

REGULACIJA NAPONA I JALOVE SNAGE U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU HRVATSKE

dr. sc. Tomislav Plavšić

FER, 13.06.2013.



SADRŽAJ

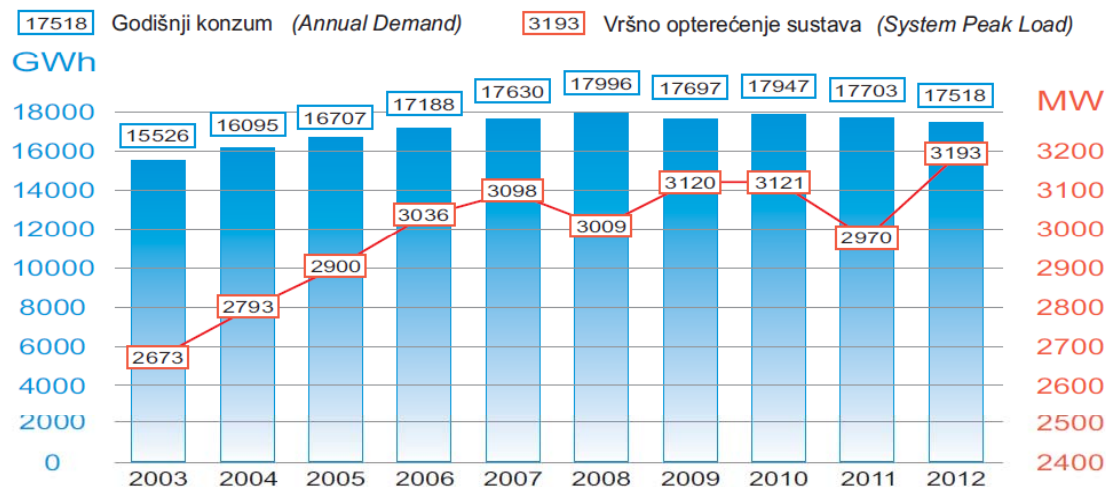
- Značajke EES-a Hrvatske,
- Značajke regulacije napona i jalove snage EES-a Hrvatske,
- Optimalni naponski plan,
- Koordinirana sistemska regulacija napona i jalove snage,
- Pomoćna usluga regulacije napona i jalove snage.

ELEKTROENERGETSKI SUSTAV HRVATSKE – OSNOVNI PODACI

Godišnje i vršno opterećenje EES-a Hrvatske (MW/GWh)

Godišnji konzum (GWh) i vršno opterećenje sustava (MW)

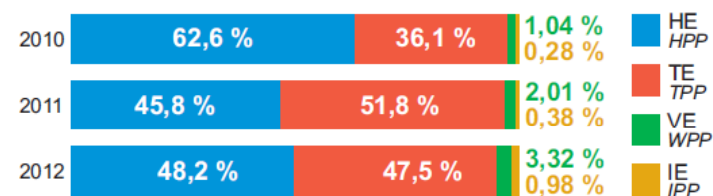
Annual Demand (GWh) and System Peak Load (MW)



Maksimum opterećenja (02.2012): **3193 MW**

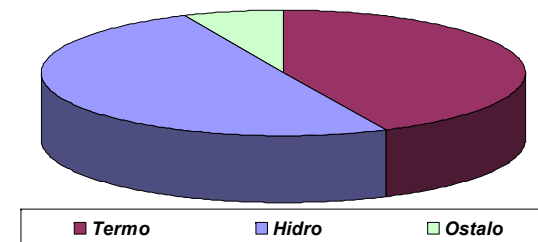
Proizvodnja električne energije u Hrvatskoj (GWh)

Godina (Year)	Elektrane (Power Plants)				Ukupno (Total)
	Hidro (Hydro)	Termo (Thermal)	Vjetro (Wind)	Industrijske (Industrial)	
2010	8309	4787	138	38	13272
2011	4581	5179	201	38	9999
2012	4772	4699	329	97	9897

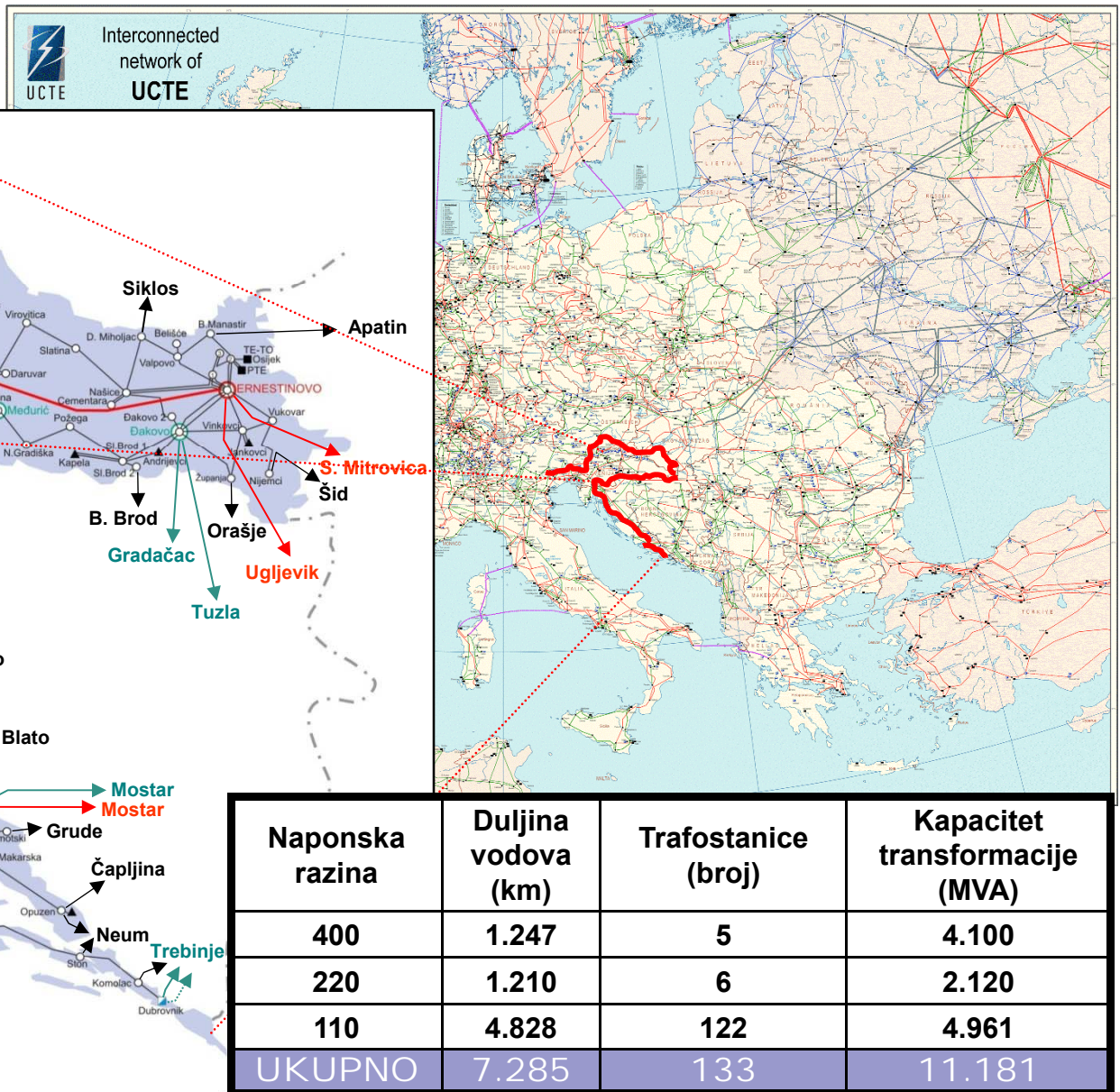


Proizvodni kapaciteti u Hrvatskoj (MW)

Elektrane (Power Plants)		Ukupno (Total)		
Hidro (Hydro)	Termo (Thermal)	Vjetro (Wind)	Industrijske (Industrial)	
2112	1811	133	212	4268



PRIJENOSNA MREŽA HRVATSKE



Elektrane u EES-u Hrvatske



Uređaji za kompenzaciju jalove snage u postrojenjima OPS-a

POSTROJENJE	REGIJA	VRSTA ELEMENTA	KOM.	Un (kV)	UKUPNA SNAGA (Mvar)
TS Ivanić	Zagreb	kond. bat.	2	35	8,1
TS Mraclin	Zagreb	kond. bat.	3	10	48,6
TS Pokupje	Zagreb	kond. bat.	2	35	8,1
TS Resnik	Zagreb	kond. bat.	2	30	20,3
TS Tumbri	Zagreb	prigušnica	1	30	50
TS Međurić	Zagreb	kond. bat.	2	35	8,1
TS Virovitica	Zagreb	kond. bat.	2	35	8,1
TS Ernestinovo	Osijek	prigušnica	1	110	91
TS Đakovo	Osijek	kond. bat.	3	110	48

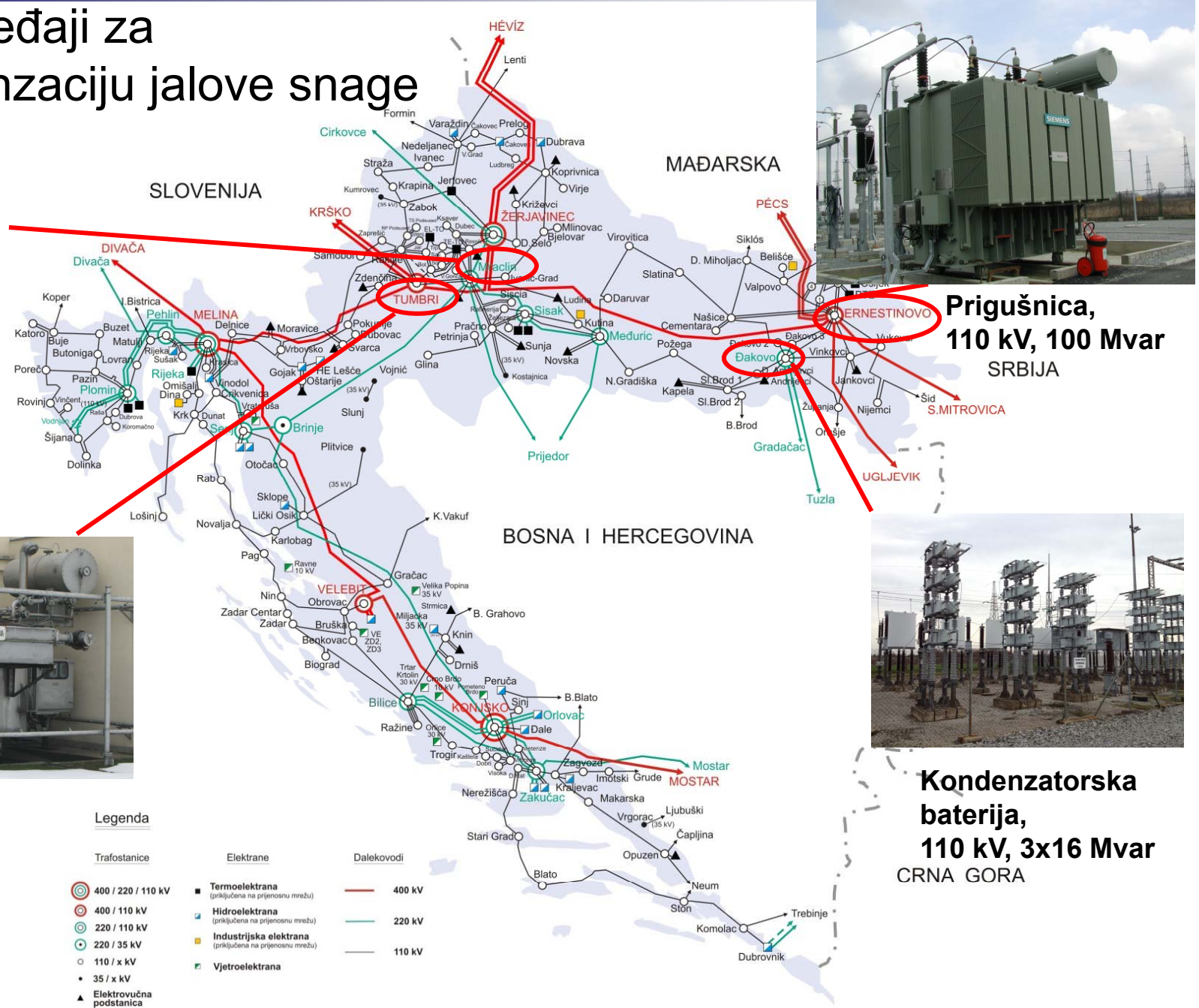
Veći uređaji za kompenzaciju jalove snage



