

Proračun podešavanja relejne zaštite u 10 kV mreži sistema Vlasinskih hidroelektrana

Urađeno za: JP Elektroprivreda Srbije

Rukovodilac: Danilo Buha, dipl. inž.

Zdravko Dabić, dipl. inž.

Savo Marinković, dipl. inž.

Saradnici:

Dušan Jačić, dipl. inž.

U ovoj analizi je izvršeno ispitivanje podešenosti sistema zaštite u 10 kV mreži sistema Vlasinskih hidroelektrana.

zemljospoj predstavlja opasnost po život ljudi i životinja; posebno ako dugo traje.

1. Uvod

Mreža 10 kV naponskog nivoa sistema Vlasinskih HE je izolovana. Osnovni način napajanja sistema 10 kV je sa transformatora 35/10 kV, 1MVA u HE „Vrla 3“. Postoji mogućnost rezervnog napajanja sa generatora (kućnog hidro agregata) 0,4 kV naponskog nivoa, prividne snage 750 kVA, u HE „Vrla 1“, a preko transformatora 10/0,4 kV. Izuzetno retko se koristi napajanje iz distributivne TS „Promaja“ 35/10 kV preko transformatora prividnih snaga 4 MVA ili 2 MVA.

Treba naglasiti da nema istovremenog dvostranog napajanja, odnosno mreža se nikad ne napaja iz dva izvora istovremeno pa je zato uvek radikalna.

Sve zaštite u 10 kV mreži su realizovane mikroprocesorskim zaštitnim uređajima proizvođača ABB, tip REX 521. Nijedna ćelija u 10 kV mreži trenutno nema strujne kablovske obuhvatne transformatore.

Na sve zaštitne uređaje je doveden napon nultog redosleda (homopolarni napon) sa naponskih transformatora vezanih na 10 kV naponskom nivou (sa njihovih sekundara spregnutih u otvoreni trougao). Trenutno svi zaštitni uređaji u 10 kV mreži imaju aktiviranu funkciju homopolarne prenaponske zaštite koja signalizira pojavu zemljospoja u 10 kV mreži.

Ove funkcije treba da ostanu aktivne i nakon eventualnog uvođenja zemljospojnih zaštita koje su selektivne (koje signaliziraju i po potrebi isključuju element na kojem je zemljospoj). Signalizacija pojave zemljospoja u 10 kV mreži (homopolarna prenaponska zaštita) je potrebna zbog mogućnosti da selektivne zemljospojne zaštite nemaju uslova za prorađivanje (premale struje zemljospoja) ili u slučaju njihovog otkaza.

2. Proračun podešavanja zemljospojnih zaštita

Zemljospoj u izolovanim mrežama ne uzrokuje bitan poremećaj u napajanju potrošača ali ga treba što pre eliminisati iz više razloga:

zemljospoj se pretvara u dvostruki zemljospoj ako dođe do proboja još jedne faze na bilo kom mestu u sistemu;

prilikom zemljospoja, na zdravim fazama naponi prema zemlji porastu na vrednost međufaznog napona pa se povećava verovatnoća proboja izolacije na bilo kom mestu u sistemu što može da ugrozi skupe elemente kao što je transformator;

U izolovanim sistemima bez zemljospojnih zaštita pojavu zemljospoja na bilo kom elementu otkriva homopolarni prenaponski relej koji se napaja sa tri naponska merna transformatora čiji su sekundari u sprezi „otvoreni trougao“. Da bi se otkrilo mesto zemljospoja mora se isključivati jedan po jedan element sistema sukcesivno dok se ne nađe mesto zemljospoja. Ovo je nepovoljno jer zahteva isključenje više elemenata sistema, a pritom je i vreme trajanja zemljospoja dugačko.

Ukoliko se u izolovanim sistemima koriste zemljospojne zaštite, postoje dva načina njihovog korišćenja.

