

Zdravko Matišić
HEP ODS d.o.o Elektra Koprivnica
zdravko.maticic@hep.hr
Goran Pakasin
HEP ODS d.o.o Elektra Koprivnica
goran.pakasin@hep.hr

Martin Bolfek
HEP ODS d.o.o
martin.bolfek@hep.hr

METODA DETEKCIJE LOKACIJA VIŠEPOLNIH KRATKIH SPOJEVA U RAZDJELNOJ MREŽI POMOĆU STRUJE KVARA

SAŽETAK

U ovom je radu opisana metoda određivanja lokacije višepolnih kvarova na dugim zračnim vodovima u realnom vremenu pomoću struje kvara. Numerička vrijednost struja kratkih spojeva je rezultat implementacije više razine protokola komunikacije između dispečerskog centra i sustava numeričke zaštite u transformatorskoj stanici. Kao takva, metoda omogućuje brzu detekciju dijela voda pod kvarom s izolacijom potrošača priključenih prije mjesta kvara u smjeru izvora. Ostalim potrošačima može se odmah uspostaviti napajanje i konačno, interventne jedinice idu u otklanjanje kvara na točno zadanu dionicu voda.

Ključne riječi: kvar, vod, struja, numerički relej, protokol,

MULTIPOLE GRID FAULT DETECTION METHOD USING FAULT CURRENT VALUE

SUMMARY

This paper presents the concept of determining the location of multipole faults on long air lines in real time by the current fault. The short circuit current value is the result from the implementation of a higher level of communication protocol between the dispatching center and the relay protection system in the power station. As such a method allows for a quick isolation of the faulted part of the grid, insulating the pre-malfunctioning consumers, it is possible to reset the power immediately and finally the intervention units go to repair the fault at the exact fault location.

