

VELIKI POREMEĆAJ U HRVATSKOM SUSTAVU 20. 9. 2002. S GUBITKOM PRIJELAZNE STABILNOSTI I ISPADIMA AGREGATA TE Rijeka, TE Plomin 1 i TE Plomin 2 – UZROCI I POSLJEDICE

Mr. sc. Darko N e m e c – mr. sc. Milan S t o j s a v l j e v i ć, Zagreb

UDK 621.311.1:621.311.22
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Analiziran je veliki poremećaj u hrvatskom EES-u, izazvan trolepolnim kratkim spojem na 220 kV DV TE Rijeka – TS Melina, koji je rezultirao prijelaznom nestabilnošću i ispadima agregata TE Rijeka, TE Plomin 1 i TE Plomin 2. U evaluaciji i uspostavi fizikalne slike poremećaja primijenjena je izvorna metoda u kojoj se koriste stvarni pogonski zapisi i rezultati simulacijskih istraživanja na dinamičkom modelu sustava. Na temelju zapisa trenutačnih vrijednosti napona i struja iz numeričkih vodnih zaštita u dijelu područne 220 kV mreže te KRD zapisa iz objekata i zapisa stacionarnog stanja iz programskog paketa DAM (Dispečerska Analiza Mreže) u nacionalnom dispečerskom centru (NDC) u Zagrebu rekonstruiran je slijed događaja. Poremećaj je zatim simuliran na višestrojnom dinamičkom modelu sustava. Razmjerno dobro podudaranje rezultata simulacijskih proračuna sa stvarnim zapisima napona i struja omogućilo je da se jednoznačno utvrdi prijelazna nestabilnost agregata TE Rijeka, TE Plomin 1 i TE Plomin 2, a time je i hrvatski sustav bio prijelazno nestabilan. Također je bila narušena i sigurnost sustava po kriteriju naponske stabilnosti. Konačno, na temelju provedenih istraživanja istaknuti su opseg i težina poremećaja te je ukazano na potrebne daljnje aktivnosti.

Ključne riječi: elektroenergetski sustav, veliki poremećaj, prijelazna stabilnost, simulacijska analiza.

1. UVOD

Veliki poremećaji u elektroenergetskom sustavu (EES) najčešće su posljedica kombinacije početnog poremećaja i nepovoljnih okolnosti, npr. vremenskih uvjeta i režima rada sustava. Analize takvih događaja međutim, u pravilu ukazuju i na nedostatke u funkcioniranju samog sustava pa se na temelju provedenih analiza predlažu zahvati kojima se nastoje otkloniti uočeni nedostaci.

Kvalitetna interpretacija uzroka poremećaja i slijeda događaja temelji se na raspoloživim zapisima događaja. U novije vrijeme se radi toga osim uobičajenih kronoloških registratora događaja (KRD) po objektima sve više koriste zapisi vremenskog tijeka veličina (najčešće napona i struja) iz registratora poremećaja (engl. disturbance recorder ili fault recorder). Zahvaljujući tehnološkom napretku na području digitalnih mjernih i zaštitnih uređaja danas postaje uobičajeno da se gotovo sve složenije numeričke zaštite opremaju i tom funkcijom. Premda su takvi zapisi lokalnog karaktera i nisu međusobno koordinirani, a usto u pravilu ne omogućuju dulje vrijeme zapisa, oni mogu dobro poslužiti kod evaluacije i dijagnostike uzroka poremećaja, što se pokazalo i u konkretnom razmatranom slučaju. Daljnji značajan napredak u evaluaciji događaja predstavljaju sustavi nadzora ponašanja EES-a tijekom prijelaznih pojava,

zasnovani na uporabi namjenskih registracijskih uređaja raspoređenih na strateškim lokacijama u sustavu [1].

Tumačenje slijeda događaja može se bitno olakšati uspije li se bar u osnovnim crtama simulacijski reproduirati ponašanje sustava tijekom i nakon početnog poremećaja. S tom svrhom potrebno je raspolagati čim kvalitetnijim dinamičkim simulacijskim modelom sustava i dobivene simulacijske odzive usporediti s mjeranjima, odnosno s prikupljenim zapisima iz sustava. Pri usporedbi rezultata simulacije i snimanja potrebno je sagledati ograničenja simulacijskog modela i na temelju toga ocijeniti vjerodostojnost simulacije. Na verificiranom modelu mogu se zatim istraživati i alternativni scenariji bazirani na istom polaznom stanju sustava.

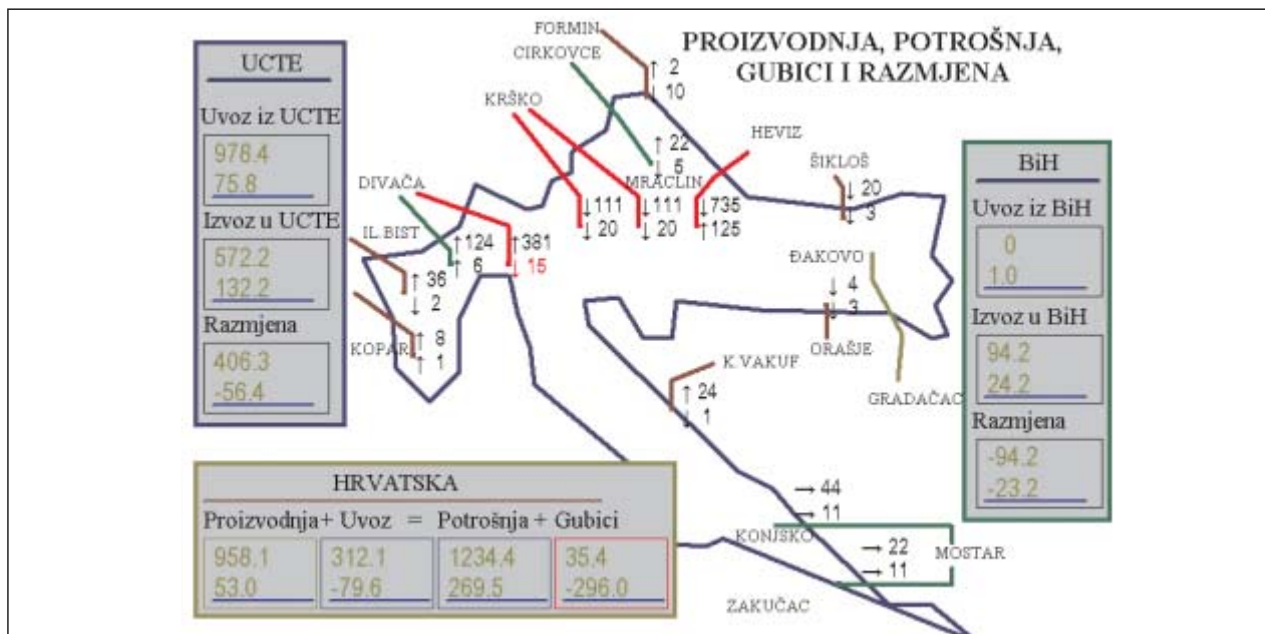
U ovom radu prvo je ukratko opisan veliki poremećaj u hrvatskom EES-u od 20. 9. 2002. godine s početkom u 00:19:02 koji je, kako je simulacijskim istraživanjima utvrđeno, rezultirao prijelaznom nestabilnošću i isključenjem triju velikih turboagregata u područnom EES-a Istre i Primorja (TE-Rijeka, TE-Plomin 1 i TE-Plomin 2). Potom je naznačen postupak usklađivanja i analize raspoloživih zapisa s osvrtom na moguća poboljšanja te je opisan simulacijski model. Rezultati simulacije predmetnog poremećaja su uspoređeni sa zapisima iz sustava. Pokazalo se kako je zahvaljujući zapisima iz sustava u kombinaciji sa simulacijskim ispi-

tivanjem dobivena nova kvaliteta u evaluaciji i uspostavi fizikalne slike poremećaja. U zaključnim razmatranjima se diskutira o mogućim poboljšanjima i zahvatima kako bi se u budućnosti smanjila vjerojatnost takvih događaja.

