

DOI: [10.46793/CIGRE37.C2.05](https://doi.org/10.46793/CIGRE37.C2.05)

C2.05

AUTOMATIZACIJA ODABIRA I PRIMENE KOREKTIVNIH MERA U REALNOM VREMENU

REMEDIAL ACTIONS AUTOMATION

Petar Petrović, Goran Jakupović, Igor Bundalo, Nikola Savić, Nemanja Vukojić, Simona Radonjić Petronijević, Marko Batić*

Kratak sadržaj: U ROSC metodologiji trenutno se korektivne akcije zasnivaju na analizama koje se vrše na DACF ili IDCF modelima. Ovi modeli se pripremaju unapred i ponekad ne oslikavaju stvarno stanje mreže u realnom vremenu. Zbog neočekivanih promena u sistemu korektivne akcije koje se zasnivaju na ovim proračunima u nekim slučajevima neće biti primenljive u realnom vremenu, pa se samim tim moraju preispitati ili definisati nove u kratkom vremenskom periodu. To je moguće samo ako su odabir, provera i primena korektivnih akcija automatizovane. Trenutno se određivanje brzih korektivnih akcija zasniva na ličnom iskustvu bez numeričkih provera. Uz automatizovane korektivne akcije i njihovu proveru, sigurnost sistema bi mogla biti značajno povećana u najzahtevnijim situacijama. Korektivne akcije mogu biti:

- Preventivne, u koje po definiciji iz ROSC metodologije spadaju korektivne akcije koje su rezultat procesa operativnog planiranja i treba da se aktiviraju pre ispitivanog vremenskog okvira za ispunjenost „N-1“ kriterijuma.
- Kurativne, u koje po definiciji iz ROSC metodologije spadaju korektivne akcije koje su rezultat procesa operativnog planiranja i aktiviraju se odmah nakon nastanka preopterećenja ili narušavanja „N-1“ kriterijuma.

U ovom radu biće prikazan način automatizacije izbora korektivnih akcija, provera njihove učinkovitosti na modelu bliskom realnom vremenu kao i njihovo izvršenje automatskim slanjem grupnih signala sa SCADA sistema na primarnu opremu. Komandni signali koji se šalju mogu biti signali za promenu uklopnog stanja rasklopne opreme, signali za promenu pozicija na regulacionim transformatorima ili signali za promenu aktivne snage na generatorskim jedinicama. Takođe, u radu će biti opisana i softverska implementacija alata za automatizaciju korektivnih akcija (RA TOOL) i načina njegove integracije sa SCADA/EMS sistemom i aplikativnim bazama EMS sistema.

Ključne reči: Korektivna akcija, Automatizacija, ROSC metodologija, Pouzdanost sistema

Abstract: Currently, in ROSC methodology RAs are based on analysis calculated prior to the real time, on a model prepared in day ahead or intraday time frame. This implies that RAs that are agreed in day ahead or even intraday may not be applicable to the real time operation, due to unexpected changes in the system. In such cases, the agreed RAs must be reconsidered or even new RAs must be defined in a

* Petar Petrović, Elektromreža Srbije - EMS AD, petar.petrovic@ems.rs

Goran Jakupović, Institut Mihajlo Pupin - IMP Automatika, goran.jakupovic@pupin.rs

Igor Bundalo, Institut Mihajlo Pupin, igor.bundalo@pupin.rs

Nikola Savić, Elektromreža Srbije - EMS AD, nikola.savic@ems.rs

Nemanja Vukojić, Elektromreža Srbije - EMS AD, Nemanja.Vukojicic@ems.rs

Simona Radonjić Petronijević, Elektromreža Srbije - EMS AD, simona.radonjic@ems.rs

Marko Batić, Institute Mihajlo Pupin, marko.batic@pupin.rs

very short period of time. This is only possible if RAs selection is automated. This mechanism can also be used when defining so-called fast RAs according to the ROSC methodology (presently, qualitative, based on personal experience, criterion is used instead of numerical when defining fast RAs). With automated RAs, the resilience of the system could be greatly increased in the most demanding situations. RAs can be:

- Preventive (PRA) which is by the definition from ROSC methodology a RA that is the result of an operational planning process and needs to be activated prior to the investigated timeframe for compliance with the “N-1” criterion.
- Curative (CRA) which is by the definition from ROSC methodology a RA that is the result of an operational planning process and is activated straight subsequent to the occurrence of the respective contingency for compliance with the “N-1” criterion, taking into account transitory admissible overloads and their accepted duration.

This paper will show the way to automate the selection of remedial actions as well as their execution by automatically sending group signals from the SCADA system to the primary equipment. The signals that are exchanged can be signals for changing the state of the switchgear or signals for changing the positions on the tap-changer transformers or the power on the generator units. Also, the paper will describe the software implementation of the RA tool and the way of its integration with the SCADA/EMS system and application bases of the EMS system.

Key words: Remedial action, Automation, ROSC methodology, System resilience

1 UVOD

Prilikom upravljanja savremenim elektroenergetskim sistemima dispečeri se suočavaju sa složenim izazovima usled dinamičnih promena opterećenja i neočekivanih događaja. U okviru ROSC metodologije, korektivne akcije koje se trenutno primenjuju zasnivaju se na analizama izvršenim na DACF i IDCF modelim. Iako ovi modeli nude sistematski pristup, često ne uspeavaju da precizno reflektuju realno stanje mreže, što može rezultirati neefikasnim rešenjima u kritičnim situacijama. Ovaj nedostatak ukazuje na potrebu za preispitivanjem postojeće prakse i razvojem alternativnih pristupa koji omogućavaju bržu i efikasniju reakciju.

Alat koji je opisan u ovom radu je razvijen za potrebe automatizacije odabira korektivnih akcija i njihove validacije, kao i automatizacije primene korektivnih akcija slanjem grupnih signala na primarnu opremu. Upotrebom ovog alata povećava se sigurnost prilikom primene korektivnih akcija, jer se svaka akcija verifikuje automatskom izradom analiza sigurnosti na modelu sa već primenjenim korektivnim akcijama. Model na kom se vrše analize dobija se iz SCADA/EMS sistema i predstavlja „real-time“ model mreže na koji su automatski primenjene izabrane korektivne akcije. Ovakvim pristupom se značajno smanjuje mogućnost greške i dodatnog ugrožavanja sigurnosnog kriterijuma primenom neadekvatne korektivne akcije.

U nastavku pored funkcionalnosti alata biće prikazana i softverska implementacija, kao i sam način integracije ovog alata sa ostalim SCADA/EMS aplikacijama.

