

DOI: [10.46793/CIGRE37.C2.09](https://doi.org/10.46793/CIGRE37.C2.09)**C2.09****NOVI SISTEM AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA PROIZVODNjom (AGC)
ELEKTROPRIVREDE REPUBLIKE SRPSKE (ERS)****A NEW SYSTEM OF AUTOMATIC GENERATION CONTROL (AGC) FOR THE
ELECTRIC POWER INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF SRPSKA (ERS)****Goran Jakupović*, Milan Josifović, Pavle Lučić, Nikola Jemuović, Nikola Jelić, Simo Bošnjak**

Kratak sadržaj: U ovom radu, autori će predstaviti novi sistem za upravljanje proizvodnjom (AGC) razvijen za potrebe dispečerskog centra Mješovitog Holdinga "Elektroprivreda Republike Srpske" (ERS) u Trebinju. Ovaj hijerarhijski upravljački sistem upravlja elektranama ERS-a koje učestvuju u automatskoj regulaciji proizvodnje (AGC), na osnovu zahteva operatora prenosnog sistema NOSBIH-a. Rad je strukturisan na sledeći način: na početku, autori će predstaviti algoritme upravljanja i celokupnu organizaciju sistema upravljanja, naglašavajući njegovu integralnu ulogu unutar novog sistema nadzora i upravljanja u dispečerskom centru ERS-a. Zatim, rad će detaljnije obraditi softversku i hardversku implementaciju sistema upravljanja proizvodnjom. Na kraju, rad će prikazati rezultate prvih operativnih testiranja sistema upravljanja, pokazujući njegove performansu i efikasnost. Autori imaju za cilj da demonstriraju napretke i praktične primene novog sistema za upravljanje proizvodnjom unutar okvira elektroprivrede Republike Srpske.

Ključne reči: *AGC, LFC, Hijerarhijsko upravljanje*

Abstract: In this paper, the authors will present a new system for automatic generation control (AGC) developed for the needs of the dispatch center of the Mixed Holding "Elektroprivreda Republike Srpske" (ERS) in Trebinje. This hierarchical control system manages the ERS power plants participating in automatic generation control (AGC) based on the requirements of the independent system operator NOSBIH. The paper is structured as follows: first, the authors will present the control algorithms and the overall organization of the control system, emphasizing its integral role within the new monitoring and control system at the ERS dispatch center. Then, the paper will delve into the software and hardware implementation of the generation control system. Finally, the paper will present the results of the initial operational tests of the control system, demonstrating its performance and efficiency. The authors aim to showcase the advancements and practical applications of the new generation control system within the framework of the Electric Power Industry of the Republic of Srpska.

Key words: *AGC, LFC, Hierarchical Control*

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

1 UVOD

Sistem za automatsko upravljanje proizvodnjom (*AGC - Automatic Generation Control*), posebno njegova komponenta za regulaciju frekvencije i snage razmene (*LFC - Load Frequency Control*), igra ključnu ulogu u obezbeđivanju kontinuiranog i sigurnog rada međusobno povezanih elektroenergetskih sistema. Kao neophodan deo svakog sistema za upravljanje energijom (*EMS - Energy Management System*) u dispečerskim centrima operatora prenosnog sistema, AGC sistem pomaže u održavanju sigurnosti sistema [1, 2].

Kako bi se obezbedio neometan rad, operatori sistema moraju kontinuirano balansirati energiju koju zahtevaju potrošači sa proizvodnjom i razmenom sa susedima. Promene u potražnji ili ponudi se reflektuju na frekvenciji sistema, koja idealno treba ostati na 50 Hz (ili 60 Hz u Sjedinjenim Američkim Državama i nekim drugim zemljama). Povećanje potrošnje iznad proizvodnje i uvoza uzrokuje pad frekvencije ispod 50 Hz, dok smanjenje potrošnje dovodi do frekvencije iznad 50 Hz. Operator sistema je odgovoran za održavanje ove ravnoteže, držeći frekvenciju što bliže ciljanoj vrednosti, proces poznat kao LFC.

LFC postiže ravnotežu između proizvodnje i potrošnje električne energije unutar svake regulacione oblasti. Ove oblasti su međusobno povezane preko interkonektivnih dalekovoda. Svaka regulaciona oblast je odgovorna ne samo za održavanje frekvencije svog sistema već i za regulisanje aktivnih tokova energije (razmena) na međusobno povezanim interkonektivnim dalekovodima prema unapred određenim ugovornim vrednostima (planovima razmene).

Kako bi ispunila ove ciljeve, svaka regulaciona oblast koristi sistem LFC. Ovaj sistem izdaje regulativne komande proizvodnim jedinicama (elektranama) na osnovu merenja frekvencije sistema i tokova energije interkonektivnih dalekovoda u realnom vremenu. Ove komande se olakšavaju preko centralizovanog regulatora sa zatvorenom petljom instaliranog u dispečerskim centrima odgovarajućih regulacionih oblasti.

Tipičan sistem za automatsko upravljanje proizvodnjom (*AGC - Automatic Generation Control*) obezbeđuje sledeće ključne funkcije [1]:

- **Regulator frekvencije i snage razmene** (*LFC - Load Frequency Control*): Zadužen za obavljanje zadataka regulacije radi održavanja frekvencije sistema i ravnoteže proizvodnje i potrošnje.
- **Aplikacija za planiranje**: Omogućava korisnicima unos, modifikaciju i uvoz različitih planova, kao što su planovi razmene i planovi kompenzacije.
- **Sistem za praćenje performansi**: Prati i izračunava indekse performansi AGC/LFC sistema i generiše izveštaje vezane za te indekse.
- **Sistem za praćenje rezervi**: Prati i izračunava rezerve, uključujući rezerve za obuzdavanje frekvencije (*FCR - Frequency Containment Reserve*), automatsku rezervu za obnovu frekvencije (*aFRR - Automatic Frequency Restoration Reserve*) i manuelnu rezervu za obnovu frekvencije (*mFRR - Manual Frequency Restoration Reserve*), na osnovu tehničkih parametara proizvodnih jedinica i podataka izmerenih u realnom vremenu.

U vertikalno integrisanim elektroenergetskim sistemima, AGC (Automatsko upravljanje proizvodnjom) takođe uključuje rezultate funkcionalnosti ekonomske raspodele (*ED - Economic Dispatching*).

