

Distantna zaštita 400 kV dalekovoda Gacko-Trebinje

Funkcije, podešenja i primjer ispitivanja zaštitnog uređaja REL 531

Vaso Milišić

OP Mostar/ TJ Trebinje

“Elektroprenos-Elektroprijenos BiH” a.d. Banja Luka

Trebinje, Republika Srpska, BiH

vaso.milic@elprenos.ba

Miodrag Forcan

Univerzitet u Istočnom Sarajevu

Elektrotehnički fakultet

Istočno Sarajevo, Republika Srpska, BiH

miodrag.forcan@etf.ues.rs.ba

Sažetak—Značaj analiza rada distantnih zaštita visokonaponskih dalekovoda je od velike važnosti za stabilnost elektroenergetskog sistema. U ovom radu je metodološki analizirana distantna zaštita 400 kV dalekovoda Gacko-Trebinje. Razmatrane su naredne cjeline: transformatorska stanica 400/x kV Trebinje, dalekovodno polje i mjerni uređaji, zaštitni terminal/uređaj REL 531, karakteristika i podešenja funkcije distantne zaštite, ispitivanje distantne zaštite i analiza rezultata ispitivanja distantne zaštite za primjer jednofaznog kvara. Na osnovu provjere podešenja i rezultata ispitivanja, utvrđeno je da je distantna zaštita osjetljiva i selektivna, kao i da su odstupanja vremena reagovanja u svim zonama zaštite u dozvoljenim granicama.

Ključne riječi- transformatorska stanica; dalekovod; distantna zaštita;

I. UVOD

Za zaštitu visokonaponskih dalekovoda (DV) najčešće se koristi princip distantne zaštite [1]. Pomoću distantnih zaštita se postiže selektivnost u složenim petljastim mrežama [2]. Uz odgovarajuća prilagođenja, distantne zaštite je moguće koristiti i u veoma komplikovanim slučajevima, poput zaštita dvostrukih dalekovoda [3] i serijski kompenzovanih dalekovoda [4]. DV u prenosnoj mreži Bosne i Hercegovine (BiH) koriste distantnu zaštitu kao primarnu zaštitu. Karakterističan primjer analize rada distantne zaštite 400 kV DV Banja Luka 6-Stanari je dat u radu [5]. Moguća unapređenja podešenja distantne zaštite DV u prenosnoj mreži BiH su opisana u radu [6].

U ovom radu je predstavljena analiza rada distantne zaštite 400 kV DV Trebinje – Gacko. Razmatrane su funkcije i podešenja zaštitnog uređaja REL 531, koji se nalazi u transformatorskoj stanici (TS) Trebinje 400/x kV. Funkcija distantne zaštite je ispitana na primjeru jednofaznog kvara.

II. OSNOVNI PODACI O TS 400/X KV TREBINJE I 400 KV DV GACKO – TREBINJE

A. TS 400/x kV Trebinje u EES BiH

TS 400/x kV Trebinje predstavlja jednu od strateški najznačajnijih TS za Elektroprivredu Republike Srpske, jer se u ovu TS sabira gotovo kompletna proizvodnja električne energije sa područja Istočne Hercegovine (sistem

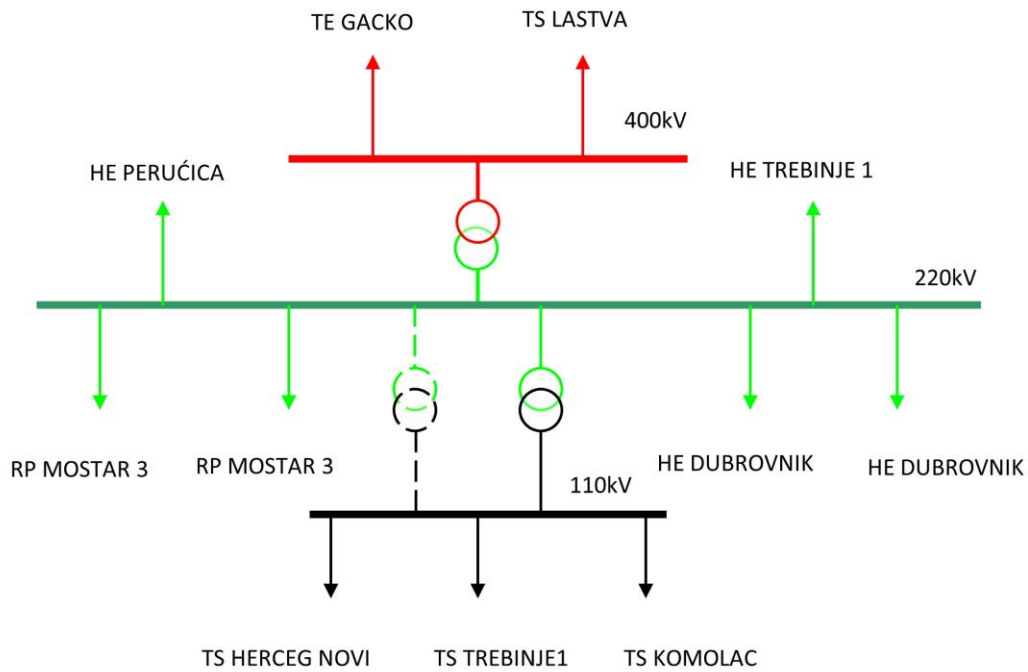
hidroelektrana na Trebišnjici i termoelektrana Gacko). Na Sl. 1 prikazan je položaj TS 400/x kV Trebinje u EES-u BiH.

