

DINAMIČKO PONAŠANJE HRVATSKOG EES-a KOD UKLJUČENJA / ISKLJUČENJA 400 kV DALEKOVODA TUMBRI – HÉVÍZ

Mr. sc. Milan Stojavljević – dr. sc. Muharem Mehmedović – mr. sc. Darko Nemec –
Jakov Sinovčić – Šime Radić – Marinko Rogić – Vladimir Grujić, Zagreb

UDK 621.311.47:621.311.1
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Prikazani su rezultati mjerenja dinamičkih odziva karakterističnih veličina u hrvatskom EES-u tijekom prijelazne pojave nakon isključenja odnosno ponovnog uključivanja 400 kV DV Tumbri – Hévíz. Snimani su odzivi djelatnih snaga na karakterističnim vodovima u TS Tumbri, TS Melina i TS Konjsko te frekvencija napona 400 kV u TS Melina i TS Konjsko. Dani su karakteristični pokazatelji dominantnog moda elektromehaničkih oscilacija u hrvatskom EES-u. Usporedba rezultata mjerenja sa simulacijskim rezultatima pokazuje da su prema očekivanju simulacijski rezultati konzervativniji i ukazuje na potrebu prikupljanja preciznijih podataka za dinamičke modele.

Ključne riječi: prijelazne pojave, karakteristične veličine, dinamički odziv, elektromehaničke oscilacije, simulacijski rezultat, 400 kV dalekovod Tumbri – Hévíz.

1. UVOD

Istraživanje dinamičkog ponašanja elektroenergetskog sustava uglavnom se provodi pomoću simulacijskih modela, i to na planskim konfiguracijama prijenosne mreže. Za provjeru valjanosti modela i verifikaciju simulacijskih rezultata od neprocjenjive je koristi provedba ispitivanja dinamičkog ponašanja sustava u realnim uvjetima te usporedba rezultata mjerenja s rezultatima simulacijskih proračuna. Takva praksa uobičajena je u svjetskim elektroprivredama, a u nekima se za te svrhe koristi čak i trajno ugrađena oprema za automatsku registraciju dinamičkog ponašanja sustava.

U hrvatskom EES-u do sada nisu provedena ispitivanja dinamičkog ponašanja sustava iako su u posljednjih deset godina eksploatacije tijekom i nakon restoracije sustava bili uočavani, a i sada su prisutni, problemi s dinamičkom stabilnošću sustava u karakterističnim konfiguracijama i stacionarnim stanjima.

Od mađarske strane planirano i zatraženo isključenje 400 kV dalekovoda Tumbri – Hévíz u travnju 2000. godine iskorišteno je da se po prvi put snimi dinamičko ponašanje hrvatskog EES-a kod isključenja, odnosno uključivanja tog dalekovoda. U tu je svrhu na inicijativu HEP-a, odnosno Sektora za vođenje i gospodarenje EES-om, organizirano i izvršeno snimanje karakterističnih veličina stanja sustava u tri 400 kV čvora hrvatskog EES-a: 400/110 kV TS Tumbri, 400/220/110 kV TS Melina i 400/220/110 kV TS Konjsko.

Dobiveni rezultati su analizirani i uspoređeni s rezultatima simulacijskih proračuna. Simulacijski model za proračune stabilnosti u vremenskoj domeni obuhvaćao je 400, 220 i 110 kV razine hrvatskog EES-a, 400 i 220 kV mrežu EES-a Slovenije (s dijelom ekvivalentirane 110 kV mreže), 400 i 220 kV razinu EES-a Mađarske, dio EES-a Bosne i Hercegovine na razinama 400 i 220 kV sa 110 kV mrežom u južnom dijelu, te nadomjesne modele EES-a UCTE/CENTREL na naponskim razinama 400 i 220 kV. Polazna stacionarna stanja za simulaciju bila su tako podešena da se što bolje podudaraju sa stacionarnim stanjima iz mjerenja.

2. ZNAČAJKE ORGANIZACIJE ISPITIVANJA

Ispitivanja su trebala obuhvatiti pokus isključenja (05. 04. 2000.) i pokus ponovnog uključivanja (06. 04. 2000.) 400 kV dalekovoda Tumbri – Hévíz. Zbog sistemskog karaktera istraživanih pojava i interakcije sa susjednim EES-ima, sudjelovanja velikog broja stručnjaka različitih specijalnosti u izvođenju pokusa i nemogućnosti ponavljanja pokusa ispitivanje je zahtijevalo pažljivu pripremu, planiranje i koordinaciju aktivnosti za oba pokusa. To je bilo regulirano programom ispitivanja koji je obuhvatio:

- pripremu i provedbu mjerenja i registracije veličina stanja na tri dislocirana mjerna mjesta u hrvatskom EES-u i to u TS Tumbri, TS Melina i TS Konjsko

- organiziranje i prikupljanje podataka stacionarnog stanja u hrvatskom EES-u i susjednim EES-ima prije i nakon isključenja, odnosno uključena dalekovoda
- koordinaciju provedbe pokusa, i
- organizaciju sustava komunikacija.

Ispitivanja su izvršili stručnjaci Instituta za elektroprivredu i energetiku Zagreb, HEP-a (Sektor za vođenje i gospodarenje EES-om, PrP Zagreb, PrP Opatija, PrP Split,) nacionalnih dispečerskih centara susjednih EES-a Slovenije, Mađarske i BiH, Fakulteta elektrotehnike i računarstva Zagreb i Končar Inem-a.

2.1. Mjerni signali i mjerna oprema

Tijekom pokusa snimane su odabrane sljedeće karakteristične veličine:

TS 400/110 Tumbri	tok djelatne snage na 400 kV DV Tumbri-Hévíz
	tok djelatne snage na 400 kV DV Tumbri-Melina
	tok djelatne snage na 400 kV DV Tumbri-Krško
TS 400/220/110 Melina	tok djelatne snage na 400 kV DV Melina-Tumbri
	tok djelatne snage na 400 kV DV Melina-RHE Velebit
	tok djelatne snage na 400 kV DV Melina-Divača
	frekvencija napona na 400 kV sabirnicama
TS 400/220/110 Konjsko	tok djelatne snage na 400 kV DV Konjsko-RHE Velebit
	tok djelatne snage na 220 kV DV Konjsko-Brinje
	tok djelatne snage na 220 kV DV Konjsko-Mostar
	frekvencija napona na 400 kV sabirnicama

S obzirom na razmjerno kratak rok za pripremu mjerenja odlučeno je da se svi mjerni signali uzmu iz postojećih mjernih pretvarača ugrađenih u transformatorskim stanicama. Analizom svojstava tih pretvarača utvrđeno je da oni uglavnom zadovoljavaju potrebe ovih mjerenja.

