Plan i program ispitivanja, i puštanje elektrane BE-TO u pogon

Nikolić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:901585

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURAJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Sveučilišni studij

PLAN I PROGRAM ISPITIVANJA I PUŠTANJE ELEKTRANE NA BIOMASU U POGON

Diplomski rad

Ivan Nikolić

Osijek, 2017.

SADRŽAJ ..... **STRANICA**

1. UVOD 1

1.1. Opis zadatka 1

1.2. Postupak ispitivanja 1

1.3. Tehnička dokumentacija i podloge 3

2. TEHNIČKI PODACI POSTROJENJA 5

2.1. Osnovni podaci o proizvodnoj jedinici 5

2.2. Tehničke karakteristike ugrađene opreme 6

3. ZAHTJEVI ZA MOGUĆNOST PRIKLJUČENJA ELEKTRANE NA DISTIBUCIJSKU MREŽU 15

3.1. Opći zahtjevi uz priključenje potencijalnog proizvođača na distribucijsku EEM prema Mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava 19

3.2. Tehnički uvjeti za priključak malih elektrana na elektroenergetski sustav Hrvatske elektroprivrede 20

4. OSTVARIVANJE UVJETA ZA PARALELNI POGON ELEKTRANE NA BIOMASU S DISTRIBUCIJSKOM MREŽOM 21

4.1. Pregled podešenja relejne zaštite u elektrani i relejne zaštite na mjestu razgraničenja VP (=H5) elektrane 21

4.2. Provjera istoimenosti faza i okretnog polja 21

4.3. Ulazak elektrane u paralelni rad s mrežom 23

4.3.1. Ispitivanja ulaska elektrane u paralelni pogon s 35 kV-nom distribucijskom mrežom - ručni nalog za automatsku sinkronizaciju uključenjem generatorskog prekidača 23

4.3.2. Ispitivanja ulaska elektrane u paralelni pogon s 35 kV-nom distribucijskom mrežom - lokalno automatska sinkronizacija uključenjem generatorskog prekidača ... 24

4.4. Ispitivanje isključenja elektrane 29

4.5. Ispitivanje djelovanja relejne zaštite i blokada pri odstupanju od uvjeta paralelnog pogona - provjera zaštite od otočnog rada elektrane 31

4.6. Ispitivanje povratnog djelovanje na mrežu uslijed prolaska elektrane kroz ciklus APU-a 36
5. UTJECAJ ELEKTRANE NA MREŽU 39
5.1. Općenito o parametrima kvalitete električne energije i mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava 39
5.2. Mjerenje kvalitete električne energije na obračunskom mjernom mjestu prije priključenja elektrane 41
5.3. Mjerenje kvalitete električne energije na obračunskom mjernom mjestu u pogonu elektrane 51
6. ZAKLJUČAK 61
7. LITERATURA 62
SAŽETAK 65
ABSTRACT 65
ŽIVOTOPIS 66
PRILOZI 67

1. UVOD

U ovom diplomskom radu detaljno je opisan plan i program ispitivanja i puštanja elektrane na biomasu u pogon. Ujedno se razmatraju uvjeti, odnosno zahtjevi za priključenje takve elektrane na distribucijsku mrežu. Dani su ujedno i pregledi korištene opreme, odnosno tehnička dokumentacija same elektrane. Dakle, objašnjen je sam postupak ispitivanja te su nakon toga izneseni rezultati traženih pokusa uz objašnjenja. Navedene slike i tablice sažeto prikazuju rezultate ispitivanja. Uz to, na kraju rada je dan izvještaj mjerenja kvalitete električne energije na obračunskom mjernom mjestu prije samog priključenja elektrane i u pogonu elektrane.

1.1. Opis zadatka

Diplomski rad sadrži tehničke podatke postrojenja i ugrađene opreme. Razmatraju se zahtjevi za mogućnost priključenja elektrane na distribucijsku mrežu kao i zahtjevi za ostvarivanje uvjeta za paralelni pogon elektrane na biomasu BE-TO s distribucijskom 35 kV mrežom. Ujedno je dan pregled podešenja relejne zaštite u elektrani BE-TO i relejne zaštite na mjestu razgraničenja. Nalaže se provjera istoimenosti faza i okretnog polja te ispitivanja ulaska elektrane BE-TO u paralelni pogon sa 35 kV distribucijskom mrežom, kao i ispitivanje isključenja elektrane BE-TO. Ujedno je bitno napraviti ispitivanje povratnog djelovanja na mrežu uslijed prolaska elektrane kroz ciklus automatskog ponovnog uklopa (APU-a) kao i provjeru utjecaja elektrane na mrežu. Na kraju provodi se mjerenje kvalitete električne energije na obračunskom mjernom mjestu prije priključenja i u pogonu same elektrane.

1.2. Postupak ispitivanja

Ispitivanja primjerenog paralelnog rada elektrane s mrežom provodi se prema odgovarajućem detaljnom planu i programu (PPI). Neophodno je, prije samog početka pokusnog rada i ispitivanja odgovarajućim radnjama i postupcima utvrditi spremnost elektrane za priključenje na mrežu. Prije samog priključenja elektrane na mrežu neophodno je utvrditi ispravnost, odnosno funkcionalnost samog priključka.

Postupke i tim koji su zaduženi za provedbu pojedinih ispitivanja u pokusnom radu koordinira prije svega voditelj ispitivanja. Osiguravanje uvjeta i mjera za rad na siguran način sukladno *Zakonu o zaštiti na radu* i njegovim podzakonskim aktima obveza je investitora. Zadaća

voditelja ispitivanja prije svega je da upozna sudionike u provedbi ispitivanja, druge ispitivače, te izvršitelje pojedinih aktivnosti (pogonske manipulacije, mjerenje, očitavanje, zapisivanje rezultata i dr.) s potrebom primjene zaštitnih mjera, dopuštenim zonama kretanja, mogućim opasnostima i zabranjenim radnjama. Izjavu da su za rad na siguran način, opremljeni potrebnim zaštitnim sredstvima od strane poslodavca i da se obvezuju sve radove izvesti na siguran način i prema pravilima struke sudionici potpisuju prije samog početka pokusnog rada.

Nakon svakog pojedinog ispitivanja zapisuju se rezultati ispitivanja i provjerava zadovoljavaju li tražene kriterije. Uspješan završetak ispitivanja se konstatira ako su rezultati ispitivanja zadovoljavajući (unutar granica tolerancije). Uspješnom provedbom svih pojedinačnih ispitivanja iz utvrđenog plana i programa završava postupak ispitivanja primjerenog paralelnog rada elektrane s mrežom. Pri tome voditelj ispitivanja sastavlja zapisnik o provedbi ispitivanja primjerenog paralelnog rada elektrane s mrežom kojeg potpisuju voditelj ispitivanja, predstavnik investitora i predstavnik odgovarajućeg opskrbnog tijela.

U izvješću o ispitivanju navode se uočeni nedostaci, propisuju korektivne mjere i obveza uklanjanja uočenih nedostataka, te nalaže provedba ponovnog ispitivanja u svrhu provjere poduzetih korektivnih mjera. U slučaju da se pojedino ispitivanje mora odgoditi ili ponoviti u drugom terminu, u zapisnik o ispitivanju voditelj ispitivanja unosi koje od ispitivanja treba ponoviti ili koje radnje treba dodatno obaviti, sve dok sva ispitivanja ne budu uspješno provedena.

Nakon uspješno provedenih ispitivanja tijekom pokusnog rada, a sukladno propisanom planu i programu, voditelj ispitivanja podnosi konačno izvješće o ispitivanju primjerenog paralelnog rada elektrane s mrežom. Temeljem udovoljavanja uvjetima ograničenog djelovanja na mrežu temeljom analize rezultata, izrađuje se elaborat. Pod njim se podrazumijeva bitan dio u krajnjem izvješću koji se odnosi na utjecaj same elektrane na mrežu. To se dokazuje izravno kvalitetom električne energije na obračunskom mjernom mjestu sukladno normi *HRN 50160:2012.*
U konačnom izvješću o ispitivanju primjerenog paralelnog rada elektrane s mrežom mora biti nedvosmisleno iskazana spremnost elektrane za trajan paralelni pogon [6].

1.3. Tehnička dokumentacija i podloge

Plan i program izrađen je na temelju projektne i atestno - tehničke dokumentacije (atesti ispitivanja uzemljenja, otpora izolacije, podešenja zaštite i dr.), dokumentacije proizvođača opreme, a u skladu s važećim propisima. Dakle, ispitivanje se provodi prema postojećoj zakonskoj tehničkoj regulativi.

Tablica 1.1. prikazuje značajne dokumente prema kojima se provodi plan i program ispitivanja i utjecaja elektrane na mrežu [6].

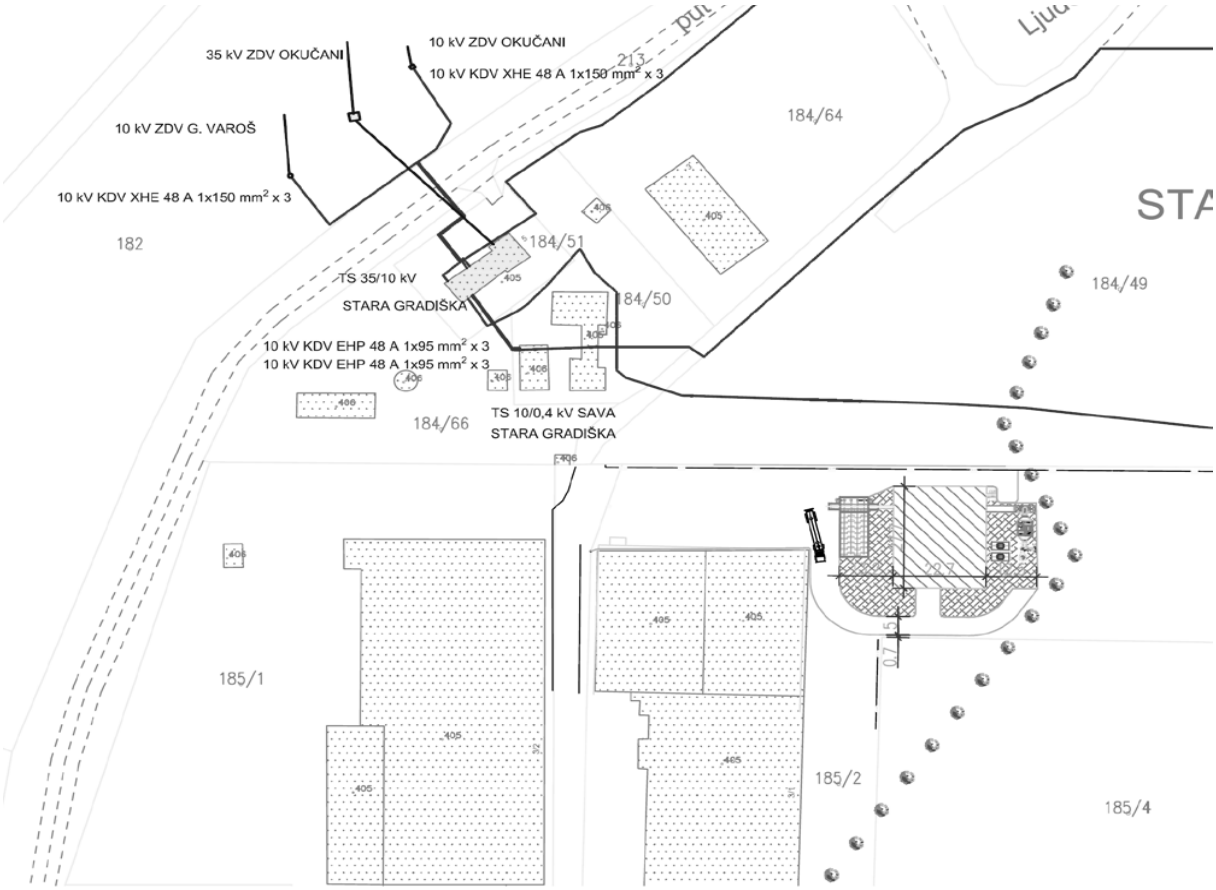
Tab. 1.1. *Pregled tehničke dokumentacije* [6].

Dokument	Izradio
ZAKONSKA TEHNIČKA REGULATIVA	
Mrežna pravila elektroenergetskog sustava	Pravilnik RH
Tehnički uvjeti za priključak malih elektrana na EES Hrvatske elektroprivrede	HEP-ODS
Opći uvjeti za opskrbom električnom energijom Opći uvjeti za korištenje mreže i opskrbu el. energijom	Podzakonska regulativa-RH
PROJEKTNA DOKUMENTACIJA	
Glavni projekt	
Izvedbeni projekt elektrane	
MAPA 3/3: ELEKTROTEHNIČKI PROJEKT *Knjiga 2/5*: PROJEKT SREDNJENAPONSKOG POSTROJENJA	ENERGOCONTROL d.o.o., Zagreb, Savska cesta 41/V
MAPA 3/3: ELEKTROTEHNIČKI PROJEKT *Knjiga 1/5*: PROJEKT NN INSTALACIJA Uvez 1/6: ELEKTROORMARI GLAVNOG NN RAZVODA TE UPRAVLJANJE, SINKRONIZACIJA I ZAŠTITA GENERATORA	ENERGOCONTROL d.o.o., Zagreb, Savska cesta 41/V
Izvedbeni projekt =H5 35 kV VP	TELENERG - Zagreb
Ugovor o priključenju	HEP-ODS, pripadajuća Elektra
Elektroenergetska suglasnost	HEP-ODS, pripadajuća Elektra
Ugovor o korištenju mreže	HEP-ODS, pripadajuća Elektra
Ugovor o vođenju pogona	HEP-ODS, pripadajuća Elektra
Dokumentacija proizvođača turbine i turbinske regulacije	TTK – Tvornica turbina Karlovac
Dokumentacija generatora i naponske regulacije	ULJANIK TESU d.d. Pula
Dokumentacija izvođača radova (atesti, ispitni protokoli)	KONČAR Sklopna postrojenja d.o.o.

2. TEHNIČKI PODACI POSTROJENJA

2.1. Osnovni podaci o proizvodnoj jedinici

Snaga planirane elektrana na biomasu bi trebala iznositi 2000 kW. Slijedeća slika daje prikaz kogeneracijskog postrojenja.



Sl. 2.1. *Prikaz kogeneracijskog postrojenja* [4].

Priključna snaga elektrane je 2 MW. Elektrana ima vlastitu potrošnju koja iznosi 300 kW. Brojilo je dvosmjerno. Otočni pogon same elektrane nije dopušten. Elektrana je predviđena za rad s 35 kV-nom distribucijskom mrežom. Izolirani rad proizvođača nije predviđen, ali je moguć. Mjesto priključka elektrana je rezervno neopremljeno polje.

TS 110/35 kV osigurava napajanje mjesta priključka. To je ujedno i osnovno napajanje. Također, moguće je i pričuvno napajanje iz TS 220/110/35 kV. Za navedeno pričuvno napajanje postoji električna poveznica, pri čemu će se rezultati ispitivanja pokazati hoće li se koristiti djelomično ili cjelovito.

Slijedeća tablica daje sažeti prikaz osnovnih podataka o proizvodnoj jedinici.

Tab. 2.1. *Osnovni podaci o proizvodnoj jedinici* [4].

Naziv postrojenja		KOGENERACIJSKO POSTROJENJE NA BAZI IZGARANJA DRVNE BIOMASE
Priključna snaga	Proizvodnja električne energije	2000 kW
	Potrošnja električne energije	300 kW (suprotan smjer na OMM proizvođača)
Tip postrojenja		Elektrana na biomasu
Grupa postrojenja		2.c.2. kruta biomasa iz drvno - prerađivačke industrije
Očekivana godina redovnog pogona		2017.

2.2. Tehničke karakteristike ugrađene opreme

Izbor i dimenzioniranje opreme izvršeni su prema uvjetima u normalnom pogonu, te uvjetima za vrijeme kratkog spoja.

Prekidač za sinkronizaciju je generatorski prekidač, tvrtke ABB niskonaponski prekidač tipa E_{max} koji ima sinkronizaciju ali je ne koristi, već to odrađuje automatski sinkronizator u elektrani, instrument za ručnu sinkronizaciju s funkcijom „synchrochecka“ koja je spojena u seriju s nalogom od automatskog sinkronizatora napona za uvjete koji moraju biti manja od ±10 % nazivnog napona, razlika frekvencije mora biti manja od ±0,5 Hz, a razlika faznog kuta manja od ±10 stupnjeva. Dodatno, generatorski prekidač je opremljen sustavom za praćenje mrežnog napona, pod/nad naponskom i pod/nad frekvencijskom zaštitom te zaštitom od pomaka vektora napona Δθ> i zaštitom ROCOF=df/dt> (pod/nadnaponska, pod/nadfrekventna) kao i uređajem za automatsku sinkronizaciju sa mrežom. To je učinjeno numeričkim relejem. Glavni prekidač elektrane opremljen je nadstrujnom I>, kratkospojnom I>> i trenutnom maksimalnom kratkospojnom I>>> i zemljospojnom zaštitom Io> koje po potrebi mogu biti usmjerene. Ugrađena je i pod/nadnaponska zaštita kod glavnog prekidača elektrane kao i zaštita od povratne snage.

Uvjete paralelnog pogona osiguravaju međusobno usklađene zaštite elektrane i distribucijske mreže. Dio zaštita elektrane je sadržan u generatorskom prekidaču strujne zaštite (nadstrujna, kratkospojna, zemljospojna, usmjerena) elektrane. U slučaju odstupanja od propisanih uvjeta za paralelni pogon, zaštita mora odvojiti elektranu iz paralelnog pogona. Za paralelni pogon elektrane s mrežom, elektrana je opremljena zaštitom koja osigurava uvjete paralelnog pogona, (ROCOF i $\Delta\theta$). Zaštita mora biti tako podešena da kod nestanka napona u mreži dođe do odvajanja elektrane od mreže. Nadalje, nužno je uvažiti zaštitu od smetnji i kvarova u mreži, zaštitu od preopterećenja, zaštitu od kratkog spoja, zaštitu od zemljospoja, zaštitu od otočnog pogona, zaštitu od smetnji i kvarova u elektrani, uređaj za vidno odvajanje od mreže i uzemljenje elektrane, mogućnost memoriranja događaja koji su uzrokovali proradu zaštite.

Sustav za odvajanje u elektrani mora zadovoljiti uvjete sigurnog odvajanja elektrane od elektroenergetskog sustava za vrijeme beznaponske pauze unutar ciklusa automatskog ponovnog uključenja, odnosno, u dogovoru s HEP-ODS-om, osigurati elektranin prolazak kroz prolazni kvar. Podešenja proradnih vrijednosti zaštite moraju biti usklađene s HEP-ODS-om. To mora biti vidljivo iz elaborata podešenja zaštite kojeg korisnik mreže treba izraditi u dogovoru s HEP-ODS-om. Također, elaborat podešenja zaštite mora dokazati selektivnost zaštite u elektrani sa zaštitom u mreži.

Elektrana mora biti opremljena za paralelni pogon s distribucijskom mrežom u uvjetima svih redovnih i izvanrednih pogonskih okolnosti bez nedopuštenoga povratnog djelovanja na distribucijsku mrežu i ostale korisnike mreže. Povratno djelovanje u bilo kojem trenutku mora biti u granicama dopuštenih vrijednosti. Ukoliko je povratno djelovanje izvan dopuštenih vrijednosti, operator distribucijskog sustava ima pravo, isklopom prekidača za odvajanje onemogućiti daljnji paralelni pogon elektrane s mrežom.

U elektrani je ugrađen regulator snaga/frekvencija, koji je i opremljen i podešen tako da skokovita promjena snage pri opterećenju i rasterećenju bude manja od 10 % nazivne snage generatora. Vrijednost faktora ukupnog harmonijskog izobličenja (THD) napona uzrokovanog priključenjem korisnika mreže na mjestu preuzimanja na 35 kV može iznositi najviše 1,5 %.

Pogonski stroj je parna turbina za kojeg pogonsko gorivo predstavlja tehnološka para iz vlastitog parnog postrojenja. Generator je nazivne prividne snage 2.500 kVA, nazivnog napona 0,4 kV, faktora snage 0,8 – 1,0. Frekvencija je 50 Hz, brzine vrtnje 1.500 o/min, i

spojen je na pogonski stroj. Očekivana godišnja raspoloživost ove elektrane je 8.000 h, što predstavlja očekivanu proizvodnju od 16.000.000 kWh [4].



Sl. 2.2. *Prikaz generatora postrojenja* (slikano 14.08.2017.).



Sl. 2.3. *Prikaz turbine postrojenja* (slikano 14.08.2017.).

