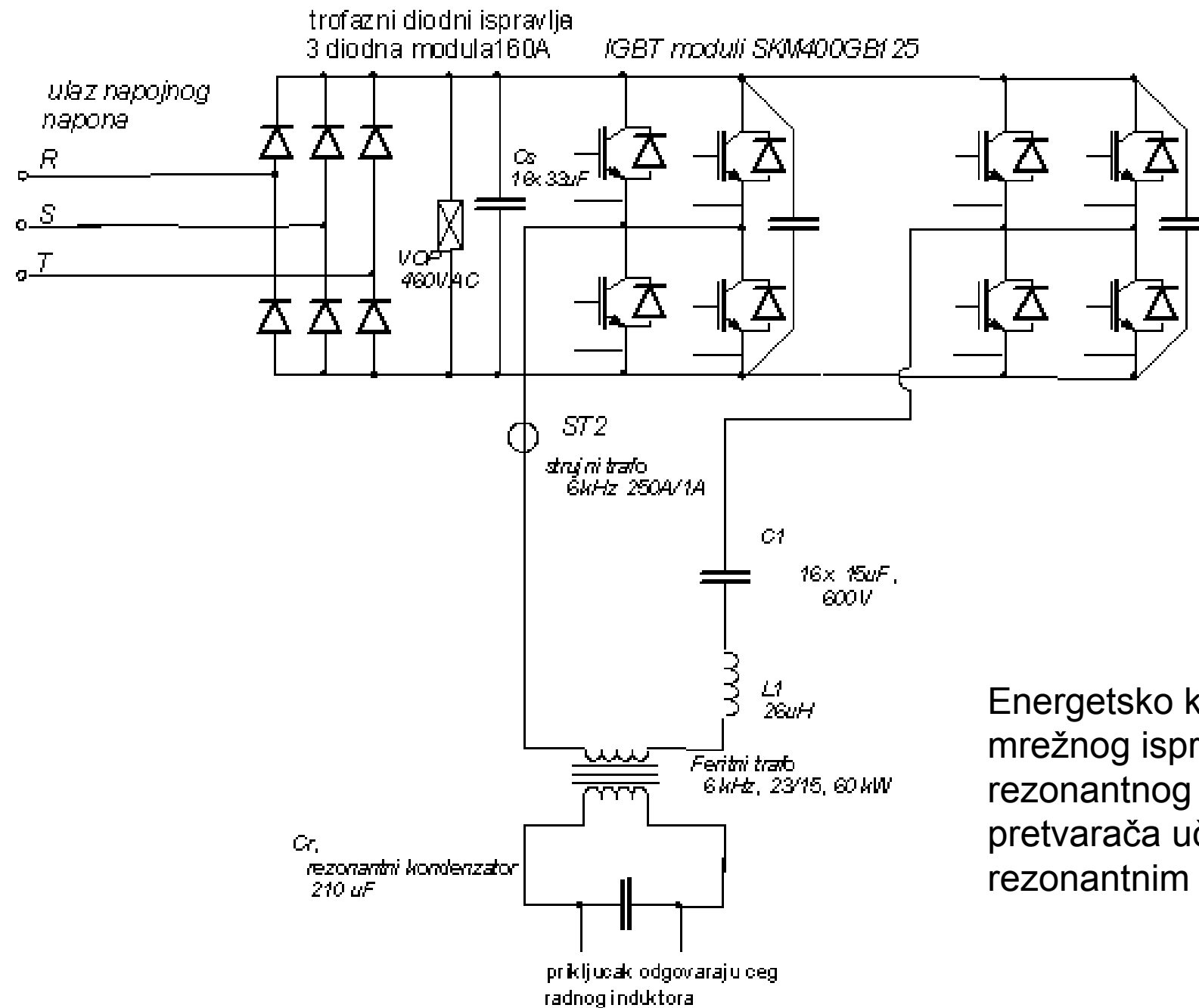
INDIREKTNI PRETVARAČ UČESTANOSTI

PRETVARAČ 3PH/3PH (Frekventni Regulator)



