

Koordinisano operativno planiranje elektroenergetskog sistema na nivou regionalni koordinator sigurnosti - operator prenosnog sistema

Marijana Marić, Andrej Tasić, Miloš Đurđević
Security Coordination Centre SCC Ltd. Belgrade
Beograd, Srbija
marijana.marić@scc-rsci.com, andrej.tasic@scc-rsci.com,
milos.djurdjevic@scc-rsci.com

Predrag Nosović
Služba za operativno planiranje
Nezavisni operator sistema Bosne i Hercegovine (NOSBiH)
Sarajevo, BiH
p.nosovic@nosbih.ba

Sažetak - Sigurnost sistema je primarni cilj rada povezanih mreža. Pojam sigurnosti opisuje sposobnost sistema da bez narušavanja granica normalnog rada podnese neke nepredviđene poremećaje iz unapred definisane liste mogućih poremećaja (eng. Contingency List). U ovom radu biće detaljno opisana saradnja regionalnog koordinatora sigurnosti (RSC-a) i operatora prenosnog sistema (TSO-a) na kreiranju, validaciji i spajanju individualnih mrežnih modela u zajednički mrežni model, ali takođe će biti navedeni i objašnjeni još neki od procesa koje oni obavljaju u saradnji i/ili nezavisno jedan od drugog.

Gljučne reči – Operativno planiranje, DDCF, IDCF, RSC, TSO, TNA, ENTSO-E

I. UVOD

Koordinisano operativno planiranje se pored koordinacije procesa isključenja, proračuna prekograničnih prenosnih kapaciteta, kratkoročne i srednjoročne procene adekvatnosti, takođe bavi i prognozom zagušenja.

Da bi se sprovele prognoze tokova snaga i da bi se identifikovala moguća zagušenja, potrebno je da se razmenjuju relevantni podaci između operatora prenosnih sistema (TSO – Transmission System Operator), a zatim da se ti podaci dostavljaju regionalnim koordinatorima sigurnosti (RSC – Regional Security Coordinator). U nastavku će biti opisano na koji način je proces identifikacije zagušenja obezbeđen i u kom smeru se on dalje kreće.

II. POJAM SIGURNOSTI ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA I POJAM ZAGUŠENJA

Sigurnost elektroenergetskog sistema je pojam koji opisuje sposobnost tog sistema da bez narušavanja granica normalnog rada podnese neke poremećaje iz unapred specificirane liste mogućih poremećaja. Ovaj pojam je povezan sa pojmom pouzdanosti. Sigurnost se posmatra kao deterministički pokazatelj s obzirom da se proverava na specificirane poremećaje, dok je pouzdanost stohastički pokazatelj. Pouzdanost definiše verovatnoću ispravnog rada sistema kao celine ili pojedinih elemenata u određenom vremenu.[1].

Da bi se obezbedio siguran rad sistema, potrebno je da se obezbedi zaštita u slučaju pojava koje mogu prouzrokovati

velike poremećaje u sistemu ili da iniciraju incidente većih razmera. Te pojave su kaskadni ispadi, propadi napona, odstupanje frekvencije od propisane vrednosti i gubitak sinhronizma [2][3].

Takođe, proces liberalizacije i restrukturiranja energetskog sektora doveo je u pitanje tradicionalne načine upravljanja prenosnim sistemom. Usled velikih tranzita električne energije koji se javljaju između susednih TSO-ova (posledica liberalizacije tržišta) javljaju se problemi vezani za obezbeđenje sigurnosti napajanja potrošača i upravljanje zagušenjima.

Kontinuiranom analizom mogućih poremećaja iz unapred specificirane liste od strane TSO-a moguće je identifikovati potencijalna zagušenja na različitim intervalima koji se uzimaju u obzir prilikom operativnog planiranja. Pod zagušenjem se podrazumeva preopterećenje nekog elementa prenosnog sistema, odnosno neispunjenost kriterijuma sigurnosti u postupku analize tokova snaga i naponskih prilika za planirani režim rada. U takvim situacijama tokovi snaga po određenim (monitorisanim) elementima prevazilaze njihove dostupne kapacitete ili se dobijeni naponi nalaze izvan dopuštenih granica u tom režimu rada.

III. OSNOVNO O PROCESU PROGNOZE ZAGUŠENJA

Uticaj suseda na sopstvenu mrežu TSO mora uzeti u obzir, posebno za analizu nepredviđenih zagušenja, čak i ako se identifikovana zagušenja ne nalaze na interkonektivnim dalekovodima. Svaki TSO treba da organizuje razmenu podataka kroz individualne mrežne modele (IGM – Individual Grid Model). Modeli treba da sadrže najbolje prognozirane podatke o prenosnoj mreži. Proces prognoze zagušenja u vezi sa operativnim analizama sigurnosti radi se u sledećim intervalima [4][5]:

- Godina unapred (Y-1)
- Sedmica unapred (W-1)
- Dva dana unapred (D2CF – Two-Days Ahead Congestion Forecast)
- Dan unapred (DACF – Day Ahead Congestion Forecast)

- Unutardnevni (IDCF – Intraday Congestion Forecast)

Najrealnije rezultate prognoze zagušenja daje unutardnevna analiza, koja je osvežena podacima o potrošnji, proizvodnji i razmenama bližim realnom vremenu. U slučaju nedostatka istih, za analize sigurnosti se uzimaju modeli iz najbližeg dostupnog vremenskog intervala koji je raspoloživ.