ED pruža podatke o baznim snagama proizvodnih jedinica i koeficijentima učešća sa ciljem minimizacije troškova rada. Ovo podrazumeva planiranje izlaza angažovanih proizvodnih jedinica kako bi se zadovoljila potrebna potrošnja uz najniže operativne troškove, dok se istovremeno poštuju sva ograničenja sistema.

Međutim, u deregulisanim elektroenergetskim sistemima, odgovornost za ekonomsku raspodelu obično pripada proizvodnoj kompaniji (GENCO), a ne operatoru prenosnog sistema (TSO). Zbog toga se ekonomska raspodela više ne smatra delom AGC sistema u takvim elektroenergetskim sistemima.

Iako dodatne usluge balansiranja, kao što je Imbalance Netting, mogu uticati na rad AGC/LFC sistema, one se ne smatraju integralnim komponentama AGC sistema [3].

Operator prenosnog sistema (TSO - Transmission System Operator) odgovoran je za izračunavanje greške regulacione oblasti (ACE - Area Control Error) i obezbeđivanje da njena prosečna vrednost ostane što je moguće bliža nuli. ACE je ključni parametar u održavanju ravnoteže snage unutar međusobno povezanog sistema i definiše se sledećim izrazom (za neku regulacionu oblast „i“):

$$ACE_i(t) = B_i \Delta F_i(t) + \Delta P_i(t) \quad (1)$$

Ovde, B_i predstavlja koeficijent regulacije frekvencije (poznat i kao konstanta regulacije frekvencije ili „k-faktor“) za frekvenciju i-te regulacione oblasti. Ova vrednost je odabrana tako da približno odgovara globalnom koeficijentu samoregulacije regulacione oblasti. Termin ΔF_i se odnosi na odstupanje frekvencije unutar i-te oblasti, dok ΔP_i označava odstupanje u planiranoj razmeni snage sa susednim oblastima.

Kako bi se ACE održao što bliže nuli, mogu se primeniti dva pristupa. U prvom pristupu, TSO direktno kontroliše proizvodne jedinice unutar svoje oblasti izdavanjem komandi u obliku zadatih vrednosti (setpointa) ili impulsa za povećanje/smanjenje kako bi se prilagodili nivoi proizvodnje. U drugom, hijerarhijskom pristupu, TSO šalje zahteve za aktivaciju automatske rezerve za obnovu frekvencije (*aFRR - Automatic Frequency Restoration Reserve*) proizvodnim kompanijama. Ove kompanije zatim samostalno upravljaju svojim proizvodnim kapacitetima kako bi ispunile zahteve specificirane u zahtevima za aktivaciju. Oba pristupa imaju za cilj održavanje stabilnosti sistema osiguravanjem da odstupanja frekvencije i tokovi snage između oblasti ostanu u prihvatljivim granicama.

U regulacionoj oblasti NOSBIH-a primenjuje se hijerarhijski pristup za održavanje greške regulacione oblasti (ACE - Area Control Error). To znači da NOSBIH, kao operator prenosnog sistema, šalje zahteve za aktivaciju automatske rezerve za obnovu frekvencije (*aFRR - Automatic Frequency Restoration Reserve*) proizvodnim kompanijama koje posluju unutar njegove regulacione oblasti. Među njima je i Mješoviti Holding Elektroprivreda Republike Srpske (dalje u tekstu „ERS“). Nakon što prime te zahteve, proizvodne kompanije su odgovorne za upravljanje svojim proizvodnim kapacitetima kako bi ispunile zahteve koje je definisao NOSBIH.

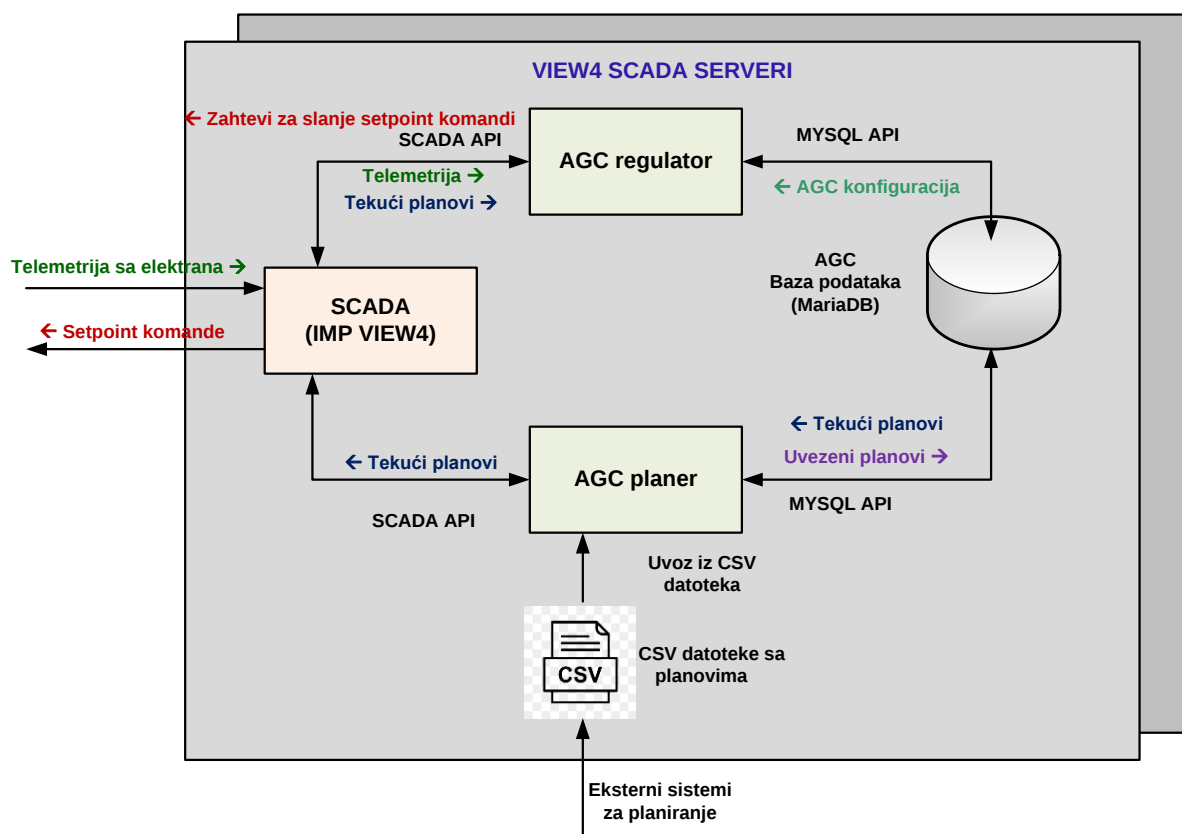
Rad sistema za automatsko upravljanje proizvodnjom u Bosni i Hercegovini regulisan je „Mrežnim kodeksom“, tačnije poglavljem 7.2.1.2 pod nazivom „Sekundarna regulacija (*aFRR - Automatski proces obnove frekvencije*)“, koje definiše pravila za sekundarnu regulaciju frekvencije (*aFRR*). Pored toga, „Tržišna pravila“, naročito član 30 u delu o pomoćnim uslugama, daju dodatne smernice za rad AGC sistema.

