

mr. sc. Irena Šagovac, dipl. ing.
HEP – ODS, Elektra Zagreb
irena.sagovac@hep.hr

mr. sc. Denisa Galzina, dipl. ing.
HOPS – Prijenosno područje Zagreb
denisa.galzina@hops.hr

USPOREDNA ANALIZA POGONSKOG DOGAĐAJA U PRIJENOSNOJ I DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI SNIMLJENOG UREĐAJIMA ZA TRAJNO PRAĆENJE KVALITETE ELEKTRIČNE ENERGIJE

SAŽETAK

Mjerni uređaji za trajno praćenje kvalitete električne energije, osim što neprestano snimaju tehničke parametre kvalitete napona i struje, imaju i mogućnosti bilježenja smetnji, kvarova i poremećaja u elektroenergetskom sustavu.

Analizom snimki moguće je odrediti uzrok poremećaja, no kod složenijih smetnji i ta je analiza složena, pa je korisno imati snimke iz različitih točaka mreže, kako bi zaključci bili ispravni.

U ovom članku će biti analiziran pogonski događaj iz prijenosne 110 kV mreže koji se preslikao na SN mrežu šireg gradskog područja Zagreba, pri čemu su propadom napona pogođene bile stanice različitih tipova uzemljenja. Usporedba snimki tog događaja u različitim točkama elektroenergetske mreže bit će prikazana u ovom radu.

Ključne riječi: naponski poremećaj, trajno praćenje kvalitete električne energije

COMPARISON OF A VOLTAGE DISTURBANCE EVENT IN TRANSMISSION AND DISTRIBUTION NETWORK RECORDED WITH PERMANENTLY INSTALLED PQ METERS

SUMMARY

Permanently installed PQ meters that record technical parameters of voltages and currents have also the possibility to record disturbances, faults and otherwise irregular states in electrical power system.

Analyzing this records can help determining the cause of disturbance, but with more complex events it is useful to have records from various network points in order to reach correct conclusions.

In this article will be analyzed a voltage event that occurred in 110 kV transmission network. It reflected throughout the MV network of Zagreb area, affecting substations with differently grounded natural. Comparison of disturbance records in various network points will be shown here.

Key words: voltage disturbance, permanent PQ monitoring

1. UVOD

Podaci prikupljeni uređajima za trajno praćenje kvalitete električne energije (KEE) osim svoje osnovne namjene, a to je provjera usklađenosti kvalitete električne energije sa zahtjevima iz važećih propisa [1] se mogu koristiti i za dodatne analize poremećaja i stanja elektroenergetске mreže.

Naponski poremećaji uzrokovani kvarovima u visokonaponskoj mreži se, ovisno o karakteru, mogu preslikati i na srednjenaponsku i niskonaponsku mrežu, te na taj način uzrokovati smetnje u radu trošila i opreme. Korisnici mreže pritužbe na smetnje upućuju operatoru distribucijskog sustava koji obrazloženje smetnji mora potražiti u zapisima svojih zaštitnih i mjernih uređaja.

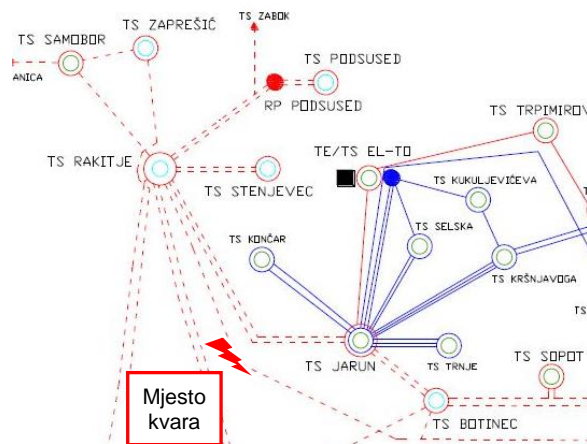
Ako smetnja nije uzrokovana kvarom u SN mreži, uređaji relejne zaštite nemaju nikakve zabilješke o poremećaju u sustavu. U tom slučaju se snimke i zapisi o poremećaju mogu preuzeti s uređaja za trajno praćenje kvalitete električne energije koji su ugrađeni u određene točke mreže.