Mjerni signali snimani su sljedećim digitalnim registracijskim uređajima:

- u TS Tumbri: 6-kanalni uređaj za snimanje prijelaznih pojava ABB Goertz SE 560/561 (rezolucija 8 bita, uzorkovanje max. 1 MHz po kanalu, maksimalno 16000 uzoraka po kanalu)
- u TS Melina: 4-kanalni digitalni memorijski osciloskop LeCroy 9304AM (rezolucija 8 bita, uzorkovanje max. 100 MHz po kanalu, max. 250000 uzoraka po kanalu)
- u TS Konjsko 8-kanalna mjerna centrala Wavebook (rezolucija 12 bita).

2.2. Značajke izvođenja pokusa

Svaki pokus sastojao se u osnovi od sljedećih koraka:

- zapisa konfiguracije mreže i karakterističnih veličina (tokova djelatne i jalove snage, napona u čvorištima) u stacionarnom stanju u hrvatskom EES-u i susjednim EES-ima (Mađarska, Slovenija, Bosna i Hercegovina), približno dvije minute prije isključenja, odnosno uključena voda
- registriranja odziva karakterističnih veličina stanja sustava tijekom prijelazne pojave, u trajanju od najmanje 160 sekundi
- zapisa konfiguracije mreže i karakterističnih veličina (tokova djelatne i jalove snage, napona u čvorištima) u stacionarnom stanju u hrvatskom EES-u i susjednim EES-ima (Mađarska, Slovenija, Bosna i Hercegovina), približno dvije minute nakon isključenja, odnosno uključena voda.

U izvođenju pokusa angažiran je veći broj ekipa i sudionika, a ispitivanje je koordinirano iz nacionalnog dispečerskog centra u Zagrebu.

U zapisu stacionarnog stanja sudjelovalo je osoblje područnih dispečerskih centara hrvatskog EES-a u Rijeci, Osijeku i Splitu, osoblje dispečerskih centara susjednih EES-a u Ljubljani, Budimpešti i Sarajevu te osoblje nacionalnog dispečerskog centra u Zagrebu. Zapisi stacionarnih stanja nisu, strogo uzevši, istodobni jer su uvjetovani tehničkim mogućnostima postojećih sustava vođenja, kako u hrvatskom tako i u susjednim EES-ima. Nije bilo moguće da se po nalogu voditelja ispitivanja "zamrzne" stacionarno stanje već su se spremali i ispisivali ekranski prikazi stanja EES-a iz sustava vođenja. Za zapis stacionarnog stanja u hrvatskom EES-u korišteni su također rezultati iz estimatora stanja sustava (DAM) u nacionalnom dispečerskom centru.

Snimanje odziva karakterističnih veličina stanja sustava tijekom prijelazne pojave provodile su tri mjerne ekipe. Početak snimanja koordiniran je telefonskim nalogima iz nacionalnog dispečerskog centra u Zagrebu.

3. REZULTATI ISPITIVANJA

Tokovi djelatnih snaga registrirani neposredno prije izvođenja pokusa i vremenski odzivi djelatnih snaga na odabranim dalekovodima tijekom prijelaznog procesa prikazani su na shematskom prikazu 400 i 220 kV prijenosne mreže hrvatskog EES-a i dijela EES-a BiH.

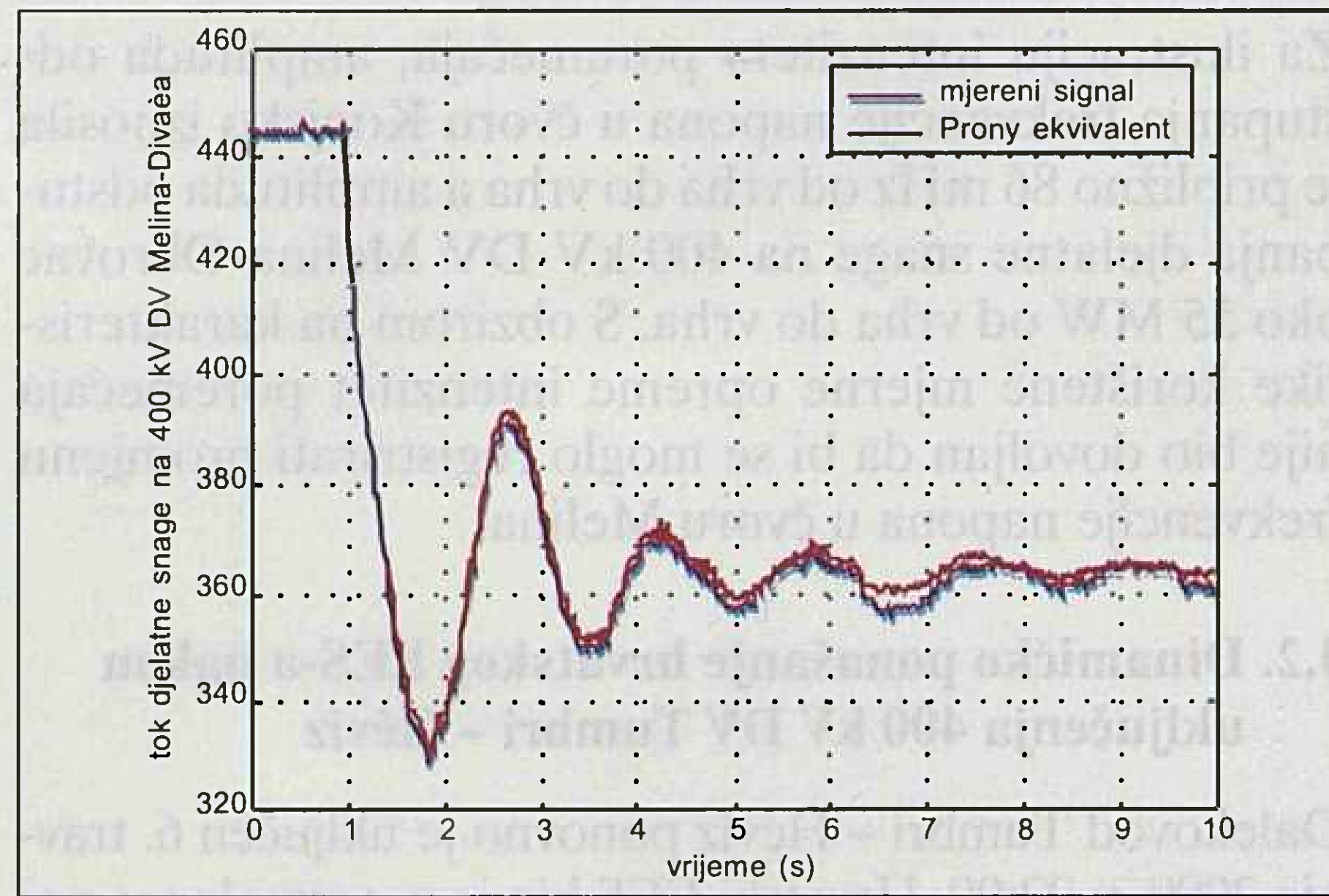
3.1. Dinamičko ponašanje hrvatskog EES-a nakon isključenja 400 kV DV Tumbri – Hévíz