Ovi propisi postavljaju okvir za balansiranje proizvodnje i potrošnje energije, održavanje frekvencije sistema i obezbeđenje usklađenosti sa zahtevima za pomoćne usluge [4, 5].

Fokus ovog rada je na upravljanju proizvodnjom na nivou ERS-a, posebno na načinima na koje kompanija upravlja svojim proizvodnim kapacitetima kako bi ispunila zahteve koje dobija od NOSBIH-a. To uključuje analizu procesa, algoritama i sistema implementiranih u okviru ERS-a kako bi se osigurala usklađenost sa zahtevima NOSBIH-a, uz očuvanje stabilnosti i efikasnosti sopstvenih proizvodnih operacija.

2 ARHITEKTURA

Pojednostavljena softverska arhitektura sistema, implementirana na redundantnim SCADA serverima, prikazana je na slici 1. AGC modul se sastoji od dve glavne komponente: planera proizvodnje i regulatora, kako je prikazano na Slici 1. Regulator izvršava sve korake algoritma za upravljanje proizvodnjom (detaljno opisane u narednim poglavljima) i šalje zahteve SCADA sistemu za izdavanje odgovarajućih komandi elektranama. U međuvremenu, planer proizvodnje upravlja unosom podataka o planiranju (npr. planovi proizvodnje), izračunava izvedene planove i prosleđuje trenutne planove SCADA sistemu. I uvezeni i ručno uneti podaci o planiranju čuvaju se u posebnim tabelama unutar AGC baze podataka. Ova baza podataka takođe sadrži postavke konfiguracije sistema, modele elektrana i druge ključne parametre.



Slika 1: Uprošćena arhitektura sistema

3 TOKOVI PODATAKA I ALGORITMI

Slika 2 ispod prikazuje interakciju AGC modula sa postojećim delovima sistema. Prvo, AGC modul prima podatke o baznim snagama proizvodnih jedinica i njihovim opsezima regulacije (vrednosti za učešće u sekundarnoj regulaciji) iz sistema za planiranje.

Takođe, iz elektrana se primaju izmerene vrednosti neto aktivne snage proizvodnih jedinica. Ovo su neophodni podaci za izračunavanje granica za željene snage (P_{demand}), koje će biti poslate operatoru prenosnog sistema (NOSBIH).

Za elektrane koje su u režimu regulacije:

$$P_{max,lfc} = P_{basepoint} + \Delta P_{AGC} \quad (2)$$

$$P_{min,lfc} = P_{basepoint} - \Delta P_{AGC} \quad (3)$$

U jednačinama (2) i (3) veličina ΔP_{AGC} označava regulacioni opseg (tačnije njegovu polovinu simetričnu oko bazne snage).

Za elektrane koje trenutno nisu u režimu regulacije:

$$P_{max,lfc} = P_{min,lfc} = P_{gen_{pp}} \quad (4)$$

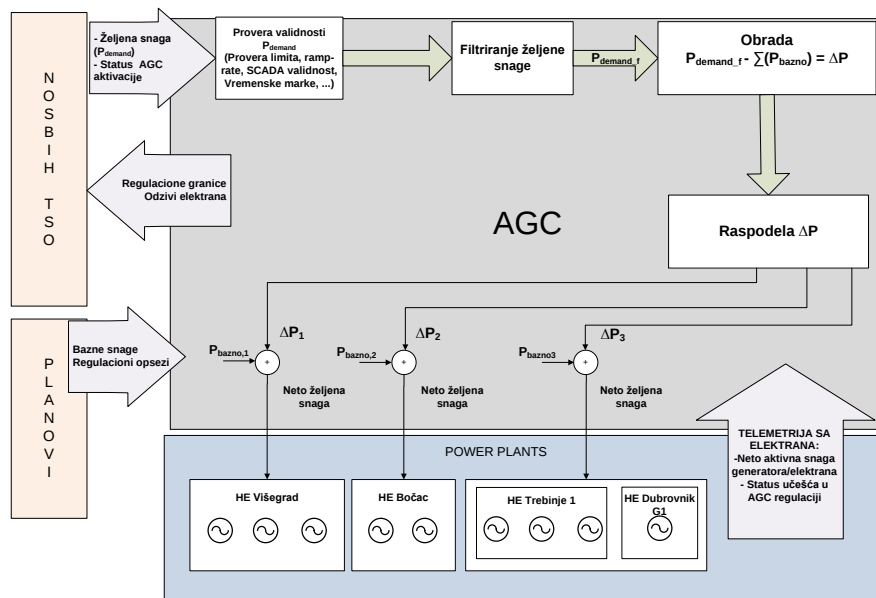
U jednačini (4) $P_{gen_{pp}}$ označava trenutnu, izmerenu, aktivnu snagu elektrane.

Konačne granice koje se šalju operatoru prenosnog sistema (NOSBIH) su:

$$LFC_{MAX} = \sum P_{max,lfc} \quad (5)$$

$$LFC_{MIN} = \sum P_{min,lfc} \quad (6)$$

Takođe, AGC šalje status da je AGC aktivan i vrednost vrednost regulacionog opsega aktivne snage unutar koga mora da se nalazi željena snaga koju šalje NOSBIH.



Slika 2: Pregled sistema upravljanja

NOSBIH šalje vrednost željene aktivne snage za sve elektrane. AGC zatim proverava da li je ova vrednost ispravna:

- Da li je vrednost unutar poslatog opsega [LFC_{MIN} , LFC_{MAX}]? Ako nije, vrednost za P_{demand} će biti suma trenutnih vrednosti izmerenih proizvodnji elektrana.
- Da li brzina promene snage (ramp rate) unutar granica?
- Da li je vrednost validna i da li je zamrznuta?

