

## **MODERNIZACIJA MTK SISTEMA PRIMENOM NOVOG TIPA FQD PREDAJNIKA**

**R. Todorović, PD “Elektrodistribucija Beograd” d.o.o. , Srbija**

**Z. Mečanin, PD “Elektrodistribucija Beograd” d.o.o. , Srbija**

### **UVOD**

Postrojenja mrežne tonfrekventne komande (MTK), koja se koriste u nizu elektroprivrednih preduzeća, uvek su bila odraz tadašnjeg razvoja tehnike jake struje kao i delova tehnike slabe struje. Osnovna ideja MTK tehnike, od početka njenog uvođenja pa do danas, ostala je nepromenjena, sa ciljem – optimalno upravljanje opterećenjem i potrošnjom električne energije sa jednog centralnog mesta. Ovo je uslovalo razvoj i primenu jednog hibridnog tehničkog sistema koji obuhvata centralne upravljačke uređaje, emisiona postrojenja – predajnike sa sprežnim filtrima i prijemnike ugrađene u niskonaponskoj potrošačkoj mreži.

Sa energetsom mrežom kao prenosnim medijumom za tonfrekventne signale od postrojenja do prijemnika, MTK predstavlja praktično i moderno sredstvo u racionalnom korišćenju elektroenergetskih kapaciteta. Postrojenja sistema MTK u PD “Elektrodistribucija Beograd” baziraju se na tehničkim postavkama šesdesetih godina prošloga veka. Ugrađivana su tokom protekle tri decenije u 26 TS 110/35(10)kV. Ista su zadržala prvobitni koncept sa napajanjem na srednjenaponskom nivou (35kV i 10kV). Sama proizvodnja uređaja i elemenata postrojenja pratila je razvoj tehnologije a naročito u predajnicima i prijemnicima.

U našim uslovima, imajući u vidu starost većeg broja ovih postrojenja došlo se do zaključka da je neophodna njihova revitalizacije kako bi sistem ispravno funkcionisao i bio u skladu sa trenutnim sistemima zapadnoevropskih zemalja.

### **SISTEM MREŽNE TONFREKVENTNE KOMANDE**

Sistem MTK u PD EDB danas obuhvata:

- a) 26 emisionih postrojenja ugrađenih u 12 TS 110/35kV (na 35kV nivou) i 14 TS 110/10kV (na 10kV nivou).
- b) Centralnu MTK automatiku, instaliranu u poslovno – tehničkoj zgradi u TS 110/10kV “Slavija”, koja upravlja radom sa 21 MTK postrojenja sa kojima je povezana žičnim-telefonskim paricama ili optikom a ostalih pet, zbog nedostatka prenosnih puteva, rade sa lokalnim automatikama.
- c) preko 160.000 MTK prijemnika ugrađenih u niskonaponskoj potrošačkoj mreži.

*xxx, 11000 Beograd  
todorovicra@yahoo.com*

Realizovani sistem MTK u PD EDB danas se koristi u:

- Upravljanju dvotarifnim brojilima kod preko 500000 potrošača,
- Upravljanju javnim osvetljenjem,
- Upravljanju protočnim cirkulacionim pumpama za centralno grejanje stanova u pojedinim delovima grada,
- Upravljanju opterećenjem i potrošnjom određenih grupacija potrošača koji se greju električnom energijom.

## REVITALIZACIJA MTK SISTEMA

Projekat "Revitalizacija MTK sistema" je počeo sa realizacijom februara 2005 god. kada je napravljen plan kojim bi se redosledom odvijala revitalizacija.

Prva faza revitalizacije (koja je realizovana kompletno) je obuhvatala zamenu askarelnih kondenzatora i ugradnju novih ne PCB kondenzatora.

