

## POSTROJENJE ZA BESPREDIKNA NAPAJANJA IZMJENIČNIM MREŽNIM NAPONOM

Eršetić Dubravka, dipl.ing.  
Matijević Bernardin, dipl.ing.  
Tomić Ivan, dipl.ing.

## UNINTERRUPTED POWER SUPPLY DEVICE WITH AC OUTPUT MAIN VOLTAGE

Rezime

Mnoga postrojenja trebaju za svoj rad besprekidni izmjenični napon napajanja. Distributivna mreža zadovoljava taj uvjet dok ne nastupe kvarovi u mreži ili voljni prekidi napajanja. Postrojenja sa diesel agregatima imaju prekid u svome radu cca 20 sek.

Inverterska postrojenja su besprekidna dok rade na bateriju, a kad nastupe kvarovi invertera, prebacivanje potrošača sa inverterskog napona na mrežni napon traje cca 50 ms.

Za mnoga postrojenja navedena vremena ne zadovoljavaju pa smo razvili inverterska postrojenja sa tiristorskom sklopkom.

Prebacivanje potrošača sa inverterskog napona na mrežni napon ili s mrežnog napona na inverterski je unutar 2 ms uz nazivne tehničke uvjete. Postrojenje besprekidnog napajanja ima široku opću i specijalnu namjenu (npr. napajanje računara, napajanje Jugoslavenske javne mreže za prijenos podataka s komutacijom paketa).

Synopsis

A lot of devices need for their operation uninterrupted AC input voltage. Distribution main conforms that condition until the occurrence of breaks or international interruptions of power. Engine room with diesel powered generators have an interruption in their operation cca every 20 sec.

Inverters are such devices that will operate uninterruptingly while they are supplied with the power from batteries, but in the case of breaks in the inverter, the switching of inverter output voltage onto the main voltage lasts approximately 50 mililsec.

For a lot of power supplies the times stated above are not acceptable, so we developed inverters with thyristor switch.

The switching of inverter's voltage on the main voltage or of the main voltage on the inverter's voltage takes maximally 2 mililsec with nominal technical conditions. Uninterrupted power supply device has wide general and specialised application (for example power supply of the computers, power supply of Yugoslav public packet switching network).

## 1. UVCD

Distributivne električke mreže se upravljaju u električnim centralama, koje se nalaze geografski uz izvore energije. Na tim mjestima ne nastaju ni prekidi ni naponi smetnji. Prekidi i naponi smetnji nastaju u razgranatoj mreži industrijskih potrošača. Zbog toga je iz distributivne mreže potrebno ukloniti sve smetnje. Elektroprivredna poduzeća to ne mogu učiniti. Često se pogrešno misli da se kratkotrajni nedozvoljeni impulsi ili prekidi napajanja događaju samo par puta na godinu dana. Zainteresirane stranke to znaju točnije, ali u vlastitom interesu ne objavljuju takve podatke o stanju u Jugoslaviji (primjer L6 - analiziraju se podaci iz SAD). Razlozi za napajanje uređaja besprekidnim naponom leže u radu samih uređaja i nepozdanom naponu napajanja iz mreže. Pod pojmom mreža misli se na mrežu koja dikтира frekvenciju i fazu invertera, a to može biti:

- distributivna mreža
- drugi inverter
- zaštitni stabilizator napona.