U HEP ODS Elektri Zagreb takvi se uređaji ugrađuju na srednjenaponsku stranu transformatora u transformatorskim stanicama 110/x kV i 30/10 kV, te za sada pokrivaju 45 transformatora, i s njih prikupljaju podatke o strujama i naponima, te svim tehničkim parametrima bitnima za određivanje kvalitete električne energije. Uz to snimaju i naponske poremećaje uzrokovane odstupanjem napona od predefiniраниh granica (uobičajeno $U_n \pm 10\%$).

U ovom je radu dan pregled snimaka jednog poremećaja koji se dogodio 14. rujna 2017. g. u 00:26 sati, a bio je uzrokovan kvarom na 110 kV vodu koji povezuje 4TS 19 Jarun i 4TS 27 Rakitje.

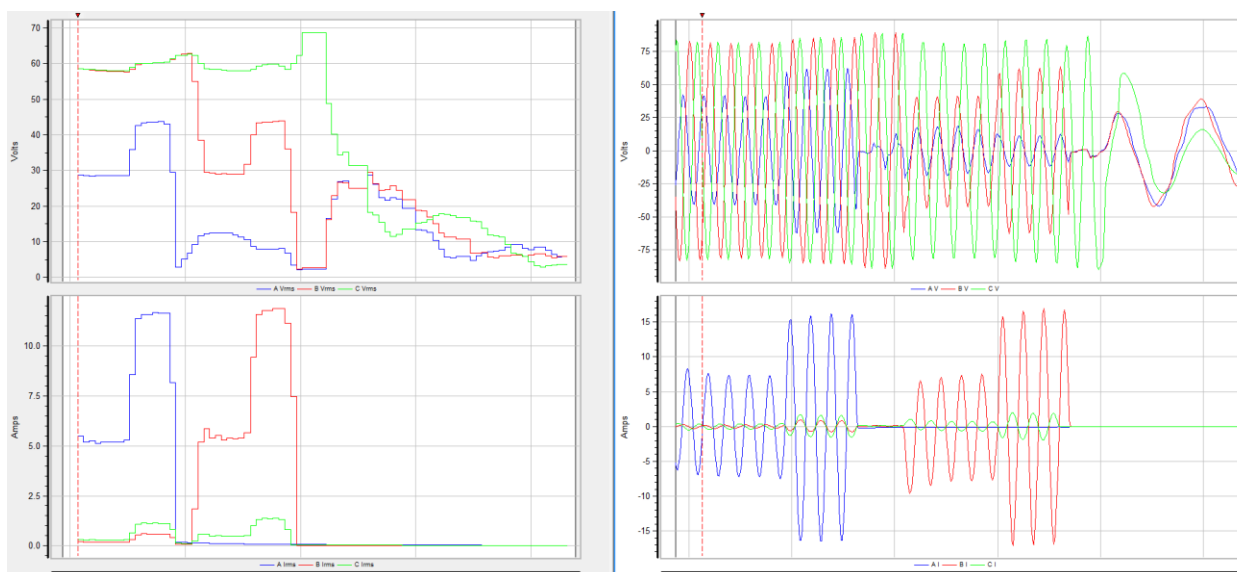
2. OPIS MREŽE I KVARA

Poremećaj, koji se u ovom članku opisuje, dogodio se na jednom od dva paralelna 110 kV dalekovoda koji povezuju 4TS 19 Jarun i 4TS 27 Rakitje (slika 1). Zbog dva jednopolna kvara na vodu koji su uslijedili jedan za drugim, proradila je distanta zaštita koja je procesom trolnog APU-a eliminirala kvar. Snimke kvarova prikazuju samo onaj dio prije uspješnog ponovnog uklopa.