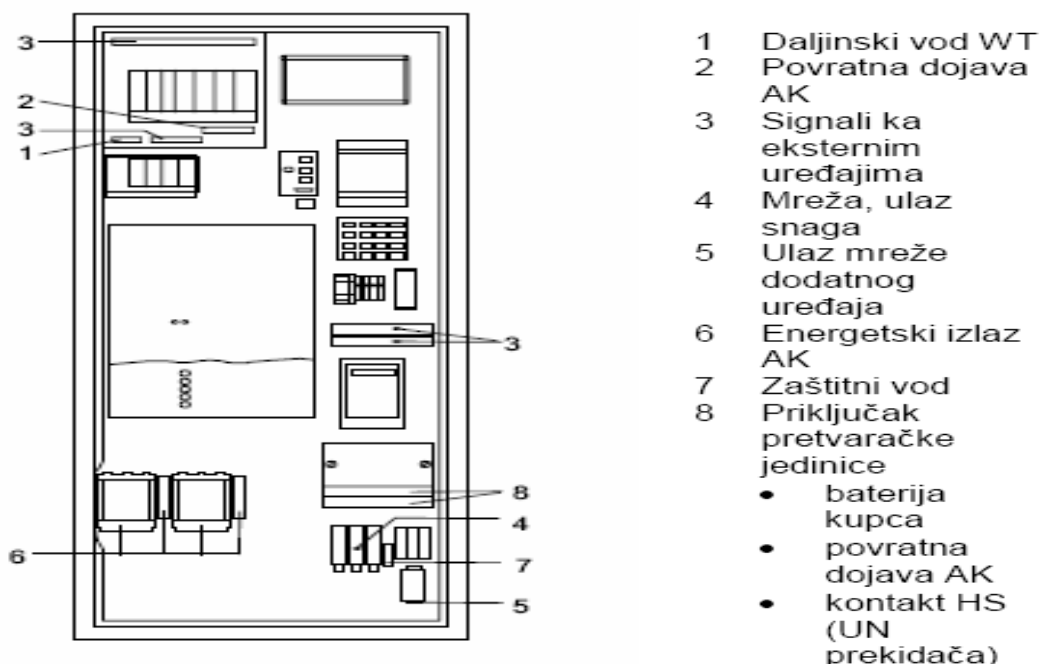
Druga faza revitalizacije (koja je realizovana kompletno) je obuhvatala isporuku, ugradnju i puštanje u rad nove centralne automatike u Centru za MTK i 7 lokalnih automatika u TS-cama 110/x kV.

Treća faza revitalizacije je planirana da ima više etapa od kojih su neke završene a neke će tek biti u budućnosti. Etape koje su urađene su obuhvatale:

- isporuku, ugradnju i puštanje u rad novih MTK predajnika i sprežnih filtera umesto starih u TS "Beograd 5" 110/35kV, TS "Fob" 110/10kV, TS "Beograd 2" 110/35kV i TS "Beograd 1" 110/10 kV.

## PREDAJNIK FQD 2...6 – PREDAJNIK NOVE GENERACIJE

Osnovna funkcija FQD predajnika je da proizvodi MTK signale koji se potom prosleđuju ka MTK filtru. Pored toga on nadzire rad celog MTK postrojenja u TS-ci. FQD predajnici se proizvode za snage od 40kVA do 280kVA, pri čemu je maksimalan broj sprega (sprežnih liftera) dva po predajniku. Treba napomenuti da se u jednom ormanu predajnika sada nalaze delovi koji su pre bili u 4 odvojena ormara. Time se dobila velika ušteda na prostoru. Na slici 1 je prikazan "Spoljašnji izgled FQD predajnika sa priključcima".

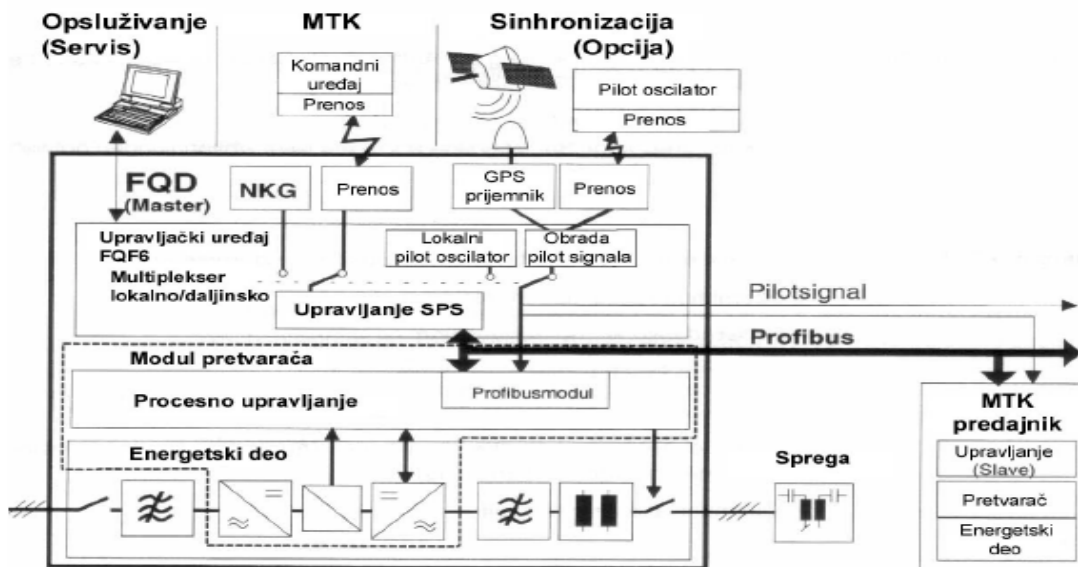


Slika 1 – Spoljašnji izgled FQD predajnika sa priključcima

Predajnikom se može upravljati:

- daljinski preko centralne automatike i WT moduliranih kanala koji kao prenosni put koriste telefonske parice ili preko ULAF-a koji kao prenosni put koriste optičke kablove)
- lokalno pomoću lokalnog generatora emisionih programa.

