

ISPITIVANJE RELEJNE ZAŠTITE SREDNJENAPONSKOG IZVODA MEDIUM VOLTAGE FEEDER RELAY PROTECTION TESTING

Dimitrije Mijić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je podešena i ispitana zaštita srednjenaponskog izvoda, odnosno prekostrujna, kratkospojna i usmerena zemljospojna zaštita. Nakon svakog od ispitivanja, generisan je deo izveštaja o ispitivanju zaštite. Opisano je kako radi kofer za ispitivanje relejne zaštite.

Ključne reči: releji, relejna zaštita, kofer za ispitivanje zaštite.

Abstract – *The main focus of the paper is to set and test medium voltage feeder protection, time overcurrent, instantaneous overcurrent and directional ground time overcurrent protection. After each test of one of the protections, a part of the report that is generated, after the protection test, will be displayed. It will be described how relay test unit works.*

Keywords: relays, power system protection, relay testing unit.

1. UVOD

U radu je objašnjen način funkcionisanja zaštite i opisan način funkcionisanja kofera za ispitivanje relejne zaštite. Nakon toga je izvršeno podešavanje i ispitivanje zaštite jednog srednjenaponskog izvoda (10kV) kog štiti mikroprocesorska zaštita pomoću prekostrujnog, kratkospojnog i usmereno – zemljospojnog člana. Nakon svakog ispitivanja jedne od zaštita, prikazan je deo izveštaja koji se generiše nakon ispitivanja zaštite.

U drugoj glavi su dati osnovni pojmovi relejne zaštite, kao i ostali pojmovi potrebni za razumevanje izložene materije.

Treća glava je posvećena samom podešavanju i ispitivanju zaštite, kao i rezultatima dobijenim tokom ispitivanja.

Četvrta glava je posvećena zaključku za zadati problem.

U petoj glavi je navedena korišćena literatura.

2. OSNOVE RELEJNE ZAŠTITE

U ovoj glavi će biti objašnjeni elektromehanički i mikroprocesorski zaštitni uređaji, kao i način funkcionisanja kofera za ispitivanje relejne zaštite.

2.1. Elektromehanički zaštitni uređaji

Tehnika relejne zaštitne električnih mreža i postrojenja razvijala se paralelno s opštim razvojem elektroenergetike, koje pred nju postavlja sve složenije zadatke [1]. Nagli razvoj niskonaponskih (NN) i visokonaponskih (VN) mreža, izgradnja velikih elektrana i transformatorskih stanica te razvoj industrije osetljive na prekide u snabdevanju električnom energijom, postavili su pred tehniku relejne zaštite zadatak da izradi uređaje koji će momentalno lokalizovati i selektivno isključiti svaki kvar. U naporima da se što više poboljša kvalitet električne energije i da se osigura neprekidnost u snabdevanju potrošača električne energije, relejna zaštita dobila je centralno mesto u kompleksu automatizacije elektroenergetskih postrojanja.

U vreme dok su električne mreže bile sasvim male i jednostavne osigurači su bili sasvim dovoljna zaštita i to samo na generatorima. S porastom opterećenja i razvojem mreža rasle su i struje kratkog spoja, tako da se je došlo do snaga koje su postale prevelike za osigurače (izrada ovakvih osigurača bi bila ekstremno skupa). Zbog toga se došlo do rešenja da okidač, elektromagnet, koji kod nedozvoljenog porasta struje privlači kvotu i na taj način deluje na isključenje prekidača. Kasnije je izrađen prvi relej, tj. elektromagnet koji je električno delovao na isključenje prekidača. Dalji razvoj kretao se u smeru izrade sve preciznijih, osetljivijih i sigurnijih releja.