400 kV postrojenje je vanjsko, izvedeno sa dva glavna sistema (SS1 i SS2) i jednim pomoćnim sistemom (SSP) cijevnih sabirnica Al-Mg-Si 160/140 mm, na čelično-rešetkastim portalima. Na Sl.2 prikazana je jednopolna šema dijelova 400 kV postrojenja TS Trebinje: 400 kV DV Gacko, spojno i mjerno polje. Pored prikazanih polja, u postrojenju se još nalaze transformatorsko polje i polje 400 kV DV Lastva. Ovakva realizacija postrojenja je tipična za naponski nivo 400 kV. Jedna od prednosti ovakve izvedbe je da oba dalekovoda mogu raditi prilikom zamjene prekidača DV polja prekidačem spojnog polja. Na taj način spojno polje u svakom trenutku predstavlja apsolutnu rezervu bilo kom dalekovodnom polju, bilo da se radi o havariji ili redovnom održavanju opreme dalekovodnog polja. Sva tri sistema sabirnica imaju uzemljivače. Polja su kompletno opremljena, a aparati povezani vezama realizovanih pomoću Al-Fe užadi i cijevi. Naponski transformatori u mjernim poljima su čeno vezani direktno na sabirnice. Pogon prekidača je elektropneumatski, a rastavljača i uzemljivača elektromotorni. Upravljačko-signalni kablovi od aparata vode se u centralne ormariće i dalje u aparatne kućice.