Key words: fault, line, current, numerical relay, protocol

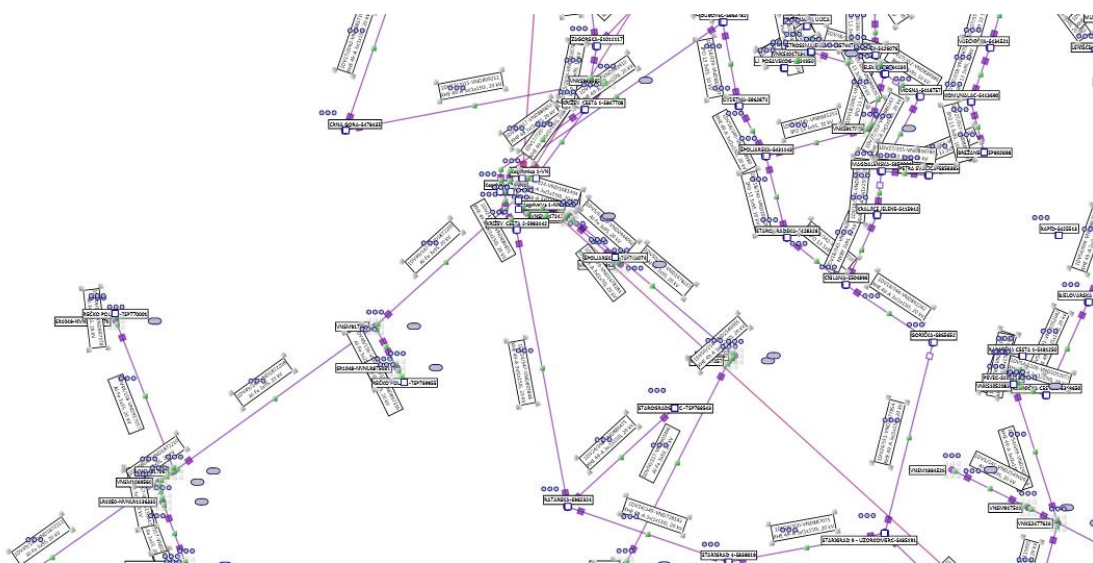
1. UVOD

Pogon elektroenergetskog sustava bilo da se radi o prijenosu, distribuciji, elektrani ili distribuiranom izvoru danas je nezamisliv bez numeričke zaštite. Primarna funkcija numeričke zaštite je detekcija kvara te odvajanje zdravog dijela mreže od dijela koji je u kvaru prateći granične vrijednosti podešenih električnih veličina. Osim zaštitnih funkcija, numerička zaštita ima važnu ulogu u daljinskom vođenju i praćenju sustava te kao takva povećava pouzdanost, omogućuje bržu detekciju i automatiku u otklanjanju prolaznih (automatskim ponovnim uklopom - APU) kvarova te na kraju podiže samu raspoloživost elektroenergetskog sustava. Paralelno s razvojem numeričke zaštite razvijali su se i komunikacijski protokoli za daljinski nadzor, odnosno vođenje, a samom pojavom numerike tj. uvođenja mikroprocesorske tehnologije u releje postalo je moguće da se spomenuto realizira u jednom uređaju. U ovom radu bit će prikazan razvoj ideje i načina detekcije lokacije višepolnih kvarova na dugim zračnim vodovima.

2. RAZVOJ METODE, MODEL MREŽE I PRORAČUN

Prema svojoj dosada napisanoj literaturi koja piše na temu zaštite i kvarova u distribucijskoj mreži ponavlja se podatak da 90 % kvarova na zračnim vodovima čine jednopolni kvarovi, odnosno zemljospojevi. U Elektri Koprivnica transformatorska stanica TS 35/10 kV Koprivnica 1 strateški je smještena te preko kabelskih vodova napaja dio grada, a preko zračnih 10 kV dalekovoda napaja ruralna naselja, smještena uglavnom po šumovitim obroncima Bilogore. Prethodno navedeni statistički podatak o udjelu zemljospoja prema pojavi višepolnih kvarova kao da je zaobišao 3 dalekovoda napajanih iz TS 35/10 Koprivnice 1. Udio višepolnih kvarova je veći od 50 %. Razlog tako visokog udjela višepolnih kvarova jest sama konfiguracija dalekovoda i njegove okoline koja redovito za vjetrovitog, kišnog i snježnog vremena uzrokuje kvarove i oštećenja. Kod pojave kvara na dalekovodu uobičajna praksa je bila traženje metodom cijepanja dalekovoda linijskim rastavljačima i ponovni pokušaj uključenja (nakon prolaza ciklusa sporog, brzog APU-a i defenitivnog isklopa – zaključak je da je kvar trajan). U isto vrijeme bilo je potrebno aktivirati „pripremu“ koja se sastojala od više ekipa zbog velikog broja odcjepa, nepristupačnosti pojedinih dionica voda kod otklanjanjanja kvara i vraćanja napona kupcima u što kraćem vremenu s čim manjim brojem pokušaja uklopa.

Prilikom rekonstrukcije spomenute stanice mijenjala se primarna oprema, a s njom i numerička zaštita koja je s novim komunikacijskim protokolom ponudila mogućnost praćenja- dojave vrijednosti struja kvarova za svaku mjerenu fazu zajedno s nultom strujom. Tako se i razvila ideja o metodi nalaženja lokacije višepolnog kvara. Kako bi se otkrila lokacija temeljem vrijednosti struje kvara za predmetnu mrežu je bilo potrebno proračunati struje kratkog spoja, u svrhu dobivanja vrijednosti struja dvopolnih i trolnih kvarova za svako čvorište dalekovoda.



Slika 1. Mreža modelirana u NEPLAN-u

Slika 1. prikazuje fragmenat modelirane mreže u programskom paketu NEPLAN temeljem koje je napravljena analiza, odnosno proračun višepolnih kvarova sukladno normi IEC 60909. Dobiveni su rezultati za svako čvorište (trafostanicu 10/0,4 kV). Primjer rezultata proračuna trajnih struja kratkog spoja za jedan dalekovod dan je u Tablici I.