Proizvodnja električne energije elektrane na drvnu biomasu je, načelno, konstantna. U stacionarnom pogonu može se elektranu na drvnu biomasu promatrati kao stabilan izvor električne energije koji kontinuirano opterećuje mrežu (u smjeru predaje u mrežu) svojom priključnom snagom. Zakupljena snaga kupca na NN služi za pokrivanje vlastite potrošnje zbog redovnog odvijanja tehnološkog procesa. Vlastita potrošnja navedenog postrojenja bi trebala biti konstantna za vrijeme rada postrojenja nazivnom snagom od 2000 kW. Značajnije varijacije opterećenja se jedino mogu javiti za vrijeme održavanja ili remonta postrojenja. Vlastita potrošnja elektrane (300 kW) napaja se iz proizvodnje elektrane, uz pretpostavku da će elektrana biti dimenzionirana da zadovolji potrebe svoje vlastite potrošnje i predaje višak u mrežu, vlastita potrošnja će se iskazivati kao umanjenje proizvedene energije predane u mrežu. Ukoliko proizvođač dimenzionira svoje postrojenje da unatoč vlastitoj potrošnji predaje 2000 kW proizvedene energije u mrežu, mreža će vlastitu potrošnju elektrane osjetiti samo u trenutku ispada generatora (elektrane kao proizvođača) kao teret u mreži (suprotni smjer energije na OMM proizvođača).

Dakle, izvršena je nabava generatora i blok transformatora slijedećih osnovnih tehničkih podataka sažeto prikazanih redom u tablicama od 2.2. – 2.13.

Tab. 2.2. *Tehnički podaci generatora* [6].

Vrsta rada		Trajni pogon (S1)
Nazivna radna snaga kontinuirana	[kWe]	2000
Nazivna prividna snaga	[kVA]	2500
Nazivni napon	[V]	400, +/- 5 %
Nazivna struja	[A]	3608
Preopterećenje		1 h (jednom u 6 h) 10 % 2 minute (jednom u 6 h) 50 % 2 s 300 %
Nazivna brzina vrtnje	[rpm]	1500
Maksimalna brzina vrtnje	[rpm]	1800
Frekvencija	[Hz]	50
Temperatura okoline	[° C]	max 40
Spoj statora		zvijezda (Y), šest izvoda, četiri priključka
Broj faza		3
Broj polova		4
Faktor snage	[cos φ]	0,8 – 1,0
Sinkrona uzdužna reaktancija(zasićena) –xd	[%]	323
Sinkrona poprečna reaktancija(zasićena) –xq	[%]	245
Tranzijentna uzdužna reaktancija (zasićena) - x'd	[%]	18
Subtranzijentna uzdužna reaktancija (zasićena) - x"d	[%]	10,7
Subtranzijentna poprečna reaktancija (zasićena) - x"q	[%]	13
Otpor statora (fazni) - R1	[%]	0,9
Maksimalna asimetrična struja kratkog spoja	[kA]	67,964 - vršna vrijednost

Tab. 2.3. *Tehnički podaci generatorskog prekidača – QGEN* [6].

Proizvođač i tip		ABB tip E6.2H 4000 EKIP G HI-TOUCH LSIG 3P FHR
Nazivni napon	[V]	600
Nazivna struja	[A]	4000
Nazivna frekvencija	[Hz]	50
Nazivna prekidna struja	[kA]	100

Tab. 2.4. *Tehnički podaci transformatora* [6].

Vrsta transformatora		Suhi epoksidni transformator „CAST RESIN“
Tipska oznaka		TBE 2500-36x
Instalacija		Unutarnja montaža
Norma		IEC 60076-11
Nazivna snaga	[kVA]	2500
Način hlađenja		AN
Broj faza		3
Nazivna frekvencija		50
Nazivni naponi VN NN	[kV] [kV]	35(20) 0,4
Tip regulacije na VN strani		bez napona
Opseg regulacije		(+2/-2) x 2,5
Položaj preklopkenaponskog regulatora		Nula (400 V)
Oznaka spoja		Dyn5
Napon kratkog spoja	[%]	6,0
Gubici praznog hoda	[W]	4030
Gubici zbog opterećenja	[W]	22800
Masa transformatora	[kg]	7700

Tab. 2.5. *Tehnički podaci srednjenaponskog bloka sa izvlačivim vakuumskim prekidačem* [6].

Tipski proizvod „Končar“	BVK 38-630
Nazivni napon	38 kV
Nazivna struja sabirnica	630 A
Nazivna frekvencija	50 Hz

Odabran je tipski 38 kV-tni blok sa vakuumskim prekidačem prethodno navedenih karakteristika.

Tab. 2.6. *Tehnički podaci srednjenaponskog sklopnog bloka* [6].

Tip i proizvođač	VK 38-16-8-KONČAR
Nazivni napon	38 kV
Nazivna struja	800 A
Nazivna frekvencija	50 Hz
Kratkotrajna struja kratkog spoja (3 s)	16 kA
Razmak polova horizontalni	360 mm
Razmak polova vertikalni	450 mm
Mehanička trajnost prekidača	20000 sklapanja
Električna trajnost kod nazivne struje	2500 sklapanja
Električna trajnost kod nazivne prekidne moći	25 sklapanja
Motorni pogon	110 V DC
Isklopni okidač	110 V DC
Shema prekidača	ES1001

Odabran je tropolni izvlačivi vakumski prekidač prethodno navedenih karakteristika.

Tab. 2.7. *Tehnički podaci zemljospojnika – Q8* [6].

Tip i proizvođač	ZG 38-16-III-KONČAR
Nazivni napon	38 kV
Kratkotrajna struja kratkog spoja (3 s)	16 kA
Nazivna frekvencija	50 Hz
Pogon	ručni

Tab. 2.8. *Tehnički podaci strujnih mjernih transformatora – TI* [6].

Tip i proizvođač	INA 2-38-KONČAR
Nazivni napon	38 kV
Nazivna frekvencija	50 Hz
Kratkotrajna struja kratkog spoja (3 s)	16 kA
Dinamička struja	40 kA
Prijenosni omjer	2x50/1/1 A
I namot	15 VA, cl. 5P10
II namot	15 VA, cl. 5P10
Primijenjeni standardi	IEC 60044-1

Tab. 2.9. *Tehnički podaci strujnih mjernih transformatora – T2* [6].

Tip i proizvođač	INA 2-38-KONČAR
Nazivni napon	38 kV
Nazivna frekvencija	50 Hz
Kratkotrajna struja kratkog spoja (3 s)	16 kA
Dinamička struja	40 kA
Prijenosni omjer	2x50/1/1 A
I namot	15 VA, cl. 5P10
Primijenjeni standardi	IEC 60044-1

Tab. 2.10. *Tehnički podaci naponskih mjernih transformatora* [6].

Tip i proizvođač	4VPA 1-38-KONČAR
Nazivni izolacijski nivo	38 kV
Nazivna frekvencija	50 Hz
Nazivni primarni napon	$35/\sqrt{3}$
Nazivni sekundarni napon I i II namot	$0,1/\sqrt{3}/0,1/\sqrt{3}$ /0,1/3
I namot	30 VA, cl. 0,5/3P
II namot	30 VA, cl.6P
Primijenjeni standardi	IEC 60044-2

Tab. 2.11. *Tehnički podaci metaloksidnog odvodnika prenapona za unutarnju montažu* [6].

Tip i proizvođač	MWK 30 – ABB
Trajni radni napon	30 kV
Nazivna struja pražnjenja (I_N)	10 kA
Klasa linijskog pražnjenja	2
Primijenjeni standardi	IEC 60099-4

Tab. 2.12. *Tehnički podaci numeričkog zaštitnog releja terminalnog polja* [6].

Proizvođač	KONČAR – Inem
Tip	RFX 632 AAA1E-22
Pomoćni napon	110 V DC
Binarni ulazi	24
Binarni izlazi	11
Zaštitne funkcije: 50/51; 50N/51N; 49; 47; 50BF; 74TC; 67/67N; $67N_S$	
Upravljanje i nadzor sklopnim blokom	

Tab. 2.13. *Tehnički podaci (parametri) nadzora mrežnog napona i odvajanja generatora s mreže* [6].

Nadnapon/vrijeme prorade	> 115 % Un…0,2 s
Nadnapon/vrijeme prorade	> 110 % Un…3,0 s
Podnapon/vrijeme prorade	< 83 % Un….3,0 s
Podnapon/vrijeme prorade	< 80 % Un….1,0 s
Nadfrekvencija/vrijeme prorade	fn > 51,5 Hz … 0,1 s
Podfrekvencija/vrijeme prorade	fn < 47,5 Hz ... 0,1 s

3. ZAHTJEVI ZA MOGUĆNOST PRIKLJUČENJA ELEKTRANE NA DISTIBUCIJSKU MREŽU

Za početak pokusnog rada nužni su sljedeći preduvjeti:

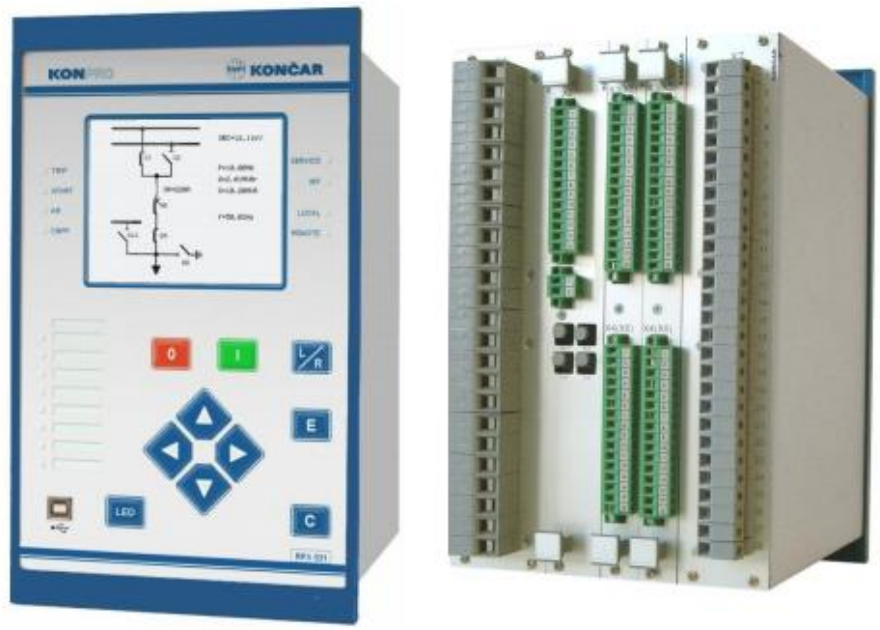
- završena montaža kompletne opreme elektrane sukladno izvedbenom projektu
- obavljena provjera ispravnosti kompletne ugrađene opreme nakon uspješno završene montaže
- obavljeno programiranje i podešavanje opreme za upravljanje, signalizaciju i električnu zaštitu sukladno zahtjevu HEP-ODS-a za početak pokusnog rada
- obavljena funkcionalna ispitivanja upravljanja i signalizacije elektrane
- obavljena primarna i sekundarna ispitivanja nadstrujne zaštite energetskog transformatora +BT1
- primarno i sekundarno su provjerene funkcije djelovanja i signalizacije prorade električne zaštite u elektrani
- obavljena provjera funkcionalnosti i podešenje uređaja za automatsku i ručnu sinkronizaciju
- na gradilištu postoji kompletna odgovarajuća dokumentacija o izvršenim ispitivanjima ugrađene opreme u elektrani
- HEP ODS d.o.o. obavio je sve odgovarajuće pripreme za pogon polja =H5 u TS i isto stavio pod 35 kV napon.

Pri izvođenju ispitivanja sačiniti bilješke o svakom pojedinačnom ispitivanju a koje trebaju sadržavati najmanje:

- naziv i oznaku svakog ispitivanja
- datum i vrijeme (sate, minute) početka izvođenja ispitivanja, te trajanje pojedinog ispitivanja
- posebne napomene i komentare, uključujući sva eventualna odstupanja od predviđenih uvjeta i/ili procedure izvođenja ispitivanja
- ocjena o uspješnosti provedenih ispitivanja (na primjer "uspješan" ili "ponavlja se") [6].

Za mjerenje karakterističnih parametara predmetne elektrane tijekom provedbe ispitivanja primjerenog paralelnog rada s mrežom u sklopu pokusnog rada koristit će se prijenosna kao i ugrađena mjerna i registracijska oprema:

- Numerički terminal polja RFX 632 AAA1E-22 u polju =H+H1



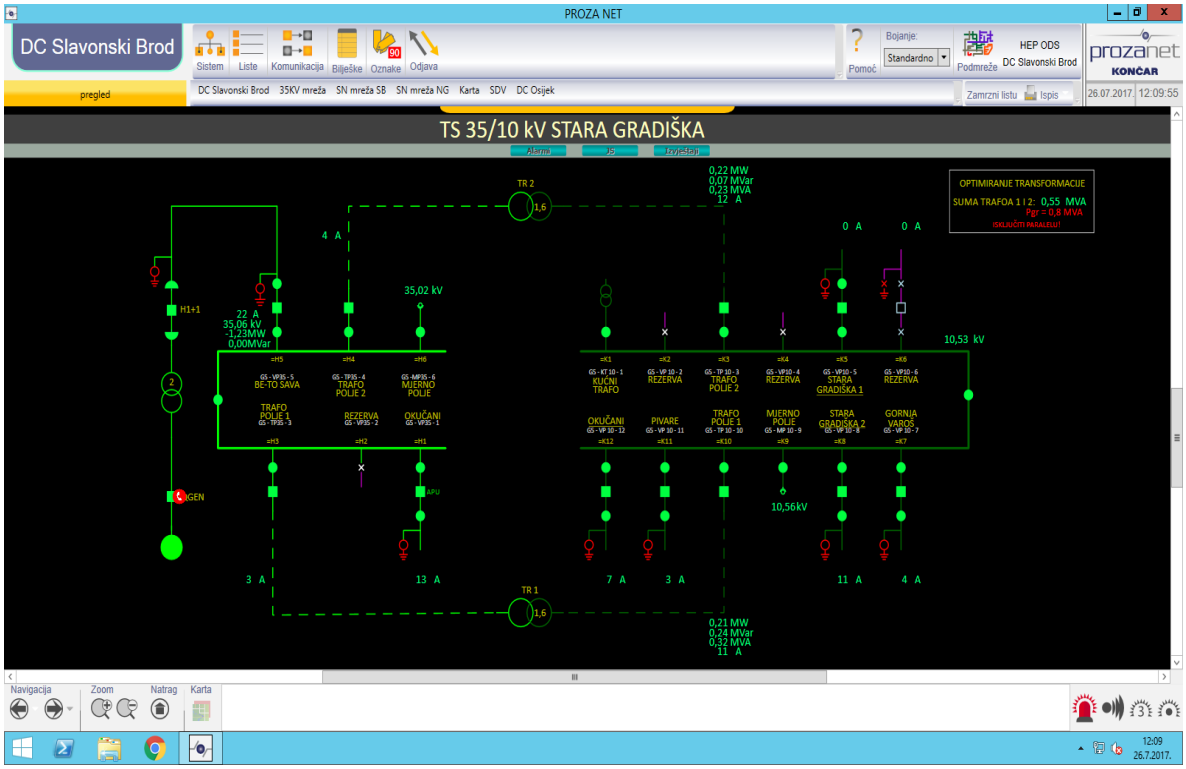
Sl. 3.1. *Numerički terminal polja RFX 632 AAA1E-22 u polju =H+H1* [10].

- Numerički relej generatorske zaštite EKIP G HI – Touch



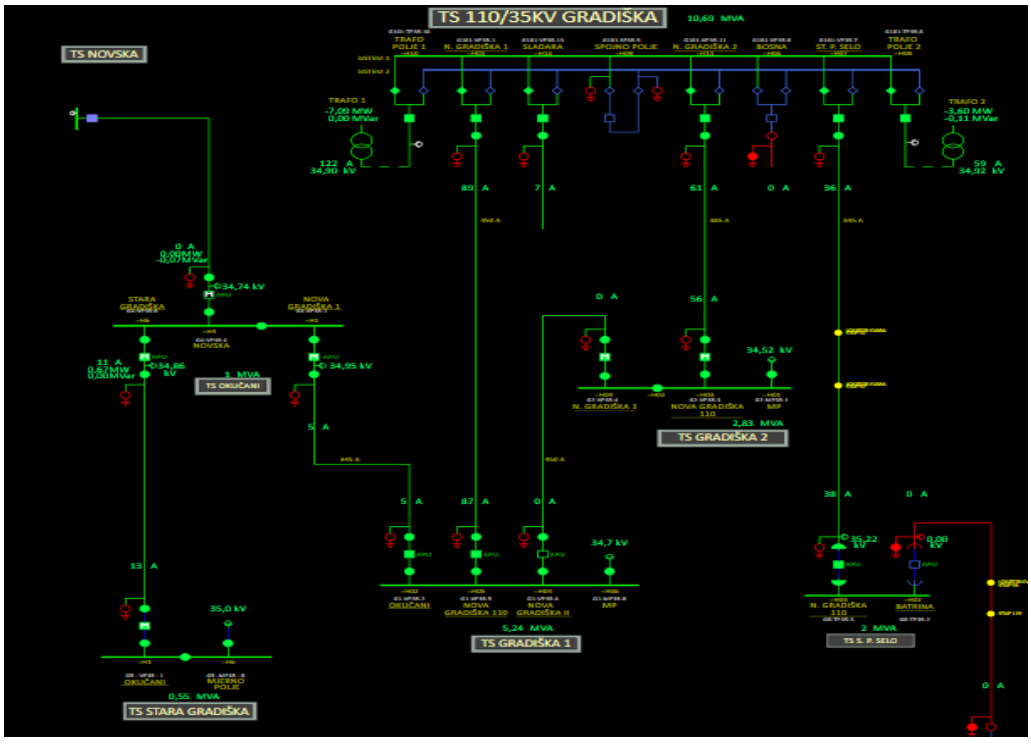
Sl. 3.2. *Numerički relej generatorske zaštite EKIP G HI – Touch* [10].

- Mrežni analizatori na ormaru =NE+KTG (-P2 i -P1)
- SCADA sustav elektrane BE-TO



Sl. 3.3. *Prikaz SCADA sustava elektrane BE-TO* (slikano 10.08.2017.).

- SCADA HEP ODS-a



Sl. 3.4. *Prikaz SCADA HEP-ODS-a* (slikano 10.08.2017.).

- Uređaj za trajno mjerenje kvalitete električne energije ugrađen uz OMM.



Sl. 3.5. *Uređaj za trajno mjerenje električne energije P – Qube* [11].

- Prijenosni uređaj za praćenje kvalitete u vlasništvu autora EUEM-a ili voditelja ispitivanja ugrađen uz OMM tijekom pokusnog rada elektrane.

Pretpostavka je da su svi navedeni sustavi za mjerenje i kontrolu kvalitete kompletni i međusobno povezani sukladno projektnom rješenju.

Napomena: Otočni rad nije dopušten. Zaštita od otočnog rada izvedena je relejem za zaštitu od gubitka mreže KCG598E230 V, 50 Hz IEC60093-504 proizvod MAGACON (oznaka -F2 na nacrtu ormara =NE+KTG1).

Zaštita od gubitka mreže je osigurana sa dva odvojena zaštitna kruga koji zadovoljavaju sve tipove generatorskih sustava, male i velike. To su zaštita stopom brzine promjene frekvencije (ROCOF; df/dt) i veličinom promjene kuta opterećenja ("vectorshift"). Podešenja releja potrebno je izvršiti temeljem elaborata podešenja zaštita.

3.1. Opći zahtjevi uz priključenje potencijalnog proizvođača na distribucijsku EEM prema *Mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava*

Mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava (EES) uređuje se pogon i način vođenja, razvoj i izgradnja EES te uspostavljanje priključaka na prijenosnu i distribucijsku mrežu u EES kao i mjerna pravila za obračunsko mjerno mjesto.

Operator distribucijskog sustava odgovoran je u odnosu na razvoj i izgradnju distribucijske mreže, između ostalog, za poticanje ekonomičnog razvoja mreže (uzimajući u obzir prethodno maksimalno opterećenje i proizvodnju, kao i zahtjeve korisnika mreže u okviru plana razvoja mreže), kao i za utvrđivanje tehničkih uvjeta za priključak i priključenje na distribucijsku mrežu novih korisnika mreže, te uvjeta za povećanje priključne snage postojećim korisnicima mreže.

U *Mrežnim pravilima EES-a* su navedene smjernice za priključenje korisnika mreže na distribucijsku elektroenergetsku mrežu: opći uvjeti za priključak postrojenja korisnika mreže na distribucijsku mrežu, temeljne značajke na mjestu priključka (odstupanje frekvencije, odstupanje napona, valni oblik napona, nesimetrija napona, pogonsko i zaštitno uzemljenje, razina kratkog spoja, razina izolacije, zaštita od kvarova i smetnji, faktor snage), povratno djelovanje na mrežu, posebni uvjeti za priključenje proizvodnih jedinica i dodatni tehnički uvjeti za priključenje proizvodnih jedinica. Projekt svake elektrane koja se projektira za paralelni pogon s mrežom mora strogo poštivati sve ove uvjete.

Svrha tehničkih i pogonskih uvjeta za priključenje na distribucijsku mrežu je osiguranje normalnog pogona distribucijske mreže, sprječavanje nedopuštenog povratnog djelovanja na mrežu i postojeće korisnike mreže. Posebnim i dodatnim tehničkim i pogonskim uvjetima uvažavaju se posebnosti pogona i tehničkih značajki proizvodnih jedinica.

Mjesto priključka, naponsku razinu priključka, tehničke i pogonske uvjete utvrđuje operator distribucijskog sustava sukladno *Općim uvjetima za opskrbu električnom energijom i Mrežnim pravilima* [4].