Infrastruktura koju koriste TSO-i je jedinstvena i zaštićena. Za razmenu IGM-ova i rezultata analiza sigurnosti mreže, TSO-i koriste Electronic Highway (EH) infrastrukturu.

IGM-ovi se dostavljaju na centralni server u švajcarskom TSO-u - Swissgrid-u. Te modele zatim preuzimaju RSC-ovi, validiraju ih i spajaju u zajednički model Kontinentalne Evrope (CGM – Common Grid Model) [6]. Ovaj proces razmene modela se još uvek obavlja na opisani način dok se na nivou ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) ne uspostavi platforma OPDE (Operational Planning Data Environment) dostupna svim TSO-ima učesnicima i svim RSC-ovima. Ta platforma je još uvek u fazi testiranja, a inače će biti aktivna za postavljanje i skidanje podataka koji su bitni za analizu u koordinisanom operativnom planiranju sistema.

Trenutno svaki TSO dostavlja svoje individualne modele koji se odnose na prenosnu mrežu i trebalo bi da sadrže sve elemente na 220kV i višim naponskim nivoima. Tu spadaju interni dalekovodi, transformatori, interkonektivni dalekovodi, sabirnice i injektiranja u čvorove (proizvodnja i potrošnja).

Elementi na nižim naponskim nivoima mogu se modelovati u potpunosti, u slučaju da značajno utiču na više naponske nivoe (400kV ili 220kV), ili se ti delovi mreže mogu ekvivalentirati.

Za razmenu modela trenutno se koristi tekstualni UCTE format [7], a uporedo se šalje testni model u CGMES formatu na koji se u budućnosti planira preći u potpunosti [8].

IV. PRIPREMA ULAZNIH PODATAKA ZA DACF/IDCF MODELE

Planska služba NOSBiH-a priprema ulazne datoteke za izradu DACF modela. Podaci potrebni za kreiranje DACF modela su prognozirani podaci o angažovanju elektrana, potrošnji, razmenama sa susedima i topologiji mreže.

Koristeći predulazne podatke operator kreira četiri datoteke *.gen, *.top, *.exc, *.lfd, koje se koriste kao ulazne datoteke za TNA (Transmission Network Analyzer) program, tj. za izradu DACF modela [9]. UCTE format [7] je standard za većinu softvera koji se koriste u operativnom planiranju, a izgled samih datoteka u izabranim softverima se može međusobno razlikovati.

Za DACF se koriste podaci prognozirane proizvodnje koji su raspoloživi iz voznih redova za dan-unapred (D-1), dok se za IDCF koriste podaci iz najnovijih voznih redova koji uvažavaju i eventualne replane.

Na Sl. 1 je prikazan izgled i sadržaj dela *.gen datoteke u TNA u kojoj se nalaze podaci o proizvodnji.

Node name	Generator name	Purpose	Pmin [MW]	Pmax [MW]	Qmin [MVA]	Qmax [MVA]	Paux [%]	Pgen [MW]	Pmin [MW]	Pmax [MW]	Qmin [MVA]	Qmax [MVA]
WUGLJE1	UCT		190	269	-75	179	0	220	190	275	-75	179

Slika 1. Izgled i sadržaj dela *.gen datoteke prikazanog u TNA koji se odnosi na planiranu proizvodnju TE Ugljevik

Konkretno, prikazani su podaci za prvi sat, za TE Ugljevik. Prvo je dat UCTE naziv čvora u kome je priključen generator, zatim neobavezno ime generatora i korišćeni format podataka, što je u ovom slučaju UCTE. Zatim su data ograničenja po minimalnoj i maksimalnoj vrednosti proizvodnje aktivne i reaktivne snage koja važe za sva 24 sata i vrednost sopstvene potrošnje elektrane, takođe za sva 24 sata. Nakon toga, zadata je planirana vrednost generisanja u prvom satu. U nastavku, moguće je definisati ograničenja po aktivnoj i reaktivnoj snazi, ali u ovom slučaju za konkretan sat. Isti redosled podataka važi i za naredne sate. *.gen datoteka u sebi sadrži i podatke o zadatim naponima generatora (Voltage Set Point) za svaki sat kao što je prikazano na Sl. 2.

Node Code	1	2	3	4	5	6	7	8
WUGLJE1	408	408	408	408	408	408	407	407
WGACKO1	414	414	414	414	413	413	413	413

Slika 2. Izgled i sadržaj dela *.gen datoteke prikazanog u TNA koji se odnosi na zadate napone generatora

U okviru *.gen datoteke je i informacija o izabranom generatoru za balansno-referentni čvor (Slack). Za različite sate moguće je izabrati različite balansno-referentne čvorove kao što je prikazano na Sl. 3.

Node name	1	2	3	4	5	6	7	8
WUGLJE1	✓	✓	✓	✓				
WGACKO1					✓	✓	✓	✓

Slika 3. Izgled i sadržaj dela *.gen datoteke prikazanog u TNA koji se odnosi na izbor balansno-referentnog čvora

Za DACF se koriste podaci o planiranoj topologiji mreže koja se daje kao matrica statusa elemenata sa planiranim statusima za svaki element, za svaki sat u danu D.

