

## **PRAKTIČNA SAZANANJA U EKSPLOATACIJI MIKROPROCESORSKE ZAŠTITE (MPU) U REKONSTRUISANIM IZVODNIM ČELIJAMA u TS 110/20kV ŠID**

P. Smiljić, EPS - P.D. "Elektrovojvodina" - Sektor eksploatacije Uprave, Srbija

### **UVOD**

Već duži niz godina, sve rekonstrukcije automatike i izgradnja novih objekata TS 110/XkV, u Elektrovojvodini, izvode se integrisanom (mikroprocesorskom) zaštitom. Prava primena integrisane zaštite došla je do izražaja pri ugradnji drugog transformatora u TS 110/20kV Šid.

Upravljanje i zaštita novog transformatora je trebala biti smeštena u relejnom ormanu, koji bi se nalazio u lokalnom upravljačkom mestu (LUM). Istovremeno, planirana je i rekonstrukcija postojećeg transformatora integrisanom logikom zaštite i upravljanja. Pojavio se problem smeštanja novih relejnih ormara.

Došlo se na ideju uklanjanja četiri relejna stalka izvodnih ćelija 20kV i postavljanja novih ormara trafo polja 110kV na njihovo mesto. Automatika tih ćelija je prebačena u niskonaponski deo izvodnih ćelija (na spratu) i izvedena je upravljačko-zaštitnim mikroprocesorskim uređajem. Time se u LUM-u stvorio prostor za nove relejne ormene trafo polja.

Integrisana zaštita koja je ugradjena u niskonaponskom delu izvodnih ćelija, morala je da pokrije sve upravljačko- zaštitne funkcije koje su ranije bile izvedene u relejnim stalcima. Takođe, trebalo je uskladiti, nove (integrisane) zaštite i stare (elektromehaničke) zaštite izvoda i trafo polja - sa aspekta sigurnosti i pouzdanosti (selektivnosti) napajanja.

### **OPŠTE O INTEGRISANOM ZAŠTITNO - UPRAVLJAČKOM UREĐAJU**

Primenjeni MPU terminal je projektovan za zaštitu, upravljanje, merenje i nadzor srednjenaponskih mreža. Može se koristiti u razvodnim postrojenjima sa jednim ili više sistemom sabirnica. Zaštitne funkcije takođe podržavaju različite tipove mreža, kao što su izolovane mreže, kompenzovane, ili

*mr Predrag Smiljić, EPS-P.D. "Elektrovojvodina" - Sektor eksploatacije Uprave, Bulevar oslobođenja 100, 21000 Novi Sad (predrag.smiljic@ev.co.yu)*

mreže uzemljene preko malog otpora. Prenos podataka se ostvaruje IEC 60870-5-103 komunikacijom, SPA komunikacionim sabirnicama i LON komunikacionim sabirnicama.

MPU nudi širok spektar funkcija:

- Funkcije zaštite
- Funkcije merenja
- Kontrola kvaliteta snage
- Upravljačke funkcije
- Funkcije praćenja stanja
- Opšte funkcije
- Komunikacione funkcije
- Standardne funkcije
- Druge funkcije

**Funkcije zaštite.** Blokovi funkcija zaštite su nezavisni jedan od drugog i imaju svoje sopstveno podešavanje grupa, zapise podataka, itd. Tipične funkcije zaštite bazirane na merenju struja, mogu koristiti merne strujne transformatore ili Rogowski kalem. Zaštitne funkcije bazirane na merenju napona, koriste naponske merne transformatore ili naponske reduktore.

Za zaštitu 20 kV izvoda u Šidu, primenjene su sledeće zaštite:

- Prekostrujna
- Kratkospojna
- Usmerena zemljospojna zaštita
- Zaštita od nesimetričnog opterećenja
- Podfrekventna
- Termička
- Zaštita od otkaza prekidača

U daljem tekstu, iznešena su iskustva stečena prilikom implementacije i podešavanja usmerene zemljospojne zaštite. Naveden je način na koji je prevaziđen problem velikih pikova struje prilikom puštanja izvoda i kvalitativna razlika realizacije Zaštite od otkaza prekidača (ZOP), od dosadašnje logike.