Prvi način podrazumeva da zemljospojne zaštite samo signaliziraju, ali ne i da isključuju zemljospojeve. Pri zemljospoju na nekom elementu sistema, zemljospoj signalizira zaštita koja štiti taj element, kao i sve zaštite usmerene ka elementu na kome se desio zemljospoj. To omogućuje da se utvrdi koji element sistema je pogođen zemljospojem. To je onaj element čija zaštita je poslednja u nizu zaštita koje su signalizirale, gledajući u smeru u kojem su usmerene. Informacija o pojavi zemljospoja na pogođenom elementu omogućuje brzo delovanje ekipe za traženje i otklanjanje zemljospoja.

Drugi način korišćenja zemljospojnih zaštita podrazumeva da zemljospojne zaštite signaliziraju, ali i isključuju zemljospojeve. Da li će zemljospojna zaštita samo signalizirati ili i isključivati zemljospojeve, zavisi od naručioca elaborata i tehnoloških potreba sistema Vlasinskih hidroelektrana. Uzimajući u obzir navedene razloge za što brže eliminisanje zemljospojeva, preporučuje se da se za one elemente mreže čije isključenje neće izazvati značajne poremećaje u radu sistema Vlasinskih hidroelektrana daje nalog za isključenje prekidača.

Zemljospojne zaštite se u izolovanim mrežama napajaju preko obuhvatnih strujnih transformatora. Ukoliko bi se napajale sa glavnih strujnih transformatora, struje uzrokovane greškama tri strujna transformatora su reda veličine proradne struje zemljospojne zaštite. Posledično, ako se zemljospojne zaštite napajaju sa tri glavna strujna transformatora, mogla bi da bude ugrožena selektivnost.

Treba naglasiti da trenutno nijedna ćelija u 10 kV mreži Vlasinskih HE nema strujne kablovske obuhvatne transformatore koji su neophodni za selektivan rad zemljospojnih zaštita i da se proračun podešavanja

zemljospojnih zaštita bazira na pretpostavci da će takvi transformatori biti ugrađeni.

Radi procene struja zemljospoja u pomenutoj 10 kV mreži, izvršeno je merenje ukupne struje zemljospoja pravljem primarnog kvara na 10 kV sabirnicama u HE Vrla 1. Izmerena je ukupna struja zemljospoja od 2,86 A pri uključenim svim dalekovodima izuzev dalekovoda HE „Vrla 1“ – TS „Promaja“. Ukupna dužina svih dalekovoda koji su generisali (pretežno kapacitivnu) struju zemljospoja iznosi približno: $7,9 + 7,9 + 3,56 + 11,8 = 31,16$ km. Znajući ukupnu dužinu nadzemnih vodova i izmerenu ukupnu struju zemljospoja, može se proceniti kapacitivna struja koju generiše 1km nadzemnog voda na oko 0,09 A/km. U generisanju kapacitivnih struja zemljospoja učestvuju svi kablovski uvodi, sabirnice u svim postrojenjima kao i transformatori 10/0,4 kV i transformatori 35/10 kV.

Za zemljospojne zaštite se koriste mikroprocesorski releji ABB REX 521. Ovi uređaji imaju dva strujna ulaza za osetljivu zemljospojnu zaštitu, nominalnih struja 0,2A i 1A. Imajući u vidu mogućnost prelaska monofaznog kvara sa (malom) pretežno kapacitivnom strujom u dvostruki zemljospoj sa strujom reda ($400 \div 700$) A primarno, mora se odabrati strujni ulaz releja nominalne struje 1A jer on dozvoljava struju od 100 A (sekundarno) u trajanju od 1 s, dok ulaz nominalne struje 0,2 A dozvoljava struju od 20 A (sekundarno) u trajanju od 1 s. Na ovakav izbor strujnog ulaza utiču prenosni odnos strujnih obuhvatnih transformatora i najduže vreme trajanja dvostrukih zemljospojeva (koje isključuje kratkospojna ili prekostrujna zaštita), a koje može da iznosi do 2 s.