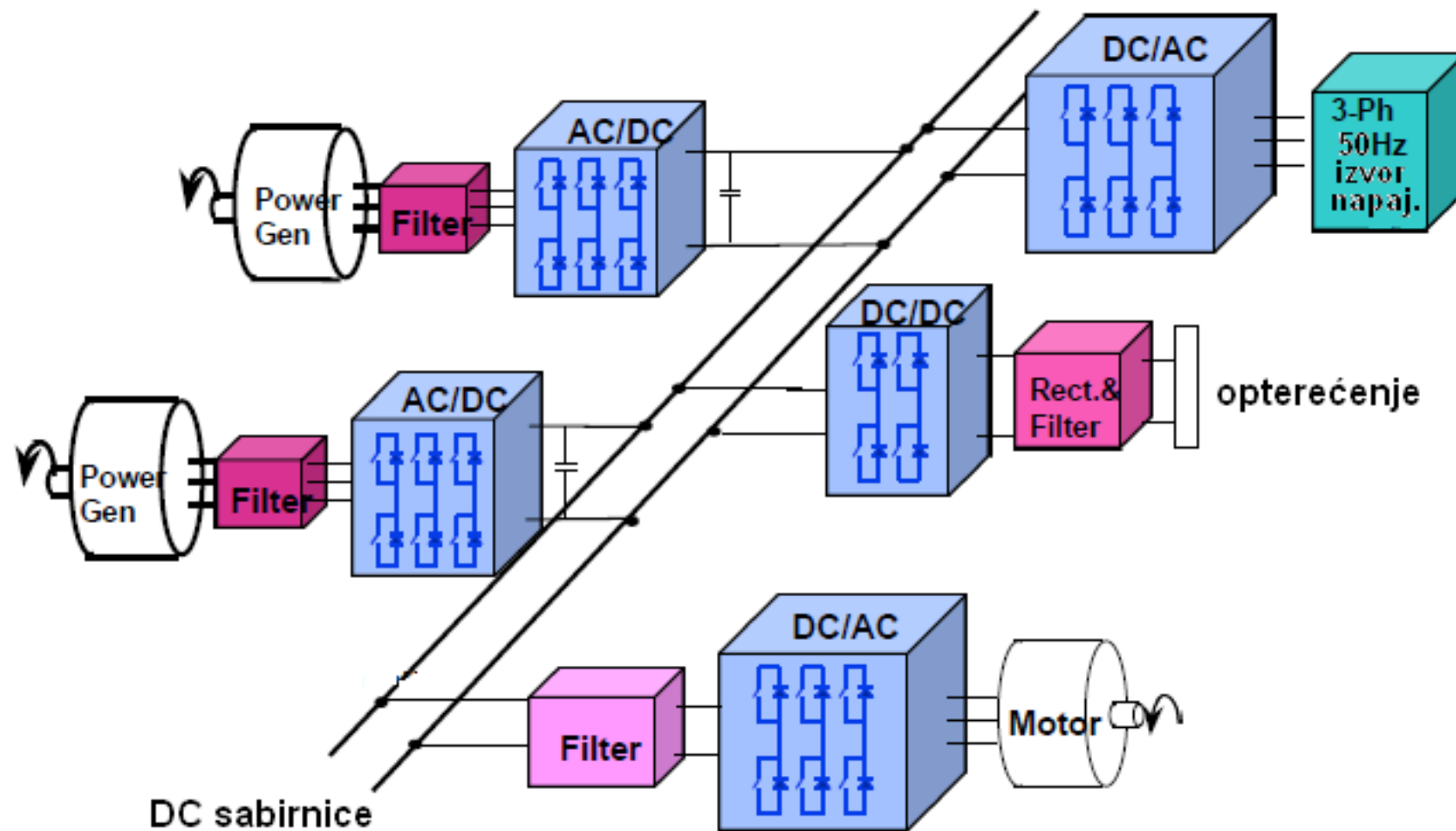
AC-DC-AC pretvarač: Rezonantni inverter za indukciono grejanje

$P=60\text{kW}$, izlazne učestanosti 5kHz



Energetsko kolo trofaznog mrežnog ispravljača i rezonantnog pretvarača učestanosti sa rezonantnim LC kolom

