

## PRAKTIČNA REALIZACIJA MIKROPROCESORSKI VOĐENOG STATIČKOG PREKIDAČA U MONOFAZNOM SISTEMU ZA BESPREKIDNO NAPAJANJE

Marko Janković\*, Predrag Ninković\*, Jovan Bebić\*\*

\*Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", \*\*North American Rectifiers

**Sadržaj:** U radu je opisano praktično realizovano rešenje mikroprocesorski vođenog statičkog prekidača koji se može koristiti u monofaznim sistemima za besprekidno napajanje. Rešenje je bazirano na mikrokontroleru 80535. Prikazano rešenje je obezbedilo fleksibilnu funkciju za prebacivanje, koja se bez problema može menjati i nakon završetka uređaja - bez ikakvih intervencija u kodu.

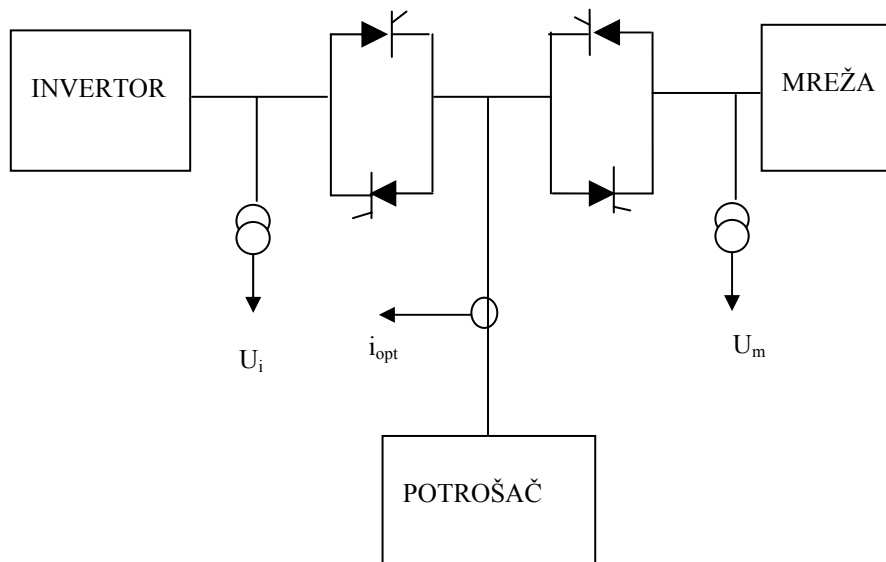
**Cljučne reči:** statički prekidač, monofazni sistem za besprekidno napajanje, mikrokontroler 80535.

### 1 UVOD

Osnovna uloga sistema za besprekidno napajanje je da omogući sigurno napajanje neke važne grupe potrošača iz kvalitetnog izvora napajanja (zadate tolerancije napona, učestanosti i oblika talasa). Najčešća realizacija SBN-a, sadrži sledeće blokove: ispravljač, inverter i statički prekidač. U normalnom radu, kada je mreža prisutna, ispravljač obezbeđuje energiju za punjenje baterije i napajanje invertora, koji je u pogonu i kroz statički prekidač snabdeva potrošače energijom. Kada dođe do nestanka mrežnog napona napajanja, inverter se napaja iz baterije, koja se polako prazni. Posle isteka određenog vremena (vreme autonomije), inverter se isključuje i sistem čeka ponovno uspostavljanje mrežnog napona. U normalnom radu, dakle, potrošači se napajaju iz invertora. Ipak, u slučaju poremećaja u radu invertora (usled preopterećenja ili kvara) neophodno je potrošače prebaciti na napajanje iz mreže. Ovo se mora uraditi bez naponske pauze, odnosno potrošači ne smeju osetiti prekid u napajnju.

Statički prekidač (preklopka) se može definisati kao deo sistema za besprekidno napajanje koji omogućava napajanje potrošača iz invertora ili mreže u zavisnosti od stanja uređaja. Na slici 1 je prikazana blok šema uobičajene konstrukcije statičkog prekidača po jednoj fazi.