## USMERENA ZEMLJOSPOJNA ZAŠTITA

Zbog strukture sredjenaponske radijalne mreže koja se napaja iz TS 110/20kV Šid, upotrebljena je **usmerena zemljospojna zaštita**, za zaštitu 20kV izvoda. Ta zaštita bi trebala da spreči pogrešne prorade zaštita izvoda, usled velikih kapacitivnih struja pri zemljospoju, u pretežno kablovskim mrežama. Terminal MPU ima vrlo širok spektar mogućnosti podešavanja ove zaštite.

U konkretnom slučaju, izabrana je dvostepena usmerena zemljospojna zaštita sa detekcijom zemljospoja preko obuhvatnog SMT i napona otvorenog trougla.

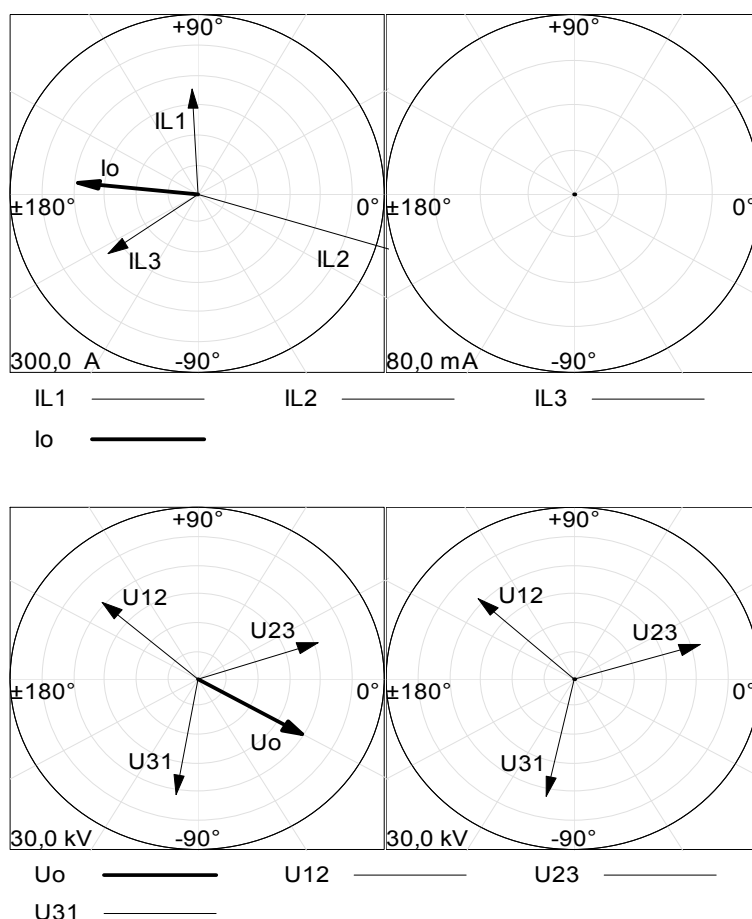
**Određivanje smera delovanja.** Mreža 20kV je uzemljena preko niskoomske otpornosti (za ograničenje struje zemljospoja na 300A), te je za kriterijum određivanja usmerenosti delovanja izabrana funkcija **lo cosφ** (kod izolovanih mreža ili kod mreža uzemljenih preko induktivnosti bi bilo lo sinφ). Terminal upoređuje fazne stavove struje zemljospoja lo i rezidualnog napona Uo i na osnovu podešenja granica ovih faznih stavova utvrđuje da li je kvar u smeru delovanja ili ne. Kod ovoga je jako bitno ispravno podesiti smer delovanja relea (REVERSE, FORWARD), što zavisi od konfiguracije sekundarnih kola (načina uvezivanja obuhvatnog SMT i otvorenog trougla na NMT). Takođe, mora se utvrditi usmerenost struja i napona koji ulaze u rele (na analognim ulazima terminala se nalaze

transformatori koji snižavaju primljeni analogni signal na naponske signale pogodne za dalju obradu u terminalu). Posedovanjem validnog projekta izvedenog stanja izvodne ćelije i šeme unutrašnjih veza relea (analognih ulaza) i poznavanjem principa rada usmerene zaštite, moguće je utvrditi smer delovanja relea i pravilno izabrati njegovo usmerenje (REVERSE ili FORWARD). Međutim, u praksi se pokazalo da kod ovog često dolazi do greške (ne posedovanje projekta izvedenog stanja, šema unutrašnjih veza relea, nepristupačnosti obuhvatnog SMT, ukrštanjem provodnika, nerazumevanjem principa rada,...).