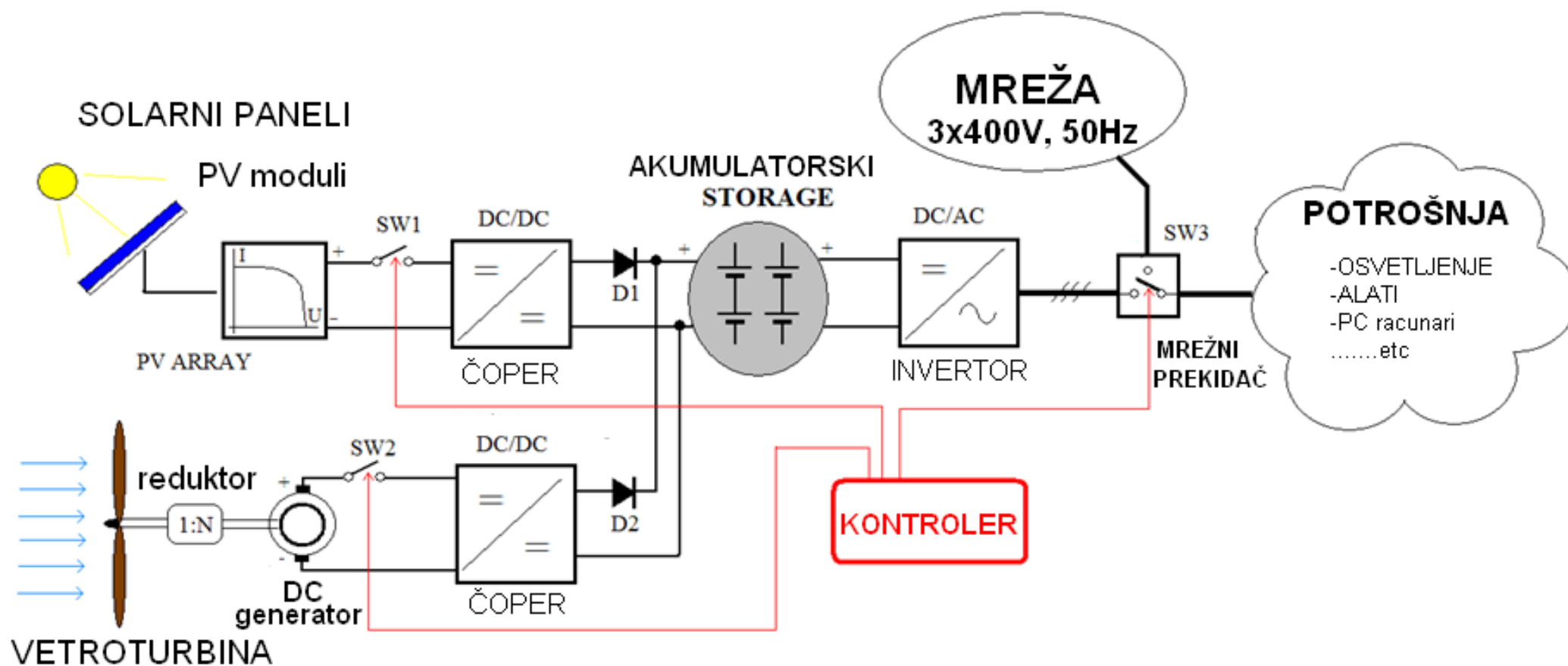
SISTEM ENERGETSKIH PRETVARAČA-koncentrisani DC BUS sistem