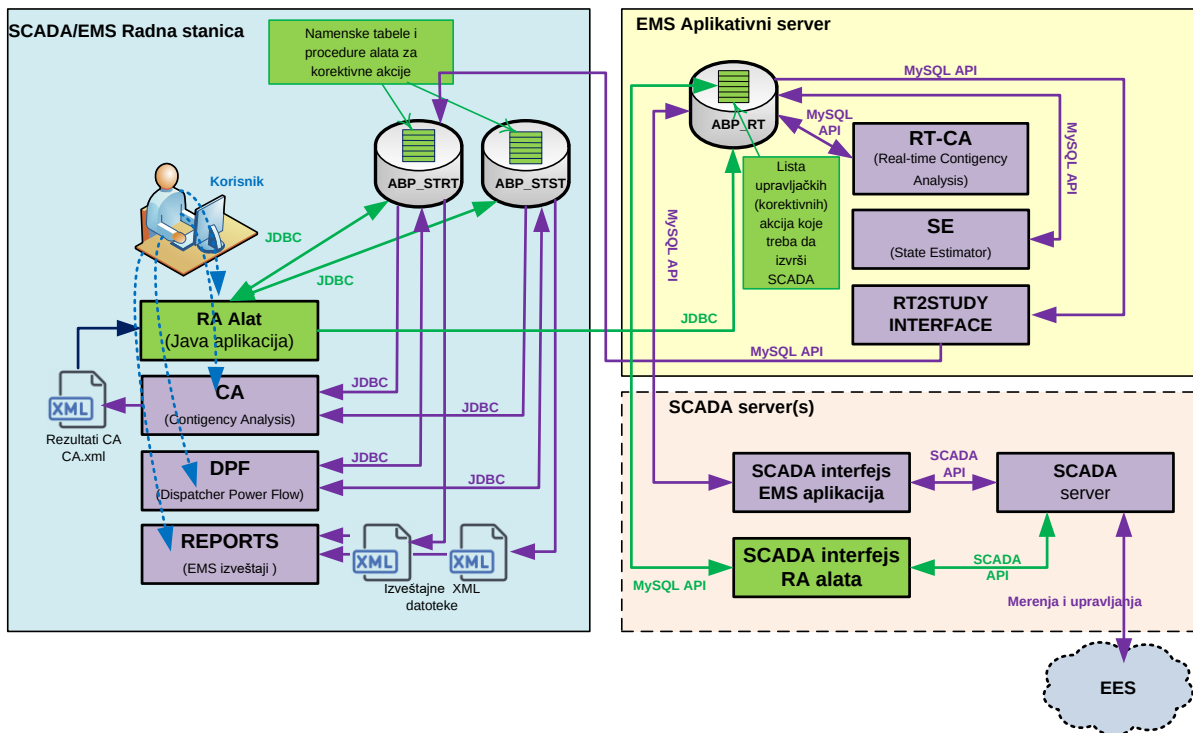
2 ARHITEKTURA SOFTVERA I INTERFEJS SA SCADA/EMS

2.1 Interakcija sa SCADA/EMS

Alat za korektivne akcije je projektovan da radi u okruženju IMP VIEW4 SCADA/EMS okruženja [1-3]. Komponente SCADA/EMS sa kojima alat za korektivne akcije (RA alat) interaguje uključuju sledeće glavne komponente:

- **SCADA sistem** (koji obezbeđuje relevantnu telemetriju i interakciju za kontrolu elektroenergetskog sistema).
- **EMS (Energy Management System)** integrisan sa SCADA sistemom, koji radi u realnom vremenu i režimu studije, uključujući sledeće komponente:
 - **Estimator stanja (SE)** pruža osnovno rešenje za stanje sistema na osnovu podataka u realnom vremenu dobijenih iz SCADA sistema (ili iz Savecase u režimu studije).
 - **Aplikacija za proračun tokova snaga (DPF)** omogućava dispečerima da izračunaju nove tokove snage i stanja u sistemu nakon ručno ili automatski (od strane RA alata) unetih promena (poput operacija preklapanja, promene zadatih vrednosti/setpoint-a, promena tap pozicija, skaliranja opterećenja, itd.).
 - **Analiza sigurnosti (CA)** vrši „bezbednosnu analizu“ u realnom vremenu i režimu studije, analizirajući elektroenergetski sistem radi identifikacije preopterećenja i problema koji mogu nastati usled ispada.
 - **EMS alati za izveštavanje** generišu prikaz SE, DPF, CA i drugih EMS aplikacija u formi izveštaja dostupnih za pregled kroz web pregledač.
- **EMS baze podataka** sistema omogućavaju RA alatu interakciju s drugim komponentama EMS sistema kroz čitanje i pisanje podataka iz/ka EMS bazama podataka. RA alat koristi proširene standardne EMS baze podataka, koje uključuju nove tabele, procedure i funkcije baza podataka. IMP VIEW4 EMS sistem radi sa sledećim instancama EMS baza podataka:
 - **Aplikativna baza podataka u realnom vremenu (ABP_RT)**. Ova instanca radi s podacima u realnom vremenu iz SCADA sistema, a koriste je aplikacije estimatora stanja u realnom vremenu i druge EMS aplikacije. ABP_RT se nalazi na serveru EMS aplikacija i funkcioniše kao jedna logička instanca.
 - **Aplikativna baza podataka za studijske analize inicijalizovana podacima iz realnog vremena (ABP_STRT)**. Ova instanca sadrži kopiju podataka u realnom vremenu iz ABP_RT, s mogućnošću modifikovanja ulaznih podataka korisnika (obično putem DPF-a) radi procene potencijalnih posledica korisničkih akcija. Koristi se za validaciju akcija RA alata pre primene korektivnih kontrola na sistem. Nezavisna instanca ove vrste baze podataka dostupna je na svakoj EMS radnoj stanici za svakog registrovanog korisnika.
 - **Studijska instanca aplikativne baze podataka (ABP_STST)**. Ova instanca se koristi za offline analize zasnovane na prethodno sačuvanim slučajevima (savecases) i/ili ručno unetim podacima. Služi za razvoj aplikacija van kontrolnog centra gde podaci u realnom vremenu nisu dostupni. Sačuvani slučajevi iz **ABP_RT** i **ABP_STRT** se koriste za testiranje RA alata u offline okruženju. Nezavisna instanca ove vrste baze podataka dostupna je na svakoj EMS radnoj stanici za svakog registrovanog korisnika.

Dijagram koji prikazuje pregled interakcija RA softvera i njegovu poziciju unutar SCADA/EMS sistema dat je na Slici 1 ispod. Ljubičasti blokovi i veze, kao što je prikazano na Slici 1, predstavljaju već postojeće komponente ciljanog SCADA/EMS sistema koje nisu predmet istraživanja i razvoja u sklopu R²D² projekta. Zeleni blokovi i veze predstavljaju delove RA alata koji su razvijeni u okviru R²D² projekta.



Slika 1 Pregled pozicije RA alata unutar SCADA/EMS sistema

2.2 Komponente alata za korektivne akcije (RA alata)

Softver RA alata sastoji se od sledećih komponenti:

