

Zvonimir Popović  
HEP – ODS d.o.o., Elektra Bjelovar  
[zvonimir.popovic@hep.hr](mailto:zvonimir.popovic@hep.hr)

Igor Bujan  
HEP – ODS d.o.o., Elektra Bjelovar  
[igor.bujan@hep.hr](mailto:igor.bujan@hep.hr)

Miro Totgergeli  
HEP – ODS d.o.o., Elektra Bjelovar  
[miro.totgergeli@hep.hr](mailto:miro.totgergeli@hep.hr)

## USPOREDBA RADA TESTNOG RELEJA KONPRO S RELEJEM PRIL2000 U ANALIZI KVAROVA I POREMEĆAJA NA 10 kV NADZEMNIM VODOVIMA

### SAŽETAK

Razvojem tehnologije koja prati stalno povećanje konzuma električne energije, pojavljuju se noviteti i na području relejne zaštite. Razvojem noviteta dolazi do interesa, a i potrebe testiranja istih u realnim pogonskim uvjetima. Novi razvojni relej stavljen je u testni rad u postrojenje na području Elektre Bjelovar. Releji se testirao, a također je služio kao kontrola postojeće zaštite. Praćen je rad releja i radila se usporedba mjerenja i rada s postojećom zaštitom. Zbog naprednih mogućnosti mjerenja novog releja, napravljena je analiza raznih pogonskih događaja koji su se javljali na šticekim vodovima. Prikupljena iskustva u pogonu značila su puno razvojnog timu novog releja.

**Ključne riječi:** numerički zaštitni relej, usporedba rada, iskustva

## RESULT COMPARISON OF TEST RELAY KONPRO AND RELAY PRIL2000 IN FAULT AND DISTURBANCE ANALYSIS AT 10 kV OVERHEAD LINES

### SUMMARY

Constant increment of electric energy consumption is followed by technology development, and so new products are developed on the field of relay protection too. As new products occur, there comes interest and also need to test that products in real field conditions. New test protection relay is put into a test operation at Elektra Bjelovar electrical facilities. Relay was tested, and also served as a control of existing protection relays. Work of test relay was monitored and compared to work of existing protection. Because of advanced measurement functions of test relay, detailed analysis of various disturbances which occurred at protected lines could be done. Collected work experiences served very well to the new relay development team.

**Key words:** numerical protection relay, result comparison, experiences

### 1. UVOD

Na distribucijskom području Elektre Bjelovar relejna zaštita je modernizirana i izvedena numeričkim relejima Končar PRIL2000. Zaštita je prisutna u svim transformatorskim stanicama 35/10 kV, na 35 kV i 10 kV vodnim poljima i transformatorima. Zbog istovrsnosti numeričkih zaštitnih releja na cijelom području Elektre Bjelovar održavanje i ispitivanje zaštite su pojednostavljeni, te se skupljaju

vrijedna pogonska iskustva koja se prenose kroz suradnju s tvrtkom Končar. Uvažavajući iskustvene podatke i daljnjim razvojem došlo je do predstavljanja novog numeričkog zaštitnog releja KONPRO RIUX621 koji je ponudio neke novitete u odnosu na svog prethodnika, kao i naprednije funkcije i mogućnosti podešavanja. Nastavkom dobrih odnosa i suradnje, pojavila se ideja o testiranju navedenog releja u realnim pogonskim uvjetima što je u fazi testiranja releja pružalo vrlo vrijedne podatke i smjernice za usavršavanje konačnog proizvoda. S druge strane, radnici Elektre Bjelovar koji se brinu o relejnoj zaštiti dobili su uvid u rad releja iz prve ruke.