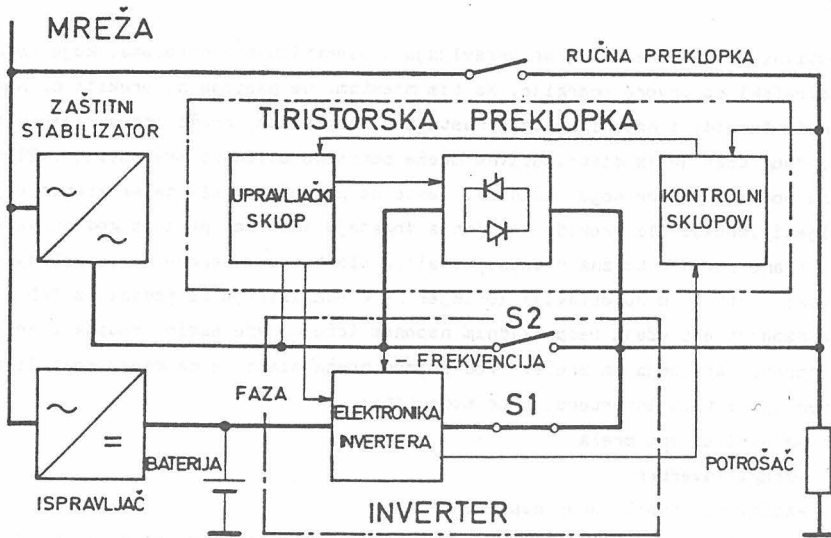
Navesti ćemo primjer napajanja računara. Za računar je impuls udara groma preko mreže isto što i radni impuls. Nestankom mrežnog napona napajanja ili kratkotrajnim prekidom, prekida se višesatni započeti proces rada. Usprkos veliké brzine rada računara prođe dosta vremena do otkrivanja greške i ponovnog upisa podataka. Prilikom nestanka mreže računaru je potrebno određeno vrijeme (cca 5 minuta) za spremanje podataka u memoriju.

Kod telefonsko - telegrafskih veza kratkotrajni prekidi ruše uspostavljene veze. Postrojenje za besprekidno napajanje ne dozvoljava prekid u naponu napajanja i otklanjanja sve električke smetnje.

## 2. SISTEM BESPREKIDNOG NAPAJANJA S TIRISTORSKOM PREKLOPKOM

Rad zaštitnih stabilizatora napona, ispravljača i invertera opisan je ranije u L1). Tiristorska preklopka radi na izlazni napon iz zaštitnog stabilizatora napona, čist od impulsa i smetnji ili na distributivni mrežni napon.

Čist napon napajanja daje i inverter. Potrošač se napaja trajno inverterskim naponom. U slučaju prekoračenja zadanih tolerancija inverterskog ili potrošačkog napona ili kvara invertera, tiristorska preklopka prebacuje napajanje potrošača iz distributivne mreže. Ako se želi postrojenje invertera i tiristorske preklopke osloboditi napona zbog radova na njima, na fizički drugom mjestu, prebaci se napon distribucije ručnom preklopkom na potrošač! Tiristorska preklopka je uređaj, koji se sastoji od kontrolnih, upravljačkih i izvršnih sklopova.