Sa slike se vidi da se prema svakom izvoru napajanja ugrađuju po dva antiparalelna tiristora, kojima se komanduje tako da se potrošači napajaju ili iz jednog ili iz drugog izvora napona (mreža, inverter). Ovako realizovani prekidači mogu se jednostavno kontrolisati. Time se ostvaruje mogućnost da upravljačka elektronika, na osnovu stanja uređaja, može odlučivati da li potrošači treba da rade na mreži ili invertoru. Za pravilan rad elektronike, potrebno je obezbediti signale o veličini i znaku napona oba izvora (inverter i mreža) i znaku struje potrošača. Ova merenja se vrše standardnim naponskim i strujnim transformatorima, kako se vidi sa slike 1. Važno je uočiti da je impedansa između napona mreže i invertora izuzetno mala, te da bi u slučaju „sudara“ ova dva napona došlo do pregorevanja osigurača (nisu prikazani na slici) koji štite tiristore. Zbog toga je važno obezbediti sinhronizaciju mrežnog i invertorskog napona.



Slika 1 - Uobičajena konstrukcija monofaznog statičkog prekidača

## 2 OPIS POTREBNE UPRAVLJAČKE ELEKTRONIKE

Upravljačka elektronika statičkog prekidača je bazirana na mikrokontroleru 80535 [2], koji je u konkretnoj realizaciji korišćen i za upravljanje inverterom. U pomenutom slučaju, mikrokontroler se koristi za realizaciju zakona odlučivanja, što se svodi na generisanje digitalnog signala na osnovu koga se vrši prebacivanje. Generisanje signala za upravljanje samim tiristorima je prepušteno standardnim analognim modulima.

Za upravljanje statičkim prekidačem minimalno je potrebno obezbediti 4 kontrolna signala za kontrolu tiristora. Ovi signali predstavljaju impulsno modulisanе signale za paljenje tiristora, koji se propuštaju kroz prilagodnu elektroniku koja služi za pojačavanje i galvansko odvajanje ovih signala.

Iskustvo pokazuje da statički prekidač najbolje radi kada se paljenje konkretnog tiristora obavlja u trenucima kada je napon na tiristoru pozitivan, struja potrošača protiče u smeru koji je saglasan sa smerom anoda-katoda konkretnog tiristora i kada je dozvoljen rad grupe u kojoj se nalazi odgovarajući tiristor. Da bi prva dva uslova bila ispunjena neophodno je obezbediti signale o vrednosti i znaku napona oba izvora (inverter i mreža) i struje potrošača (znaka struje).

Za generisanje dozvole paljenja odgovarajućeg para tiristora, potrebno je obezbediti signale o kompletnom stanju uređaja. To su:

- Signal prisustva mreže (PM)
- Signal prisustva invertora (PI)
- Signal o prekostruji u invertorskom mostu  $i_{TR} > i_{Tmax}$  (ZTM)
- Signal o prekostruji potrošača  $i_{opt} > i_{optmax}$
- Privremena zaštita od prekostruje opterećenja (PZT)
- Nadtemperatura hladnjaka ( $\theta_{hl} > \theta_{hlmax}$ )
- Sinhronizam (SYNC) – mreža i inverter u sinhronizmu
- Korisnički zahtev - USER - korisnik zahteva rad na inverteru

### 3 GENERISANJE DOZVOLE PALJENJA U ZAVISNOSTI OD STANJA UREĐAJA

Generisanje dozvole paljenja, odnosno formiranje logičke zakonitosti za izračunavanje signala koji definiše rad uređaja na mreži ili invertoru je problem koji nema jednoznačno rešenje. Često je potrebno konsultovati krajnjeg korisnika ili specifikacije priključenih potrošača, da bi se donela konačna odluka. Zato je poželjno da se ova logička funkcija, ukoliko je moguće, implementira u formi u kojoj bi se lako mogla menjati. Osim toga, poželjno je umesto uobičajene kombinatorne logike za generisanje zakona za prebacivanje, koristiti sekvencijalnu, odnosno uzimati u obzir ne samo trenutno stanje uređaja već i prethodna stanja. Oba ova zahteva, kako će biti pokazano, mogu se veoma jednostavno rešiti, ukoliko se generisanje dozvole za paljenje, odnosno izračunavanje pomenute logičke funkcije, vrši programski.