Prvi kriterijum merodavan za prorađivanje releja bila je struja (prekostrujni releji). Kasnije su izrađeni releji koji su delovali u međusobnoj zavisnosti napona i struje. To su bili releji snage koji su, osim na veličinu struje reaguvali i na njen smer. Daljim razvojem električnih mreža visokog napona ni ovakvi releji nisu mogli zadovoljiti sve zahteve. Razvijeni su razni otpori ili distantni releji, priključeni na struje i napone. Vreme delovanja ovih releja zavisilo je o udaljenosti kvara od mesta ugradnje releja. Što je kvar bliži, relej je delovao brže. Razvijen je osim toga niz specijalnih releja za zaštitu svih elemenata elektroenergetskog sistema. Paralelno sa razvojem zaštite električnih mreža tekao je i razvoj relejne zaštite generatora, transformatora, motora i dr.

Osnovni element zaštitnih uređaja je relej. To je uređaj koji kod unapred određene nadgledane veličine izaziva naglu promenu u jednom ili više signalnih ili komandnih strujnih krugova. Nadgledana veličina može da bude električna struja, napon, snaga, otpor, frekvencija ili neelektrična temperatura, pritisak. Nagla promena u komandnim ili signalnim krugovima, kad nadgledana veličina premaši određenu vrednost, odražava se u zatvaranju ili otvaranju kontakata, putem kojih se daju potrebne komande ili se uključuju signalni releji. Kod

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Duško Bekut, red. prof.

beskontaktnih releja transduktori, tranzistori, elektronske cevi efekat je isti kao i kod releja s kontaktima, tj. kad nadgledana veličina premaši podešenu vrednost dešava se bitna promena stanja u krugu na koji relej deluje.

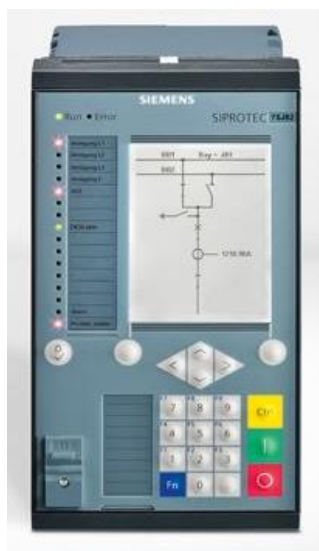
Posebnu vrstu releja predstavljaju vremenski i pomoćni releji. Oni ne deluju na pojedine električne ili mehaničke veličine koje se pojavljuju kod kvarova, nego služe kao pomoćni elementi u relejnim uređajima. Vremenski releji imaju zadatak da uspore delovanje zaštitnog uređaja kad je to potrebno, zbog postizanja selektivnosti ili izbegavanja nepotrebnog delovanja kod kratkotrajnih porasta kontrolisane veličine. Pomoćni releji upotrebljavaju se za pojačanje slabih impulsa koje daju precizni releji koji nisu u stanju da direktno deluju na izvršenje potrebnih komandi, za istovremeno komandovanje sa više nezavisnih strujnih krugova i za druge pomoćne svrhe.

Osnovni zahtevi koji se postavljaju pred relejnu zaštitu su: selektivnost, brzina, visoka osetljivost i sigurnost u radu.

2.2. Mikroprocesorski zaštitni uređaji

Do sada je opisan razvoj zaštite i osnovni pojmovi i shvatanja kako bi se mogla razumeti tema ovog rada [2]. Opisivani su elektromehanički releji koji su i dalje prisutni na području Srbije. Njih prate osobine vrlo visoke pouzdanosti, robusnosti i jednostavne izrade. Njih, u poslednje vreme, počinju da menjaju uređaji mikroprocesorske zaštite. Ovo omogućuje realizaciju niza novih funkcija. Za razliku od klasičnih releja (elektromehaničkih i statičkih) mikroprocesorske digitalne zaštite pored jedne, osnovne zaštitne funkcije, imaju i druge zaštitne i kontrolne funkcije. Jednostavno rečeno, ovi uređaji predstavljaju računare i granice za rad sa tim uređajima uveliko prevazilaze mogućnosti elektromehaničkih releja.