Za IDCF se koriste podaci o statusima elemenata sa uključenim planskim i neplanskim promenama topologije.

Na Sl. 4 prikazan je deo *.top datoteke u kojem se nalaze statusi dalekovoda u određenim satima. Prvo je zadat prvi čvor, a zatim drugi čvor i redni broj dalekovoda u slučaju da postoje paralelni dalekovodi. U nastavku je po satima dat status dalekovoda (ako je „štiklirano“ znači da je dalekovod uključen). Na isti način su definisani i statusi transformatora.

Node 1	Node 2	CKT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
WTSVSG1	WHEVIS1	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
WHRAMA2	WRPJAB2	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
WHRAMA2	WRPJAB2	2											

Slika 4. Izgled i sadržaj dela *.top datoteke prikazane u TNA koji se odnosi na statuse dalekovoda i transformatora

U okviru *.top datoteke definisana je i regulacija transformatora kao što je prikazano na Sl. 5. Nakon podataka o kom se transformatoru radi, definisani su položaji regulacionih sklopki transformatora po satima. Za svaki sat prikazane su dve

vrednosti: vrednost iz učitane datoteke, kao i vrednost u Snapshot modelu koji se koristi kao „podloga“ za pravljenje modela. U TNA, svi položaji sklopki su pozitivni, odnosno u konkretnom primeru sa Sl. 5 (TR 400/220 Mostar 4) neutralni (i trenutni) položaj sklopke je 2.

Node 1	Node 2	CKT	Model	1	2	3	4	5
WMOST42	WMOST41	1	SN	2	2	2	2	2
			*.TOP	Value limit: 1:3				2

Slika 5. Izgled i sadržaj dela *.top datoteke prikazane u TNA koji se odnosi na položaje regulacionih sklopki transformatora

Što se tiče podataka o potrošnji, za svaki od čvorova faktori opterećenja su definisani na način da je relativni faktor opterećenja za određeni čvor izračunat iz odnosa odgovarajućeg apsolutnog faktora opterećenja i zbira svih faktora opterećenja za isti vremenski okvir [9]. Na osnovu ovih faktora biće skalirana potrošnja prilikom kreiranja modela. Na Sl. 6 prikazan je deo *.lfd datoteke, odnosno prikazan je deo datoteke za jedan čvor i za nekoliko sati. Nakon imena čvora i naziva trafo-stanice, definisan je status skaliranja (V ili F). Čvorišta sa statusom V (Variable) su uključena u skaliranje opterećenja, dok će se ona sa statusom F (Fixed) naći u modelu sa vrednostima opterećenja kao što je predviđeno u *.lfd datoteci. Nakon toga dati su faktori u MW (Mvar) za svaki sat. Podaci o aktivnoj i reaktivnoj snazi dati su u zasebnim redovima.

Node name	Load name	F/V	P/Q	Status	1	2	3	4	5
WBIHAC2	Bihac	V	P	IMPORTED	16.85	15.51	14.81	13.9	13.38
WBIHAC2	Bihac	V	Q	IMPORTED	-4.67	-4.76	-4.77	-4.88	-5.25

Slika 6. Izgled i sadržaj dela *.lfd datoteke prikazane u TNA

U *.exc datoteci nalaze se podaci o planiranim prekograničnim razmenama električne energije preuzeti iz voznih redova sa predznakom +/- u zavisnosti od toga da li je u pitanju izvoz ili uvoz (respektivno). U konkretnom slučaju prikazanom na Sl. 7, definisana je regulaciona oblast BA, i u nastavku su date planirane vrednosti razmene po satima.

Area/Subarea	1	2	3	4	5	6	7	8
BA	234	264	224	229	230	255	202	203

Slika 7. Izgled i sadržaj dela *.exc datoteke prikazane u TNA

Sve prethodno pobrojane datoteke se u TNA softverskom paketu mogu lako menjati u odgovarajućim alatima (tzv. Builder-ima) pomoću kojih su pomenute datoteke i prikazane.

Bitno je napomenuti da od kvaliteta ulaznih podataka zavisi kvalitet proračuna. NOSBiH za kreiranje modela za prognozu zagušenja koristi planske podatke i podatke iz realnog vremena koji se pripremaju svakodnevno, sedam dana u sedmici. Koriste se podaci sa SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistema instaliranog u dispečerskom centru na osnovu kojih se kreiraju modeli ostvarenog stanja (tzv. Snapshot modeli). Na osnovu tih modela dobijaju se realniji rezultati potrebni za buduće analize sistema.

V. KREIRANJE DACF/IDCF MODELA

Planska služba NOSBiH-a koristi više programskih alata za analizu sistema, dok za kreiranje modela za prognoze zagušenja na nivou dan unapred (DACF) koristi programski paket TNA.

TNA je programski paket razvijen od strane EKC Beograd i Schneider Electric DMS Novi Sad. Između ostalog, TNA uključuje analitičke proračune i funkcije kratkoročnog planiranja pogodne za TSO-e i RSC-ove kao što su proračun prekograničnih prenosnih kapaciteta, statičkih tokova snaga i analize sigurnosti (N-1, N-X). Pored prognoze zagušenja za dan unapred (DACF), dva dana unapred (D2CF) i unutardnevne (IDCF), može se koristiti i za modelovanje mreže, validaciju, spajanje, konverziju različitih ulaznih formata (UCTE, RAW, CIM/CGMES), analize osetljivosti (PTDF; OTDF; kružne tokove snaga), proračun gubitaka i analizu kratkih spojeva [9].