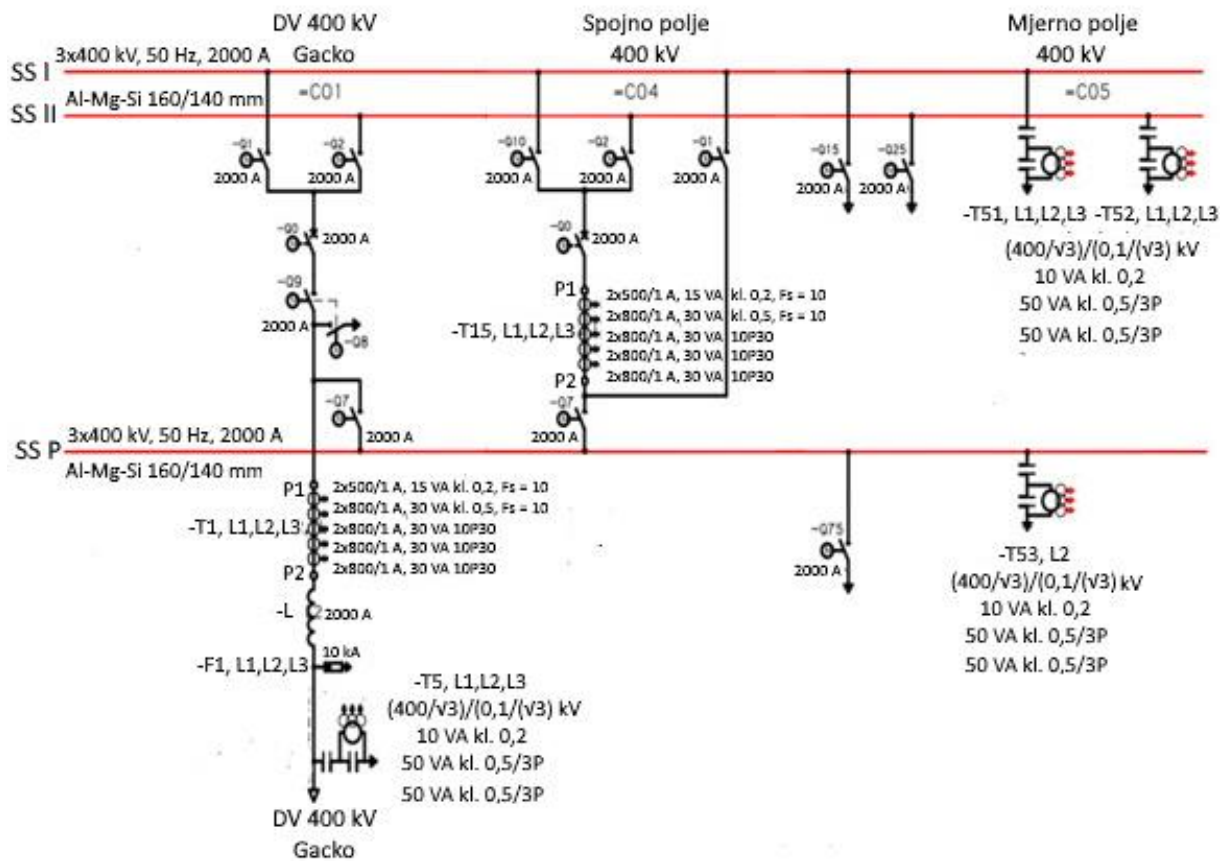
B. Polje 400 kV DV Gacko

Polje 400 kV DV Gacko sadrži sledeće elemente [7]:

- Pantografski sabirnički rastavljači SS1 i SS2 (Energoinvest, tip PRV 16H, $I_n = 2000$ A);
- Prekidač (Energoinvest, tip SFE 16/19H, $I_n = 2000$ A);
- Linijski rastavljač sa vertikalnim otvaranjem (Energoinvest, tip LRV 16H, $I_n = 2000$ A);
- Tri strujna mjerna transformatora (Končar, tip APU 420, 2x500/1 A, 2x800/1/1/1/1 A, 1. jezgro: 15 VA, Kl 0,2, Fs10, 2. jezgro: 30 VA, Kl 0,5, Fs10, 3. jezgro: 30 VA, 10P30, 4. jezgro: 30 VA, 10P30, 5. jezgro: 30 VA, 10P30);
- Tri naponska mjerna transformatora (Končar, tip VCU-420, 1. jezgro: 400/0,1 kV/($\sqrt{3}$), 10 VA, kl 0,2, 2. jezgro: 400/0,1 kV/($\sqrt{3}$), kl 0,5/3P, 3. jezgro: 400/0,1 kV/($\sqrt{3}$), kl 0,5/3P);
- Tri odvodnika prenapona (Siemens, tip 3EQ4 330-4PR52-4KA1).



Slika 1. Položaj TS 400/x kV Trebinje u EES BiH [7].



Slika 2. Jednopolna šema 400 kV postrojenja TS Trebinje: 400 kV DV Gacko, spojno i mjerno polje [7].

400 kV DV Trebinje – Gacko, čija pripadajuća relejna zaštita je predmet analize u ovom radu, je dužine 64,5 km, sa 200 čelično-rešetkastih stubova tipa Y, i sa faznim provodnicima $2 \times 490/65 \text{ mm}^2$ i zaštitnim užadima AWG 126,1 mm^2 .

C. Oprema koja se koristi u sistemu relejne zaštite 400 kV DV Trebinje – Gacko

Od navedene primarne opreme u sistemu relejne zaštite analiziranog dalekovoda direktno učestvuju prekidač, strujni mjerni i naponski mjerni transformatori. U slučaju jednofaznih kvarova, što je najčešći slučaj, funkcija automatsko ponovno uključenje (APU) ponovo uključuje jedan pol prekidača, nakon isteka vremena beznaponske pauze od 1 s. U slučaju trajnog kvara, dolazi do trajnog trolnog isključenja voda, a potom zaštita od nesklada polova prekidača, nakon vremenske odgode od 1,5 s, vrši provjeru da li su svi polovi u istom položaju.