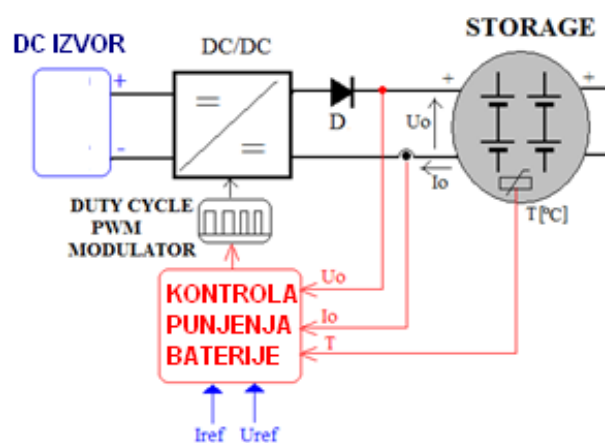
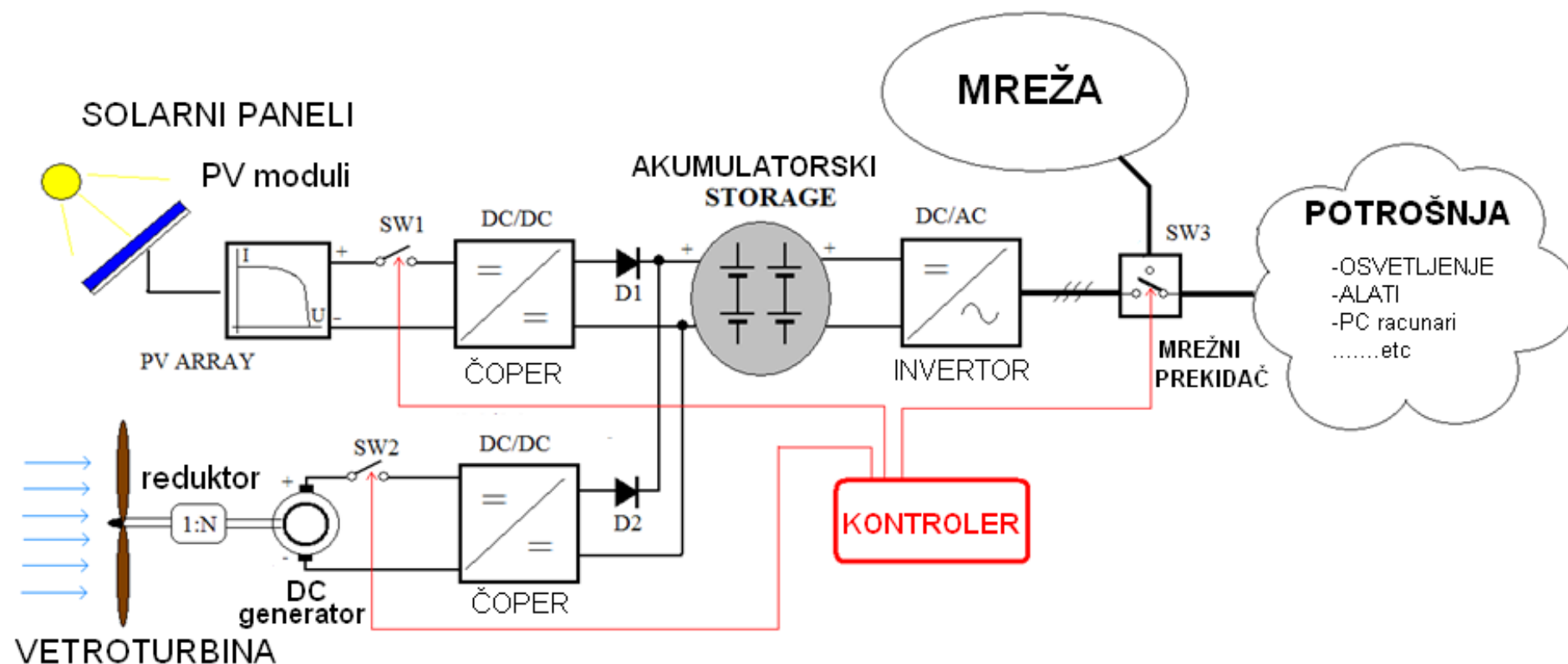
SISTEM ENERGETSKIH PRETVARAČA - obnovljivi izvori

Solarne ćelije

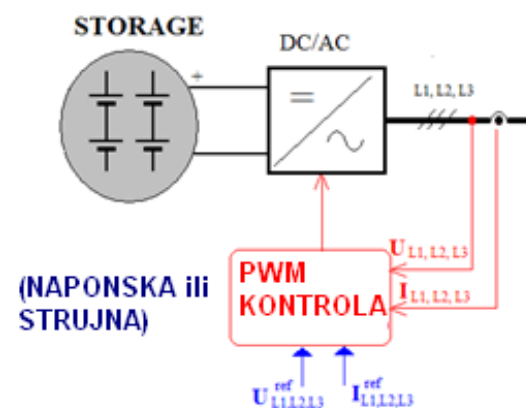
Jednosmerni vetrogenerator



Kontrolisani DC-DC i DC-AC pretvarači (obnovljivi izvori)