Nakon provere, željena vrednost se filtrira koristeći eksponencijalni filter za izgladivanje. Ova filtrirana vrednost (P_{demand_f}) koristi se za izračunavanje promene bazne snage za raspodelu.

$$\Delta P = P_{demand_f} - \sum P_{bazno,pp} \quad (7)$$

Gde je $\sum P_{bazno,pp}$ suma baznih snaga svih elektrana (u okviru AGC-a i van njega).

Na osnovu AGC statusa elektrana, promene bazne snage (ΔP) će biti raspodeljene korišćenjem jednog od dva algoritma opisana u odeljku sa algoritmima.

3.1 Algoritmi raspodele

3.1.1 Raspodela normalizovana na baznu snagu.

Ideja ovog algoritma je da se raspodela među angažovanim jedinicama u okviru AGC-a vrši na osnovu zadatog opsega (Reg_i u formulama ispod).

$$P_{desired_i} = P_{bazno_i} + K_{u_i}(P_{demand} - \sum_i P_{bazno_i}) \quad (8)$$

$$K_{u_i} = \frac{Reg_i}{\sum_i Reg_i} \quad (9)$$

3.1.2 Raspodela relativna u odnosu na trenutnu aktivnu snagu.

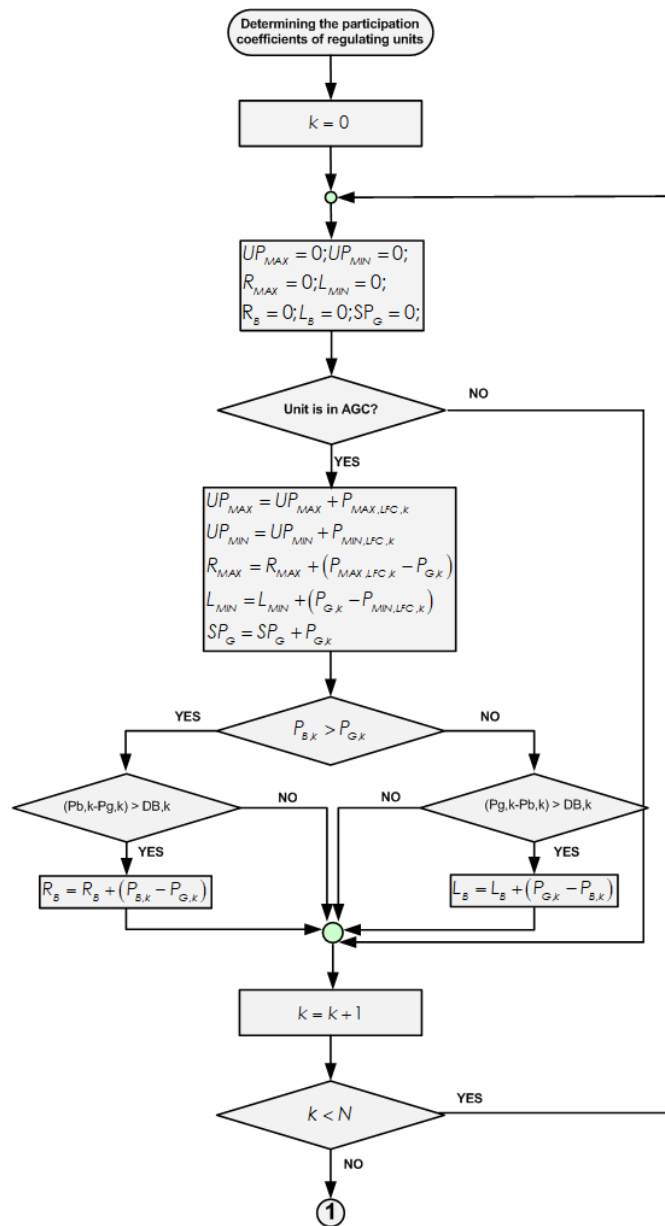
Ideja ovog algoritma je da se optimizuje angažovanje jedinica koje su na suprotnim stranama bazne snage. Ako potražnja premaši ukupnu trenutnu snagu jedinica, algoritam će prvo angažovati jedinice čija je trenutna snaga ispod bazne snage. Kada se dostigne bazna snaga, raspodela će se vršiti proporcionalno raspoloživom opsegu u odnosu na trenutnu snagu.

Algoritam za izračunavanje koeficijenata učešća u regulaciji opisan je putem dijagrama toka (Slike 3 i 4).

