

Hrvoje Dragičević dipl.ing el.  
HEP - ODS d.o.o. Elektra Zadar  
[hrvoje.dragicevic@hep.hr](mailto:hrvoje.dragicevic@hep.hr)

Matko Škarpona  
HEP - ODS d.o.o. Elektra Zadar  
[matko.skarpona@hep.hr](mailto:matko.skarpona@hep.hr)

## POGONSKA ISKUSTVA DJELOVANJA ZEMLJOSPOJNE ZAŠTITE U REZONANTNO UZEMLJENOJ SN MREŽI NAPAJANOJ IZ TS 110/20(10) KV BENKOVAC

### SAŽETAK

Rekonstrukcijom trafostanice TS 110/(20)10kV Benkovac završenoj 2012 godine, dograđeno je sedam vodnih polja 10(20) kV i ugrađena kompenzacijska prigušnica u zvjezdište energetskih transformatora TR1 i TR2. Od 23.07.2013 na srednjenaponsku mrežu napajanu iz trafostanice, u paralelni pogon je priključena vjetroelektrana VE ZD4, faza1, priključne snage 9200 kW. Od 31.3.2014, puštanjem kompenzacijskih prigušnica u pogon, SN mreža napajana iz TS 110/(20)10kV Benkovac je u pogonu s rezonantno uzemljenom neutralnom točkom. Zemljospojna zaštita mreže ostvaruje se isklopom voda u kvaru. Ulogu primarne zaštite ostvaruje relej za detekciju zemljospoja primjenom tranzijentne metode (na temelju QU2 i QUI algoritma) i vatmetričke metode. APU je isključen.

U radu su opisana pogonska iskustva djelovanja zemljospojne zaštite.

**Ključne riječi:** zemljospojna zaštita, Petersenova prigušnica, rezonantno uzemljenje

## EXPERIANCE IN OPERATION OF EARTH FAULT PROTECTION IN RESONANT EARTHED MV NETWORK FEED FROM TS 110/20(10) KV BENKOVAC

### SUMMARY

Reconstruction of primary distribution substation TS 110/(20)10kV Benkovac, completed 2012 g, consistig of seven new fiders bild in MW side, and suppression coils connested in star point of energetic transformers TR1 and TR2. Since 23.07.2013 wind farm VE ZD4, fase 1, nominal power 9200 kW was connected in paralel operation. Since 31.3.2014 supresion coils are connected, and MW network feed from TS 110/20(10)kV Benkovac is resonant grounded. Earth fault protection is realized by disconnecting of faulted feder. Protection is realized with transient method (qu2 and qui algoritham) and watmeric method. APU is disconnected.

**Key words:** earth fault protection, Petersen coil, resonant grounding

## 1. UVOD

Rekonstrukcijom TS 110/(20)10 kV Benkovac (L1) ,završenoj 2012 godine , u srednjenaponsko postrojenje trafostanice dograđeno je sedam 10(20) kV vodnih polja, tip BVK24, a u spoj zvjezdišta energetskih transformatora TR1 i TR2 ugrađene su kompenzacijske prigušnice s kontinuiranom regulacijom položaja, raspona podešenja od 15A do 156 A .

Time su omogućeni tehnički uvjeti za pogon srednjenaponske mreže napajane iz TS 110/(20)10 kV Benkovac s rezonantno uzemljenom neutralnom točkom. Prelazak pogona srednjenaponske mreže napajane iz TS 110/(20)10 kV Benkovac s dotadašnjeg pogona s izoliranom neutralnom točkom u pogon s rezonantno uzemljenom neutralnom točkom, izvršen je 31.03.2014 uključivanjem prigušnica na zvjezdište energetskih transformatora. Od tada srednjenaponska mreža je u pogonu s rezonantnim uzemljenjem , na nazivnom naponu 10kV.

U članku su opisana iskustva pogona trafostanice TS 110/(20)10 kV Benkovac s rezonantno uzemljenom neutralnom točkom SN mreže , s osvrtom na djelovanje zemljospojne zaštite vodnih polja.

## 2. OPIS SREDNJENAPONSKOG POSTROJENJA I DJELOVANJA ZAŠTITE

Srednjenaponsko postrojenje je postrojenje s jednostrukim sabirnicama, s tvornički dogotovljenim SN blokovima polja. Dvije sabirničke podsekcije ,W1 i W2 ,povezane su spojnim poljem koje je u redovnom pogonu isključeno. Svaka sabirnička podsekcija napaja se preko energetskog transformatora 110/(20)10kV ,snage 20MVA. U izvanrednom pogonu ( neraspoloživ jedan od transformatora ) predviđeno je napajanje oba sabirnička podsustava preko jednog transformatora.