**Kondenzatorska baterija,
10 kV, 3x16 Mvar**



**Prigušnica,
30 kV, 50 Mvar**



**Prigušnica,
110 kV, 100 Mvar
SRBIJA**



**Kondenzatorska baterija,
110 kV, 3x16 Mvar
CRNA GORA**

Legenda

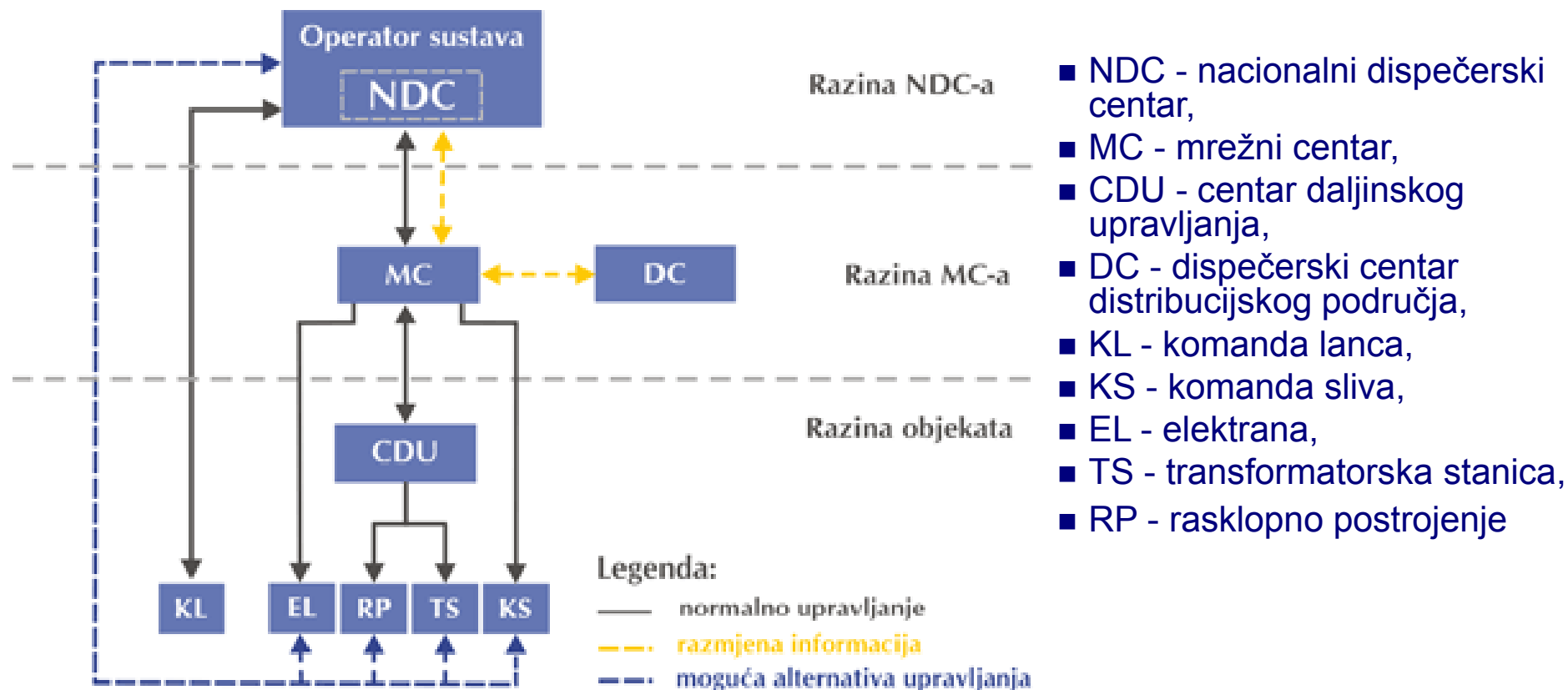
Trafostanice	Elektreane	Dalekovodi
<ul style="list-style-type: none"> 400 / 220 / 110 kV 400 / 110 kV 220 / 110 kV 220 / 35 kV 110 / x kV 35 / x kV 	<ul style="list-style-type: none"> Termoelektrana (prikjučena na prijenosnu mrežu) Hidroelektrana (prikjučena na prijenosnu mrežu) Industrijska elektrana (priključena na prijenosnu mrežu) Vjetroelektrana 	<ul style="list-style-type: none"> 400 kV 220 kV 110 kV

▲ Elektrovučna podstanica

Mrežni transformatori s mogućnošću uzdužne regulacije pod opterećenjem

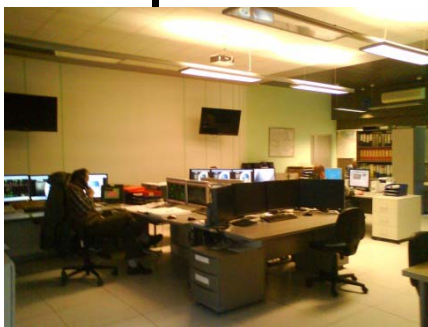
POSTROJENJE	REGIJA	Un ₁ /Un ₂ (kV)	KOM.	Sn (MVA)	OPSEG REG.
TS MEĐURIC	Zagreb	220/115	1	150	+/- 12x1.25
TS MRACLIN	Zagreb	220/115	3	150	+/- 12x1.25
TS ŽERJAVINEC	Zagreb	400/231	1	300	+/- 12x1.25
TS ŽERJAVINEC	Zagreb	400/115	2	400	+/- 12x1.25
TS ERNESTINOVO	Osijek	400/115	2	300	+/- 12x1.25
TS ĐAKOVO	Osijek	220/115	2	150	+/- 12x2.5
HE SENJ	Rijeka	220/115	1	150	+/- 12x1.25
TE PLOMIN	Rijeka	220/115	2	150	+/- 12x1.25
TS MELINA	Rijeka	220/115	2	150	+/- 12x1.25
TS PEHLIN	Rijeka	220/115	2	150	+/- 12x1.25
TS BILICE	Split	220/115	3	150	+/- 12x1.25
TS KONJSKO	Split	220/115	2	150	+/- 12x1.25

SHEMA MODELA VOĐENJA EES-A HRVATSKE



ORGANIZACIJA VOĐENJA 1+4

NDC



MC OSIJEK



MC RIJEKA



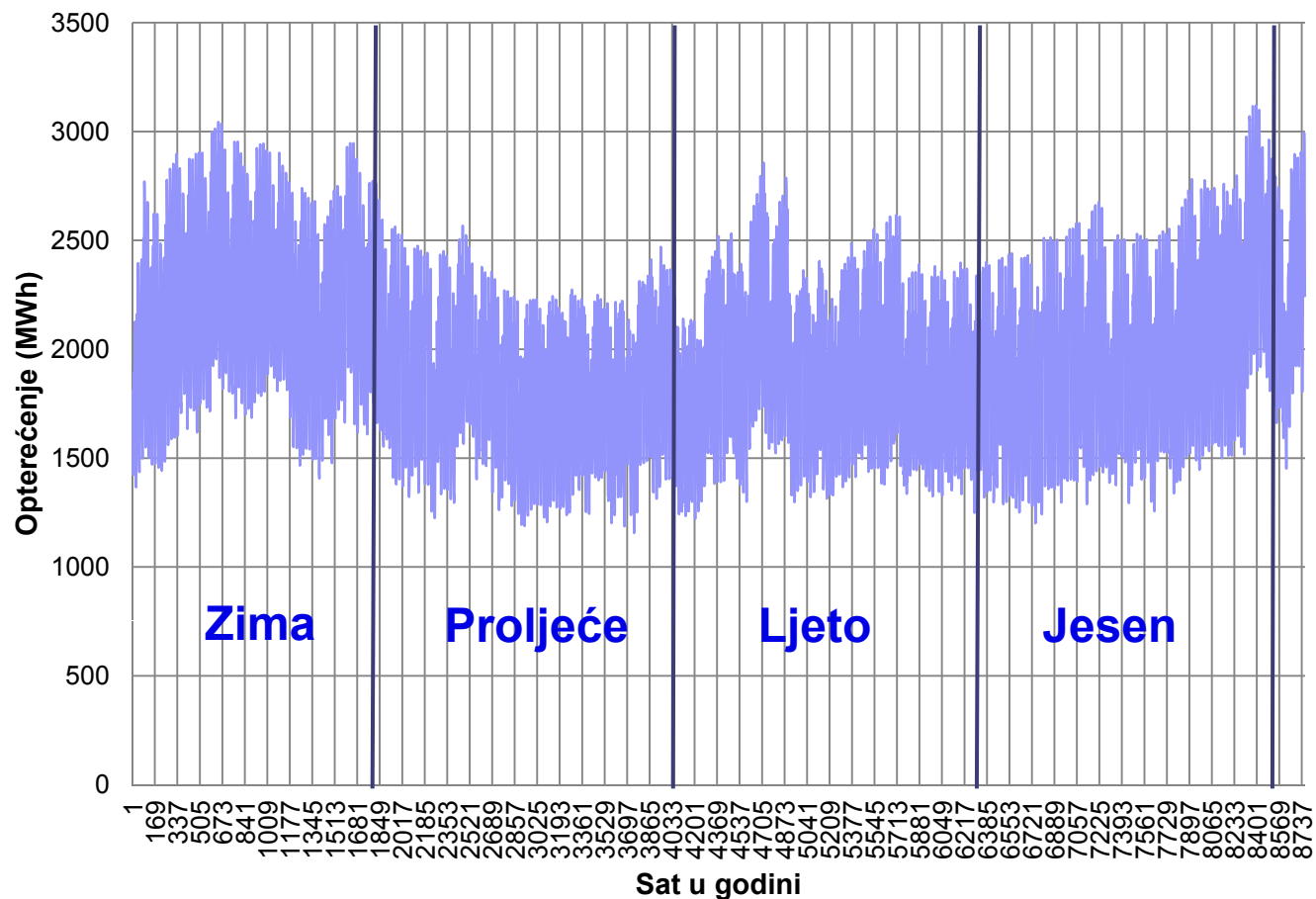
MC SPLIT



MC ZAGREB

GODIŠNJE PROMJENE OPTEREĆENJA U HR EES-u

Satna opterećenja EES-a Hrvatske u 2010.
godini





MREŽNA PRAVILA HRVATSKOG EES-a (1)

- t. 4.1.4. Upravljanje prijenosnom mrežom i vođenje pogona:
 - Operator sustava održava uravnoteženi naponski profil mreže što višim radi smanjivanja gubitaka u mreži te povećanja stabilnosti sustava,
 - Operator sustava obavlja optimizaciju napona / jalove snage, uzimajući u obzir podatke iz mreža i sučelja s korisnicima mreže te sučelja sa susjednim sustavima, osiguravajući rezerve jalove snage u sustavu,
 - U slučajevima maksimalnog ili minimalnog opterećenja sustava operator sustava sprječava pad ili porast napona djelovanjem kompenzacijskih uređaja, regulacijom prijenosnog omjera transformatora, proizvodnjom jalove snage, isključenjem slabo opterećenih vodova kao i isključenjem / uključenjem potrošnje,
 - Za sprječavanje naponskog sloma, operator sustava:
 - smanjuje podešene vrijednosti regulatora napona i/ili blokira regulatore napona na transformatorima,
 - rasterećuje sustav ručno ili automatski,
 - po potrebi isključuje optimizaciju napona / jalove snage.