## **2. UGRADNJA TESTNOG KONPRO RELEJA**

### **2.1. Odabir optimalnog mjesta za ugradnju**

Kod izbora mjesta ugradnje testnog releja KONPRO vodilo se računa o nekoliko faktora. Optimalno je bilo mjesto, odnosno vodno polje na kojem su česti pogonski događaji, kao što su poremećaji, kvarovi, prekapčanja i slično. Stoga su odabrana dva nadzemna 10 kV dalekovoda u dvije različite transformatorske stanice koji su prema statistici imali najviše pogonskih događaja u određenom periodu. To su vodna polja 10 kV dalekovoda Šimljanica iz TS 35/10 kV Ivanska i 10 kV dalekovod Kraljevac iz TS 35/10 kV Predavac. Zbog svoje konfiguracije i relativno duge trase, na ovim dalekovodima česti su prolazni kvarovi koji su obično riješeni funkcijom automatskog ponovnog uklopa. Trase ovih dalekovoda djelomično prolaze šumskim područjem, pa se često pojavljuju kvarovi u obliku dozemnog spoja (zvjezdište nije uzemljeno). Navedene činjenice su pogodovale odabiru ova dva vodna polja za ugradnju testnog releja KONPRO.

Tablica I. Karakteristike vodova na kojima je ugrađen testni relej

10 kv vod	$S_{\text{instalirano}}$ (kVA)	Broj TS
Šimljanica	1620	31
Kraljevac	1490	14

### **2.2. Način ugradnje**

Zaštitni releji KONPRO postavljeni su i ugrađeni u postrojenje paralelno, ali bez izvršne funkcije, najbolje kako se moglo s obzirom na postojeće uvjete. Zbog različitih dimenzija i vodnih polja prilagođenih releju PRIL2000 ugradnja nije mogla ispasti estetska, no za potrebe testnog rada to nije bilo od presudne važnosti.

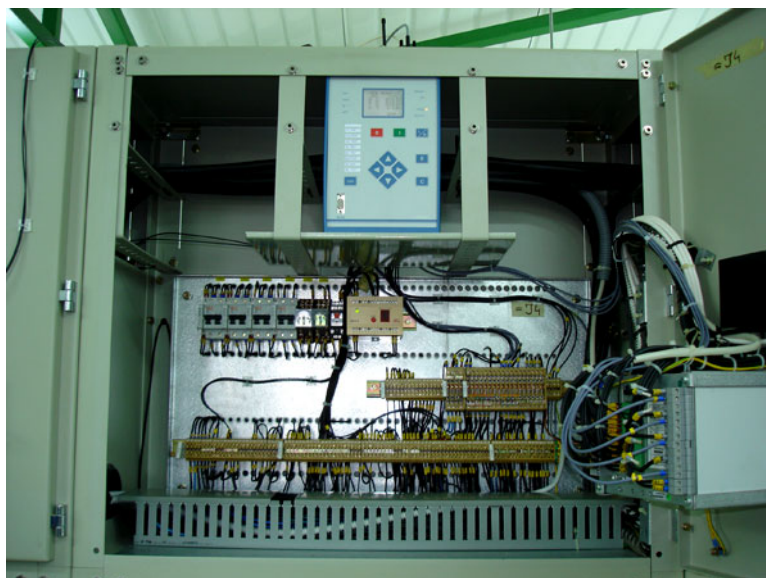
Relej KONPRO ugrađen je paralelno releju PRIL2000 na odgovarajućem vodnom polju. To znači da su mu ožičenjem na ulaze spojeni isti signali koji dolaze i releju PRIL2000, s tom razlikom da relej KONPRO nije imao utjecaj na isklup prekidača, bez obzira na pogonske uvjete. Podešenja zaštite na novom releju podešena su na nešto osjetljiviji nivo u odnosu na postojećem releju, te je komunikacijskim putem povezan s bazom u Zagrebu kako bi se mogao pratiti rad releja daljinskim putem.

## **3. RAD RELEJA U POGONSKIM UVJETIMA**

### **3.1. Vrste kvarova na šticeim vodovima**

Nakon ugradnje releja na spomenuta 10 kV vodna polja započeto je praćenje rada releja u pogonskim uvjetima. Ugrađeni releji tipa KONPRO RIUX621 također služe kao i kontrolni releji u analizi i praćenju rada postojeće ugrađene zaštite na 10 kV vodnim poljima.