Sabirničku podsekciju W2 čine : trafo polje, mjerno polje , polje kućnog transformatora, i devet vodnih polja. Polja su tipa OR1p / 24 s izvlačivim vakumskim prekidačem. Sabirničku podsekciju W2 čine: trafo polje , mjerno polje, spojno polje, polje kućnog transformatora i devet vodnih polja. Polja su tipa BVK24, s izvlačivim vakumskim prekidačem. Nulti napon mreže mjeri se u mjernim poljima sabirničkog podsustava kao napon trokuta ( 3 U<sub>o</sub> ) , dok se nulta komponenta struje voda/vodnog polja mjeri obuhvatnim mjernim transformatorima 75/5 A; 10VA; 5P10.

Zaštita vodnih polja , djelovanjem na prekidač vodnog polja isklapa vod na kojem je nastupio kvar. Zaštita voda od struja kratkog spoja i preopterećenja ostvarena je s dva stupnja nadstrujne zaštite unutar pripadnog terminala polja. Zemljospojna zaštita voda , ostvarena je kombinacijom usmjerene zemljospojne zaštite (67 Ns) ,realizirane unutar terminala polja ,te tranzijentne (qu2 i qui metoda ) i vatmetričke zaštite realizirane unutar releja za detekciju zemljospoja (L3) . Ulogu primarne zemljospojne zaštite voda obavlja tranzijentna zaštita , pri čemu zaštita po qu2 metodi treba otkloniti niskoomski trajni zemljospoj , a zaštita po qui metodi niskoomski intermitirajući zemljospoj (L4). Ulogu rezervne zaštite obavlja vatmetrička i osjetljiva zemljospojna zaštita , uz predhodno uklapanje otpornika za povećanje radne komponente struje zemljospoja (cca 20A pri naponu zvjezdišta jednakom nazivnom faznom naponu mreže od 5,77kV) .

Primarna ispitivanja djelovanja zemljospojne zaštite pred puštanje prigušnice u pogon , izvedena 29.01.2013 , ukazala su na pouzdano djelovanje zaštite u provedenim pokusima (L5) :

niskoomski zemljospoj ( otpor uzemljenja na mjestu zemljospoja cca 250 Ω ) ,

zemljospoj preko umetnute grane i otpora uzemljenja na mjestu kvara od cca 250 Ω,

zemljospoj s otporom na mjestu zemljospoja od cca 1 k Ω .

Osnovna podešenja na relejima zemljospojne zaštite i regulatoru položaja prigušnice , relevantna za funkcioniranje zemljospojne zaštite voda, pri kojima je mreža ispitana i puštena u pogon s rezonantnim uzemljenjem su :

Regulator položaja prigušnice :

iznos praga nultog napona mreže za detekciju zemljospoja  $U_{earth\ tr} = 18 \% ( 1040 V )$  ,

podešenje prigušnice u odnosi na rezonantu točku 5 % ,

uklop otpornika za povećanje radne komponente struje nakon 4s .

Relej za detekciju zemljospoja ( qu2 metoda ):

iznos praga nultog napona mreže za detekciju zemljospoja  $U_{earth\ tr} = 20 \% ( 1155 V )$  ,

iznos praga nulte tranzijenta struje za detekciju zemljospoja  $I_{0 \min} = 5 \text{ A}$  ,  
 minimalno trajanje zemljospoja detektiranog kao trajni  $1 \text{ s}$  ,  
 Vrijeme zatezanja djelovanja ( na isklop )  $6 \text{ s}$  .

Relej za detekciju zemljospoja ( qui metoda ):

iznos praga nultog napona mreže za detekciju zemljospoja  $U_{\text{earth tr}} = 20 \% ( 1155 \text{ V} )$  ,  
 iznos praga nulte tranzijenta struje za detekciju zemljospoja  $I_{0 \min} = 3 \text{ A}$  .

Relej za detekciju zemljospoja ( vatmetrička metoda ):

iznos praga nultog napona mreže za detekciju zemljospoja  $U_{\text{earth tr}} = 20 \% ( 1155 \text{ V} )$  ,  
 iznos praga radne komponente nulte struje voda  $I_0 = 3 \text{ A}$  ,  
 vrijeme zatezanja djelovanja  $6,5 \text{ s}$  .

Terminal polja ( 67Ns) :

$I_0 > 1,5 \text{ A}$  ;  $\cos \phi$  ;  $t_0 > 6,5 \text{ s}$  ;  $U_{\text{ne}} = 10\% ( 577 \text{ V} )$  .

### 3. ISKUSTVA POGONA I IZVRŠENE PROMJENE PODEŠENJA

Ubrzo po puštanju mreže u rad s rezonantno uzemljenom nultočkom ,bilo je nužno mjenjati podešenja zaštite ,u cilju osiguranja selektivnosti djelovanja zemljospojne zaštite , pri uklopu voda pod zemljospojem. Pri zadržavanju prakse lokalizacije mjesta kvara uklapanjem dionica voda na kojem se dogodi zemljospoj, pri uklopu dugih kabelskih dionica događalo se neselektivno djelovanje zemljospojne zaštite. Problem je riješen smanjenjem osjetljivosti.