2. POČETNO STANJE I TIJEK POREMEĆAJA

Analizirani poremećaj dogodio se na dan 20. 9. 2002. godine s početkom u 00:19:02 sati. Prema zapisu iz DAM (Dispečerska Analiza Mreže) u NDC Zagreb, hrvatski je sustav u 00:17:28, dakle neposredno prije nastupa poremećaja, bio u stacionarnom stanju prikazanom na slici 1.

je do troljnoga kratkog spoja na spomenutom dalekovodu, najvjerojatnije zbog ponovnog udara groma. Treba zamijetiti da se troljni kvar razvio iznimno brzo, kako svjedoče zapisi trenutačnih vrijednosti struja i napona iz REL521 u TE Rijeka (v. sliku P-2 u prilogu). Ukupna impedancija izmjerena tijekom kvara gledano od TE Rijeka iznosila je približno 2,5 W. Kako se radi o kratkom vodu (6 km) šticeenom na uobičajeni način distantnom zaštitom tipa RAZOA (ISKRA), ta zaštita nije imala uvjete prorade u prvom stupnju (podešenje $X_1=1,705$ W odnosno 90% reaktancije voda). Stoga je troljni kvar očišćen djelovanjem zaštite u drugom stupnju (s odgodom djelovanja 0,5 s) s ukupnim trajanjem od 640 ms. Za sustav, a



Slika 1. Polazno stanje hrvatskog EES-a neposredno prije poremećaja na dan 20. 9. 2002. u 00:19:02

Od proizvodnih jedinica u područnom EES-u Istre i Primorja bile su angažirane termoelektreane TE Rijeka (202 MW ili 63% od nazivne djelatne snage agregata), TE Plomin 1 (108 MW ili 90%) i TE Plomin 2 (195 MW ili 94%) dok je od hidroelektrana bila angažirana samo HE Vinodol (2x4 MW). Dakle, ukupni angažman agregata u spomenute tri termoelektreane bio je 505 MW ili 52% ukupne proizvodnje hrvatskog EES-a (950 MW) što je podmirivalo cca 40% ukupne potrošnje (1234 MW).

Tijekom te noći na području Istre i Kvarnera bilo je jako grmljavinsko nevrijeme koje je uzrokovalo višekratne pobude distantnih zaštita u područnoj prijenosnoj mreži zbog prolaznih kvarova. Registrirane su pobude zaštita na 220 kV dalekovodima TE Rijeka – TS Melina 1 i 2 zbog jednopolnih kratkih spojeva u sve tri faze. U jednom trenutku dalekovod TE Rijeka – TS Melina 2 isključen je od strane TS Melina 1 i iz neutvrđenih razloga ostao jednostrano napajan od strane TE Rijeka. U takvom stanju, a uz smanjenu probojnu čvrstoću zraka zbog prethodne ionizacije, došlo

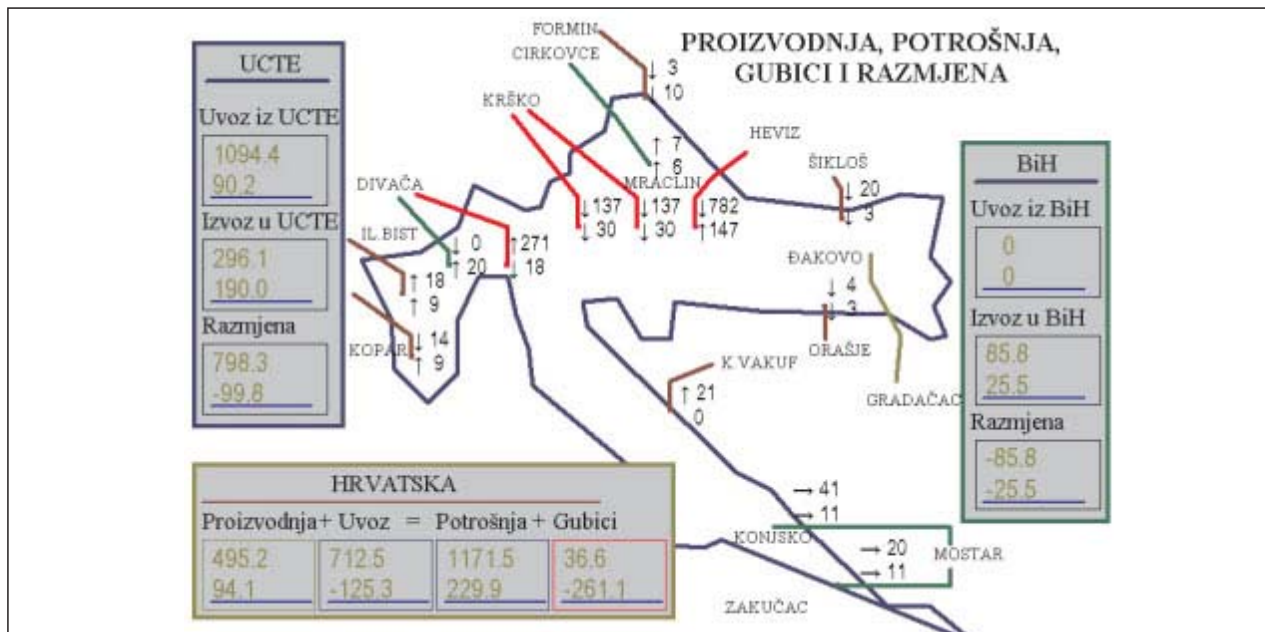
posebno za bliske agregate, bio je to poremećaj velikog intenziteta. Sva tri turboagregata u područnom EES-u izgubila su prijelaznu stabilnost, odnosno isпали su iz sinkronizma. Prvo je djelovanjem neutvrđene električne zaštite generatora isključen agregat u TE Plomin 1 (1,496 sekundi nakon nastanka kvara), a ubrzo je djelovanjem zaštite od nestanka uzbuđene isključen agregat u TE Rijeka (1,661 s nakon nastanka kvara). Agregat u TE Plomin 2 nije isključila nijedna električna zaštita nego tehnološka zaštita od preniskog tlaka ulja za hlađenje reduktora mlinova za ugljen, i to čak 9,232 sekundi nakon nastanka početnog kvara.

Zahvaljujući iznimno dobroj povezanosti i trajnom sinkronom radu hrvatskog sustava s UCTE interkonekcijom, nakon ispada ovih triju velikih agregata hrvatski EES se vratio u stabilno stacionarno stanje, unatoč izuzetno velikom i neočekivanom gubitku proizvodnje od oko 505 MW. Taj gubitak proizvodnje u hrvatskom sustavu je u prvom trenutku nadoknađen uglavnom iz primarne regulacijske snage UCTE-a, a potom angažmanom hidro proizvodnih ka-

paciteta u hrvatskom EES-u. Globalno stanje hrvatskog sustava nakon isključenja TE Rijeka, TE Plomin 1 i TE Plomin 2 (zapis iz DAM-a 20.9.2003. u 00:30:05) prikazano je na slici 2. U tom je trenutku hrvatski sustav iz UCTE još uvijek povlačio neplaniranih cca 400 MW.