Dalekovod Tumbri – Hévíz isključen je 5. travnja 2000. u 7:20. Neposredno prije isključenja tim je vodom iz Mađarske u Hrvatsku teklo približno 250 MW. Hrvatski EES bio je u normalnom pogonskom stanju sa svim 400 i 220 kV vodovima u pogonu. U 220 kV čvor Đakovo iz smjera Gradačca ulazilo je približno 143 MW.

Značajke osnovnog moda elektromehaničkih oscilacija (nihanja) određeni su Pronyjevim postupkom. Rezultati Pronyjeve analize prikladno odabranog segmenta jednog karakterističnog signala (toka djelatne snage na 400 kV DV Melina-Divača) prikazani su na slici 1.

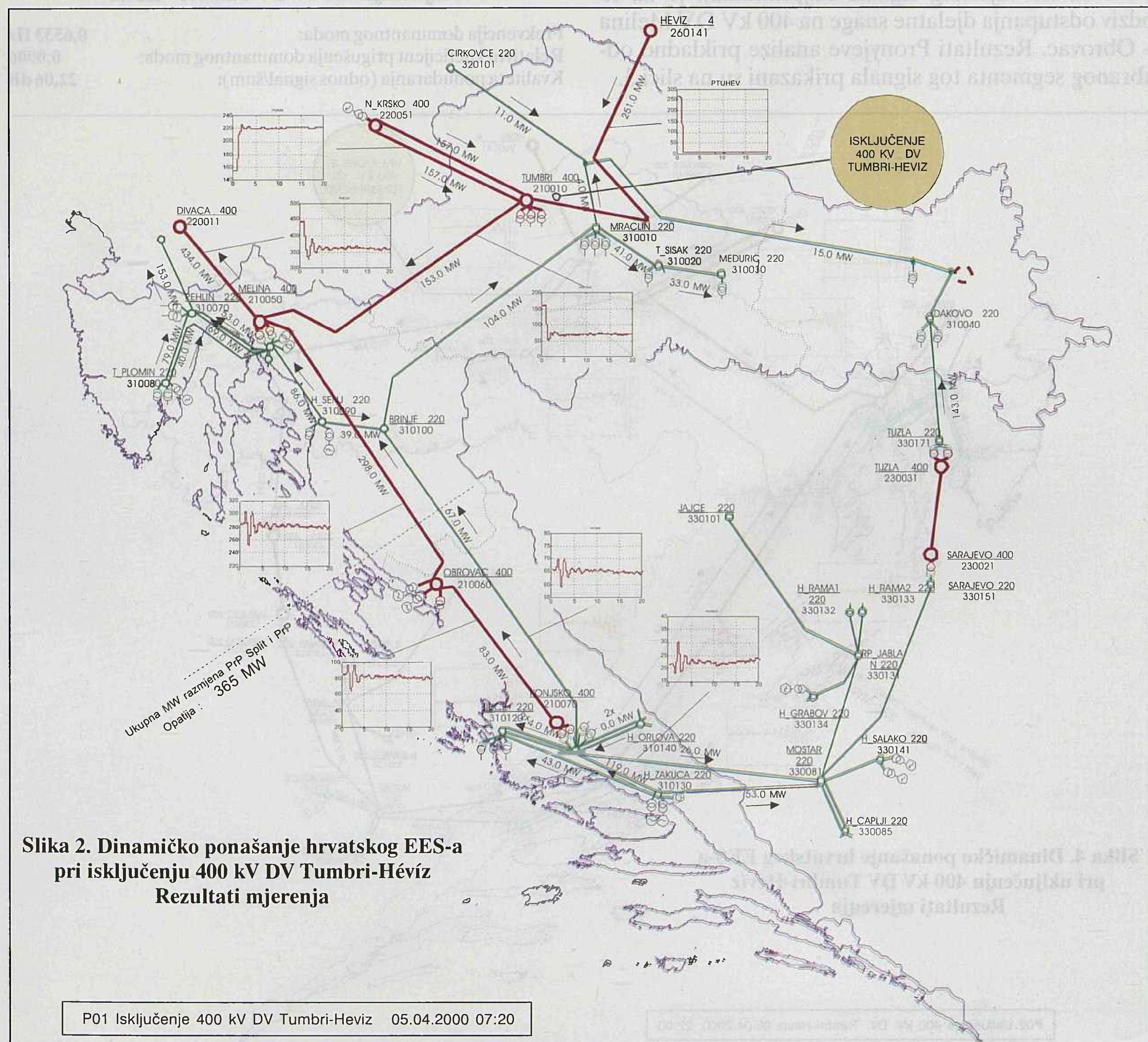
Odziv sustava u ovom pokusu, prezentiran odzivom toka djelatne snage na 400 kV DV Melina-Divača, dobro je prigušen, s relativnim koeficijentom prigušenja osnovnog moda nihanja $\zeta = 0,107$ većim od iskustveno usvojenog i prihvatljivog iznosa prigušenja $\zeta = 0,05$. Frekvencija osnovnog moda nihanja iznosila je pritom približno 0,62 Hz.

Na slici 2. prikazani su na shematskom prikazu 400 i 220 kV mreže EES-a Hrvatske i dijela EES BiH zapisani tokovi djelatne snage neposredno prije pokusa i snimljeni odzivi karakterističnih veličina stanja sustava u pokusu isključenja 400 kV DV Tumbri - Hévíz. Kako su pojave od interesa u frekvencijskom području od 0.1 do 1 Hz prikazano je radi preglednosti samo prvih 20 sekundi pojave.