Proizvodne jedinice odnosno elektrane koje se priključuju na distribucijsku mrežu prema *Mrežnim pravilima* razvrstane su na slijedeće kategorije:

- **prema nazivnom naponu priključka:**
    - priključene na mrežu NN,
    - priključene na mrežu SN.

- **prema nazivnoj snazi elektrane:**
    - elektrane snage veće od 5 MW,
    - elektrane snage manje ili jednake 5 MW,
    - mikroelektrane snage do 30 kW

Na niskonaponsku mrežu priključuje se elektrana ukupne snage do uključujući 500 kW. Priključak može biti ostvaren na niskonaponski vod ili na niskonaponske sabirnice transformatorske stanice 10(20)/0,4 kV. Na niskonaponski vod mogu se priključiti elektrane ukupne snage do uključujući 100 kW.

Na srednjenaponsku mrežu (10 kV, 20 kV, 30 kV i 35 kV) priključuju se elektrane ukupne snage veće od 500 kW do uključujući 10 MW, ali se mogu priključiti i elektrane manjih snaga.

3.2. Tehnički uvjeti za priključak malih elektrana na elektroenergetski sustav Hrvatske elektroprivrede

Trenutno je ovo jedina granska norma koja razmatra priključenje proizvođača na mrežu HEP-ODS-a. Ujedno je u tijeku izrada studije *Uvjeti priključenja elektrana na distribucijsku mrežu* koja u konačnici treba rezultirati novom granskom normom koja bi obuhvaćala sve tipove elektrana priključne snage do 10 MW.

4. OSTVARIVANJE UVJETA ZA PARALELNI POGON ELEKTRANE NA BIOMASU S DISTRIBUCIJSKOM MREŽOM

4.1. Pregled podešenja relejne zaštite u elektrani i relejne zaštite na mjestu razgraničenja VP (=H5) elektrane

Svrha navedenog pregleda je prije svega provjeriti, pregledati i verificirati podešenja parametara relejne zaštite elektrane i susretnog postrojenja =H5 u TS. Potrebno je potvrditi ispravnosti parametara, uočiti nedostatke i u tu svrhu provesti korektivne radnje.

Dakle, postupak nalaže pregled raspoložive dokumentacije, izvještaja o ispitivanju sa izvedenim stanjem u pogledu selektivnosti i osjetljivosti sekundarnih ispitivanja pod/nad frekventne zaštite prema podešenjima određenima elaboratom podešenja zaštite.

4.2. Provjera istoimenosti faza i okretnog polja

Slijedeća tablica navodi sve bitne stavke za provedbu provjere istoimenosti faza i okretnog polja.

Tab. 4.1. *Sažetak ispitivanja istoimenosti faza i okretnog polja* [6].

Svrha:	Dovođenje istoimenog linijskog (odnosno faznog) napona mreže i generatora
Očekivani rezultat:	Prepoznavanje da je isto desno okretno polje postignuto istoimenom fazom mreže i elektrane
Postupak:	Provjeru napraviti prema navedenom postupku : Provjeriti istoimenost faza u susretnom postrojenju od prekidača za odvajanje – Q0 u =H5 do generatorskog prekidača na elektrani –QGEN i preklopke za izmjenu napajanja –QATS. Provjeriti desno okretno polje na generatorskom prekidaču – QGEN/=NE+KGS prema sljedećem postupku: **a) provjera okretnog polja mreže:** 1. Generator ne radi 2. Uklopljeni rastavljači Q1 i Q9 te prekidač za odvajanje -Q0/=H5,

	TS Stara Gradiška, VP prema elektrani 3. Uklopljen prekidač Q0/=H+H1 u elektrani 4. Isklopljen generatorski prekidač -QGEN/=NE+KGS 5. Na SCADA sustavu elektrane pogledati koji redoslijed faza i kakvo okretno polje mreže je detektirao sinkronoskop (trebalo bi biti desno okretno polje) **b) provjera okretnog polja elektrane:** 1. Isklopiti prekidač -Q0/=H+H1 u elektrani u VP prema mreži 2. Pokrenuti turboagregat (turbina + generator) 3. Na SCADA sustavu elektrane pogledati koji redoslijed faza i kakvo okretno polje elektrane je detektirao sinkronoskop (trebalo bi biti desno okretno polje) 4. Usporediti je li postignuto isto okretno polje (desno), a ako nije, na generatoru (ili blok transformatoru) se mora korigirati istoimenost faza i okretno polje, kako bi se okretno polje elektrane uskladilo s mrežom Ako je za postizanje desnog okretnog polja na generatorskom prekidaču potrebna promjena istoimenosti faza, isto je potrebno konstatirati u PPI-u te nakon provedenih korektivnih mjera ponoviti pokus. Provjera privođenja istoimenih faza generatoru – od strane mreže i od strane generatora.

Rezultati:

Bilo je potrebno provjeriti istoimenost faza u susretnom postrojenju. Provjera je izvršena od prekidača za odvajanje –Q0 u =H5 do generatorskog prekidača na elektrani –QGEN i preklopke za izmjenu napajanja –QATS, pri čemu je ustanovljen lijevi smjer okretnom magnetskog polja. Nakon prespajanja kabela na provodnim izolatorima u TS Stara Gradiška u =H5 ponovljen je pokus i potvrđen desni smjer okretnog polja. Provjera okretnog magnetskog polja vršena je prema shemi u prilogu P.4.2.

4.3. Ulazak elektrane u paralelni rad s mrežom

Nakon svih izvršenih radnji prema poglavlju 3. ovog diplomskog rada, izvršava se pokus ulaska elektrane u paralelni rad. Prvi preduvjet ulaska elektrane u paralelni rad je izvršiti sinkronizaciju napona i frekvencije proizvodnje elektrane sa 35 kV mrežom, te postići traženi smjer okretnog polja kako bi se zadovoljile karakteristike sinkronog generatora i turbine. Nakon uspješne sinkronizacije i uključenja elektrane u paralelu sa mrežom vrši se kontrola parametara mreže te utjecaje na njih.

4.3.1. Ispitivanja ulaska elektrane u paralelni pogon s 35 kV-nom distribucijskom mrežom - ručni nalog za automatsku sinkronizaciju uključenjem generatorskog prekidača

Svrha navedenog ispitivanje je napraviti provjeru, demonstraciju i verifikaciju zaleta generatora pogonskim strojem do nazivne brzine, uklop generatorskog prekidača po nalogu operatera elektrane te napraviti provjeru osmotrivosti elektrane u CDU HEP Slavonski Brod uz praćenje tokova djelatne i jalove snage.

Očekivanja navedenog ispitivanja su potvrda uspješnog zaleta generatora te potvrda uspješne sinkronizacije sa mrežom. Uz to, očekuje se da mjerenja budu kompletna i ispravna.

Postupak ispitivanja, uz početno stanje nalaže slijedeće:

Početno stanje:

- Prekidač za odvajanje -Q0 u susretnom polju =H5 u TS 35/10 kV - ISKLJUČEN
- Glavni prekidač elektrane -Q0 i zemljospojnik -Q8 u polju prema mreži =H+H1 - ISKLJUČENI
- Generatorski prekidač –QGEN - ISKLJUČEN

Postupak:

- Dispečer iz CDU-a Elektra Slavonski Brod daljinski daje nalog za uključenje prekidača za odvajanje elektrane -Q0 u susretnom polju =H5 u TS 35/10 kV
- Zabilježiti iznos mrežnog napona u polju prema mreži (=H+H1) u elektrani
- Operater elektrane daje nalog za uključenje glavnog prekidača elektrane -Q0, u polju =H+H1

- Operater elektrane daje nalog za postavljanje prekidača vlastite potrošnje u elektrani -QATS/=NE+KGS u položaj I (mreža)
- Na svim sekundarnim ormarima vlastite potrošnje uključiti glavne prekidače i provjeriti prisustvo napona
- Zabilježiti iznos snage u suprotnom smjeru (potrošnje) na OMM elektrane
- Voditelj ispitivanja daje nalog ovlaštenom serviseru za početak ručne sinkronizacije
- Sklopku za izbor rada sinkronizacije -S10/=NE+KTG1 postaviti u položaj (3) „Ručno“
- Sklopku za uključenje uzbude -S2/=NE+KTG1 u položaju „1“ - uzbuda uključena
- Blok transformator treba biti u položaju regulacijske preklopke u kojem će trajno raditi
- Operater elektrane provjerava parametre pare, tlaka i temperature, te ukoliko su svi parametri unutar zadovoljavajućih granica postavljaju se svi pomoćni pogoni na „Automatsko pokretanje“
- Daje se nalog za pokretanje pomoćnih pogona elektrane
- Daje se nalog za pokretanje turbine (u ovom slučaju tzv. hladni start)
- Turbinski regulator automatski pokreće turbinu do nazivne brzine vrtnje
- Postaviti brzinu turbine na vrijednost koja daje generatoru frekvenciju 50,1 Hz (frekvencija za 0,1 Hz veća od mrežne frekvencije)
- Ovlašteni serviser, nakon što su se stekli uvjeti za sinkronizaciju, ručno daje nalog za početak automatske sinkronizacije generatorskog prekidača -QGEN/=NE+KGS pritiskom na tipku -S8/=NE+KTG1 - „ručna sinkronizacija“
- Snimanje mjerenih veličina (napon, frekvencija, radna i jalova snaga) na SCADA sustavu elektrane, u TS Stara Gradiška i DUC Slavonski Brod [6].

4.3.2. Ispitivanja ulaska elektrane u paralelni pogon s 35 kV-nom distribucijskom mrežom - lokalno automatska sinkronizacija uključenjem generatorskog prekidača

Svrha navedenog ispitivanja je napraviti provjeru, demonstraciju i verifikaciju zaleta generatora pogonskim strojem do nazivne brzine, uklop generatorskog prekidača po nalogu operatera elektrane te napraviti provjeru osmotrivosti elektrane u CDU HEP Slavonski Brod uz praćenje tokova djelatne i jalove snage.

Očekivanja navedenog ispitivanja su potvrda uspješnog zaleta generatora te potvrda uspješne sinkronizacije sa mrežom. Uz to, očekuje se da mjerenja budu kompletna i ispravna.

Postupak ispitivanja, uz početno stanje nalaže slijedeće:

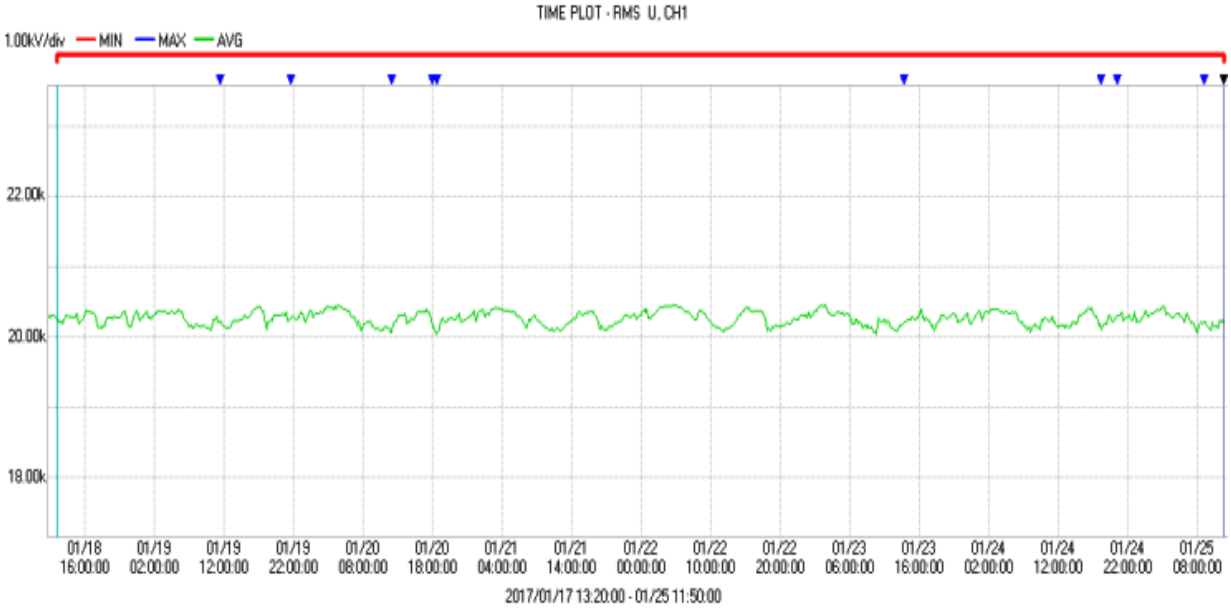
Početno stanje:

- Vlastita potrošnja elektrane je priključena na mrežni napon
- Isklopljen je generatorski prekidač -QGEN/=NE+KGS

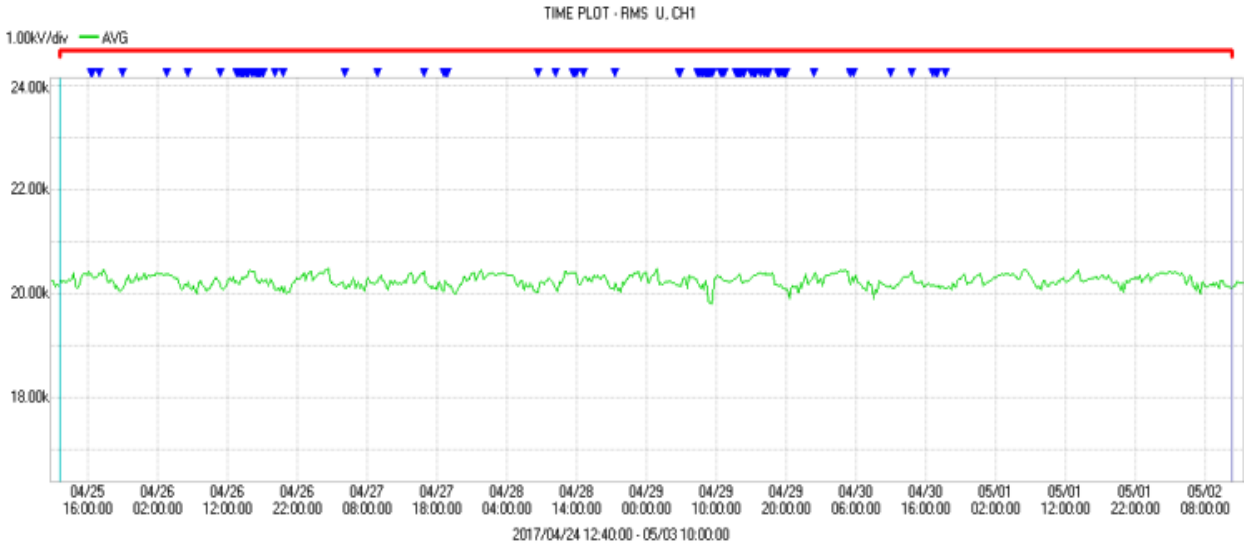
Postupak:

- Zabilježiti iznos mrežnog napona na generatorskom prekidaču -QGEN/=NE+KGS
- Zabilježiti iznos (snage, struje) u smjeru potrošnje na OMM elektrane
- Operater elektrane lokalno daje nalog za pokretanje turbine.
- Turbinski regulator automatski pokreće turbinu do nazivne brzine vrtnje.
- Operator elektrane LOKALNO izdaje nalog za automatsku sinkronizaciju.
- Sklopku za izbor rada sinkronizacije -S10/=NE+KTG1 postaviti u položaj (1) „Automatski“
- Izmjeriti i zabilježiti vrijeme potrebno za sinkronizaciju (od izdavanja naloga za automatsku sinkronizaciju do uklopa generatorskog prekidača).
- Snimanje mjerenih veličina (napon, frekvencija, radna i jalova snaga) na SCADA sustavu elektrane, u TS Stara Gradiška i CDU Slavonski Brod.

  Zabilježiti promjenu napona i snagu proizvodnje u trenutku sinkronizacije [6].

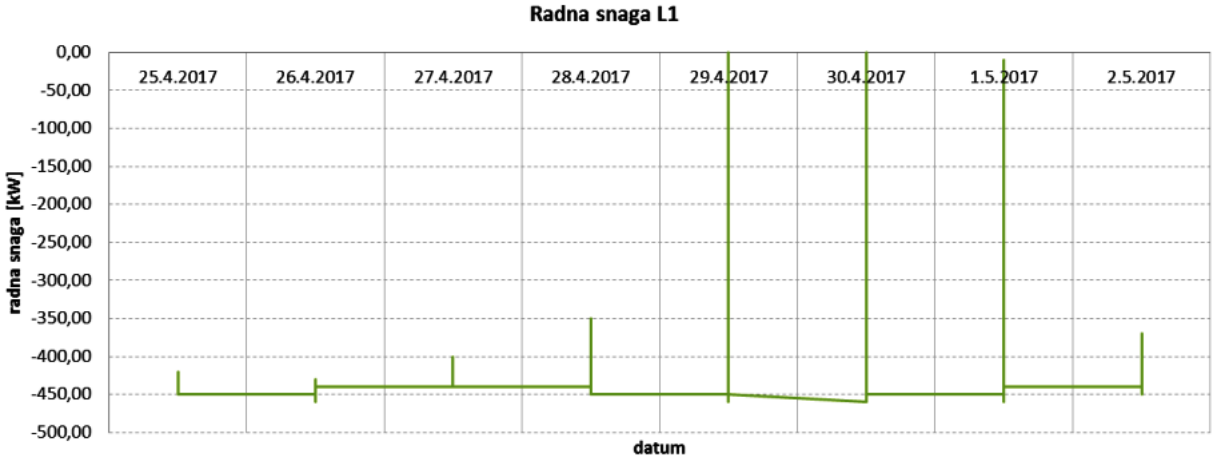


Sl. 4.1. *Prikaz napona u fazi L1 prije priključenja elektrane na mrežu* [3].



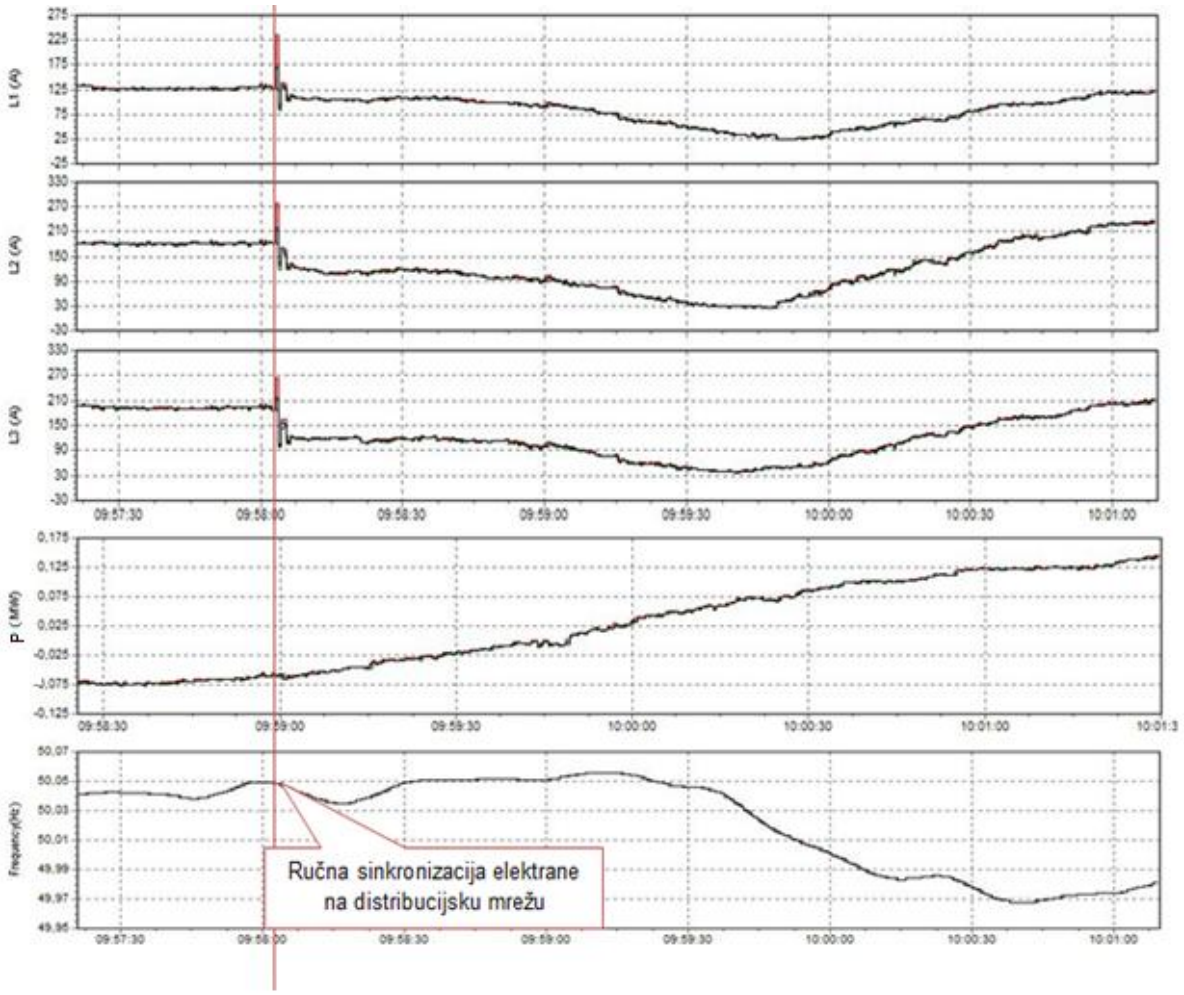
Sl. 4.2. *Prikaz napona u fazi L1 nakon priključenja elektrane na mrežu* [3].