Cilj pregleda prikupljene dokumentacije i analize prikupljenih podloga bio je:

- postaviti fizikalnu sliku poremećaja,
- identificirati početnu smetnju,
- utvrditi karakter i opseg poremećaja,



Slika 2. Stanje hrvatskog EES-a nakon ispada agregata TE Rijeka, TE Plomin 1 i TE Plomin 2

3. PODLOGE ZA ANALIZU

Za analizu poremećaja prikupljene su sljedeće podloge:

- zapisi konfiguracije i stacionarnog stanja sustava, DAM, NDC Zagreb,
- KRD-liste za TE Rijeka, TE Plomin 1 i TE Plomin 2, CDU Pehlin,
- zapisi trenutačnih vrijednosti struja i napona iz numeričkih vodnih zaštita:
 - REL 521 TE Rijeka 220 kV DV TE Rijeka – TS Melina 1 (samo registracija),
 - REL 521 TE Rijeka 220 kV DV TE Rijeka – TS Melina 2 (samo registracija),
 - REL 531 TE Plomin 220 kV DV TE Plomin – TS Melina (zaštita i registracija),
 - REL 531 TE Plomin 220 kV DV TE Plomin – TS Pehlin (zaštita i registracija),
- izvješće o poremećaju, Prijenosno područje Opatija, Odjel za zaštitu,
- udešenja distantnih releja, Prijenosno područje Opatija, Odjel za zaštitu,
- izvješće o poremećaju, TE Rijeka,
- ispitni listovi sustava zaštite, TE Rijeka,
- izvješće o poremećaju, TE Plomin 1 i TE Plomin 2,
- ispitni protokoli sustava zaštite, TE Plomin 1 i TE Plomin 2,
- usmene informacije stručnog osoblja iz pogona.

- utvrditi koji su aspekti sigurnosti sustava bili ugroženi odnosno izgubljeni,
- utvrditi značajke mrežnih zaštita,
- utvrditi značajke ponašanja proizvodnih jedinica i njihovih podsustava.

Za kvalitetno sagledavanje tijeka poremećaja i naknadnu usporedbu sa simulacijskim rezultatima ključni su bili zapisi trenutačnih vrijednosti napona i struja iz numeričkih vodnih zaštita prikazani oscilogramima u prilogu ovog referata (slike P-1, P-2, P-3 i P-4). Maksimalna dubina pojedinačnih zapisa bila je dvije sekunde, ali se pojava u duljem trajanju mogla djelomično rekonstruirati pažljivom sinkronizacijom više uzastopnih zapisa iz istog releja kao i međusobnom sinkronizacijom zapisa iz releja na različitim vodovima. U zapisima iz numeričkih releja na vodovima Plomin – Pehlin (dva zapisa, slika P-3 u prilogu) i Plomin – Melina (tri zapisa, slika P-4 u prilogu) uočavaju se diskontinuiteti nastali zbog vremena potrebnog da bi se snimljeni podaci iz memorije releja spremili na medij za pohranu podataka.

Na oscilogramima (slike P-1, P-2, P-3 i P-4 u prilogu) označeni su karakteristični trenuci u tijeku pojave (nastanak kvara, isključenje kvara, ispadi pojedinih agregata). Približnim pregledom zapisa s 220 kV DV TE Rijeka – TS Melina 2 može se utvrditi da je troljni kratki spoj nastao praktično istodobno (v. sliku P-2 u prilogu). U snimljenim trenutačnim vrijednostima na-

pona i struja jasno je uočljiva dinamika napona i struja tijekom kvara kao i njihanje uzrokovano preskocima pola rotora generatora koji su isпали iz koraka. Unatoč prethodno spomenutim diskontinuitetima ovi su zapisi bili ključni za utvrđivanje fizikalne slike poremećaja.

4. SIMULACIJSKA ANALIZA

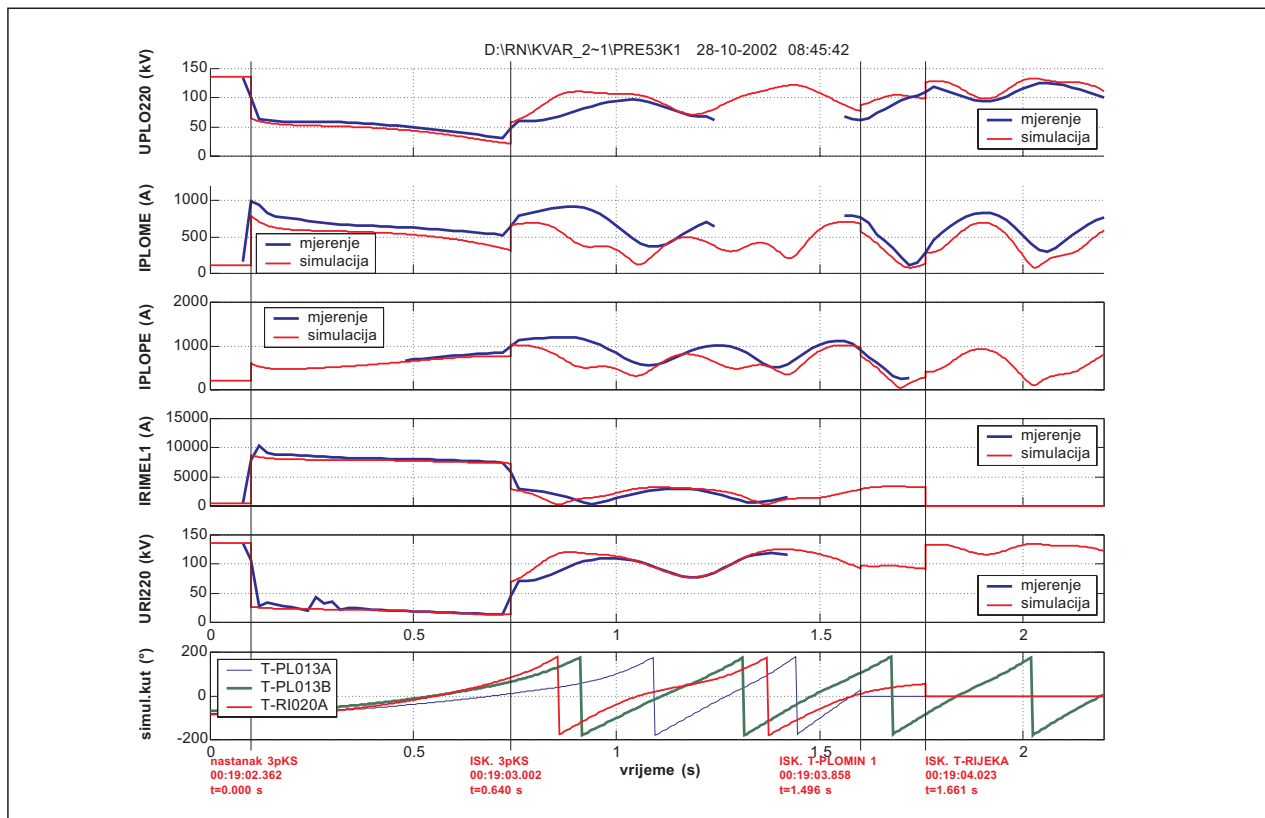
Simulacija promatranog poremećaja provedena je korištenjem nelinearnog dinamičkog višestrojnog modela sustava koji obuhvaća detaljni model elektroenergetskog sustava Hrvatske i BiH na razinama 400, 220 i 110 kV, te modele sustava Slovenije, Mađarske, Austrije, sjeverne Italije s ekvivalentiranim preostalim dijelom UCTE i CENTREL interkonekcije na naponskim razinama 400 i 220 kV. Sinkroni generatori su u pravilu prikazani modelima petog reda s odgovarajućim modelima sustava uzbude i modelima sustava regulacije brzine vrtnje.