Slika 1. Rezultat Pronyjeve analize relevantnog segmenta mjernog signala odstupanja djelatne snage na 400 kV DV Melina – Divača u pokusu isključenja 400 kV DV Tumbri – Hévíz

Frekvencija dominantnog moda:	0,6199 Hz
Relativni koeficijent prigušenja dominantnog moda:	0,1070
Kvaliteta podudaranja (odnos signal/šum):	20,48 dB



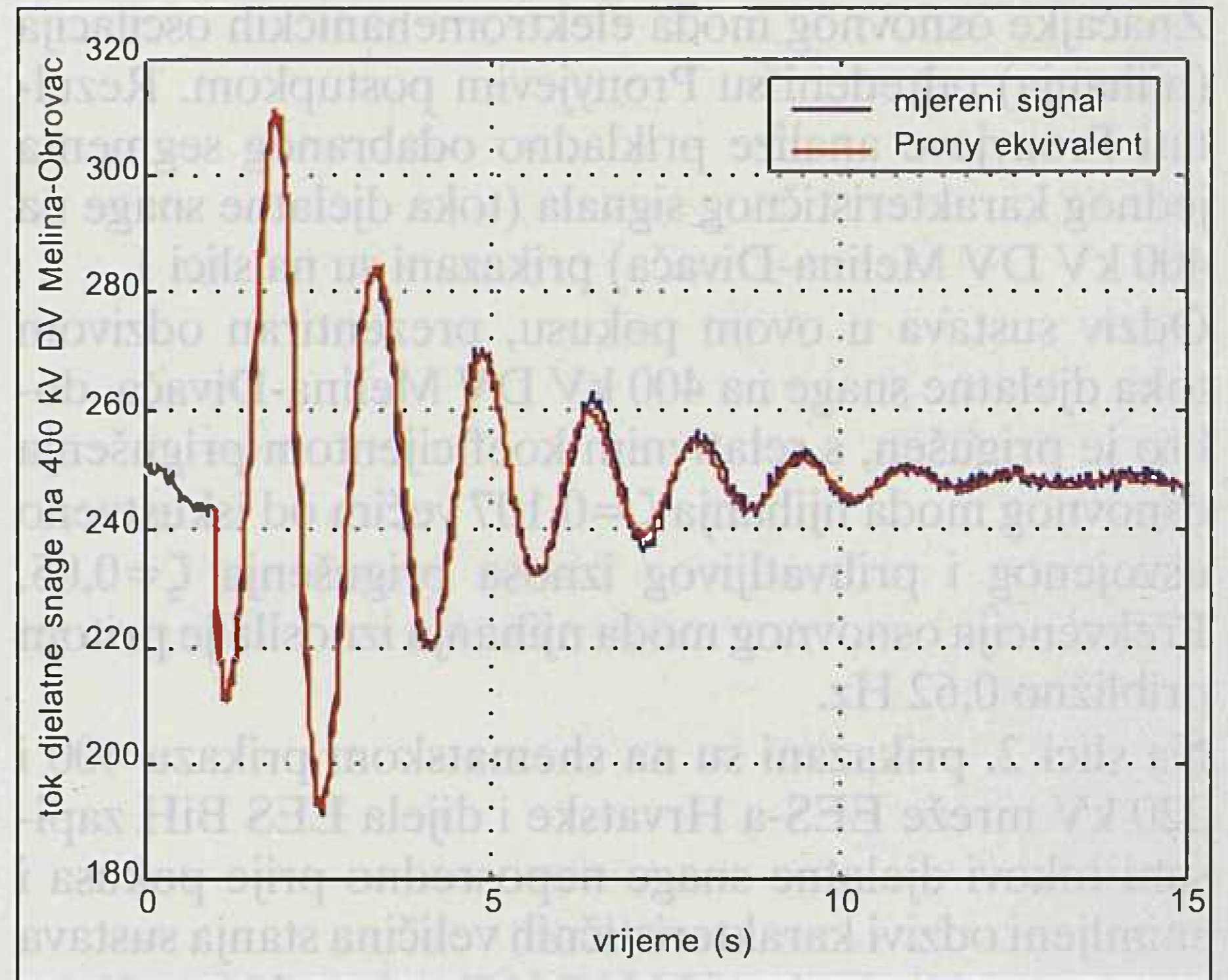
Slika 2. Dinamičko ponašanje hrvatskog EES-a pri isključenju 400 kV DV Tumbri-Hévíz
Rezultati mjerenja

Za ilustraciju intenziteta poremećaja, amplituda odstupanja frekvencije napona u čvoru Konjsko iznosila je približno 86 mHz od vrha do vrha a amplituda odstupanja djelatne snage na 400 kV DV Melina-Obrovac oko 55 MW od vrha do vrha. S obzirom na karakteristike korištene mjerne opreme intenzitet poremećaja nije bio dovoljan da bi se moglo registrirati promjenu frekvencije napona u čvoru Melina.