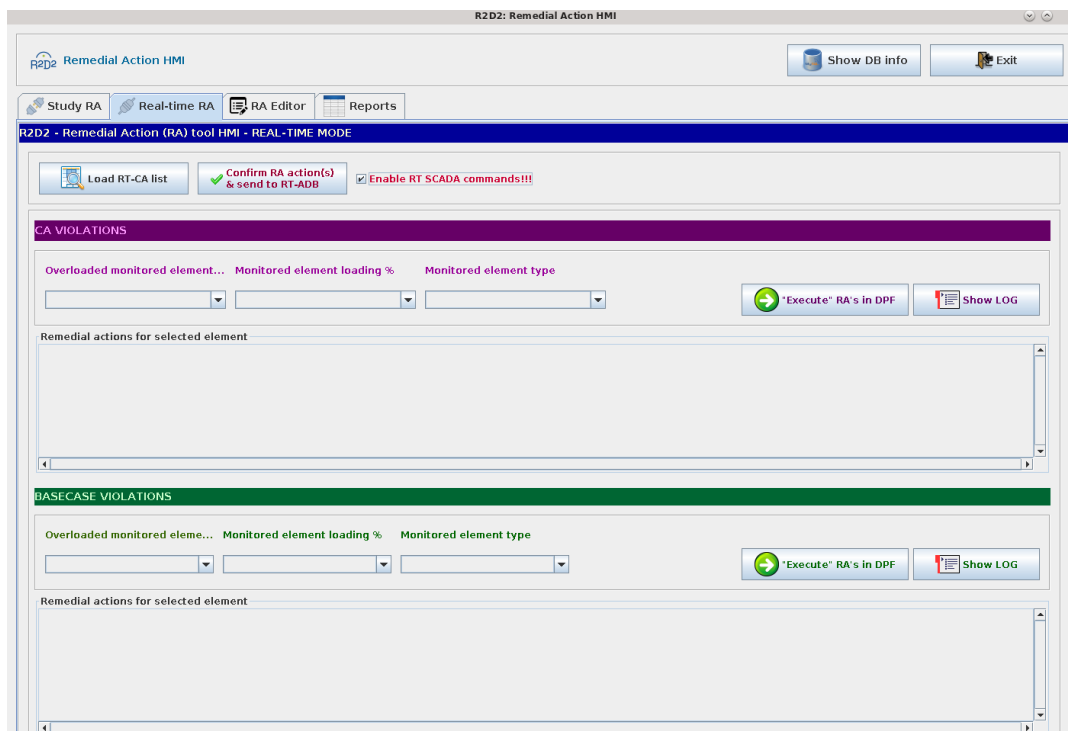
- **Korisnički interfejs RA alata** (označen kao „RA alat“ na Slici 1).
 - Ova komponenta pruža svu direktnu interakciju korisnika vezanu za zadatke RA alata (izbor odgovarajuće korektivne akcije (RA), prosleđivanje odabrane RA aplikaciji DPF, itd.).
 - Korisnički interfejs RA alata interaguje sa ABP_STRT i ABP_STST putem izvršavanja odgovarajućih uskladištenih procedura koje menjaju relevantne podatke korišćene od strane aplikacija DPF i CA radi validacije potencijalnih RA akcija pomoću tih alata.
 - Korisnički interfejs RA alata interaguje sa ABP_RT slanjem liste odabranih i potvrđenih RA komandi i upravljanja (pri radu u realnom vremenu) u odgovarajuće tabele.
 - Korisnički interfejs RA alata omogućava i uvoz rezultata iz CA aplikacije XML datoteke koje generiše CA alat SCADA/EMS sistema (ca.xml).
 - Korisnički interfejs RA alata implementiran je kao Java Swing desktop aplikacija.
- **SCADA interfejs RA alata**
 - Ova komponenta deluje kao posrednik između korisničkog interfejsa RA alata i SCADA servera.
 - Ova aplikacija čita listu RA komandi i upravljanja, koje su odabrali i potvrdili korisnici korisničkog interfejsa RA alata, iz tabele RA komandi i upravljanja u bazi ABP_RT i prosleđuje ih (preko SCADA API-ja) SCADA serveru na izvršenje. Izvršene komande i

upravljanja se označavaju kao takve, a informacije o uspehu ili neuspehu upisuju se u tabelu RA komandi i upravljanja.

- Ova aplikacija razvijena je kao C++ aplikacija za Linux platformu (ista kao ciljana IMP VIEW4 SCADA/EMS platforma).
- **Dodatne tabele RA alata u aplikativnim bazama (ABP).** Da bi se olakšao rad RA alata, ciljane SCADA/EMS baze podataka ABP proširene su novim tabelama potrebnim za rad RA alata. Nove tabele pružaju sledeće funkcionalnosti:
 - Mapiranje RA akcija sa ID kontrole, odnosno povezivanje akcija sa nadgledanim elementima (isključivo u ABP_STRT, ABP_STST).
 - Lista RA akcija, tj. tabela sa odgovarajućim RA akcijama, koja sadrži ID elementa na koji se primenjuje, tip akcije (uključivanje/isključivanje, promena tap pozicije, zadavanje setpoint-a), ID SCADA komandi i upravljanja, ID DPF merenja ili statusa koji se menja u fazi validacije (isključivo u ABP_STRT, ABP_STST).
 - Lista prihvaćenih/odabranih RA akcija, tj. lista akcija koje je korisnik potvrdio za izvršenje radi validacije (isključivo u ABP_STRT, ABP_STST) pomoću DPF/CA aplikacija.
 - Lista RA komandi i upravljanja za izvršenje sa argumentima (isključivo u ABP_RT), koja sadrži RA komande i upravljanje odobrene od strane korisnika nakon validacije pomoću DPF/CA aplikacija.

3 PRIKAZ RA ALATA

Alat za korektivne akcije omogućava rad u dva režima. Prvi režim rada predstavlja rad u okviru „*real-time*“ i predviđeno je da se ovaj režim koristi u svakodnevnom radu u Nacionalnom dispečerskom centru. Na Slici 2 prikazano je osnovno radno okruženje „*real-time*“ dela aplikacije. Drugi režim rada predstavlja rad u studijskom okruženju koje je predviđeno za trening dispečera i validaciju unete baze korektivnih akcija. Glavna razlika između ova dva režima rada je u tome što u studijskom režimu rada ne postoji mogućnost slanja komandi na rasklopnu opremu, regulatore generatora ili regulacione sklopke transformatora. U okviru „*real-time*“ dela aplikacije postoji opcija da se onemogući slanje komandnih signala, jer to predviđeno samo sa jedne radne stanice u visokokontrolisanom okruženju kako sa aspekta fizičkog pristupa tako i sa „cyber security“ aspekta.



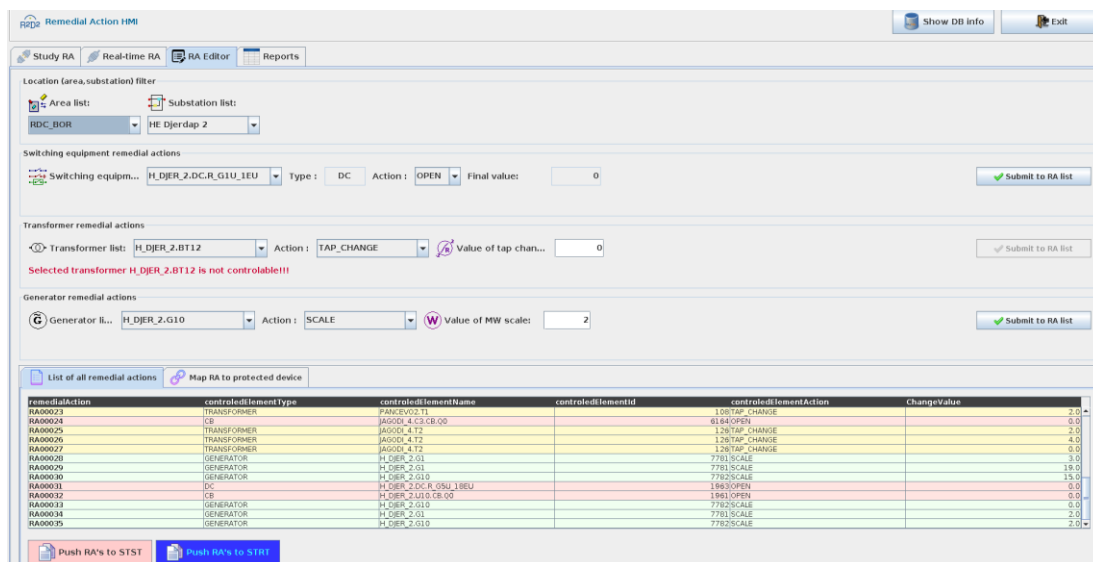
Slika 2 RA alat real-time

4 EDITOR KOREKTIVNIH MERA

Postoje tri tipa korektivnih akcija koje mogu biti kreirane:

- Korektivne akcije na rasklopnoj opremi – to su korektivne akcije koje se koriste za promenu topologije mreže. Promena statusa rasklopne opreme se odnosi na sve prekidače (tip CB) i rastavljače (tip DC), pri čemu korektivne akcije mogu biti uključanje ili isključenje. Naziv opreme se definiše u SCADA/EMS sistemu.
- Korektivne akcije na transformatorima – to su korektivne akcije koje se koriste za promenu pozicije regulacione sklopke na transformatorima. Takve akcije se primenjuju samo na transformatorima koji imaju mogućnost promene pozicije regulacione sklopke pod opterećenjem. Korektivna akcija se sprovodi na sonovu poslatog set-point-a iz SCADA/EMS sistema za promenu položaja regulacione sklopke naviše ili naniže.
- Korektivne akcije na generatorima – to su korektivne akcije koje se koriste za promenu aktivne snage na generatorskim jedinicama. Promena proizvodnje je izvedena tako što se kreira korektivna akcija koja ima za cilj skaliranje trenutne proizvodnje sa unetim koeficijentom.

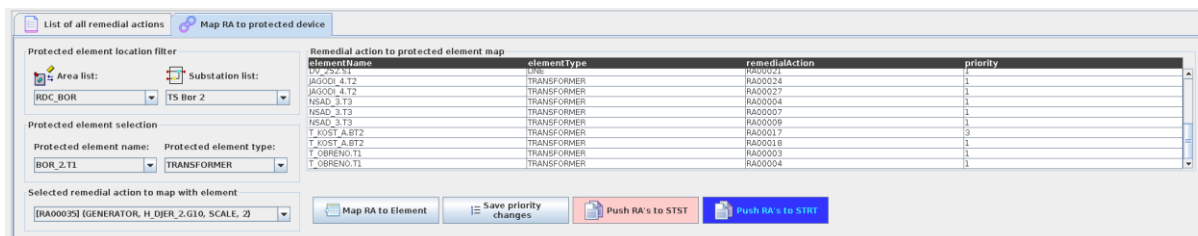
Korisnici prvo biraju područje i trafostanicu u kojoj se nalazi element koji je predmet korektivne akcije, a nakon toga u zavisnosti od tipa korektivne akcije unose podatke koji su prikazani na Slici 3. Kada se korektivna akcija kreira, korisnici je potvrđuju klikom na dugme "Submit to RA list". Potvrđene korektivne mere mogu se videti u tabeli pod nazivom "List of all remedial actions".



Slika 3 Prozor za kreiranje korektivnih mera

Nakon kreiranja korektivnih akcija potrebno je povezati elemente čija se preopterećenja rešavaju sa odgovarajućim korektivnim merama. Na Slici 4 je prikazan filter koji se koristi za lakše pronalaženje željenog elementa. Nakon što korisnik odabere korektivnu akciju koju želi da poveže sa elementom, akcija se potvrđuje klikom na dugme "Map RA to Element".

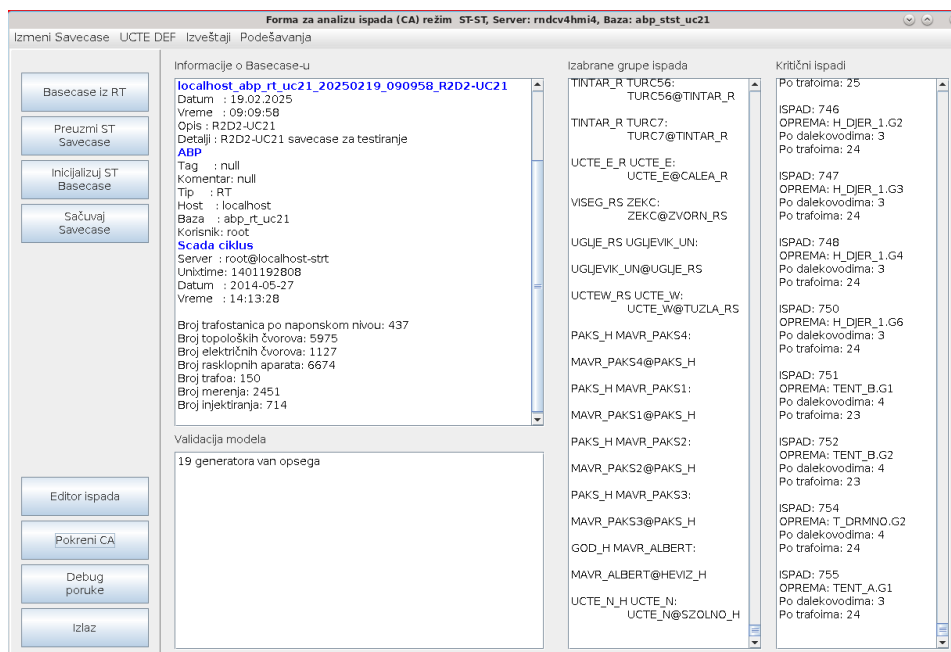
Prioriteti za korektivne akcije se koriste kako bi se korisnicima uštedelo vreme prilikom odlučivanja koju korektivnu akciju će odabrati. Korektivne akcije sa najvišim prioritetima imaju najveći uticaj na rešavanje propterećenja na povezanom elementu. Kada je korektivna mera povezana sa štićenim elementom, RA alat joj automatski dodeljuje prioritet 1. Korisnici zatim mogu ručno promeniti prioritet u tabeli pod nazivom "Remedial action to protected element map" koja je prikazana na Slici 4. Korisnik potvrđuje promene prioriteta klikom na dugme "Save priority changes".



Slika 4 Povezivanje korektivnih mera sa štićenim elementom

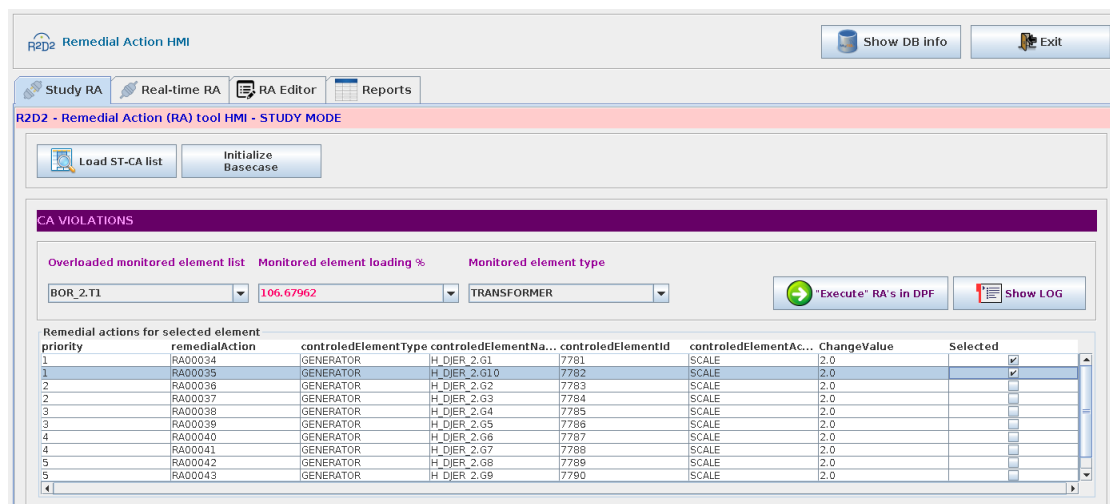
5 REŠAVANJE PREOPTEREĆENJA ELEMENATA U STUDIJSKOM REŽIMU RADA APLIKACIJE

Ulazni podaci za rad aplikacije u studijskom režimu su rezultati proračuna „N-1“ analize sigurnosti. Za ove proračune je korišćena ranije razvijena CA aplikacija koja je deo SCADA/EMS sistema. CA aplikacija je prikazana na Slici 5, a analize su rađene na ranije sačuvanom modelu mreže.