Složeniji digitalni releji imaju priključke protokola za merenje i komunikaciju, omogućavajući releju da postane element u SCADA (supervisory control and data acquisition) sistemu – slika 1.



Slika 1. Prednja strana mikroprocesorskog releja

Releji može imati široku lepezu postavki, osim onoga što se može uneti pomoću tastera na prednjoj ploči, a ta podešavanja se prenose u relej preko interfejsa sa računarom (lični računar), a isti taj interfejs računara može se koristiti za sakupljanje izveštaja o događajima iz releja.

2.2. Kofer za ispitivanje relejne zaštite

Nakon svakog prepodešavanja parametara zaštite, zaštitu je potrebno ponovo ispitati. Takođe, zaštita treba periodično da se ispituje svake dve godine. Tokom ispitivanja se na proveravaju samo strujna ili naponska podešenja, već i same veze (kola za isključenje) i ostali podaci koji bi mogli da ukažu na kvar u kolima i preduprede otkaze zaštite u slučaju kvarova.

Uređaji za ispitivanje zaštite se nazivaju koferima za ispitivanje zaštite. Oni su namenjeni i za primarna i za sekundarna ispitivanja. Koferi „injektuju” struje u kolo i ako se radi o primernim vezama, ti koferi moraju biti velike snage usled velikih izlaznih struja. U ovom radu će biti korišćen kofer za sekundarno ispitivanje, međutim uz pravilno rukovanje, on može ispitivati i primarne veze. U radu je korišćen kofer pod oznakom Sverker 780 – slika 2.



Slika 2. Izgled korišćenog kofera za ispitivanje zaštite pod oznakom Sverker 780

3. ISPITIVANJE ZAŠTITE IZVODA

Za zaštitu kablovskih i nadzemnih vodova 10 kV i 20 kV u transformatorskim stanicama (TS) 110/10 kV/kV, 110/20 kV/kV, 110/35/10 kV/kV/kV i 35/10 kV/kV primenjuje se prekostrujna zaštita i zemljospojna zaštita [3]. Pošto se u radu ispituje 10 kV vod, napajan iz TS 35/10 kV/kV, to će se upravo pomenute zaštite i ispitivati.

3.1. Prekostrujna zaštita

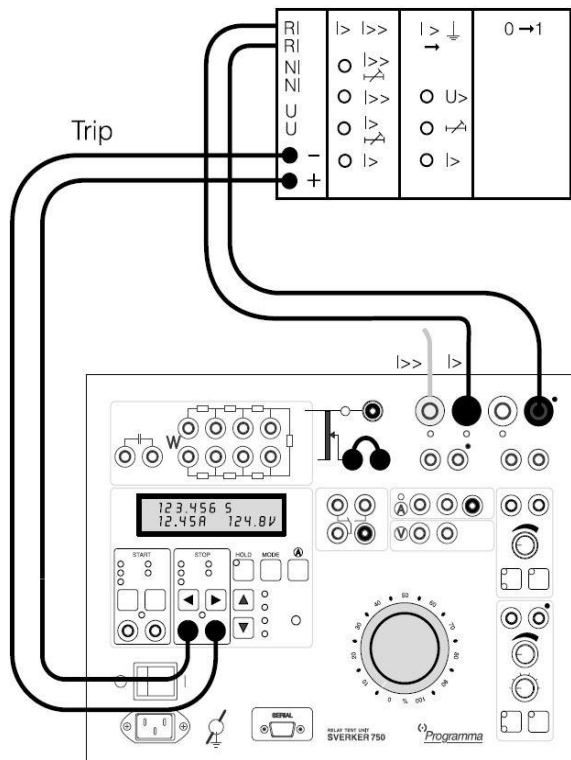
Prekostrujna zaštita je dvofazna ili trofazna maksimalna strujna vremenski nezavisna zaštita, koja reaguje:

- sa vremenskom zadržkom pri strujnim opterećenjima koja prelaze vrednosti dozvoljenih strujnih opterećenja voda, kao i pri udaljenim kratkim spojevima na vodu – I>;
- trenutno pri bliskim kratkim spojevima – I>>.