Naponski mjerni transformator (NMT) ima tri sekundarna namotaja. Prvi sekundarni namotaj 10 VA, kl. 0,2, služi za obračunsko mjerenje, dok druga dva sekundarna namotaja 50 VA, kl. 0,5/3P služe za pokazno mjerenje i zaštitu. Klasa tačnosti 0,5/3P znači da je u opsegu napona za mjerenje $(0,8 - 1,2)U_n$ naponska greška 0,5%, a van tog opsega, a u opsegu napona za zaštitu $(0,05 - k)U_n$, naponska greška iznosi 3%, što zadovoljava potrebnu tačnost za zaštitu. Faktor napona iznosi $k = 1,5$. Strujni mjerni transformator (SMT) ima pet jezgara, gdje su prva dva jezgra mjerna, klasa tačnosti 0,2 i 0,5. Prvo jezgro, najveće tačnosti, služi za obračunska mjerenja. Drugo jezgro se koristi za pokazna mjerenja koja su izvedena na SCADA sistemu, u ormaru zaštite i upravljanja u aparatnoj kućici i na terminalu REC 561. Preostala tri jezgra, klase tačnosti 10P30, su zaštitna jezgra. Klasa tačnosti 10P30 označava da greška na sekundaru iznosi maksimalno 10 %, pri struji koja je 30 puta veća od nominalne struje, što je zadovoljavajuća tačnost za potrebe distantne i diferencijalne zaštite. Uređaji koji se koriste za relejnu zaštitu 400 kV DV Trebinje – Gacko su REL 531 i REL 551 (ABB).

D. Vlastita potrošnja u TS 400/x kV Trebinje

Veoma značajnu ulogu u sistemu relejne zaštite ima sistem vlastite potrošnje TS i kola pomoćnog napajanja, koja obezbjeđuju napajanje zaštitnih releja i izvršenje njihovih naloga. Naponi vlastite potrošnje u TS 400/x kV Trebinje su: $3 \times 380/220 \text{ V } 50\text{Hz}$ – naizmjenični i 110 V jednosmjerni.

Osnovno napajanje vlastite potrošnje čine dva transformatora 35/0,4 kV, snage 630 kVA. Transformatori su dimenzionisani prema ukupnoj snazi postrojenja vlastite potrošnje. Oba transformatora su u pogonu opterećena ispod 50% nazivne snage. Ne rade paralelno i jedan drugom su potpuna rezerva. U slučaju neraspoloživosti transformatora, rezervno napajanje se ostvaruje preko dizel agregata snage 250 kVA. 35 kV napon se dovodi iz 35 kV postrojenja koje se napaja sa dva energetska transformatora 110/35/10 kV (20 MVA).

Vlastita potrošnja napajana naizmjeničnim naponom se dijeli na neophodnu i opštu potrošnju. U neophodnu potrošnju spadaju: razvodi u aparatnim kućicama i ormarima sekundarne opreme, elektromotorni pogoni prekidača, grijanje prekidača,

hlađenje transformatora, ispravljači, signalizacija i telekomunikaciona oprema. Sva ostala napajanja naizmjeničnim naponom u TS spadaju u opštu potrošnju.

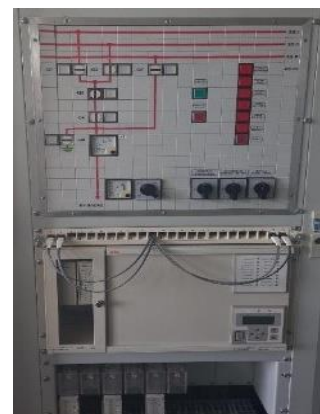
Osnovni izvor napajanja jednosmjernim naponom čine dva naponski i strujno regulisana ispravljača, koja su povezana na sabirnice neophodne potrošnje dvostrukom vezom. Ispravljači rade u „floating“ spoju sa stacionarnim aku-baterijama. Dvije stacionarne aku-baterije predstavljaju rezervno napajanje jednosmjernim naponom vlastite potrošnje, i preuzimaju potpuno napajanje jednosmjernih potrošača kod nestanka naizmjeničnog napona na ispravljaču. Obje rade istovremeno opterećene ispod 50 % nominalne snage. Jednosmjerni napon 110 V napaja sljedeće potrošače: podrazvodi jednosmjerne potrošnje, sekundarnu opremu, zaštitne relejne uređaje, komandne i signalne strujne krugove.

Za zaštitu strujnih kola naizmjeničnog i jednosmjernog napona vlastite potrošnje od preopterećenja i kratkog spoja koriste se instalacioni automatski prekidači (trolni, dvopolni i jednopolni sa signalnim kontaktom). Naponi sabirnice vlastite potrošnje se moraju neprekidno kontrolisati podnaponskim relejima, te u slučaju nestanka napona postoji svjetlosna i zvučna signalizacija. Takođe postoji stalna kontrola nivoa izolacije krugova jednosmjernog napona, te signalizacija u slučaju pojave zemljospoja.