3.2. Dinamičko ponašanje hrvatskog EES-a nakon uključenja 400 kV DV Tumbri – Hévíz

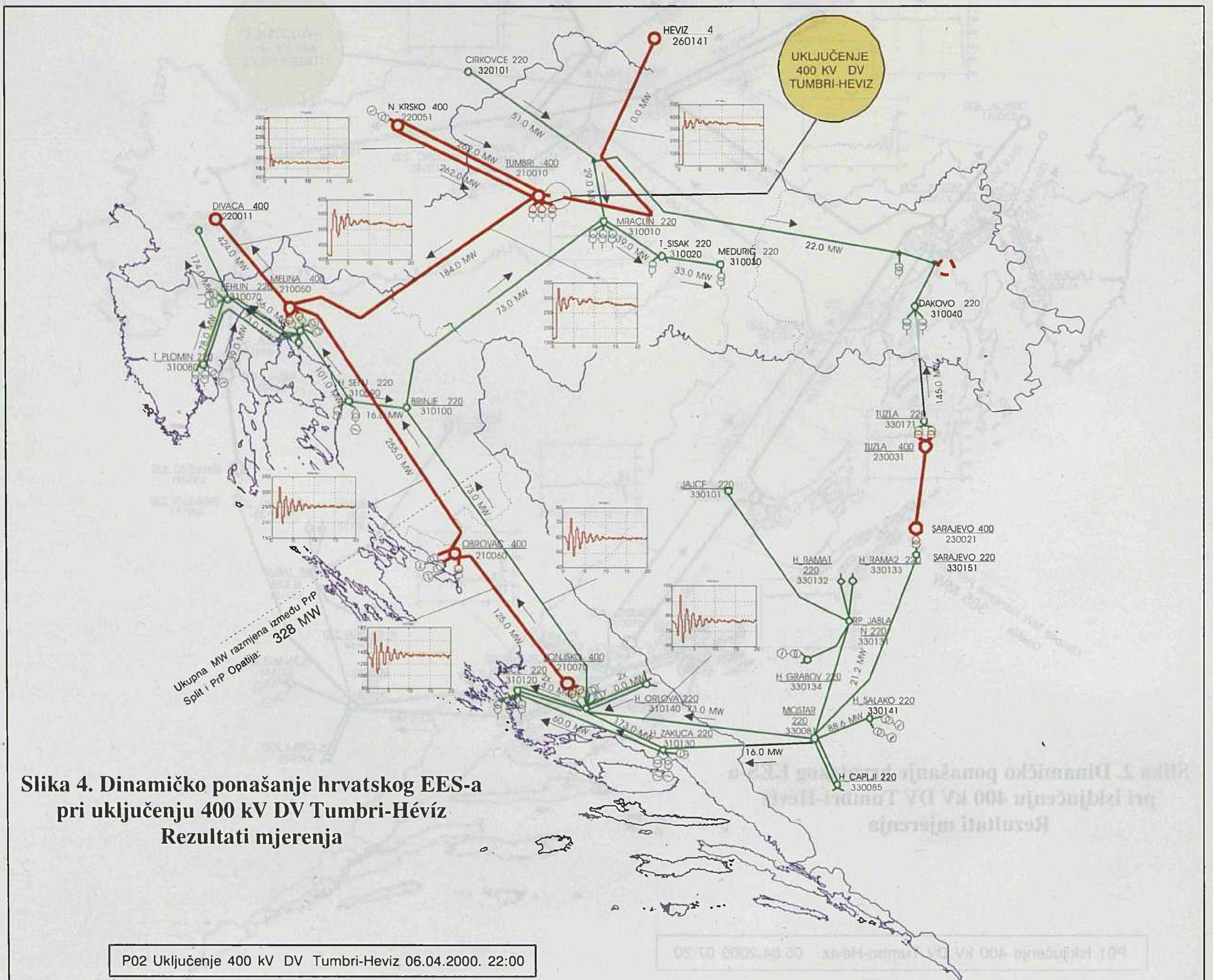
Dalekovod Tumbri – Hévíz ponovno je uključen 6. travnja 2000. u 22:00. Hrvatski EES bio je u normalnom pogonskom stanju sa svim 400 i 220 kV vodovima u pogonu. Neposredno prije uključenja u 220 kV čvor Đakovo iz smjera Gradačca ulazilo je približno 145 MW.

Za određivanje frekvencije i prigušenja dominantnog međupodručnog moda primijenjena je analiza snimljenih odziva Pronyjevim postupkom. S obzirom na kvalitetu mjernog signala najprikladniji je za to odziv odstupanja djelatne snage na 400 kV DV Melina – Obrovac. Rezultati Pronyjeve analize prikladno odabranog segmenta tog signala prikazani su na slici 3.



Slika 3. Rezultat Pronyjeve analize prikladno odabranog segmenta mjernog signala odstupanja djelatne snage na 400 kV DV Melina – Obrovac u pokusu ponovnog uključenja 400 kV DV Tumbri - Hévíz

Frekvencija dominantnog moda:	0,6533 Hz
Relativni koeficijent prigušenja dominantnog moda:	0,0906
Kvaliteta podudaranja (odnos signal/šum):	22,06 dB



Slika 4. Dinamičko ponašanje hrvatskog EES-a pri uključenju 400 kV DV Tumbri-Hévíz. Rezultati mjerenja

Uočava se da je frekvencija oscilacija veća nego u pokusu isključenja voda (0,6533 Hz prema 0,6199 Hz) a prigušenje nešto lošije (0,0906 prema 0,107), ali još iznad usvojenog iznosa prihvatljivog prigušenja ($\zeta=0,05$).

Na slici 4 prikazani su na shematskom prikazu 400 i 220 kV mreže EES Hrvatske i dijela EES BiH zapisani tokovi djelatne snage neposredno prije pokusa i snimljeni odzivi karakterističnih veličina stanja sustava u pokusu ponovnog uključanja 400 kV DV Tumbri - Hévíz. I ovdje je radi preglednosti prikazano samo prvih 20 sekundi pojave mjerodavnih za ocjenu dinamičkog ponašanja sustava.

Prijelazna pojava izazvana uključanjem voda dobro je prigušena. Odzivi karakterističnih veličina smiruju se unutar 12 sekundi. Amplituda odstupanja djelatne snage na 400 kV dalekovodu Melina – Obrovac iznosila je 120 MW od vrha do vrha dok je amplituda odstupanja frekvencije napona u čvoru Konjsko iznosila 126 mHz od vrha do vrha.

4. USPOREDBA REZULTATA MJERENJA S REZULTATIMA SIMULACIJE

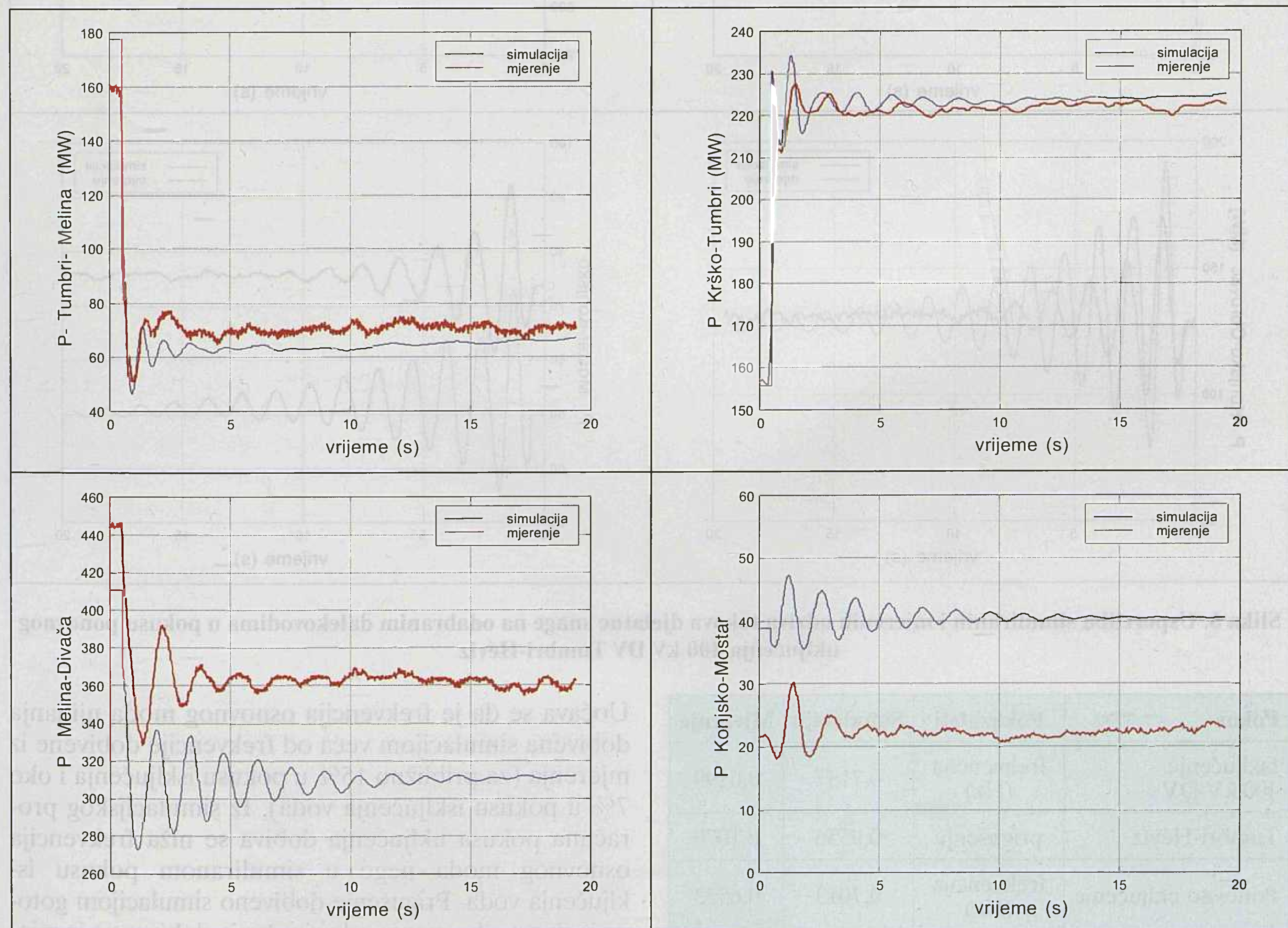
Scenariji isključenja, odnosno ponovnog uključanja 400 kV DV Tumbri-Hévíz, simulirani su na računalu