Tijekom perioda praćenja releja, na spomenutim 10 kV izlazima zabilježene su različite vrste kvarova, ovisno o kojim je aktivirana određena funkcija i stupanj zaštite. Najčešće se radilo o jednopolnim kvarovima, odnosno spojevima sa zemljom koje karakterizira mala struja kvara, no zabilježeni su i dvopolni i tropolni kvarovi sa vrijednostima struja mnogostruko većima od podešenih na relejima.



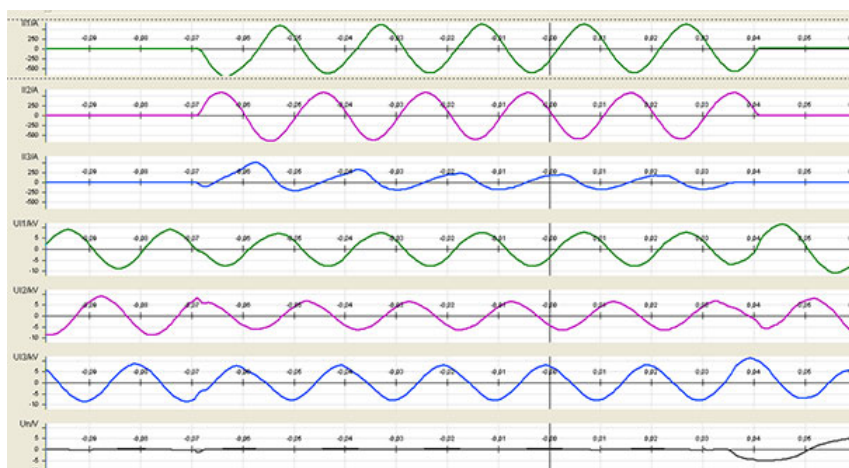
Slika 1. Ugradnja KONPRO releja u 35/10 kV postrojenju

### 3.2. Analiza pogonskih događaja i usporedba sa postojećom zaštitom

Nastankom kvara odnosno poremećaja, vrijednosti mjernih veličina su bilježene i analizirane. Mjerni podaci zabilježeni postojećim relejima prenose se komunikacijskim putem u centar vođenja gdje se analiziraju i sortiraju, dok se podaci s releja KONPRO prenose u centar u Zagrebu. Nakon analize pogonskog događaja, ovi podaci o proradi i vrijednosti električnih veličina se međusobno uspoređuju i temeljem toga se mogu izvući određeni zaključci o ispravnosti djelovanja relejne zaštite.

#### 3.2.1. Dvopolni kratki spoj na 10 kV vodu Šimljanica

Dana 1.10.2009. na vodu Šimljanica zabilježena je pojava dvopolnog kratkog spoja. Kvar je nastao kada je padom drveta na vodiče dalekovoda došlo do preplitanja vodiča. Postojeća ugrađena zaštita reagirala je ispravno i isključila kvar, a naknadno su analizirani podaci prikupljeni u centru vođenja i uspoređeni s podacima prikupljenima iz testnog releja. Također, iskorištena je i funkcija registratora poremećaja koja bilježi pogonske veličine određeno vrijeme prije i poslije nastanka poremećaja. Dijagram kvara prikazan je na slici 2, gdje se mogu vidjeti struje odnosno naponi na sve tri faze.



Slika 2. Dijagram kvara na vodu Šimljanica

Usporedbom s kronološkim zapisom iz baze podataka u centru vođenja dobiveni su vrlo slični podaci o mjernim veličinama koje su uzrokovale pobudu i proradu zaštite. Razlika je u tome što kod