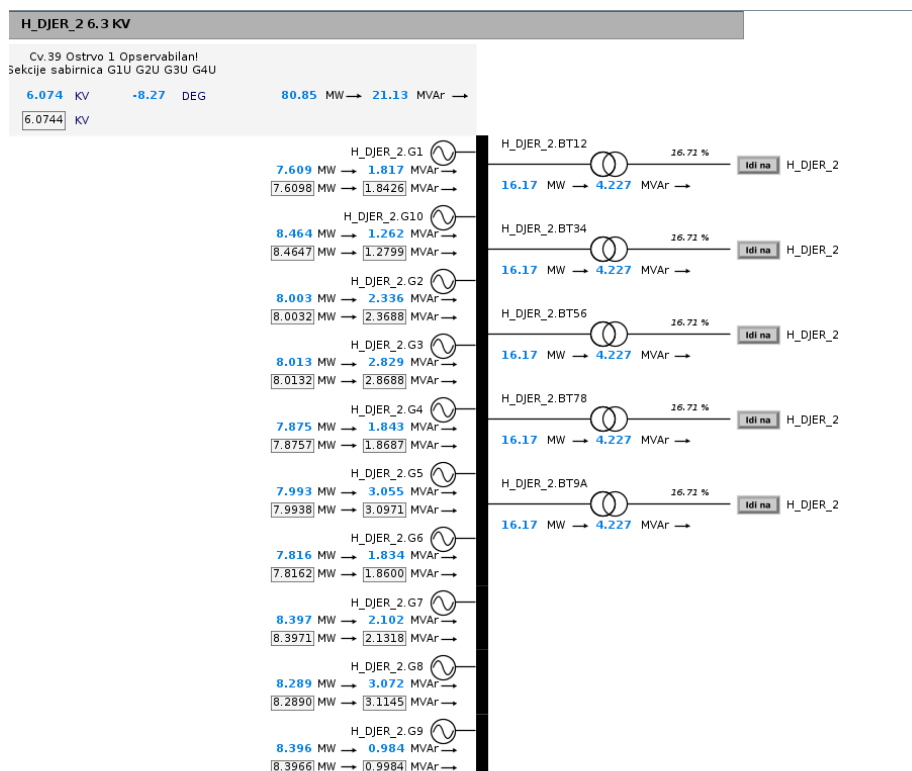
Slika 5 CA aplikacija

Rezultati proračuna se učitavaju u studijski režim RA alata klikom na dugme "Load ST-CA list". Preopterećenje koja će biti rešavano je preopterećenje transformatora T1 400/110 kV u trafostanici Bor 2. Do ovog preopterećenja dolazi u slučaju ispada 110 kV dalekovoda TS Bor 2 – TS Majdanpek 2 (interno SCADA/EMS numerisanje ovog dalekovoda je 177 i na narednim slikama ovaj dalekovod biće prikazan kao 110 kV dalekovod broj 177). Na Slici 6, iz padajućeg menija, korisnici biraju preopterećenje koje žele da rešavaju, što je u ovom slučaju transformator T1 400/110 kV u trafostanici Bor 2. Nakon odabira elementa automatski se pojavljuje lista dostupnih korektivnih akcija kao i procentualno preopterećenje izabranog elementa.



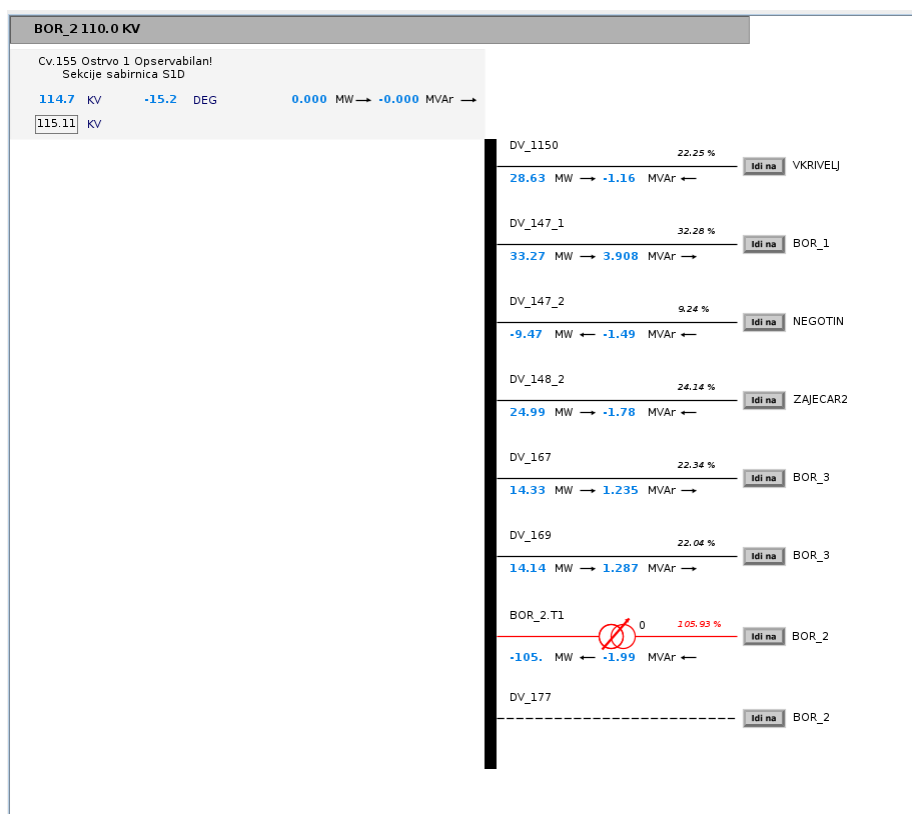
Slika 6 Studijski režim RA alata

Korisnici odlučuju koje korektivne akcije žele da primene tako što označe „check-box“ u polju "Selected". U ovom slučaju, primenjene korektivne akcije su skaliranje aktivne snage na generatorima G1 i G10 u HE Đerdap 2. Na Slici 7 je prikazana šema za sistem sabirnica broj 1 u HE Đerdap 2 sa tokovima iz baznog slučaja pre primene korektivnih akcija. Aktivna snaga na generatoru G1 iznosi 7.6098 MW, a na generatoru G10 8.4647 MW. Nakon primene korektivnih akcija, očekuje se da će proizvodnja na oba generatora biti udvostručena.