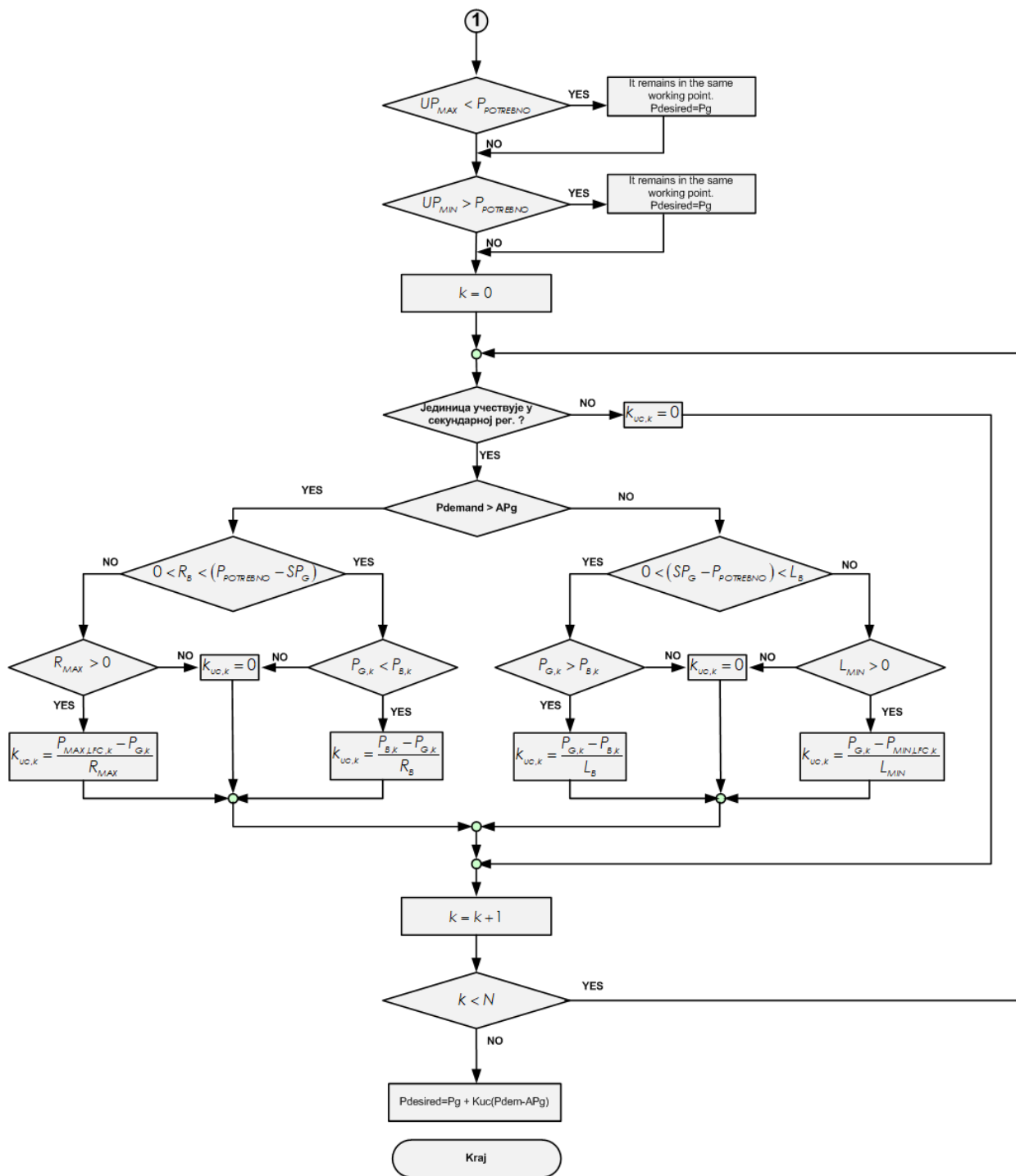
Oznake na slikama 3, 4 i 5 su sledeće:

- **k** – predstavlja k-tu regulacionu jedinicu.
- **N** – ukupan broj regulacionih jedinica.
- **AP_G** – suma izmerenih snaga jedinica koje mogu učestvovati u sekundarnoj regulaciji.
- **SP_G** – suma izmerenih snaga jedinica koje trenutno učestvuju u sekundarnoj regulaciji.
- **P_{DEMAND}** – zahtev poslat od strane NOSBIH.
- **P_{G,k}** – izmerena aktivna snaga k-te jedinice.
- **P_{B,k}** – bazna snaga k-te jedinice.
- **P_{MAX,LFC,k}** – maksimalna snaga za sekundarnu regulaciju k-te jedinice.
- **P_{MIN,LFC,k}** – minimalna snaga za sekundarnu regulaciju k-te jedinice.

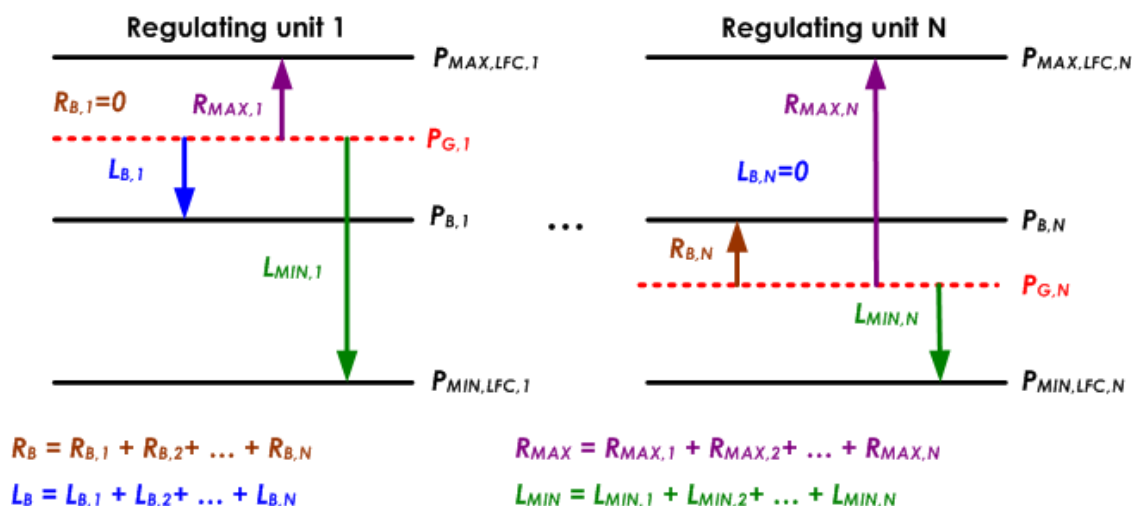
- UP_{MAX} – suma maksimalnih snaga za sekundarnu regulaciju jedinica koje trenutno učestvuju u sekundarnoj regulaciji.
- UP_{MIN} – suma minimalnih snaga za sekundarnu regulaciju jedinica koje trenutno učestvuju u sekundarnoj regulaciji.
- R_{MAX} – regulaciona rezerva za povećanje snage jedinica koje trenutno učestvuju u sekundarnoj regulaciji (Slika 4).
- L_{MIN} – regulaciona rezerva za smanjenje snage jedinica koje trenutno učestvuju u sekundarnoj regulaciji (Slika 4).
- R_B – suma opsega od izmerene snage do bazne snage za one jedinice čija je izmerena snaga ispod bazne snage i koje trenutno učestvuju u sekundarnoj regulaciji (Slika 5).
- L_B – suma opsega od izmerene snage do bazne snage za one jedinice čija je izmerena snaga iznad bazne snage i koje trenutno učestvuju u sekundarnoj regulaciji (Slika 5).
- $k_{uc,k}$ – koeficijent učešća u regulaciji za k-tu jedinicu.



Slika 3: Dijagram toka za izračunavanje koeficijenata učešća sa raspodelom relativnom u odnosu na trenutnu snagu (Deo I).



Slika 4: Dijagram toka za izračunavanje koeficijenta učešća sa raspodelom relativnom u odnosu na trenutnu snagu (Deo II).