Potrebno je napomenuti da prekostrujna zaštita nije, po pravilu, zaštita od termičkog preopterećenja voda [3]. Zato se koristi "preventivna zaštita" od preopterećenja, koja se ostvaruje redovnim praćenjem i prognoziranjem opterećenja konzuma koji se napaja preko šticenog voda, analizom mogućeg opterećenja voda u normalnim i havarijskim uslovima s obzirom na odabranu koncepciju mreže i uslova okruženja.

Ispitivani izvod je podešen na 240 A i zategnut na 1 s. Vreme od 1 s je dovoljno jer se na izvodu ne nalazi nikakva oprema sa zaštitom (riklozeri) te nema potrebe za stepenovanjem. Ukoliko na nekom izvodu postoje riklozeri, onda se vreme prorade prekostrujne zaštite podešava na 1,5 – 2 s.

Nakon podešavanja zaštite, potrebno ju je ispitati. Na slici 3. je principijelno dat način vezivanja kofera kako bi se ispitala prekostrujna zaštita.



Slika 3. Način vezivanja kofera radi ispitivanja zaštite

Na slici se mogu uočiti dva strujna kruga. Prvi strujni krug predstavlja odavanje struje u relej i njega je potrebno povezati ili direktno na relej ili na izvučene strujne kontakte unutar ćelije. Drugi strujni krug predstavlja signal koji se vraća nazad u kofer i automatski ga gasi nakon što relej odradi. Na ovaj način je moguće meriti vreme prorade releja, pomoćnih releja i prekidača. Ovaj način ispitivanja je, takođe, dobar kako ne bi došlo do pregrevanja kofera i oštećenja žica i releja.

Nakon povezivanja, kofer se pali i meri se vrednost na kojoj relej proraduje kao i proverava za koje vreme proraduje. Za prekostrujnu zaštitu potrebno je ispitivati sve tri faze sa zemljom kao i međusobno.

3.2. Kratkospojna zaštita

Kratkospojna ($I_{>>}$) je posebna vrsta prekostrujne zaštite ali namenjena za struje vrlo velikih intenziteta. Obično se vremenski podešava na 0s ukoliko ne postoji potreba za zatezanjem. Ukoliko na izvodu (npr. 35 kV) postoji više prekidača (i zaštite) u nizu postoji problem sa zatezanjem. Uzima se da zaštititi da registruje i prekidaču da isključi struju kvara treba gotovo 0,1 s što znači da se kratkospojna zaštita može stepenovati sa korakom od 0,1 s. Međutim, kako $I_{>>}$ zaštita treba da isključi struje velikog intenziteta, to se te struje moraju isključiti što pre. Praksa je da kratkospojna zaštita može da traje najviše 0,2

s. Zbog ovoga postoji problem sa stepenovanjem, ukoliko postoji više prekidača u nizu.

Strujno podešenje kratkospojne zaštite $I_{>>}$ na izvodima 10 kV treba da bude izvedeno tako da se ova zaštita ne pobuđuje pri kratkim spojevima na sabirnicama 0,4 kV u TS 10/0,4 kV/kV [3]. Kako u ED Srbije snage trolpolnih kratkih spojeva na sabirnicama 0,4 kV ne prelaze 20 MVA ako TS 10/0,4 kV/kV radi u kablovskoj mreži 10 kV ili 15 MVA ako je TS priključena na nadzemni vod. Preporučuje se podešenje struje reagovanja kratkospojne zaštite I_{pks} na sledeće vrednosti (primarno):

- $I_{pks} = 1200$ A za kablovske vodove (podzemni kabl ili SKS);
- $I_{pks} = 900$ A za nadzemne vodove sa golim Al/Č užadima.