Signali koji su pomenuti u prethodnom odeljku su grupisani u promenljivu koja je nazvana signalom statusa. Pojedini bitovi te promenljive odgovoraju već pomenutim signalima. Bit ima vrednost logičke jedinice u normalnom radnom stanju, dok se vrednost logičke nule dodeljuje u slučaju havarijskog stanja. Način generisanja vrednosti pojedinih signala je jasan iz njihove definicije. Ovde će se posebno analizirati samo generisanje signala PZT. Tu se radi o signalu koji se sa stanja logičke jedinice prebacuje u stanje logičke nule u slučaju da se detektuje da je struja potrošača prešla dozvoljenu vrednost. Taj signal se drži u stanju logičke nule 100  $\mu$ s i onda se vraća u stanje logičke jedinice. Signal za uključenje tranzistora u invertorskom mostu se logički množi sa signalom PZT. Iz toga se zaključuje da će tranzistori biti prisilno ugašeni ako je PZT u stanju logičke nule. Zato se ovaj signal i zove privremena zaštita od prekostruje opterećenja.

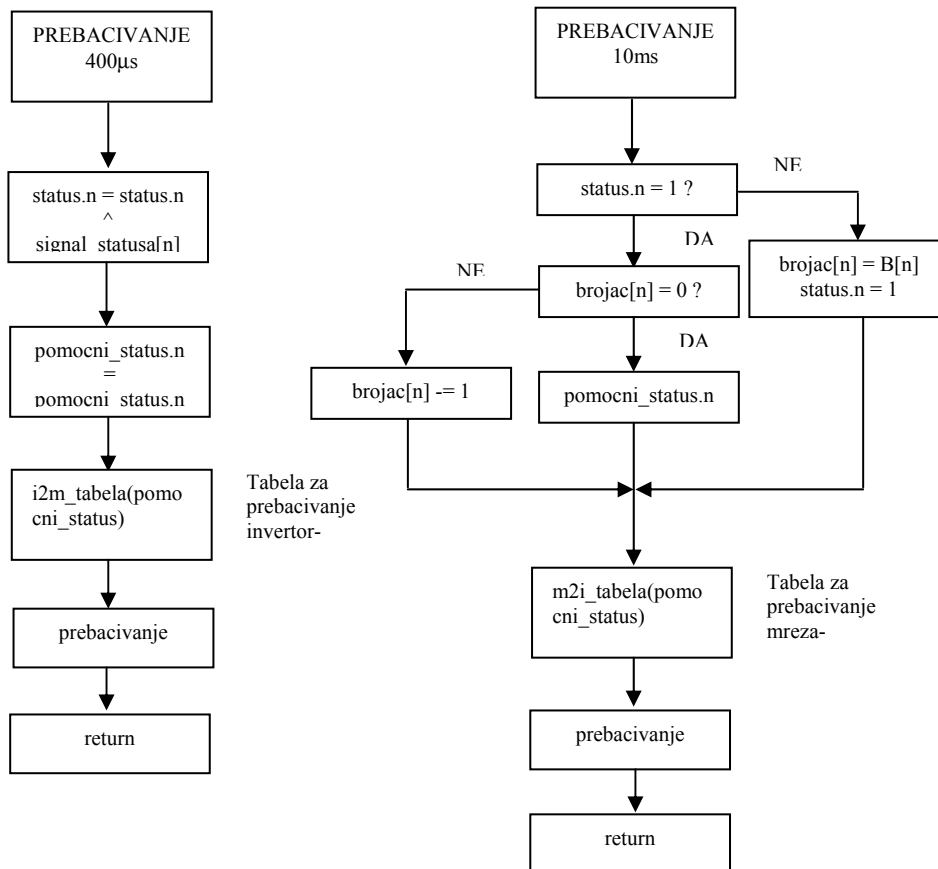
Svakom signalu statusa je pridružen još jedan bit u promenljivoj *pomoćni\_status* kao i jedan brojač. Ovde se neće detaljno analizirati generisanje signala statusa i pomoćnog statusa za pojedine bite. Generalno, signali pomoćnog statusa se generišu na osnovu signala u promenljivoj veličini „status“ ali tako da se u slučaju havarijskog stanja bit pomoćnog statusa koji odgovara određenom signalu, odmah postavlja na logičku nulu dok se u slučaju uspostavljanja regularnog stanja taj bit postavlja na logičku jedinicu tek nakon određenog vremena zatezanja koje je definisano vrednošću pripadajućeg brojača.