Zbog toga, pribeglo se simulaciji jednofaznog zemljospoja uzemljavanjem jedne faze u najbližoj TS 20/0,4kV. Ogled se izvodi tako što se nakon uzemljavanja jedne faze (u predhodno isključenoj TS 20/0,4kV), na releu podese stepeni delovanja tako da jedan "gleda" kvar u jednom smeru (DEF2High-REVERSE), a drugi u suprotnom (DEF2Low-FORWARD). Vremena prorade se maksimalno spuste, radi što kraćeg trajanja režima kvara. Nakon uključjenja prekidača 20kV izvoda, jedna od ova dva stepena zaštite isključuje kvar. Konstatovanjem koji stepen je dao komandu isključenja, utvrđujemo validno usmerenje zaštite (REVERSE ili FORWARD).

U slučaju da se nema dvostepena usmerena zaštita, može se izvesti isti ogled, gde ćemo dopustiti kratkospojnoj zaštiti da isključi kvar (kojoj smo predhodno snizili struju i vreme prorade), a mi ćemo konstatovati da li se usmerena zaštita pobuđivala (lista EVENTA). Ako se usmerena zaštita nije pobuđivala, potrebno je suprotno usmeriti rele (ako je bilo REVERSE, onda FORWARD i obratno).

Sve ovo je potrebno uraditi pri izvođenju ovog ogleda, ne samo radi određivanja pravilne usmerenosti zaštite (sigurnosti), nego i zbog sprečavanja ispada višeg stepena pri ogledu (pouzdanosti)!



Vektorski dijagram struja i napona za vreme zemljospoja faze L2 i nakon isključenja izvoda

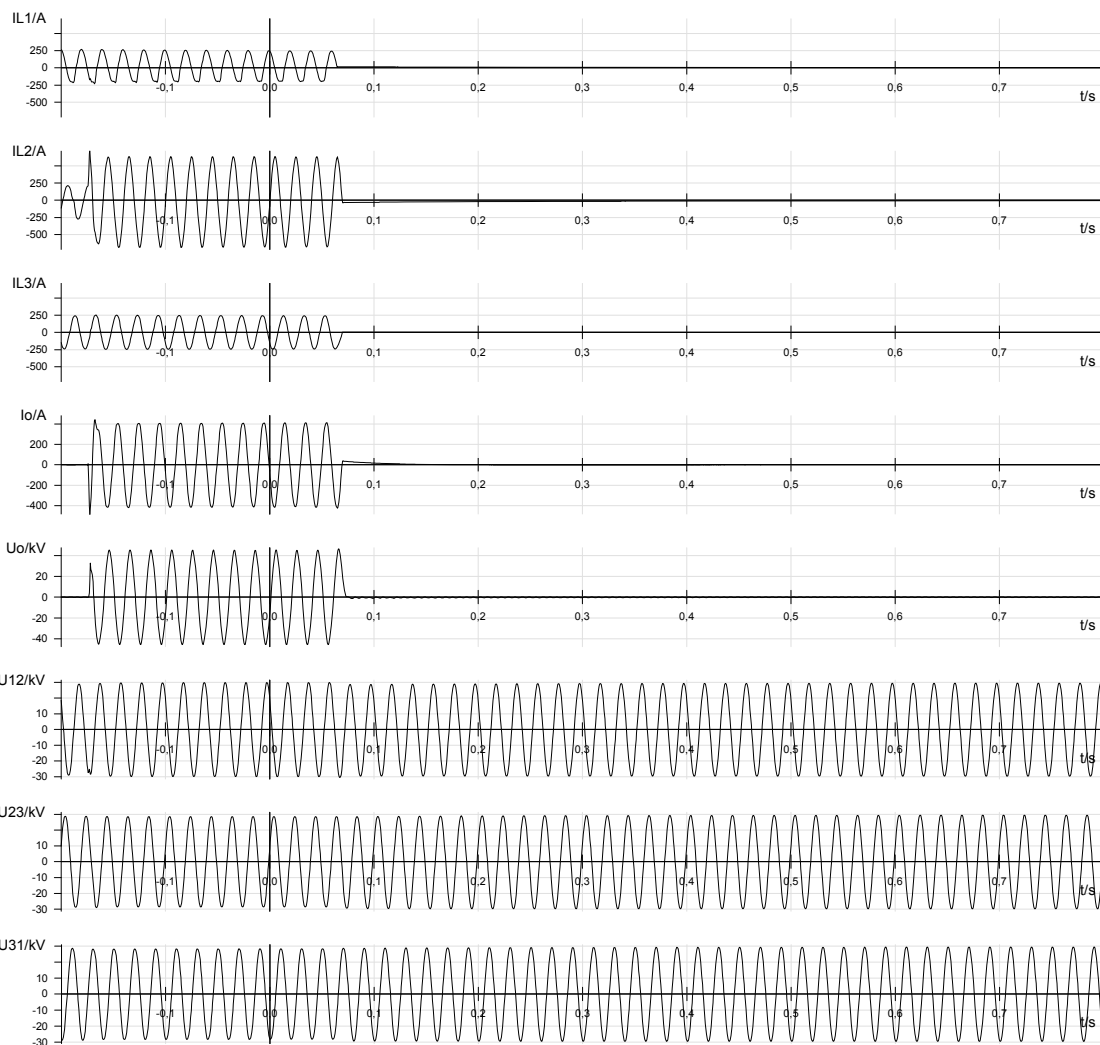
Na vektorskim dijagramima napona i struja vidi se i položaj vektora struje zemljospoja  $I_o$  i rezidualnog napona  $U_o$ , u jednom trenutku trajanja zemljospoja faze L2. Analizom položaja ovih vektora za svo vreme trajanja kvara, može se uočiti da su vektori  $I_o$  i  $U_o$  uvek u opozitu ( $\cos\phi < 0$ , u nekim granicama mr Predrag Smiljić, EPS-P.D. "Elektrovojvodina" - Sektor eksploatacije Uprave, Bulevar oslobođenja 100, 21000 Novi Sad (predrag.smiljic@ev.co.yu)