Slika 1. Shema dijela mreže na kojem je došlo do kvara

Uvidom u zapise s uređaja distantne relejne zaštite (slika 2) sa 110 kV voda Jarun-Rakitje utvrđeno je da je prvo nastupio jednopolni kvar na fazi L1 koji je jednopolno isklapljen. Otprilike 50 ms nakon toga, jednopolni kvar se pojavio na fazi L2 te je vod iskopčan trolno. Nakon oko 700 ms od nastanka prvog kvara vod je uspješno uklopljen u ciklusu APU-a. Snimka tog uklopa nije prikazana. Vrijednosti prikazane na y-osi su sekundarne vrijednosti s mjernih strujnih i naponskih transformatora.



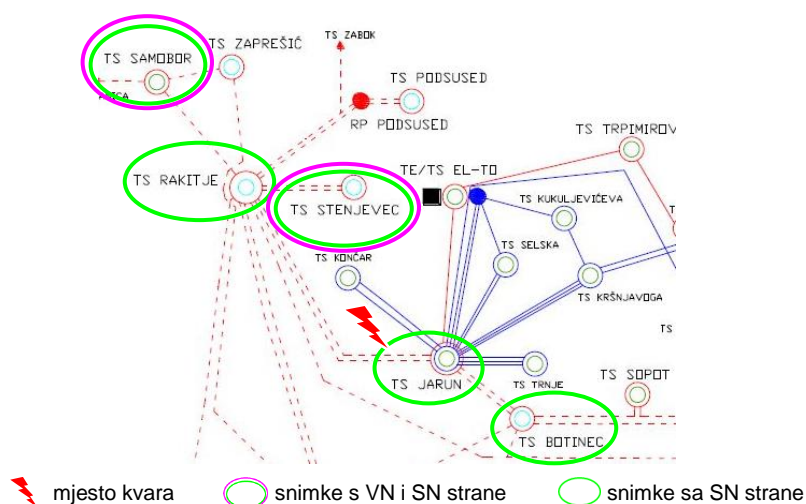
Slika 2. Snimka kvara s uređaja distantne relejne zaštite (efektivne vrijednosti i oscilogrami)

Snimke ovog kvara zabilježili su i uređaji za trajno praćenje kvalitete električne energije ugrađeni u VN i SN mrežu grada Zagreba. U nastavku će biti prikazane samo snimke iz mjernih točaka najbliže lokaciji kvara.

3. SNIMKE POREMEĆAJA S UREĐAJA ZA MJERENJE KEE

Na 110 kV razini uređaji za trajno praćenje KEE ugrađeni su u 4TS 21 Stenjevec, 4TS 23 Botinec i 4TS 102 Samobor. Snimke kvarova će biti prikazane na VN i SN strani transformatora u TS Stenjevec i TS Samobor, dok će snimak iz TS Botinec prikazat samo prilike na SN strani.

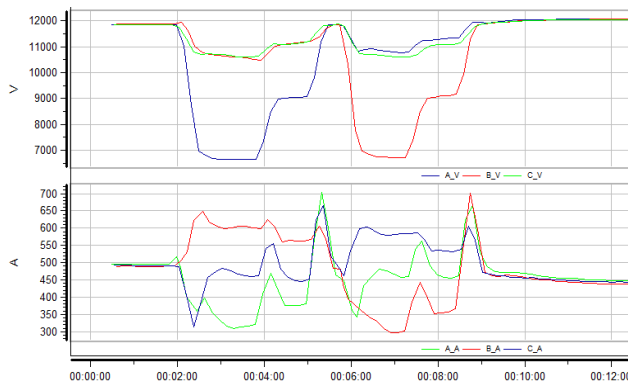
U 4TS 19 Jarun i 4TS 27 Rakitje na VN strani nema ugrađenih uređaja za trajno praćenje KEE, te će snimke biti prikazane samo s uređaja ugrađenih na SN stranu transformatora.