Pošto je ispitivani izvod realizovan kao podzemni kablovski, primarno strujno podešenje iznosi 1200 A, a vremensko zatezanje je 0s jer ne postoje potrebe za stepenovanjem na samom izvodu. Kako je ovaj tip zaštite podvrsta prekostrujne zaštite, gotovo sve što važi za prekostrujnu važi i ovde što se tiče vezivanja kofera i samog ispitivanja.

3.3. Zemljospojna zaštita

Kako bi bilo objašnjeno zašto se koristi upravo usmerena zemljospojna zaštita, moraju se objasniti načini uzemljenja transformatora SN/SN kV/kV odnosno distributivne mreže.

Istorijski gledano, metod uzemljenja sistema za različite postavke električnog sistema, npr. industrijska, komercijalna itd., potiče iz ranog perioda ovog veka, kada su samo dve metode razmatrane: čvrsto uzemljene i neuzemljene [4].

U nastavku su dati najčešće sretani tipovi uzemljenja neutralne tačke u Srbiji i njihova definicija.

- Izolovana (neuzemljena) mreža – sistem, kolo ili uređaj koji ne poseduje namerno povezanu metalnu tačku sa zemljom, osim indikacije koja se ostvaruje potencijalnim razdelnicima. Ipak, veza sa zemljom postoji, ali kroz kapacitivnost i provodnost rasklopne opreme i vodova.
- Uzemljena (direktno) mreža – sistem, kolo ili uređaj koji poseduje bar jednu tačku (neutralna tačka transformatora) koja je namerno kratko spojena sa zemljom.
- Uzemljena (indirektno) mreža – sistem, kolo ili uređaj koji poseduje bar jednu tačku (neutralna tačka transformatora) koja je spojena sa zemljom preko čisto rezistivne impedanse, čisto induktivne impedanse ili kombinacije. Otpornik služi za ograničavanje struja zemljospojeva na određene vrednosti dok induktivnost služi da kompenzuje kapacitivnu komponentu struje kvara kako bi struja kvara bila čisto aktivna.

Razlog za korišćenje izolovane mreže je da je nekim kritičnim potrošačima bilo potrebno omogućiti besprekidno napajanje, a izolovana (neuzemljena) mreža je upravo pružala ovu mogućnost. Izolovana mreža odlikuje veliku otpornost između zvezdišta i zemlje te zbog toga ograničava struju zemljospojeva na vrednosti koje su vrlo niske. Ove vrednosti su toliko niske, da je dozvoljeno, po tehničkim preporukama raditi po nekoliko sati sa kvarom (zemljospojem) u mreži. Međutim, kod izolovanih mreža

se javlja jedna opasnost. Tokom jednog zemljospoja, fazni naponi nepogođenih faza dolaze na međufazne vrednosti napona, dok napon faze sa kvarom pada na nulu. Stoga, usled povišenog napona, može doći do preskoka između dve zdrave faze ili između zdravih faza i zemlje. Zbog ovoga je potrebno što pre moguće otkloniti zemljospoj u izolovanoj mreži.

Zaštita koja isključuje kvarove sa zemljom se naziva zemljospojna zaštita. Ona može biti usmerena ili neusmerena. Kada je usmerena, ona nadgleda, osim intenziteta struje kvara i napon i ugao između struje i napona, dok neusmerena zaštita nadgleda samo intenzitet struje.

Mreža u kojoj se ispituje izvod u ovom radu je izolovana (10 kV). Struje zemljospojeva su prvenstveno ograničene deonicama koje mogu biti vazdušne ili podzemne. U tehničkim preporukama propisanim od strane EPS Distribucije TP 4a, poduzna struja zemljospoja za vazdušni vod iznosi 0,03 A/km, a za podzemni 1,4 A/km [6]. Kako je poznato da su podzemni vodovi višestruko pouzdaniji od nadzemnih vodova (usled smanjenih atmosferskih uticaja), to se i teži zameniti sve vazdušne vodove podzemnim ili SKS (samonosivi kablovski snop), kao i sve nove vodove izgraditi kao podzemne ili SKS.