Na modelu sustava je podešeno stacionarno stanje koje je približno odgovaralo polaznom stanju sustava prije poremećaja, a koje je rekonstruirano prema zapisima iz estimatora u nacionalnom dispečerskom centru u Zagrebu (DAM). Simuliran je trolezni kratki spoj na 220 kV DV TE Rijeka – TS Melina, napajanom iz smjera TE Rijeka i otvorenom na strani TS Melina, preko odgovarajuće impedancije. Iznos impedancije (jednak zbroju impedancije voda i impedancije na

mjestu kvara) određen je iz zapisa trenutačnih vrijednosti struja i napona koje je registrirao numerički relej REL521 u vodnom polju Melina 2 u TE Rijeka. S obzirom da nisu modelirane zaštite generatora, simulirana su isključenja agregata u točnim vremenima prema KRĐ listama iz objekata.

Dopunom i doradom modela sustava postiglo se razmjerno dobro podudaranje rezultata simulacijskih proračuna s raspoloživim referentnim stvarnim zapisima napona i struja. To je omogućilo da se postavi fizikalna slika predmetnog poremećaja i jednoznačno utvrdi prijelazna nestabilnost agregata TE Rijeka, TE Plomin 1 i TE Plomin 2, odnosno pogonska prijelazna nestabilnost hrvatskog sustava.

Usporedba efektivnih vrijednosti faznih napona i struja iz simulacijskog proračuna s onima izmjenjenim na odgovarajućim mjestima u sustavu prikazana je na slici 3 (varijable su označene kraticama prema sljedećem ključu: UPLO220 – napon 220 kV u TE Plomin, IPLOME – struja na vodu Plomin-Melina, IPLOPE - struja na vodu Plomin-Pehlin, IRIMEL1 – struja na vodu TE Rijeka – Melina 1 te URI220 – napon sabirnica 220 kV u TE Rijeka). Uočava se razmjerno dobra podudarnost simulacijskih rezultata sa stvarnim zapisima pa se simulacijski model mogao iskoristiti za procjenu vremenskog tijeka ostalih varijabli koje nisu snimane tijekom poremećaja. Tako su, npr. na slici 3 na najdonjem grafu prikazani i kutovi ro-



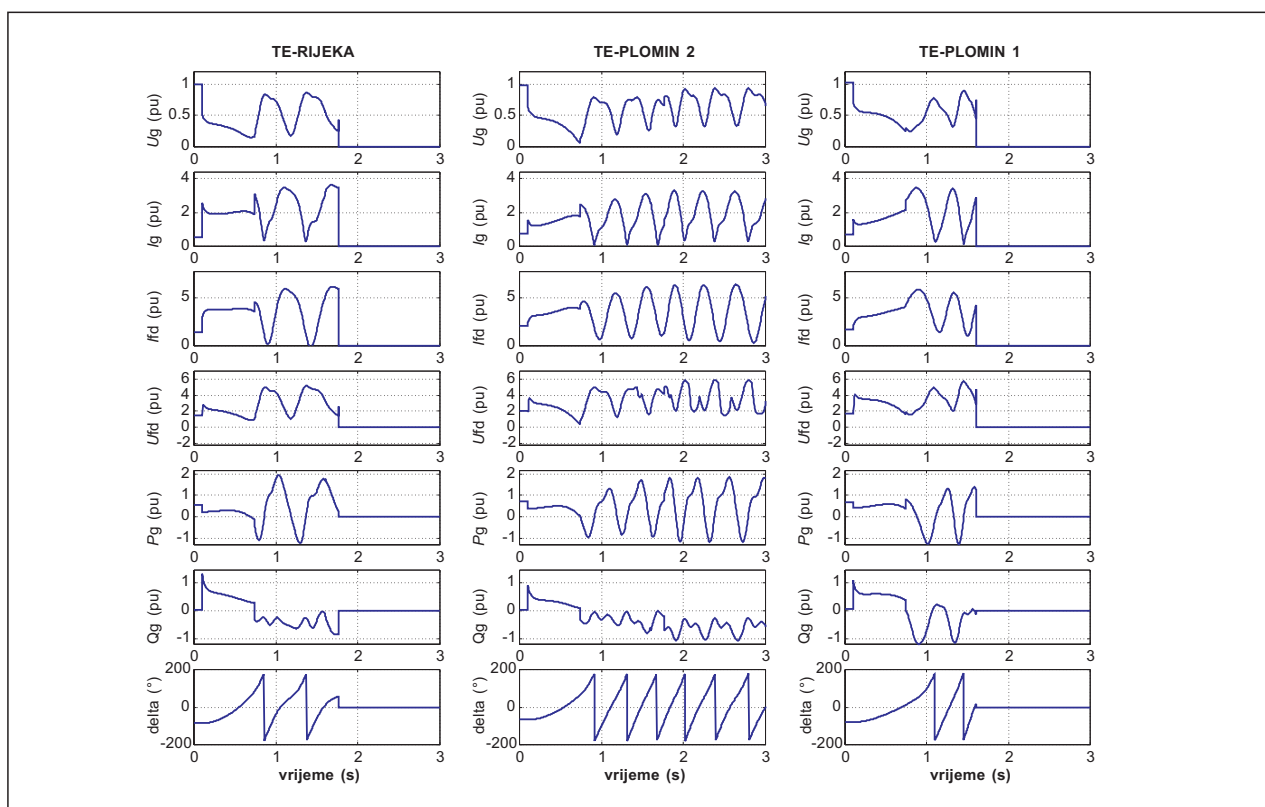
Slika 3. Usporedba simuliranih i mjenjenih odziva karakterističnih veličina u sustavu tijekom poremećaja i kutovi rotora generatora TE Rijeka, TE Plomin 1 i TE Plomin 2 iz simulacije

tora generatora TE Rijeka (T-RI020A), TE Plomin 1 (T-PL013A) i TE Plomin 2 (T-PL013B) iz simulacije ("simul.kut") dok su na slici 4 prikazani odzivi i ostalih karakterističnih veličina za sva tri turboagregata dobiveni iz simulacijskog proračuna (Ug-napon generatora, Ig-struja generatora, Ifd-struja uzbude generatora, Ufd-napon uzbude generatora, Pg-djelatna snaga generatora, Qg-jalova snaga generatora i delta-kut rotora generatora u odnosu na sinkronu os). Odzivi kutova rotora generatora zorno prikazuju gubitak prijelazne stabilnosti agregata TE Rijeka, TE Plomin 1 i TE Plomin 2 u predmetnom poremećaju. Iz stvarno snimljenih i simulacijom dobivenih odziva efektivnih vrijednosti faznih napona u čvorovima Plomin 220 kV i TE Rijeka 220 kV (slika 3, UPLO220 i URI220) vidljiva je i ozbiljna amplitudna degradacija napona koja je ugrozila sigurnost hrvatskog sustava i po kriteriju stabilnosti napona. Proradu tehnološke

mjesta i vrste inicijalnog kvara kao u razmatranom poremećaju od 20. 9. 2003., simulacijom na modelu prvo je provjerena prijelazna stabilnost sustava za slučaj da je kvar otklonjen u vremenu od 150 ms, a potom je istraženo i kritično trajanje kvara po kriteriju prijelazne stabilnosti.