III. UPRAVLJAČKO ZAŠTITNI TERMINAL REL 531

REL 531 je numerički multifunkcijski zaštitni terminal, proizvođača Hitachi Energy (ABB), širokog opseg pomoćnog napajanja, 85-264 V AC/DC. Terminal je realizovan u aluminijumskom kućištu predviđenom za montažu u 19-inčnim rekovima, kartično, uz mali LCD displej sa 6 tastera, 3 LED i optički interfejs na prednjoj strani, i sa ostalim priključcima (stezaljke i portovi) na zadnjoj strani. Na Sl.3 prikazan je zaštitno – upravljački ormar polja 400 kV DV Gacko sa zaštitno upravljačkim terminalom REL 531.

Sa Sl.3 vidimo da zaštitno-upravljački ormar osim terminala REL 531 sadrži i upravljačku tablu preko koje je moguće upravljanje prekidačem, rastavljačima i uzemljivačem dalekovodnog polja. Mogućnost upravljanja, položajna signalizacija kao i sve blokade su realizovane pomoću terminala REC 561.



Slika 3. Zaštitno – upravljački ormar polja 400 kV DV Gacko sa zaštitno upravljačkim terminalom REL 531

A. Zaštitne funkcije terminala REL 531

IV. PODEŠAVANJE FUNKCIJE DISTANTNE ZAŠTITE TERMINALA REL 531

Distantna zaštita je osnovna zaštita terminala REL 531. Ova zaštita omogućava zaštitu objekata u više stepeni, sa vremenskim zatezanjem, čime se ostvaruje selektivnost pri pojavi kvara. Prvi stepen distantne zaštite u TS Trebinje je podešen da štiti 85 % dužine dalekovoda 400 kV DV Trebinje – Gacko:

$$Z_{1I} = 0,85Z_{v1}, \quad (1)$$

gdje je Z_{v1} impedansa šticeg dalekovoda.

Mrtva zona od 15 % dužine dalekovoda u prvom stepenu mora da postoji zbog nesavršenosti mjerne opreme (SMT i NMT), kao i nesavršenosti samog terminala, promjene konstanti DV usljed promjena temperature, pritiska, vlažnosti, te popravki na DV (ubacivanje spojnika i novih komada užadi), čime se obezbjeđuje selektivnost. Reagovanje distantne zaštite u prvom stepenu je uslovljeno sopstvenim vremenom reagovanja releja (30 do 40 ms). Vrijeme isključenja kvara zavisi i od vremena isključenja prekidača, za sve zone zaštite.

Distantna zaštita u drugom stepenu štiti preostalih 15% dužine 400 kV DV Trebinje – Gacko, ali i sabirnice TS Gacko i dio dalekovoda 400 kV DV Gacko – Mostar 4, s tim da zona zaštite ne smije da pređe u drugu zonu distantne zaštite 400 kV DV Gacko – Mostar 4, koji polazi iz TS Gacko. Naredni izraz pokazuje podešenje drugog stepena zaštite:

$$Z_{1II} = (1,2Z_{v1} ; 0,8(Z_{v1} + 0,85Z_{v2})), \quad (2)$$

gdje je Z_{v2} impedansa 400 kV DV Gacko – Mostar 4.

Kod distantne zaštite u drugom stepenu postoji vremenska odgoda reagovanja od 0,25 s, čime se obezbjeđuje selektivnost zaštite.

Distantna zaštita u trećem stepenu štiti 400 kV DV Mostar 4 – Gacko i ona je faktički rezervna zaštita distantnoj zaštiti u TS Gacko u prvom i drugom stepenu:

$$Z_{1III} = 1,2(Z_{v1} + Z_{v2}). \quad (3)$$

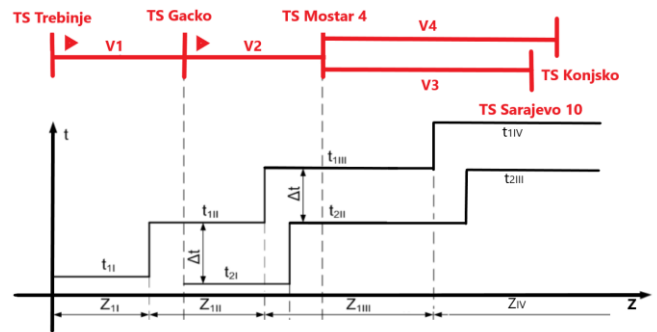
Kod distantne zaštite u trećem stepenu postoji vremenska odgoda reagovanja od 0,45 s.