Na slici 2 je dat FQD predajnik sa svojim funkcionalnim celinama.



Slika 2 – FQD predajnik sa svojim funkcionalnim celinama.

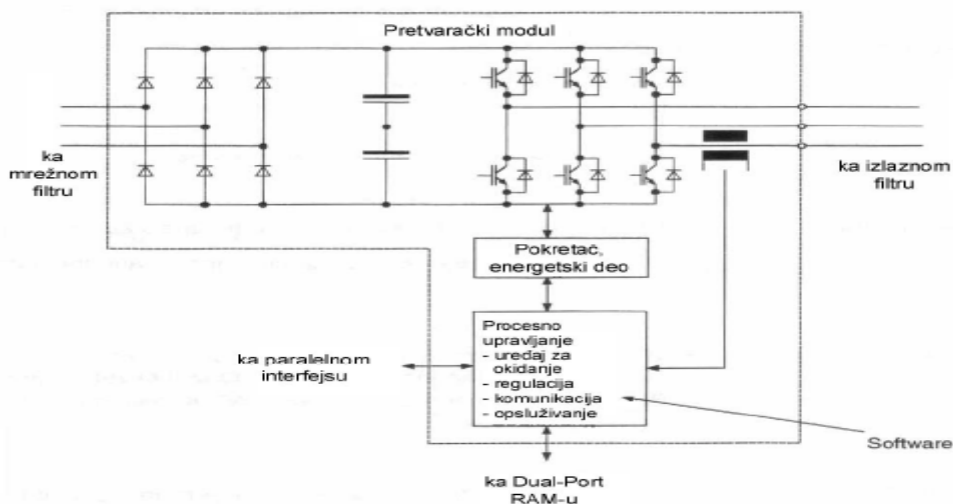
FQD predajnik se sastoji iz tri funkcionalne celine:

- upravljačkog uređaja,
- energetskog dela,
- pretvarača.

Upravljački uređaj predstavlja presečno mesto prema spoljašnjosti to jest služi za filtriranje signala, obradu pilot frekvence i vrši prijem tonfrekventnog signala. Pored tih funkcija njegov osnovni zadatak (zbog čega je i dobio takav naziv) je da upravlja sa celim procesom u predajniku. Veliki napredak kod ovog uređaja je napravljen ugradnjom u njega jednog industrijskog SPS koji se koristi za komunikaciju unutar predajnika. SPS je podeljen na par celina. Jedan deo SPS-a pokazuje stanje svakog pojedinačnog ulaza i izlaza na predajniku sa LED sijalicama. Ulazi se signaliziraju sa zelenom a izlazi sa crvenom LED sijalicom. Drugi deo SPS-a sadrži 4 LED sijalice koje pokazuju trenutni status celog predajnika. Sve ove navedene stvari predstavljaju veliki napredak u odnosu na stari upravljački uređaj. Princip rada ovog uređaja je da se u njegovu memoriju unesu osnovni podaci koje on poredi sa trenutnim i time se kontroliše ispravan rad predajnika.

Energetski deo sadrži pored ulaznih i izlaznih osigurača i izlazni regulacioni transformator koji služi za podešavanje izlaznog napona predajnika ka filtru. Takođe se koristi za razdvajanje potencijala od sprege i kao zaštita pretvarača pri zemljospoju.

Osnovna funkcija pretvarača je da proizvede tonfrekventni signal frekvencije 283,3Hz. Modul pretvarača sastoji se od energetskog dela i procesnog upravljanja sa "Profibus" modulom.