Odstupanja kutova rotora svih generatora u modelu sustava prema sinkronoj osi za slučaj simuliranog stvarnog kvara trajanja 640 ms prikazani su na slici 5 lijevo, a za slučaj kvara u trajanju 150 ms na slici 5 desno. Slika 5 desno jednoznačno pokazuje da bi prijelazna stabilnost sustava bila sačuvana da je predmetni trolpolni kratki na 220 kV DV TE Rijeka – TS Melina 2 otklonjen u vremenu od 150 ms, odnosno u prvoj zoni šticejenja.

Za kritično trajanje predmetnog kvara $T_{k_{3pKS}}=445$ ms (bez gubitka prijelazne stabilnosti hrvatskog sustava)



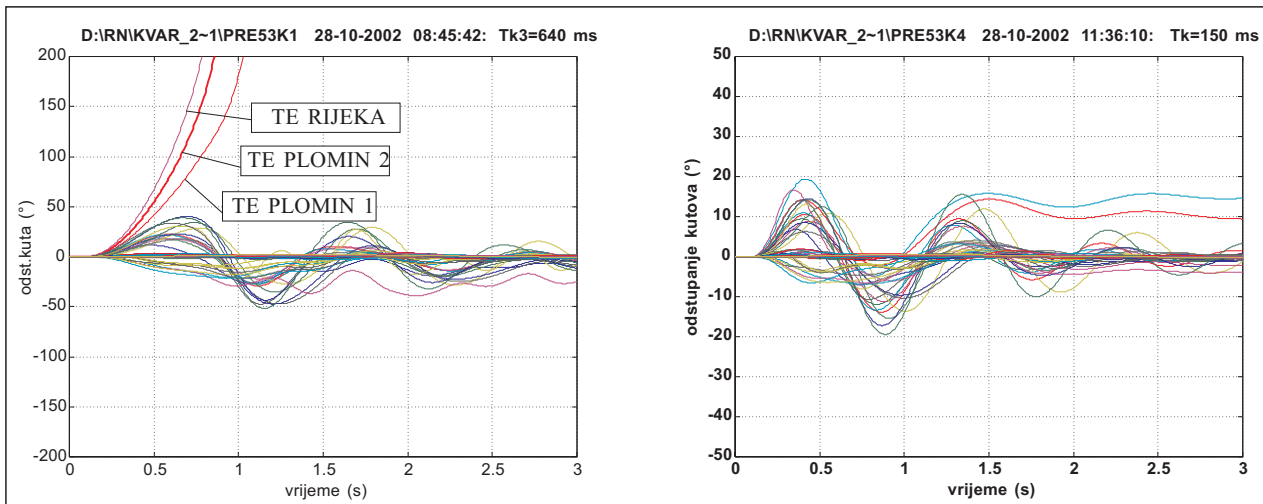
Slika 4. Varijable agregata TE Rijeka, TE Plomin 1 i TE Plomin 2 tijekom poremećaja (simulacija)

zaštite od preniskog tlaka ulja za hlađenje reduktora mlinova za ugljen u TE Plomin 2 može se s velikom sigurnošću pripisati amplitudnoj degradaciji napona.

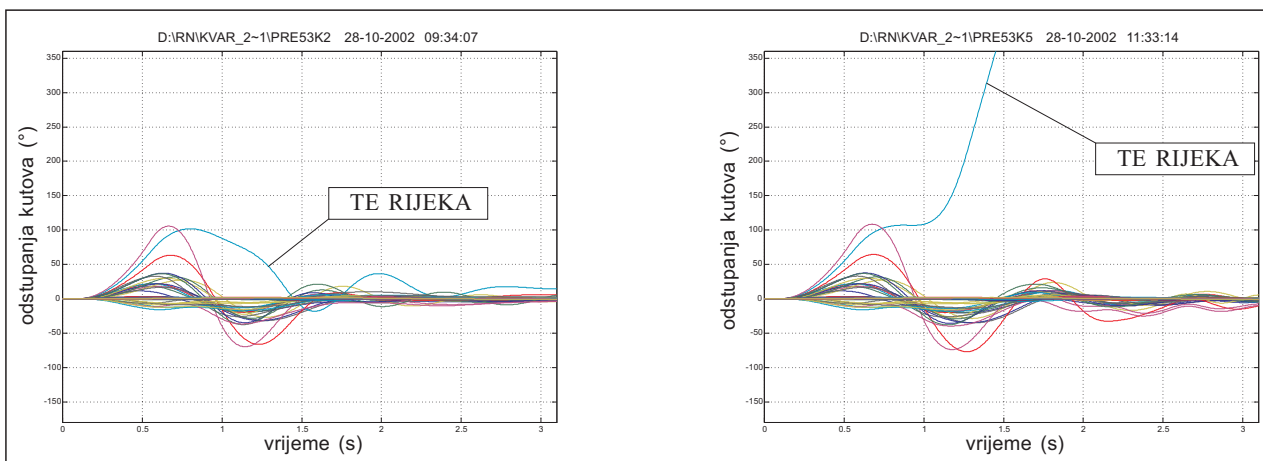
Na slikama 3 i 4 vidi se i to da su agregati TE Rijeka i TE Plomin 1 ispalili nakon drugog preskoka pola rotora u odnosu na sinkronu os. Agregat TE Plomin 2 bio je, međutim, u asinkronom radu tijekom 9 sekundi (na slici 4 su prikazane samo prve tri sekunde pojave).

Na tako verificiranom modelu istraženi su i neki hipotetski scenariji. Polazeći od istog stacionarnog stanja,

odzivi odstupanja kutova rotora svih generatora u modelu sustava prikazani su na slici 6 lijevo. Odzivi odstupanja kutova rotora svih generatora za slučaj trajanja kvara $T_{3pKS}=450$ ms prikazani su na slici 6 desno. Agregat TE Rijeka u tom slučaju gubi prijelaznu stabilnost pa je i hrvatski sustav zbog toga prijelazno nestabilan. Može se zaključiti da bi prijelazna stabilnost sustava u slučaju predmetnog kvara bila sačuvana da je vrijeme odgode djelovanja zaštite u drugoj zoni šticejenja bilo 300 ms a ne 500 ms.



Slika 5. Odzivi odstupanja kutova rotora svih generatora prema sinkronoj osi za slučaj simuliranog stvarnog kvara trajanja 640 ms (lijevo) i istovrsnog kvara trajanja 150 ms (desno)



Slika 6. Odzivi odstupanja kutova rotora generatora prema sinkronoj osi za kritično trajanje trolnog kratkog spoja za isto polazno stacionarno stanje, mjesto i vrstu poremećaja kao u razmatranom poremećaju od 20. 9. 2002.