Svaki TSO iz sinhronne oblasti Kontinentalna Evropa svakodnevno kreira modele za prethodno navedene procese prognoze zagušenja. Skupovi podataka za DACF proces čine 24 modela koji oslikavaju najbolje moguće prognozirano stanje za svaki sat. Na Sl. 8. je prikazano kako nakon pripremljenih ulaznih datoteka u TNA, program kreira 24 DACF modela. Modeli validno mogu biti kreirani sa statusom OK, kada nije narušeno nijedno pravilo definisano u relevantnim ENTSO-E dokumentima ili sa OKW, kada narušeno pravilo ne dovodi u pitanje kvalitet modela (npr. naponi u sistemu NOSBiH-a su često van dozvoljenih okvira od 5% (pa čak i 10%) u odnosu na naznačenu vrednost na višim naponskim nivoima, ali je to svakako realno stanje koje se oslikava i kroz modele). Moguće je koristiti više Snapshot-a ili jedan Snapshot za sva 24 sata kao što je i urađeno u primeru datom na Sl. 8.

National data										
Area	Purpose	Type	00-24	01	02	03	04	05	06	07
BA	SNAPSHOT D-1		OK	RP	RP	RP	RP	RP	RP	RP
BA	FORECAST	TOP	OK							
BA	FORECAST	LFD	OK							
BA	FORECAST	GEN	OK							
BA	FORECAST	EXC	OK							
BA	FORECAST	SNT	/							
BA	FORECAST	LFDA	/	/	/	/	/	/	/	/
BA	FORECAST		/	OK	OK	OKW	OKW	OKW		

Slika 8. Kreiranje DACF modela TNA alatom

Modeli se mogu eksportovati u UCTE ili CGMES formatu. Interni format sa kojim TNA radi je CGMES, ali se trenutno razmena DACF modela vrši u UCTE formatu.

Na osnovu predulaznih podataka o proizvodnji, potrošnji, topologiji i razmenama, TNA kreira modele tako što ih „preslika“ preko podrazumevanog Snapshot modela. Mapira se topologija tako da se stanje prilagodi stanju iz ulazne *.top datoteke. Elektranama se dodele vrednosti generisanja i ciljanog napona na osnovu *.gendatoteke, pa na taj način sve elektrane koje su na mreži postaju naponski (PV) čvorovi. Jedan od PV čvorova postaje balansno-referentni čvor, takođe na osnovu podataka iz *.gen datoteke. Podaci o programima

razmena raspodele se po obodnim čvorovima (X-čvorovi) proporcionalno injektiranjima zabeženim u *.lfd datoteci tako da se zadovolji total razmene za svaki sat iz *.exc datoteke. Potrošnja u preostalim potrošačkim čvorovima se skalira tako da se zadovolji balansna jednačina:

$$\sum_i P_{gen}(i) - \sum_j P_{load}(j) - P_{exc} - P_{loss} = 0$$

gde je $\sum_i P_{gen}(i)$ ukupna proizvodnja, $\sum_j P_{load}(j)$ ukupna potrošnja, P_{exc} planirani uvoz/izvoz, a P_{loss} ukupni gubici koji se procenjuju u TNA u nekoliko iteracija. Prilikom skaliranja potrošnje, skaliraju se samo oni čvorovi koji su u ulaznoj *.lfd datoteci predstavljeni kao varijabilni (V)[9].

DACF modele TSO-ovi treba da dostave na Swissgrid server pre 18h popodne (C.E.T.), gde će modeli biti dostupni drugim TSO-ovima i RSC-ovima.

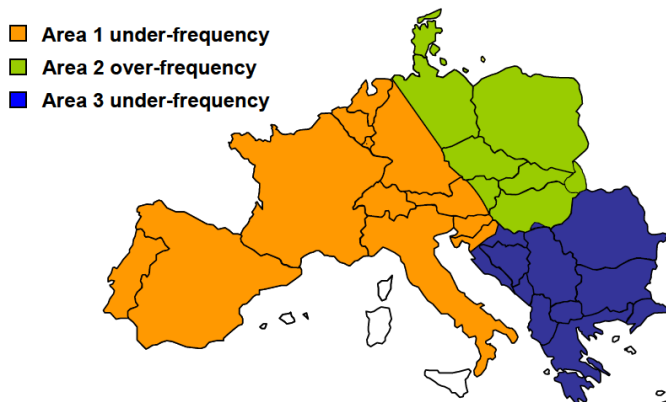
Za IDCF proces, procedura kreiranja modela je ista kao za DACF, samo što se koriste svežiji podaci. Topologija se dobija od dispečera ukoliko ima promena u odnosu na podatke dostavljene za dan unapred, a koriste se i poslednji dostupni vozni redovi koji uključuju ažurirane podatke o proizvodnji i prekograničnim razmenama.