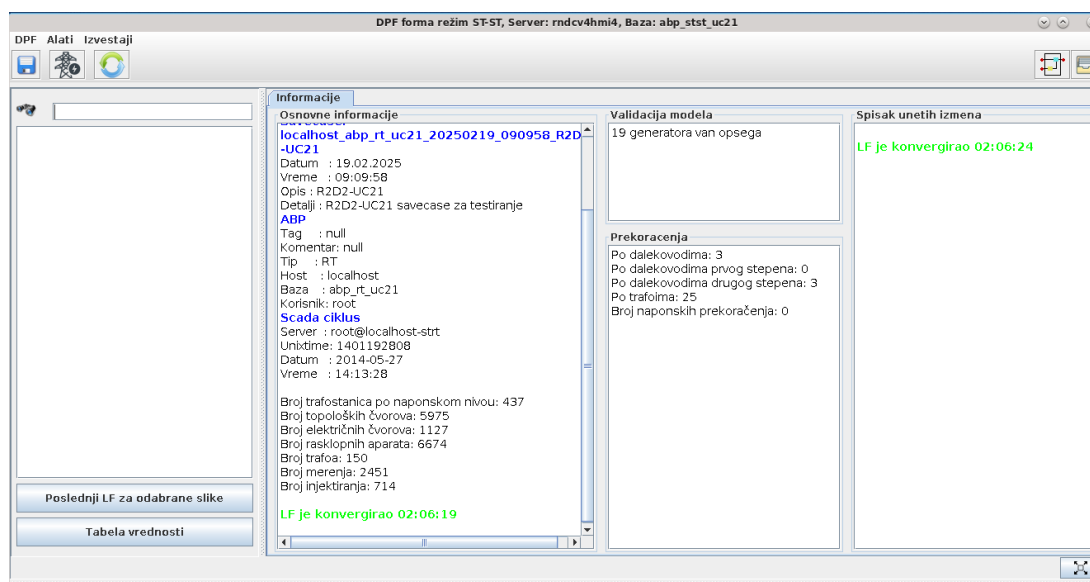
Slika 7 HE Đerdap 2 pre primene korektivnih akcija

„N-1“ preopterećenje koje se rešava je prikazano na Slici 8 tako što je kreiran novi bazni slučaj u kojem je isključen 110 kV dalekovod broj 177. Preopterećenje transformatora broj T1 400/110 kV u trafostanici Bor 2 je vizuelno prikazano crvenom bojom. Pošto se preopterećenje „N-1“ rešava u studijskom modu na ovaj način je simuliran ispad dalekovoda 110 kV broj 177 radi bolje grafičke preglednosti. U realnom vremenu ovo preopterećenje bi se videlo samo u „N-1“ listi preopterećenja i ne bi se kreirao novi bazni slučaj sa isključenim elementom čiji ispad izaziva preopterećenje.



Slika 8 Trafostanica Bor 2 110 kV pre primene korektivnih akcija

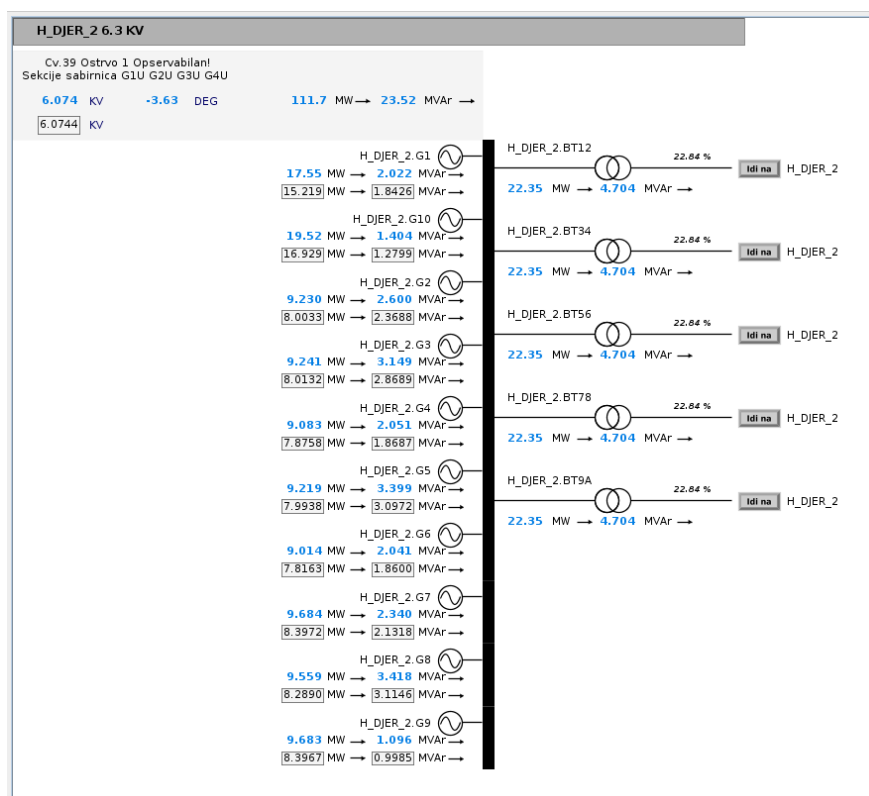
Nakon što je korisnik izabrao korektivne akcije klikom na dugme "Execute RA's in DPF" one se automatski primenjuju na model i šalju aplikaciji DPF (Dispatcher Power Flow) koja vrši proračun toka snage i u okviru koje korisnik proverava validnost primenjenih korektivnih mera. DPF aplikacija je takođe sastavni deo SCADA/EMS sistema, prikazana je na Slici 9 i koristi se za proračune tokova snage nezavisno od RA alata.



Slika 9 DPF aplikacija

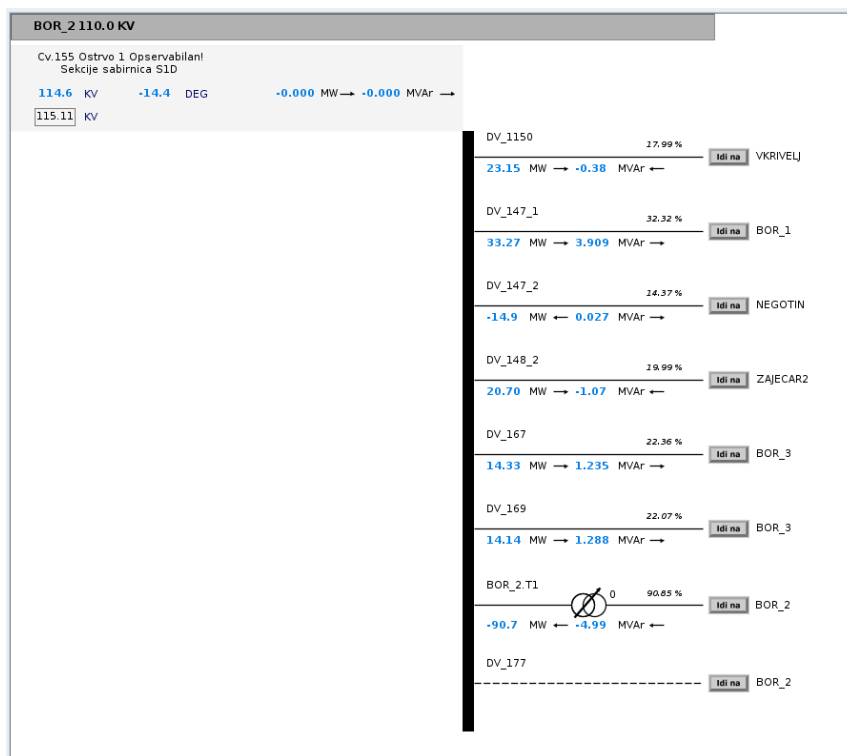
Nakon proračuna tokova snage u DPF aplikaciji, korisnici mogu proveriti validnost primenjenih korektivnih akcija na grafičkim prikazima relevantnih trafostanica. Kao što je prikazano na Slici 10,

aktivna snaga na generatoru G1 u HE Đerdap 2 je 15.219 MW, a na G10 je 16.929 MW, što su očekivani rezultat.