Distantna zaštita u četvrtom stepenu štiti 400 kV DV Mostar 4 – Konjsko i 400 kV DV Mostar 4 – Sarajevo 10:

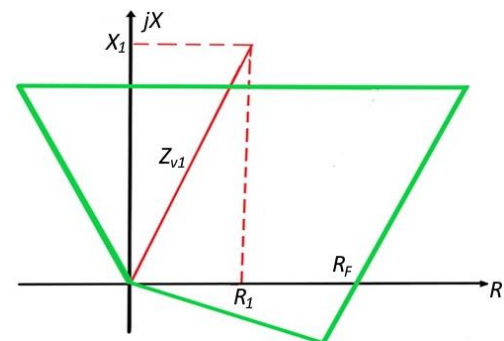
$$Z_{1IV} = 1,5Z_{1III}. \quad (4)$$

Scenario djelovanja distantne zaštite u četvrtom stepenu ima malu vjerovatnoću, jer bi to značio da su otkazale glavne i rezervne zaštite u TS Gacko i TS Mostar 4. Vremenska odgoda za četvrti stepen je veoma velika, najčešće 2,5 s. Na Sl.4 prikazana je karakteristika distantne zaštite $t = f(Z)$, na osnovu koje se jasno vidi vremenska koordinacija stepena zaštite u cilju ostvarenja selektivnosti. U razmatrana 4 stepena, distantna zaštita štiti objekte u smjeru od TS Trebinje prema TS Gacko, međutim u petom stepenu distantna zaštita štiti objekte u suprotnom smjeru, što znači da predstavlja rezervnu zaštitu u

slučaju pojave kvara na sabirnicama u TS Trebinje. Vremenska odgoda za peti stepen je 2,5 s. Na Sl.5 je prikazana kvadrilateralna karakteristika distantne zaštite prvog stepena.



Slika 4. Karakteristika analizirane distantne zaštite $t = f(Z)$



Slika 5. Kvadrilateralna karakteristika distantne zaštite prvog stepena

Podešenje distantne zaštite u mreži 400 kV diktira Nezavisni operator sistema na osnovu „Studije podešenja uređaja relejne zaštite u elektroenergetskom sistemu Bosne i Hercegovine iz 2005. godine“ [8]. U Tab.I su prikazani osnovni parametri 400 kV DV Trebinje – Gacko, a u Tab.2 su data osnovna podešenja distantne zaštite.

Oznake u Tab.I imaju naredno značenje: X_1, X_0 – direktna i nulta komponenta reaktanse šticeg dalekovoda, R_1, R_0 – direktna i nulta komponenta rezistanse šticeg dalekovoda, X_{1SA}, R_{1SA} – reaktansa i rezistansa sabirnice u TS Trebinje, X_{1SB}, R_{1SB} – reaktansa i rezistansa sabirnice u TS Gacko.

Oznake u Tab.II imaju naredno značenje: $X_{1PP,PE}$ – reaktanse 1-5 zone distantne zaštite voda, $R_{1PP,PE}$ – rezistanse 1-5 zone distantne zaštite voda, R_{FPP} – rezistansa kvara (luka) između faza, X_{0PE} – nulte reaktanse 1-5 zone distantne zaštite voda za jednopolne kvarove prema zemlji, R_{0PE} – nulte rezistanse 1-5 zone distantne zaštite voda za jednopolne kvarove prema zemlji, R_{FPE} – rezistansa kvara (luka) prema zemlji. Indeks PP označava kvar faza/faza, dok indeks PE označava kvar faza/zemlja.

V. ISPITIVANJE FUNKCIJE DISTANTNE ZAŠTITE TERMINALA REL 531

Ispitivanje zaštita se obavlja uređajem CMC 256 proizvođača Omicron. Ispitni uređaj CMC 256 može generisati šest struja i četiri napona, te svaku od tih veličina podešavati po amplitudi, frekvenciji i faznom stavu.

U terminal REL 531 se dovode struje sa 4. jezgra SMT-a u polju 400 kV DV Gacko, dok se naponi dovode sa NMT iz istog DV polja, ali i sa NMT-a sabirničkih sistema SS1 i SS2. Napone iz DV polja terminal REL 531 koristi za zaštitne funkcije dok mu naponi iz mjernog polja koriste za prepoznavanje koji je sistem sabirnica pod naponom, kao i za provjeru sinhronizma „sinhroček“. Ispitna utičnica omogućava jednostavnije ispitivanje i provjeru uređaja, jer na jednom mjestu su pristupne tačke za strujne i naponske ulaze, kao i signali kojima se šalju nalozi za isključenje. Osim toga ispitna utičnica RTXP 24 omogućava da se terminal REL 531 pri ispitivanju izoluje od ostatka postrojenja (SMT-a, NMT-a i prekidača). Sama podešenja distantne zaštite se unose u ispitni uređaj, a zatim se vrši ispitivanje djelovanja releja pri određenim vrstama kvarova.