IDCF modele TSO treba da dostavi na Swissgrid server dva sata pre početka samog sata na koji se model odnosi. Trenutno su TSO-ovi u obavezi da izrađuju minimalno tri bloka od po osam modela za sate: 01-08, 09-16, 17-24.

VI. POJAM RSC-A I ZNAČAJ SARADNJE NA NIVOU TSO-RSC

Sve kraći vremenski intervali u kojima se organizuje rad tržišta, ali i sve veća zastupljenost obnovljivih izvora električne energije, doveli su do dodatnog povećanja neizvesnosti u operativnom planiranju rada prenosnih sistema. U ovakvim uslovima rada uzajamna zavisnost TSO-ova koji rade u interkonekciji nameće potrebu za pojačanjem koordinacije rada, najpre na regionalnom, a generalno i na nivou Evrope.

4. novembra 2006. godine Evropa se suočila sa jednim od najvećih raspada sistema u modernoj istoriji, kada je više od 15 miliona potrošača ostalo bez električne energije, a sinhrona oblast Kontinentalna Evropa podelila se na tri pod-oblasti prikazane na Sl. 9. - zapadna, severoistočna i jugoistočna [10].



Slika 9. Prikaz mape sinhronne oblasti Kontinentalna Evropa podeljene na tri oblasti

Glavni uzroci bili su neispunjenost N-1 kriterijuma sigurnosti kao i nedostatak koordinacije između susednih TSO-ova sa područja Nemačke. Naime, analize sigurnosti se nisu radile pomoću odgovarajućih alata namenjenih za to, a nisu ni postojale jasno definisane procedure za međusobnu koordinaciju susednih TSO-ova.

Odmah nakon ovog incidenta oformljena je komisija za istraživanje čiji je osnovni zadatak bio da se otkrije ključni razlog ovako ozbiljnog incidenta. Kao rezultat rada ove komisije doneto je pet zaključaka, odnosno predloga od kojih su dva direktno uticala na osnivanje regionalnih koordinatora sigurnosti [10]:

- neispunjavanje N-1 kriterijuma sigurnosti se mora izbeći odgovarajućim kontinuiranim proračunima analiza sigurnosti praćenih analizom korektivnih akcija
- unapređenje međusobne koordinacije TSO-ova kroz razmenu odgovarajućih podataka (npr. modela) i rezultata analiza sigurnosti.

RSC-ovi obavljaju pet osnovnih funkcija u okviru procesa operativnog planiranja. Tu spadaju: validacija individualnih modela i kreiranje spojenog modela, koordinisana analiza sigurnosti, koordinisani proračun prenosnih kapaciteta, koordinacija isključenja i kratkoročna i srednjoročna procena adekvatnosti [11].

Potreba za unapređenjem međusobne koordinacije u regionu Jugoistočne Evrope prvo je prepoznata od strane TSO-ova Srbije (EMS), Bosne i Hercegovine (NOSBiH) i Crne Gore (CGES) koji su 2014. godine osnovali SCC (Security Coordination Centre) - RSC koji uslugama pokriva najveći deo regiona Jugoistočne Evrope. Usluge SCC-a pored TSO-ova osnivača koriste i TSO-ovi Makedonije (MEPSO), Grčke (IPTO), Bugarske (ESO) i Albanije (OST), kao što je prikazano na Sl. 10.[11].



Slika 10. Osnivači i korisnici usluga SCC-a

Za trenutno razvijene funkcije, kao i za buduće funkcije RSC-a, neophodna je svakodnevna saradnja RSC-a sa TSO-ovima. Cilj postojanja RSC-a je da pomogne TSO-ovima u operativnom planiranju. Takođe je bitno da se u redovnoj komunikaciji i predlozima poboljšava kvalitet i verodostojnost, kako DACF/IDCF modela, tako i ostalih relevantnih podataka i analiza.

Navedene funkcije teško bi bile ostvarive na individualnom nivou, odnosno na nivou TSO-a. Zbog toga je postojanje RSC-ova ključno za unapređenje koordinacije između TSO-ova.

VII. SPAJANJE DACF/IDCF MODELA

Nakon kreiranja modela od strane TSO-ova i dostavljanja na Swissgrid server uz poštovanje definisanih rokova, sledeći korak predstavlja analiza kvaliteta tih modela i spajanje u jedinstveni model sinhronne oblasti Kontinentalna Evropa.

Za Kontinentalnu Evropu, 25 TSO-ova dostavlja DACF modele za 24 sata narednog dana. SCC te modele preuzima sa Swissgrid servera. Zatim se pomoću TNA softvera vrši validacija preuzetih modela na osnovu sintaksnih i semantičkih pravila definisanih u relevantnim ENTSO-E dokumentima. Izveštaji validacije se šalju na QAS (Quality Assessment Service) portal kome svi TSO-i Kontinentalne Evrope imaju pristup i mogu videti rezultate validacije (Sl.11). Ukoliko model narušava neko od pravila visokog prioriteta (severity - Fatal), biće odbijen, a u procesu spajanja zamenjen korektnim modelom prema unapred definisanim pravilima za zamenu nevalidnih modela. Ukoliko TSO-ovi sami primete grešku ili ako vide na QAS portalu da im je model odbijen, treba da pošalju novu verziju modela do određenog trenutka kada počinje spajanje. Ako je ta verzija korektna biće uzeta u obzir u procesu spajanja.