ČOPERSKA KONTROLA

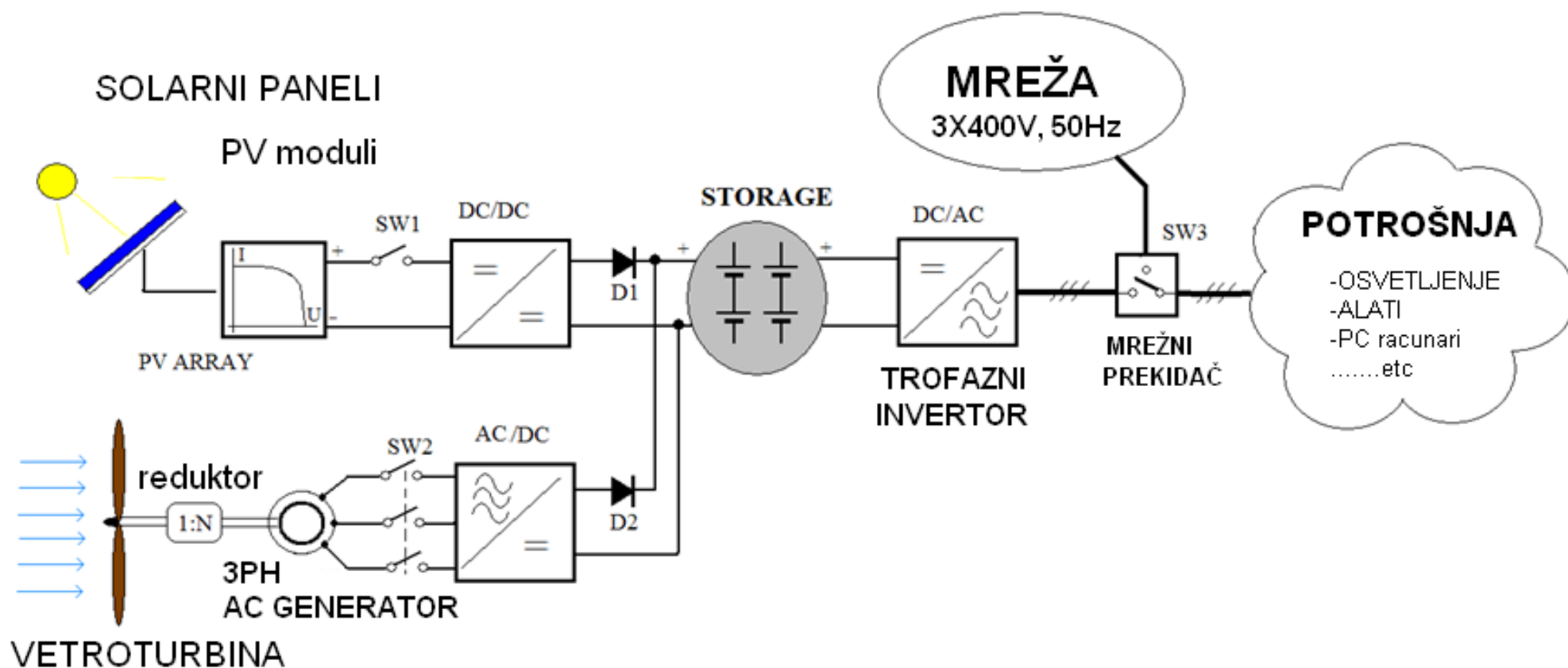


**INVERTORSKA
PWM KONTROLA**

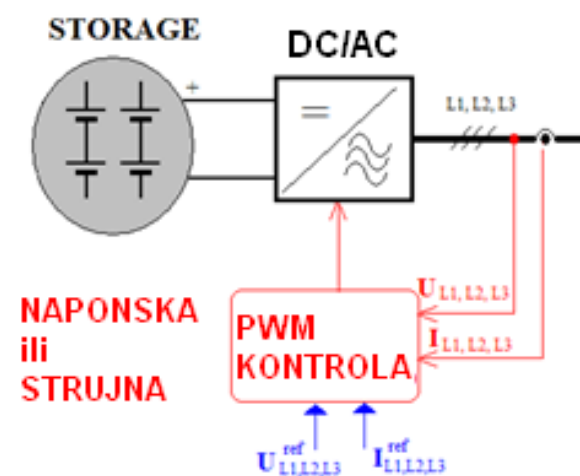