5. ZAKLJUČAK

U promatranom velikom poremećaju izgubljena je stabilnost hrvatskog sustava po kriteriju prijelazne stabilnosti i narušena po kriteriju stabilnosti napona. Nakon isključenja generatora koji su izgubili sinkronizam, stabilnost sustava je ponovno uspostavljena zahvaljujući dobroj povezanosti čvorova Plomin i Pehlin s ostatkom hrvatskog EES-a i povezanosti hrvatskog EES-a s UCTE interkonekcijom. Premda nije došlo do prekida u opskrbi potrošača, valja istaknuti da se radi o iznimno teškom poremećaju s velikim naprezanjima bliskih proizvodnih jedinica te da su u nekom drugom početnom stanju posljedice za sustav mogle biti mnogo ozbiljnije.

Gledano sa stanovišta pogonske sigurnosti sustava kritični kvar je trajao nedopustivo dugo. Zaštita na pogodnom vodu djelovala je ispravno, no postavlja se pitanje kako efikasnije zaštititi sustav i u takvim specifičnim okolnostima. U konkretnom slučaju, za

štićenje kratkih 220 kV dalekovoda TE Rijeka – TS Melina moguće je rješenje s uzdužnom diferencijalnom zaštitom pa se i preporuča da se takva zaštita čim prije ugradi na te vodove. Inače, ovaj slučaj ukazuje na potrebu da se vremenskom stupnjevanju zaštita posveti više pozornosti, posebno na vodovima preko kojih se generatori priključuju na sustav. U konkretnom slučaju, generatori TE Rijeka, TE Plomin 1 i TE Plomin 2 prema rezultatima simulacijskog proračuna ne bi izgubili prijelaznu stabilnost uz zateg djelovanja zaštite u drugoj zoni od cca 300 ms.

Na temelju provedenih istraživanja predlaže se također da se ugradi zaštita od gubitka sinkronizma i registratori prijelaznih pojava na sva tri turboagregata - TE Rijeka, TE Plomin 1 i TE Plomin 2. U TE Plomin 2 treba revidirati podešenja zaštita i provjeriti selektivnost i koordinaciju djelovanja generatorskih i mrežnih zaštita. Općenito, uočava se potreba za studijama selektivnosti i koordinacije mrežnih zaštita i zaštita agregata za proizvodne jedinice u hrvatskom sustavu.

Kvalitetni zapisi prijelaznih pojava i događaja iz sustava nužan su preduvjet za kvalitetnu analizu poremećaja. Već je i korištenje zapisa iz numeričkih zaštita kvalitativni iskorak, a poželjno bi bilo imati namjenske registratore prijelaznih pojava na svim proizvodnim jedinicama i u strateški odabranim točkama sustava. Kronološki registratori događaja i registratori prijelaznih pojava trebaju imati redundantno napajanje iz sigurnih izvora čiji napon ne ovisi o naponu mreže. Posebno valja voditi računa da zapisi budu sinkronizirani sa signalom točnog vremena.

U evaluaciji i uspostavi fizikalne slike poremećaja uspješno je primijenjena izvorna metoda u kojoj se koriste stvarni pogonski zapisi i rezultati simulacijskih istraživanja na dinamičkom modelu sustava.

Rezultati simulacijskih analiza provedenih na verificiranim modelima sustava dobra su podloga za predikciju pogonskih događaja, podešavanje i koordinaciju djelovanja sustava zaštite i procjenu pogonske sigurnosti sustava.

LITERATURA

- [1] H. BREULMANN i drugi. "Analysis and Damping of Inter-Area Oscillations in the UCTE/CENTREL Power System", R 38-113, CIGRE Pariz 2000.
- [2] M. STOJSAVLJEVIĆ i drugi, "Kolokvij 'Veliki poremećaj u hrvatskom EES-u s ispadima agregata TE Plomin 1, TE Plomin 2 i TE Rijeka 20. 9. 2002. s početkom u 00:19:2.363 uzrokovan 3pKS na 220 kV DV TE Rijeka – TS Melina 2' ", Institut za elektroprivredu i energetiku i HEP, Plomin 29. 10. 2002.

P. S.

U tijeku pripreme ovog članka za tisak primljena je vijest da je na jednom 220 kV DV TE Rijeka – TS Melina već ugrađena uzdužna diferencijalna zaštita koja trenutno radi u ispitnom modu. Do trenutka primanja ove vijesti nije bilo kvarova unutar zone štice zaštite, ali su zabilježeni kvarovi izvan zone štice zaštite kod kojih zaštita nije djelovala, čime je pokazana njena stabilnost na kvarove izvan zone štice zaštite. Zaštita je naručena i za drugi 220 kV DV TE Rijeka – TS Melina i bit će ugrađena i stavljena u ispitni mod tijekom 2004. godine.

MAJOR DISTURBANCE IN THE CROATIAN SYSTEM ON SEPTEMBER 20, 2002, WITH LOSS OF TRANSIENT STABILITY AND OUTAGE OF TPP RIJEKA, PLOMIN 1 AND PLOMIN 2 UNITS – CAUSES AND CONSEQUENCES

The disturbance in the Croatian electric power system is considered to have been caused by three-phase short circuit on 220 kV TPP Rijeka – TS Melina that resulted in transient instability and outages of units in TPP Rijeka, TPP Plomin 1 and Plomin 2. The evaluation and determination of physical background of the disturbance source method ap-

plied uses real operation data and results of simulation research on a dynamic model of the system. The follow-up of the event was reconstructed based on current voltage values and the current from numerical line protection in a part of the 220 kV regional network and KR D data of stationary state from DAM programming package (Dispatcher Analysis of Network) of the National Dispatching Center (NDC) in Zagreb. The disturbance was simulated on the multi-machine dynamic model of the system. Fairly good coincidence of simulation and real data of voltage and current enabled the determination of transient stability of units TPP Rijeka, TPP Plomin 1 and TPP Plomin 2, whereby the Croatian system became transiently unstable. Also, system security by voltage stability criteria was disturbed. Finally, based on the research, the range and significance of disturbance are given as well as necessary future activities.

GROSSE STÖRUNG IM KROATISCHEN SYSTEM AM 20.9.2002 MIT DEM STABILITÄTSVERLUST UND SATZAUSFÄLLEN DER KRAFTWERKE RIJEKA, PLOMIN I UND PLOMIN II - URSACHEN UND FOLGEN

Die Störung im kroatischen Stromversorgungssystem, verursacht durch den dreipoligen Kurzschluß an der 220 kV-Verbindung der Umspannerwerke "Kraftwerk Rijeka" und "Melina", wurde nachgeforscht. Beim Gestalten und Bewerten der physikalischen Darstellung dieser Störung wendete man ein originelles Verfahren unter Nutzung der tatsächlichen, schriftlich festgelegten Betriebsdaten, und der Forschungsergebnisse eines dynamischen Nachahmungsmodells dieses Systems an. Auf Grund der Strom und Spannungs-Momentanwerte (protokolliert durch numerisch wirkende Leitungsschutzvorrichtungen im entsprechenden Teil des 220 kV Netzes), und des Protokolls chronologischer Ereignisse (kroatische Abkürzung KR D) im stationären Zustand, wurde die Folge der Ereignisse wiederhergestellt. Dazu bediente man sich des Programmpakets für Lastverteiler-Netzanalyse (kroatische Abkürzung NDC) in Zagreb.