	AL	AT	BA	BE	BG	CH	CZ	DE	ES	FR	GR	HR	HU	IT	ME	MK	NL	PL	PT	RO	RS	SI	SK	TR	UA	Vulcanus	RGCE	
00:30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Slika 11. Prikaz validacije modela na QAS portalu

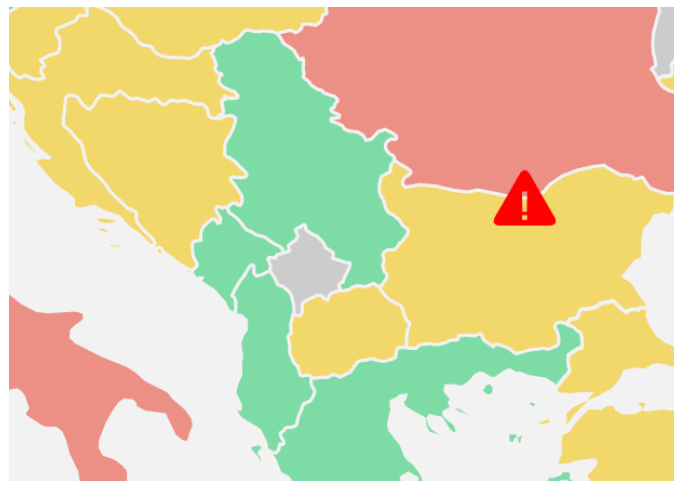
U slučaju da je odbijen model nekog od TSO-ova koji koriste usluge SCC-a, operator na dužnosti stupa u kontakt sa službom za planiranje u okviru TSO-a u cilju dobijanja modela koji prolazi definisana pravila.

Na osnovu prikupljenih individualnih modela kreira se spojeni model Kontinentalne Evrope. Za kreiranje spojenog modela neophodno je znati i prognoziranje net pozicije (razmene) svakog od TSO-ova koje se preuzimaju sa verifikacione platforme. Net pozicije su izbalansirane, odnosno total Kontinentalne Evrope je sa određenom tolerancijom blizak nuli.

Pre samog spajanja vrši se proces inicijalnog spajanja pri kome se proverava konzistentnost statusa interkonektivnih dalekovoda, detektuju neupareni X-čvorovi, ukidaju injektiranja po uparenim X-čvorovima i uvažavaju razmene po HVDC (High Voltage Direct Current) vodovima i interkonekcijama ka drugim sinhronim oblastima (npr: ka Velikoj Britaniji, Litvaniji, itd.).

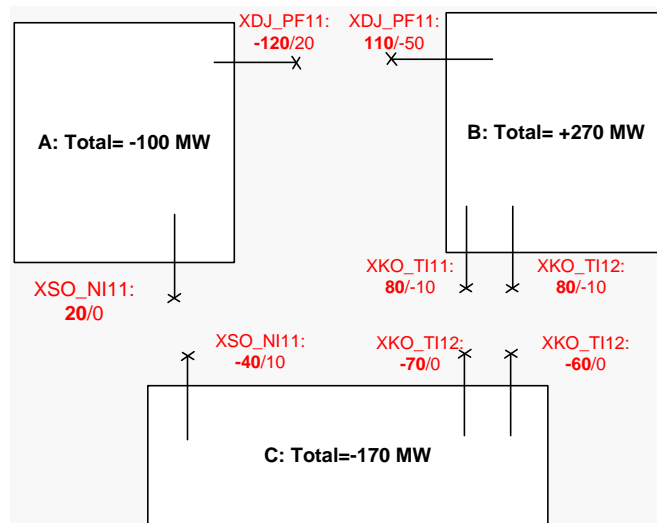
Što se konzistentnosti statusa interkonektivnih dalekovoda tiče, može se dogoditi da u dva IGM-a, TSO-ova koji imaju međusobnu interkonekciju, statusi budu različiti. Softver u tom

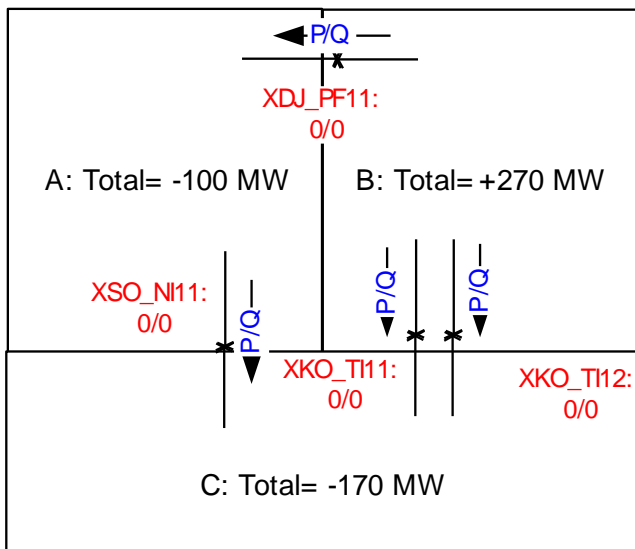
slučaju postupa prema zadatim podešenjima, i u zavisnosti od toga će dalekovod u spojenom modelu uključiti ili isključiti. Sa stanovišta analiza sigurnosti, uvek je bolje gledati oslabljenu mrežu i ako sa tim isključenjem nema problema, verovatno da problema neće biti kada je dalekovod uključen. Najtačnije rešenje ovog problema jeste da se ustanovi kakav je stvarni planirani status dalekovoda. RSC vrši koordinaciju, odnosno kontaktiranjem dispečera ili službe za operativno planiranje i susednih RSC-ova saznaje i uvažava pravi status dalekovoda. Neusaglašenosti statusa dalekovoda vidljivi su takođe i na QAS portalu kao što je prikazano na Sl. 12. (neusaglašenost na interkonekciji između Bugarske i Rumunije).