Na temelju dobivenih mjerenja, prikazanih na slici 4.1 i slici 4.2 utvrđeno je da nema promjena u amplitudi faznih napona, te je ispunjen jedan od zahtjeva paralelnog režima rada elektrane.

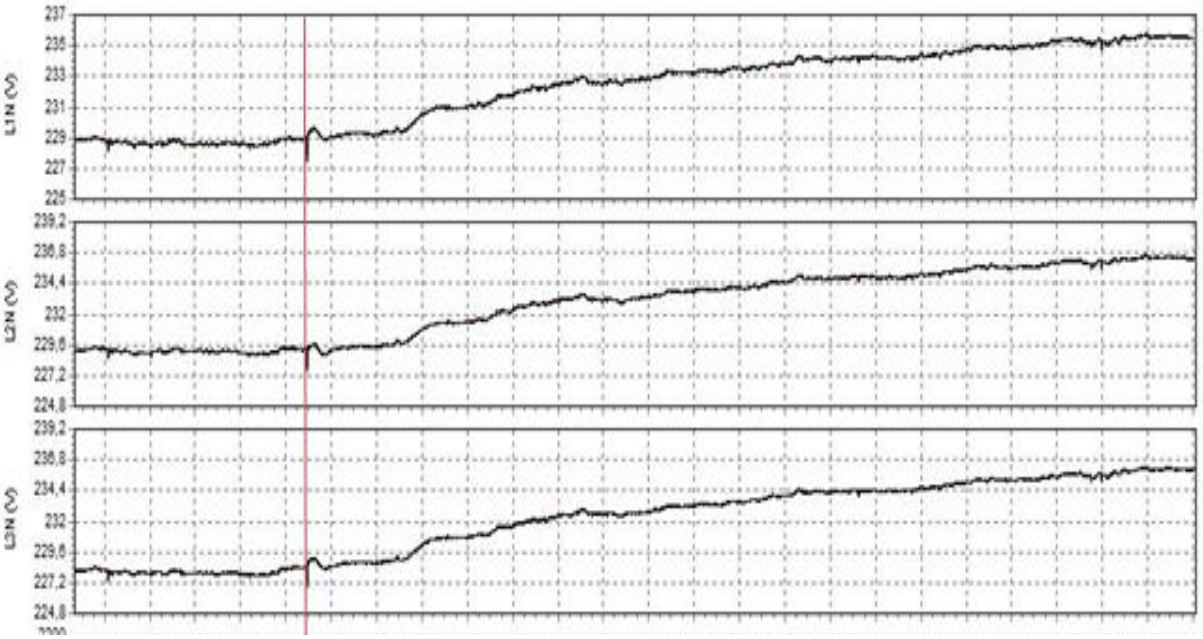


Sl. 4.3. *Prikaz promjene radne snage u fazi L1* [3].

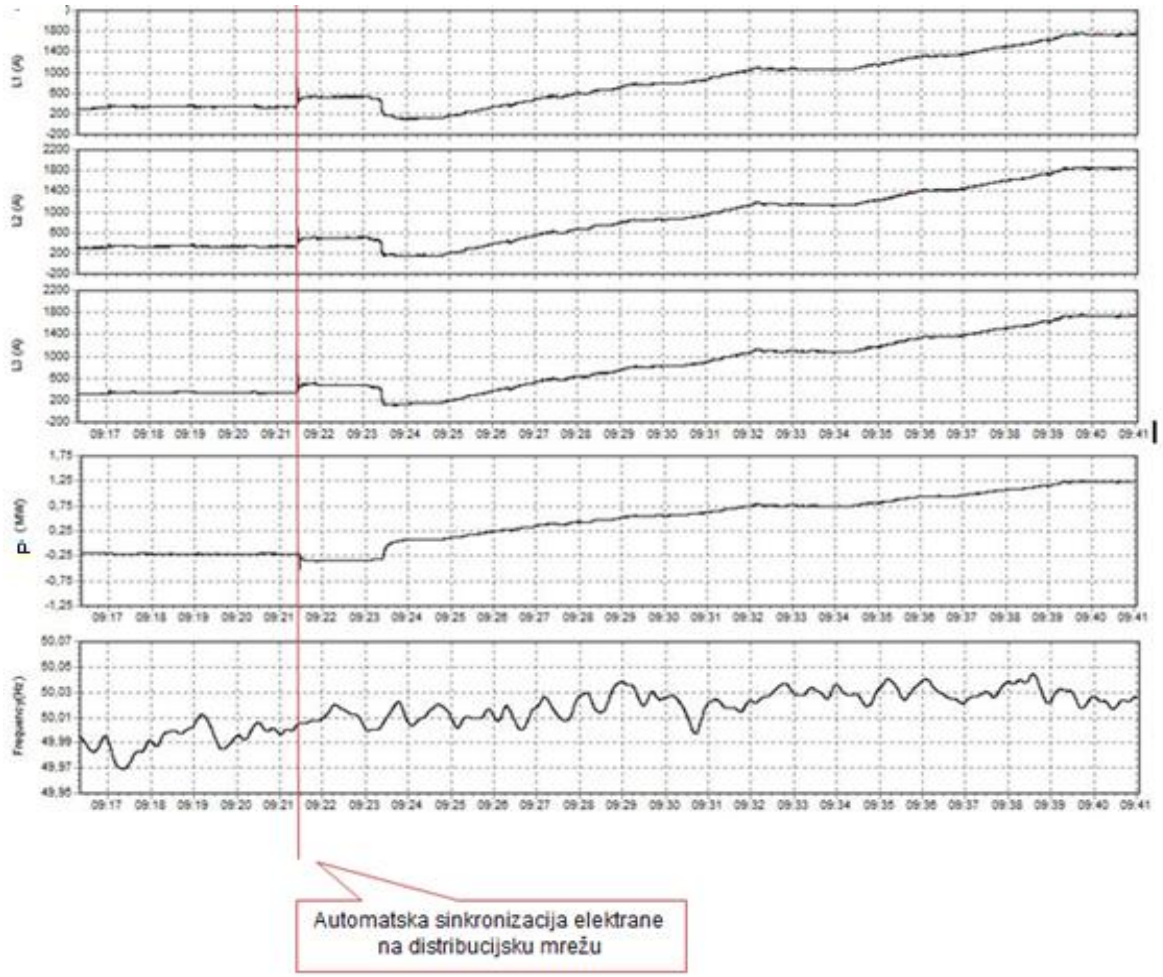
Slijedeće slike (slike 4.4.-4.7.) daju prikaz mjernih parametara na 0,4 kV strani blok transformatora +BT u ormaru =NE+KTR BE-TO Sava (odvod prema distributivnoj mreži) za ručnu i automatsku sinkronizaciju.



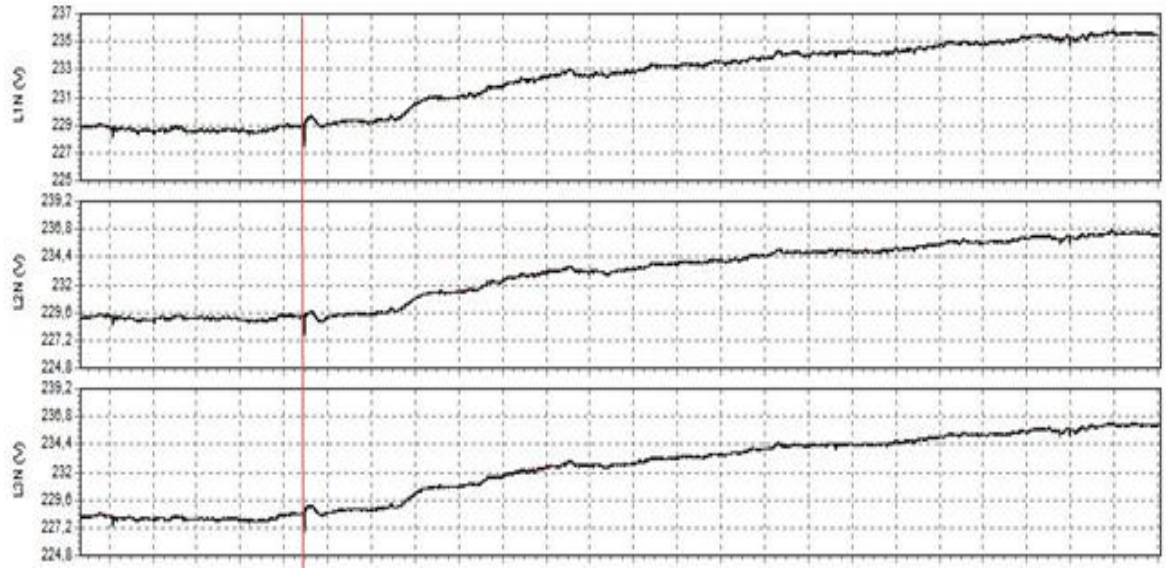
Sl. 4.4. *Prikaz promjene struja i frekvencije pri ručnoj sinkronizaciji elektrane s mrežom* [11].



Sl. 4.5. *Prikaz promjene faznih napona pri ručnoj sinkronizaciji elektrane s mrežom* [11].



Sl. 4.6. *Prikaz promjene struja i frekvencije pri automatskoj sinkronizaciji elektrane s mrežom* [11].



Sl. 4.7. *Prikaz promjene faznih napona pri automatskoj sinkronizaciji elektrane s mrežom* [11].

4.4. Ispitivanje isključenja elektrane

Ispitivanje isključenja elektrane sažeto je objašnjeno u tablici 4.2.

Tab. 4.2. *Sažetak ispitivanja isključenja elektrane* [6].

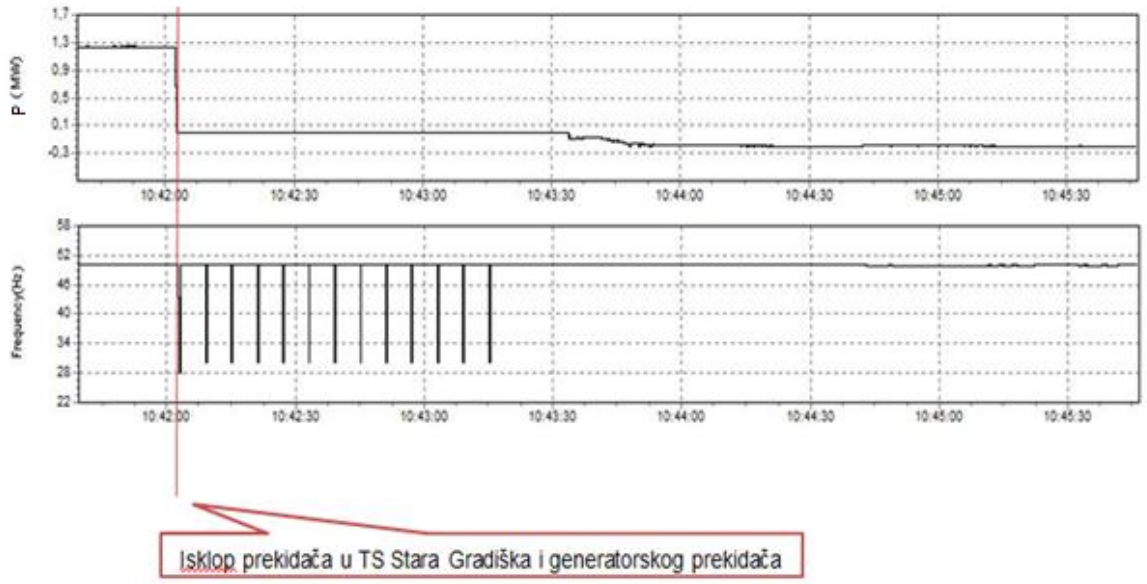
Svrha:	Provjera, demonstracija i verifikacija isklopa generatorskog prekidača (QGEN) po nalogu operatera elektrane BE-TO Sava, praćenje tokova djelatne i jalove energije.
Očekivani rezultati:	Potvrda uspješnog isključenja generatora s mreže isklapanjem generatorskog prekidača potaknutog operaterom elektrane sa SCADE, lokalna i daljinska mjerenja su kompletna i ispravna.
Postupak:	Isključenje generatorskog prekidača s automatskim rasterećenjem snage 100 % P_{NOM}

Potrebno je provesti slijedeće aktivnosti, odnosno radnje i stanja:

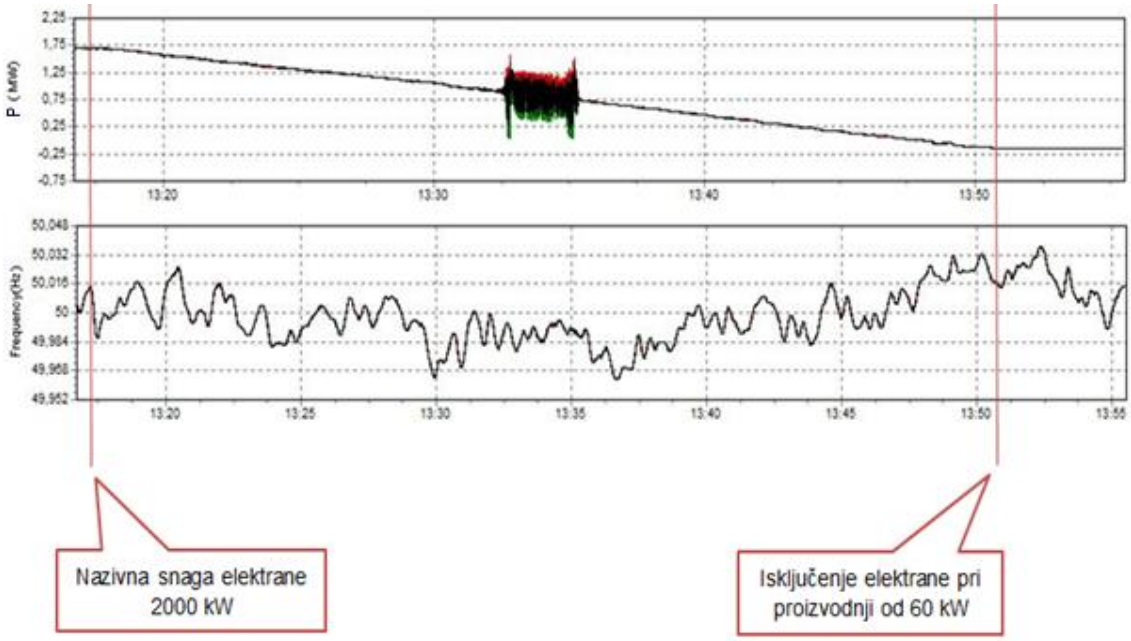
Isključenje generatora s mreže nalogom operatera s automatskim rasterećenjem generatora od 100 % P_{NOM} do cca 75 % $P_{NOM.}$

- Turboagregat/generator je u paralelnom radu s mrežom.
- Proizvodnju turboagregata/generatora podesiti na 100 % P_{NOM}
- Sa SCADA sustava elektrane operater zadaje isključenje elektrane s automatskim rasterećenjem generatora.
- Generator se rasterećuje po zadanoj rampi do cca 75 % P_{NOM} i kad postigne zadanu snagu automatski se isključuje generatorski prekidač -QGEN/=NE+KGS, a turbina s pomoćnim pogonima ide u normalno zaustavljanje do brzine 0 % n_{NOM}.

Mjerenje promjene djelatne i jalove snage, te struja, napona i frekvencija vrši se u elektrani BE-TO Sava te u TS Stara Gradiška i u CDU Elektre Slavonski Brod, te je bilo potrebno zabilježiti sve eventualne prorade zaštita turboagregata [6].



Sl. 4.8. *Prikaz isključenja elektrane sa Pn=100 %* [11].



Sl. 4.9. *Prikaz isključenja elektrane sa rasterećenjem generatora do 75 % Pn* [11].

4.5. Ispitivanje djelovanja relejne zaštite i blokada pri odstupanju od uvjeta paralelnog pogona - provjera zaštite od otočnog rada elektrane

Navedeno ispitivanje je ukratko sažeto dolje prikazanom tablicom.

Tab. 4.3. *Sažetak ispitivanja istoimenosti faza i okretnog polja* [6].

Svrha:	Provjera da elektrana ima djelotvornu zaštitu od otočnog pogona, provjera nadzora i upravljanja, te prosljeđivanje informacija o proradi zaštite
Očekivani rezultata:	Očekuje se efikasna prorada zaštite od otočnog rada odvajanjem elektrane s mreže isključenjem generatorskog prekidača unutar 300 ms.
Postupak:	Simulirati ispad mreže isključenjem prekidača u TS u trenutku kada je struja koja protječe kroz prekidače bliska ili jednaka 0 A.

Dakle, ovo ispitivanje je podrazumijevalo slijedeće radnje/aktivnosti:

Simulacija otočnog rada za slučaj ravnoteže proizvodnja - opterećenje na 35 kV-tnom postrojenju TS Okučani u VP 35 kV Nova Gradiška 1 pri predaji približno 100 % P_{NOM} (cca. 1700 – 1800 kW).

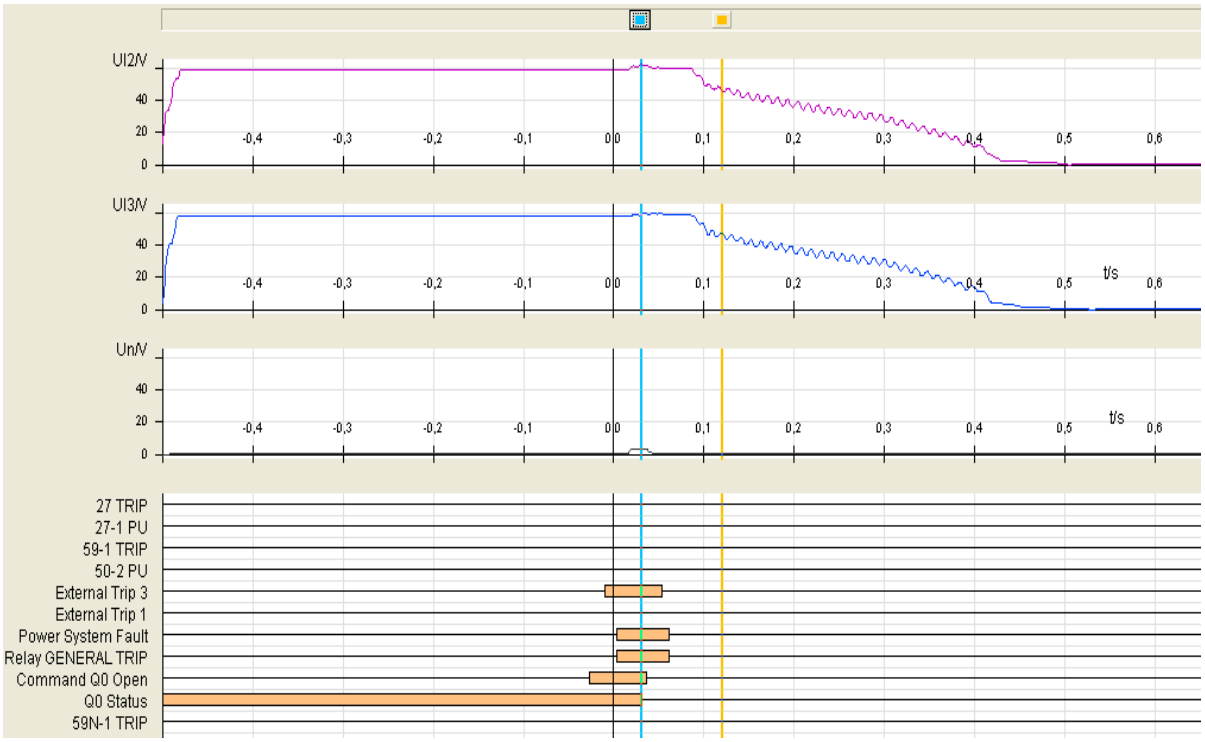
1. Pripadajuća Elektra poduzima odgovarajuće operacije u cilju postizanja uvjeta u kojima je trenutni teret na sabirnicama 35 kV u TS Okučani sa uključenim vodom za napajanje TS Stara Gradiška što bliži trenutnoj proizvodnoj snazi elektrane BE-TO Sava.
2. Voditelj ispitivanja na zahtjev dispečera podešava proizvodnju kako bi se uspostavila ravnoteža proizvodnja - opterećenje na VP 35 kV Nova Gradiška 1 u TS Okučani.
3. Praćenjem struje u 35 kV-tnom vodu (ili vodovima) za napajanje TS Okučani konstatira se postizanje ravnoteže proizvodnja - opterećenje.
4. Kada kroz prekidač (prekidače) za odvajanje TS Okučani teče struja približno 0 (nula) a dispečer daje nalog za njegovo (ili njihovo) isključenje, odnosno za odvajanje TS Okučani. Elektrana BE-TO Sava ostaje u otočnom radu na nivou TS Stara Gradiška + TS Okučani do prorade zaštite.
5. Konstatirati kako je zaštita elektrane djelovala (da li je uopće djelovala, a ako je koja, kojim redoslijedom i u kojem vremenu.
6. Kontinuirano mjeriti sve relevantne veličine a posebno mjerodavne za proradu zaštite (promjena frekvencije, kuta opterećenja i sl.). Snimiti odziv generatora.

Ukoliko se proizvodnja odvojila od mreže unutar 300 ms od nastanka otočnog pogona, pogon bi se smatrao uspješno izvedenim. Ukoliko se to ne dogodi, potrebno je prije svega predložiti, usuglasiti se sa distribucijskom jedinicom te provesti korektivne mjere u elektrani, odnosno ponoviti navedeni pokus [6].

Rezultati ispitivanja:

POKUS 1.

Simulacija ispada prekidača u VP =H06 Stara Gradiška u TS 35/10 kV Okučani. Pokus izveden sa isključenjem prekidača s disbalansom snage proizvodnja - opterećenje P=1,1 MW (snaga mjerena na VP =H6 Stara Gradiška u TS Okučani). Rezultati pokusa su prikazani prema slici 4.1. i 4.2.



Sl. 4.1. *Vremenski prikaz stanja prekidača i promjene faznih napona na =H6 VP Stara Gradiška u TS Okučani* [11].

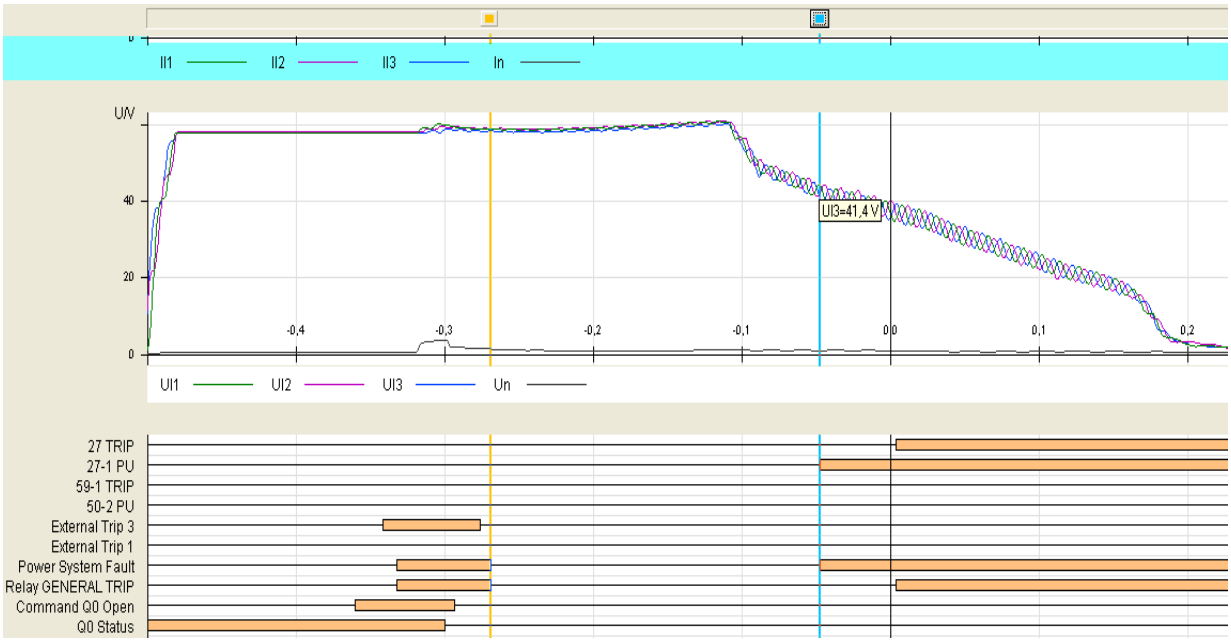
	t in ms
Cursor 1:	120,7
Cursor 2:	31,0
C2 - C1	89,675
C2 + C1	
C2 / C1	
C2 * C1	

Sl. 4.2. *Prikaz vremena od stanja prekidač isključen do pada faznog napona ispod 0,8*Un* [11].

Prema slici 4.1. dan je vremenski prikaz stanja prekidača i promjene faznih napona na VP =H6 Stara Gradiška u TS 35/10 kV Okučani, kursor označen žutom bojom označava trenutak kada je prekidač na VP =H6 Stara Gradiška u položaju isključen, dok plavi kursor označava trenutak u kojem fazni napon mjeren na NMT u polju =H6 Stara Gradiška manji od 0,8*Un. Na slici 4.2. prikazano je vremensko trajanje od isključenja prekidača do pada faznog napona na vrijednost manju od 0,8*Un, vrijeme iznosi T=89 ms, a vrijeme mjereno u SCADA sustavu iznosi T=102 ms, razlika u mjerenju 13 ms, što prema PPI zadovoljava uvjet da vrijeme isključenja elektrane iz otočnog pogona mora biti unutar 300 ms.

POKUS 2.

Simulacija ispada prekidača u VP =H06 Stara Gradiška u TS 35/10 kV Okučani. Pokus izveden sa isključenjem prekidača s disbalansom snage proizvodnja - opterećenje P=0,6 MW (snaga mjerena na VP =H6 Stara Gradiška u TS Okučani). Rezultati pokusa su prikazani prema slici 4.3.



Sl. 4.3. *Vremenski prikaz stanja prekidača i promjene faznih napona na =H6 VP Stara Gradiška u TS Okučani* [11].

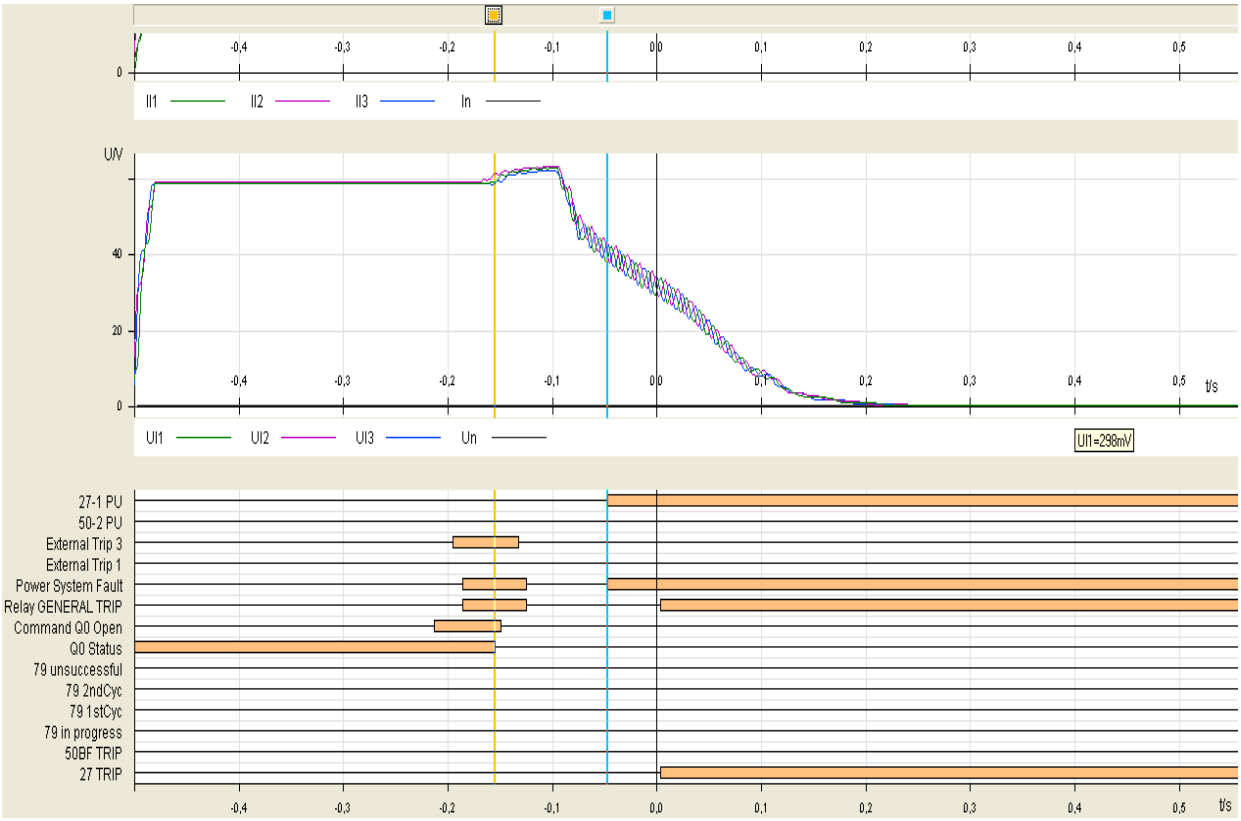
	t in ms
Cursor 1:	-269,0
Cursor 2:	-47,0
C2 - C1	-222,000
C2 + C1	
C2 / C1	

Sl. 4.4. *Prikaz vremena od stanja prekidač isključen do pada faznog napona ispod 0,8*Un* [11].

Prema slici 4.3. dan je vremenski prikaz stanja prekidača i promjene faznih napona na VP =H6 Stara Gradiška u TS 35/10 kV Okučani, kursor označen žutom bojom označava trenutak kada je prekidač na VP =H6 Stara Gradiška u položaju isključen, dok plavi kursor označava trenutak u kojem fazni napon mjeren na NMT u polju =H6 Stara Gradiška manji od 0,8*Un. Na slici 4.4. prikazano je vremensko trajanje od isključenja prekidača do pada faznog napona na vrijednost manju od 0,8*Un, vrijeme iznosi T=222 ms, a vrijeme mjereno u SCADA sustavu iznosi T=238 ms, razlika mjerenja vremena je 16 ms, što prema PPI zadovoljava uvjet da vrijeme isključenja elektrane iz otočnog pogona mora biti unutar 300 ms.

POKUS 3.

Simulacija otočnog rada za slučaj ravnoteže proizvodnja - opterećenje na 35 kV postrojenju TS Okučani u VP =H1 Nova Gradiška 1 pri predaji približno 1,7 MW sa disbalansom 0,1 MW mjereno na VP =H1 Nova Gradiška 1.



Sl. 4.5. *Vremenski prikaz stanja prekidača i promjene faznih napona isključenjem prekidača na VP =H1 Nova Gradiška sa disbalansom snage 0,1 MW* [11].

	t in ms
Cursor 1:	-155,0
Cursor 2:	-47,0
C2 - C1	-108,000
C2 + C1	
C2 / C1	
C2 * C1	

Sl. 4.6. *Prikaz vremena od stanja prekidač isključen do pada faznog napona ispod 0,8*Un* [11].

Pokusom je potvrđeno da od trenutka isključenja prekidača na VP =H1 Nova Gradiška 1 u TS Okučani do pada faznih napona na vrijednost 0,8*Un, što potvrđuje i start podnaponske zaštite (27 PU), pri disbalansu snage 0,1 MW elektrana odvojena od mreže u T=108 ms (slika 4.6.), vrijeme mjereno na SCADA sustavu je 120 ms, razlika mjerenja vremena je 12 ms, što prema PPI zadovoljava uvjet da vrijeme isključenja elektrane iz otočnog pogona mora biti unutar 300 ms.

Prethodno prikazane slike sadržavaju oznake koje su nadalje pobliže pojašnjene:

- Q0 STATUS – predstavlja stanje u kojem je prekidač uključen
- Command Q0 Open – izdavanje naloga isklopa prekidača
- 27 PU – Start podnaponske zaštite (podešena je na 0,8*Un i vrijeme zatezanja t=0,05 s samo u svrhu ispitivanja vremena odvajanja elektrane sa mreže na VP =H1 Nova Gradiška 1 i =H6 Stara Gradiška)
- 79 in Progress – funkcija APU-a u tijeku izvođenja
- 79 1stCyc – u tijeku izvođenje funkcije APU-a s vremenom odgode 400 ms
- Relay General trip – izdavanje naloga releja na isključenje prekidača uzrokovano aktiviranjem pojedine zaštite [11].

4.6. Ispitivanje povratnog djelovanje na mrežu uslijed prolaska elektrane kroz ciklus APU-a

Svrha ovog ispitivanja je provjera ponašanja elektrane BE-TO Sava d.o.o. tijekom kvara u mreži i ciklusa APU-a (automatski ponovni uklop), provjera osmotrivosti elektrane, odnosno praćenje tokova djelatne i jalove snage.

Očekuje se potvrda prepoznavanja otočnog rada elektrane za vrijeme trajanja ciklusa APU-a i pravodobnog isključenja (t < 300 ms) generatora s mreže, lokalna i daljinska mjerenja su kompletna i ispravna.

Što se tiče samog postupka provođenja ispitivanja, navodi se slijedeće:

Provjera uspješnog odvajanja elektrane s mreže pri kvaru u mreži na koju je elektrana priključena, unutar kratke beznaponske stanke ciklusa APU-a (400 ms), isključenjem glavnog prekidača -Q0 u polju =H+H1 i generatorskog prekidača –QGEN/=NE+KGS elektrane BE-TO Sava.

Sekundarnim ispitivanjem potrebno je provjeriti podešenje startne vrijednosti podnaponske i nadstrujne zaštite i vrijeme djelovanja zaštite u elektrani BE-TO Sava, kao i ukupno vrijeme potrebno za odvajanje elektrane od mreže (vlastito vrijeme podnaponske ili nadstrujne zaštite, zaštite od otočnog rada te vrijeme isključenja prekidača) te utvrditi da je vrijeme za odvajanje elektrane od mreže barem 100 ms kraće od najkraće beznaponske pauze u razmatranoj mreži, odnosno da se elektrana mora odvojiti od mreže minimalno 100 ms prije ponovnog uklopa kako bi se luk na mjestu prolaznog kvara uspio ugasiti. To, kao i uspješno provedeni pokus otočnog pogona, su minimalni uvjeti koji trebaju biti zadovoljeni da se može pristupiti ispitivanju prolaska elektrane kroz APU.

Ako je ukupno vrijeme odvajanja elektrane veće od 300 ms isto se zapisnički konstatira, te se konstatira da elektrana nije ispunila tražene uvjete za priključenje na mrežu i nije spremna za primjereni paralelni pogon s mrežom. Ukoliko je tako, potrebno je predložiti i provesti nužne korektivne mjere kako bi elektrana bila spremna za ponavljanje ovog pokusa, jer bez uspješno provedenog ovog pokusa elektrana ne smije biti u paralelnom pogonu s mrežom.

Dakle, ovo ispitivanje je podrazumijevalo slijedeće radnje/aktivnosti i stanja:

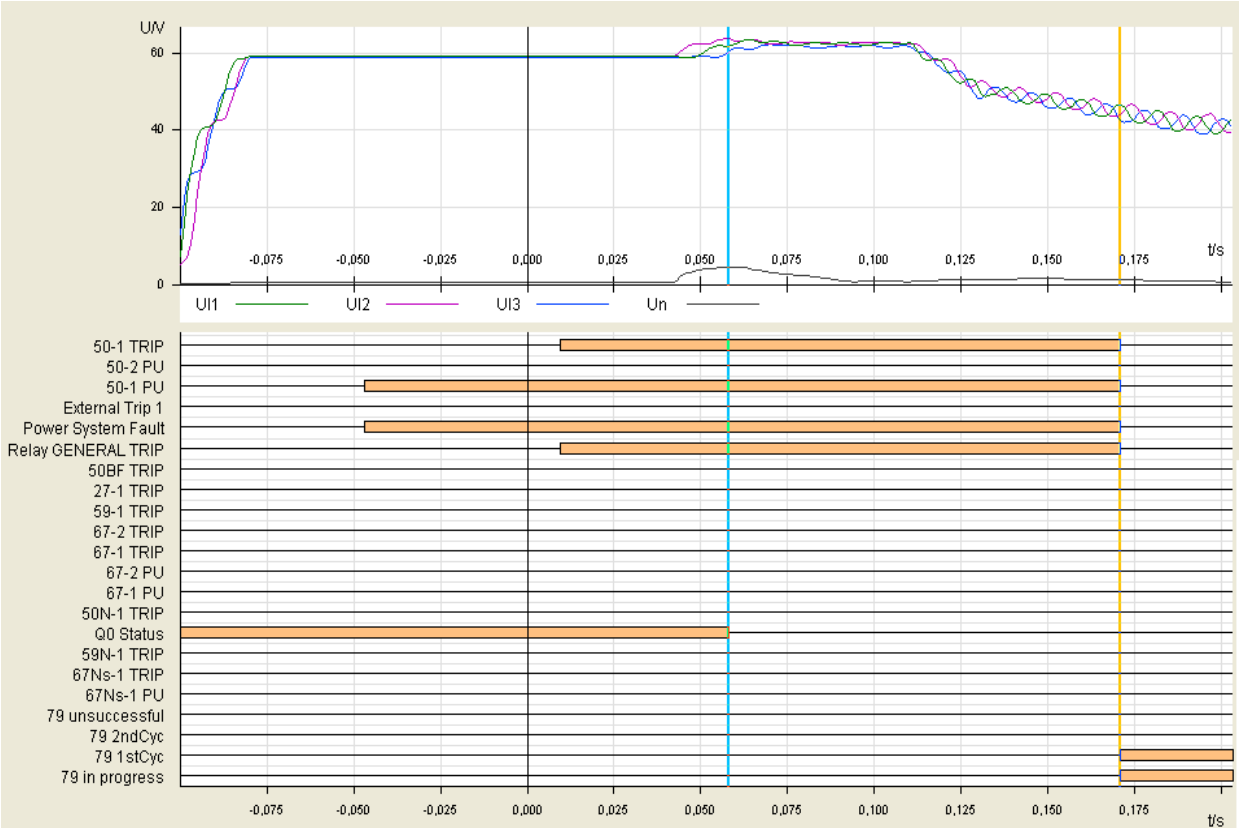
1. Elektrana je u paralelnom radu sa mrežom i radi na tehničkom minimumu cca 1500 kW.

2. Za prvi dio ispitivanja potrebno je blokirati ciklus brzog APU-a na VP 35 kV Stara Gradiška u TS Okučani. Blokiranje ciklusa brzog APU-a radi dispečer u CDU Elektra Slavonski Brod.
3. Operator elektrane daje nalog podizanja proizvodnje na blizu 100 % P_{NOM} (2000 kW).
4. Kada je elektrana dostigla proizvodnju blizu 100 % P_{NOM} dispečer u CDU Elektra Slavonski Brod daje nalog za isklop prekidača u VP 35 kV Stara Gradiška u TS Okučani.
5. Bilo je potrebno konstatirati vrijeme odvajanja elektrane od mreže (isklop glavnog prekidača -Q0 u polju =H+H1 elektrane)
6. Ukoliko je u dva uzastopna pokusa vrijeme isključenja glavnog prekidača -Q0 manje od 300 ms, bilo je potrebno ponoviti test s uključenim ciklusom brzog APU-a podešenog na 400 ms [6].

Rezultati ispitivanja:

Pokus izveden na VP =H6 Stara Gradiška u TS Okučani, elektrana u paralelnom radu sa mrežom i radi na tehničkom minimumu P=1,7 MW, disbalans snage je 1,1 MW.

Opis pokusa: U VP =H6 Stara Gradiška generirana je sekundarna struja te aktivira nadstrujnu zaštitu koja primarno isključuje prekidač polja =H6, nakon 400 ms ciklus brzog APU-a ponovno uključuje prekidač i polje ostaje uključeno. Na slici 4.7. prikazan je vremenski tok promjene faznih napona, stanja prekidača i početak ciklusa APU-a.



Sl. 4.7. *Vremenski prikaz stanja prekidača i promjene faznih napona na =H6 VP Stara Gradiška u TS Okučani prilikom prolaska elektrane kroz kratki ciklus APU-a 0,4 s* [11].

Na slici 4.7. vidljivo je da aktiviranje nadstrujne zaštite (50-1 PU) koja isključuje prekidač – stanje Q0 status isključen označen sa plavim kursorom. Žuti kursor prikazuje aktivan ciklus kratkog APU-a i odbrojavanje vremena 400 ms, gdje je vidljivo da su fazni naponi pali na vrijednost manju od 0,8*Un što se može konstatirati da je elektrana odvojena od mreže za vrijeme T=113 ms (slika 4.8.), vrijeme mjereno na SCADA sustavu je izmjereno 121 ms, razlika u mjerenju vremena iznosi 8 ms. [11].

Pokus potvrđuje da elektrana zadovoljava uvjet vremena isključenja unutar 300 ms.

	t in ms
Cursor 1:	171,0
Cursor 2:	58,0
C2 - C1	113,000
C2 + C1	
C2 / C1	
C2 * C1	

Sl. 4.8. *Prikaz vremena od stanja prekidač isključen do pada faznog napona ispod 0,8*Un* [11].

5. UTJECAJ ELEKTRANE NA MREŽU

5.1. Općenito o parametrima kvalitete električne energije i mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava

Kvaliteta napona sukladna normi *HRN EN 50160:2012* postiže se ograničavanjem povratnog utjecaja korisnika na distribucijsku mrežu.
Prije i nakon puštanja u pokusni rad mora se mjeriti kvaliteta napona prema normi *HRN EN 50160:2012* i Mrežnim pravilima (*Mrežna pravila elektroenergetskog sustava NN 177/04, NN 36/6*) te provjeriti jesu li izmjerene vrijednosti unutar zadanih granica.

Europska norma određuje, opisuje i specificira karakteristike napona za distributivne mreže niskog i srednjeg napona pri normalnim pogonskim uvjetima čije su vrijednosti prikazane u tablici 5.1.

Tab. 5.1. *Granične vrijednosti parametara kvalitete napona prema normi HRN EN 50160:2012* [1].

	Granične vrijednosti	Mjerni i vrijednosni parametri			
Parametar		Osnovna veličina	Interval usrednjavanja	Promatrano razdoblje	Granice (%)
Frekvencija	49,5 do 50,5 Hz	Prosječna vrijednost	10 s	1 godina	99,5
	47 – 52 Hz				100
Spore promjene napona	Un±10 %	Efektivna vrijednost	10 minuta	1 tjedan	95
	Un+10 % / -15 %			1 tjedan	100
Treperenje napona (flikeri)	$P_{lt} < 1$	Algoritam flikera	10 minuta 2 h	1 tjedan	95
Nesimetrija napona	< 2 %	Efektivna vrijednost	10 minuta	1 tjedan	95
Viši harmonici napona	THD	Efektivna vrijednost	10 minuta	1 tjedan	95

Mrežna pravila elektroenergetskog sustava (NN 177/04, NN 36/6)

Prema mrežnim pravilima se uređuje pogon i način vođenja, razvoj i izgradnja te uspostavljanje priključaka na prijenosnu i distribucijsku mrežu u elektroenergetskom sustavu, kao i mjerna pravila za obračunsko mjerno mjesto. Mrežnim pravilima propisuju se tehnički i drugi uvjeti za: priključak korisnika na mrežu, siguran pogon elektroenergetskog sustava radi pouzdane opskrbe kvalitetnom električnom energijom, međusobno povezivanje i djelovanje mreža te obračunsko mjerenje električne energije. Dozvoljena odstupanja (povećanja) vrijednosti parametara kvalitete napona prema Mrežnim pravilima za ispunjavanje minimalnih tehničkih navedena su u nastavku.

- Vrijednost (THD) napona (95 % 10-minutnih prosjeka za razdoblje od tjedan dana) uzrokovanog priključenjem proizvođača i/ili kupca na mjestu preuzimanja i/ili predaje može iznositi najviše: – na razini napona 0,4 kV: 2,5 %, – na razini napona 10 kV i 20 kV: 2,0 %, – na razini napona 30 kV i 35 kV: 1,5 %.

- Vrijednosti indeksa jačine flikera uzrokovanih priključenjem proizvođača i/ili kupca na mjestu preuzimanja i/ili predaje mogu iznositi najviše: – za kratkotrajne flikere (P_{st}): 0,7, – za dugotrajne flikere (P_{lt}): 0,5.

- Nesimetrija napona (95 % 10-minutnih prosjeka efektivnih vrijednosti napona za razdoblje od tjedan dana) < 1,3 % nazivnog napona.

5.2. Mjerenje kvalitete električne energije na obračunskom mjernom mjestu prije priključenja elektrane

Frekvencija napona:

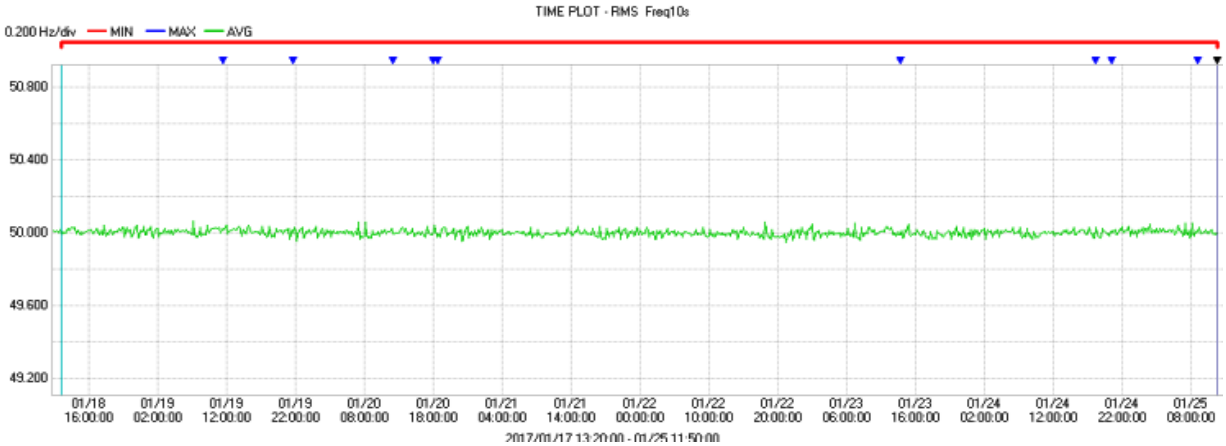
Nominalna frekvencija iznosi 50,00 Hz.

Definicija parametra: Srednja vrijednost osnovne frekvencije mjerena preko 10 s.

Ograničenja: Podrazumijeva se za sustave s sinkronom vezom međusobno povezanih sustava.

Tab. 5.2. *Tablica zahtjeva i mjerene frekvencije* [3].

EN50160 Zahtjev	Mjerena frekvencija	Rezultat
99,5 % od dana: 49,50 – 50,50 Hz	49,94 Hz ~ 50,06 Hz	ZADOVOLJAVA
100 % od dana: 47,00 – 52,00 Hz	49,94 Hz ~ 50,06 Hz	ZADOVOLJAVA



Sl. 5.1. *Grafički prikaz frekvencije prije priključenja elektrane* [3].

Varijacije napona napajanja

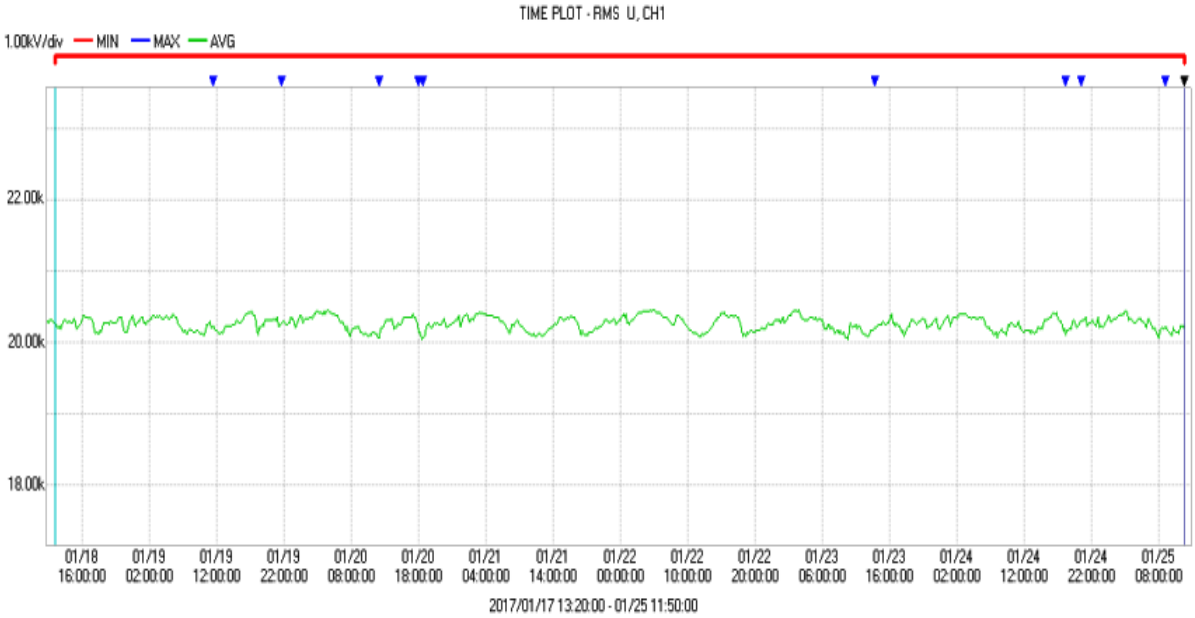
Nominalni napon iznosi 10,00 kV L-L

Definicija parametra: 10 minutna srednja RMS vrijednost napona

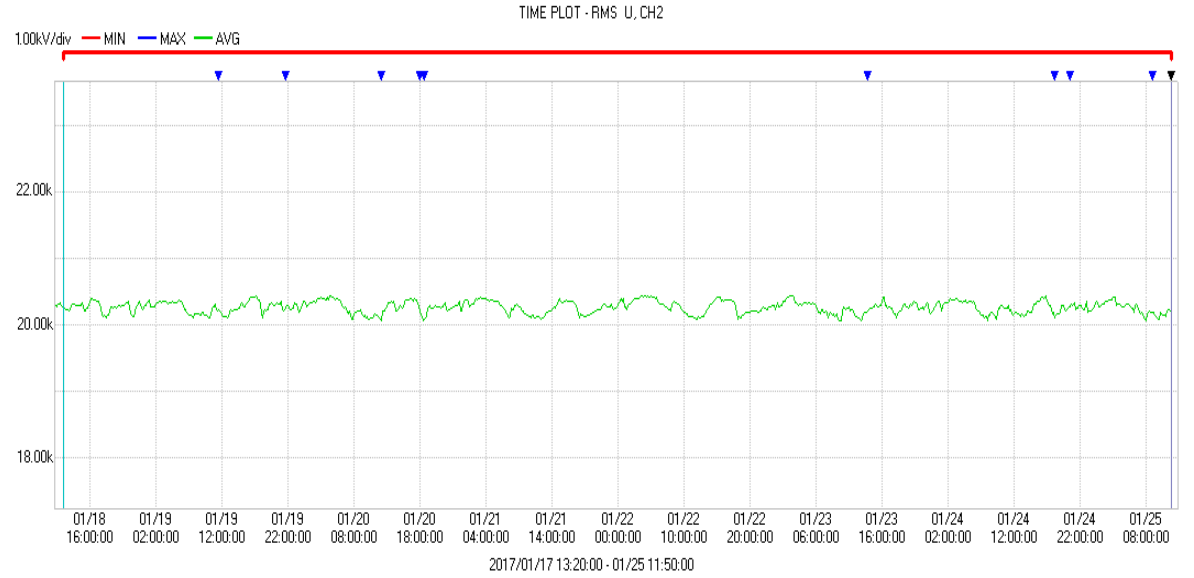
Ograničenja: Podrazumijeva se za sustave s sinkronom vezom međusobno povezanih sustava.

Tab. 5.3. *Tablica zahtjeva i mjerenog napona po fazama* [3].

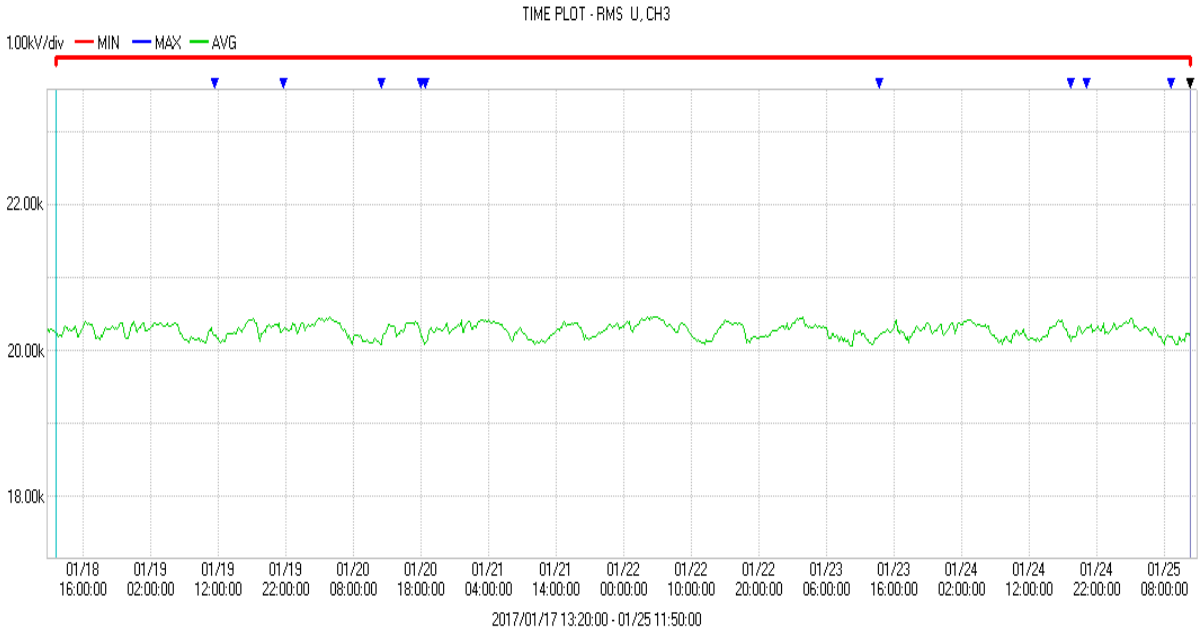
EN50160 Zahtjev	Mjereni napon L1	Mjereni napon L2	Mjereni napon L3	Rezultat
95 % od dana: 18,18 – 22,22 kV	19,76 kV ~ 20,24 kV	19,87 kV ~ 20,32 kV	19,86 kV ~ 20,31 kV	ZADOVOLJAVA
100 % od dana: 17,17 – 22,22 kV	19,47 kV ~ 20,28 kV	19,68 kV ~ 20,36 kV	19,58 kV ~ 20,35 kV	ZADOVOLJAVA



Sl. 5.2. *Grafički prikaz napona faze L1 prije priključenja elektrane* [3].



Sl. 5.3. *Grafički prikaz napona faze L2 prije priključenja elektrane* [3].



Sl. 5.4. *Grafički prikaz napona faze L3 prije priključenja elektrane* [3].

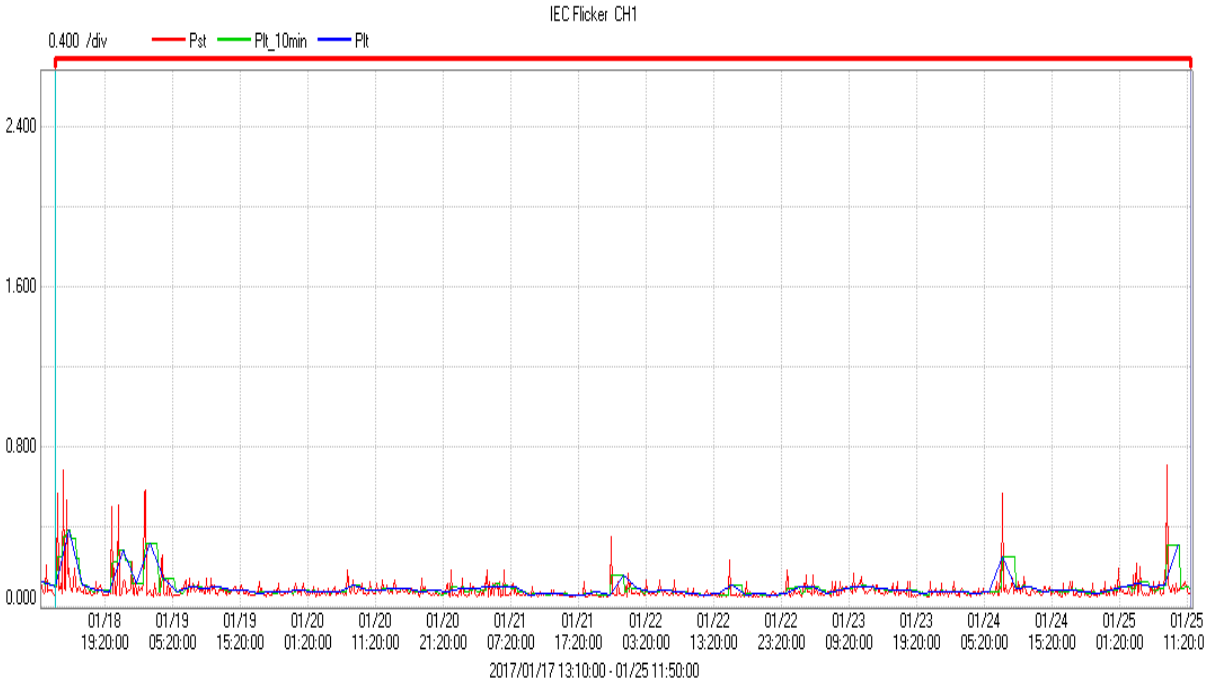
Flikeri

Definicija parametra: Jačina dugotrajnih flikera P_{lt}.

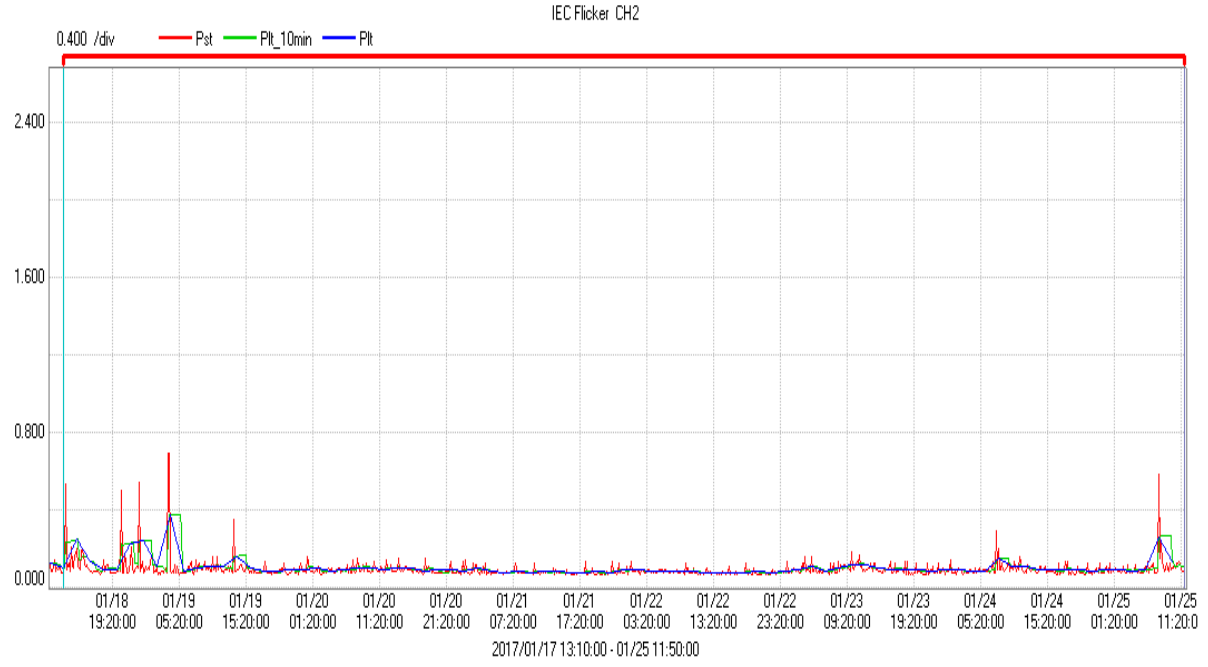
Ograničenja: Podrazumijeva se za normalne radne uvjete.

Tab. 5.4. *Tablica zahtjeva i mjerenih flikera po fazama* [3].

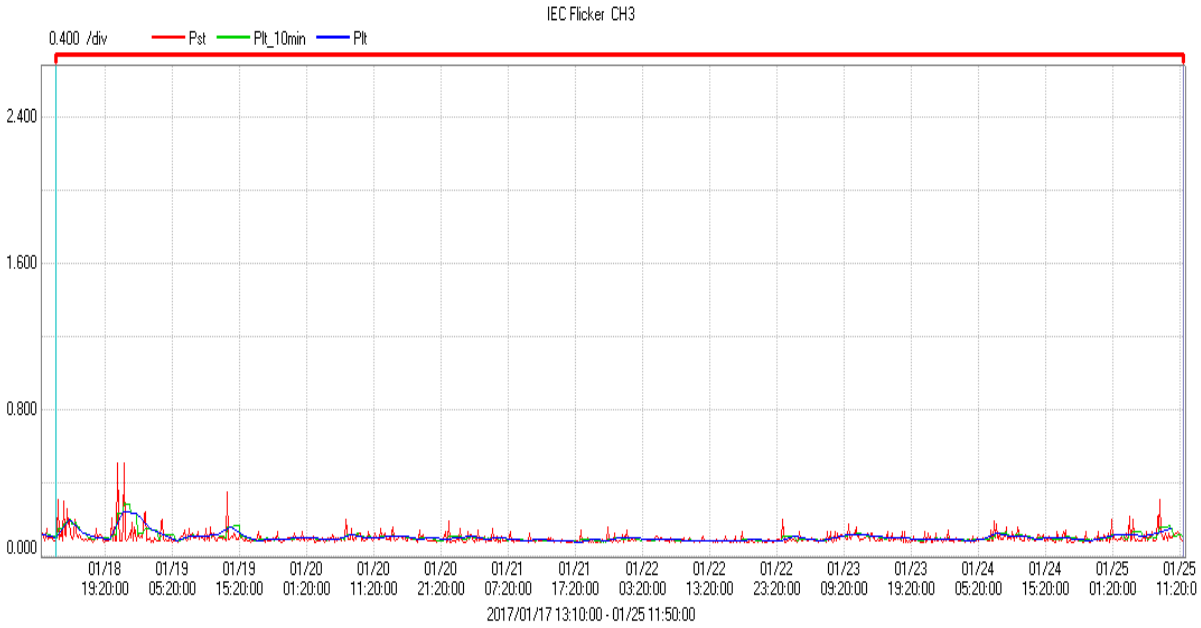
EN50160 Zahtjev	Mjereni L1 P_{lt}	Mjereni L2 P_{lt}	Mjereni L3 P_{lt}	Rezultat
95 % od dana: $P_{lt} \leq 1$	0,101	0,107	0,109	ZADOVOLJAVA



Sl. 5.5. *Grafički prikaz flikera faze L1 prije priključenja elektrane* [3].