MREŽNA PRAVILA HRVATSKOG EES-a (2)

- t. 4.1.6.5. Održavanje napona i kompenzacija jalove snage:

U normalnim pogonskim uvjetima iznos napona održava se u sljedećim granicama:

- u mreži 400 kV: $400 - 10\% + 5\% = 360-420$ kV,
- u mreži 220 kV: $220 \pm 10\% = 198-242$ kV,
- u mreži 110 kV: $110 \pm 10\% = 99-121$ kV.

U poremećenom pogonu, iznosi napona mogu biti u sljedećim granicama:

- u mreži 400 kV: $400 \text{ kV} \pm 15\% = 340-460$ kV,
- u mreži 220 kV: $220 \text{ kV} \pm 15\% = 187-253$ kV,
- u mreži 110 kV: $110 \text{ kV} \pm 15\% = 94-127$ kV.

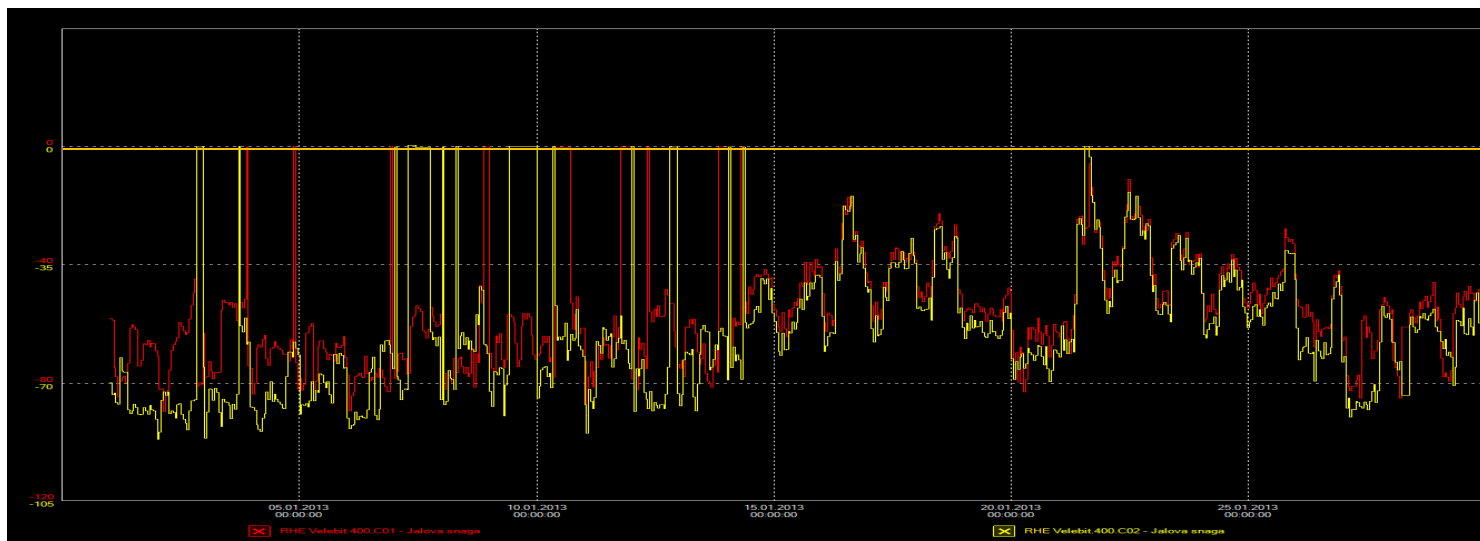


AKTUALNA NAPONSKA PROBLEMATIKA U HR EES-U

- Povišeni naponi u 400 kV i 220 kV čvorištima tijekom većeg dijela godine, posebno u periodima niskih opterećenja,
- Ograničene mogućnosti regulacije napona i jalove snage,
- Korištenje kompenzatorskog rada RHE Velebit, uključenje prigušnica u TS Ernestinovo i TS Tumbri, isključenje pojedinih slabo opterećenih vodova,
- Niži napon u periodima visokog opterećenja (zimski i ljetna 'špica') i velikih prekograničnih tokova snaga.

RHE VELEBIT – KOMPENZATORSKI RAD

Q (Mvar)



U (kV)



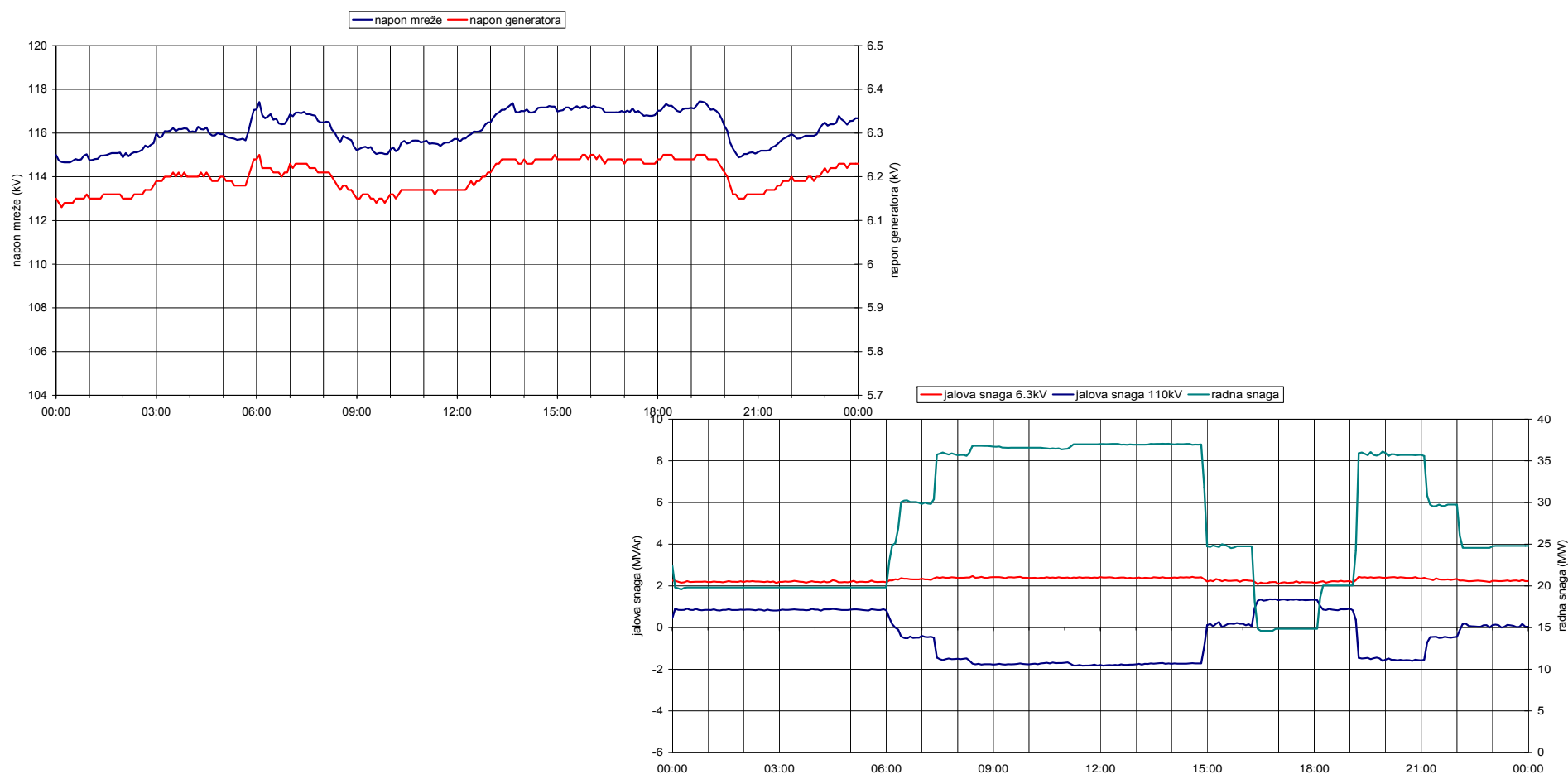


ZNAČAJKE U-Q REGULACIJE U EES-u HRVATSKE

- Lokalnog karaktera,
- Automatska U-Q regulacija na razini regulacijskih uređaja – primarna razina U-Q regulacije,
- Ručna na sistemskoj (NDC) i regionalnoj (MC) razini – tercijarna razina U-Q regulacije, provodi se po potrebi,
- Optimizacija napona/jalove snage u fazi ispitivanja/razvoja.

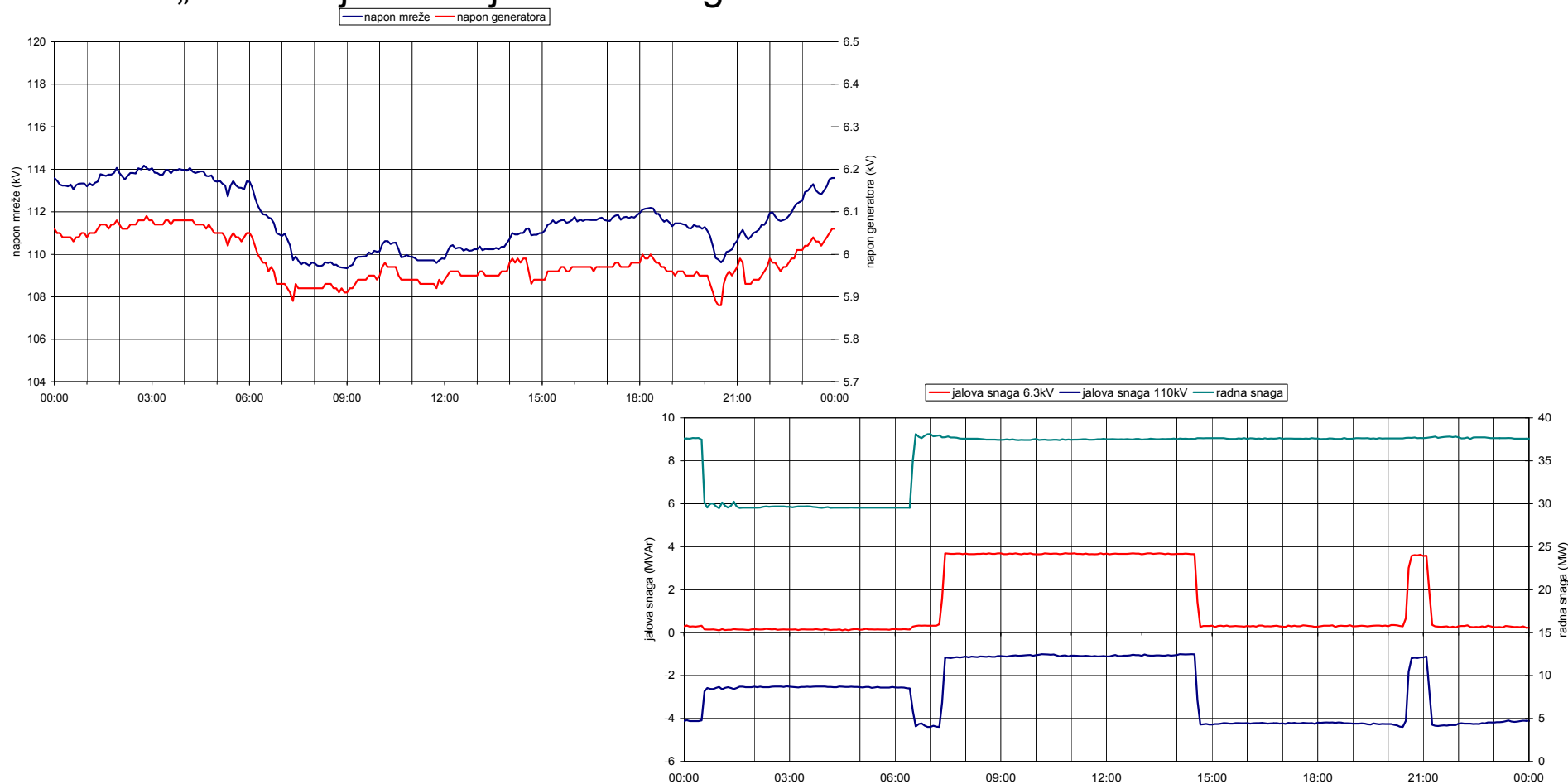
PRIMJERI RADA AGREGATA U REGULACIJI NAPONA I JALOVE SNAGE (1)