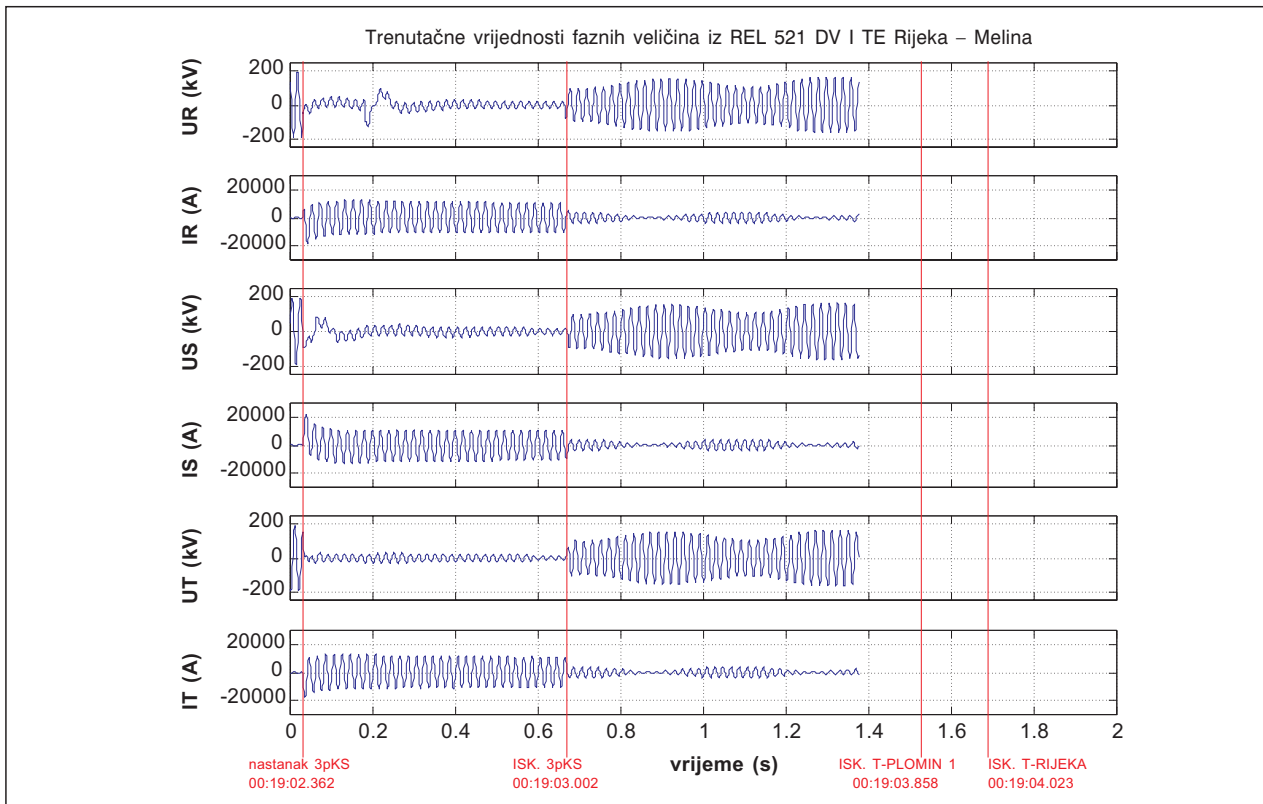
Die Störung ist danach am dynamischen Mehrsatzmodell des Systems nachgeahmt worden. Verhältnismäßig gutes Übereinstimmen der Nachahmungsberechnungen mit den tatsächlichen, protokollierten Strömen und Spannungen, hat die eindeutige Feststellung des Stabilitätsverlustes im Übergangsstadium der Turbosätze von Kraftwerken "Rijeka", "Plomin I" und "Plomin II", und damit des ganzen kroatischen Systems, möglich gemacht. Laut dem Spannungsstabilitätskriterium kam es ebenfalls zur Sicherheitsstörung des ganzen Systems. Auf Grund durchgeführter Forschungen ist schließlich auf den Umfang und die Ernsthaftigkeit der Störung betont hingewiesen, wie ebenfalls auf die notwendigen Eingriffe.

Naslov pisaca:

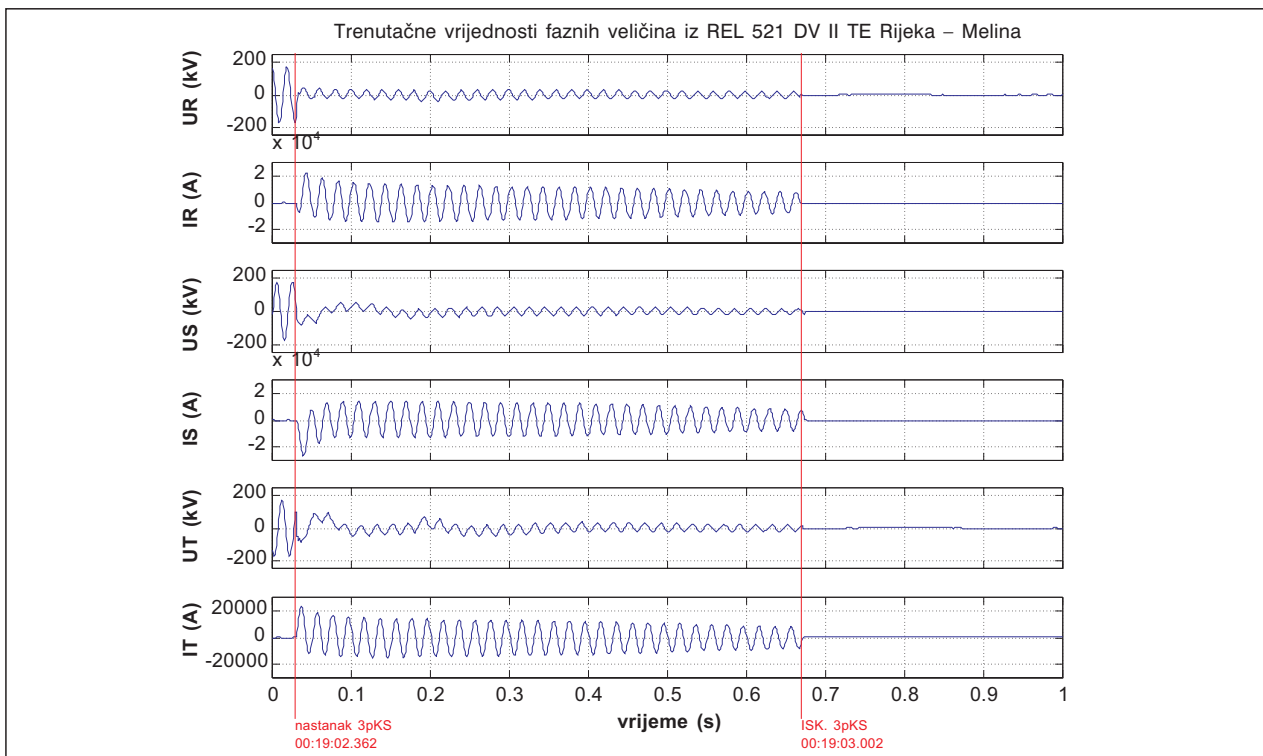
Mr. sc. Darko Nemeč, dipl. ing.
mr. sc. Milan Stojsavljević, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu
i energetiku d.d., Zagreb
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2004 – 01 – 27.