Donošenje odluke o prebacivanju se vrši na osnovu vrednosti promenljive *pomoćni\_status*. Naime, pošto je prebacivanje invertora na mrežu vremenski kritičnija operacija nego prebacivanje sa mreže na inverter, odluka o prebacivanju sa invertora na mrežu se donosi svakih 400  $\mu$ s (u rutini koja izračunava PWM za inverter), dok se odluka o prebacivanju sa mreže na inverter donosi svakih 10 ms. Da bi se logička funkcija za prebacivanje mogla lako menjati, usvojen je pristup da se za svako prebacivanje (mreža na inverter i obrnuto) u po jednu tabelu smeste vrednosti rezultata funkcije, te da se tabela očitava direktno na osnovu vrednosti promenljive *pomoćni\_status*. Na osnovu očitane vrednosti, koja može biti samo 0 ili 1, mikrokontroler neposredno generiše dozvolu paljenja za mrežni ili invertorski par tiristora.

Kapacitet svake od tablica za prebacivanje bi teoretski mogao biti 256 bita (imamo 8 signala statusa). Ipak, u konkretnoj realizaciji je usvojeno da se svakoj vrednosti u tablici dodeli po ceo bajt u memoriji. Tada se čitanje iz tabele obavlja pomoću 3 asemblerske instrukcije, čime se maskimalno skraćuje vreme koje je potrebno za tu operaciju. Ovakvim pristupom se pored brzine realizacije funkcije, ma kako ona složena

bila, postiže da se ona može jednostavno menjati, bez ikakve intervencije u kodu programa.

Na osnovu vrednosti signala statusa, vrednosti promenljivih *status* i *pomoćni\_status*, formira se konačna vrednost promenljive *pomoćni\_status* koja se onda koristi za očitavanje tablice za prebacivanje mreža-invertor (invertor-mreža). Na osnovu očitane vrednosti iz tablice se određuje da li se vrši prebacivanje na mrežu (invertor) ili se sistem ostavlja u radu na invertoru (mreži). Algoritmi za prebacivanje su prikazani na Slici 2.



Slika 2 - Algoritmi za prebacivanje sa invertora na mrežu (400 µs) i mreže na invertor (10 ms)

Vremena zatezanja koja se koriste za punjenje brojača koji su dodeljeni odgovarajućim bitovima u promenljivoj *pomoćni\_status*, kao što je već pomenuto ne dozvoljavaju prebacivanje odmah po nestanku „nenormalnog stanja“, već osiguravaju da se prebacivanje obavi tek nakon stabilizacije svih karakterističnih signala. Vrednosti zatezanja se, kao i tablice za prebacivanje čuvaju u EEPROM-u i mogu bez problema menjati i na gotovom uređaju.

#### 4 ZAKLJUČAK

U radu je prikazana realizacija statičke preklopke koja se koristi u monofaznom sistemu za besprekidno napajanje. Statička preklopka je bazirana na mikrokontroleru 80535. Opisana realizacija je fleksibilna i pouzdana, a zakon prebacivanja se može vrlo jednostavno menjati u zavisnosti od specifičnih zahteva krajnjeg korisnika. Opisani sistem je praktično realizovan i nalazi se u funkciji u monofaznom sistemu za besprekidno napajanje snage 10 kVA [1] koji je instaliran u "Fabrici vode" u Arilju.

#### LITERATURA

- [1] "SBN snage 10 kVA - Arilje - uputstvo za rukovanje", Institut "Nikola Tesla", Beograd, 1992.
- [2] "SAB 80515/80535 – 8-bit Single-Chip Microcontroller", SIEMENS, 1985.

**Abstract:** This paper presents one concrete realization of the microprocessor based static switch which is used in single-phase uninterruptible power supply systems. The solution is based on microcontroller 80535. Presented solution provides flexible switching function which can be changed even in the case that device is completed - without any intervention on microcontroller program code.

#### ONE REALIZATION OF MICROPROCESSOR BASED STATIC SWITCH FOR SINGLE-PHASE UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY SYSTEMS

Marko Janković\*, Predrag Ninković\*, Jovan Bebić\*\*

\*EE Institute "Nikola Tesla", \*\*North American Rectifiers