Slika 10 HE Đerdap 2 nakon primene korektivnih akcija

Opterećenje na transformatoru T1 400/110 kV u trafostanici Bor 2 prikazano je na Slici 11 i smanjilo se sa 105.93 % na 90.85 %.



Slika 11 Trafostanica Bor 2 nakon primene korektivnih akcija

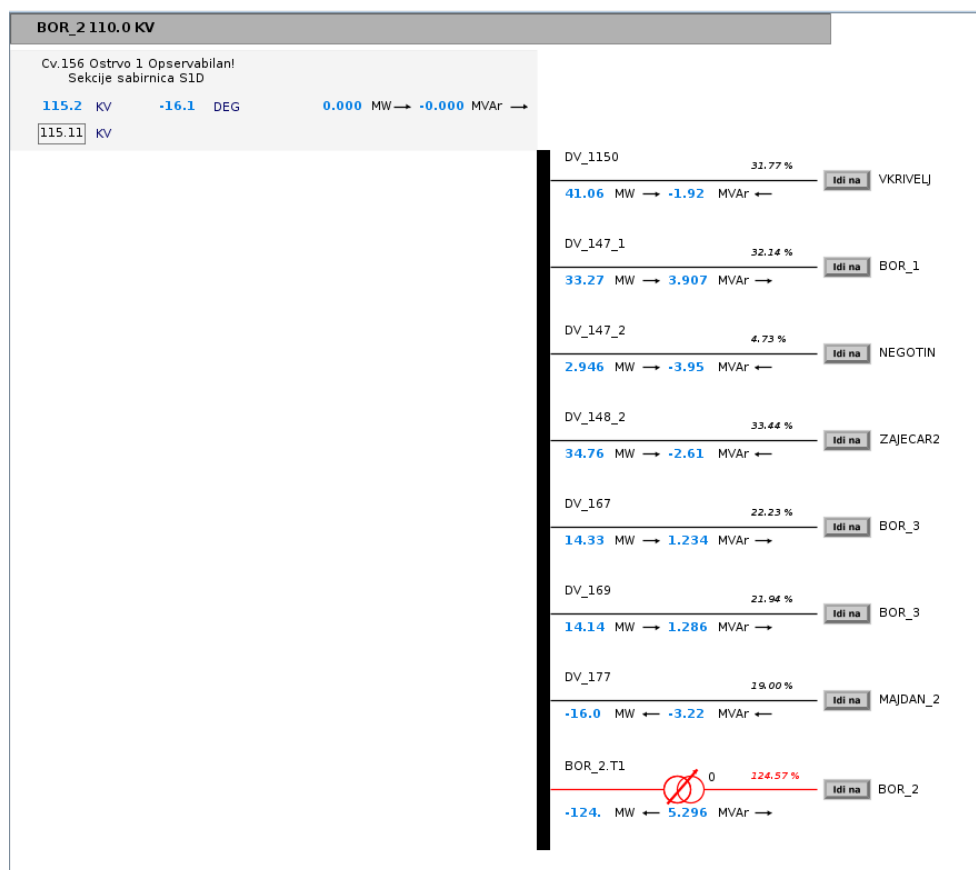
Za studijski deo aplikacije ovo je konačan rezultat. U realnom vremenu, RA alat će omogućiti korisnicima da šalju grupne signale/komande opremi na terenu.

Drugi primer rada RA alata je ukoliko se rešava preopterećenje transformatora T1 400/110 kV u trafostanici Bor 2 koje se javlja u baznom slučaju u modelu. Nakon što se u aplikaciji Analiza ispada izvrši proračun tokova snaga i „N-1“ analiza, rezultati se učitaju u RA alat i korisnici iz liste preopterećenja biraju transformator T1 400/110 kV u trafostanici Bor 2. Na Slici 12 prikazan je prozor u okviru RA alata u kom se pojavljuju sva preopterećenja u baznom slučaju. Nakon što se izabere element čije se preopterećenje rešava, kao i u prethodnom slučaju, unapred definisana lista korektivnih akcija se automatski pojavljuje. Prozor je zelene boje, da bi se razlikovala preopterećenja koja se javljaju u baznom slučaju od „N-1“ preopterećenja.

BASECASE VIOLATIONS							
Overloaded monitored eleme...		Monitored element loading %		Monitored element type			
BOR_2.T1		129.616396		TRANSFORMER		Execute RA's in DPF Show LOG	
Remedial actions for selected element	remedialAction	controledElementType	controledElementName	controledElementId	controledElementAction	ChangeValue	Selected
2	RA00037	GENERATOR	H.DIER_2.03	7784	SCALE	2.0	
3	RA00038	GENERATOR	H.DIER_2.04	7785	SCALE	2.0	
3	RA00039	GENERATOR	H.DIER_2.05	7786	SCALE	2.0	
4	RA00040	GENERATOR	H.DIER_2.06	7787	SCALE	2.0	
4	RA00041	GENERATOR	H.DIER_2.07	7788	SCALE	2.0	
5	RA00042	GENERATOR	H.DIER_2.08	7789	SCALE	2.0	
5	RA00043	GENERATOR	H.DIER_2.09	7790	SCALE	2.0	
1	RA00044	CB	BOR_2.E10.CB.00	5220	OPEN	0.0	
1	RA00048	CB	BOR_2.E11.CB.00	5222	OPEN	0.0	
1	RA00049	CB	BOR_2.E12.CB.00	5225	OPEN	0.0	