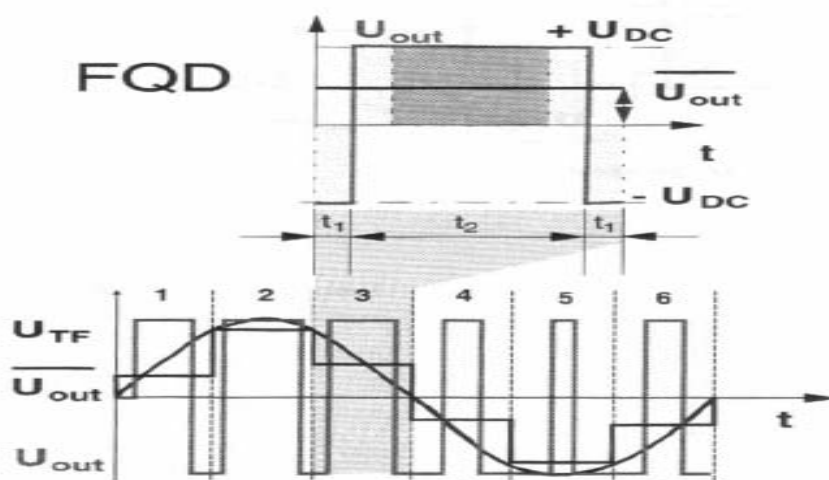
Slika 3 – Izgled modula pretvarača

Pretvarač je priključen na mrežni trofazni napon 400V/50Hz. Ovaj napon se ispravlja pomoću 3 faznog diodnog mosta. Iz ovog jednosmernog napona naizmenični pretvarač proizvodi trofazni tonfrekventni izlazni napon. Naizmenični pretvarač se nalazi u energetskom delu pretvarača i sastoji se iz IGBT poluprovodičkih prekidača koji imaju prednosti MOSFET i bipolarnih tranzistora. Oni zahtevaju manje snage za upravljanje sa veoma niskim gubicima. Procesno upravljanje proizvodi upravljački signal za poluprovodničke prekidače tako da nastaje željeni izlazni signal.

U suprotnosti sa normalnim pojačavačem poluprovodični prekidači, ne mogu raditi u linearnom režimu, već rade u prekidačkom režimu. Posledica toga je da se na izlazu pretvarača ne pojavljuje izlazni napon sinusnog oblika, nego pravougaoni signal čija srednja vrednost odgovara željenom izlaznom naponu sinusnog oblika. Tako pravougaoni signal se izfiltrira kroz sprežni filter i prosleđuje u mrežu.

#### Proizvodnja izlaznog napona

U toku jedne periode frekvence tonfrekventnog signala šalje se  $n \cdot 6$  prekidačkih uzoraka koji su simetrični. To je prednost za modulaciju ali se po uzorku mora vršiti prekidanje dva puta. Asimetrični način prekidanja se ne primenjuje zbog nastanka gubitaka koji su veći nego pri simetričnom prekidanju.

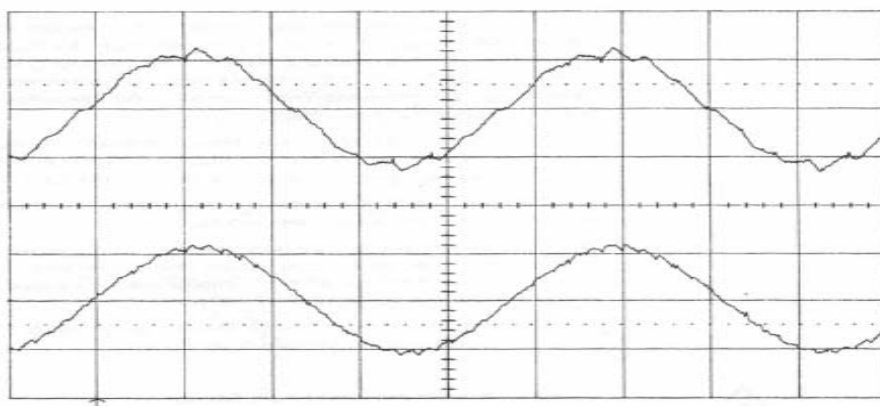


Slika 4 – Izlazni napon predajnika

#### Proizvodnja izlazne struje

Struja na izlazu predajnika je sinusoidnog oblika zbog induktivnog uticaja sprege koja sprečava skokovito menjanje vrednosti struje za razliku od izlaznog napona. U sinusni signal izlazne struje je superponirana talasnost testerastog oblika koja je veća ukoliko je manje prekidačkih uzoraka.

Povećanjem prekidačkih uzoraka testerasta talasnost je niža, povećava se prekidačka frekvencija a samim time i gubici. Maksimalan broj uzoraka zavisi od emisije MTK frekvence i kreće se u rasponu od 4000-8000 po sekundi. Pošto se svaki uzorak amplitude struje kontroliše brzina AD-DA konvertovanja u procesorskoj jedinici može biti ograničavajuća za povećanje broja uzorkovanja.



Slika 5 – Dijagram izlazne struje predajnika

Razlike između starih FQC i novih FQD predajnika:

- Stari predajnici FQC su slali po dva prekidačka uzorka po periodi, pri čemu je tokom prvog prekidačkog uzorka vodio jedan prekidač a tokom drugog je vodio drugi prekidač. Za razliku od njega FQD predajnik šalje  $n \cdot 6$  prekidačkih uzoraka po periodi i svi su simetrični.
- Kod FQC predajnika, napon na ulazu se menjao pomoću jednog regulacionog transformatora stupnjevito da bi se menjao izlazni napon. Kod FQD predajnika izlazni napon se menja kontinualno od 0 do 400V softverski preko procesnog upravljanja.
- Kod starih FQC predajnika, tiristori su se isključivali samo preko opterećenja koje je moralo da bude kapacitivno, nasuprot tome kod FQD predajnika se koriste tranzistori IGBT koji se isključuju preko upravljačkog priključka Gate.

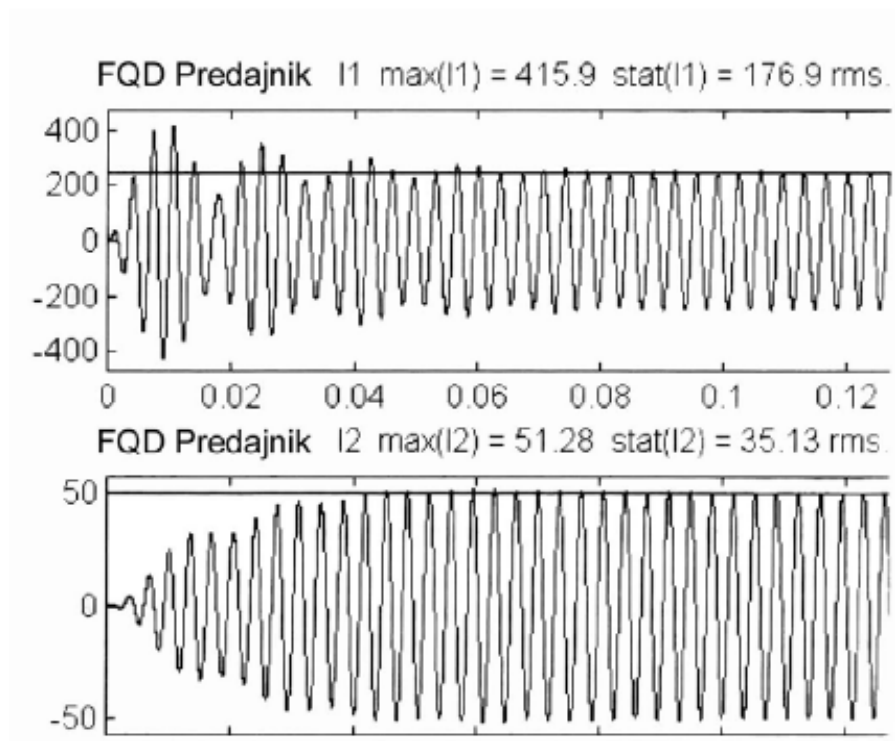
### Načini upravljanja sa predajnikom

Energetski deo pretvarača ima dve vrste pogona: - 1. upravljanje napona i – 2. regulacija struje. Primenjena vrsta pogona zavisi od toga koji je tip sprege i od emisione snage.

#### 1. Upravljanje naponom

Kod upravljanja naponom biće uzet uzorak koji je dat na slici 6 za konstantan izlazni napon. Na taj način izlazni napon zavisi samo od unutrašnjeg otpora napajanje mreže i opterećenja. Upravljanje naponom se može primeniti kod svih tipova sprege. Kod labave paralelne sprege upravljanje naponom se primenjuje kada predajnik ima dovoljno rezerve u snazi za opseg slabog opterećenja. Na početku svakog impulsa uključuje se napon oblika rampe, čime se smanjuje premašaj izlazne struje.

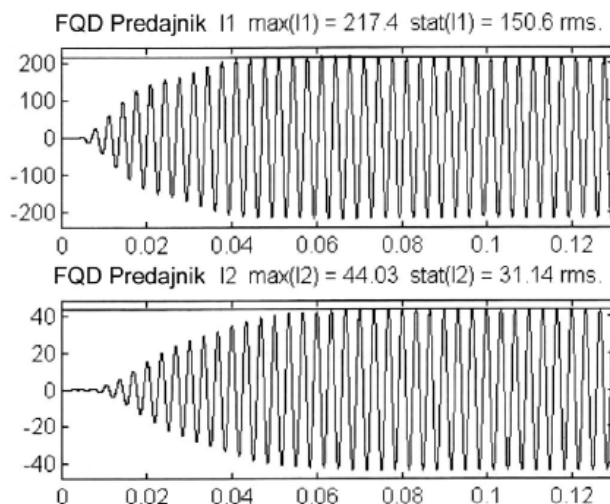
Ova vrsta pogona odgovara postrojenjima starije izvedbe. Tu je zadržana koncepcija prethodnih generacija da se emisione frekvence primarnog kola filtera podešavaju na 8-15% od rezonante, pri čemu neusklađenost može biti pozitivna i negativna. Izmene neusklađenosti je moguća, pošto je predajnik vođen i omogućava redukciju potrebne emisione snage. Ovo nadvišenje je zavisno od primarnog i sekundarnog kola sprege i priključenog tereta mreže. Nadvišenje se može reducirati na dozvoljenu vrednost oblika rampe uključanjem izlazne snage predajnika. Sekundarna struja  $I_2$  koja teče u mrežu, ponaša se kao kod postrojenja sa starim predajnicima.



Slika 6 – Dijagram struja - I1 Izlazna struja predajnika, I2 sekundarna struja kod upravljanja naponom

## 2. Regulacija struje

Ovaj način upravljanja se može primenjivati kako kod svih tipova sprega tako i kod labave sprega. Ovaj tip sprega ima prednosti, jer se on pojavljuje sa minimalnim brojem VN komponenata. Pri ovome je povratno dejstvo iz mreže (pre svega dejstvo viših harmonika) manje nego kod ostalih tipova sprega. Najveći nedostatak ovog tipa sprega je inverzni karakter opterećenja. Kod slabog tereta raste potrebna emisiona struja, nasuprot velikom opterećenju što je normalno. Ovo znači da snaga predajnika i sprega su određeni slabim teretom. Regulacija struje kompenzuje ovaj nedostatak jer održava konstantnu struju predajnika. Kod konstantne izlazne struje održava se i garantovani TF nivo u mreži.



Slika 7 – Dijagram struja - I1 Izlazna struja predajnika, I2 sekundarna struja kod regulacije struje

Petlja regulacije struje realizovana je kao digitalni regulator. Merenje struje sledi u modulu pretvarača. Pretvarač se posmatra kao pojačavač. Princip delovanja je takav da se upravlja signalom  $U_{in}$ , pri čemu amplituda struje izlaza ostaje konstanta, tj napon izlaza pretvarača biće u toku rada podešen, da amplituda struje izlaza bude konstantna.

Da se sprega ne bi preopteretila i da bi se izbegle povrede osoblja koji opslužuju predajnik, može se reducirati maksimalna struja izlaza ili maksimalni napon izlaza. Ako su pogonski napon i pogonska struja manji nego nazivni napon i nazivna struja, predajnik je reduciran u snazi. Kod upravljanja naponom pogonski napon je naznačen maksimalnim izlaznim naponom. U modu regulacije struje, redukcija napona izlaza je potrebna samo kod određenih ekstremnih slučajeva. To se može videti u primeru kada pri slabom opterećenju, struja na VN strani-I2 uprkos kontsantnoj struji ulaza I1 je na primarnoj strani suviše jako porasla. Ovaj se porast može sprečiti putem ograničenja maksimalnog izlaznog napona.

### OPSLUŽIVANJE FQD PREDAJNIKA

Kod FQD predajnika razlikuju se sledeće vrste stanja:

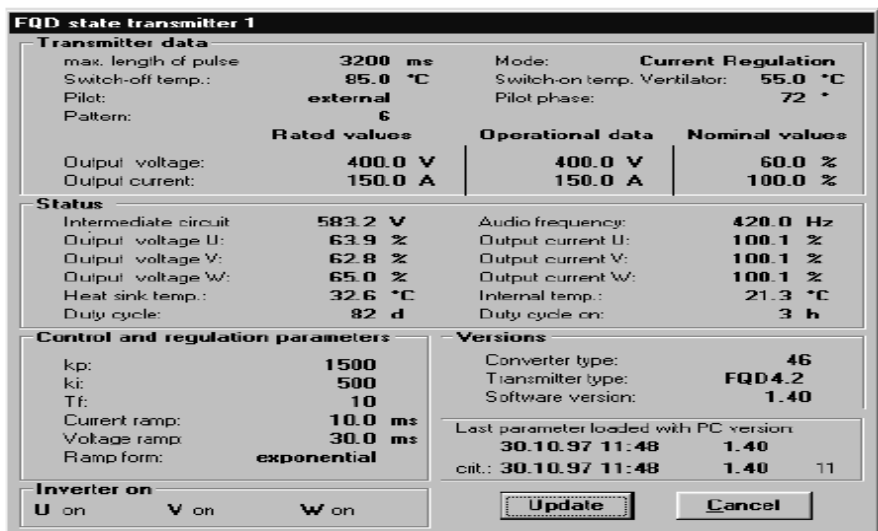
- Normalan pogon,
- Parametriranje,
- Otklanjanje kvara.