Rad prema postavnoj vrijednosti jalove snage



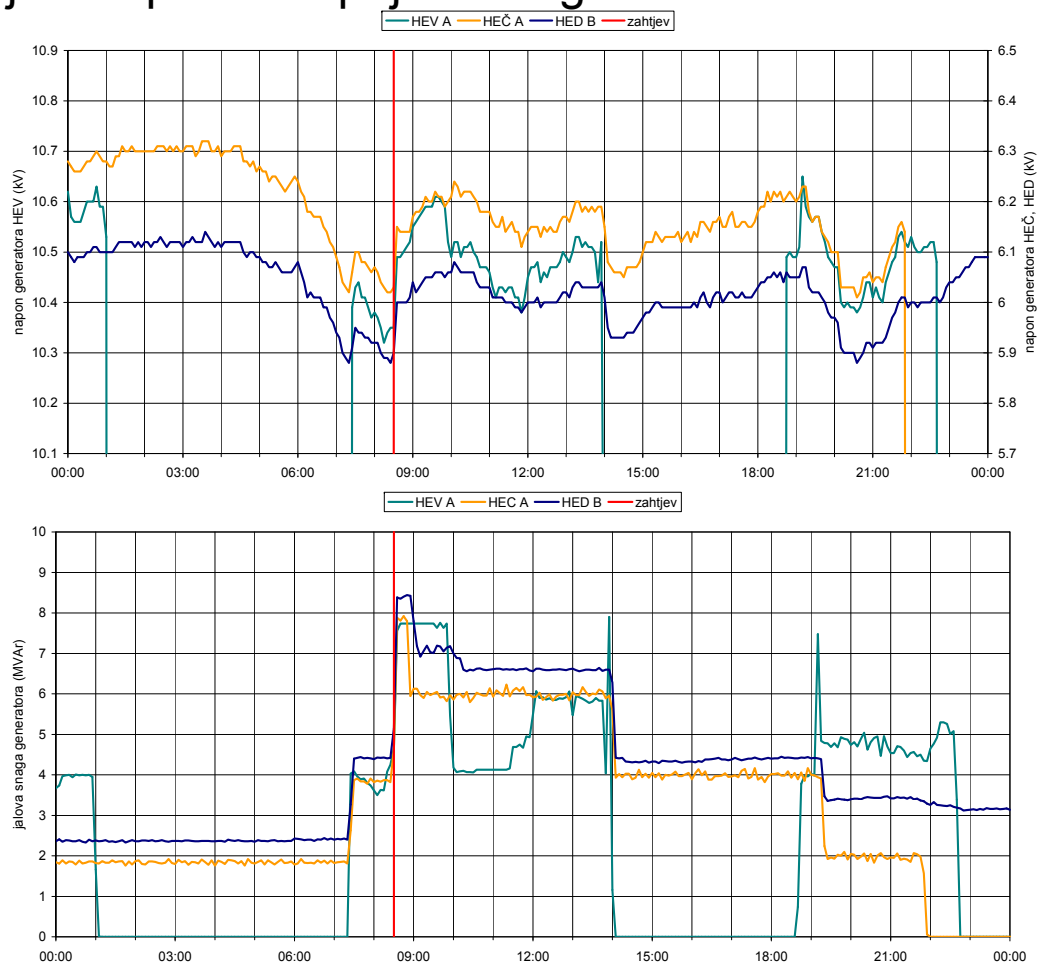
PRIMJERI RADA AGREGATA U REGULACIJI NAPONA I JALOVE SNAGE (2)

Rad „bez zahtjeva“ za jalovom snagom

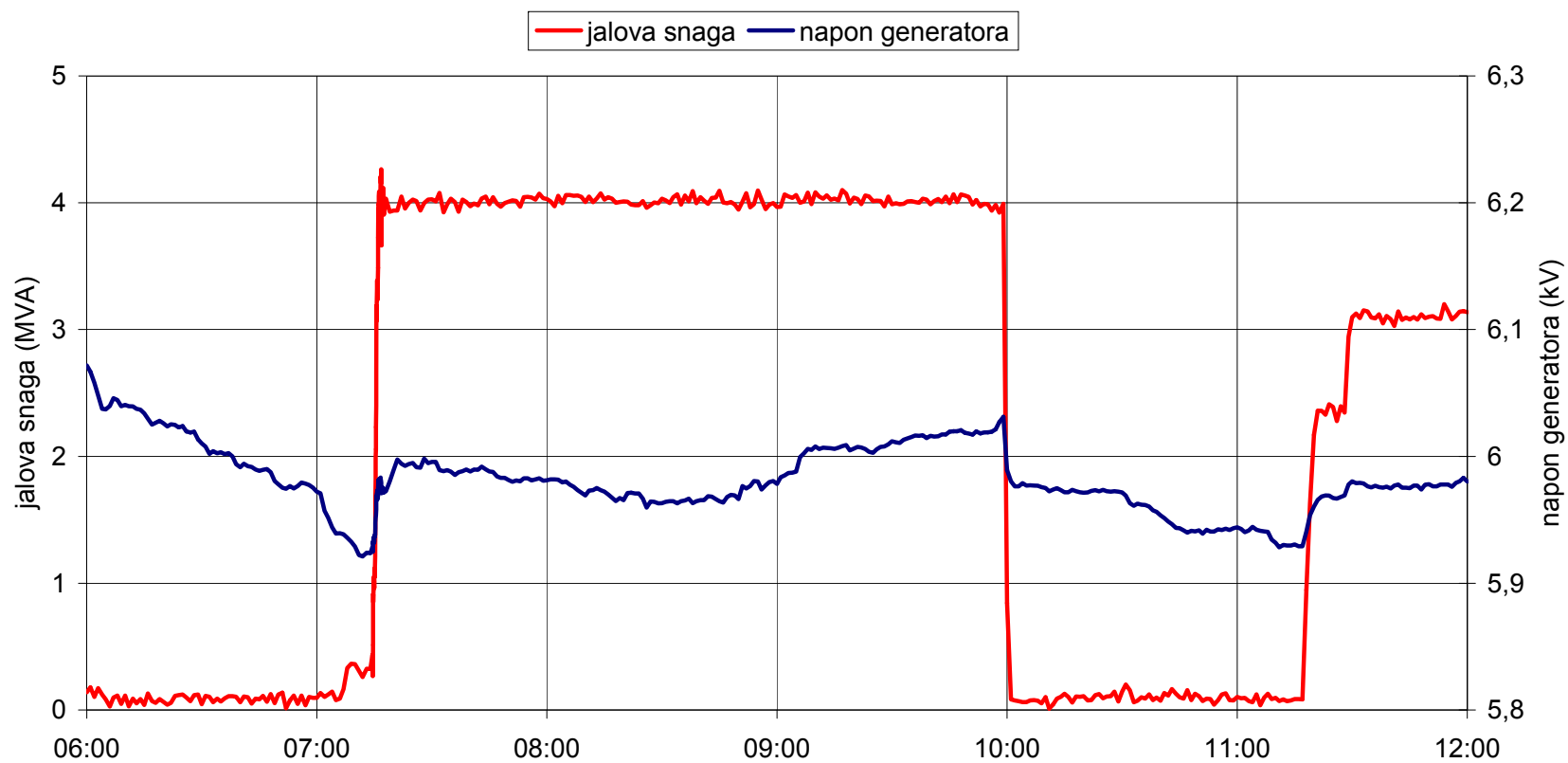



PRIMJERI RADA AGREGATA U REGULACIJI NAPONA I JALOVE SNAGE (3)

Rad prema zahtjevu Operatora prijenosnog sustava



UTJECAJ PROMJENE JALOVE SNAGE NA IZNOS NAPONA GENERATORA





IDEJNO RJEŠENJE SEKUNDARNE U-Q REGULACIJE ZA HR EES (1)

- Prva razmatranja uvođenja sekundarne U-Q regulacije u HR EES datiraju još iz 1995. godine,
- Idejno rješenje sekundarne U-Q regulacije za HR EES:
 - Automatska sekundarna regulacija temeljena na mjerenju napona u pilot čvorištu,
 - Izbor pilot-čvorišta putem proračuna troleznog kratkog spoja u prijenosnoj mreži
 - Određivanje pripadnih regulacijskih zona rangiranjem čvorišta prema opadajućoj struji troleznog kratkog spoja i analizom električnih udaljenosti,
 - Određene četiri regulacijske zone unutar HR EES-a, s pripadnim pilot čvorištima na 110 kV razini.

IDEJNO RJEŠENJE SEKUNDARNE U-Q REGULACIJE ZA HR EES (2)

Regulacijska zona Ernestinovo

- Pilot čvorište - sabirnice **110 kV u TS Ernestinovo**,
- Obuhvaća sjeveroistočni dio EES-a,
- Na 400 kV razini graniči u TS Ernestinovu, a na naponu 110 kV granica je u TS Virovitica i TS Nova Gradiška. Graniči unutar EES-a samo sa zonom Tumbri. 400 kV vodom spojena je sa EES-om Srbije i Crne Gore.

Regulacijska zona Žerjavinec

- Pilot čvorište - sabirnice **110 kV u TS Žerjavinec**,
- Obuhvaća sjeverozapadni dio EES-a.
- Granica na naponu 400 kV je u TS Tumbri prema zoni Melina i u TS Žerjavinec prema zoni Ernestinovo i Mađarskom EES-u, a na naponu 220 kV u TS Brinje prema zonama Meline i Konjsko. Na razini 110 kV granica je u TS Daruvar i TS Međurić prema zoni Ernestinovo te u TS Pokuplje i TS Rakitje prema zoni Melina.

Regulacijska zona Melina

- Pilot čvorište - sabirnice **110 kV u TS Melina**,
- Obuhvaća jugozapadni dio ees-a.
- Granica na razini 400 kV je u TS Melina prema zonama Žerjavinec i Konjsko, a na 220 kV u HE Senj prema zoni Žerjavinec. Na 110 kV razini graniči u HE Gojak i TS Švarča sa zonom Tumbri i u TS Lički Osik i TS Pag sa zonom Konjsko.