pomoću programskog paketa za proračun prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sustava (FLOWC – NEWDYN, CESI). U tu je svrhu postavljen odgovarajući dinamički model sustava u kojem su reprezentirane sve proizvodne jedinice u hrvatskom EES-u i hidroagregati u južnom dijelu EES-a BiH, kao i pojedine proizvodne jedinice i dinamički ekvivalenti u EES-ima Slovenije, Mađarske, Austrije, Češke, Slovačke i Italije.

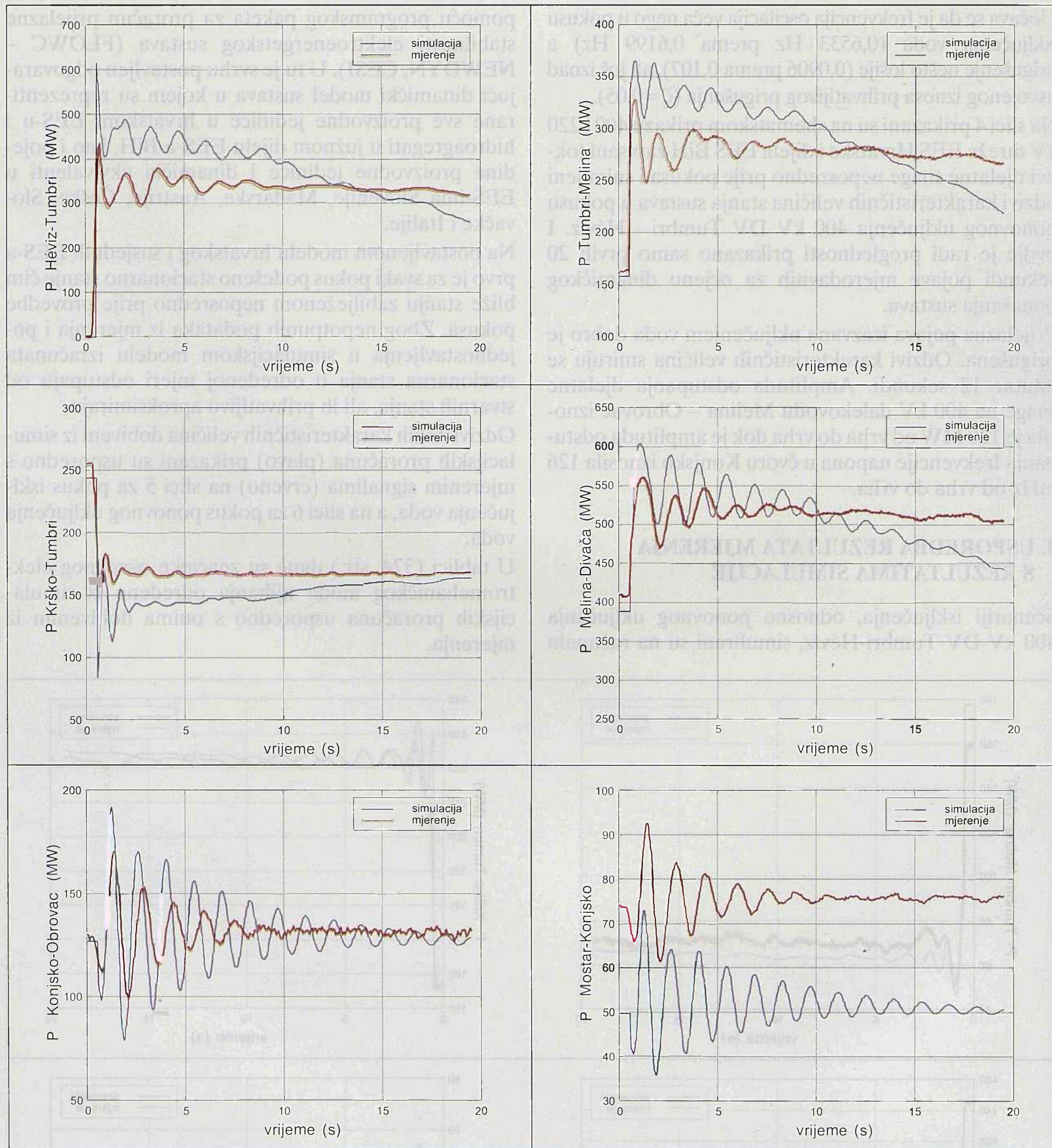
Na postavljenom modelu hrvatskog i susjednih EES-a prvo je za svaki pokus podešeno stacionarno stanje čim bliže stanju zabilježenom neposredno prije provedbe pokusa. Zbog nepotpunih podataka iz mjerenja i pojednostavljenja u simulacijskom modelu izračunata stacionarna stanja u određenoj mjeri odstupaju od stvarnih stanja, ali ih prihvatljivo aproksimiraju.