Slika 3. Mjerne točke

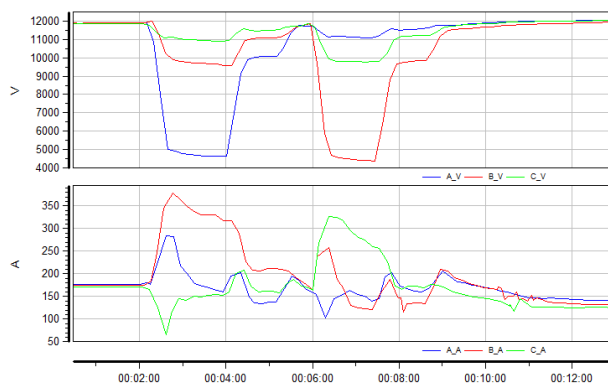
U 4TS 19 Jarun, 4TS 27 Rakitje i 4TS 23 Botinec na SN strani transformatora ugrađeni su mjerni uređaji proizvođača Schneider Electric ION 7650. Neutralna točka 20 kV SN strane transformatora u TS Jarun i Rakitje uzemljena je preko otpornika, dok je neutralna točka SN mreže u TS Botinec uzemljena rezonantno preko prigušnice.

Na slici 4. prikazane su efektivne vrijednosti struja i napona sa SN strane transformatora T1 u 4TS 19 Jarun tijekom poremećaja.



Slika 4. Snimka poremećaja na SN strani T1 u 4TS 19 Jarun

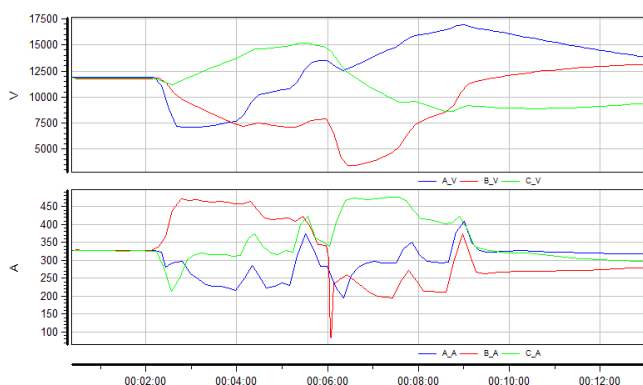
Na slici 5. prikazane su efektivne vrijednosti struja i napona sa SN strane transformatora T1 u 4TS 27 Rakitje tijekom poremećaja.



Slika 5. Snimka poremećaja na SN strani T2 u 4TS 27 Rakitje

Sa slika 4 i 5 vidljivo je da je propad napon bio „dublji“ u SN mreži TS Rakitje, što ukazuje na činjenicu da je mjesto kvara na 110 kV vodu koji povezuje Rakitje i Jarun bilo bliže Rakitju.

Na slici 6. prikazane su efektivne vrijednosti struja i napona sa SN strane transformatora T2 u 4TS 23 Botinec tijekom poremećaja.



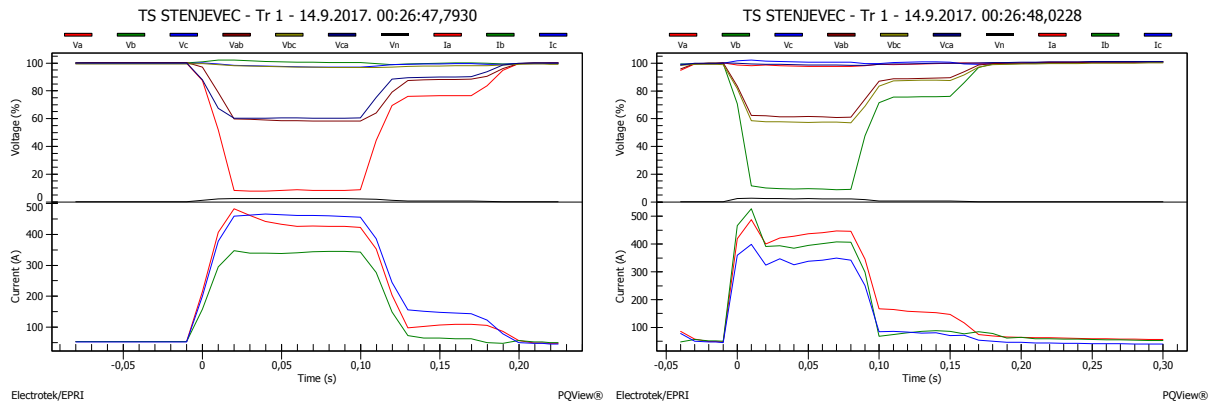
Slika 6. Snimka poremećaja na SN strani T2 u 4TS 23 Botinec