Proizvođač releja ABB REX 521 preporučuje da prenosni odnos strujnih obuhvatnih transformatora za osetljivu zemljospojnu zaštitu ne bude niži od $70 / 1$ A. Međutim, ovakav prenosni odnos bi za posledicu imao rad releja na samoj granici osetljivosti njegovog strujnog ulaza za zemljospojnu zaštitu. Zbog toga je odabran prenosni odnos 50 / 1 A, imajući u vidu da relej sa strujnim obuhvatnim transformatorom takvog prenosnog odnosa ispravno radi u celom opsegu struja od ($0,5 \div 3$) A primarno. Ispitivanje je izvršeno u laboratoriji Elektrotehničkog instituta „Nikola Tesla“ i na relej je bio vezan elastični strujni obuhvatni transformator prenosnog odnosa 50 / 1 A.

Pri proračunu podešavanja struje pri kojoj treba da reaguju zemljospojne zaštite, od ukupne struje zemljospoja oduzima se struja koju generiše vod pogođen kvarom jer njene komponente dva puta prolaze kroz obuhvatni strujni transformator na tomvodu, i to u suprotnim smerovima te se poništavaju. Od ukupne struje zemljospoja se pri proračunu oduzima i struja koju generiše najduži vod jer se na taj način posmatra kritičniji slučaj u kojem je pomenuti vod van pogona (kada je najduži vod van pogona struja zemljospoja je manja pa su uslovi za proradu zemljospojnih zaštita nepovoljniji).

3. Proračun podešavanja zemljospojnih zaštita transformatora 10/0,4 kV

Štićena zona zemljospojnih zaštita transformatora 10/0,4 kV obuhvata 10 kV namotaj tog transformatora i deo poveznog kabla kojim je transformator povezan na 10kV sabirnice (deo kabla koji se nalazi između strujnog obuhvatnog transformatora i transformatora 10/0,4 kV).

Prilikom zemljospoja u šticej zoni, kroz strujni obuhvatni transformator prolazi veliki deo ukupne struje zemljospoja, tj. ukupna struja zemljospoja je umanjena samo za kapacitivnu struju zemljospoja koju generišu 10 kV namotaj šticejog transformatora i deo poveznog kabla. Jačina ukupne struje zemljospoja zavisi od ukupne dužine dalekovoda u pogonu.

Prilikom zemljospoja van šticej zone, kroz strujni obuhvatni transformator prolazi samo kapacitivna struja zemljospoja koju generišu 10 kV namotaj šticejog transformatora i deo poveznog kabla. Veličina te struje pretežno zavisi od dužine poveznog kabla. Međutim ta struja je svakako za najmanje jedan red veličine manja od ukupne struje zemljospoja.

Imajući u vidu razliku u veličini struje zemljospoja koja prolazi kroz strujni obuhvatni transformator prilikom zemljospoja u šticej zoni i prilikom zemljospoja van šticej zone, zemljospojne zaštite na transformatorima 10/0,4 kV ne moraju biti usmerene.

Obzirom da podešeno vreme reagovanja zemljospojnih zaštita na transformatorima 10/0,4 kV ne utiče na njihovu selektivnost, vreme reagovanja ovih zaštita se može podesiti na najnižu moguću vrednost, a ona za zaštitnu funkciju neusmerene zemljospojne zaštite ($I_{0>}$) u uređaju ABB REX 521 iznosi 0,05 s.

4. Literatura

- [1] „Analiza stanja sistema zaštite u elektroenergetskim objektima TE „Kolubara A“ sa smernicama za njihovu rekonstrukciju“, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“, Beograd, 2009. god.
- [2] Tehnička preporuka EPS-a „Tehnička preporuka br. 4a – Zaštita elektrodistributivnih vodova 10 kV, 20 kV, 35 kV i 110 kV“
- [3] Tehnička preporuka EPS-a „Tehnička preporuka br. 4b – Zaštita distributivnih energetskih transformatora u TS 35/10(20) kV i TS 110/X kV“
- [4] Dr Milenko Đurić, „Relejna zaštita“, Beograd, 2003. god.
- [5] „Network Protection and Automation Guide“, Alstom Grid Manual
- [6] „Generation System Protection“, Student Manual, SEL University