Slika 5: Grafička ilustracija algoritma

4 KORISNIČKI INTERFEJSI

Glavni korisnički deo AGC interfejsa integrisan je u okviru VIEW4 SCADA sistema, koji je sada VIEW4 SCADA/GMS sistem. Dok je interfejs za aplikaciju za uvoz planova odvojen.

Prvi ekran predstavlja glavni AGC ekran koji sadrži osnovne podatke vezane za aplikaciju. Prva grupa podataka su AGC statusi, a korisnik može:

- Uključiti/isključiti AGC.
- Uključiti/isključiti režim nadzora – režim u kojem se sve vrednosti izračunavaju, ali se zadate vrednosti (setpoints) ne šalju.
- Indikaciju da li je AGC aktivan.
- Indikaciju kako NOSBIH vidi status AGC.
- Status pauze – aktivira se ako neki od neophodnih podataka ima nevažeći kvalitet SCADA statusa ili nije dostupan. Ovo prebacuje AGC u režim praćenja. Kada uslov koji je izazvao pauzu prestane, sistem nastavlja sa radom.
- Status suspendovanja – on isključuje AGC nakon vremena definisanog od strane korisnika, i korisnik mora resetovati stanje suspendovanja.

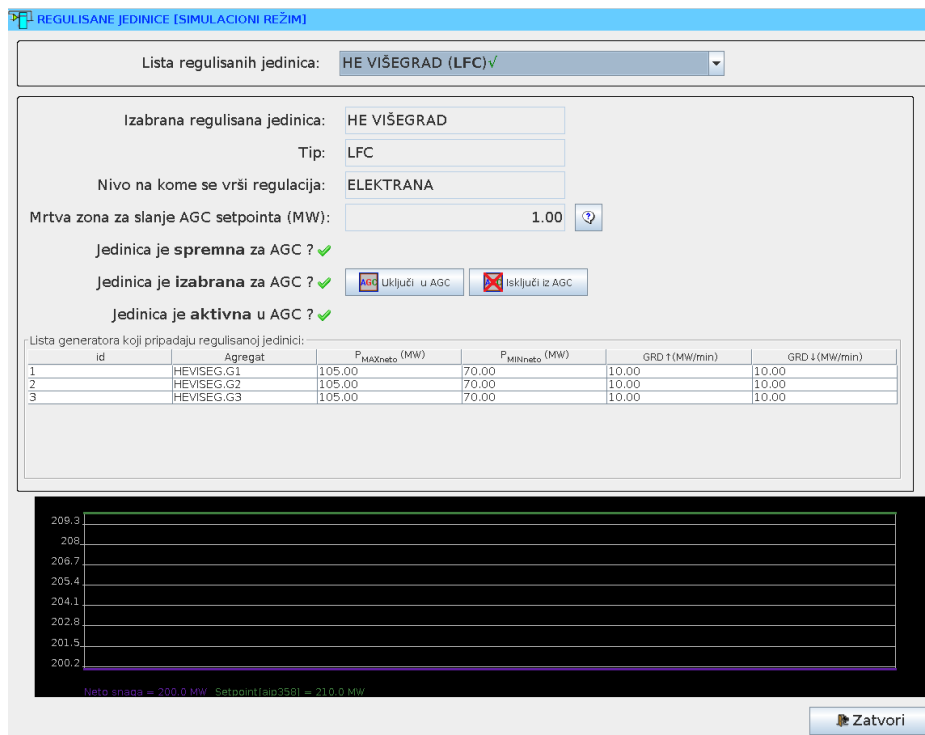
Druga grupa predstavlja analogne podatke:

- Pdemand od NOSBIH-a – sirova i konačna vrednost (na grafiku).
- LFCmin i LFCmax za NOSBIH.
- Suma baznih snaga elektrana.
- Regulatorna rezerva za povećanje/smanjenje snage.



Slika 6: AGC status

Sledeći ekran sadrži podatke vezane za regulacione jedinice. Korisnik iz padajućeg menija bira koju regulacionu jedinicu želi da posmatra. Prikazani podaci pokazuju da li je regulaciona jedinica spremna za AGC, da li je odabrana (opcija za korisnika da odabere jedinicu za AGC), kao i konačnu vrednost koja pokazuje da li je jedinica u AGC-u. Takođe sadrži listu odgovarajućih generatora unutar regulacione jedinice, kao i grafikon zadate vrednosti (setpoint) i odziva elektrane.



Slika 7: Regulacione jedinice

Treći ekran prikazuje elektrane sa odgovarajućim generatorima, vrednosti trenutne aktivne snage elektrana i trenutnu vrednost bazne snage.

Lista elektrana:

HE Višegrad

Izabrana elektran...

HE Višegrad

EIC kod elektrane:

36W-HE-VISEGRADJ

Vrsta:

Hidroelektrana

EIC naziv elektra...

BA-HE-VISEGRAD

Vlasnik:

Elektroprivreda Republike Srpske

Lista generatora elektrane

id	Agregat	P _{MAXneto} (MW)	P _{MINneto} (MW)	GRD ↑ (MW/min)	GRD ↓ (MW/min)
1	HEVISEG.G1	105.00	70.00	10.00	10.00
2	HEVISEG.G2	105.00	70.00	10.00	10.00
3	HEVISEG.G3	105.00	70.00	10.00	10.00

P_{G,neto} =

200.00

P_{PLAN} =

200.00

Zatvori

Slika 8: Elektrane

Poslednji ekran prikazuje pregled planova. Prva kartica sadrži prikaz planova baznih snaga i planova za angažovanje sekundarne regulacije. Druga kartica prikazuje planove razmene, dok se treća kartica koristi za pojedinačni prikaz željenih planova. Korisniku je omogućeno da planove izvozi u XLS format, pregleda planove za prethodne dane (planovi se ne mogu korigovati za prošle sate i dane), ili da ih prikaže grafički.