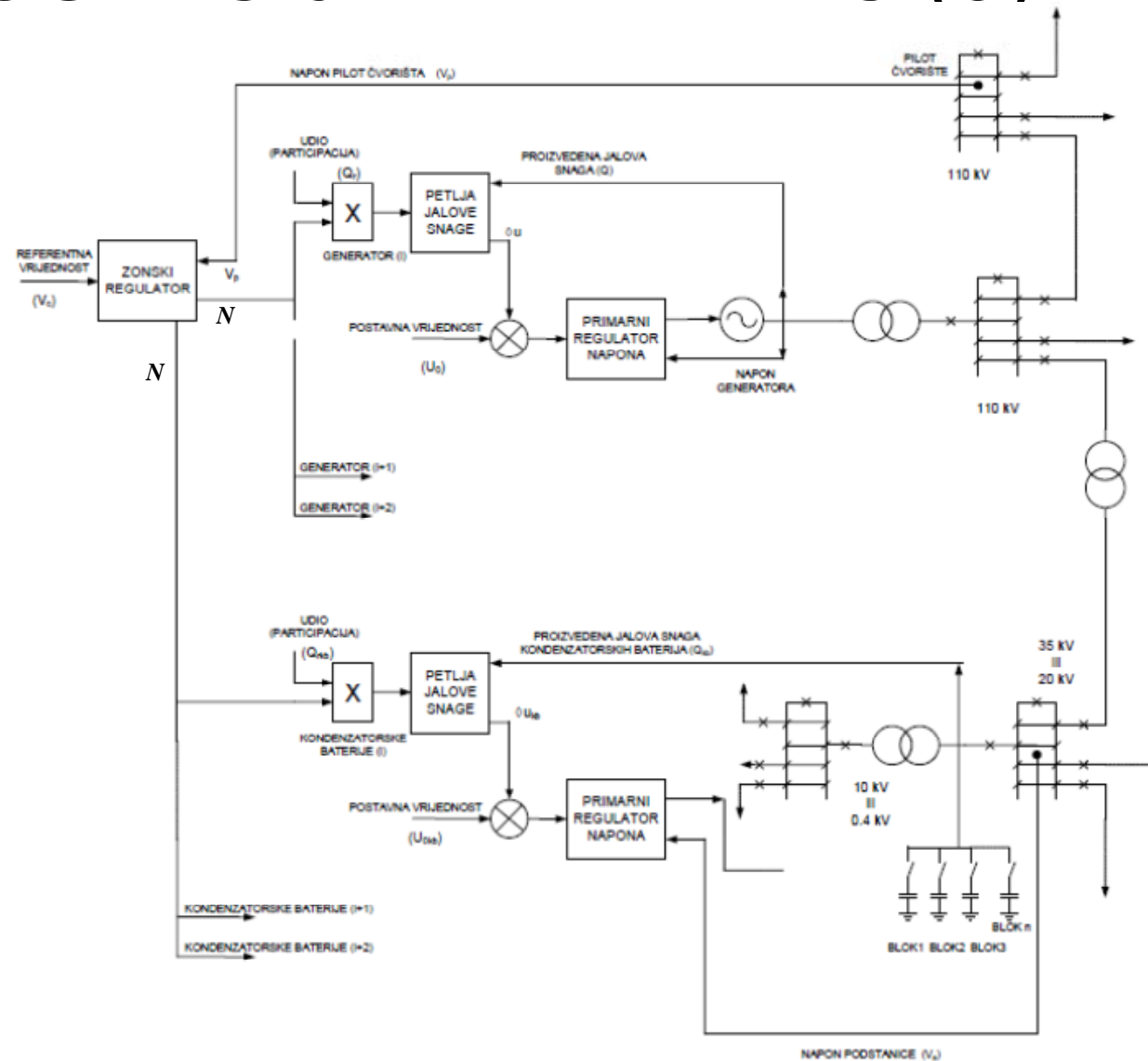
Regulacijska zona Konjsko

- Pilot čvorište - sabirnice **110 kV u TS Konjsko**,
- Obuhvaća jugoistočni dio ees-a.
- Na naponu 400 kV granica je u RHE Velebit prema zoni Melina, a na 220 kV u TS Konjsko prema zoni Meline. Na razini 110 kV granica je u TS Gračac i TS Nin prema zoni Melina.



IDEJNO RJEŠENJE SEKUNDARNE U-Q REGULACIJE ZA HR EES (3)


$$N = \alpha \cdot \int_0^t \frac{V_c - V_p}{V_n} dt + \beta \cdot \frac{V_c - V}{V_n}$$





OPTIMALNI NAPONSKI PLAN

- Određivanje postavnih vrijednosti regulatora napona regulacijskih uređaja u EES-u temeljem rezultata optimizacijskog algoritma – proračun optimalnih tokova snaga (OTS),
- Ciljevi:
 - Uravnoteženje naponskog profila prijenosne mreže,
 - Minimiziranje gubitaka prijenosa,
- Faza operativnog planiranja i vođenja EES-a.



PRORAČUN OPTIMALNIH TOKOVA SNAGA (OTS)

Definicija problema:

$$\begin{array}{ll} \text{minimiziraj} & F(x,u) \\ \text{uz uvjete} & g(x,u) = 0 \\ \text{i} & h(x,u) \geq 0 \end{array}$$

$F(x,u)$ – funkcija cilja

$g(x,u)$ – ograničenja tipa jednakosti (jednadžbe tokova snaga)

$h(x,u)$ – ograničenja tipa nejednakosti (ograničenja na varijable problema)

x – vektor varijabli stanja

u – vektor upravljačkih varijabli

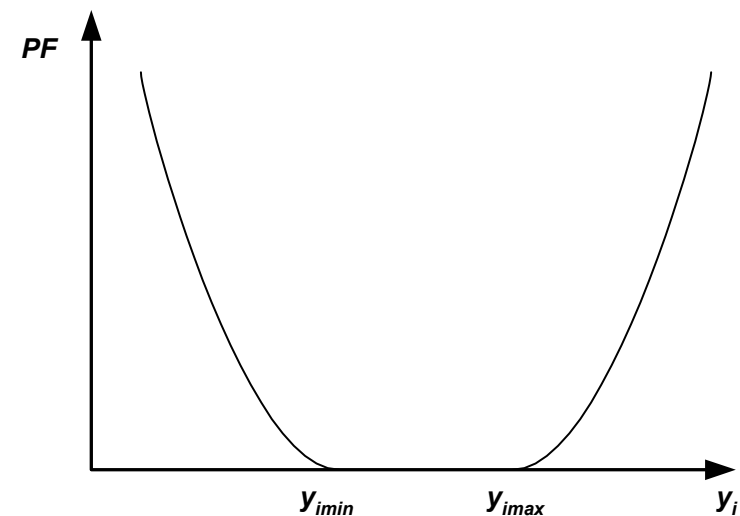
MEKANA OGRANIČENJA VARIJABLI PRORAČUNA OTS

- Meko ograničenje dopušta određenu toleranciju oko granične vrijednosti varijable,
- Meko ograničenje varijable postiže se dodavanjem tzv. "kaznene" funkcije (engl. penalty function) funkciji cilja.
- Vrijednost kaznene funkcije je mala kada je vrijednost varijable blizu granične vrijednosti, a raste velikom brzinom kako se vrijednost varijable udaljava od granične vrijednosti u neželjenom smjeru,
- Kaznenu funkciju moguće je primjeniti na pogonski ograničene varijable (npr. napon čvorišta), dok su fizička ograničenja varijabli (npr. regulacijski opseg transformatora) uvijek čvrsta.

Kvadratna kaznena funkcija:

$$PF = \begin{cases} k(y_{i\min} - y_i)^2; & y_i < y_{i\min} \\ 0 & ; y_{i\min} \leq y_i \leq y_{i\max} \\ k(y_i - y_{i\max})^2; & y_i > y_{i\max} \end{cases}$$

gdje je **PF** kaznena funkcija, **y** varijabla, a **k** težinski koeficijent koji određuje mekoću ograničenja



UVJETI OPTIMALNOSTI RJEŠENJA PROBLEMA OTS

Lagrangeova funkcija

$$L(z) = F(y) + \lambda^T g(y) + \mu^T h(y)$$

$$y = [x \ u], \quad z = [y \ \lambda \ \mu]$$

λ, μ - vektori Lagrangeovih množitelja

Kuhn-Tuckerovi uvjeti optimalnosti

$$\nabla_y L(z^*) = \frac{\partial}{\partial y} (L(z) = F(y) + \lambda^T g(y) + \mu^T h(y))|_{y^*, \lambda^*, \mu^*} = 0$$


$$\nabla_\lambda L(z^*) = g(y)|_{y^*} = 0$$

$$\nabla_\mu L(z^*) = h(y)|_{x^*, \mu^*} = 0$$

$\mu_i^* \geq 0$ ako je $h(y^*) = 0$ (ograničenje je aktivno)

$\mu_i^* = 0$ ako je $h(y^*) \leq 0$ (ograničenje nije aktivno)

$\lambda_i^* = \text{Realno}$



ZAHTJEVI NA IZVOĐENJE PRORAČUNA OTS U STVARNOM VREMENU

- Brzina izvođenja proračuna,
- Robusnost obzirom na početne uvjete,
- Prepoznavanje i odbacivanje pogonski neprihvatljivih rješenja,
- Prepoznavanje i odbacivanje neučinkovitih raspodjela tokova snaga,
- Diskretiziranje varijabli,
- Razvoj metoda određivanja "optimalne putanje" koja će, što je moguće sigurnije, voditi EES u smjeru optimalne pogonske točke,
- Mogućnost modeliranja nepredviđenih pogonskih ograničenja,
- Osiguravanje što točnijih ulaznih podataka proračuna OTS,
- Korištenje naprednih tehnika odlučivanja (umjetna inteligencija) s ciljem što manjeg opterećivanja dispečera.

ANALIZA PRIMJENE PRORAČUNA OTS U HR EES-u

- Analize su napravljene interno u HEP Operatoru prijenosnog sustava, 2004. godine, korištenjem računalnog alata PSS/E,
- Proračuni su temeljeni na dva ostvarena pogonska stanja HR EES-a: ljetni maksimum 2003. g. (16.07.) i zimski maksimum 2004. g. (21.01.):

Usporedba rezultata proračuna optimalnih tokova snaga

	Ukupno opterećenje sustava MW	Gubici prije optimizacije MW	Gubici poslije optimizacije					
			LINEARNO OGRANIČENJE			KVADRATNO OGRANIČENJE		
			<i>k=1</i> MW	<i>k=10</i> MW	<i>k=100</i> MW	<i>k=1</i> MW	<i>k=10</i> MW	<i>k=100</i> MW
16.07.2003., 10:30	1731.04	22.4	18.1	18.4	18.4	19.1	19.9	20.1
21.01.2004., 10:30	2032.13	27.2	20.9	21.8	22.6	23	23.8	24.4

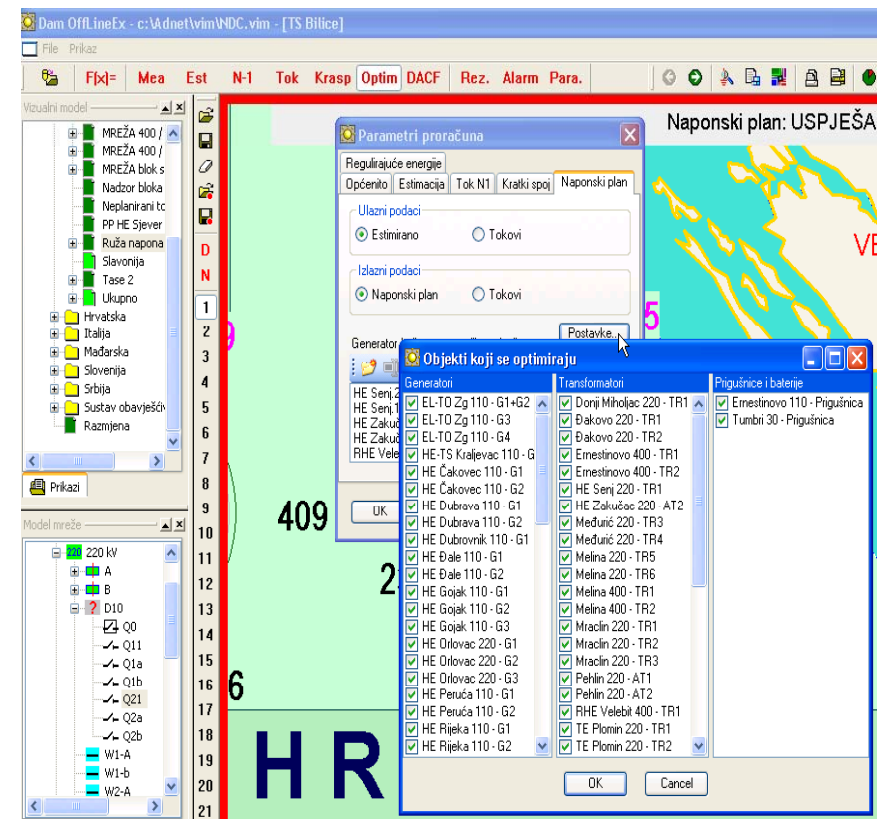


ZAKLJUČAK ANALIZE

Primjenom proračuna optimalnih tokova snaga moguće je postići minimiziranje gubitaka prijenosa i učinkovito upravljanje naponom i jalovom snagom, uz zadržavanje propisane razine sigurnosti pogona EES-a.