Usporedbom snimaka napona sa slika 4, 5 i 6, vidljivo je odstupanje u „ponašanju“ naponskih prilika u TS Botinec što je uzrokovano drugačijim načinom uzemljenja u TS Botinec (rezonantno) nego u preostale dvije stanice. Dok je sa slika 4 i 5 vidljivo iz snimki naponskih prilika da je riječ o jednopolnom poremećaju, iz napona sa slike 6 je to vrlo teško zaključiti. Naime, nesimetrija napona prenešena s primara energetskog transformatora uzrokovana jednopolnim kvarom, uzrokuje nesimetriju napona na sekundarnoj strani, koja se očituje povećanjem nultog napona, tj. napona na prigušnici. Kako se prigušnica suprotstavlja bilo kakvoj promjeni, napon neutralne točke se diže na viši potencijal, i time se

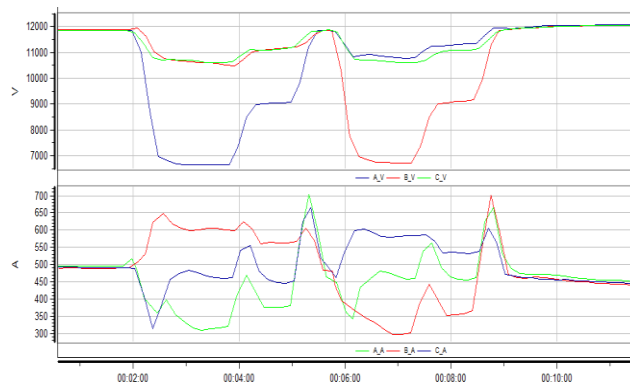
narušava vektorska slika faznih napona, čega u slučaju uzemljenja preko otpora nema. Upravo u ovom se primjeru vidi koliko je korisno imati pokriveno što više točaka mjernim uređajima, kako bi se sa više informacija moglo pravilno donijeti zaključke o smetnjama u mreži.

Na 110 kV strani transformatora u 4TS 21 Stenjevec i 4TS 102 Samobor ugrađeni su uređaji za mjerenje KEE proizvođača Dranetz tip 61000SG.

Slike 7a i b pokazuju strujno-naponske prilike na transformatoru T1 u 4TS 21 Stenjevec i to sa 110 kV strane i 20 kV strane. Neutralna točka SN strane transformatora u TS Stenjevec uzemljena je preko otpornika.



Slika 7a. Snimka poremećaja na VN strani T1 u 4TS 21 Stenjevec



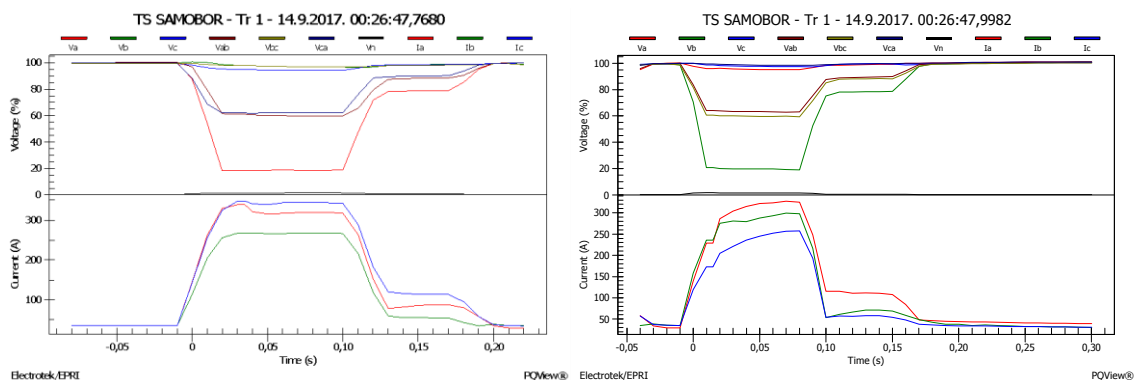
Slika 7b. Snimka poremećaja na SN strani T1 u 4TS 21 Stenjevec