Tablica I. Prikaz struja dvopolnog i tropolnog kvara za određeno čvorište vodnog polja J17

Naziv TS	Izvod- Vodno polje	Naziv čvorišta	Ik2 [A]	Ik3 [A]
TS 35/10 kV KOPRIVNICA 1	J17	TS 10/0,4 kV Bakovčice 1	1037,7	1191,3
TS 35/10 kV KOPRIVNICA 1	J17	TS 10/0,4 kV Bakovčice 2	1148,3	1326,4
TS 35/10 kV KOPRIVNICA 1	J17	TS 10/0,4 kV Bakovčice 3	1879,7	2170,5
TS 35/10 kV KOPRIVNICA 1	J17	TS 10/0,4 kV Bjelovarska 2	1922,6	2220,1
TS 35/10 kV KOPRIVNICA 1	J17	TS 10/0,4 kV Bregi 1	767,9	901,7
TS 35/10 kV KOPRIVNICA 1	J17	TS 10/0,4 kV Bregi 2	942,7	1088,5
TS 35/10 kV KOPRIVNICA 1	J17	TS 10/0,4 kV Bregi 3	1051,9	1214,6
TS 35/10 kV KOPRIVNICA 1	J17	TS 10/0,4 kV Bregi 4	1077,7	1244,4
TS 35/10 kV KOPRIVNICA 1	J17	TS 10/0,4 kV Bregi 5	796,6	919,9
TS 35/10 kV KOPRIVNICA 1	J17	TS 10/0,4 kV Bregi 6	927,8	1071,4
TS 35/10 kV KOPRIVNICA 1	J17	TS 10/0,4 kV Bregi 7	739,6	888,6
TS 35/10 kV KOPRIVNICA 1	J17	DURN Bregi	1516,7	1751,4
TS 35/10 kV KOPRIVNICA 1	J17	TS 10/0,4 kV Jeduševac	644,6	759,8
TS 35/10 kV KOPRIVNICA 1	J17	TS 10/0,4 kV Špoljarska 2	4269,7	4930,2
TS 35/10 kV KOPRIVNICA 1	J17	TS 10/0,4 kV Štaglinec 1	1597,1	1844,2
TS 35/10 kV KOPRIVNICA 1	J17	TS 10/0,4 kV Štaglinec 2	1740,8	2010,1

Razlog zašto su za čvorišta proračuna struja kratkih spojeva odabrane sabirnice 10/0,4 kV stanica jest u jednostavnosti provođenja proračuna tj. postavke analize kratkog spoja u NEPLANU te detekcija slučajeva kod kojih se poklapa vrijednost struja dobivena u SCADI s onima iz proračuna. Poklapanje sa strujom navelo bi na to da se pretpostavlja kvar iza trafostanice dok su primjeri iz prakse pokazali da je kod takvih slučajeva kvar bio prije čvorišta tj. da je u pravilu struja kvara za mali postotak manja od proračunate.

3. IMPLEMENTACIJA TELEGRAMA I VRIJEDNOSTI STRUJA KVARA

Upravljanje, signalizacija stanja aparata i prorada zaštita odvija se na bazi daljinske komunikacije između releja i dispečerskog centra. Realizacija daljinske komunikacije vrši se konverzijom protokola releja na protokol kompatibilan s upravljačkim sustavom u dispečerskom centru (SCADA). Uređaje za ovakovu vrstu konverzije nazivamo RTU (Remote Terminal Unit). Standardni protokol koji se koristi za komunikaciju prema SCADA-i je protokol IEC 60870-104 dok je protokol između releja i RTU-a IEC

60870-103. U TS 35/10 kV stanici instalirana je numerička zaštita proizvođača Alstom tip P14D dok je RTU ABB 560.

Tablica II. Prikaz strukture IEC 103 protokola za telegrame vrijednosti struje kvara

ASDU TYPE	COT	FUN	Inf No.	Description	
4	1	170	5	Phase A fault current magnitude	➔ Struja kvara A faze
4	1	170	6	Phase B fault current magnitude	➔ Struja kvara B faze
4	1	170	7	Phase C fault current magnitude	➔ Struja kvara C faze
4	1	170	8	Residual Neutral current magnitude	➔ Struja kvara Io

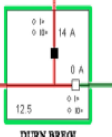
U Tablici II. je prikazana struktura protokola točnije parametri telegrama koji služe za prikaz vrijednosti struje kvara u trenutku kada relej izdaje naredbu za isklon. Za zaključiti je da su to struje tzv. trajnog kratkog spoja, a ne početnog. To je jako bitno jer se one razlikuju po iznosu. Od pojave kratkog spoja do naloga za isklon prođe minimalno 20 ms što je dovoljno da relej ne pošalje subtranzijentne vrijednosti kratkog spoja pomoću kojih ne bi bilo moguće provesti ovakvu vrstu detekcije lokacije kratkog spoja.