varijacija faznih stavova). Ovakav izgled vektorskog dijagrama rezultat je karakteristike štice vod, načina uzemljavanja mreže, konfiguracije sekundarnih kola zaštite (SMT i NMT) i šeme vezivanja relea.

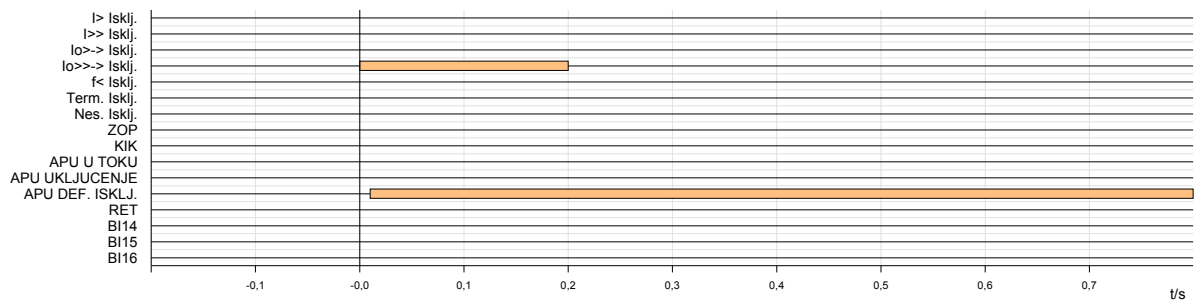
Ovakav vektorski dijagram je dobijen u predhodno opisanom ogledu i odgovara podešenju usmerenosti relea – REVERSE.

Rotiranjem fazora  $I_0$  ili  $U_0$  za  $180^\circ$  dobili bi usmerenost relea – FORWARD. Ovo je moglo nastupiti okretanjem obuhvatnog SMT ili NMT (kako primarnih, tako i sekundarnih krajeva), ukrštanjem provodnika (pogrešnim šemiranjem), dovođenjem analognih signala u rele na drugačiji način, itd.

Korišćenjem ispitnog kofera s kojim možemo davati tačno određene fazore struja i napona, možemo utvrditi granice uglova u kojima rele "gleda" u jednom ili drugom smeru, ali da bi ispitili celokupnu konfiguraciju zaštitnog sistema, moramo da uradimo ogled sa primarne strane.



Vremenski dijagrami analognih signala za vreme i nakon isključenja zemljospoja u fazi L2



Vremenski dijagrami digitalnih signala

Ovo su vremenski dijagrami snimljeni u terminalu (zapisivač poremećaja) za vreme oglada zemljospoja faze L2, u najbližoj TS 20/0,4kV. Pažljivim gledanjem vremenskih dijagrama signala lo i Uo, u određenom vremenskom trenutku, takođe se može uočiti opozit faznih stavova (vremensko kašnjenje) ovih signala.