S obzirom na shemu mreže, snimci naponskih prilika prikazanih na slikama 6 (SN strana TS Botinec) i 7b (SN strana TS Stenjevec) bi trebali biti slični. No fazni naponi se poprilično razlikuju od jedne do druge TS. Jedini razlog je način uzemljenja neutralne točke transformatora. Strujne prilike tijekom poremećaja u obje TS odgovaraju jedne drugoj.

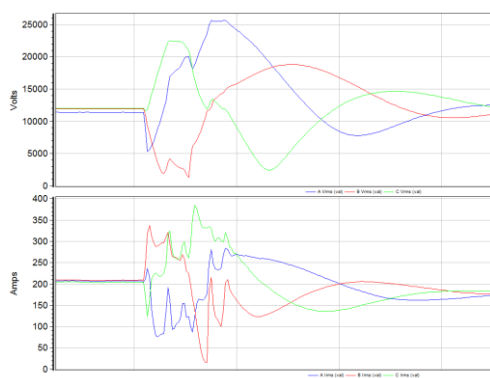
Navedeni primjer samo dodatno potvrđuje tezu da snimanje i praćenje kvalitete napona nema smisla bez istovremenog praćenja parametara struje, jer se u slučaju pritužbi korisnika mreže ili općenito analize naponskih smetnji, teško nešto smisljeno može zaključiti iz promatranja isključivo naponskih prilika.

Još jedan takav primjer dan je na slikama 8a i b gdje su prikazane strujno-naponske prilike na transformatoru T1 u 4TS 102 Samobor sa 110 kV strane i 20 kV strane. Neutralna točka 20 kV SN strane transformatora u TS Samobor je, kao i u TS Botinec, rezonantno uzemljena preko prigušnice.

I opet, iz snimke samo naponskih prilika na SN strani transformatora bi bilo jako teško zaključiti o kakvom se poremećaju radilo.



Slika 8a. Snimka poremećaja na VN strani T1 u 4TS 102 Samobor



Slika 8b. Snimka poremećaja na SN strani T1 u 4TS 102 Samobor

4. ZAKLJUČAK

Podaci koji se prikupljaju uređajima za trajno praćenje KEE, osim u svrhu provjere usklađenosti KEE s propisima, mogu pripomoći u analizi poremećaja, smetnji i stanja elektroenergetske mreže.

Kod kompleksnih mreža različitih tipova uzemljenja, karakteristika transformatora i slično, korisno je imati što više trajno ugrađenih mjernih uređaja iz kojih se onda usporednom analizom može doći do korisnih zaključaka. Smještanje uređaja za trajno praćenje KEE po dubini mreže, dakle ne samo na VN i SN stranu transformatora, nego i na niskonaponskoj razini (na nn stranu transformatora u TS SN/nn) može pripomoći održavanju ili korigiranju razine kvalitete električne energije koja se isporučuje korisnicima mreže, a i kvantifikaciji smetnji koje su proširile iz nadređene ili okolnih mreža.

Iz navedenog primjera vidljivo je da snimanje i praćenje kvalitete napona u svrhu analize kvara nema smisla bez istovremenog praćenja parametara struje, jer se u slučaju pojave naponski poremećaja te njihove analize, teško nešto smisljeno može zaključiti iz promatranja isključivo naponskih prilika.

5. LITERATURA

- [1] HRN EN 50160:2012 "Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems"