

<i>Oznaka dokumenta:</i>	<i>Naslov Dokumenta</i>
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene

Lokacija: **Ul. Ruđera Boškovića 32, 21000, Split**

Vrsta dokumenta: **ISPITNI ELABORAT**

Naslov dokumenta: **Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene**

Autori: **Mag. ing. Tea Radić**
Mag. ing. Milan Šimić

Revizija: **0.0**

Datim izrade: **21.09.2020**

Izradio/Izradila:	Pregledao:	Odobrio:	Datum:
Tea Radić/Milan Šimić	Ozren Bego	Ozren Bego	21.09.2020.

<i>Oznaka dokumenta:</i>	<i>Naslov Dokumenta</i>
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene

SADRŽAJ

1. UVOD	4
2. MJERNA OPREMA I MJERENI SIGNALI	5
3. FUNKCIJE NADZORNOG SUSTAVA UPRAVLJANJA	9
3.1. REGULACIJA FREKVENCije	9
3.2. VOZNI RED	14
3.3. REZANJE MAKSIMUMA.....	16
3.4. REGULACIJA NAPONA	17
3.5. POMICANJE OPTEREĆENJA	18
3.6. ROTIRAJUĆA REZERVA.....	19
3.7. MAKSIGRAF	20
3.8. RAMPIRANJE.....	21
3.9. CRNI START – POKRETANJE U BEZ-NAPONSKOM STANJU.....	22
3.10. UPS – NEPREKIDNI IZVOR NAPAJANJA	22
4. ZAKLJUČAK	23

SLIKE

Slika 2. HMI zaslon izbornika funkcije upravljanja	9
Slika 3. Odziv regulatora frekvencije baterijskog spremnika prilikom povećanja opterećenja u iznosu od 40kW	11
Slika 4. Odziv regulatora frekvencije baterijskog spremnika prilikom smanjenja opterećenja u iznosu od 40kW	12
Slika 5. Djelovanje regulatora frekvencije sinkronog generatora bez utjecaja baterijskog spremnika	14
Slika 6. Predviđena i stvarna proizvodnja VE	15
Slika 7. Isporuka dan unaprijed predviđene radne snage VE uporabom aktivnog sustava za pohranu električne energije.....	15
Slika 8. Rezanje maksimuma implementacijom unutar baterijskog spremnika	16
Slika 9. Regulacija mrežnog napona usmjerivačem	17
Slika 10. Implementacija funkcije Load Shiffting - pomicanje opterećenja	18
Slika 11. Rotirajuća rezerva bez baterijskog spremnika	19
Slika 12. Rotirajuća rezerva preko baterijskog spremnika	20
Slika 13. Funkcija maksigrafa unutar nadzornog sustava upravljanja baterijskog spremnika	21
Slika 14. Rampiranje izlazne snage OIE	22

<i>Oznaka dokumenta:</i>	<i>Naslov Dokumenta</i>
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene

TABLICE

Tablica 1. Popis mjerne opreme.....	5
Tablica 2. Popis mjerenih signala	6
Tablica 3. Tablični prikaz ispitivanja regulacije frekvencije	13
Tablica 4. Podešenja nadfrekventne i podfrekventne generatorske zaštite sinkronog generatora	13

<i>Oznaka dokumenta:</i>	<i>Naslov Dokumenta</i>
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene

1. UVOD

Kako bi se ocijenila kvaliteta i dobila vjerna slika stanja nadređenog sustava upravljanja provedena su ispitivanja funkcija upravljanja/primjene aktivnog sustava za pohranu električne energije i stabilizaciju elektroenergetske mreže (ASPEMS).

Ispitivanja su izvedena prema sljedećim ispitnim cjelinama:

- Definiranje očekivanih rezultata ispitivanja
 - Izrada grafova očekivanih rezultata svake funkcije.
- Provedba testiranja na samom upravljačkom sustavu preko HMI uređaja
- Snimanje veličina kako bi se rezultati mogli usporediti sa unaprijed očekivanim.

<i>Oznaka dokumenta:</i>	<i>Naslov Dokumenta</i>
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene

2. MJERNA OPREMA I MJERENI SIGNALI

Popis mjerne opreme naveden je u tablici 1.

Najveći broj mjerenih signala čitan je iz PLC-a nadređenog sustava upravljanja aktivnog sustava za pohranu električne energije i stabilizaciju elektroenergetske mreže (ASPEMS).

Signali odnosno mjerene veličine frekvencije mreže, generatora, radne snaga generatora, isporučene radne snaga put mreže, radna snaga potrošača, snaga prema baterijskom spremniku odnosno isporučena snaga baterijskog spremnika mjere se preko opreme definirane samim projektom ASPEMS i dio su izvedbene dokumentacije i izvedenog stanja postojećeg sustava. Sve mjerene veličine nalaze se unutar PLC-a nadređenog sustava upravljanja.

Prikupljanje svih mjerenih signala izvodi se na prijenosnom računalu za prikupljanje podataka pomoću specijaliziranog programskog alata tvrtke Beckoff naziva TwinCat Scope View - za prikupljanje signala. Uzorkovanje signala unutar PLC-a v se brzinom od 1ms.

Tablica 1. Popis mjerne opreme

Br.	Opis	Tip
1.	Prijenosno računalo za prikupljanje podataka	HP Probook 6570b; Hewlett-Packard
2.	BECKOFF EL6751– komunikacijski CcanOpen modul	Komunikacijska jedinica; EL6751 CanOpen master/slave terminal ; Beckoff
3.	Programski alat za prikupljanje i obradu signala	TwinCat Scope View; Beckoff
4.	BECKOFF EL3783 Power monitoring oversampling terminal – mjerenje frekvencije mreže	Jedinica za mjerenje električnih veličina; EL3783 Power monitoring oversampling; Beckoff
5.	BMS Unit	Battery management system – elektronički sklop za mjerenje, monitoring i zaštitu baterijskog spremnika.
6.	PLC nadzornog sustava upravljanja	PLC konfiguracija: Modul napajanja + CPU + komunikacijski procesor + digitalni ulazi + digitalni izlazi + analogni ulazi + analogni izlazi;

Popis svih mjerenih signala naveden je u tablici 2. Za svaki signal naveden je opis, raspon i mjerna jedinica te mjesto čitanja signala.

Mjereni signali su obrađeni i grafički prikazani na slikama pomoću istog programskog alata koji je korišten za prikupljanje signala (TwinCat Scope View). Za svaki test su izrađene slike potrebnih odziva.

<i>Oznaka dokumenta:</i>	<i>Naslov Dokumenta</i>
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene

Tablica 2. Popis mjerenih signala

Br.	Oznaka	Opis	Raspon i mjerna jedinica	Bazna vrijednost	Mjesto čitanja
1.	ActualSpeedSetpoint	Referenca brzine	0-200 %	333.33 rpm	DB189.DBD0
2.	ActualOpeningSetpoint	Referenca privodnog kola	0-100 %		DB189.DBD4
3.	ActualPowerSetpoint	Referenca snage	0 – 200 MW		DB189.DBD8
4.	ActualSpeed	Trenutna brzina	0-100 %	333.33 rpm	DB189.DBD24
5.	ActualOpening	Trenutna otvorenost	0-100 %		DB189.DBD28
6.	ActualPower	Trenutna snaga	0 – 200 MW		DB189.DBD32
7.	ActualFlow	Trenutni protok	0-80 m ³ /s		DB189.DBD36
8.	ActualLevel	Trenutni tlak kroz turbinu	0-30 bar		DB189.DBD40
9.	GridFrequency	Frekvencija mreže	0-100 Hz		Privremeni sustav
10.	SpeedSignal1	Mjerenje brzine sa Turck -1 uređaja	0-100%	333.33 rpm	DB189.DBD56
11.	SpeedSignal2	Mjerenje brzine sa Turck -2 uređaja	0-100%	333.33 rpm	DB189.DBD60
12.	SpeedPIDOutput	Izlaz iz regulatora brzine	0-100%		DB189.DBD64
13.	Preopening Out	Izlaz iz LookUp tablice	0-160 MW		DBD168.DBD294
14.	PowerPIDOutput	Izlaz iz regulatora snage	0-100 %		DB189.DBD72
15.	FrequencyInfluenceOutput	Izlaz iz doprinosa primarne regulacije	0-160 MW		DB189.DBD88
16.	GateValvePosition	Brzina proporcionalnog ventila	0-100 %		DBD168.DBD244
17.	GateServoSetpoint	Skalirana referenca otvorenosti na pomak	0-100 %		DB168.DBD96
18.	ActualPowerMax	Maksimalno raspoloživa djelatna snaga	0-160 MW		DB168.DBD268
19.	GovernorNet	GCB uključen	0/1		DB168.DBX157.1

* Napomena: Raspon i mjerna jedinica su u relativnim vrijednostima.

Na slici 1. dana je pojednostavljena blok shema diagrama aktivnog sustava za pohranu el. energije i laboratorijske makete sinkronog generatora.

Nadzorni sustav upravljanja aktivnog sustava za pohranu električne energije posjeduje implementaciju slijedećih mrežnih funkcija:

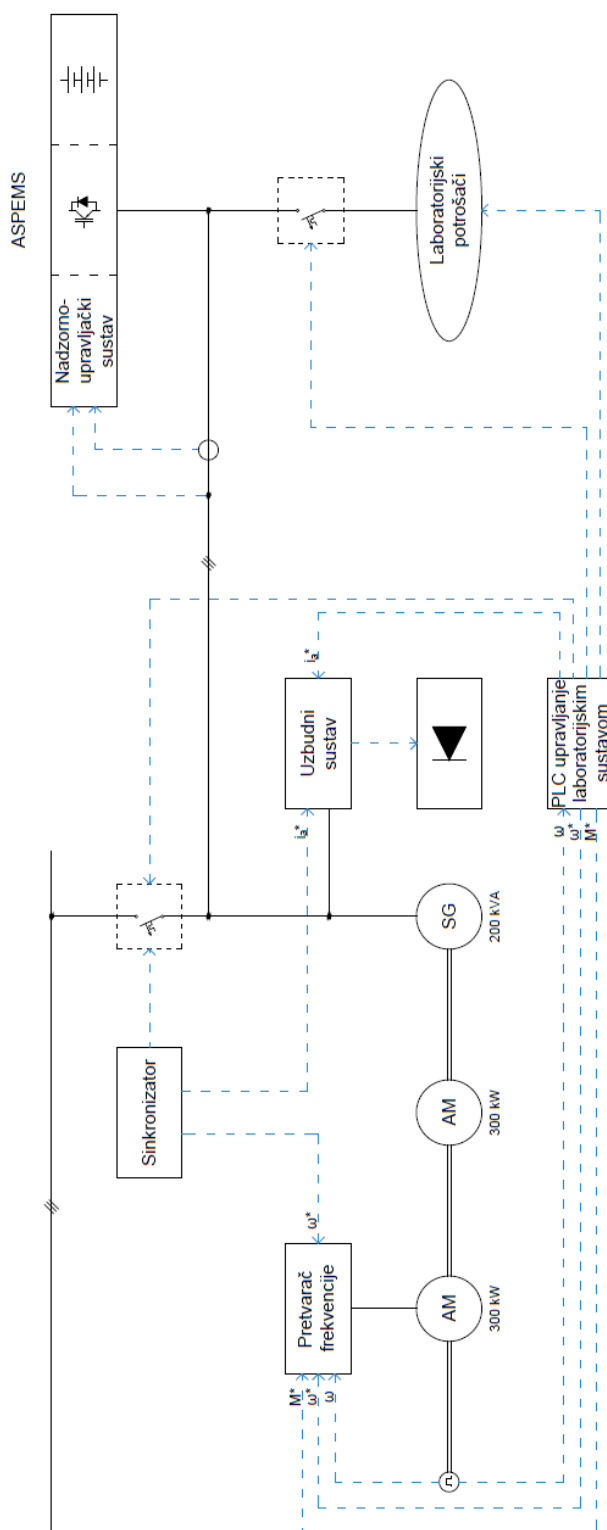
- regulacija frekvencije,

<i>Oznaka dokumenta:</i>	<i>Naslov Dokumenta</i>
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene

- vozni red,
- rotirajuća rezerva,
- odstranjivanje vršnog opterećenja,
- maksigraf,
- rasterećenje tereta,
- regulacija napona,
- regulacija

Odabir pripadajuće funkcije vrši se selekcijom preko HMI uređaja ormara nadzornog sustava upravljanja. Na slici 2. je prikaz HMI zaslon odabira funkcije rada nadzornog sustava upravljanja.

Oznaka dokumenta:	Naslov Dokumenta
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene



Slika 1. Blokovski diagram aktivnog sustava za pohranu el. energije uključujući i sinkroni generator

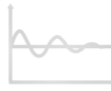
<i>Oznaka dokumenta:</i>	<i>Naslov Dokumenta</i>
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene

...
🔧
👤
⚠️ 3
↻


ASPEMS

9/28/2020 11:57:09 AM


Pregled
Punjenje baterija
Mjerenja




Održavanje frekvencije
Povećanje stabilnosti i pouzdanosti elektroenergetskog sustava




Regulacija napona
Postizanje optimalnog rada i smanjenje gubitaka elektroenergetskog sustava




Rotirajuća rezerva
Trenutna reakcija u slučaju neravnoteže između proizvodnje i potrošnje




Vozni red
Kvalitetan vozni red prema procijenjenoj potrošnji




Rezanje maksimuma
Smanjenje vršnog opterećenja za povećanje energetske učinkovitosti




Pomicanje opterećenja
Pomicanje opterećenja iz razdoblja vršne potrošnje




Maksigraf
Upravljanje vršnom potrošnjom




Neprekidni izvor napajanja
Rezervno napajanje u slučaju prekida mreže




Obnovljivi izvori
Izgladivanje izlazne snage pri proizvodnji iz obnovljivih izvora energije



Crni start
Samostalno pokretanje do stanja spremnosti za preuzimanje opterećenja



Plansko upravljanje
Raspored uporabe funkcija kroz vremenske intervale



Funkcija punjenja
Punjenje baterija iz raspoloživog izvora napajanja

Zatvori

Slika 1. HMI zaslon izbornika funkcije upravljanja

3. FUNKCIJE NADZORNOG SUSTAVA UPRAVLJANJA

3.1. Regulacija frekvencije

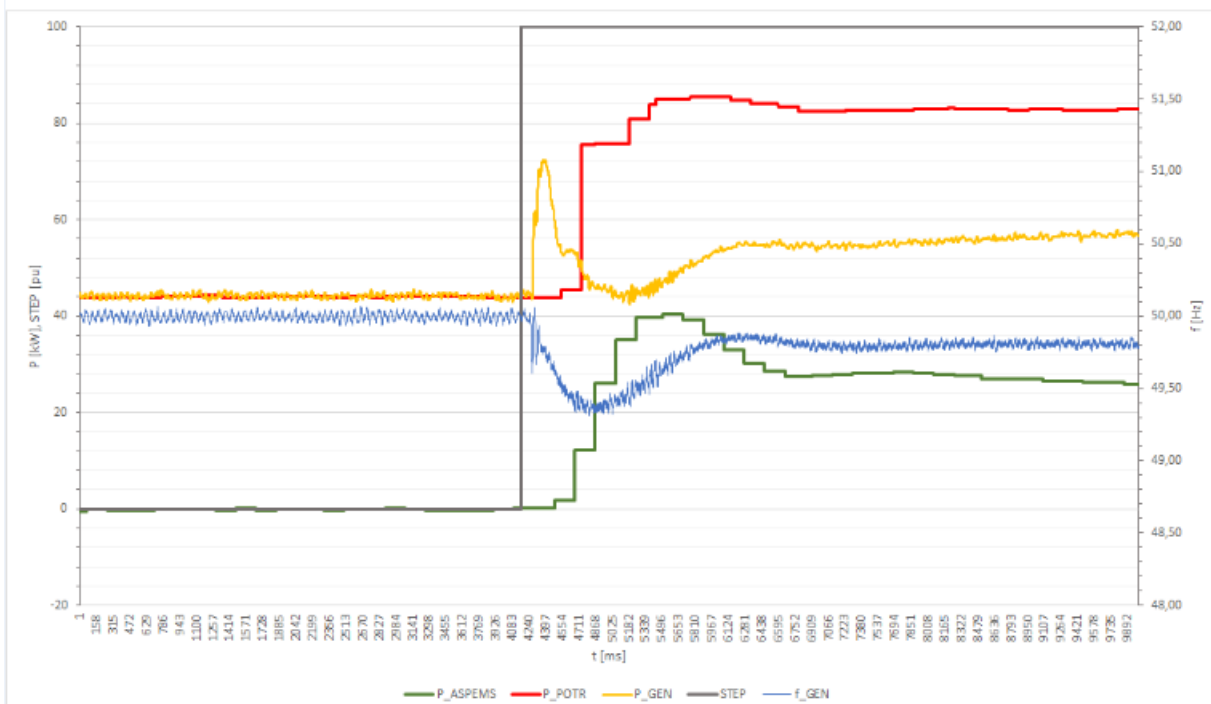
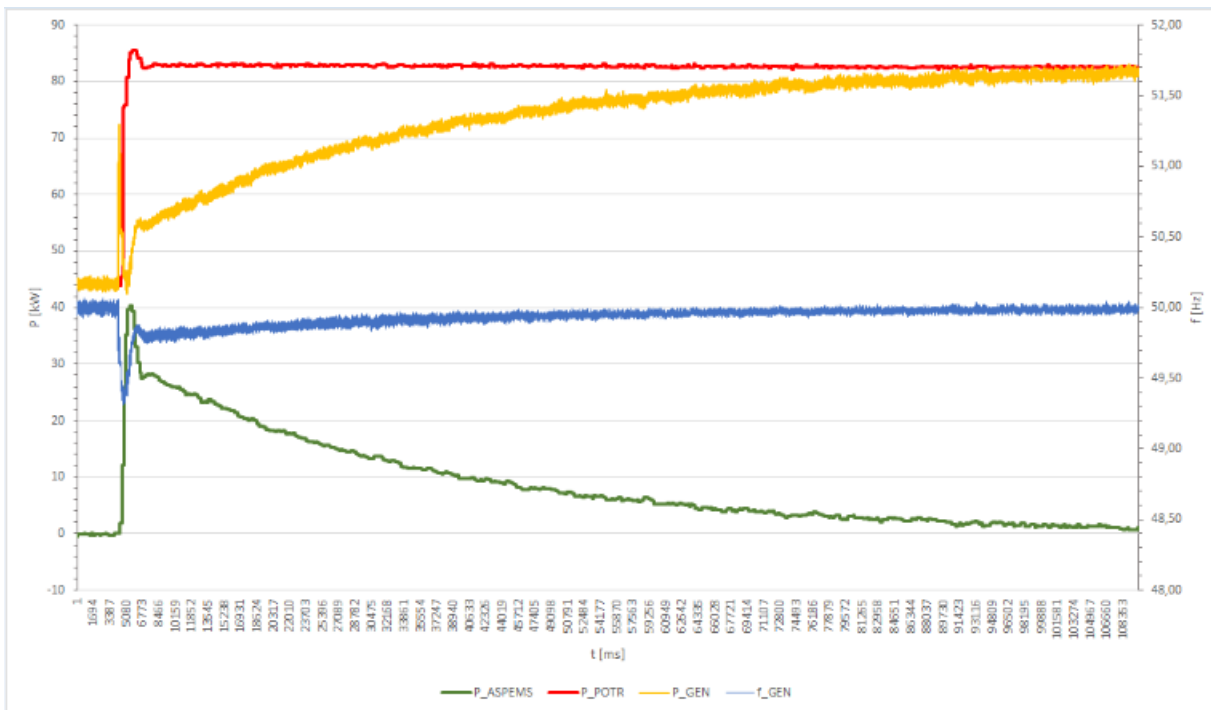
Velika količina rotirajuće mase pridonosi povećanju konstante tromosti električne mreže što je čini otpornijom na promjene opterećenja radne snage te usporava brzinu promjene frekvencije u slučaju neravnoteže. Konstantno održavanje ravnoteže znači siguran i pouzdan rad, odnosno ravnotežu između proizvodnje i potražnje elektroenergetskog sustava. Jedan od boljih primjera primjene regulacije frekvencije jest prilikom rada mikromreže distribucijskog sustava u otočnom režimu ili prilikom odvajanja od centralizirane makro mreže. Mikromreže imaju znatno smanjenu inerciju jer u njima prevladavaju distribuirani izvori energije kao što su male hidroelektrane, dizel generatori, solarni paneli i vjetroturbine. Od navedenih, jedino male hidroelektrane, zahvaljujući sinkronom generatoru, pridonose povećanju tromosti sustava. Čak ni vjetroturbine ne mogu utjecati na stabilnost sustava

<i>Oznaka dokumenta:</i>	<i>Naslov Dokumenta</i>
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene

budući da su na mrežu priključene preko energetske pretvarača. Zato je u mrežama takve strukture, posebice ako rade u otopnom režimu, neophodno na neki drugi način osigurati brzu reakciju na smetnje kako bi se spriječio ispad sustava. Najučinkovitije rješenje je implementacija baterijskog spremnika energije koji može reagirati na brze i nagle promjene izlazne snage proizvodnih jedinica ili povećanu potražnju sustava.

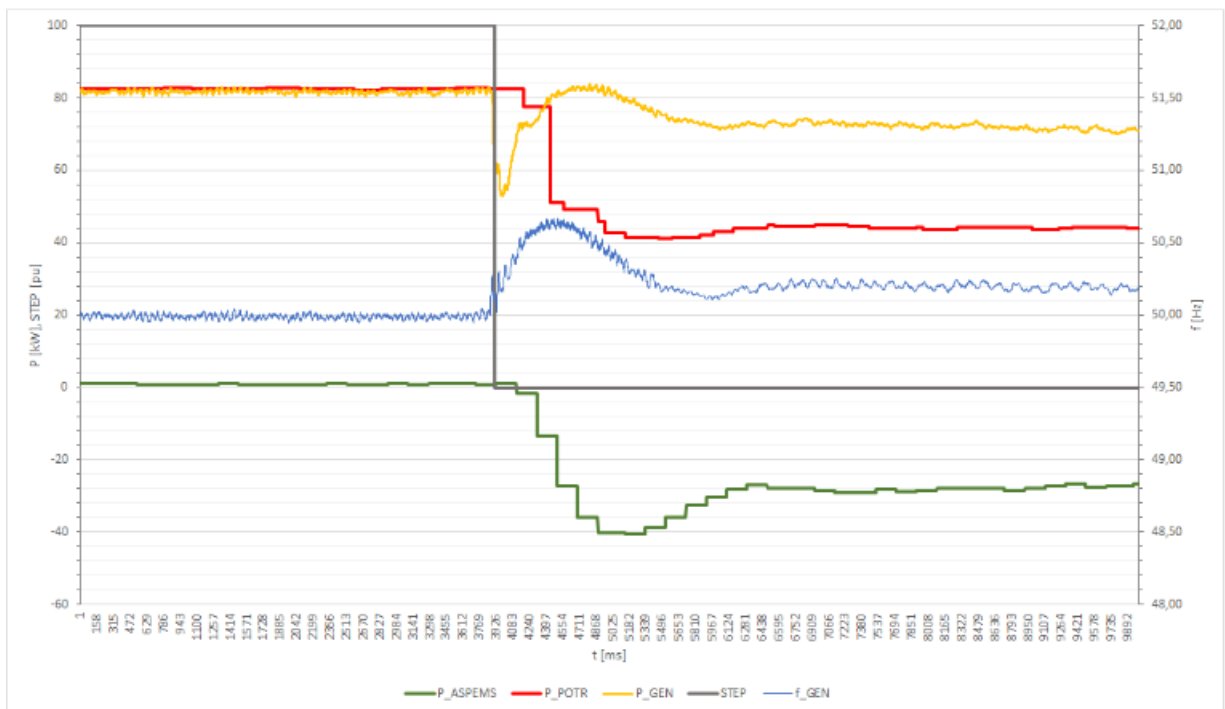
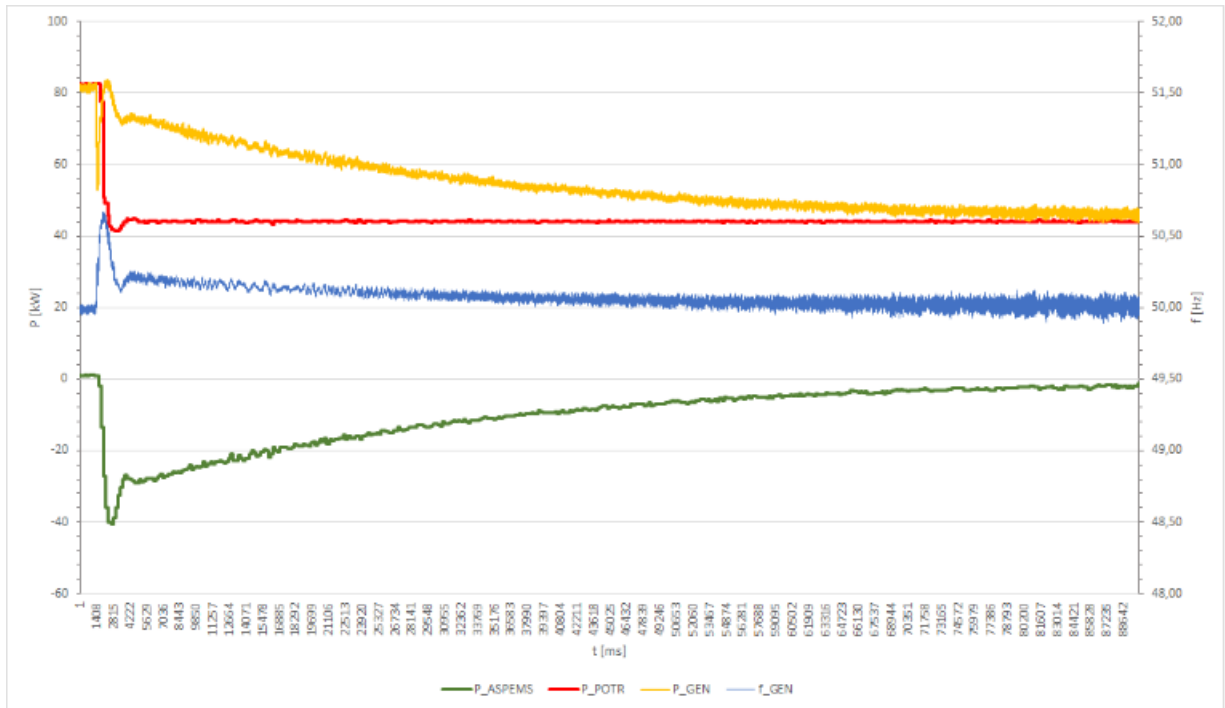
Slike 3. i 4. prikazuju odziv sustava na promjenu opterećenja u iznosu od +/-40kW

Oznaka dokumenta:	Naslov Dokumenta
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene



Slika 2. Odziv regulatora frekvencije baterijskog spremnika prilikom povećanja opterećenja u iznosu od 40kW

Oznaka dokumenta:	Naslov Dokumenta
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene



Slika 3. Odziv regulatora frekvencije baterijskog spremnika prilikom smanjenja opterećenja u iznosu od 40kW

<i>Oznaka dokumenta:</i>	<i>Naslov Dokumenta</i>
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene

Tablica 3. Tablični prikaz ispitivanja regulacije frekvencije

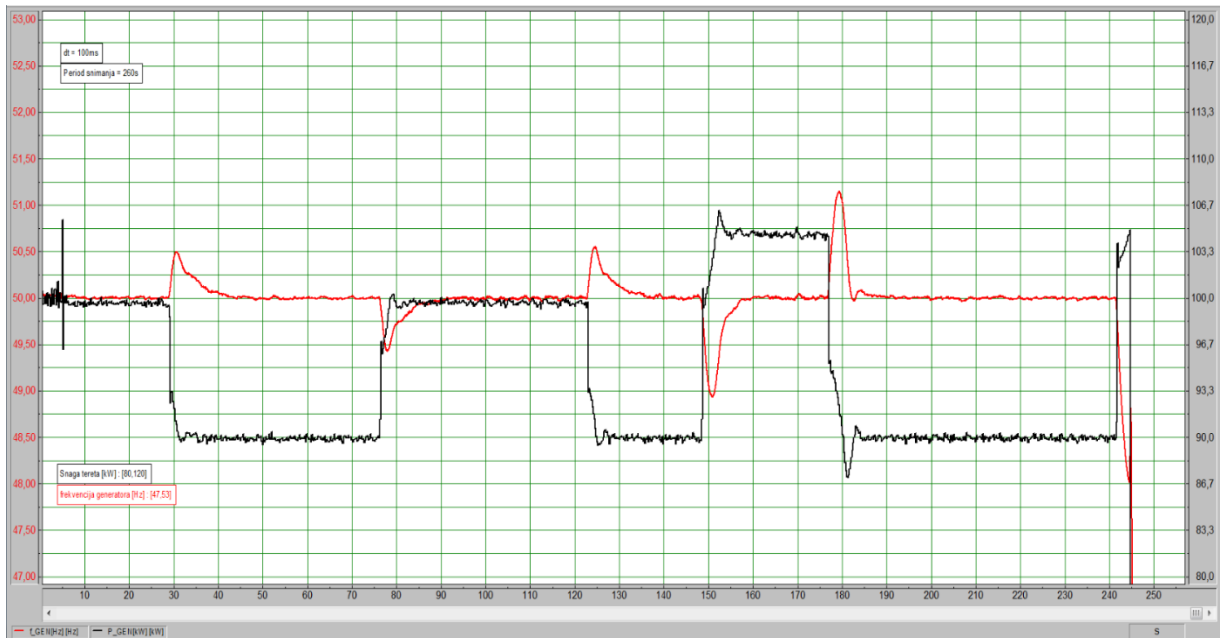
Test	Slika broj	Snaga potrošača [kW]	ΔP [kW]	Δf [Hz]
Odziv regulatora frekvencije baterijskog spremnika prilikom povećanja opterećenja u iznosu od 40kW	3.	44	+40	0,30
Odziv regulatora frekvencije baterijskog spremnika prilikom smanjenja opterećenja u iznosu od 40kW	4.	84	-40	0,35

Prilikom ispitivanja regulacije frekvencije izvršena je promjena opterećenja u oba smjera u iznosu od 40kW. Izoliranu mrežu prije promjene opterećenja drži generator čija snaga odgovara snazi potrošača. Sinkroni generator koji također radi po regulaciji frekvencije u ovom testu ima ulogu malog hidro generatora (primjer male hidroelektrane). Prilikom promjene opterećenja teret uzima odnosno otpušta snagu što rezultira smanjenjem odnosno povećanjem brzine sinkronog generatora. Promjenu brzine sinkronog generatora odnosno promjenu frekvencije unutar mikromreže aktivni sustav za pohranu električne energije detektira i sukladno tomu nastoji održati sustav na 50Hz. Iz rezultata mjerenja za ovu konfiguraciju mikromreže vidljivo je da promjena tereta u iznosu od 40kW rezultira maksimalnom promjenom frekvencije $\Delta f = 0,35\text{Hz}$. Trajanje injektiranja odnosno uzimanja snage iz mreže aktivnog sustava za pohranu električne energije ovisi o brzini regulacije frekvencije unutar samog sinkronog generatora, što za ovaj primjer iznosi cca 90s. Sinkroni generator bez utjecaja odnosno djelovanja aktivnog sustava za pohranu električne energije može pokriti promjene opterećenja samo u iznosu od +/-15kW (prije samog djelovanja, odnosno izbacivanja generatorske zaštite) što prikazuje slika 5. Podešenja generatorske zaštite u oba slučaja (bez djelovanja, kao i sa djelovanjem baterijskog spremnika na sustav u svrhu održavanja frekvencije u iznosu od 50Hz) iznose jednako i nalaze se unutar tablice 3.

Tablica 4. Podešenja nadfrekventne i podfrekventne generatorske zaštite sinkronog generatora

Nadfrekventna zaštita (81O – SAPTOF)				Podfrekventna zaštita (81U – SAPTUF)			
Naziv parametra	Podešenje	Jedini ca	Djelovanja	Naziv parametra	Podešenje	Jedini ca	Djelovanja
SAPTOF1				SAPTUF1			
StartFrequency	51,00	Hz	Alarm	StartFrequency	49,00	Hz	Alarm
TimedelayOperate	0,5	s		TimedelayOperate	0,5	s	
SAPTOF2				SAPTUF2			
StartFrequency	52,00	Hz	Trip	StartFrequency	48,00	Hz	Trip
TimedelayOperate	0,5	s		TimedelayOperate	0,5	s	

Oznaka dokumenta:	Naslov Dokumenta
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene



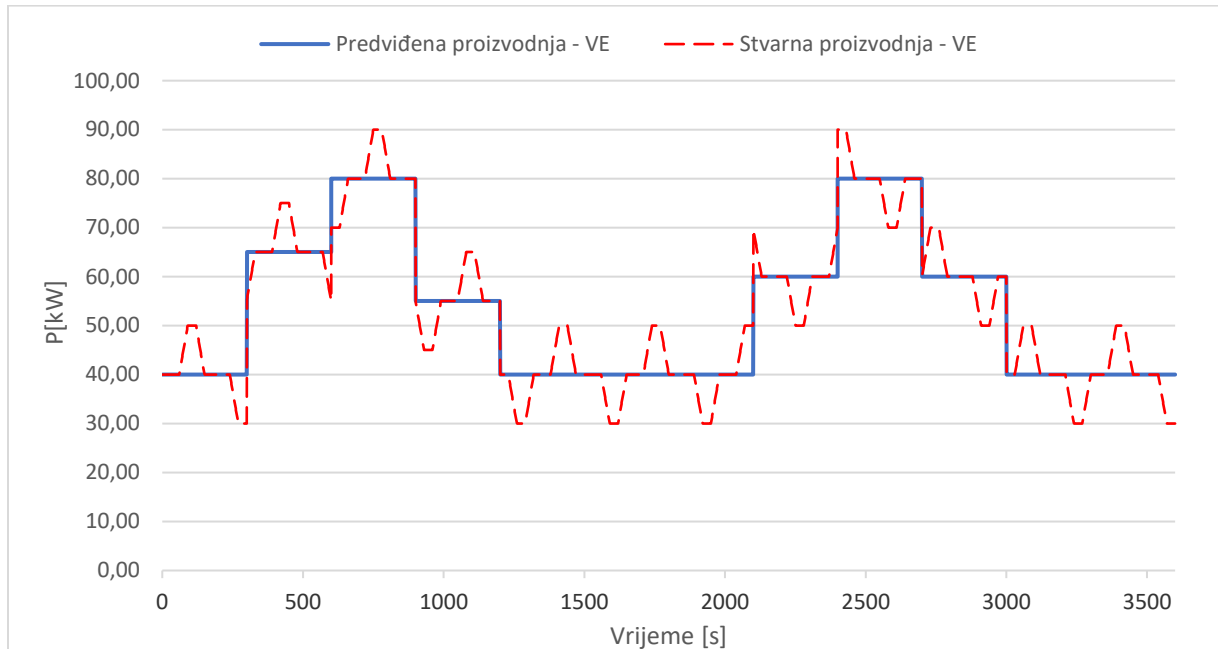
Slika 4. Djelovanje regulatora frekvencije sinkronog generatora bez utjecaja baterijskog spremnika

3.2. Vozni red

Vozni red je kompleksan postupak planiranja koji uključuje određivanje razine proizvodnje svih jedinica elektroenergetskog sustava, tijekom cijelog optimizacijskog perioda te predviđanje različitih faktora vezanih uz proizvodnju. Također uzima u obzir karakteristike pojedinih proizvodnih jedinica kao što su minimalna i maksimalna razina proizvodnje, troškovi pokretanja i troškovi goriva te ograničenja sustava kao što su ravnoteža proizvodnje i potrošnje električne energije i kapacitet rotirajuće rezerve. Alati za određivanje optimalnog voznog reda uglavnom podržavaju planiranje na satnoj, dnevnoj, tjednoj, mjesečnoj pa čak i godišnjoj bazi. Bez obzira na preciznost takvih alata, prisutnost proizvodnih jedinica obnovljivih izvora energije, znatno smanjuje točnost izračunatih optimizacijskih planova. Primjenom baterijskih spremnika za pohranu energije moguće je ublažiti njihov utjecaj i izbjeći potencijalna odstupanja stvarne od planirane proizvodnje na način da se baterije pune kada proizvodnja iz jedinica obnovljivih izvora prelazi planiranu razinu kako bi u periodima kada je proizvodnja ispod planirane razine mogle nadomjestiti određenu količinu električne energije.

Slika 6. prikazuje primjer unaprijed predviđene i stvarne proizvodnje vjetroelektrane.

Oznaka dokumenta:	Naslov Dokumenta
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene



Slika 5. Predviđena i stvarna proizvodnja VE

Implementacijom funkcije voznog reda unutar aktivnog sustava za pohranu električne energije dolazi se do rezultata prikazanih na slici 7., unutar koje je vidljivo da isporučena snaga vjetroelektrane odgovara predviđenoj dan unaprijed.

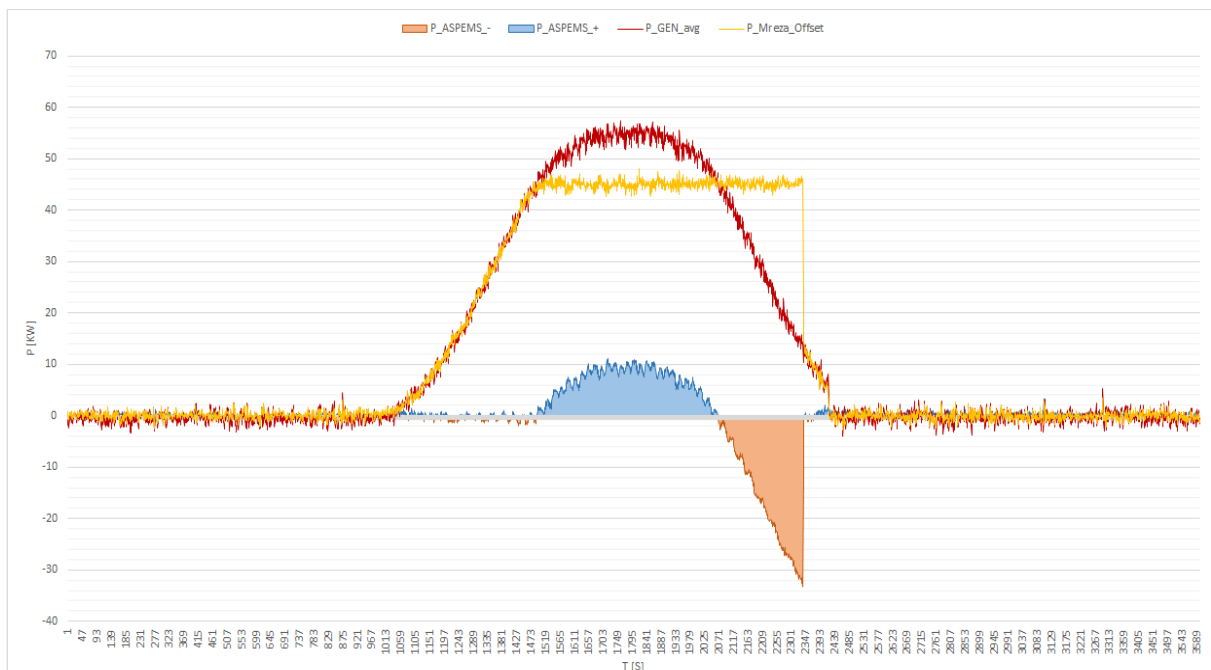


Slika 6. Isporuca dan unaprijed predviđene radne snage VE uporabom aktivnog sustava za pohranu električne energije

<i>Oznaka dokumenta:</i>	<i>Naslov Dokumenta</i>
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene

3.3. Rezanje maksimuma

Električna mreža projektirana je vodeći računa o potrebnom maksimalnom iznosu snage, ali svakodnevno se događa da se radi načina rada ili nepredviđenih pojava u mnogim industrijskim potrošačima, taj iznos u određenim vremenskim prekorači. Kako bi se što postigla što ravnomjernija proizvodnja električne energije te izbjegla potreba za nadogradnjom mrežne infrastrukture, mrežni operatori daju poticaje za smanjenje vršnih opterećenja. Rezanje maksimuma moguće je postići smanjenjem proizvodnje industrijskog postrojenja, aktivacijom rezervnih izvora napajanja ili primjenom baterijskih spremnika za pohranu energije. Sa strane potrošača, prve dvije opcije predstavljaju značajno povećanje troškova i gubitke radi ograničenja rada i potrebe za potrošnjom goriva. Baterijski spremnici, s druge strane, pridonose smanjenju troškova bez ikakvog utjecaja na efikasnost rada postrojenja. Kada preuzeta snaga iz mreže prijeđe unaprijed određenu graničnu vrijednost, baterijski spremnik osigurava potrebnu energiju sve dok traje prekoračenje. Kada zahtjev za snagom ponovno padne ispod granične vrijednosti, baterije se pune kako bi bile spremne za sljedeći ciklus. Slika 8. prikazuje rezultate implementacije funkcije unutar baterijskog spremnika. Iz priloženog je vidljivo da baterijski spremnik preuzima svu snagu iznad unaprijed dozvoljenog maksimuma. Padom proizvodnje ispod maksimuma baterijski spremnik otpušta preuzetu energiju.

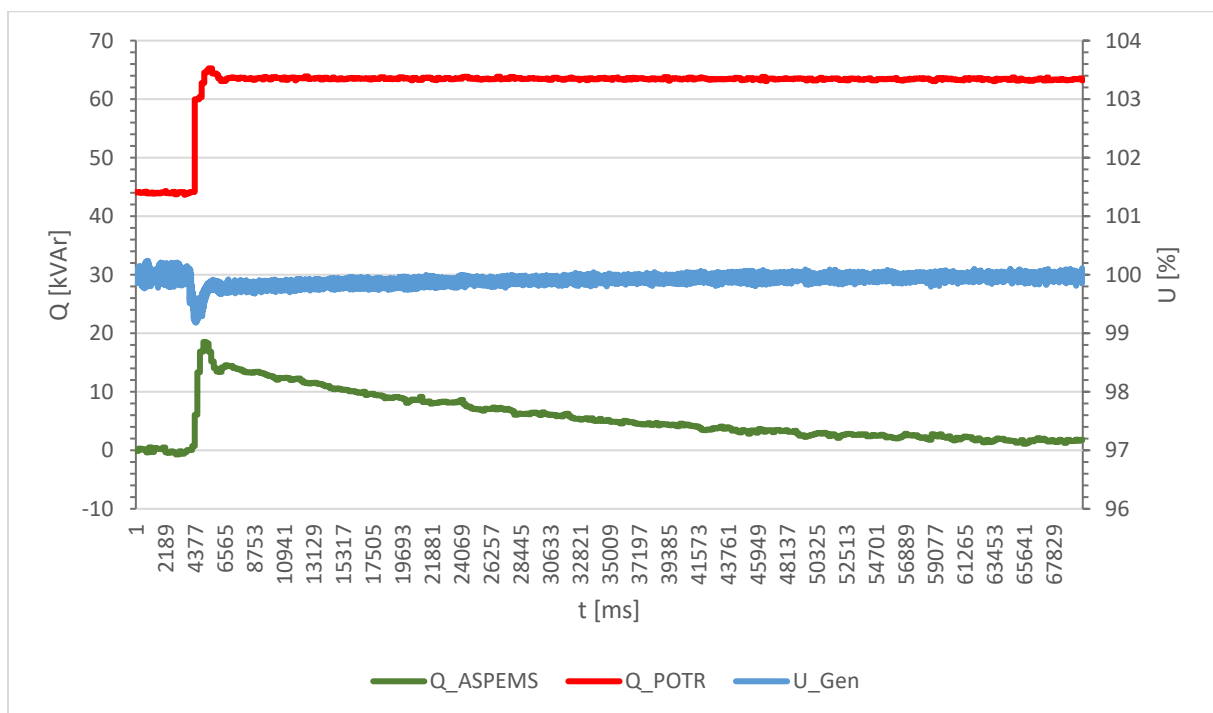


Slika 7. Rezanje maksimuma implementacijom unutar baterijskog spremnika

Oznaka dokumenta:	Naslov Dokumenta
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene

3.4. Regulacija napona

Regulacije radne i/ili jalove snage neophodna je kako bi se odstupanja napona zadržala unutar dozvoljenih granica. Električni uređaji predviđeni su za rad pri nazivnom naponu, a svako odstupanje od tog iznosa može smanjiti njihovu učinkovitost, skratiti im životni vijek ili uzrokovati ozbiljnu štetu. Odstupanje napona od nazivne vrijednosti također utječe na povećanje gubitaka prijenosa električne energije, smanjujući time prijenosni kapacitet električne mreže. Baterijski spremnici energije mogu u svakom trenutku predati ili apsorbirati radnu i/ili jalovu snagu kako bi se vrijednost napona održala na nazivnoj razini te osigurao pouzdani rad cjelokupnog energetskog sustava. Za razliku od ostalih metoda regulacije napona, regulacija napona pomoću baterijskog spremnika energije, ne utječe negativno na fleksibilnost rada energetskog sustava, zapravo čak je povećava. Kao što je slučaj kod regulacije frekvencije tako je jedan od boljih primjera primjene regulacije napona prilikom rada mikromreže distribucijskog sustava u otočnom režimu ili prilikom odvajanja od centralizirane makro mreže. Slika 9. prikazuju odziv sustava na promjenu opterećenja u iznosu od +20kVAr.



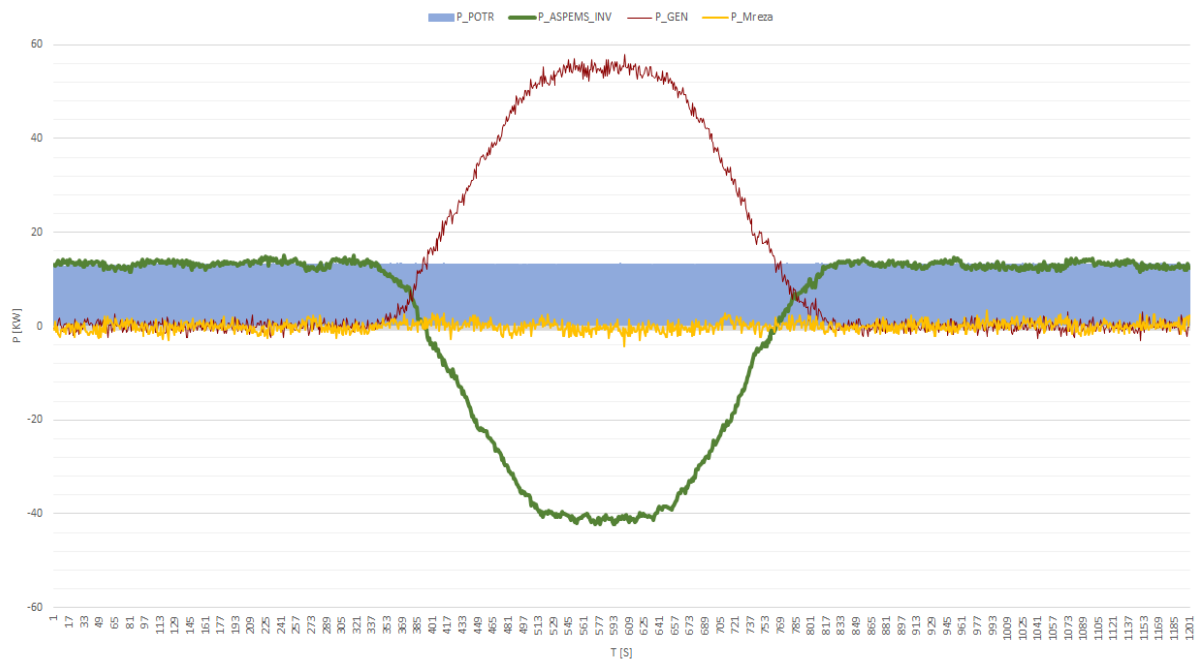
Slika 8. Regulacija mrežnog napona usmjerivačem

Promjena opterećenja unutar izolirane mreže u iznosu od +20kVAr rezultira propadom napona, uslijed koje usmjerivač injektira jalovu komponentu snage u mrežu i time vraća napon na zadanu referencu.

Oznaka dokumenta:	Naslov Dokumenta
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene

3.5. Pomicanje opterećenja

Većina industrijskih postrojenja nisu konstantno u pogonu, što znači da je potreba za energijom povećana samo tijekom određenog perioda. Primjenom metode pomicanja opterećenja moguće je postići značajno smanjenje troška električne energije. Metoda pomicanja opterećenja nije nov koncept, a temelji se na ideji pomicanja opterećenja iz razdoblja vrše potrošnje u neki drugi vremenski period kada je razina potrošnje niža. Na taj način smanjena je vršna potrošnja što znači da su i troškovi manji. Ova strategije primjenjiva je samo u slučaju kada proces vremenski neovisan i ne ovisi o nekom drugom procesu. U suprotnom, gubici proizvodnje bili bi veći od uštedu na trošku električne energije. Implementacijom baterijskog spremnika energije moguće je zaobići navedena ograničenja, budući da nema potrebe za utjecajem na vrijeme rada postrojenja. Jednostavno se baterije pune u period kada je potreba za električnom energijom niža kako bi mogle opskrbiti postrojenje tijekom perioda povećanog opterećenja. Osim smanjenja troškova električne energije, baterijski spremnik pruža i dodatne mogućnosti kao što je na primjer povećanje kvalitete električne energije i mogućnost integracije obnovljivih izvora energije kao rezervnih izvora napajanja.



Slika 9. Implementacija funkcije Load Shifting - pomicanje opterećenja

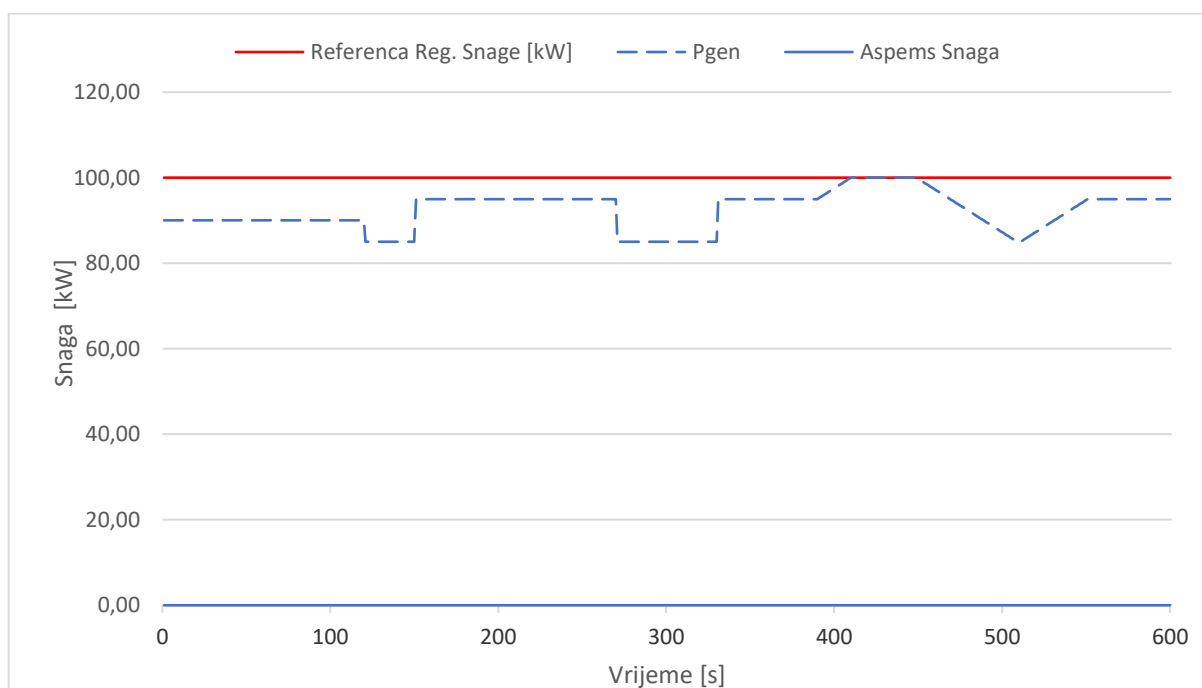
Na slici 10. je prikazana implementacija funkcije Load shifting unutar nadzornog sustava upravljanja baterijskog spremnika. Za potrebe realizacije ove funkcije sinkroni generator u ovom slučaju predstavlja rad fotonaponske elektrane. Iz priložene slike vidljivo je da se potrošač tijekom cijelog dana uspijeva opskrbljivati iz energije koju proizvodi fotonaponska elektrana, takav scenarij ne bi bio moguć bez upotrebe baterijskog spremnika. U trenucima veće proizvodnje fotonaponske elektrane od samih potreba potrošača energija se sprema unutar baterija, da bi se u trenucima manje proizvodnje

Oznaka dokumenta:	Naslov Dokumenta
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene

fotonaponske elektrane od potreba potrošača energija baterija koristila kao dopuna fotonaponskoj elektrani ili čak kao jedini izvor napajanja potrošača.

3.6. Rotirajuća rezerva

Kako bi se spriječila daljnja šteta uzrokovana ispadanjem mreže ili promjenom frekvencije radi neravnoteže između proizvodnje i potrošnje električne energije, elektroenergetski sustav mora biti spreman reagirati i vratiti se u normalan pogon unutar svega nekoliko minuta, a kapacitet rezerve mora biti toliki da je u stanju nadomjestiti ispad najvećeg generatora u sustavu. Upravo to je zadatak rotirajuće rezerve, brzo reagirati i održati kontinuitet rada elektroenergetskog sustava dok se problem ne riješi ili dok se ne pokrene i sinkronizira rezervni generator. Uglavnom, rotirajuću rezervu čine generatori sustava od kojih se zahtijeva da rade ispod nazivne snage, zbog čega često dolazi do dodatne potrošnje goriva ili prolijevanja vode, ovisno o vrsti proizvodne jedinice. Osim negativnog utjecaja na proizvodnju, ovakav model ima i nedostataka sa stajališta mrežnog operatora. Cijena rotirajuće rezerve znatno je veća nego što bi bila odgovarajuća cijena proizvedene električne energije iz kapaciteta iskorištenih za rezervu. Rastući broj proizvodnih jedinica obnovljivih izvora energije samo dodatno otežava ovakvu organizaciju elektroenergetskog sustava iz razloga što je njihova proizvodnja usko vezana uz trenutne vremenske uvjete pa osim što se smanjuje stabilnost sustava, postaje sve teže predvidjeti stvarno potreban kapacitet rotirajuće rezerve. Navedene poteškoće moguće je ublažiti ukoliko se u svrhu rotirajuće rezerve implementira baterijski spremnik za pohranu energije. Baterijski sustavi pružaju bržu reakciju od konvencionalnih metoda te osiguravaju rad generatora bliže nazivnim vrijednostima.



Slika 10. Rotirajuća rezerva bez baterijskog spremnika

Oznaka dokumenta:	Naslov Dokumenta
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene



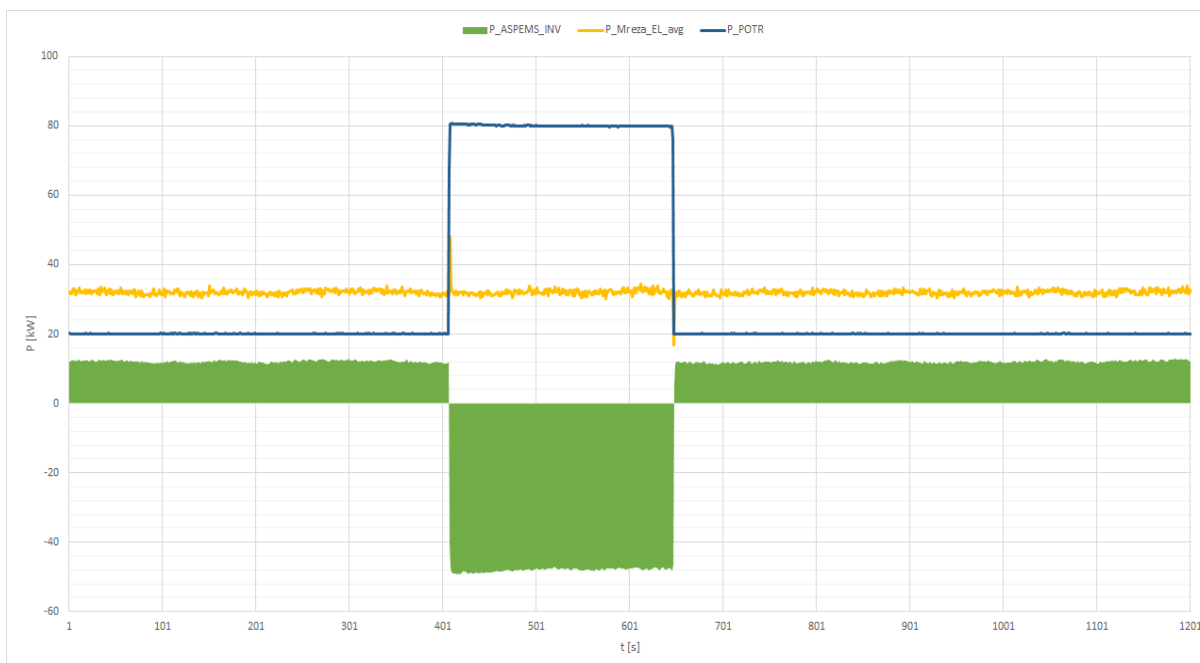
Slika 11. Rotirajuća rezerva preko baterijskog spremnika

Slika 11. prikazuje primjer upotrebe rotirajuće rezerve bez korištenja baterijskog spremnika. Iz prikazanog je vidljivo da generator nije u mogućnosti raditi na maksimalnom kapacitetu budući da u svakom trenutku mora biti u mogućnosti odgovoriti na zahtjev uslijed rotirajuće rezerve. Slika 12. prikazuje da se zahtjevi rotirajuće rezerve ispunjavaju iz baterijskog spremnika i u tome slučaju sinkroni generator radi po regulaciji razine i pri tome maksimalno iskorištavati vodu kao pogonsku jedinicu.

3.7. Maksigraf

Prilikom planiranja strategije za smanjenje troškova potrošnje električne energije, nije dovoljno uzeti u obzir samo koliko je energije iskorišteno, već i kada je ona korištena budući da troškovi vršne potrošnje čine preko 30 % ukupnih troškova. Upravljanje vršnom potrošnjom, uvijek je prvi korak u planiranju strategije za smanjenje troškova potrošnje električne energije. Razne su metode kojima se može postići smanjenje vršne potrošnje. Većina njih ne zahtijeva velike investicijske troškove, ali se njihovom primjenom ne postižu značajne uštede, pogotovo u slučaju kada je nemoguće predvidjeti u kojem će se točno trenutku postići vršna potrošnja. Zbog toga su baterijski spremnici za pohranu energije, iako zahtijevaju određene investicijske troškove, vrlo pouzdano rješenje kojim se postižu maksimalne uštede. Baterije se pune za vrijeme rada pod baznim opterećenjem kako bi mogle kompenzirati povećanu potrošnju tijekom perioda vršne potrošnje. Zahvaljujući brzom odzivu, mogu spriječiti porast potrošnje iznad unaprijed određene dozvoljene razine. Na slici 13. je prikazana primjena maksigraf funkcije unutar nadzornog sustava upravljanja baterijskog spremnika.

Oznaka dokumenta:	Naslov Dokumenta
ISPITINI ELABORAT	<p style="text-align: center;">Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene</p>



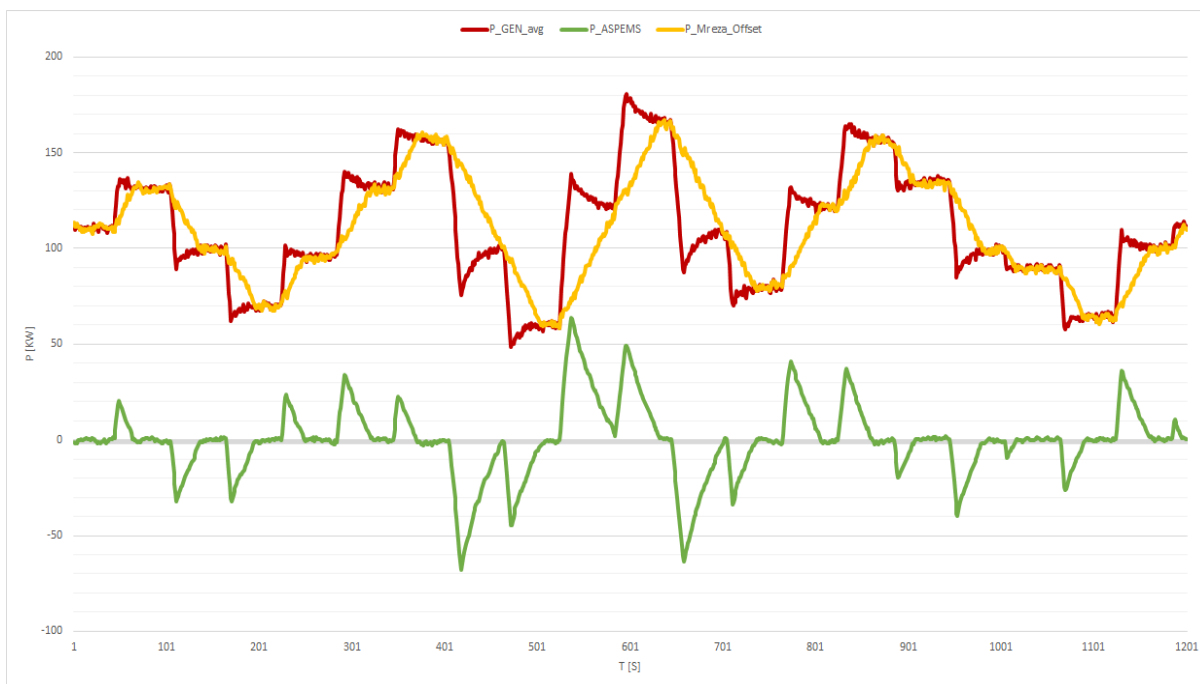
Slika 12. Funkcija maksigrafa unutar nadzornog sustava upravljanja baterijskog spremnika

Iz priložene slike je vidljivo da srednja vrijednost snage prema mreži ostaje minimizirana, i pri tome baterijski spremnik direktno utječe na smanjenje troškova uzorkovanih terećenjem na osnovu maksimalne srednje snage unutar nekog intervala.

3.8. Rampiranje

Iznos izlazne snage proizvodnih jedinica intermitentnih izvora energije, kao što su sunčeva energija i energija vjetra, konstantno se mijenja zbog izrazite ovisnosti o vremenskim prilikama. Uz fluktuacije na dnevnoj bazi kao što je na primjer razlike u proizvodnji solarne elektrane tijekom dana i noći uzrokovana izlaskom i zalaskom sunca, prisutne su i nagle promjene nastale zbog primjerice iznenadnog naoblačenje ili iznenadne promjene brzine vjetra. Integracija obnovljivih izvora energije u elektroenergetski sustav donosi brojne izazove iz razloga što njihova prisutnost otežava primjenu konvencionalnih metoda planiranja te narušava ravnotežu između proizvodnje i potrošnje električne energije. Kako bi se izbjegla povećana vjerojatnost ispada elektroenergetskog sustava, potrebno je poduzeti određene akcije. Jedan od načina na koji baterijski spremnik za pohranu električne energije može pridonijeti stabilnosti elektroenergetskog sustava je funkcija rampiranja izlazne snage. Nagib rampe određuje brzinu kojom generator može povećati ili smanjiti svoju proizvodnju. Druga funkcija koju nudi baterijski spremnik je izgladivanje izlazne snage.

Oznaka dokumenta:	Naslov Dokumenta
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene



Slika 13. Rampiranje izlazne snage OIE

Slika 14. prikazuje kontroliranu izlaznu mrežnu snagu premda sinkroni generator u ovom primjeru predstavlja rad nekontroliranog obnovljivog izvora energije npr. vjetroelektrane.

3.9. Crni start – pokretanje u bez-naponskom stanju

Crni start odnosi se na samostalno pokretanje proizvodne jedinice ili dijela električne mreže nakon pojedinih dijelova elektroenergetskog sustava ili potpunog raspada sustava. Većini proizvodnih jedinica potrebna je električna energija za pokretanje. Uglavnom se energija za pokretanje osigurava iz pomoćnih generatora ili se preuzima iz mreže. No, u slučaju raspada elektroenergetskog sustava, to nije moguće i potrebno je preuzeti energiju iz jedinica za crni start. Najčešće se u tu svrhu koriste dizel generatori, ali puno održivije rješenje bila bi implementacija baterijskog spremnika za pohranu energije. Baterije mogu brzo reagirati i osigurati energiju potrebnu za pokretanje iz stanja mirovanja u stanje spremnosti za preuzimanje opterećenja uz pružanje stabilnosti dijelu mreže koji će raditi u otkonom režimu dok se ne otkloni kvar ili ponovno pokrene ostatak mreže.

3.10. UPS – Neprekidni izvor napajanja

Neprekidni izvor napajanja osigurava rezervno napajanje u slučaju prekida mreže. Sve se više industrijskih potrošača oslanja na obradu podataka i njihovu pohranu, stoga moraju zaštititi svu električnu opremu kako bi izbjegli prekide poslovanja. U ustanovama kao što su bolnice i pružatelji

<i>Oznaka dokumenta:</i>	<i>Naslov Dokumenta</i>
ISPITINI ELABORAT	Elaborat o završnim testiranjima upravljačkih algoritama nadređenog sustava upravljanja – funkcije primjene

medicinske skrbi, a i mnoge druge institucije, neočekivani prekid opskrbe električnom energijom može dovesti do fatalnih posljedica. Kako bi osigurali opskrbu energijom bez obzira na stanje mreže i izbjegli skupe posljedice prekida, mnogi se odlučuju na implementaciju neprekidnog izbora napajanja. U usporedbi s dizel agregatima za istu primjenu, baterijski sustavi za pohranu energije pružaju trenutnu reakciju, što znači da preuzimaju opskrbu električnom energijom odmah u trenutku ispada mreže. Osim toga, da bi uspješno radili, nije im potrebno gorivo, jednostavniji su za održavanje i ne emitiraju toliko buke.

4. ZAKLJUČAK

Implementacijom mrežnih funkcija unutar nadzornog sustava upravljanja baterijski spremnik pruža nekoliko tehnoloških mogućnosti koje mogu poboljšati fleksibilnost elektroenergetskog sustava i omogućiti visoku razinu integracije obnovljivih izvora energije. Studije i iskustvo iz stvarnog svijeta pokazale su da međusobno povezani elektroenergetski sustavi mogu sigurno i pouzdano integrirati visoku razinu obnovljive energije iz promjenjivih izvora obnovljive energije bez novih izvora za pohranu energije. Ne postoji pravilo o količini pohrane baterije je potreban za integriranje visoke razine obnovljive energije.

Dovođenje obnovljive energije u mrežu može biti izazov; međutim, rješenja za pohranu energije iz baterija mogu komunalnim poduzećima pomoći da smanje troškove proizvodnje i maksimiziraju povrat ulaganja u proizvodnju obnovljivih izvora. Sustavi za pohranu energije igrat će ključnu ulogu u integriranju i optimizaciji performansi promjenjivih izvora, poput integracije solarne i vjetroelektrane.