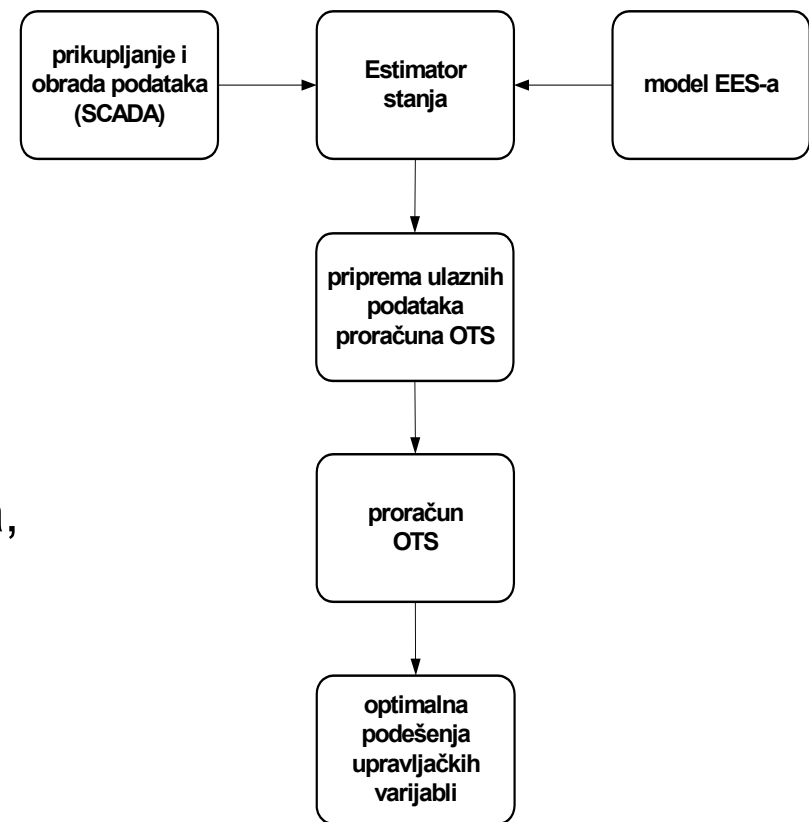
NAPONSKI PLAN (1)

- Modul unutar računalnog sustava za analizu mreže NetVision DAM,
- Implementiran u HEP OPS-u u 2007. godine,
- Temeljen na proračunu optimalnih tokova snaga,
- Funkcija cilja: minimiziranje gubitaka u prijenosnoj mreži.



NAPONSKI PLAN (2)

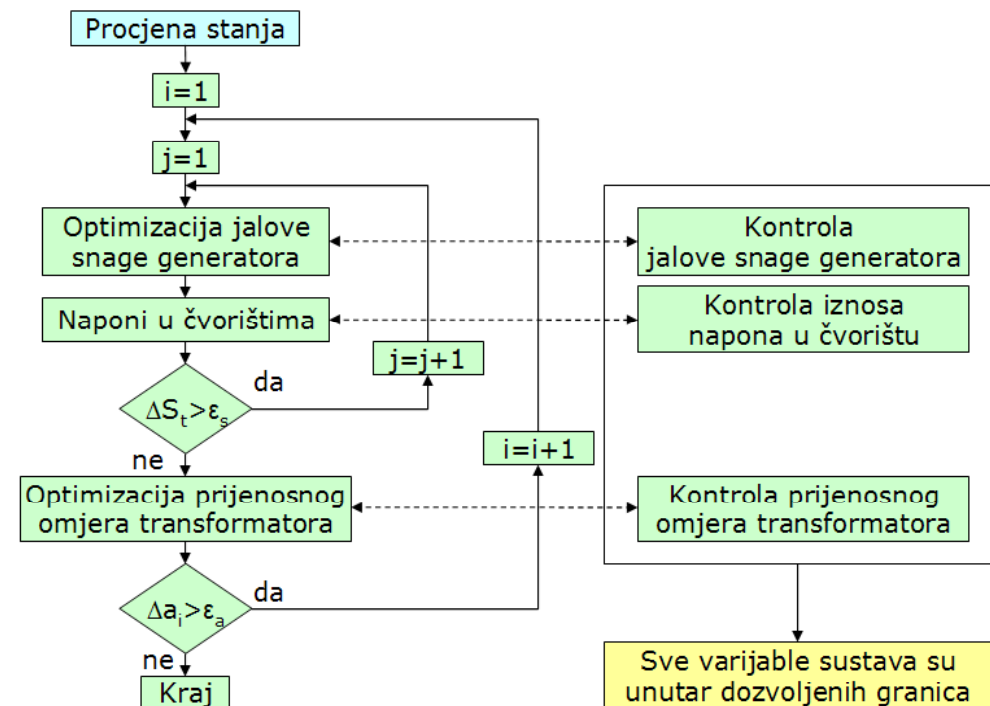
- Ulazni podaci za proračun OTS pripremaju se programskim modulom za estimaciju stanja, na temelju izmjerenih veličina i pohranjenog modela EES-a,
- Mjerenja koja ulaze u proračun estimacije su slijedeća:
 - Naponi sabirnica,
 - Proizvodnja u generatorskim čvorištima,
 - Potrošnja u čvorištima (transformatori 110/x),
 - P i Q mjerenja na vodovima i transformatorima,
 - Položaj regulacijske sklopke na transformatorima.



Dijagram toka pripreme i izvođenja proračuna OTS

NAPONSKI PLAN (3)

- Iterativni postupak korištenjem metode Z matrice.
- Računa optimalne vrijednosti napona u generatorskim čvorištima i optimalne položaje regulacijskih preklopki mrežnih transformatora s mogućnošću uzdužne regulacije pod opterećenjem.



Dijagram toka iterativnog postupka

NAPONSKI PLAN (4)

- Proračuni se pokreću ručno, na zahtjev dispečera ili planera, a rezultati su dani ekranskim prikazom,
- Stvarno podešenje regulacijskih uređaja se zatim provodi selektivno i ručno,
- Nužno potrebni algoritam i procedura te automatizacija procesa podešenja optimalnih postavki regulacijskih uređaja u naravi.

Rezultati proračuna po računskim mrežama

Mreža	Rezultat	Čvorišta	Grana	Iteracija	Pogrešnih mjerenja
208	Uspješno	351	542	0	0
211	Nedefinirano	60	0	0	0
145	Nedefinirano	14	15	0	0
137	Nedefinirano	3	2	0	0

Izveštaj | Vodovi | Transformatori | Električna čvorišta | **Generatori** | Ekvivalenti | Tereti | Prigušnice | Baterije

Ime	Nivo	Stanje	P izr	Q izr	S izr	U izr	St. opt.
Detk - MMATRE22	220	Uk	0.0	0.0	0.0	240.5	
Detk - MMATRE23	220	Uk	0.0	0.0	0.0	240.5	
Drau Malta - G4	220	Uk	0.0	0.0	0.0	229.2	
Ernsthofen - OHAUSR21	220	Uk	0.0	0.0	0.0	233.1	
Ernsthofen - OPYHRN21	220	Uk	0.0	0.0	0.0	233.1	
Ernsthofen - OYBBSF21	220	Uk	0.0	0.0	0.0	233.1	
HE Orlovac - G1	220	Uk	76.2	-5.1	76.3	241.2	
HE Orlovac - G2	220	Uk	75.1	-5.1	75.2	241.2	
HE Orlovac - G3	220	Uk	75.5	-5.1	75.7	241.2	
HE Rama - G1	220	Uk	0.0	0.0	0.0	239.7	

Nišenaponska strana blok transformatora

P izr	Q izr	U izr
75.1	2.4	11.4

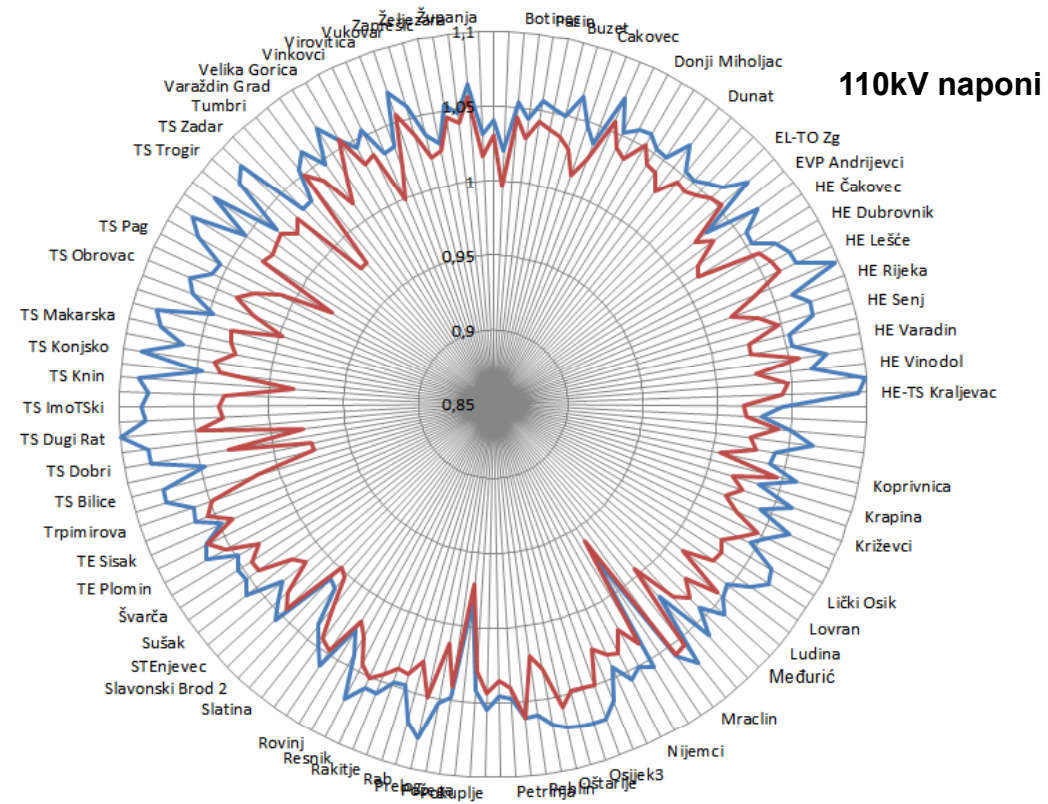
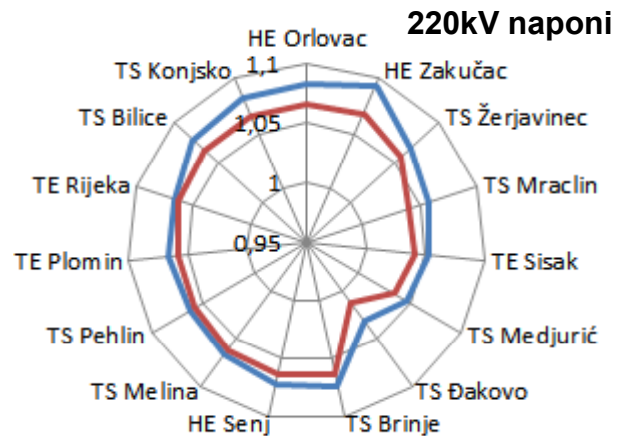
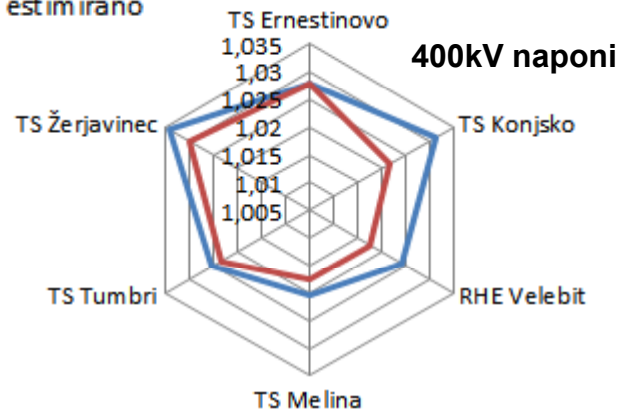
Izlaz | Podaci ukupno... | Izveštaj... | Gubici...