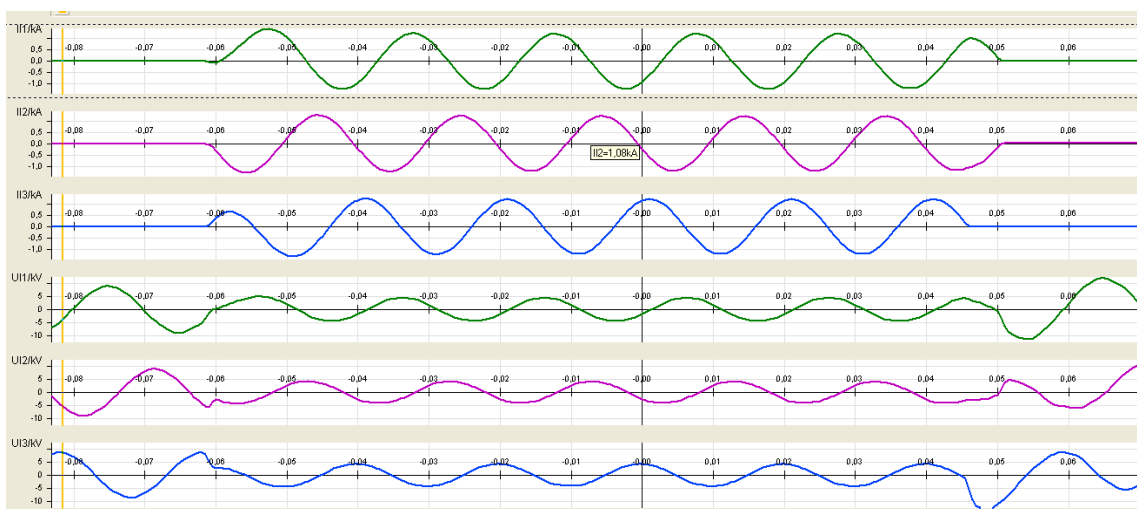
mjerena postojeće zaštite nisu dostupni podaci o stanju električnih veličina u trenucima prije i nakon nastanka kvara. Usporedba struja mjerenja i prorada vidi se u tablici II.

Tablica II. Izmjerene vrijednosti releja prilikom kvara

Mjerena veličina	Mjerene vrijednosti struja (A)	
	KONPRO	PRIL
$I_1$	393,36	342,05
$I_2$	391,41	341,57
$I_3$	30,08	29,61
$I_0$	0,03	0,00

### 3.2.2. Kvar na 10 kV vodu Kraljevac

Na vodu Kraljevac analiziran je trolni kratki spoj koji je nastao padom stupa i preplitanjem sva tri vodiča na fazi. Dijagram mjerenja sa testnog releja može se vidjeti na slici 3 koja prikazuje krivulje struje odnosno napona u sve tri mjerene faze. Ponovo je usporedbom s podacima iz centra vođenja zaključeno kako su mjerenja podjednaka i oba releja reagiraju ispravno i u skladu s podešenjima u pogonskim uvjetima koji to zahtijevaju. Tablica III prikazuje uspoređene podatke.



Slika 3. Dijagram kvara na vodu Kraljevac

Tablica III. Izmjerene vrijednosti releja prilikom kvara

Mjerena veličina	Mjerene vrijednosti struja (kA)	
	KONPRO	PRIL
$I_1$	1,079	1,058
$I_2$	1,082	1,061
$I_3$	1,079	1,059
$I_0$	0,00	0,00

### 3.3. Dodatne zaštitne funkcije i mjerenja testnog releja

Osim funkcija zaštite podešenima nešto osjetljivije nego na postojećim ugrađenim zaštitnim relejima, releji KONPRO imaju mogućnost mjerenja i djelovanja po zaštitnim funkcijama koje nisu dostupne na postojećim PRIL relejima. Za određene pogonske događaje su tako releji KONPRO mogli zabilježiti poremećaje u mreži na koje releji PRIL ne bi djelovali. Radi se o funkcijama mjerenja frekvencije, odnosno podfrekventne i nadfrekventne zaštite u dva stupnja, zatim usmjerene nadstrujne zaštite od višepolnih kvarova, zaštite po inverznoj komponenti struje, te funkcije mjerenja napona, odnosno podnaponske i nadnaponske zaštite. Iako neke od ovih funkcija nisu ključne za zaštitu 10 kV vodova, u usporedbi s PRIL-om se kod releja KONPRO primjećuje praktičnost izvedbe i dostupnih funkcija zaštite u jednom uređaju.