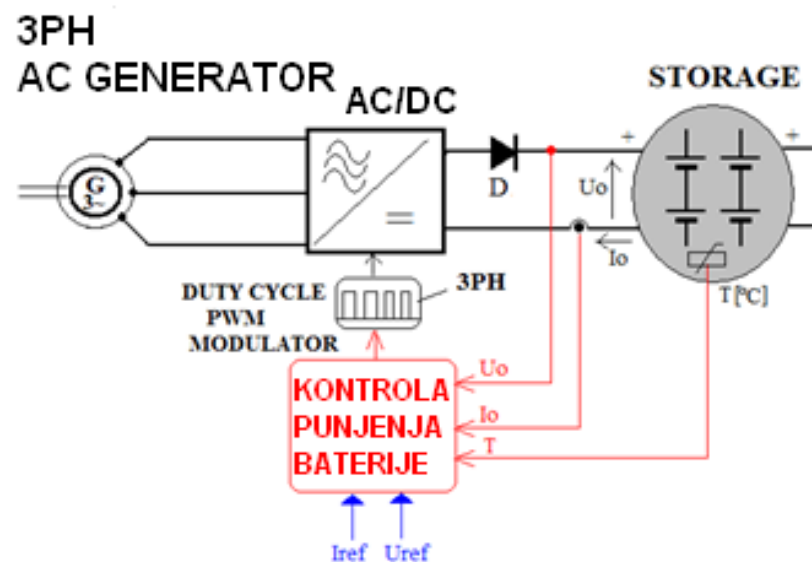
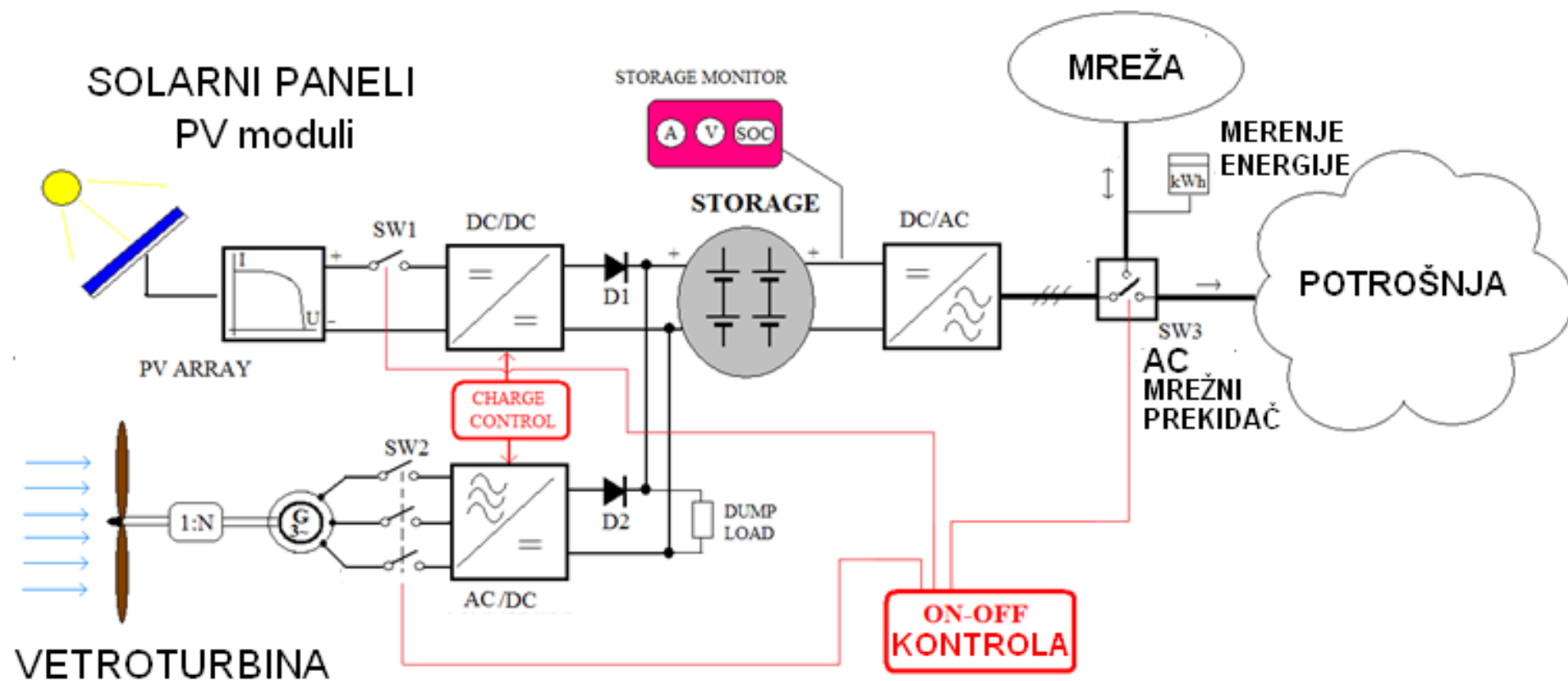
SISTEM ENERGETSKIH PRETVARAČA- obnovljivi izvori napajanja