Prikaz bazne snage i sekundarne rezerve

Sačuvaj

Izvoz u Excel

Grafički prikaz

Izadi

←

→

Datum za koji se prikazuju podaci:

2025-03-14

Planovi proizvodnje i sekundarne (AGC) regulacije

Razmena

Planovi čiji prikaz bira korisnik

Bazne snage (Planovi proizvodnje)

Vreme	TE Gacko	TE Ugljevik	HE Bočac	HE Višegrad	HET (DBCC) Trebinje 1	HE Trebinje 2	HE Dubrovnik 1
14:00-14:15	0.00	0.00	295.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14:15-14:30	0.00	0.00	295.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14:30-14:45	0.00	0.00	295.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14:45-15:00	0.00	0.00	305.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15:00-15:15	0.00	0.00	305.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15:15-15:30	0.00	0.00	310.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15:30-15:45	0.00	0.00	315.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15:45-16:00	0.00	0.00	320.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16:00-16:15	0.00	0.00	325.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16:15-16:30	0.00	0.00	330.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16:30-16:45	0.00	0.00	335.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16:45-16:00	0.00	0.00	340.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17:00-17:15	0.00	0.00	345.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17:15-17:30	0.00	0.00	350.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17:30-17:45	0.00	0.00	355.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17:45-18:00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18:00-18:15	0.00	0.00	365.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18:15-18:30	0.00	0.00	370.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18:30-18:45	0.00	0.00	375.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18:45-18:00	0.00	0.00	380.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18:00-18:15	0.00	0.00	385.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18:15-18:30	0.00	0.00	390.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18:30-18:45	0.00	0.00	395.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18:45-20:00	0.00	0.00	400.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:00-20:15	0.00	0.00	405.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:15-20:30	0.00	0.00	410.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:30-20:45	0.00	0.00	415.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:45-21:00	0.00	0.00	420.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21:00-21:15	0.00	0.00	425.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21:15-21:30	0.00	0.00	430.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21:30-21:45	0.00	0.00	435.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21:45-22:00	0.00	0.00	440.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:00-22:15	0.00	0.00	445.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:15-22:30	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:30-22:45	0.00	0.00	455.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:45-23:00	0.00	0.00	460.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:00-23:15	0.00	0.00	465.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:15-23:30	0.00	0.00	470.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:30-23:45	0.00	0.00	475.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:45-00:00	0.00	0.00	480.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4

1

Sekundarna regulacija i sumarni podaci

Vreme	HE Višegrad plan AGC regulacije	HE Bočac plan AGC regulacije	HET (DBCC) plan AGC regulacije	ERS plan proizvodnje jedinica	ERS Ukupan plan AGC	HE Višegrad AGC _{MAX}	HE Višegrad AGC _{MIN}	HE Bočac AGC _{MAX}	HE Bočac AGC _{MIN}	HET (DBCC) AGC _{MAX}	HET (DBCC) AGC _{MIN}	ERS AGC _{MAX}	ERS AGC _{MIN}
14:00-14:15	0.00	0.00	0.00	285.00	0.00	0.00	0.00	285.00	285.00	0.00	0.00	285.00	285.00
14:15-14:30	0.00	0.00	0.00	290.00	0.00	0.00	0.00	290.00	290.00	0.00	0.00	290.00	290.00
14:30-14:45	0.00	0.00	0.00	295.00	0.00	0.00	0.00	295.00	295.00	0.00	0.00	295.00	295.00
14:45-15:00	0.00	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	300.00	300.00	0.00	0.00	300.00	300.00
15:00-15:15	0.00	0.00	0.00	305.00	0.00	0.00	0.00	305.00	305.00	0.00	0.00	305.00	305.00
15:15-15:30	0.00	0.00	0.00	310.00	0.00	0.00	0.00	310.00	310.00	0.00	0.00	310.00	310.00
15:30-15:45	0.00	0.00	0.00	315.00	0.00	0.00	0.00	315.00	315.00	0.00	0.00	315.00	315.00
15:45-16:00	0.00	0.00	0.00	320.00	0.00	0.00	0.00	320.00	320.00	0.00	0.00	320.00	320.00
16:00-16:15	0.00	0.00	0.00	325.00	0.00	0.00	0.00	325.00	325.00	0.00	0.00	325.00	325.00
16:15-16:30	0.00	0.00	0.00	330.00	0.00	0.00	0.00	330.00	330.00	0.00	0.00	330.00	330.00
16:30-16:45	0.00	0.00	0.00	335.00	0.00	0.00	0.00	335.00	335.00	0.00	0.00	335.00	335.00
16:45-16:00	0.00	0.00	0.00	340.00	0.00	0.00	0.00	340.00	340.00	0.00	0.00	340.00	340.00
17:00-17:15	0.00	0.00	0.00	345.00	0.00	0.00	0.00	345.00	345.00	0.00	0.00	345.00	345.00
17:15-17:30	0.00	0.00	0.00	350.00	0.00	0.00	0.00	350.00	350.00	0.00	0.00	350.00	350.00
17:30-17:45	0.00	0.00	0.00	355.00	0.00	0.00	0.00	355.00	355.00	0.00	0.00	355.00	355.00
17:45-18:00	0.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	360.00	360.00	0.00	0.00	360.00	360.00
18:00-18:15	0.00	0.00	0.00	365.00	0.00	0.00	0.00	365.00	365.00	0.00	0.00	365.00	365.00
18:15-18:30	0.00	0.00	0.00	370.00	0.00	0.00	0.00	370.00	370.00	0.00	0.00	370.00	370.00
18:30-18:45	0.00	0.00	0.00	375.00	0.00	0.00	0.00	375.00	375.00	0.00	0.00	375.00	375.00
18:45-18:00	0.00	0.00	0.00	380.00	0.00	0.00	0.00	380.00	380.00	0.00	0.00	380.00	380.00
18:00-18:15	0.00	0.00	0.00	385.00	0.00	0.00	0.00	385.00	385.00	0.00	0.00	385.00	385.00
18:15-18:30	0.00	0.00	0.00	390.00	0.00	0.00	0.00	390.00	390.00	0.00	0.00	390.00	390.00
18:30-18:45	0.00	0.00	0.00	395.00	0.00	0.00	0.00	395.00	395.00	0.00	0.00	395.00	395.00
18:45-20:00	0.00	0.00	0.00	400.00	0.00	0.00	0.00	400.00	400.00	0.00	0.00	400.00	400.00
20:00-20:15	0.00	0.00	0.00	405.00	0.00	0.00	0.00	405.00	405.00	0.00	0.00	405.00	405.00
20:15-20:30	0.00	0.00	0.00	410.00	0.00	0.00	0.00	410.00	410.00	0.00	0.00	410.00	410.00
20:30-20:45	0.00	0.00	0.00	415.00	0.00	0.00	0.00	415.00	415.00	0.00	0.00	415.00	415.00
20:45-21:00	0.00	0.00	0.00	420.00	0.00	0.00	0.00	420.00	420.00	0.00	0.00	420.00	420.00
21:00-21:15	0.00	0.00	0.00	425.00	0.00	0.00	0.00	425.00	425.00	0.00	0.00	425.00	425.00
21:15-21:30	0.00	0.00	0.00	430.00	0.00	0.00	0.00	430.00	430.00	0.00	0.00	430.00	430.00
21:30-21:45	0.00	0.00	0.00	435.00	0.00	0.00	0.00	435.00	435.00	0.00	0.00	435.00	435.00
21:45-22:00	0.00	0.00	0.00	440.00	0.00	0.00	0.00	440.00	440.00	0.00	0.00	440.00	440.00
22:00-22:15	0.00	0.00	0.00	445.00	0.00	0.00	0.00	445.00	445.00	0.00	0.00	445.00	445.00
22:15-22:30	0.00	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	450.00	450.00	0.00	0.00	450.00	450.00
22:30-22:45	0.00	0.00	0.00	455.00	0.00	0.00	0.00	455.00	455.00	0.00	0.00	455.00	455.00
22:45-23:00	0.00	0.00	0.00	460.00	0.00	0.00	0.00	460.00	460.00	0.00	0.00	460.00	460.00
23:00-23:15	0.00	0.00	0.00	465.00	0.00	0.00	0.00	465.00	465.00	0.00	0.00	465.00	465.00
23:15-23:30	0.00	0.00	0.00	470.00	0.00	0.00	0.00	470.00	470.00	0.00	0.00	470.00	470.00
23:30-23:45	0.00	0.00	0.00	475.00	0.00	0.00	0.00	475.00	475.00	0.00	0.00	475.00	475.00
23:45-00:00	0.00	0.00	0.00	480.00	0.00	0.00	0.00	480.00	480.00	0.00	0.00	480.00	480.00