Odzivi nekih karakterističnih veličina dobiveni iz simulacijskih proračuna (plavo) prikazani su usporedno s mjerenim signalima (crveno) na slici 5 za pokus isključenja voda, a na slici 6 za pokus ponovnog uključanja voda.

U tablici (374. str.) dane su značajke osnovnog elektromehaničkog moda njihanja određene iz simulacijskih proračuna usporedno s onima dobivenim iz mjerenja.



Slika 5. Usporedba simuliranih i mjerenih odziva tokova djelatne snage na odabranim dalekovodima u pokusu isključenja 400 kV DV Tumbri-Hévíz



Slika 6. Usporedba simuliranih i mjerenih odziva tokova djelatne snage na odabranim dalekovodima u pokusu ponovnog uključjenja 400 kV DV Tumbri-Héviz

Pokus	Pokazatelj	Simulacija	Mjerenje
Isključenje 400 kV DV	frekvencija (Hz)	0,7137	0,6199
Tumbri-Héviz	prigušenje	0,0556	0,1070
Ponovno uključjenje	frekvencija (Hz)	0,7013	0,6533
400 kV DV Tumbri-Héviz	prigušenje	0,0415	0,0906

Uočava se da je frekvencija osnovnog moda nihanja dobivena simulacijom veća od frekvencije dobivene iz mjerenja (za približno 15% u pokusu isključenja i oko 7% u pokusu isključenja voda). Iz simulacijskog proračuna pokusa uključjenja dobiva se niža frekvencija osnovnog moda nego u simuliranom pokusu isključenja voda. Prigušenje dobiveno simulacijom gotovo je dvostruko manje od prigušenja dobivenog iz mjerenja, ali još uvijek iznad ili blizu prihvatljivog iznosa ($z=0,05$). Ove razlike u najvećoj mjeri su posljedica

nemodelirane dinamike objekata u EES-u BiH, razlika stvarnih i simuliranih stacionarnih stanja (angažmani agregata), a dijelom su uzrokovane i odstupanjima nekih parametara modela od stvarnih vrijednosti.

5. ZAKLJUČAK

Rezultati ovih ispitivanja potvrdili su da se u hrvatskom EES-u nakon poremećaja pojavljuju elektromehaničke oscilacije s dominantnom frekvencijom od 0,6 do 0,7 Hz. Ove oscilacije tipičan su primjer međupodručnih (engl. interarea) oscilacija.

Prigušenje međupodručnih oscilacija prihvatljivo je u oba pokusa, za konkretnu konfiguraciju, stacionarno stanje i angažirane agregate. Pritom, međutim, valja imati na umu da je prije isključenja voda tok djelatne snage na tom vodu bio relativno malen (250 MW) u odnosu na vrijednosti koje se inače mogu očekivati u redovnom pogonu (cca 500-600 MW), a time je bila i manja amplituda poremećaja. Osim toga, uz angažman hidroagregata u južnom dijelu sustava (RHE Velebit u pogonu, HE Orlovac izvan pogona, RHE Čaplina izvan pogona...) kakav je bio tijekom ispitivanja rezultati su u skladu s očekivanjima, no u situaciji s većim angažmanom tih agregata stanje bi, s obzirom na dinamičku stabilnost, bilo znatno nepovoljnije.

Frekvencija oscilacija je viša, a prigušenje nešto lošije u pokusu uključenja nego u pokusu isključenja 400 kV dalekovoda Tumbri – Hévíz. U usporedbi sa simulacijskim rezultatima, frekvencije oscilacija dobivene analizom rezultata mjerenja su niže a prigušenja bolja. To je posljedica nepotpunog modeliranja dijela vanjskog EES-a (posebno EES-a Bosne i Hercegovine), netočnosti u parametrima modela i nekih nemodeliranih efekata (npr. nelinearnih karakteristika potrošača).

Pokazalo se da je teško dobiti istodobni zapis stacionarnog stanja cijelog hrvatskog EES-a i susjednih EES-a iz kojeg bi se jednoznačno moglo rekonstruirati stvarno stanje. U tom pogledu za hrvatski EES poseban je problem bio s podacima za južni dio sustava. Ovdje valja napomenuti da se tijekom izvođenja pokusa nije raspolagalo podacima iz dispečerskog centra u Mostaru. Uz više vremena za pripremu ovakvih ispitivanja i nakon stečenih iskustava u ovim pokusima kod budućih mjerenja bi se mogli izbjeći neki od spomenutih nedostataka.

Iako s nepotpunim modelom EES-a BiH, rezultati simulacijskih proračuna su dobra osnova za predikciju dinamičkog ponašanja sustava kod ovakvih poremećaja. Očigledno je da se ubuduće treba posvetiti više pažnje dinamičkim modelima objekata, prikupljanju i verificiranju njihovih parametara, te izučavanju ostalih utjecajnih efekata (npr. modeliranje potrošača). Isto tako, važno je uspostaviti razmjenu podataka potrebnih za ovakve studije između svih uključenih elektroenergetskih sustava, a posebno s EES-om Bosne i Hercegovine.

Na temelju stečenih iskustava bilo bi korisno nastaviti s eksperimentalnim i studijskim istraživanjima dinamičkog ponašanja hrvatskog EES-a u realnim pogonskim konfiguracijama i stanjima, pri čemu bi trebalo osigurati kontinuiranu suradnju sa susjednim elektroprivredama, a posebno s elektroprivredom Bosne i Hercegovine.

S obzirom na buduću organizaciju i potrebe vođenja elektroenergetskog sustava bilo bi korisno da se u karakterističnim točkama sustava ugradi oprema za automatski trajni nadzor i registraciju veličina stanja potrebnih za ocjenu dinamičkog ponašanja sustava.

LITERATURA

- [1] Analysis and Control of Power System Oscillations, CIGRE Report Task Force 07 of Advisory Group 01 of Study Committee 38, 1996.
- [2] M. MEHMEDOVIĆ, D. NEMEC: "Analiza mjerenih signala u elektroenergetskom sustavu Pronyevim postupkom", IV. savjetovanje Hrvatskog komiteta CIGRE, Cavtat, listopad 1999.
- [3] M. MEHMEDOVIĆ: "Identifikacija parametara sustava regulacije uzbude sinkronih strojeva", doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1995.
- [4] E. GREBE et al.: "Analysis and damping of inter-area oscillations in the UCTE/CENTREL power system", R.38-113, XXXVIII. zasjedanje CIGRE, Pariz 2000.
- [5] M. STOJAVLJEVIĆ, M. MEHMEDOVIĆ, D. NEMEC: "Dinamičko ponašanje hrvatskog elektroenergetskog sustava u realnim pogonskim uvjetima", Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb 2001.