A. *Rezultati ispitivanja distantne zaštite za primjer jednofaznog kvara*

Potrebno je izvršiti ispitivanje distantne zaštite za sve varijante mogućih jednofaznih i međufaznih kvarova. U ovom radu, u Tab.III, prikazani su rezultati ispitivanja distantne

zaštite za kvarove faza L1 – zemlja, pomoću uređaja CMC 256. Koeficijent zemljospoja iznosi $K = 0,61$. Maksimalna dozvoljena greška vremena reagovanja zaštite je podešena na vrijednost 50 ms. Na Sl.6 dat je grafički prikaz rezultata ispitivanja zaštite, gdje su punim linijama prikazane podešene granice zona zaštite, a isprekidanim linijama podešene granice zona ispitnog uređaja: $\pm 4,5 \%$ (tolerancija).

TABELA I. OSNOVNI PARAMETRI 400 kV DV TREBINJE – GACKO I 400 kV SABIRNICA TREBINJE I GACKO [8]

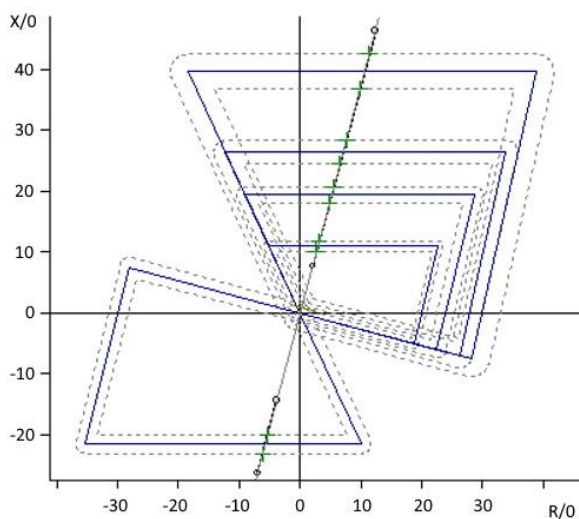
| Parametar | Primarno | Sekundarno |
|---------------------------|----------|------------|
| X_L [Ω /ph] | 20,735 | 8,294 |
| R_L [Ω /ph] | 2,048 | 0,819 |
| X_0 [Ω /ph] | 55,645 | 22,258 |
| R_0 [Ω /ph] | 19,345 | 7,738 |
| X_{ISA} [Ω /ph] | 30,000 | 12,000 |
| R_{ISA} [Ω /ph] | 5,000 | 2,000 |
| X_{ISB} [Ω /ph] | 30,000 | 12,000 |
| R_{ISB} [Ω /ph] | 5,000 | 2,000 |

TABELA II. PODACI O PODEŠENJIMA DISTANTNE ZAŠTITE 400 kV DV TREBINJE – GACKO [8]

| Zona | Smjer | t [s] | $X_{IPP,PE}$ [Ω /ph] | $R_{IPP,PE}$ [Ω /ph] | R_{FPP} [Ω /loop] | X_{OPE} [Ω /ph] | R_{OPE} [Ω /ph] | R_{FPE} [Ω /loop] |
|------|----------|---------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 1. | Naprijed | 0,000 | 7,050 | 0,700 | 12,000 | 18,920 | 6,580 | 28,000 |
| 2. | Naprijed | 0,250 | 12,680 | 1,260 | 16,000 | 32,750 | 11,450 | 32,000 |
| 3. | Naprijed | 0,450 | 17,340 | 1,720 | 18,000 | 44,600 | 14,300 | 36,000 |
| 4. | Naprijed | 2,500 | 26,010 | 2,570 | 20,000 | 66,950 | 21,480 | 40,000 |
| 5. | Nazad | 2,500 | 13,620 | 1,340 | 20,000 | 37,490 | 13,390 | 40,000 |

TABELA III. REZULTATI ISPITIVANJA DISTANTNE ZAŠTITE UREĐAJEM CMC 256 ZA KVAR L1-ZEMLJA

| $ Z $ | Φ | Zone | t -nom | t -act. | Dev. | ITest: | Result |
|----------------|--------|------|----------|-----------|---------|---------|--------|
| 10,57 Ω | 75,00° | I | 0,000 s | 39,40 ms | / | 1,000 A | Passed |
| 12,22 Ω | 75,00° | II | 250,0 ms | 286,9 ms | 14,76 % | 1,000 A | Passed |
| 18,60 Ω | 75,00° | II | 250,0 ms | 287,0 ms | 14,8 % | 1,000 A | Passed |
| 21,51 Ω | 75,00° | III | 450,0 ms | 491,1 ms | 9,133 % | 1,000 A | Passed |
| 25,38 Ω | 75,00° | III | 450,0 ms | 494,6 ms | 9,911 % | 1,000 A | Passed |
| 29,34 Ω | 75,00° | IV | 2,500 s | 2,539 s | 1,556 % | 1,000 A | Passed |
| 38,08 Ω | 75,00° | IV | 2,500 s | 2,542 s | 1,68 % | 1,000 A | Passed |
| 44,03 Ω | 75,00° | / | no trip | no trip | / | 1,000 A | Passed |