Na vremenskom dijagramu digitalnih signala vidimo da je prvi stepen usmerene zemljospojne zaštite (lo>>) dao nalog za isključenje, nakon čega je nastupio signal APU DEF.ISKLJ. (definitivno isključenje izvoda).

## OSTALE ZAŠTITE

Na 20 kV izvodima u TS 110/20kV Šid, još su aktivirane: prekostrujna zaštita, kratkospojna, zaštita od nesimetričnog opterećenja, termička zaštita, podfrekventna i zaštita od otkaza prekidača.

Podešavanje svih zaštita je vrlo fleksibilno tako da se lako mogu uskladiti sa postojećim (starim) zaštitama postrojenja, čak i u mnogo čemu, unaprediti stare funkcije.

Recimo, vrlo zgodno nam je poslužila opcija izbora da li će zaštita reagovati na **pik merene veličine**, ili samo na vrednost **osnovne frekvencije**. Prilikom puštanje celog rekonstruisanog izvoda, javljali su se vrlo veliki pikovi polazne struje (preko 4In), što je dovodilo do prorade kratkospojne zaštite. Analizom harmonijske strukture polazne struje, ustanovljena je vrlo velika jednosmerna komponenta (usled magnećenja transformatora TS 20/0,4kV, koji se nalaze na tom izvodu). Problem je rešen tako što je podešena prorada relea samo na osnovu osnovne frekvencije struje (osnovni harmonik). Ovim se nije izgubilo na sigurnosti, jer u režimima kvara ovo je dominantna komponenta struje kvara. Čak je primećen mnogo stabilniji rad vazdušnih izvoda, koji su pod starom zaštitom imali veliki broj prolaznih kvarova.

**Zaštita od otkaza prekidača (ZOP)**, od svakog rekonstruisanog izvoda deluje direktno na isključenje trafo ćelije 20 kV i spojke. Ranije, ovu funkciju je vršila zaštita sabirница (ZS) i to samo za kratkospojne kvarove (l>>). Naime, ako se desi kratak spoj na sabirnicama 20kV, ZS isključuje prekidač trafo ćelije 20kV za 0,1s. Ako se pak, desi kratak spoj na nekom izvodu, automatski ide blokada ZS da bi se dozvolilo da l>> izvoda isključi kvar. U slučaju da prekidač izvoda ne uspe da isključi kvar, dolazi do deblokade ZS (u stalku rezervne zaštite) i ona isključuje kvar za 0,5s.

Kod integrisanog relea, svaka funkcija zaštite (blok) ima svoj signal ZOP-a koji se zasebno podešava. U konkretnom slučaju, zaštiti izvoda je dato 300ms da isključi prekidač, od trenutka davanja komande. Ako ne uspe, aktivira se signal ZOP i ide direktno na isključenje višeg stepena (prekidač trafo ćelije 20kV). Tako da, sad imamo zaštitu od otkaza prekidača od svi zaštita (ne samo od l>>) i mnogo jednostavniju izvedbu.

## ZAKLJUČAK

Ugradnjom integrisane zaštite, dobija se potpuno nova koncepcija postrojenja. Relejni stalci, na kojima se nalazila logika upravljanja i zaštita postaju suvišni, a cela logika se prebacuje u niskonaponski deo ćelije izvoda. Ovim se značajno dobija na prostoru i smanjuju se dimenzije novih postrojenja. Izbegnut je veliki broj pomoćnih relea, vremenskih relea, provodnika i međuveza, čime se značajno povećala sigurnost rada zaštitnog sistema. Mogući otkazi u terminalu se detektuju supervizijom koju obavlja sam terminal (IRF signal) i javljaju se centralnom sistemu za praćenje i upravljanje (SCADA). Sama komunikacija sa SCADA sistemom je značajno pojednostavljena i odvija se komunikacionim sabirnicama sa IEC 60870-5-103 protokolom, preko optičkih kablova.

Održavanje i remont ovakvih postrojenja su minimalna i svode se na praćenje ispravnosti rada terminala.

Kompletna logika sprovedena u starim postrojenjima, može se implementirati i sa integrisanom zaštitom, tako da nije bilo problema sa usklađivanjem stare i nove zaštite, u smislu poštovanja selektivnosti delovanja.

## LITERATURA

1. Đurić M, 2003, "Relejna zaštita", " BEOPRES", Beograd
2. Technical Reference Manual- REF 543, ABB