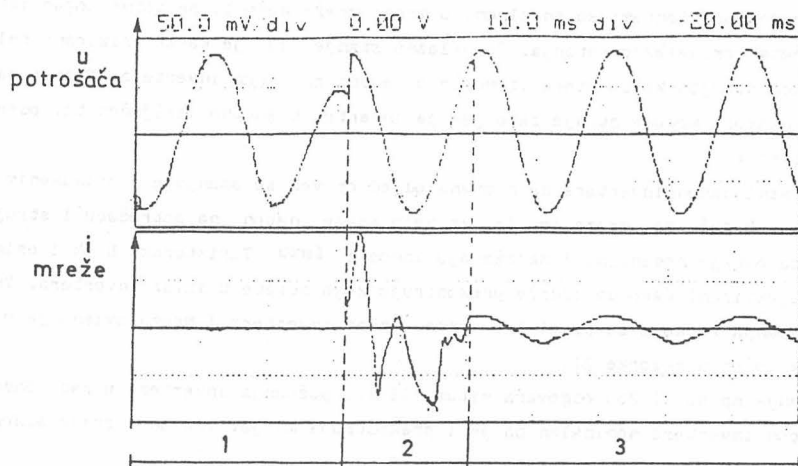


SI.1 POSTROJENJE BESPREKIDNOG NAPAJANJA

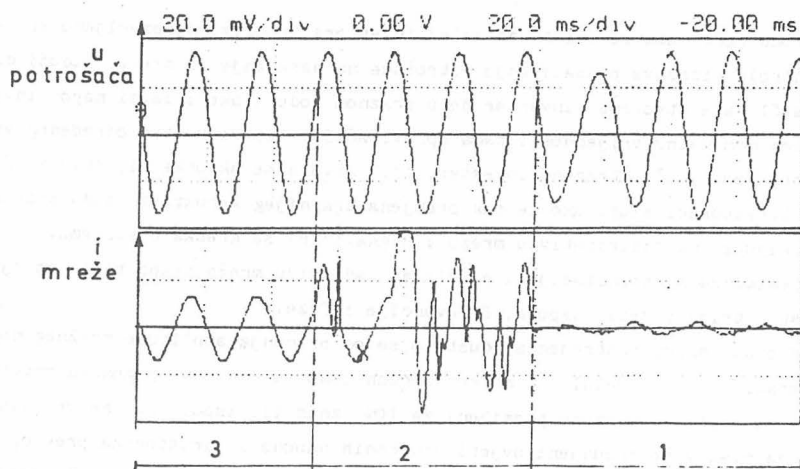
U njoj su kombinirane dvije brzine rada. Za reagiranje na pojavu neregularnosti u sistemu sklopovi su izvedeni od brzih CMOS i bipolarnih elemenata i djeluju u mikro - sekundnom području. Na nivou odlučivanja (npr. definitivan prelaz sa mrežnog napona napajanja potrošača na inverterski napon napajanja) elektronika tiristorske preklopke radi sporo. Potrebno je cca 5 sek dok se potvrdi da inverterski napon zaista neće ponovo nestati. Kao što se vidi na sl. 1 stalno se kontrolira napon potrošača i izlazni napon invertera. U normalnom radu sklopka S1 je zatvorena i napon potrošača je ustvari napon invertera. Međutim, ako iz bilo kojeg razloga, (mogući uzroci su preopterećenje ili kvar invertera), napon potrošača pređe definiranu granicu (podnapon ili prenapon), kontrolni sklopovi reagiraju i djeluju na upravljačke sklopove. Oni u vrlo kratkom vremenu izazovu vođenje tiristorskog bloka i dovođenje distributivne mreže na potrošač. Poslije toga otvori se sklopka S1 i zatvori se sklopka S2. Tako je osigurano besprekidno napajanje potrošača. Oscilogrami napona na potrošaču prikazani su na sl. 2.

Iz oscilograma napona i struje vide se tri različita momenta:

1. Potrošač se napaja iz invertera
2. Potrošač se napaja paralelno iz mreže i invertera
3. Potrošač se napaja iz mreže



a) isključenje invertera – prebacivanje potrošača na mrežno napajanje



b) uključenje invertera – prebacivanje potrošača na invertersko napajanje

Sl. 2 Oscilogrami napona na potrošaču

Strujni oscilogrami su snimljeni u grani mreže kako bi se točno mogao definirati početak prijelaznog stanja. Prijelazno stanje (2) je karakterizirano relativno velikom strujom koja poteče iz mreže u sekundarni krug invertera. Stanje na slici 2a) je najgore moguće stanje zato jer je inverter trenutno isključen tj. odspojen od baterije.

Izlazni napon invertera ne nestane odjednom već se smanjuje s prigušenim oscilacijama. Budući da, mreža ima čaleko veću snagu, napon na potrošaču i struja potrošača ostaju nominalni i zadržavaju iznos i fazu. Tiristorski blok i osigurači su projektirani tako da izdrže prekostruju koja poteče u izlaz invertera. Vrijeme preklapanja za koje su paralelno vezani izlaz invertera i mreža ovisno je o vremenu isključenja sklopke S1.

Stanje na slici 2b) odgovara situaciji kod puštanja invertera u rad. Sada je izlazni napon invertera nominalan pa je i prekostruja manja. Trajanje prijelaznog stanja ovisi o vremenu isključenja sklopke S2.