Slika 12. Neusaglašen status interkonektivnog dalekovoda na QAS portalu

Prilikom inicijalnog spajanja detektuju se i neupareni X-čvorovi. Ovo se dešava kada druga strana nije modelovana (interkonekcija ka drugoj sinhronoj oblasti) ili ako neki od TSO-ova nije uvažio taj deo mreže u svom modelu (najčešće kod interkonekcija na 110kV naponskom nivou). X-čvorovi koji imaju svog „para sa druge strane“ se uparuju, i od dva čvora iz IGM-ova koja su imala injektiranja se pravi prolazni čvor, odnosno injektiranje se ukida (Sl. 13) [12].





Slika 13. Spajanje modela i ukidanje injektiranja po X-čvorovima

Na osnovu podataka sa verifikacione platforme i injektiranja po X-čvorovima ka drugim sinhronim oblastima i HVDC vodovima, formira se datoteka ciljanim net pozicijama (*.tot datoteka) čiji je izgled prikazan na Sl. 14.

Country	Hour 01	Hour 02	Hour 03	Hour 04	Hour 05	Hour 06	Hour 07	Hour 08
BE	-952	-1208	-1178	-972	-894	-1204	-1244	-1804
DE	7233.5	6906.6	6925.2	6257.8	5121.3	3663.9	1984.9	-205.5
NL	2536	2822	2999	3089	3014	2623	1166.02	-729
AT	-2000	-1992	-1884	-1808	-1913	-2415	-386	-793
CH	-1064	-1631	-1694	-1910	-1958	-1564	586	2589
FR	-1950	-2010	-1906	-307	437	-175	-2974	-2091
IT	-3821.1	-4053.8	-4145.4	-4312.1	-4248.4	-3915.1	-2268.9	680.9
BA	93.69	-94.93	-73.67	-80.15	-84.82	-106.69	136.31	131.17
SI	-495.12	-454.14	-420.53	-434.1	-455.38	-551.46	-730.54	-505.14
HR	-1024.57	-911.93	-888.8	-831.75	-801.8	-701.85	-615.77	-732.03
GR	-736	-792	-705	-675	-819	-952	-282	273
RS	-1173	-878	-915	-684	-594	-436	-175	-296
ME	-126	-83	-53	-39	-33	-39	-81	244
MK	-412	-413	-411	-411	-420	-334	-249	-297

Slika 14. Izgled dela *.tot datoteke u TNA

Na osnovu podataka iz *.tot datoteke vrši se pomeranje potrošnje (ili generisanja) TSO-ova čije net pozicije iz modela ne odgovaraju onima iz *.totdatoteke. Usaglašavanje net pozicija predstavlja iterativni postupak u cilju dobijanja izbalansiranog spojenog modela. Postupak se zaustavlja kada tokovi snaga zadovolje razmene iz *.tot datoteke, sa određenom tolerancijom.

Nakon spajanja, RSC-ovi su dužni da na QAS portal dostave i validacione izveštaje spojenih modela, a spojene modele TSO-ovima korisnicima usluga putem unapred dogovorenog načina (lokalni server ili e-mail).

VIII. PRORAČUNI ANALIZA SIGURNOSTI I DOSTAVLJANJE REZULTATA

Dobijeni spojeni model, odnosno 24 modela za svaki sat narednog dana predstavljaju osnovu za analizu sigurnosti sa konceptom N-1. Svaki TSO korisnik usluga definiše spisak elemenata čije ispade želi da simulira (Contingency list), kao i spisak elemenata koji želi da nadgleda (Monitoring list). Liste omogućavaju da analiza bude efikasnija, odnosno da se ne troši

vreme potrebno za analizu nerelevantnih ispada. U pitanju su N-X liste zbog specifičnih situacija u mreži regiona kada se određeni ispadi moraju simulirati jednovremeno. SCC objedinjuje liste i sprovodi koordinisanu analizu sigurnosti za 24 sata.

Rezultati analiza sigurnosti se u formi statističkih izveštaja dostavljaju TSO-ima korisnicima usluga. Primer dela jednog takvog izveštaja za NOSBiH dat je na Sl. 15. U izveštaju se prijavljuju sva moguća preopterećenja monitorisanih elemenata preko 90%, kao alarm TSO-ovima za potencijalno nesigurno N-1 stanje.