Sl. 5.6. *Grafički prikaz flikera faze L2 prije priključenja elektrane* [3].



Sl. 5.7. *Grafički prikaz flikera faze L3 prije priključenja elektrane* [3].

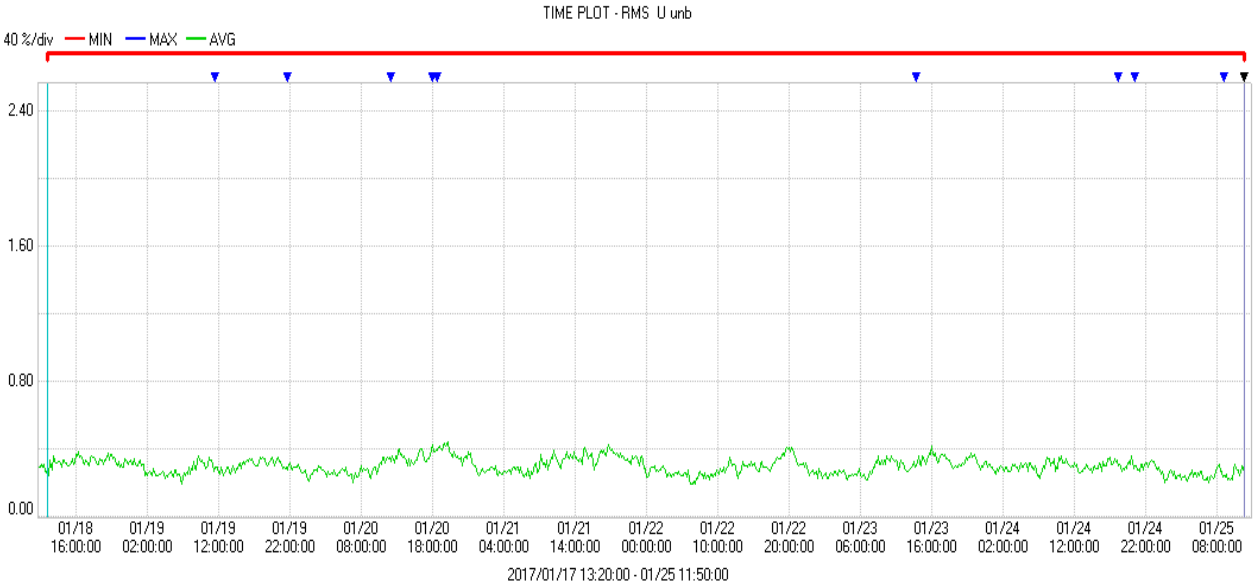
Naponska nesimetrija

Definicija parametra: 10 minutna srednja RMS vrijednost negativne sekvence u2

Ograničenja: Podrazumijeva se za normalne radne uvjete

Tab. 5.5. *Tablica zahtjeva i vrijednosti naponske nesimetrije* [3].

EN50160 Zahtjev	Mjerena nesimetrija	Rezultat
95 % od dana: 0 % ~ 2 % u2	0,30 %	ZADOVOLJAVA



Sl. 5.8. *Grafički prikaz naponske nesimetrije prije priključenja elektrane* [3].

Naponski harmonici

Definicija parametra: 10 minutne srednje RMS vrijednosti svakog individualnog naponskog harmonika

Ograničenja: Podrazumijeva se za normalne radne uvjete

Tab. 5.6. *Tablica L1-N harmonika prije priključenja elektrane* [3].

Neparni harmonici							
nisu višekratnici od 3				višekratnici od 3			
Redoslijed	EN50160 limit	95 % vrijednosti	Rezultat	Redoslijed	EN50160 Limit	95 % vrijednosti	Rezultat
H5	6,0 %	1,37 %	ZAD.	H3	5,0 %	0,32 %	ZAD.
H7	5,0 %	0,50 %	ZAD.	H9	1,5 %	0,07 %	ZAD.
H11	3,5 %	0,06 %	ZAD.	H15	0,5 %	0,03 %	ZAD.
H13	3,0 %	0,07 %	ZAD.	H21	0,5 %	0,05 %	ZAD.
H17	2,0 %	0,07 %	ZAD.				
H19	1,5 %	0,06 %	ZAD.				
H23	1,5 %	0,08 %	ZAD.				
H25	1,5 %	0,05 %	ZAD.				
$U\text{-}THD_{L1}$=		1,52 %					

Parni harmonici			
Redoslijed	EN50160 limit	95 % Vrijednosti	Rezultat
H2	2,0 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H4	1,0 %	0,04 %	ZADOVOLJAVA
H6	0,5 %	0,03 %	ZADOVOLJAVA
H8	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H10	0,5 %	0,00 %	ZADOVOLJAVA
H12	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H14	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H16	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H18	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H20	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H22	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA

Tab. 5.7. *Tablica L2-N harmonika prije priključenja elektrane* [3].

Neparni harmonici							
nisu višekratnici od 3				višekratnici od 3			
Redoslijed	EN50160 limit	95 % vrijednosti	Rezultat	Redoslijed	EN50160 Limit	95 % vrijednosti	Rezultat
H5	6,0 %	1,70 %	ZAD.	H3	5,0 %	0,38 %	ZAD.
H7	5,0 %	0,47 %	ZAD.	H9	1,5 %	0,04 %	ZAD.
H11	3,5 %	0,10 %	ZAD.	H15	0,5 %	0,01 %	ZAD.
H13	3,0 %	0,07 %	ZAD.	H21	0,5 %	0,01 %	ZAD.
H17	2,0 %	0,05 %	ZAD.				
H19	1,5 %	0,03 %	ZAD.				
H23	1,5 %	0,07 %	ZAD.				
H25	1,5 %	0,05 %	ZAD.				
$U\text{-}THD_{L2}$=		1,82 %					

Parni harmonici			
Redoslijed	EN50160 limit	95 % Vrijednosti	Rezultat
H2	2,0 %	0,02 %	ZADOVOLJAVA
H4	1,0 %	0,03 %	ZADOVOLJAVA
H6	0,5 %	0,02 %	ZADOVOLJAVA
H8	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H10	0,5 %	0,00 %	ZADOVOLJAVA
H12	0,5 %	0,00 %	ZADOVOLJAVA
H14	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H16	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H18	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H20	0,5 %	0,00 %	ZADOVOLJAVA
H22	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA

Tab. 5.8. *Tablica L3-N harmonika prije priključenja elektrane* [3].

Neparni harmonici							
nisu višekratnici od 3				višekratnici od 3			
Redoslijed	EN50160 limit	95 % vrijednosti	Rezultat	Redoslijed	EN50160 Limit	95 % vrijednosti	Rezultat
H5	6,0 %	1,74 %	ZAD.	H3	5,0 %	0,27 %	ZAD.
H7	5,0 %	0,54 %	ZAD.	H9	1,5 %	0,05 %	ZAD.
H11	3,5 %	0,07 %	ZAD.	H15	0,5 %	0,03 %	ZAD.
H13	3,0 %	0,08 %	ZAD.	H21	0,5 %	0,05 %	ZAD.
H17	2,0 %	0,07 %	ZAD.				
H19	1,5 %	0,07 %	ZAD.				
H23	1,5 %	0,08 %	ZAD.				
H25	1,5 %	0,06 %					
$U\text{-}THD_{L3}$=		1,87 %					

Parni harmonici			
Redoslijed	EN50160 limit	95 % Vrijednosti	Rezultat
H2	2,0 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H4	1,0 %	0,03 %	ZADOVOLJAVA
H6	0,5 %	0,03 %	ZADOVOLJAVA
H8	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H10	0,5 %	0,00 %	ZADOVOLJAVA
H12	0,5 %	0,00 %	ZADOVOLJAVA
H14	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H16	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H18	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H20	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H22	0,5 %	0,00 %	ZADOVOLJAVA

Ostali parametri kvalitete električne energije:

EN50160: Prekidi

Nema prekida od 18.01.2017. do 25.01.2017.

Nema prekida od 25.04.2017. do 02.05.2017.

EN50160: Propadi

Nema propada od 18.01.2017. do 25.01.2017.

Nema propada od 25.04.2017. do 02.05.2017.

EN50160: Poskoci

Nema poskoka od 18.01.2017. do 25.01.2017.

Nema poskoka od 25.04.2017. do 02.05.2017.

EN50160: Tranzijenti u naponu

Nema tranzijenata od 18.01.2017. do 25.01.2017.

Nema tranzijenata od 25.04.2017. do 02.05.2017.

5.3. Mjerenje kvalitete električne energije na obračunskom mjernom mjestu u pogonu elektrane

Frekvencija napona:

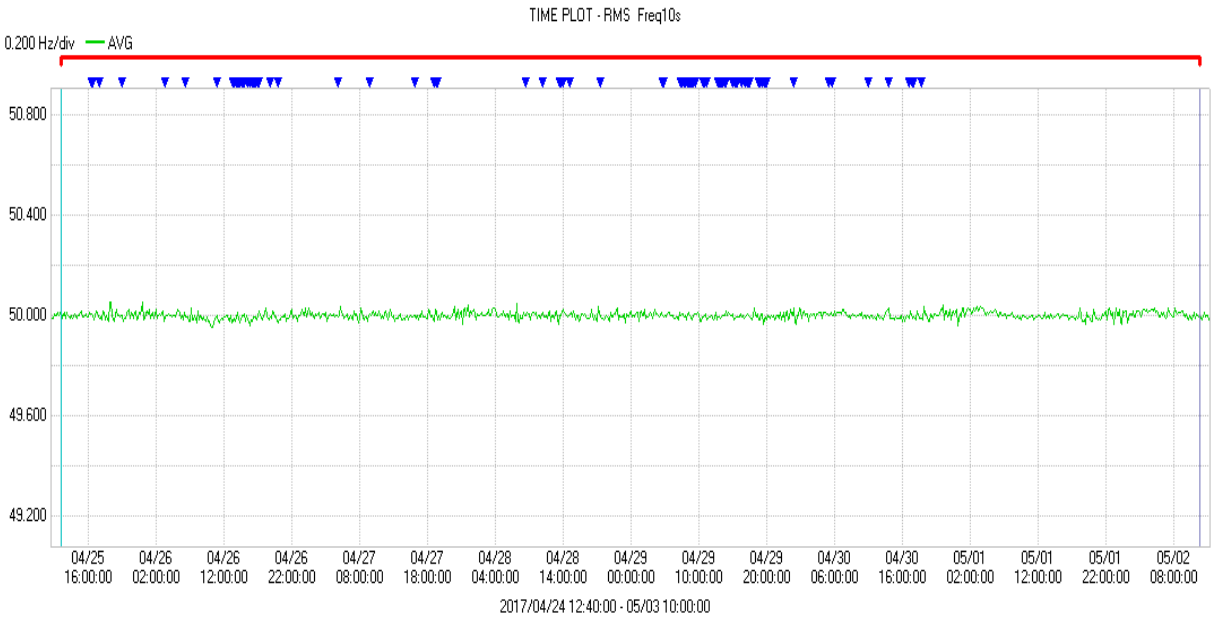
Nominalna frekvencija iznosi 50,00 Hz.

Definicija parametra: Srednja vrijednost osnovne frekvencije mjerena preko 10 s.

Ograničenja: Podrazumijeva se za sustave s sinkronom vezom međusobno povezanih sustava.

Tab. 5.9. *Tablica zahtjeva i mjerene frekvencije* [3].

EN50160 Zahtjev	Mjerena frekvencija	Rezultat
99,5 % od dana: 49,50 – 50,50 Hz	49,94 Hz ~ 50,05 Hz	ZADOVOLJAVA
100 % od dana: 47,00 – 52,00 Hz	49,89 Hz ~ 50,09 Hz	ZADOVOLJAVA



Sl. 5.9. *Grafički prikaz frekvencije nakon priključenja elektrane* [3].

Varijacije napona napajanja

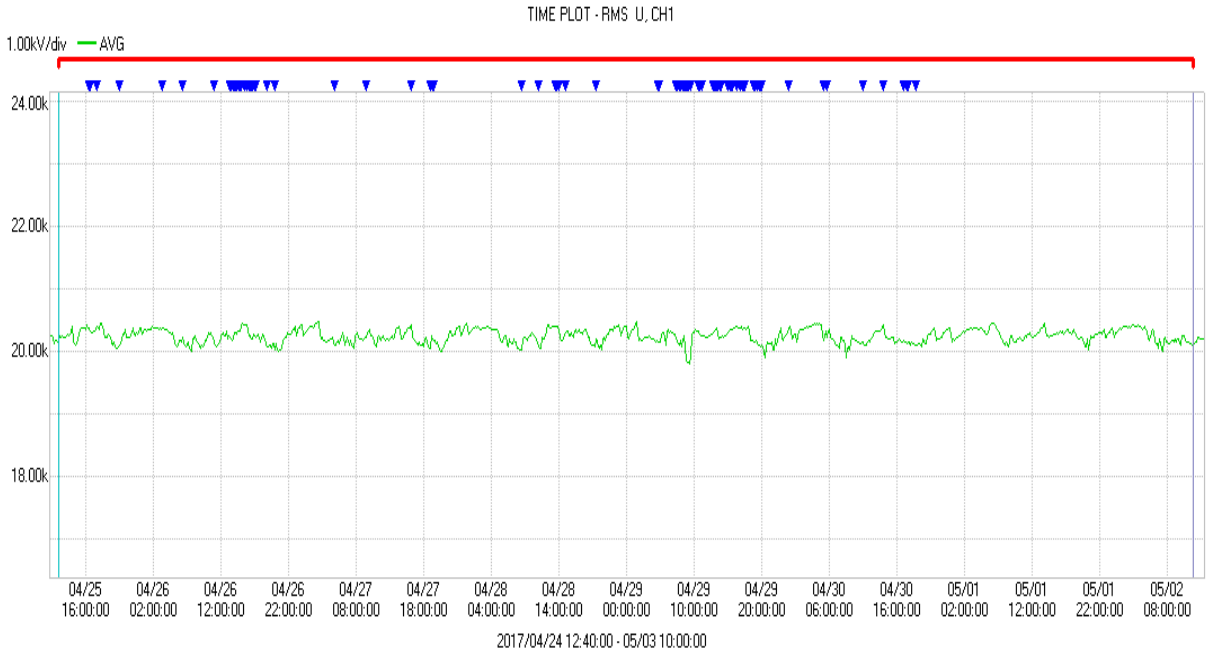
Nominalni napon iznosi 10,00 kV L-L

Definicija parametra: 10 minutna srednja RMS vrijednost napona

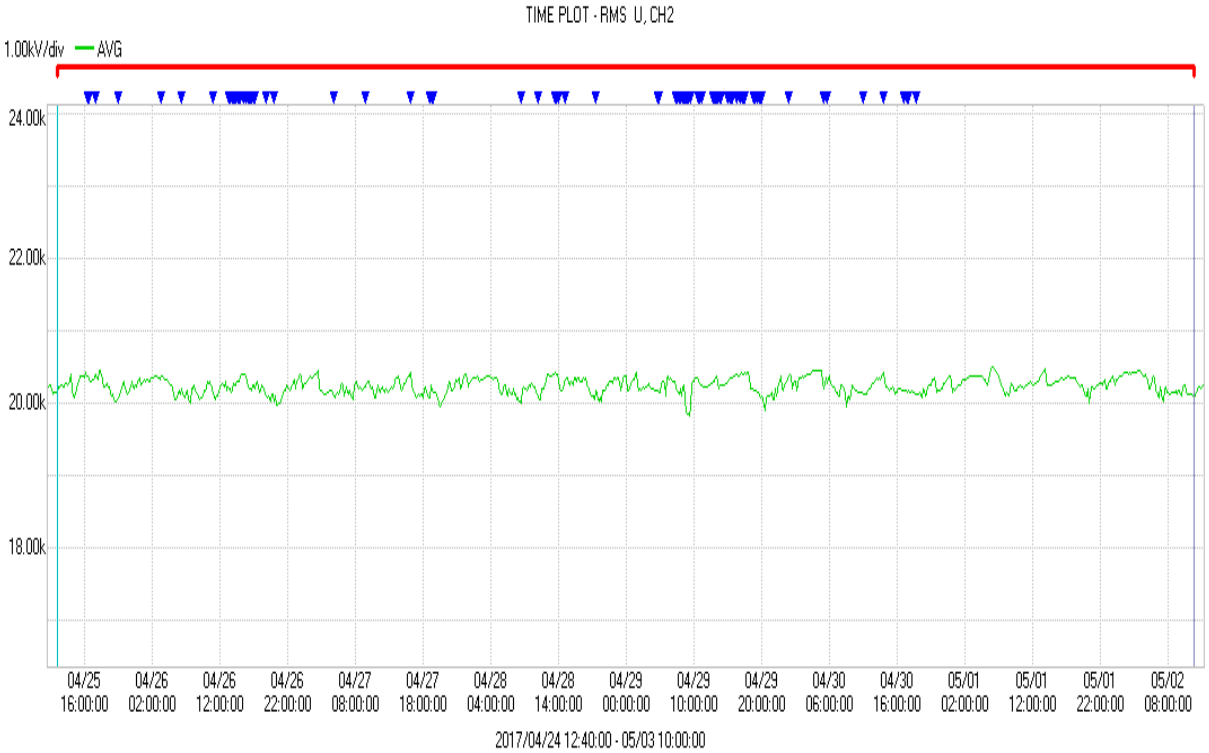
Ograničenja: Podrazumijeva se za sustave sa sinkronom vezom međusobno povezanih sustava.

Tab. 5.10. *Tablica zahtjeva i mjerenog napona po fazama* [3].

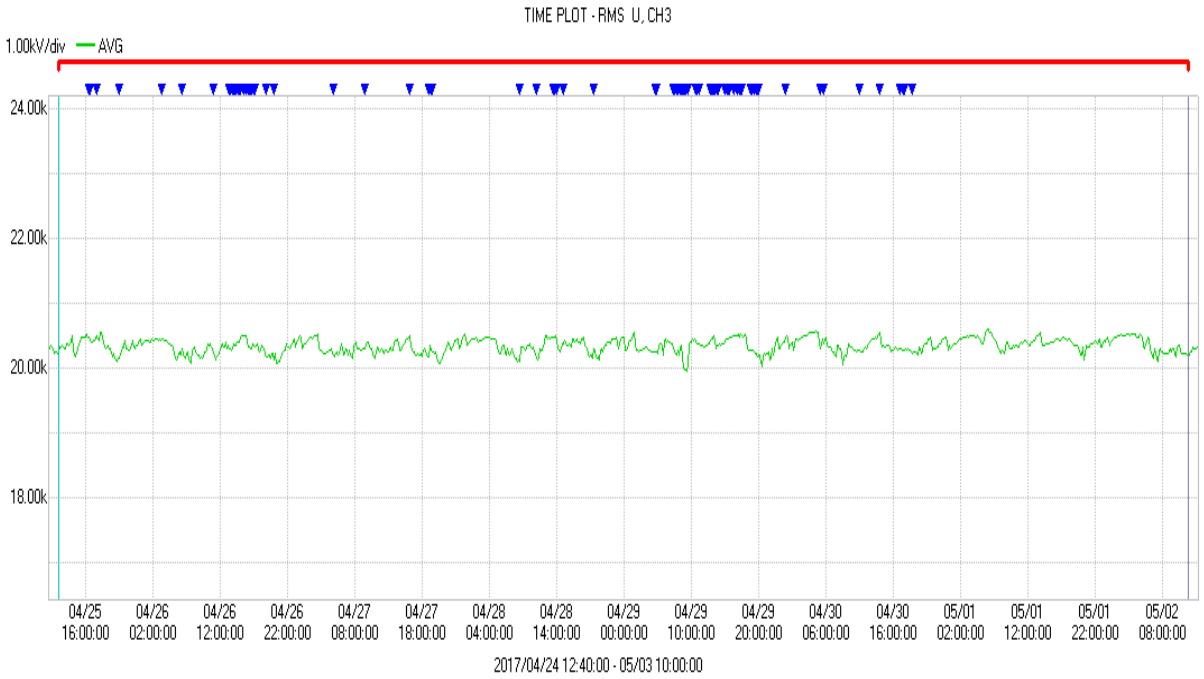
EN50160 Zahtjev	Mjereni napon L1	Mjereni napon L2	Mjereni napon L3	Rezultat
95 % od dana: 18,18 – 22,22 kV	19,81 kV ~ 20,50 kV	19,83 kV ~ 20,50 kV	19,96 kV ~ 20,60 kV	ZADOVOLJAVA
100 % od dana: 17,17 – 22,22 kV	19,35 kV ~ 20,57 kV	19,13 kV ~ 20,64 kV	19,38 kV ~ 20,71 kV	ZADOVOLJAVA



Sl. 5.10. *Grafički prikaz napona faze L1 nakon priključenja elektrane* [3].