U momentu isključenja sklopke S2 sav teret preuzima inverter. Oscilogrami su snimani uz nominalni teret, tako da izlaz invertera "poklekne" a zatim se uspostavlja stabilna situacija.

Ukupno vrijeme od otkrivanja greške do akcije za njezino otklanjanje jednako je zbroju kašnjenja signala kroz elektronske sklopove i vremena uključivanja tiristora i manje je od 1 ms.

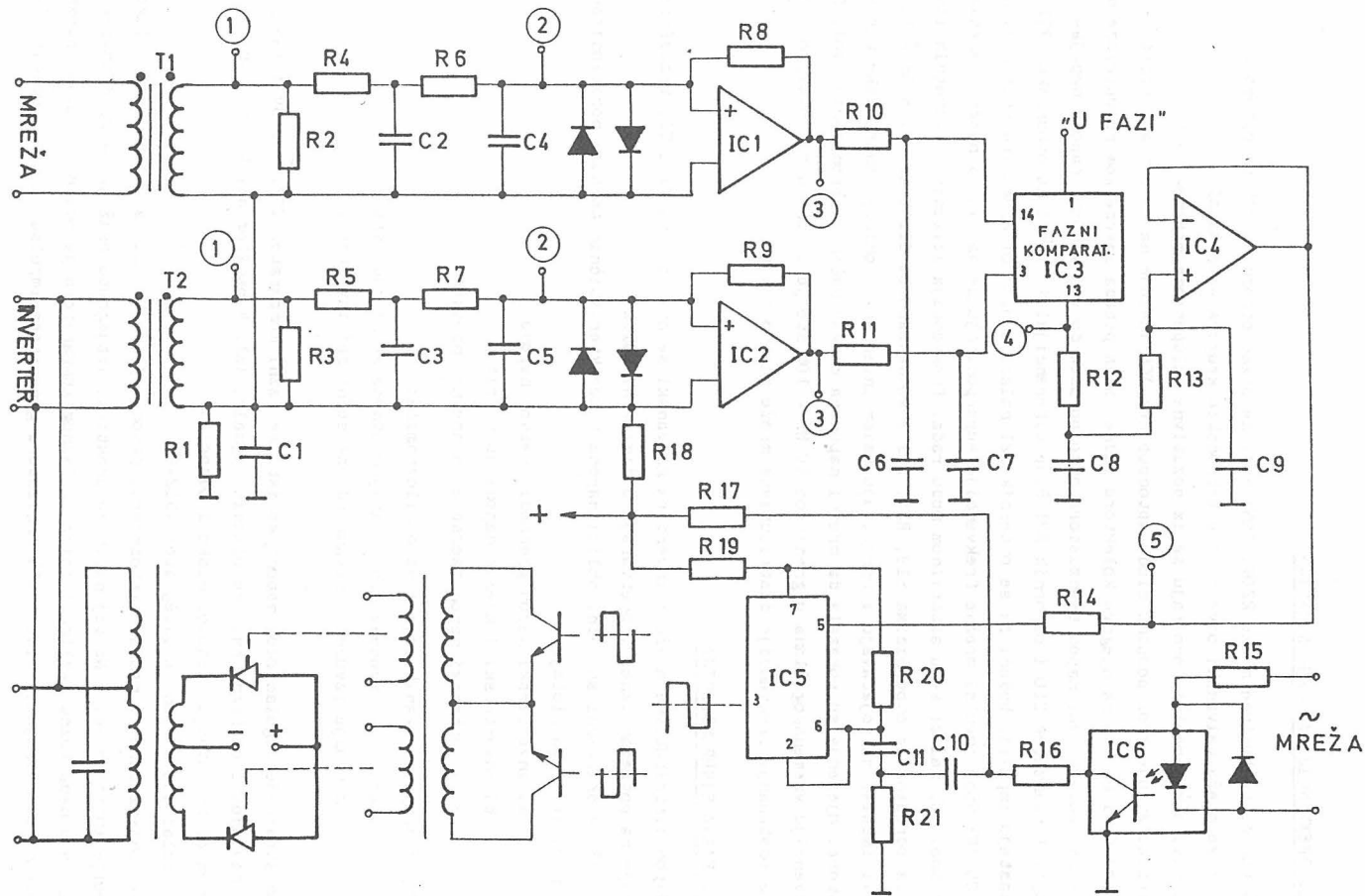
U toku rada može se desiti da izlaz invertera poprimi nedozvoljenu vrijednost i kontrola izazove prebacivanje potrošača na napajanje iz mreže. Budući da je sklopka S1 sada otvorena inverter je u praznom hodu i ako izlazni napon invertera poprimi nominalnu vrijednost, tada upravljački sklopovi unutar određenog vremena prebacuju potrošač natrag na inverter, tj. zatvara se sklopka S1, otvara S2 i blokira se tiristorski slog. Ako je pak promjena trajnijeg karaktera tada potrošač ostaje priključen na distributivnu mrežu i signalizira se greška u sistemu.