3.4. Ostale zaštite

U ovom poglavlju će biti spomenute ostale zaštite.

3.4.1. Zaštita od otkaza prekidača (ZOP)

ZOP koristi SMT od ZS (zaštite sabirnica) u transformatorskim ćelijama. U ispitivanom postrojenju, ZOP je podešen na 0,5 s. Ukoliko u TS postoje dva transformatora, svaki ima svoj ZOP koji reaguje posebno za svaku sekciju sabirnica. Ukoliko je spojno polje uključeno, prvo se isključuje prekidač spojnog polja, a nakon toga i prekidač u odgovarajućoj transformatorskoj ćeliji.

Ako dođe do kvara na izvodu koji pobuđuje neku od zaštita i ako je nalog za isključenje izvodnog prekidača poslat, međutim prekidač se ne isključuje iz nekog razloga, onda se pobuđuje signal otkaza prekidača i šalje se komanda prekidaču u transformatorskoj ćeliji da isključi prekidač.

3.4.2. Zaštita sabirnica (ZS) i blokada ZS

ZS se nalazi na zaštiti transformatorske ćelije. U suštini je to kratkospojna zaštita koja služi da isključi samo kvarove na sabirnicama (u ovom slučaju 10 kV). Ako je kvar na izvodu i ako zaštita na izvodu vidi kvar, ona treba da blokira ZS.

Treba još istaći da da bi se pobudile ove zaštite, potrebno je da kolica prekidača izvoda koji se ispituje budu u radnom položaju. Tokom test položaja se ove zaštite ne mogu pobuditi. Tokom ispitivanja izvoda TS koje se nalaze u pogonu, dešavalo se da reaguje ZOP ili ZS i izbaci celu TS iz pogona. Ovaj problem je rešen tako da se tokom ispitivanja zaštite izvoda TS koja je u pogonu, kolica izvodnog prekidača izvuku i automatski se prelazi u test položaj. U test položaju ZS i ZOP ne reaguju tako da se ne može izbaciti cela TS iz pogona.

4. ZAKLJUČAK

Za odabrani izvod su ispitane sve zaštite koje on poseduje i napravljen je izveštaj. Relejni zaštitu je potrebno redovno ispitivati kako bi se predupredili kvarovi i otkrili kvarovi koji su u normalnom pogonu prikriveni. Takođe, ispitivanjem zaštite se proveravaju i signali i upozorenja koja dobija dispečer, ukoliko je TS u daljinskom pogonu i vrši se provera lokalne signalizacije.

Preporuka je da se vrši ispitivanje zaštite nakon svakog prepodešavanja ili periodično na dve godine. Ovim je ispitivanje završeno.

5. LITERATURA

- [1] Numerical relay, Dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Numerical_relay (Pristupljeno: 2020).
- [2] Relejna zaštita, Dostupno na: <https://elraj.rs/relejna.html> (Pristupljeno: 2020).
- [3] EPS Distribucija – Tehnička preporuka TP 4a1: Zaštita elektrodistributivnih vodova 10 kV, 20 kV i 35 kV, Dostupno na: https://www.epsdistribucija.rs/interni_standardi/preporuke/TP%204a1.pdf (Pristupljeno: 2020).
- [4] David Shipp, Frank Angelini – Characteristics of different power systems neutral grounding techniques: Fact and fiction, Dostupno na: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/medium-voltage-power-distribution-control-systems/vacclad-w-pages/characteristics-power%20systems-neutral-grounding-techniques-fact-fiction-ap083005en.pdf> (Pristupljeno: 2020).

Kratka biografija:



Dimitrije Mijić rođen je u Loznici 1996. god. Osnovne akademske studije završio je na Fakultetu tehničkih nauka 2019. god. iz oblasti Elektrotehnike i računarstva, smer Elektroenergetski sistemi. Master rad, na istom fakultetu, na smeru Elektroenergetski sistemi odbranio je 2021. god. kontakt: mail.dmijic1996@gmail.com