Slika 6. Grafički prikaz rezultata ispitivanja distantne zaštite uređajem CMC 256

Na osnovu rezultata iz Tab.III uočljivo je da postoje određena odstupanja podešenog i stvarnog vremena reagovanja distantne zaštite uređaja REL 531, ali su svi rezultati u granicama tolerancije (greške su manje od 50 ms). Takođe, na osnovu vrijednosti ispitnih impedansi moguće je zaključiti da je ostvarena selektivnost distantne zaštite.

Izvršena su i ispitivanja distantne zaštite za preostala dva slučaja jednofaznog kvara (L2-zemlja i L3-zemlja), kao i za sve slučajeve ostalih vrsta kvara: trofazni i dvofazni (sa i bez zemljospoja). U svim slučajevima se distantna zaštita uređaja REL 531 pokazala kao selektivna, a dobijena vremena reagovanja su u granicama tolerancije.

VI. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada, analizirana je distantna zaštita jednog od najvažnijih DV u prenosnoj mreži BiH. Prikazan je koristan pregled metodoloških cjelina, koje je neophodno razmotriti u okviru pravilne analize rada relejne zaštite DV. Provjera proračuna podešenja distantne zaštite je od velike važnosti za njen ispravan rad. Nepravilnosti u podešenju analizirane zaštite mogu imati velike negativne posljedice na stabilnost elektroenergetskog sistema BiH. Rezultati ispitivanja zaštitnog

uređaja REL 531 ukazuju da je 400 kV DV Gacko-Trebinje adekvatno zaštićen funkcijom distantne zaštite, čija su podešenja usklađena sa zvaničnom preporukom Nezavisnog operatora sistema BiH.

LITERATURA

- [1] S. H. Horowitz and A. G. Phadke, Power System Relaying: Third Edition, 2008, pp. 101-131.
- [2] M. Đurić, Z. Stojanović, "Relejna zaštita", KIZ Centar, Beograd, 2014.
- [3] M. Forcan, Z. Stojanovic, „ Distantna zaštita dvostrukih nadzemnih vodova”, INFOTEH -JAHORINA, Vol. 16, Mart 2017, pp. 67-72.
- [4] M. T. Hoq, J. Wang, N. Taylor "Review of recent developments in distance protection of series capacitor compensated lines", Electric Power Systems Research, Volume 190, January 2021, 106831.
- [5] D. Delić, „ Podešavanje i ispitivanje distantne zaštite visokonaponskog nadzemnog voda - slučaj iz prakse 400 kV dalekovod Banja Luka 6-Stanari”, INFOTEH -JAHORINA, Vol. 17, Mart 2018, pp. 512-517.
- [6] M. Todorović, M. Zakić, „Najčešći propusti prilikom podešavanja distantne zaštite visokonaponskih vodova prenosne mreže BiH”, INFOTEH -JAHORINA, Vol. 19, Mart 2020, pp. 24-29.
- [7] Pogonsko uputstvo o manipulacijama i mjerama sigurnosti za TS 400/x kV Trebinje, Mostar, Novembar 2009.
- [8] H. Ferizović, „Podešenje uređaja relejne zaštite u EES-u BiH”, Zajednički Elektroenergetski Koordinacioni Centar, Sarajevo, 2005.

ABSTRACT

The importance of the high voltage transmission line distance protection operation analysis is mandatory for power system stability. In this paper, the distance protection of the 400 kV transmission line Gacko-Trebinje is methodologically analyzed. The following units are considered: 400/x kV substation Trebinje, transmission line bay and measuring devices, protection terminal/device REL 531, characteristic and settings of distance protection function, distance protection testing and analysis of distance protection test results for the single phase fault. Based on the verifying of the settings and test results, it is concluded that distance protection is sensitive and selective, as well as that the deviations of the tripping time in all protection zones are within the allowed limits.

DISTANCE PROTECTION OF 400 kV TRANSMISSION LINE GACKO-TREBINJE

Vaso Milišić, Miodrag Forcan