Općenito za sinhronizaciju i paralelan rad dviju mreža treba biti ispunjena jednakost triju uvjeta: napona, frekvencije i faze.

Kod ovako malog postrojenja odustalo se od praćenja amplitude mrežnog napona. Inverterski napon je reguliran na konstantan iznos uz nazivna pogonska opterećenja.

Ako se napon invertera promijeni za 10% iznad ili ispod nazivne vrijednosti, smatra se da nisu više ispunjeni uvjeti sinhronih napona i tiristorska preklapka prebacuje napon potrošača na distributivnu mrežu. Uvjeti sinhronizacije frekvencije i faze opisati će se detaljnije prema sl. 3 i sl. 4.

Sl. 3 UPRAVLJANJE FREKVENCIJOM I FAZOM



### 3. FREKVENCIJSKA SINHRONIZACIJA

Napon distributivne mreže 220V, 50Hz vodi se preko otpornika R15 na optocoupler kojim se mreža galvanski odvaja od elektronskih krugova - prema sl. 3.

Upravljački impulsi formiraju se iz pozitivne poluperiode mrežnog napona.

Prolaz struje kroz pobudnu diodu optocouplera IC6 djeluje na bazu tranzistora, on provede i napon na njegovu kolektoru padne. Kada pobuda završetkom poluperiode nestane, kolektorski napon tranzistora brzo poraste do vrijednosti napona napajanja. Kondenzator C10 i otpornik R21 čine diferencijalni član i na otporniku R21 nastaju impulsi. Budući da se otpornik R21 nalazi u ulaznom krugu vremenskog člana IC5 (NE 555) impulsi mrežne frekvencije superponiraju se na ulazni napon vremenskog člana. IC5 nalazi se u astabilnom modu rada. Frekvencija izlaznih pravokutnih impulsa određena je otpornicima R19, R20, R21 i kondenzatorom C11 i iznosi  $50\text{Hz} \pm 1\%$ . Ovi impulsi se pojačavaju i upravljaju radom invertera - okidaju energetske tirstore. Mjerenja su pokazala da mrežni napon na ovakav način sinhronizacije vodi frekvenciju vremenskog člana u granicama  $50\text{Hz} \pm 10\%$  što je i više nego dovoljno, jer je odstupanje frekvencije distributivne mreže znatno manje.

### 4. FAZNA SINHRONIZACIJA

Napon distributivne mreže i invertera galvanski se odvajaju na T1 i T2, transformiraju na potreban iznos i pretvaraju u digitalni oblik.