Nova podešenja pri kojima se osiguralo selektivno djelovanje zaštite su :

Regulator položaja prigušnice :

iznos praga nultog napona mreže za detekciju zemljospoja  $U_{\text{earth tr}} = 25 \% ( 1443 \text{ V} )$  ,  
 podešenje prigušnice u odnosi na rezonantu točku  $+ 5 \text{ A}$  ,  
 uklop otpornika za povećanje radne komponente struje nakon  $17 \text{ s}$  .

Relej za detekciju zemljospoja ( qu2 metoda ):

iznos praga nultog napona mreže za detekciju zemljospoja  $U_{\text{earth tr}} = 25 \% ( 1443 \text{ V} )$  ,  
 iznos praga nulte tranzijenta struje za detekciju zemljospoja  $I_{0 \min} = 15 \text{ A}$  ,  
 minimalno trajanje zemljospoja detektiranog kao trajni  $1 \text{ s}$  ,  
 vrijeme zatezanja djelovanja ( na isklop )  $10 \text{ s}$  .

Relej za detekciju zemljospoja ( qui metoda ):

iznos praga nultog napona mreže za detekciju zemljospoja  $U_{\text{earth tr}} = 25 \% ( 1443 \text{ V} )$  ,  
 iznos praga nulte tranzijenta struje za detekciju zemljospoja  $I_{0 \min} = 5 \text{ A}$  ,

Relej za detekciju zemljospoja ( vatmetrička metoda ):

iznos praga nultog napona mreže za detekciju zemljospoja  $U_{\text{earth tr}} = 20 \% ( 1155 \text{ V} )$  ,  
 iznos praga radne komponente nulte struje voda  $I_0 = 5 \text{ A}$  ,  
 vrijeme zatezanja djelovanja  $3 \text{ s}$  .

Terminal polja ( 67Ns)

$I_0 > 5 \text{ A}$  ;  $\cos \phi$  ;  $t_0 > 3 \text{ s}$  ;  $U_{\text{ne}} = 20\% ( 1155 \text{ V} )$  .

U periodu rada mreže od 1.10.2015 do 30.12.2015 zabilježene su dvije prorade zemljospojne zaštite :

Dana 3.10. ,pri grmljavini, proradom usmjerene zemljospojne zaštite je isključen kabelski vod

=J4 VEZD KB1 ;

Dana 16.12.2015 , kao posljedica pada grane na zračnoj dionici voda DV Zapužane , proradila je kombinirana tranzijentna i vatmetrička zaštita i isključila pripadno vodno polje ( =J09 VP 10kV Zapužane).

U promatranom vremenu nije nastupilo zakazivanje ili neselektivno djelovanje zemljospojne zaštite.

### **3. ZAKLJUČAK**

Prelaskom sa izoliranog na rezonantno uzemljeno zvjezdište energetskih transformatora u TS 110/(20)10kV Benkovac , snižena je struja zemnog spoja sa 88A prije rekonstrukcije, na sadašnjih 20A, čime su otklonjeni problemi s naponom dodira u trafostanicama TS 10/0,4kV napajane mreže. Istovremeno, rezonantno uzemljenje na zemljospojnu zaštitu postavlja dodatnu zadaću pouzdanog šticećenja voda od zemljospoja s intermitiranom strujom kvara. Zaštitu osigurava tranzijentna qui metoda. Praksa lokalizacije mjesta kvara uklapanjem dionica voda na kojem se dogodio kvar postavlja teže uvjete na rad tranzijentne metode. Selektivnost djelovanja je ostvarena smanjenjem osjetljivosti ,sa podešenjem praga tranzijenta nulte struje na 15 A , a praga nultog napona na 1443 V.

### **4. LITERATURA**

- [1] TS 110/20(10) kV Benkovac Rekonstrukcija postrojenja 20(10) kV , Telenerg d.o.o. , Zagreb ,ožujak 2011 g.
- [2] Ivan Goran Kuljiš , Srđan Žutobradić ,“ Mjerenja prije puštanja u pogon prigušnice za rezonantno uzemljenje neutralne točke energetskog transformatora u TS 23 Botinec“ ,Energetski Institut „Hrvoje Požar“ ,Zagreb ,2003 g.
- [3] Marijan Lukač ,“ Otkrivanje voda sa zemljospojem tranzijentnom metodom“ , CIRED , Šibenik 2008
- [4] Ivan Goran Kuljiš ,“TS 110/20(10) kV Benkovac Elaborat podešenja uređaja relejne zaštite“, Končar Inženjering za energetiku i transport , Zagreb ,veljača 2013
- [5] Ivan Goran Kuljiš ,“ RS 110/10(20)kV Benkovac Elaborat primarnih ispitivanja rezonantnog uzemljenja“ Končar Inženjering za energetiku i transport , Zagreb ,veljača 2013