Pošto su spomenute dodatne funkcije također bile aktivirane na kontrolnom releju, bilo je zanimljivo analizirati mjerenja poremećaja mjernih veličina koja inače ne bi bila dostupna uvidom u rezultate mjerenja postojećih ugrađenih releja. Uglavnom su pobudu ovih funkcija potaknuli poremećaji izvan štitičenog područja ugrađenog releja, pretežno poremećaji iz 35 kV i 110 kV prijenosne mreže. Tako je kod jednog događaja zabilježena pobuda podfrekventne zaštite, pojava nultog napona i prorada podnaponske zaštitne funkcije.

Kasnijom analizom postojećih podataka dobivenih iz kontrolnog releja i centra vođenja u Bjelovaru, uvidjelo se da su oscilacije napona i frekvencije u 10 kV mreži nastajali prilikom poremećaja u 110 kV odnosno 35 kV mreži koja napaja trafostanice 35/10 kV.

### 3.4. Daljnji plan

Nakon određenog perioda usporednog rada odlučeno je da se testnom releju KONPRO omogući djelovanje na isklonke krugove, dok bi postojeći ugrađeni relej PRIL2000 bio u funkciji rezervne zaštite. Tako bi se testni relej pokazao u pravim uvjetima te bi se moglo pratiti djelovanje na prekidač pri pogonskim događajima koji bi stvorili uvjete za proradu prekidača. Do pisanja ovog rada još nije došlo do realizacije te ideje.

## 4. ZAKLJUČAK

Ugradnja dva testna releja uz postojeće releje poslužila je kao dvostruko korisna. S jedne strane praćen je i kontroliran rad postojeće zaštite usporedbom podataka i mjerenja s oba releja, dok je s druge strane rad u realnim pogonskim uvjetima testnog releja KONPRO pružio vrijedne podatke razvojnom timu za daljnje usavršavanje i prilagodbe releja KONPRO.

U međuvremenu, od postavljanja testnog releja na distribucijsko područje Elektre Bjelovar do danas, relejima KONPRO opremljene su četiri transformatorske stanice odnosno postrojenja na distribucijskim područjima u Hrvatskoj.

## LITERATURA

- [1] Z. Popović, I. Nikolić, "ELABORAT: Proračun i podešenje relejne zaštite za 35 kV i 10 kV mrežu DP Bjelovar – pogon Bjelovar", Bjelovar, siječanj 2008.
- [2] N. Mikulandra, I. Bujan, Ž. Gudac, "Analiza rada zaštite u distribucijskom području Elektre Bjelovar", Deveto savjetovanje HRO CIGRE, Cavtat, 8.-12. studeni 2009.
- [3] KONPRO RIUX621 katalog
- [4] J. Popović: "Utjecaj većeg tereta od nazivnog na faktor sigurnosti strujnog mjernog transformatora s obzirom na izgled i nazivnu termičku struju", 5. savjetovanje HO CIGRE, Cavtat, 04.-08. studenoga 2001.
- [5] J. Popović: "Lociranje uzdužnih kvarova na nadzemnim 10 kV dalekovodima", 5. simpozij o sustavu vođenja elektroenergetskog sistema, HK CIGRE, Cavtat, 20.-23. listopada 2002.
- [6] J. Popović: "Jedan uzrok nepravilnog djelovanja vatmetarske zaštite", 6. simpozij o sustavu vođenja EES-a, HO CIGRE, Cavtat, 07.-10. studenoga 2004.
- [7] N. Mikulandra, M. Modrovčić, M. Totgergeli: „Zamjena relejne zaštite u TS 35/10kV Bjelovar“, Cigre 5. Cavtat 2002.
- [8] J. Horvat, M. Totgergeli: „Sustav daljinskog vođenja HEP DP „ELEKTRA“ BJELOVAR“, Cigre 5. Cavtat 2002.