Na sl. 4 prikazani su valni oblici napona u karakterističnim točkama pozicioniranim na sl. 3 za slučajeve:

- a) inverterski napon prethodi mrežnom naponu
- b) inverterski i mrežni naponi su u fazi
- c) inverterski napon zaostaje za mrežnim naponom

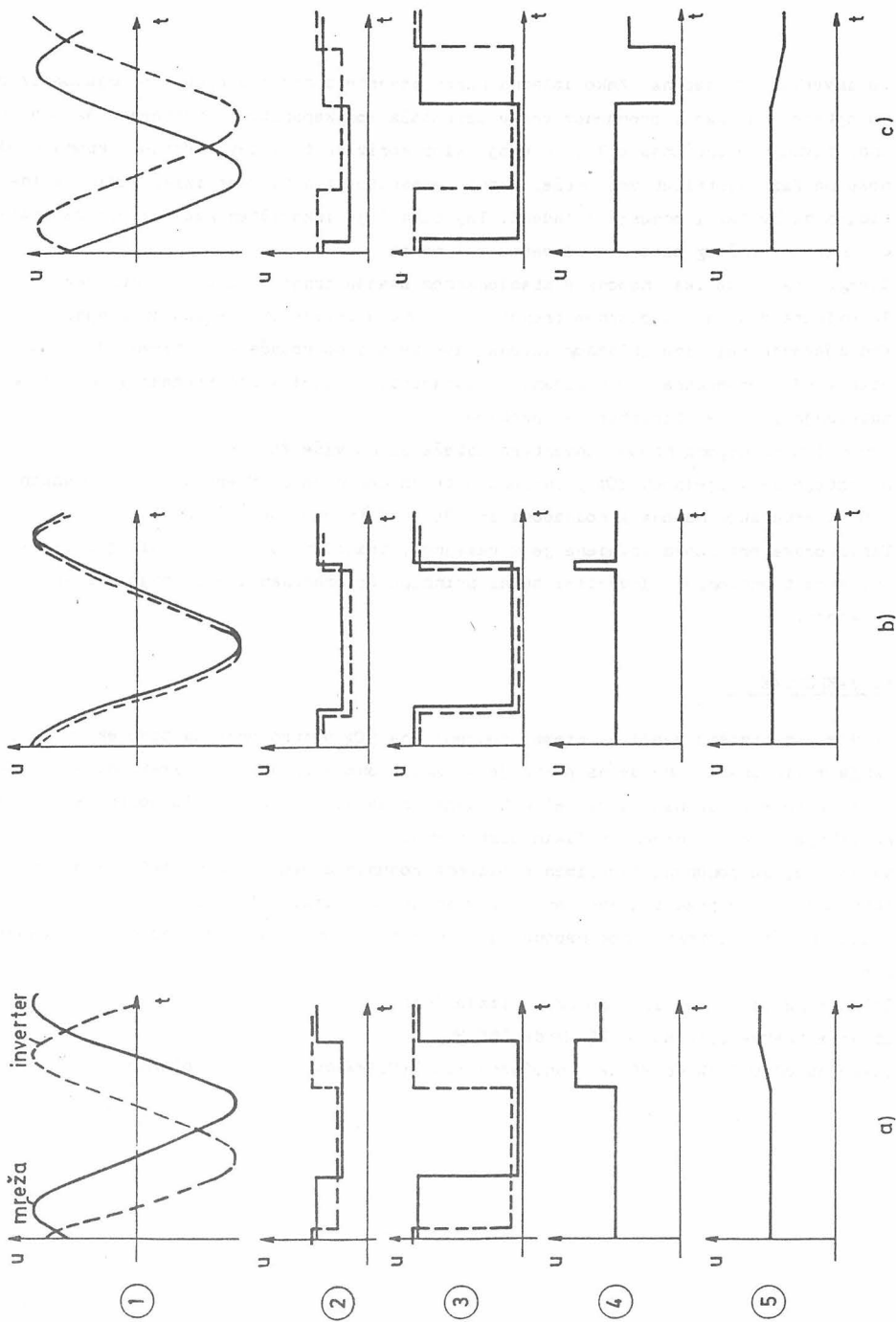
Objašnjenje nacrtanih pojava na oscilogramima:

- krivulje izvučene punom linijom odnose se na rad mreže
- krivulje izvučene crtkano odnose se na rad invertera.

Za stvaranje regulacionog napona koristi se fazni komparator IC3. Njegov izlaz je u zavisnosti od fazne razlike ulaznih signala, (sl. 4 oscilogrami 4a, b, c) u jednom od tri stanja: visoko, nisko i odspojen.