4

1

Slika 9: Planovi

Uvoz planova se obavlja putem odvojene aplikacije (Slika 10 ispod). Korisnici biraju koji fajl će biti uvezen, zatim mogu proveriti vrednosti pre nego što planovi budu uvezeni u bazu podataka. Na SCADA serverima ovaj uvoz se takođe obavlja automatski pomoću planera ako se CSV fajl detektuje u određenom folderu.

Identifikator vremenske...	Resurs	Vreme	Datum	Vrednost	Tip vremenske sesije	Identifikator proizvoda
TS0001	HE Bošac	23:00	2025-03-14	5	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	23:15	2025-03-14	10	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	23:30	2025-03-14	15	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	23:45	2025-03-14	20	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	00:00	2025-03-14	25	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	00:15	2025-03-14	30	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	00:30	2025-03-14	35	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	00:45	2025-03-14	40	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	01:00	2025-03-14	45	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	01:15	2025-03-14	50	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	01:30	2025-03-14	55	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	01:45	2025-03-14	60	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	02:00	2025-03-14	65	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	02:15	2025-03-14	70	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	02:30	2025-03-14	75	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	02:45	2025-03-14	80	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	03:00	2025-03-14	85	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	03:15	2025-03-14	90	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	03:30	2025-03-14	95	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	03:45	2025-03-14	100	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	04:00	2025-03-14	105	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	04:15	2025-03-14	110	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	04:30	2025-03-14	115	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	04:45	2025-03-14	120	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga
TS0001	HE Bošac	05:00	2025-03-14	125	Proizvodnja (koristi se z...	Aktivna snaga

✓ Upis podataka u bazu CDS_MASTER (10.1.49.142) je završen. Upisano je ukupno 98 planova (2025-03-14 u 17:14:19).
 ✓ Upis podataka u bazu CDS_MASTER (10.1.49.142) je u toku (2025-03-14 u 17:14:19).
 ✓ Upis podataka u bazu CDS_MASTER (10.1.49.142) je završen. Upisano je ukupno 98 planova (2025-03-14 u 17:14:20).
 ✓ Upis podataka u bazu CDS_MASTER (10.1.49.142) je u toku (2025-03-14 u 17:14:20).
 ✓ Upis podataka u bazu CDS_MASTER (10.1.49.142) je završen. Upisano je ukupno 98 planova (2025-03-14 u 17:14:20).

Slika 10: Uvoz planova

5 ZAKLJUČAK

Zaključno, predstavili smo sveobuhvatno softversko rešenje za upravljanje proizvodnjom za ERS. Ovo rešenje uspešno je testirano 2024. godine, uključujući Factory Acceptance Testing (FAT) i Site Acceptance Testing (SAT). Trenutno je u svakodnevnoj upotrebi u dispečerskom centru ERS-a, gde je efikasno zamenilo stariji Siemens SCADA sistem. U budućnosti, potencijalni razvoj mogao bi uključivati implementaciju naprednih sistema za planiranje, alata za izveštavanje baziranih na webu, uvođenje lista prioriteta (merit order lists) i drugih inovativnih funkcija za dodatno unapređenje funkcionalnosti i efikasnosti sistema.

6 LITERATURA

- [1] Jakupović Goran, Čukalevski Ninel, Obradović Nikola, Đurđević Mirela, "Implementation and Testing of Automatic Generation Control Software Package for Serbian Electric Power System", CIGRE Black-Sea El-Net Regional Meeting, Suceava, Romania, 10-14 June 2001.
- [2] Mirela Đurđević, Zoran Rudić, Nikola Obradović, Goran Jakupović, Ninel Čukalevski, "Implementation and Testing of AGC SMM Control Block in NDC in Serbian TSMO within the Project of Modernization and Upgrading of Existing SCADA/EMS System", DEMSEE 2015, 10th Jubilee International Conference on Deregulated Electricity Market Issues in South Eastern Europe, 24-25 September 2015, Budapest, Hungary, ISBN 978-615-80340-0-5
- [3] Goran Jakupović, Ninel Čukalevski, "Imbalance netting optimization algorithm based on linear programming for SMM LFC control block", Second SEERC Conference 2018: ENERGY TRANSITION AND INNOVATIONS IN ELECTRICITY SECTOR, 12-13 June 2018, Kiev, Ukraine
- [4] NOSBIH Mrežni kodeks, <https://www.nosbih.ba/files/2021/12/20211220-bs-Mreznikodeks-NOSBiH-a.pdf>
- [5] NOSBIH Tržišna pravila, <https://www.nosbih.ba/files/2021/10/20211015-sr-Trzisnapravila-NOSBiH.pdf>