NAPONSKI PLAN (5)

Rezultati OTS za dan 16.12.2010., 18:00 sati

— U optimalno

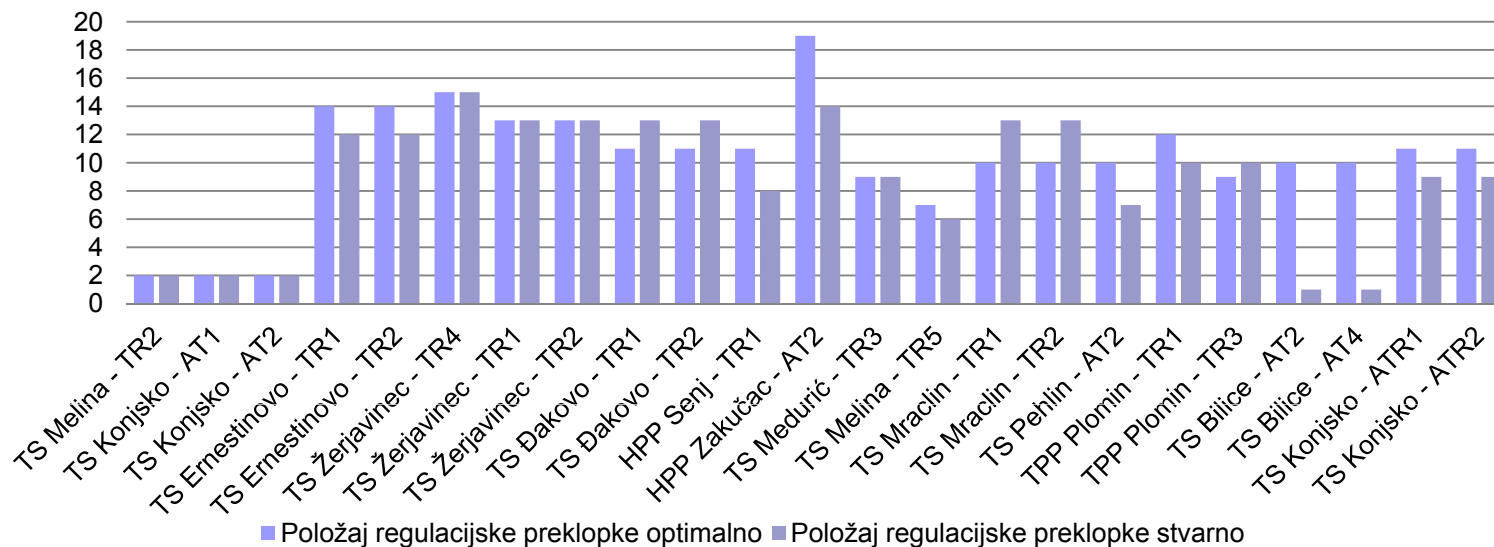
— U estimirano



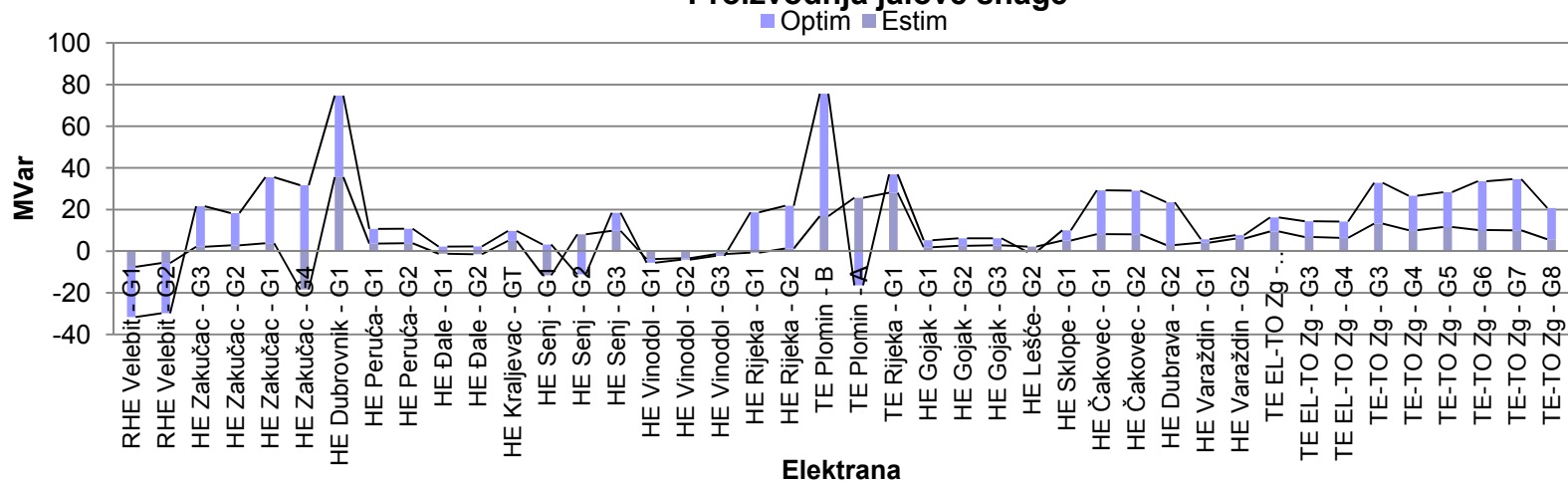
	Proizvodnja (MW)	Razmjena (MW)	Potrošnja (MW)	Gubici (MW)
Estimirano	2440,2	641,7	3023,4	58,4
Optimirano	2437,3	641,3	3023,4	55,2


NAPONSKI PLAN (6)

Položaj regulacijske preklapke




Proizvodnja jalove snage





KOORDINIRANA SISTEMSKA U-Q REGULACIJA (1)

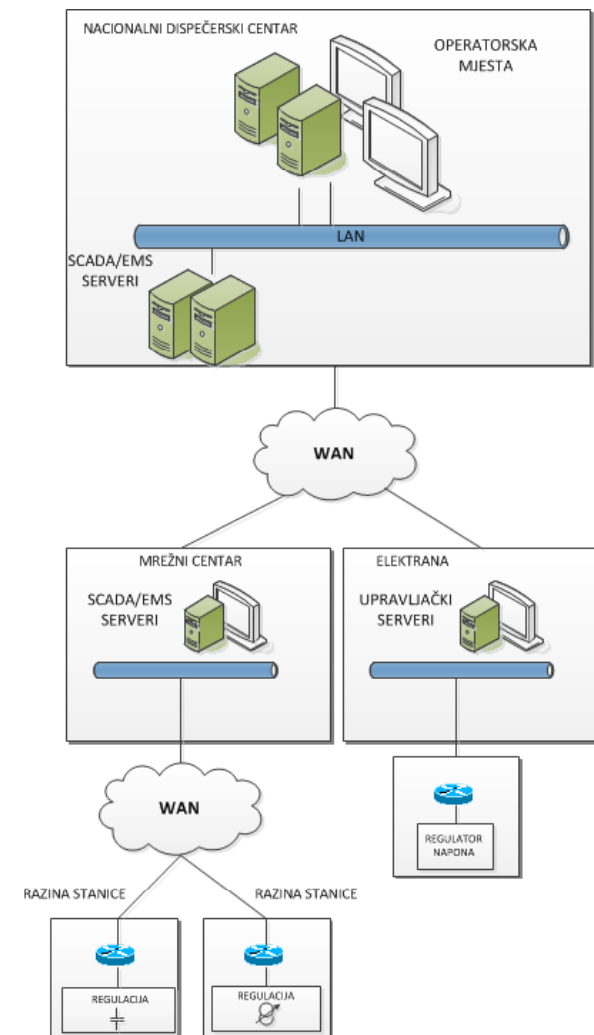
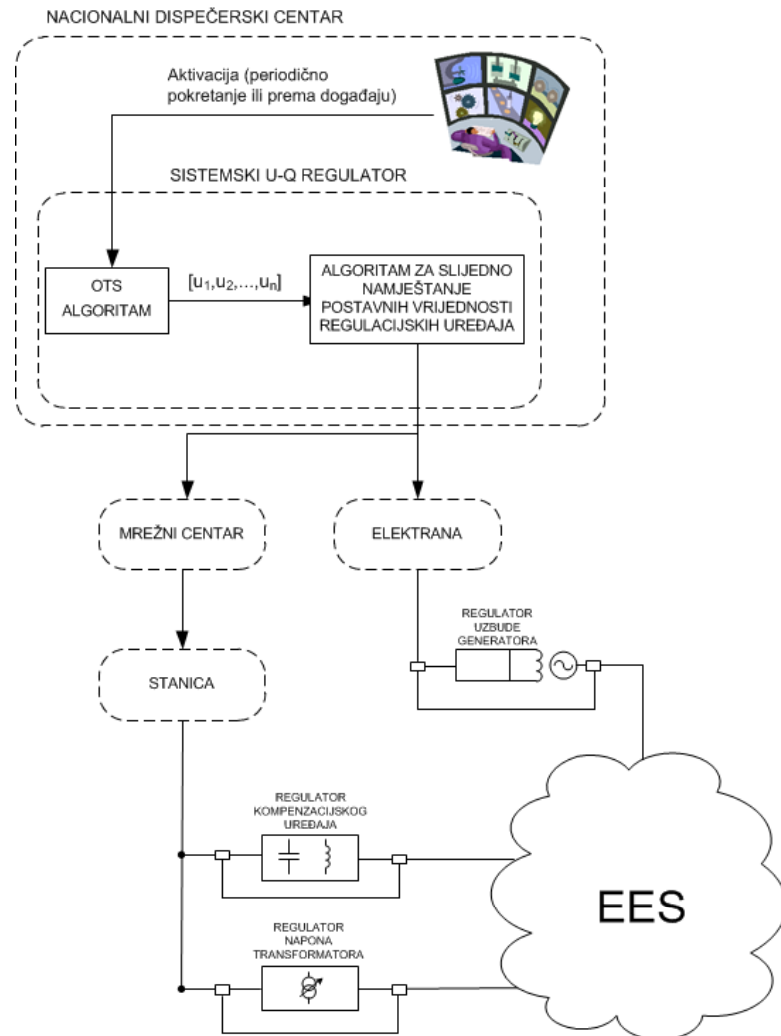
- Potreba za uvođenjem koordinirane systemske U-Q regulacije danas se sve više nameće radi zahtjeva sigurnosti pogona, kvalitete isporuke električne energije i ekonomičnosti pogona,
- Koordinirana systemska U-Q regulacija predstavlja regulaciju na razini EES-a, sa zadatkom optimiranja tokova jalove snagama putem koordinacije djelovanja sekundarnih i/ili primarnih regulatora napona pojedinih regija ili regulacijskih uređaja i generatora.




KOORDINIRANA SISTEMSKA U-Q REGULACIJA (2)

- Algoritam van stvarnog vremena i bez zatvorene povratne regulacijske veze, čiji je rezultat određivanje optimalnih postavnih vrijednosti sekundarnih i/ili primarnih regulatora napona, a koji se dobijaju proračunom optimalnih tokova snaga za čitav EES,
- Optimizacijski algoritam pokreće se automatski, prema unaprijed zadanim kriterijima, no rezultati proračuna služe samo kao informacija dežurnom voditelju sustava,
- Nakon potvrde od strane dežurnog voditelja sustava vrijednosti podešenja regulatora napona prenose se na lokacije teleinformacijskim sustavom prema određenom redoslijedu namještanja regulacijskih uređaja.


KOORDINIRANA SISTEMSKA U-Q REGULACIJA (3)





KOORDINIRANA SISTEMSKA U-Q REGULACIJA (4)

- Idejno rješenje sustava za koordiniranu sistemsku U-Q regulaciju (2012.god.) predlaže:
 - Slijedno namještanje regulacijskih uređaja zbog manje skokovitih promjena napona i tokova snaga u EES-u,
 - Prvo namještanje kompenzacijskih uređaja, budući da se ne radi o domeni primarne regulacije s ciljem očuvanja naponske stabilnosti, već o korekcijskom postupku s ciljem postizanja optimalne pogonske točke EES-a, zatim generatora, i konačno regulacijskih transformatora,
 - Praćenje amplitude oscilacija nakon svakog višestrukog podešenja, te prekidanje daljnjeg postupka u slučaju prekoračenja preporučenih vrijednosti.




KOORDINIRANA SISTEMSKA U-Q REGULACIJA (5)

- Koordiniranom sistemskom U-Q regulacijom postigla bi se prijeko potrebna koordinacija regulacijskih uređaja u sklopu hrvatskog EES-a, uz ostvarenje sigurnog i ekonomski učinkovitog pogona EES-a,
- Postrojenja HEP Proizvodnje, poglavito hidroelektrane, sposobna su sudjelovati u sistemskoj U-Q regulaciji te će daljnje aktivnosti ovisiti i o dogovorima te regulatornom okviru u pogledu pružanja pomoćne usluge U-Q regulacije na koordiniranim osnovama.