Na izlaz IC3 spojen je integrator (R12-C8).

Na kondenzatoru C8 nastaje istosmjerni napon koji se odvodi na +ulaz IC4 (prilagodjenje impedancije). Na taj način je praktički izbjegnuto pražnjenje kondenzatora kada nema fazne razlike i izlaz iz faznog komparatora je odspojen. Ovaj istosmjerni napon djeluje na ulaz 5-IC5 oscilatora generatora impulsa tako da korigira fa-



Sl. 4. VALNI OBLICI NAPONA U KRUGU REGULACIJE FAZE PRIKAZANOG NA SL3

zu inverterskog napona. Kako izlazni napon invertera mijenja fazu s promjenom iznosa opterećenja kao i promjenom vrste potrošača (od kapacitivnog opterećenja 0,8 do induktivnog opterećenja 0,7), to ovaj sklop korigira fazu inverterskog napona u odnosu na fazu distributivne mreže. Fazni komparator ima također izlaz kojim se indicira da su fazni odnosi usklađeni. Taj signal je iskorišten kao dozvola za prebacivanje sa mrežnog napona na inverterski napon.

Izregulirana razlika napona u stacionarnom stanju iznosi cca  $2^{\circ}$  električka.

To osigurava da u prijelaznom trenutku ne poteku velike struje izjednačenja.

Kod mjerenih veličina izlaznog napona invertera i potrošača kombinirano je brzo otkrivanje parametara izvan zadanih vrijednosti i pojedinačno vremenski određenog zatezanja prorade tiristorske preklopke.

Iznos 10% prenapona napona invertera zateže se najviše 200 ms.

Ne zateže se vrijednost 20% prenapona potrošačkog napona. Mjere se još: podnapon 10% inverterskog napona i podnaponi 15, 30 i 40% napona potrošača.

Tiristorska preklopka izvedena je u relejnoj, tranzistorskoj, digitalnoj i tiristorskoj tehnologiji. Inverteri su na principu ferorezonancije i imaju veliku pouzdanost.

## 5. ZAKLJUČAK

Na domaćem tržištu uvozi se prema procjeni cca 50% postrojenja za besprekidna napajanja malih snaga. Ako se na postrojenja malih snaga ugradi sva elektronika postrojenja besprekidnih napajanja velikih snaga, onda se cijena za mala postrojenja ne razlikuje mnogo od cijene velikih postrojenja.

Nadamo se, da ponudeni asortiman proizvoda popunjava ovu prazninu malih snaga postrojenja za besprekidna napajanja domaćim proizvodima.

Ulazni naponi istosmjernog napona napajanja su u području od 24V do 440V istosmjerno.

Izlazni naponi su od 110V do 220V izmjenično.

Izlazne frekvencije su od 25 Hz do 150 Hz.

Snage su od 0,1 kW do 20 kW jednofazno ili 3x0,1kW do 3x20 kW trofazno.

6. LITERATURA:

- (L1) Matijević B. Pretvarači snage na principu ferorezonancije  
Energetska Elektronika '86. - knjiga 1
- (L2) Flegar J. Analiza rada jednofaznog izmjenjivača s ferorezonantnom stabilizacijom izlaznog napona  
Energetska Elektronika '86. - knjiga 1
- (L3) Philippow E. Der ferromagnetische Spannungsstabilizator  
Geert & Portig - Leipzig - 1968.
- (L4) Gubanov V.V. Silovije poluprovodnikovije preobrazovatelji s vjihodnjimi stabilizatorami - Energija - Lenjingrad 1972.
- (L5) H.F. Storm Magnetic Amplifiers-glava 29  
John Wiley & Sons Inc. New York  
Chapman & Hall. Ltd, London 1955.
- (L6) Janoš Rajda i Krešimir Tukša:  
Potiskivanje elektromagnetskih smetnji u mrežnom napajanju elektroničke opreme  
Energetska Elektronika '86 - knjiga 2