Za ovaj rad je interesantno stanje predajnika kad se obavlja parametriranje. Parametriranje je korektura ili prilagođavanje na izmenjene uslove pogona, a može ga izvršiti lice osposobljeno za taj postupak. Parametriranje je potrebno da se izvede brižljivo i tačno jer nepravilno podešavanja mogu dovesti do opasnih stanja koja mogu rezultovati i povredama osoblja u okolini.

#### Parametriranje FQD predajnika

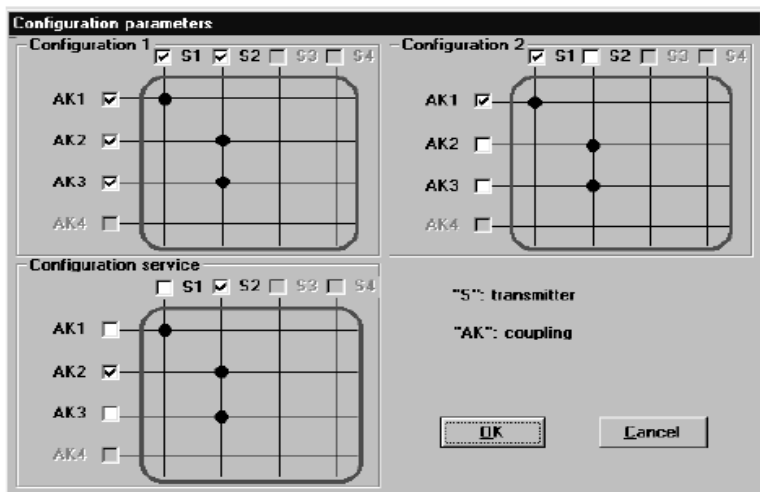
Za parametriranje su potrebni jedan PC sa instaliranim softverom kao i povezni kabl između PC i predajnika. Parametriranje se izvodi softverski i ne zahteva nikakve mehaničke zahvate kao kod starijih generacija predajnika. Da bi se pokazao ceo postupak uzet je primer parametriranja FQD predajnika u TS "Obilić" 110/10kV. Ako se pretpostavi da je došlo do porasta opterećenja mreže, snaga izlaza je suviše niska, predajnik se mora prilagoditi na promenjene uslove. U zavisnosti od pogona pretvarača (upravljanje naponom ili regulacija struje) promeni ćemo odgovarajući parametar. Za ovaj primer je

uzet pogon regulacije struje. Pre nego što promenimo potrebnu vrednost potrebno je najpre prekontrolisati trenutne vrednosti u predajniku. Na sledećoj slici su dati trenutni parametri predajnika i stanja.



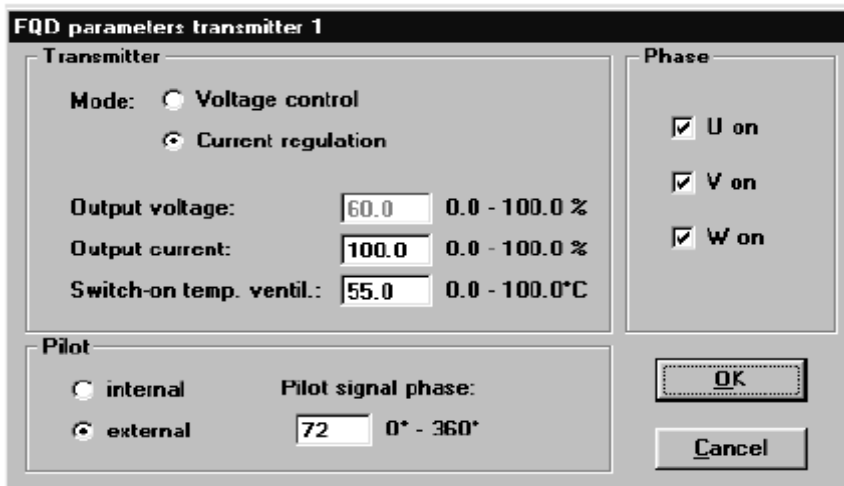
Slika 8 –Prikaz parametara predajnika i stanje

Na slici 8 se tačno može videti u kom stanju je predajnik a samim tim dal je u ispravnom stanju. Sledeći korak pri parametriranju je prilagođavanje parametara konfiguraciji. To je važna stavka u ovom postupku koju je potrebno uraditi jer se time fiksira broj postrojenja, njihov tip, broj sprega, raspored predajnika prema snagama, kao i rasporedu opterećenja na više predajnika. Postoje dve osnovne konfiguracije, koje se mogu izabrati kod parametriranja predajnika. One se takođe mogu izabrati pomoću sistema daljinskog upravljanja u slučaju da je čekirana eksterna daljinska opcija. Time se postiže da se na najjednostavniji način delovi postrojenja mogu priključiti ili odstraniti. Na sledećoj slici je prikazan izbor konfiguracionih parametara. postrojenja.