POMOĆNA USLUGA U-Q REGULACIJE

- Pomoćna usluga U-Q regulacije podrazumijeva vrednovanje troškova usluge regulacije napona i potpore EES-a jalovom snagom koju Operator prijenosnog sustava koristi tijekom svakodnevnog pogona EES-a,
- Cilj je poboljšati sigurnost i ekonomičnost pogona EES-a, te ispravnim cjenovnim signalima utjecati na ekonomičnost i pravodobnost ulaganja u uređaje za U-Q regulaciju.



MEHANIZMI OSIGURANJA POMOĆNE USLUGE U-Q REGULACIJE

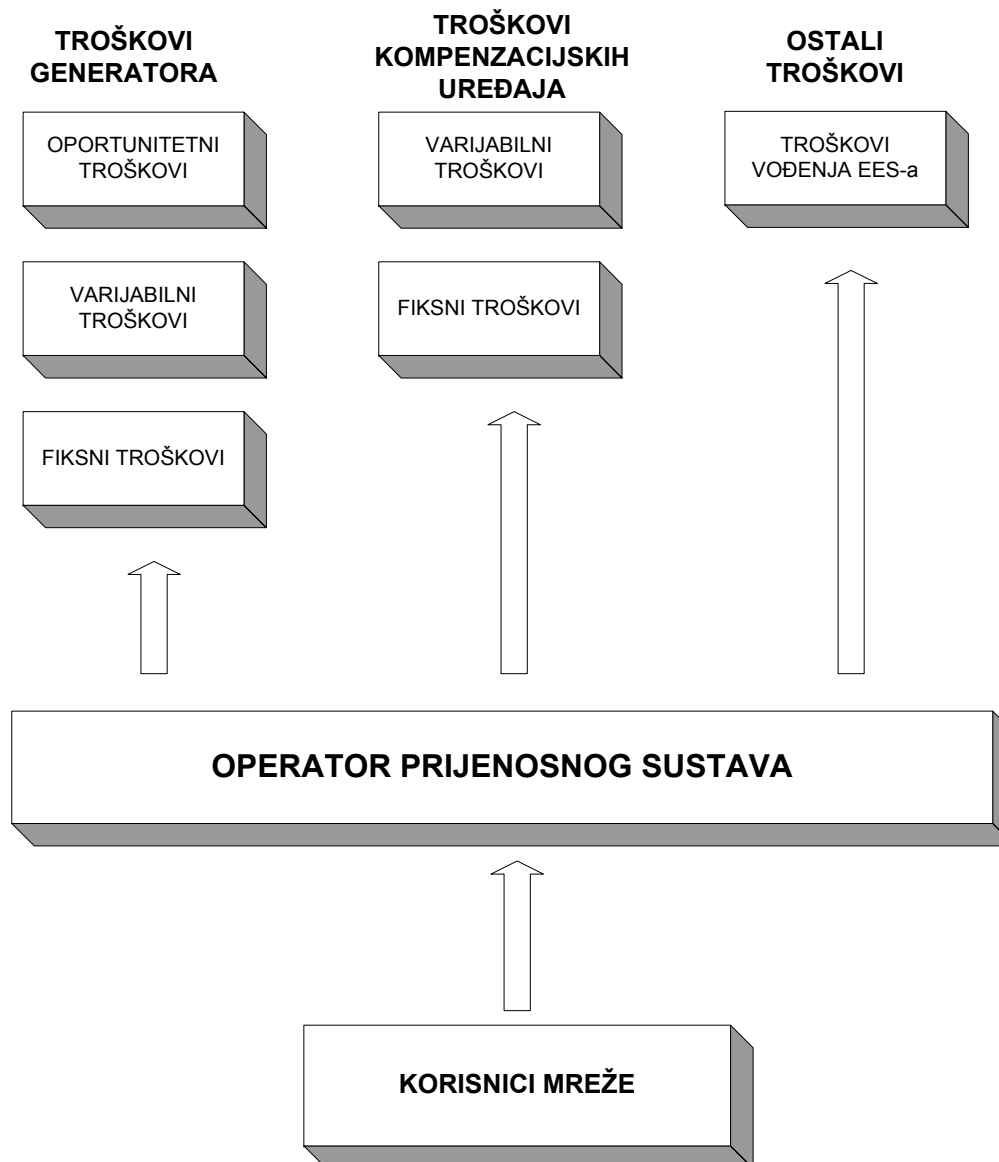
- Funkcionalna deregulacija energetske djelatnosti koje omogućavaju regulaciju napona i jalove snage,
- Mrežna pravila, koja propisuju tehničke norme i koordinaciju između energetskih subjekata za proizvodnju i prijenos električne energije s ciljem osiguranja stabilnog pogona EES-a,
- Uspostava mehanizma plaćanja za jalovu snagu te poticajna politika cijena jalove snage.



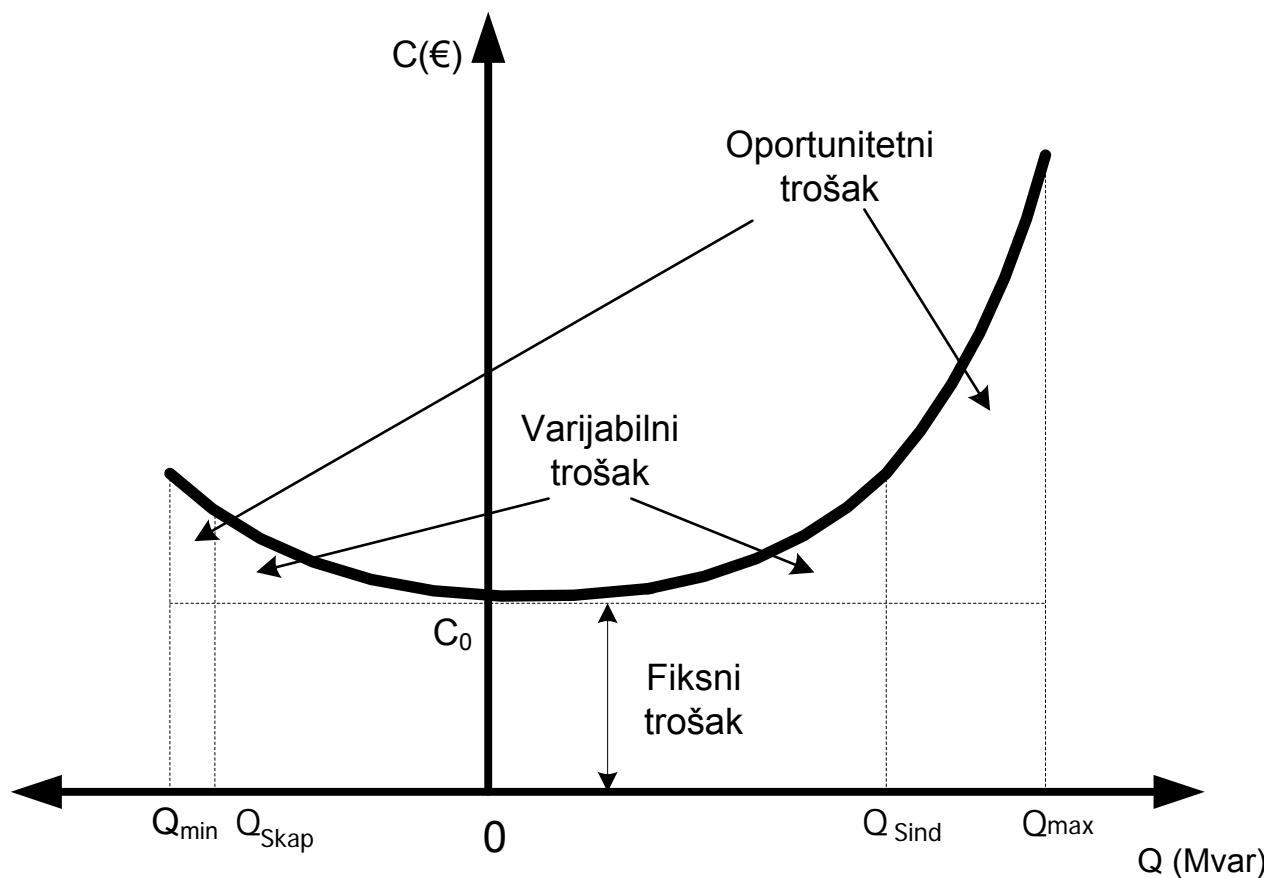
PREPORUKE ZA OSIGURANJE POMOĆNE USLUGE U-Q REGULACIJE (FERC REPORT, 2005.)

1. Potrebe za jalovom snagom treba procijenjivati lokalno, temeljem jasnih kriterija,
2. Te potrebe treba zadovoljavati na učinkovit i pouzdan način, uz minimalne troškove,
3. Korisnici usluge U-Q regulacije trebaju snositi troškove njenog osiguranja,
4. Proizvođačima jalove snage troškovi trebaju biti nadoknađeni, putem razvidnih i nediskriminirajućih mehanizama,
5. Mehanizmi za nadoknadu troškova trebaju poticati daljnja ulaganja u proizvodnju jalove snage.

NADOKNADA TROŠKOVA




KRIVULJA TROŠKOVA PROIZVODNJE JALOVE SNAGE SINKRONOG GENERATORA





NAKNADA ZA DAVANJE POMOĆNE USLUGE U-Q REGULACIJE

- Dvije osnovne metode:
 - Određivanje naknade temeljem regulacijskog opsega – ključni kapitalni troškovi uređaja, dugoročni ugovori, osiguranje sigurnosti pogona EES-a.
 - Vrednovanje regulacije napona / proizvodnje jalove energije u stvarnom vremenu - određivanje naknade tj. cijene jalove snage temeljem tržišnih mehanizama, za naknadu ključni varijabilni i oportunitetni troškovi, kratkoročni ugovori, osiguranje ekonomičnog i sigurnog pogona EES-a
- Niti jedna metoda sama ne pokriva adekvatno sve troškove proizvodnje jalove snage te ih je nužno kombinirati.



POMOĆNA USLUGA U-Q REGULACIJE U HRVATSKOM EES-u

- U hrvatskom EES ukupna naknada za pomoćnu uslugu U-Q regulacije iz proizvodnih jedinica određuje se bilateralno, u sklopu Ugovora za pružanje pomoćnih usluga,
- Prihvatljiva koncepcija nadoknade troškova proizvodnje jalove snage je plaćanje na temelju regulacijskog opsega jalove snage (kn/Mvar) – fiksni dio, i plaćanje za stvarno proizvedenu/potrošenu jalovu energiju (kn/Mvarh) – varijabilni dio, a u budućnosti i plaćanje za oportunitetni trošak,
- U budućnosti potrebno pokrenuti planiranje napona na temelju proračuna optimalnih tokova snaga, te koordiniranu sistemsku U-Q regulaciju, s ciljem uravnoteženja naponskog profila u čvorištima prijenosne mreže, te minimiziranja gubitaka djelatne snage u prijenosnoj mreži.
- Osim klasičnih elektrana u pomoćnu uslugu U-Q regulacije potrebno je uključiti i obnovljive izvore energije, poglavito veće vjetroelektrane.



POMOĆNA USLUGA U-Q REGULACIJE NA KOORDINIRANIM OSNOVAMA

- Moguća dva pristupa za uvođenje pomoćne usluge U-Q regulacije na koordiniranim osnovama:
 - nametanje obveze putem tehničke regulative, ili
 - poticaj za plansko pružanje ove pomoćne usluge putem tržišnih ili reguliranih cijena za raspoloživost i za proizvodnju jalove snage (regulaciju napona).
- Potrebno dogovoriti na razini HR EES-a:
 - Proceduru planiranja napona za dan unaprijed,
 - Uvid u podešenja limitera uzbude,
 - Ažurne pogonske karte generatora,
 - Troškovno orijentirane cijene M_{var} i M_{varh} ,
 - Sudjelovanje većih vjetroelektrana u U-Q regulaciji.

UMJESTO ZAKLJUČKA: POGLED U BUDUĆNOST