U nastavku je prikazan konkretan primjer detekcije mjesta kvara. Slika 2. prikazuje vrijednosti struja koje se telegramom zapisuju u SCADA sustavu za svako vodno polje, posebno fazne vrijednosti struja te nulta izmjerena struja. Za svaki novi događaj vrijednosti se prepisuju preko starih i tako za svaki kvar. Dane vrijednosti struja (osim signalizacije prorade kratkospojne zaštite I>> stupnja) za vodno polje 10 kV J17 BREGI ukazuju na dvopolni kratki spoj između faza A i B iznosa oko 720 A.

Tablica alarma, zaštita i mjerenja					
STANICA: TS 35/10 kV KOPRIVNICA 1					
Struje kvara		STRUJA I>A	STRUJA I>B	STRUJA I>C	STRUJA IO
35 kV	H01 KOPRIVNICA 110	0 A	0 A	0 A	0 A
	H03 NOVIGRAD	0 A	0 A	0 A	0 A
	H04 SPOJNO	0 A	0 A	0 A	0 A
	H06 KOPRIVNICA 2	0 A	0 A	0 A	0 A
TRANSFORMATOR	TR 1	H02 35	0 A	0 A	0 A
		J05 10	0 A	0 A	0 A
	TR 2	H05 35	0 A	0 A	0 A
		J13 10	0 A	0 A	0 A
10 kV	J01 DUBOVEC	0 A	0 A	0 A	0 A
	J02 K2. CESTA 1	0 A	0 A	0 A	0 A
	J03 K2. CESTA 2	0 A	0 A	0 A	0 A
	J04 KT	0 A	0 A	0 A	0 A
	J06 CRNA GORA	0 A	0 A	0 A	0 A
	J07 PRIČUVA	0 A	0 A	0 A	0 A
	J08 PRIČUVA	0 A	0 A	0 A	0 A
	J10 SPOJNO	0 A	0 A	0 A	0 A
	J11 PRIČUVA	0 A	0 A	0 A	0 A
	J12 PRIČUVA	0 A	0 A	0 A	0 A
	J14 PRIČUVA	0 A	0 A	0 A	0 A
	J15 JAGNJEDEVAC	21 A	21 A	24 A	3 A
	J16 SOKOLOVAC	0 A	0 A	0 A	0 A
	J17 BREGI	721A	724A	120 A	13 A

Slika 2. Screenshot iz dispečerskog centra –SCADA-e

oničar isključuje
azi da je usljed
a za popravak
i prije linijskog



Slika 3. Shema topologije 10 kV voda Bregi s pretpostavljenim mjestom kvara

4. ZAKLJUČAK

U ovom je radu prikazana prva etapa tj. svojevrsan pokusni rad predstavljene metode. Najjednostavniji postupak u realizaciji ove metode bila je implementacija prikaza struja kvara u SCADA-i nakon čega se lokacija mjesta kvara determinirala ručno tj. usporedbom proračunatih i izmjerenih vrijednosti. Razlog ovakvog postupanja jest provjera opravdanja za daljnje kompleksnije rješenje koje bi automatski, na ekranu, dispečeru prezentiralo mjesto kvara što je i sljedeći korak koji je potrebno napraviti.

5. LITERATURA

- [1] Service manual K-Series Directional Overcurrent relays, Publication Reference: R8501D, GEC Alstom
- [2] P40Agile, P14D TECHNICAL MANUAL, Publication Reference: P14D-B/G/L/Z-TM-EN-1, Alstom
- [3] IEC 60870-5-104 Telecontrol equipment and systems – Part 5-104: Transmission protocols – Network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profiles, lipanj 2006.
- [4] IEC 61850-3 Communication networks and systems in substations - part 3 General requirements, siječanj 2002.