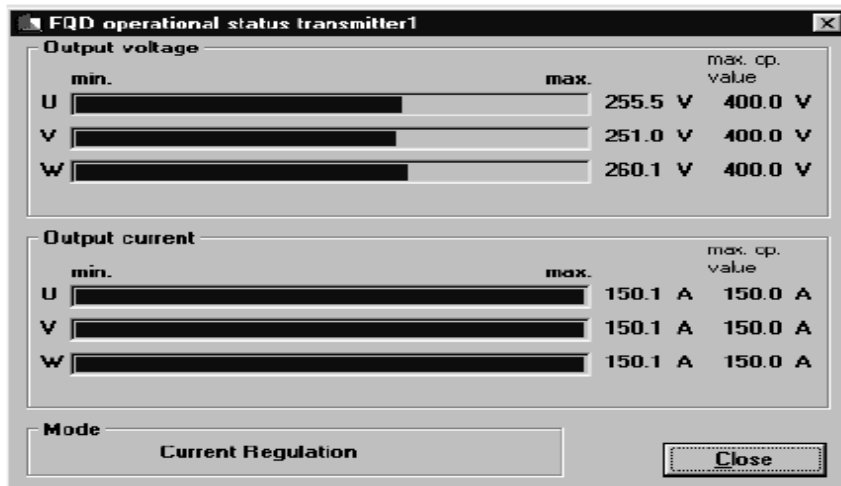
Slika 9 –Izbor konfiguracionih parametara

Na prethodnoj slici su čekirane spregne na koju je predajnik priključen. Parametriranje mora da se poklapa sa fizičkom realnošću. Na slici se vidi da je kod konfiguracije 1 predajnik 1 povezan sa spregom 1 a predajnik 2 sa spregom 2. Kod konfiguracije 2 predajnik 1 je povezan sa spregom 1. Servisna konfiguracija je prikazana da je predajnik 2 povezan sa spregom 2 i ona je rezervisana za interne svrhe testiranja. Posle završene izmene parametara prozor se zatvara i definisanje konfiguracija je sačuvano. Sledeća stvar koju je potrebno obaviti u ovom nizu je izbor pogona pretvarača. Izabrana je strujna regulacija i zadate standardne vrednosti za napon (60%), struju (100%) i uključenje ventilatora (55°C). Ceo posao se obavlja daljinski što se vidi na slici 9. Na slici 9 je dat prozor za određivanje pogona pretvarača.



Slika 10 –Određivanje pogona pretvarača

Sada su izvršeni svi preparni radovi. Daljinski se preko centralne automatike šalje tf signal u TS "Obilić 110/10kV. Iz predajnika se iščitavaju vrednosti napona i struje u njemu koje su dobijene za vreme emisije. Na sledećoj slici su prikazane te vrednosti.



Slika 11 –Prikaz vrednosti izmaznih napona i struja

## ZAKLJUČAK

Dolazimo do zaključka da su prednosti FQD predajnika u odnosu na stari tip u sledećim stvarima:

- Jednostavna ugradnja i opsluživanje,
- Veoma malo rasipanje energije,
- Fleksibilno upravljanje vrednostima struje i napona u zavisnosti od opterećenja distributivne mreže,
- Potpuno programska kontrola funkcija i očitavanje parametara,
- Spreman za različite tipove telegrama (semagyr, decabit).

Prikazani predajnik predstavlja najsavremeniji uređaj u svojoj oblasti i napravljen je od elemenata poslednje generacije. Samim tim FQD predajnik je totalno nov uređaj za naše prilike i njegova primena će sigurno pokazati koliki dobitak je dobila sa njegovim korišćenjem.

## LITERATURA

1. Uputstvo za rad sa Predajnikom FQD 2...6 – SIEMENS
2. Planiranje sistema MTK – D. Ivković, JUKO CIGRE, 24. Savetovanje, V. Banja 1999
3. Sistem MTK na području EDB–D. Ivković, R.Todorović, časopis "Elektrodistribucija" 2003.g