N-X STATISTICS SORTED BY LOADING		Outages	Overloads
Date	Hour	Outage Name	Overload Name
20190111	23	TIE 400kV Podgorica 2 - Trebinje	TIE 220kV Trebinje - HE Perućica (ME)
20190111	23	TIE 400kV Podgorica 2 - Trebinje	TIE 220kV HE Perućica - Trebinje (BA)
20190111	1	TIE 400kV Podgorica 2 - Trebinje	TIE 220kV Trebinje - HE Perućica (ME)
20190111	1	TIE 400kV Podgorica 2 - Trebinje	TIE 220kV HE Perućica - Trebinje (BA)

Slika 15. Primer dela statističkog izveštaja analize sigurnosti za NOSBiH

U konkretnom slučaju, radi se o situaciji kada bi se pri eventualnom ispadu 400kV dalekovoda Trebinje – Podgorica 2 imalo opterećenje 220kV dalekovoda Trebinje – Perućica od preko 90%. Kako se radi o interkonektivnim dalekovodima, u koordinaciji bi morali da budu uključeni i CGES i NOSBiH.

Dalji korak, u slučaju kada bi se imalo N-1 nesigurno stanje, bilo bi predlaganje korektivnih akcija od strane RSC-a. Dostupne korektivne akcije trebalo bi da dostave TSO-ovi na osnovu iskustva i trenutnog stanja u sistemu. Korektivne akcije za cilj imaju uspostavljanje sigurnog stanja u sistemu pogođenog TSO-a, ali i u čitavom regionu s obzirom na to da su TSO-ovi mali i međusobno dobro uvezani, pa je prekogranični uticaj veliki. Za sad, korektivne akcije su u procesu razvoja. Upravo tu se ogleda mogućnost jače koordinacije na nivou TSO-RSC. Jedan od preduslova za razvoj korektivnih akcija jeste i poboljšanje kvaliteta modela TSO-ova, pri čemu se pre svega misli na detaljnije modele. Ovaj problem mogao bi da se reši konačnim prelaskom sa trenutnog UCTE formata na CGMES format koji je dosta detaljniji.

IX. ZAKLJUČAK

Rad ENTSO-E mreže postaje sve složeniji sa veoma nestabilnim prekograničnim tokovima. Iz tog razloga pozivajući se na ENTSO-E direktive, svi TSO-ovi moraju poboljšati postojeću saradnju radi garancije sigurnosti snabdevanja na regionalnom nivou, samim tim da nude najbolje uslove za integraciju tržišta.

Međusobna saradnja TSO-ova, kao i TSO-ova i RSC-ova treba da ima za cilj obezbeđivanje sigurnosnih poboljšanja svih uključenih strana odgovornih za sigurnost elektroenergetskog sistema. Na taj način bi se obezbedila sigurnost u regionu, razvili proračuni sigurnosti na osnovu zajedničkih procedura i predvidela bi se zagušenja koja se mogu pojaviti u realnom vremenu.

Na nivou ENTSO-E-a postoje radne grupe koje su sačinjene od predstavnika TSO-ova i RSC-ova, koje rade na donošenju boljih rešenja i definisanja novih načina rada. U te grupe su uključeni i stručnjaci iz NOSBiH-a i SCC-a, koji kroz rad u grupama testiraju nove programske alate i nove formate

za razmenu što boljih i potpunijih modela. Unapređuje se i IT infrastruktura za siguran protok veoma važnih informacija.

LITERATURA

- [1] Nikola Rajaković, Dragan Tasić, Gojko Savanović Distributivne i industrijske mreže, Akademska misao, 2004
- [2] ENTSO-E Continental Europe Operation Handbook - Policy 3: Operational Security, Final version, 2009.
- [3] ENTSO-E Continental Europe Operation Handbook - Appendix 3: Operational Security, Final version, 2009.
- [4] COMMISSION REGULATION (EU) 2017/1485 of 2 August 2017 establishing a guideline on electricity transmission system operation
- [5] COMMISSION REGULATION (EU) 2015/1222 of 24 July 2015 establishing a guideline on capacity allocation and congestion management
- [6] ENTSO-E Continental Europe Operation Handbook - Policy 4: Coordinated Operational Planning, v2.4, 2010.
- [7] UCTE data exchange format for load flow and three phase short circuit studies (UCT-DEF), Version 02
- [8] Common Grid Model Exchange Standard (ENTSO-E)
- [9] Electricity Coordinating Center Ltd., DMS Group LLC: Transmission Network Analyzer (TNA) - User Manual, 2016-07-04 with Annex.
- [10] Union for the co-ordination of transmission of electricity: Final Report on System Disturbance on 4 November 2006 (https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/_library/publications/ce/otherreports/Final-Report-20070130.pdf)

[11] <http://www.scc-rsci.com/RSCI.php>.

[12] Snežana Mijailović, Zoran Vujasinović, Mladen Apostolović: Primena metoda za upravljanje zagašenjima u jugoistočnoj Evropi, Elektroprivreda, 2004.

ABSTRACT

The power system security is a term that describes the ability of the system to handle some unforeseen disturbances from a predefined contingency list without breaking the normal work limits. This paper will describe in detail the cooperation between the regional security coordinator and transmission system operator in creating, validating and merging individual grid models into a common grid model, but also some of the processes that they perform in cooperation and/or independently will be explained too.

COORDINATED OPERATIONAL PLANNING OF POWER SYSTEM AT THE LEVEL OF REGIONAL SECURITY COORDINATOR – TRANSMISSION SYSTEM OPERATOR

Marijana Marić, Predrag Nosović, Andrej Tasić, Miloš Đurđević