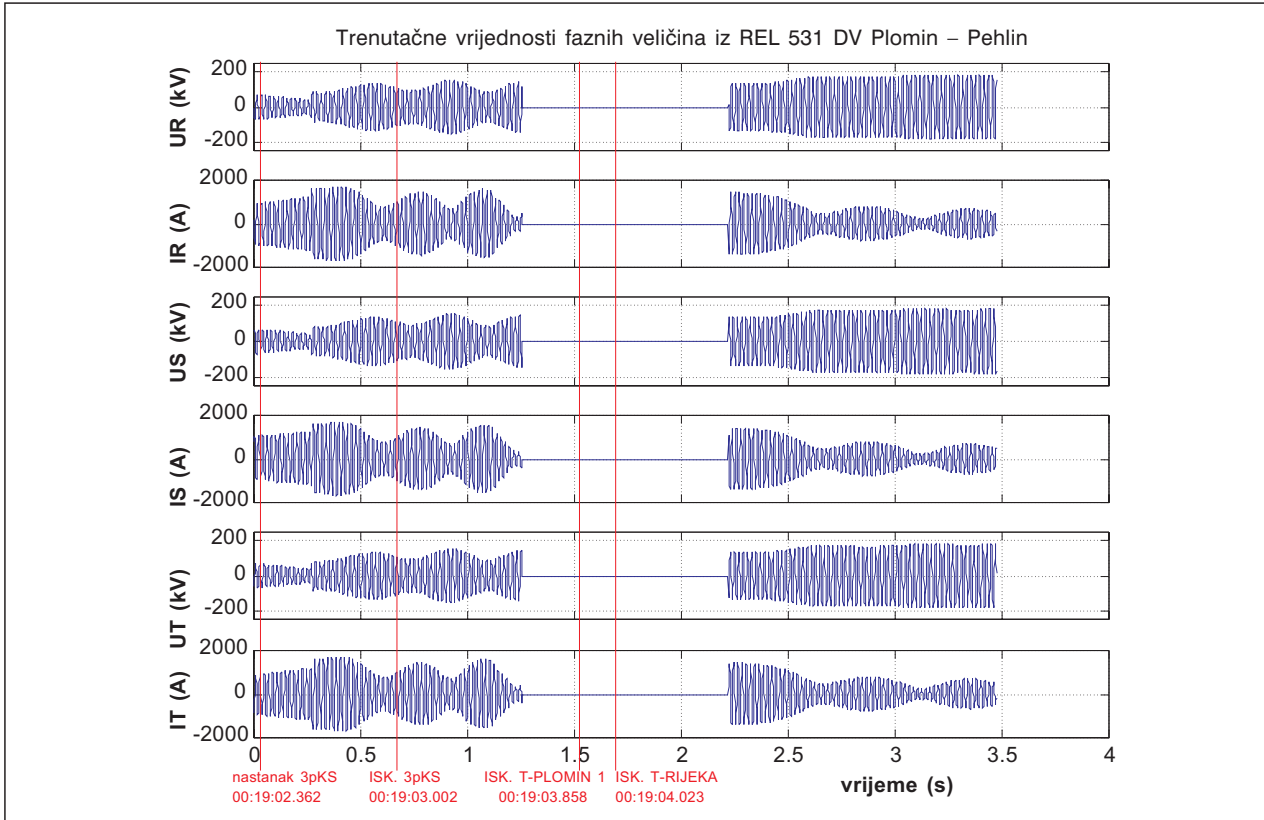
PRILOG – Zapisi trenutačnih vrijednosti napona i struja iz numeričkih releja tijekom poremećaja



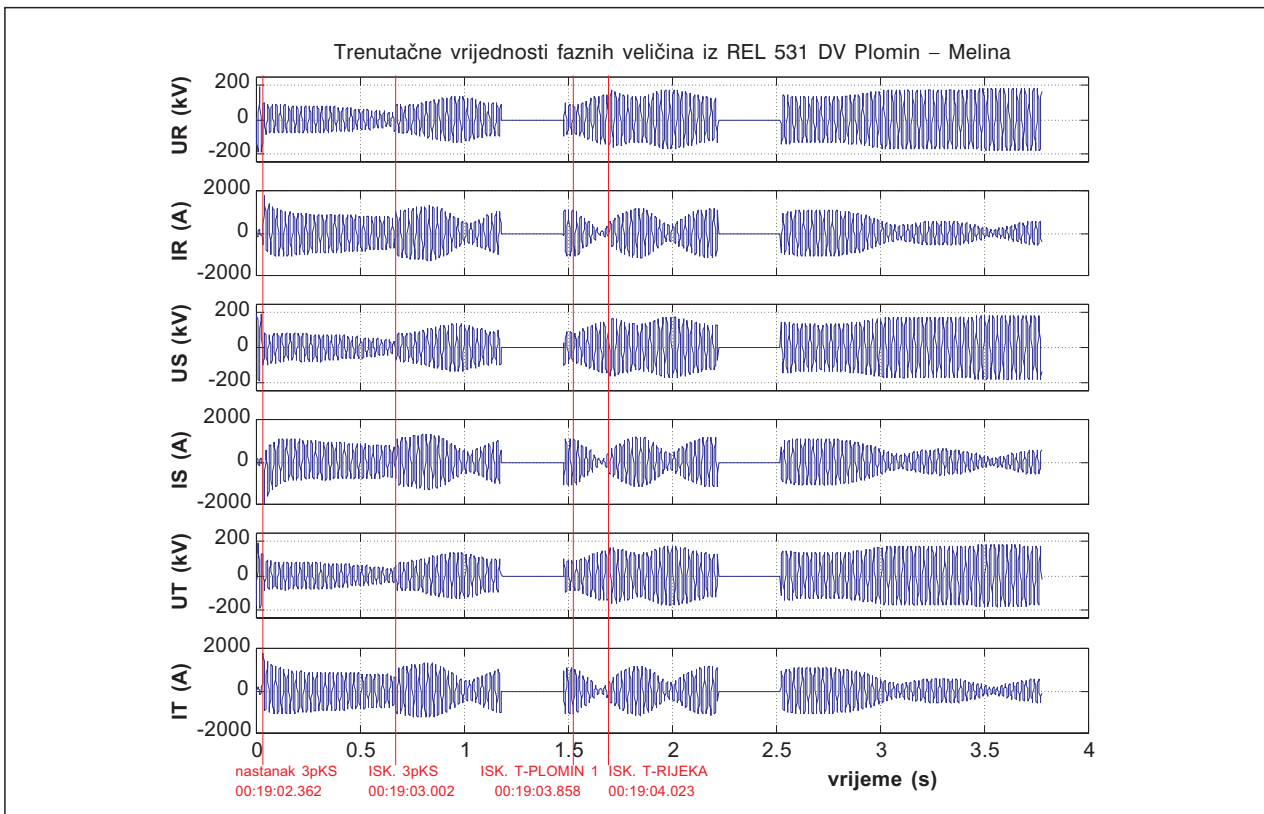
Slika P-1 – Odzivi trenutačnih vrijednosti struja i napona na 220 kV DV Rijeka – Melina 1



Slika P-2 – Odzivi trenutačnih vrijednosti struja i napona na 220 kV DV Rijeka – Melina 2



Slika P-3 – Odzivi trenutačnih vrijednosti struja i napona na 220 kV DV Plomin – Pehlin



Slika P-4 – Odzivi trenutačnih vrijednosti struja i napona na 220 kV DV Plomin – Melina