Solarne ćelije

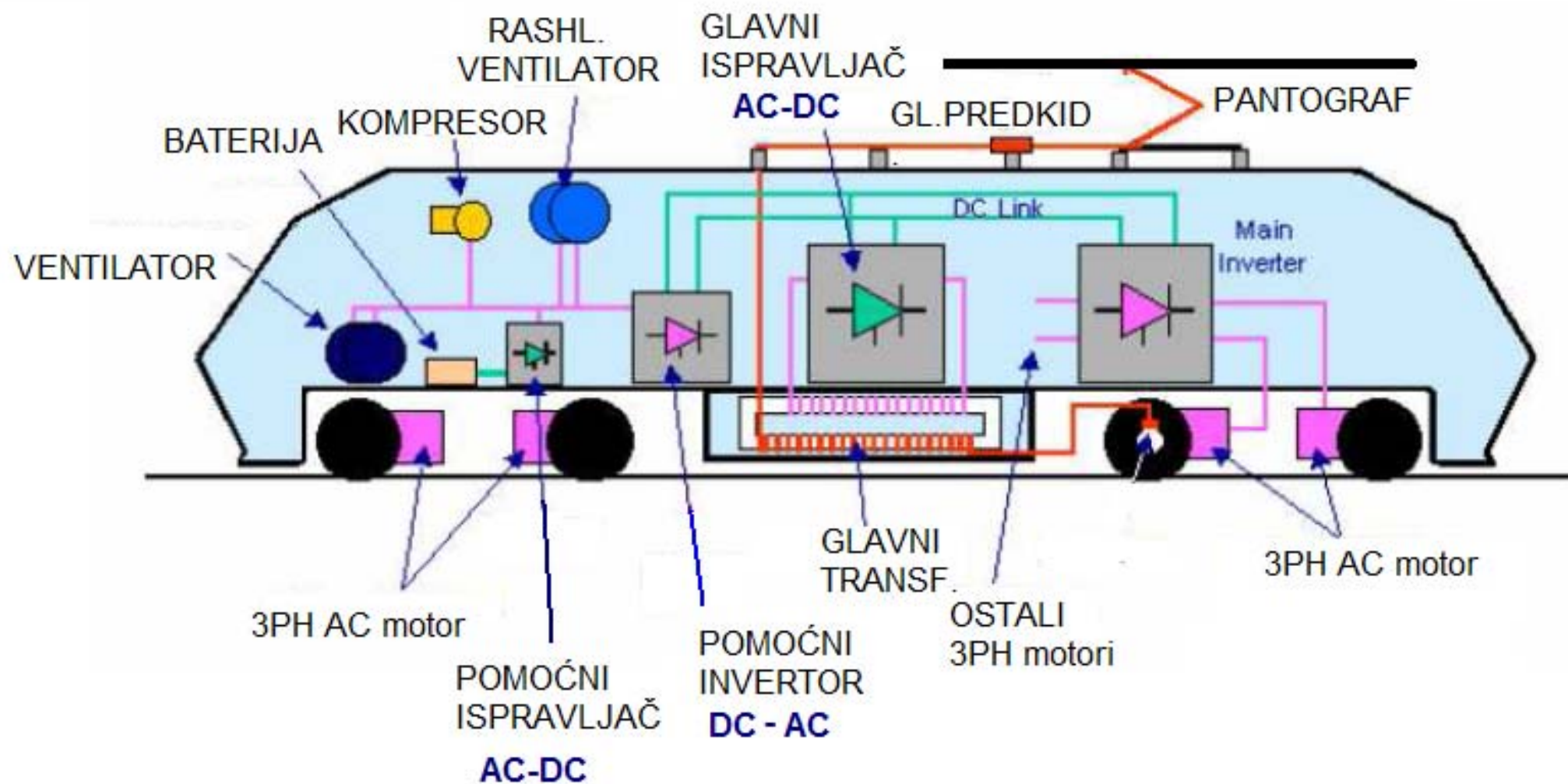
Trofazni vetrogenerator



Kontrolisani AC-DC i DC-AC pretvarači- obnovljivi izvori napajanja



SISTEM ENERGETSKIH PRETVARAČA-ELEKTRIČNA VUČA





HVALA NA
PAŽNJI!!!

PITANJA?

OKTOBAR 2013