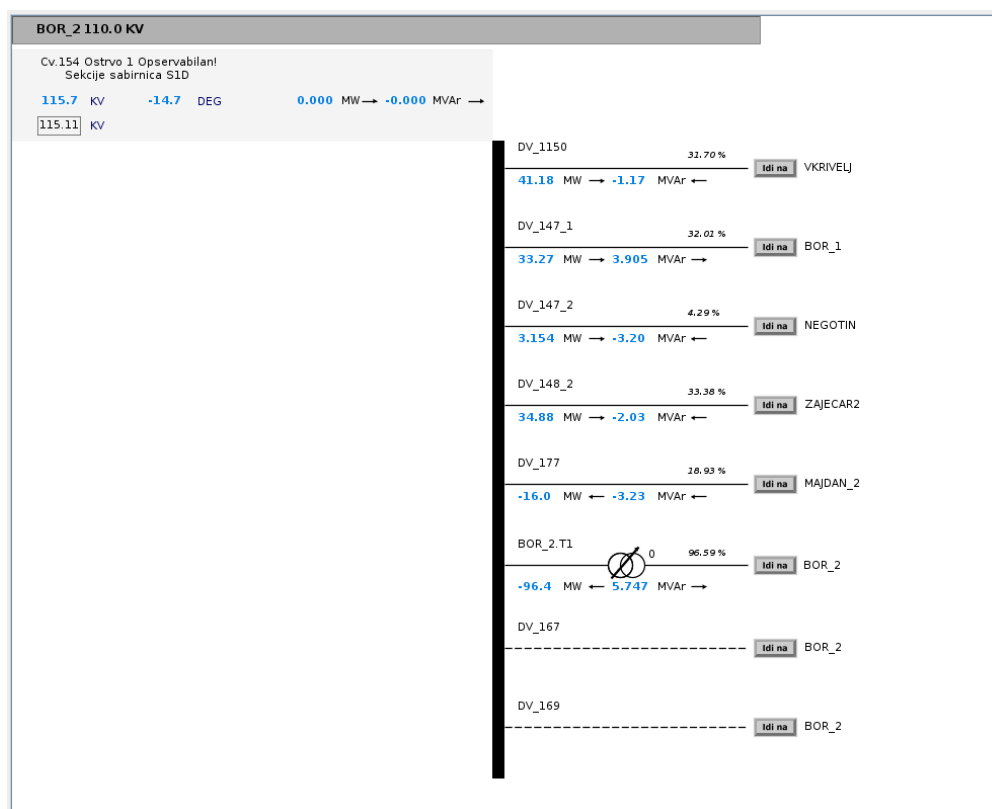
Slika 12 Prozor za rešavanje preopterećenja u baznom slučaju

Rezultati proračuna tokova snage pre primene korektivnih akcija u trafostanici Bor 2 na 110 kV strani su prikazani grafički na Slici broj 13. Kao i u prethodnom slučaju pošto se preopterećenje rešava u studijskom režimu, preopterećenje u baznom slučaju je prikazano grafički nakon izvršenog proračuna tokova snaga. U realnom vremenu, ovo preopterećenje će biti detektovano pojavom alarma u alarm listi na SCADA/EMS sistemu.



Slika 13 Trafostanica Bor 2 na 110 kV strani pre primene korektivnih akcija

Kao što je prikazano na Slici 13, transformator T1 400/110 kV je opterećen 124.57%, što predstavlja preopterećenje od 24.57 %. Korisnik bira da ovo preopterećenje reši primenom topoloških promena. Izabrane korektivne akcije su prikazane na Slici broj 12 i to su isključenje prekidača 110 kV dalekovoda TS Bor 2 – TS Bor 3 (na Slici 13 ova dva dalekovoda su obeležena brojevima 167 i 169 po internom standardu za numerisanje dalekovoda). Kada korisnici izaberu ove dve korektivne akcije potrebno je da klikom na dugme "Execute RA's in DPF" proslede ove akcije DPF aplikaciji koja automatski u modelu isključuje izabrane prekidače. Na Slici 14 prikazani su tokovi u trafostanici Bor 2 na 110 kV strani nakon primene korektivnih akcija. Kao što se može videti opterećenje transformatora T1 400/110 kV u trafostanici Bor 2 je palo sa 124.57% na 96.59%.



Slika 14 Trafostanica Bor 2 na 110 kV strani nakon primene korektivnih akcija

6 ZAKLJUČAK

Principijalno sprovođenje korektivnih akcija u „real-time“ procesu od strane dispečera se sastoji od više nezavisnih funkcionalnih celina. Počev od provere off-line RA baza podataka ili direktnog predloga na osnovu empirije, preko proračun toka snage u nekom od nezavisnih softvera gde je prethodno neophodno da operativno osoblje ručno ispravi model mreže tako da predložene korektivne mere budu primenjene i na kraju izdavanje odgovarajućih naloga putem govorne veze, jasno je da u zavisnosti od iskustva trenutne smene vreme potrebno za realizaciju korektivnih mera može znatno da varira. Navedene aktivnosti su kroz ovaj alat integrisane u jedno koherentno okruženje. U simuliranim slučajevima, RA alat je rezultirao smanjenjem vremena provedenog od detekcije preopterećenja ili potencijalnog preopterećenja u „N-1“ do finalnog režima rada elektroenergetskog sistema u kome je ponovo upostavljen njegov normalan rad i to za oko 30%.

Testiranje funkcionalnosti aplikacije kroz R²D² projekat predviđena je kroz dve demonstrativne celine. Preliminarna demonstracija potvrdila je uspešnost integracije i ispravnog rada RA alata u test SCADA/EMS okruženju. Funkcionalnost za kreiranje novih korektivnih akcija, njihovo pridruživanje određenom elementu kao i uvažavanje u mrežnom modelu na kome je potrebno verifikovati uspešnost, testirani su na velikom broju primera. Ovaj korak razvoja je bio ključni za definisanje narednih zahteva za unapređenje aplikativnog razvoja i procesa implementacije korektivnih akcija na brži i sigurniji način, jer je tendencija da će se ova aplikacija koristiti tokom najkritičnijih situacija u mreži u prenosnom sistemu. Ova činjenica je od presudnog značaja za naredni korak koji podrazumeva integraciju RA alata u SCADA/EMS sistem u okviru operativnog rada u Nacionalnom dispečerskom centru EMS AD.

Pored prethodno ispitanih funkcionalnosti alata, značajna ušteda vremena za realizaciju korektivnih akcija ogleda se u automatskom izdavanju seta kontrolnih signala koji se preko SCADA/EMS prosleđuju ka odgovarajućim elementima elektroenergetskog sistema i rasklopnoj opremi na nivou trafostanice, razvodnih postrojenja i elektrana. Plan je da se ova funkcionalnost prikaže tokom finalne demonstracije.

ZAHVALNICA

Rad je deo *Horizon Europe* projekta R²D² (*Reliability, Resilience and Defense technology for the grid*, ID: 101075714). Ovaj dokument je urađen uz finansijsku pomoć Evropske Unije. Sadržaj ovog dokumenta je isključivo odgovornost autora i ni pod kojim okolnostima se ne može smatrati da odražava stav Evropske Unije.

LITERATURA

- [1] Miloš Stojić, Goran Jakupović, Ninel Čukalevski, Jelena Veselinović, „*Novi SCADA/EMS sistem u Nacionalnom dispečerskom centru Elektromreže Srbije*“, IV Savjetovanje CG KO CIGRE, Igalo 11–14. maj 2015.
- [2] Igor Bundalo, Miloš Stojić, Goran Jakupović, Nina Stojanović, Ninel Čukalevski, Ivana Jovanović, Tatjana Rakić, Aleksandra Mihajlović Bogdanoski, Vladimir Netaj, Nada Turudija, „*Mrežne aplikacije SCADA/EMS sistema regionalnih dispečerskih centara*“, 19. SIMPOZIJUM CIGRE Srbija–Upravljanje i telekomunikacije u EES, On–line, 20–23. oktobar 2020.
- [3] J. Trhulj, G. Jakupovic, M. Stojic and N. Cukalevski, "*Real-Time Power System State Estimator within the National Control Centre of Serbia*", EUROCON 2005 - The International Conference on "Computer as a Tool", Belgrade, Serbia, 2005, pp. 1473-1476, doi: 10.1109/EURCON.2005.1630242.
- [4] „*Methodology for regional operational security coordination for the Core CCR* - in accordance with Article 76(1) of Commission Regulation (EU) 2017/1485 of 2 August 2017 establishing a guideline on electricity transmission system operation“, ACER Decision on Core ROSC Methodology: Annex I, 4. decembar 2020.
- [5] <https://r2d2project.eu>