DYNAMIC BEHAVIOUR OF THE CROATIAN ELECTRIC POWER SYSTEM WHEN SWITCHING ON AND OFF 400 KV LINE TUMBRI-HEVIZ

The dynamic behaviour measurement results of characteristic values in the Croatian Electric Power System during transient state after switching off and re-closing the Tumbri-Heviz 400 kV line are given. Active power behaviour on characteristic lines in TS Tumbri, Melina nad Konjsko are recorded as well as the 400 kV voltage frequency in TS Melina and Konjsko. The basic characteristics of electric-mechanical oscillations' dominant mode for the Croatian Power System are given. The comparison of measurement results and simulation results shows that the simulation results as expected are more conservative and that means a need to collect more accurate data for dynamic models.

DYNAMISCHES VERHALTEN DES KROATISCHEN VERBUNDES BEIM EIN- UND AUSSCHALTEN DER 400KV FERNLEITUNG TUMBRI-HÉVIZ

Dargestellt sind Messergebnisse der dynamischen Antworte charakteristischer Grössen im kroatischen Verbund im Laufe der Übergangserscheinung nach der Aus-, bzw. Wiedereinschaltung der 400kV Fernleitung. Aufgenommen wurden Antworten der Wirkleistungen in charakteristischen Leitungen in Umspannwerken Tumbri, Melina und Konjsko sowie die Frequenz der Spannungen in Umspannwerken Melina und Konjsko. Angegeben sind Anzeigen vorherrschender Weise elektromechanischer Schwingungen im kroatischen Verbund. Vergleich der Messergebnisse mit den Nachahmungsmodellergebnissen zeigt dass, nach Erwartung, Nachahmungsergebnisse eher veraltet sind und deuten auf die Notwendigkeit der Anschaffung genauerer Angaben für dynamische Modelle hin.

LITERATURA

- [1] Analysis and Control of Power System Oscillations, CIGRE Report Task Force 07 of Advisory Group 01 of Study Committee 38, 1990.
- [2] M. MEHMEDOVIC, D. NEMEC: "Analiza i simulacija sistema elektroenergetskog sustava Prvoevim postupkom", IV. savjetovanje Hrvatskog komiteta CIGRE, Zagreb, listopad 1999.
- [3] M. MEHMEDOVIC: "Identifikacija parametara sustava regulacije uzbuđe sinkronih strojeva", doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1995.
- [4] E. GREBE et al.: "Analysis and damping of inter-area oscillations in the UTCENTRAL power system", R.38-113, XXXVII. zasjedanje CIGRE, Paris 2000.
- [5] M. STOJSAVLJEVIĆ, M. MEHMEDOVIC, D. NEMEC: "Dinamičko ponašanje hrvatskog elektroenergetskog sustava u režimu pogonskih uvjeta", Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb 2001.

DYNAMIC BEHAVIOUR OF THE CROATIAN ELECTRIC POWER SYSTEM WHEN SWITCHING ON AND OFF 400 KV LINE TUMBRI-HÉVIZ

The dynamic behaviour measurement results of characteristic values in the Croatian Electric Power System during transient state after switching off and re-closing the Tumbri-Héviz 400 KV line are given. Active power behaviour on characteristic lines in Tumbri, Melina and Konjsko are recorded as well as the 400 KV voltage frequency in Tumbri and Konjsko. The basic characteristics of electrical oscillations, dominant mode for the Croatian Power System are given. The comparison of measurement results and simulation results shows that the simulation results are expected to be more conservative and that means a need to collect more accurate data for dynamic models.

Naslov pisaca:

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

Jakov Sinovčić, dipl. ing.
Šime Radić, dipl. ing.
Marinko Rogić, dipl. ing.
Vladimir Grujić, dipl. ing.
HEP - Sektor za vođenje i
gospodarenje EES-om
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-07-09.

U ovom radu prikazani su rezultati mjerenja i simulacije dinamičkog ponašanja hrvatskog elektroenergetskog sustava (EES-a) pri uključivanju i isključivanju 400 kV vodova Tumbri-Héviz. Mjerenja su izvršena na nekoliko karakterističnih vodova u sustavu, a simulacije su provedene u programu EES-om. U radu su prikazani rezultati mjerenja aktivne snage i frekvencije napona u Tumbri, Melini i Konjskoj. Također su prikazani osnovni karakteristiki električni oscilacijski modovi za hrvatski EES. Usporedbom rezultata mjerenja i simulacije zaključuje se da su simulacijski rezultati konzervativniji od stvarnih mjerenja, što znači da su potrebni precizniji podaci za dinamičke modele.

U ovom radu prikazani su rezultati mjerenja i simulacije dinamičkog ponašanja hrvatskog elektroenergetskog sustava (EES-a) pri uključivanju i isključivanju 400 kV vodova Tumbri-Héviz. Mjerenja su izvršena na nekoliko karakterističnih vodova u sustavu, a simulacije su provedene u programu EES-om. U radu su prikazani rezultati mjerenja aktivne snage i frekvencije napona u Tumbri, Melini i Konjskoj. Također su prikazani osnovni karakteristiki električni oscilacijski modovi za hrvatski EES. Usporedbom rezultata mjerenja i simulacije zaključuje se da su simulacijski rezultati konzervativniji od stvarnih mjerenja, što znači da su potrebni precizniji podaci za dinamičke modele.

Pokazalo se da je teško dobiti istodobni zapis stanja sustava cijelog hrvatskog EES-a i susjednih EES-a iz kojeg bi se jednoznačno moglo rekonstruirati stvarno stanje. U tom pogledu za hrvatski EES poseban je problem bio s podacima za jednu dio sustava. Ovdje valja napomenuti da se tijekom izvođenja pokusa nije raspolagalo podacima iz dispečerskog centra u Mostaru. Uz više vremena za pripremu ovakvih ispitivanja i nakon stečenih iskustava u ovim pokusima kod budućih mjerenja bi se mogli izbjeći neki od spomenutih nedostataka.

Iako s nepotpunim modelom EES-a BiH, rezultati simulacijskih proračuna su dobra osnova za predikciju dinamičkog ponašanja sustava kod ovakvih poremećaja. Očigledno je da se ubuduće treba posvetiti više pažnje dinamičkim modelima objekata, prikupljanju i verifikaciji njihovih parametara, te izučavanju ostalih utjecajnih efekata (npr. modeliranje potrošača). Isto tako, važno je uspostaviti razmjenu podataka potrebnu za ovakve studije između svih uključenih elektroenergetskih sustava, a posebno s EES-om Bosne i Hercegovine.