Sl. 5.11. *Grafički prikaz napona faze L2 nakon priključenja elektrane* [3].



Sl. 5.12. *Grafički prikaz napona faze L3 nakon priključenja elektrane* [3].

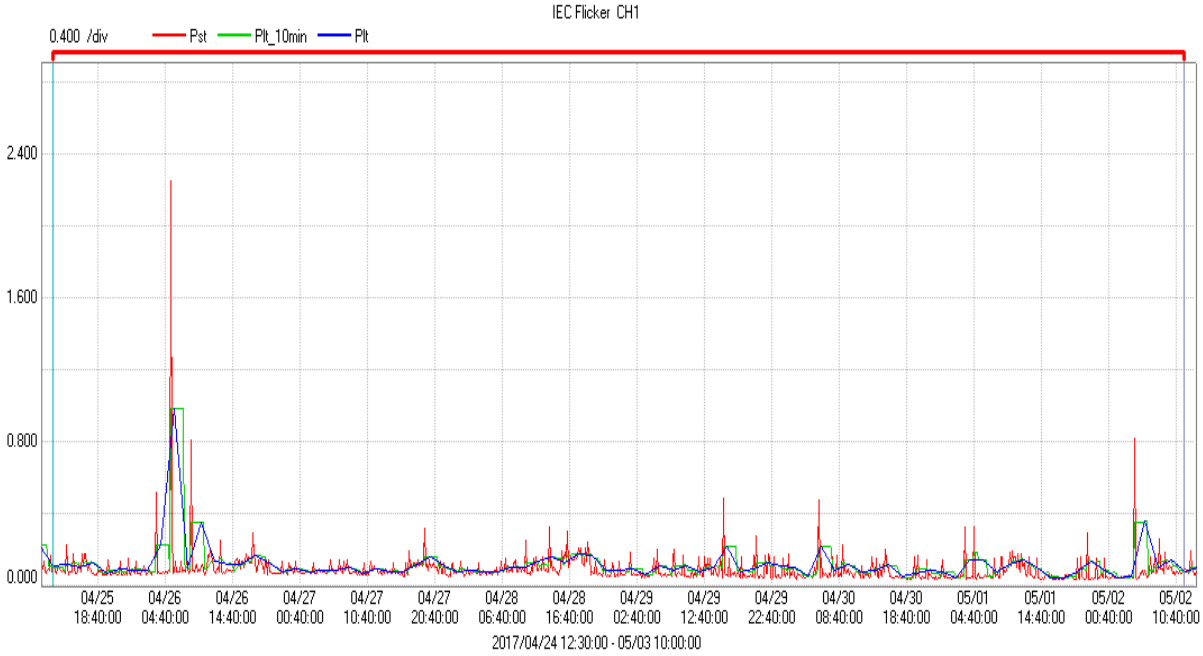
Flikeri:

Definicija parametra: Jačina dugotrajnih flikera P_{lt}.

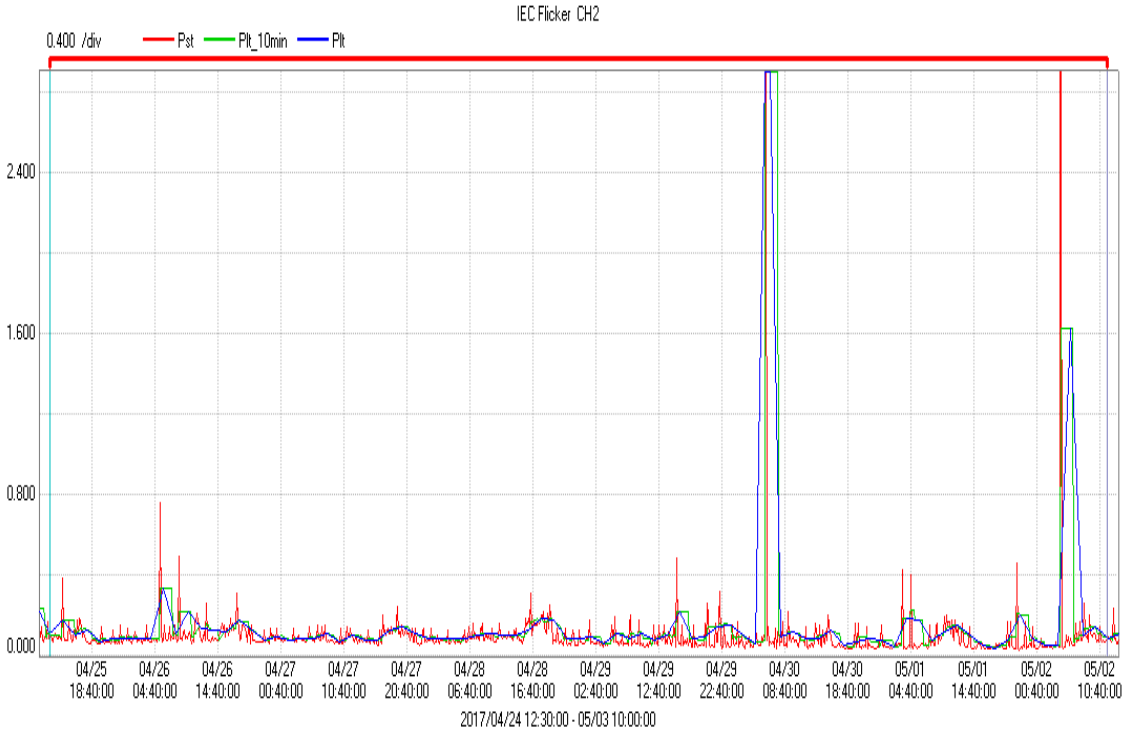
Ograničenja: Podrazumijeva se za normalne radne uvjete.

Tab. 5.11. *Tablica zahtjeva i mjerenih flikera po fazama* [3].

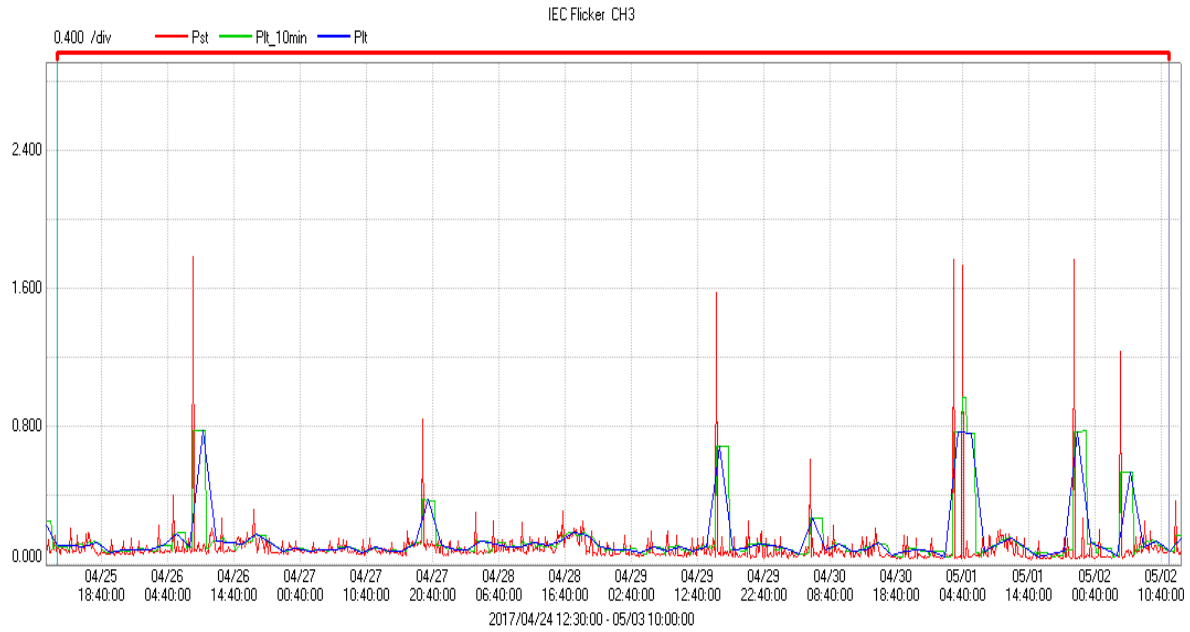
EN50160 Zahtjev	Mjereni L1 P_{lt}	Mjereni L2 P_{lt}	Mjereni L3 P_{lt}	Rezultat
95 % od dana: $P_{lt} \leq 1$	0,122	0,169	0,152	ZADOVOLJAVA



Sl. 5.13. *Grafički prikaz flikera faze L1 nakon priključenja elektrane* [3].



Sl. 5.14. *Grafički prikaz flikera faze L2 nakon priključenja elektrane* [3].



Sl. 5.15. *Grafički prikaz flikera faze L3 nakon priključenja elektrane* [3].

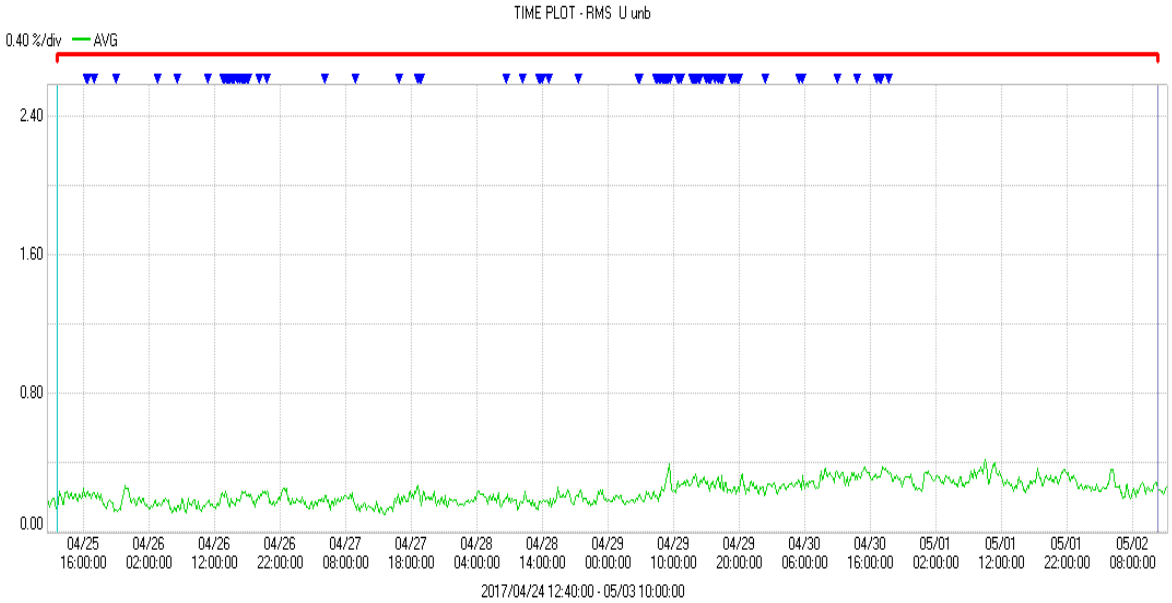
Naponska nesimetrija:

Definicija parametra: 10 minutna srednja RMS vrijednost negativne sekvence u2

Ograničenja: Podrazumijeva se za normalne radne uvjete

Tab. 5.12. *Tablica zahtjeva i vrijednosti naponske nesimetrije* [3].

EN50160 Zahtjev	Mjerena nesimetrija	Rezultat
95 % od dana: 0 % ~ 2 % u2	0,23 %	ZADOVOLJAVA



Sl. 5.16. *Grafički prikaz naponske nesimetrije nakon priključenja elektrane* [3].

Naponski harmonici

Definicija parametra: 10 minutne srednje RMS vrijednosti svakog individualnog naponskog harmonika. Ograničenja: Podrazumijeva se za normalne radne uvjete¸

Tab. 5.13. *Tablica L1-N harmonika nakon priključenja elektrane* [3].

Neparni harmonici							
nisu višekratnici od 3				višekratnici od 3			
Redoslijed	EN50160 limit	95 % vrijednosti	Rezultat	Redoslijed	EN50160 Limit	95 % vrijednosti	Rezultat
H5	6,0 %	1,64 %	ZAD.	H3	5,0 %	0,30 %	ZAD.
H7	5,0 %	0,54 %	ZAD.	H9	1,5 %	0,05 %	ZAD.
H11	3,5 %	0,10 %	ZAD.	H15	0,5 %	0,03 %	ZAD.
H13	3,0 %	0,11 %	ZAD.	H21	0,5 %	0,06 %	ZAD.
H17	2,0 %	0,06 %	ZAD.				
H19	1,5 %	0,10 %	ZAD.				
H23	1,5 %	0,15 %	ZAD.				
H25	1,5 %	0,10 %	ZAD.				
$U\text{-}THD_{L1}$=		1,79 %					

Parni harmonici			
Redoslijed	EN50160 limit	95 % Vrijednosti	Rezultat
H2	2,0 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H4	1,0 %	0,02 %	ZADOVOLJAVA
H6	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H8	0,5 %	0,00 %	ZADOVOLJAVA
H10	0,5 %	0,00 %	ZADOVOLJAVA
H12	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H14	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H16	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H18	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H20	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H22	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA

Tab. 5.14. *Tablica L2-N harmonika nakon priključenja elektrane* [3].

Neparni harmonici							
nisu višekratnici od 3				višekratnici od 3			
Redoslijed	EN50160 limit	95 % vrijednosti	Rezultat	Redoslijed	EN50160 Limit	95 % vrijednosti	Rezultat
H5	6,0 %	1,84 %	ZAD.	H3	5,0 %	0,26 %	ZAD.
H7	5,0 %	0,51 %	ZAD.	H9	1,5 %	0,04 %	ZAD.
H11	3,5 %	0,16 %	ZAD.	H15	0,5 %	0,01 %	ZAD.
H13	3,0 %	0,11 %	ZAD.	H21	0,5 %	0,02 %	ZAD.
H17	2,0 %	0,06 %	ZAD.				
H19	1,5 %	0,07 %	ZAD.				
H23	1,5 %	0,14 %	ZAD.				
H25	1,5 %	0,08 %	ZAD.				
$U\text{-}THD_{L2}$=		1,96 %					

Parni harmonici			
Redoslijed	EN50160 limit	95 % Vrijednosti	Rezultat
H2	2,0 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H4	1,0 %	0,02 %	ZADOVOLJAVA
H6	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H8	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H10	0,5 %	0,00 %	ZADOVOLJAVA
H12	0,5 %	0,00 %	ZADOVOLJAVA
H14	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H16	0,5 %	0,00 %	ZADOVOLJAVA
H18	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H20	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H22	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA

Tab. 5.15. *Tablica L3-N harmonika nakon priključenja elektrane* [3].

Neparni harmonici							
nisu višekratnici od 3				višekratnici od 3			
Redoslijed	EN50160 limit	95 % vrijednosti	Rezultat	Redoslijed	EN50160 Limit	95 % vrijednosti	Rezultat
H5	6,0 %	1,91 %	ZAD.	H3	5,0 %	0,21 %	ZAD.
H7	5,0 %	0,62 %	ZAD.	H9	1,5 %	0,04 %	ZAD.
H11	3,5 %	0,14 %	ZAD.	H15	0,5 %	0,03 %	ZAD.
H13	3,0 %	0,13 %	ZAD.	H21	0,5 %	0,07 %	ZAD.
H17	2,0 %	0,06 %	ZAD.				
H19	1,5 %	0,10 %	ZAD.				
H23	1,5 %	0,14 %	ZAD.				
H25	1,5 %	0,10 %	ZAD.				
$U\text{-}THD_{L3}$=		2,05 %					

Parni harmonici			
Redoslijed	EN50160 limit	95 % Vrijednosti	Rezultat
H2	2,0 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H4	1,0 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H6	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H8	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H10	0,5 %	0,00 %	ZADOVOLJAVA
H12	0,5 %	0,00 %	ZADOVOLJAVA
H14	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H16	0,5 %	0,00 %	ZADOVOLJAVA
H18	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H20	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA
H22	0,5 %	0,01 %	ZADOVOLJAVA

6. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme ljudi se sve više okreću obnovljivim izvorima energije kao što su sunčeva energija, vjetar te biomasa. Ukoliko se uzme u obzir potencijal nuklearne energije i fosilnih goriva, izgradnjom elektrana na biomasu čovjek je donekle uspio zadovoljiti potrebu potrošača za električnom energijom. Ovaj diplomski rad opisuje plan i program ispitivanja i puštanje takve elektrane u pogon. Biomasa je ekološki prihvatljiva jer njenim izgaranjem ne nastaju dodatne količine CO_2. Biomasa je dobivena iz biljaka koje su u svom životnom ciklusu apsorbirale ugljikov dioksid iz zraka. Zbog toga kažemo da je izgaranje biomase CO_2 neutralno. O jednome takvom postrojenju upravo je u ovome radu riječ. Kogeneracijsko postrojenje na bazi izgaranja biomase BE-TO sadrži generator snage 2 MW.

U cijeloj elektrani nalazi se mnoštvo elektromotora koji obavljaju različite funkcije, od funkcije pumpe za filtriranje vode, funkcije ventilatora za upuh zraka u ložište, funkcije transporta goriva u ložište i mnoge druge. Svaki segment elektrane je kontroliran različitim senzorima tlaka, temperature koji su većinom automatizirani i brinu se kako bi cijeli sustav pravilno funkcionirao. Temeljem provedenih ispitivanja i analize izmjerenih vrijednosti zaključuje se da je povratni utjecaj elektrane na mrežu i kvalitetu električne energije u granicama dopuštenih vrijednosti te je elektrana sposobna za primjereni paralelni pogon s distribucijskom elektroenergetskom mrežom.

7. LITERATURA

[1] Željko Novinc, Kakvoća električne energije: norme, teorija, mjerne metode, uređaji i nadzor / Željko Novinc – 2. dopunjeno izdanje, Zagreb: Graphis, 2006. – (Biblioteka Elektrotehničkog društva Zagreb; svezak 1)

[2] www.solarna-energija-pipinic.hr; (pristup ostvaren 15.07.2017.).

[3] Elaborat utjecaja elektrane na mrežu; Mjerenje kvalitete električne energije prema EN50160; - prije i nakon priključenja elektrane - ; HEP-ODS, Elektra, Slavonski Brod, 2017.

[4] Elaborat podešenja zaštite elektrane na biomasu BE-TO Sava na mrežu HEP-ODS, HEP-ODS, Elektra, Slavonski Brod, 2017.

[5] Program rada - Ispitivanja primjerenog paralelnog pogona elektrane SAVA d.o.o. s distribucijskom mrežom u pokusnom radu, HEP-ODS, Elektra, Slavonski Brod, 2017.

[6] Plan i program ispitivanja primjerenog paralelnog pogona elektrane BE-TO s mrežom u pokusnom radu; Revizija II, HEP-ODS, Elektra, Slavonski Brod, 2017.

[7] S. Nikolovski, P. Marić "Elaborat podešenja zaštite elektrane na biomasu Slavonija DI na mrežu HEP-a Osijek", Elaborat ETF Osijek, 2014.

[8] Smjernice za izradu Elaborata udešenje zaštite, Tim za elektrane HEP ODS Zagreb, 2016.

[9] http://www.phb.hr/hr/projekt/kogeneracijsko-postrojenje-na-bazi-izgaranja-drvne-biomase-be-to-sava-10 (pristup ostvaren 15.07.2017.).

[10] http://www.koncar-inem.hr/proizvodi-i-usluge/energetika-2/zastitni-releji-i-sustavi/konpro/ (pristup ostvaren 15.07.2017.).

[11] http://tectra.hr/kvaliteta-elektricne-energije/(pristup ostvaren 15.07.2017.).

[12] Rezultati ispitivanje pokusa otočnog pogona za elektranu Sava Stara Gradiška, HEP-ODS, Elektra, Slavonski Brod, 2017.

Korištene oznake:

- -Q0/=H+H1 - Glavni prekidač elektrane u polju prema mreži =H+H1
- -Q0/=H5 - Prekidač za odvajanje u susretnom polju ili polju prema elektrani u TS Stara Gradiška
- -Q0/=H1 - Prekidač u VP (vodno polje) Okučani u TS Stara Gradiška
- -Q1/=H5 - Sabirnički rastavljač u susretnom polju ili polju prema elektrani u TS Stara Gradiška
- -Q9/=H5 - Linijski rastavljač u susretnom polju ili polju prema elektrani u TS Stara Gradiška
- -Q8/=H+H1 - Zemljospojnik u polju prema mreži =H+H1 u elektrani
- -Q8/=H5 - Zemljospojnik u susretnom polju ili polju prema elektrani u TS Stara Gradiška
- -QGEN/=NE+KGS - Generatorski prekidač u ormaru =NE+KGS
- -QATS/=NE+KGS - Preklopka za automatsku izmjenu napajanja vlastite potrošnje u ormaru =NE+KGS
- -S10/=NE+KTG1 - Upravljačka sklopka za izbor upravljanja sinkronizacije
- -S1/=NE+KTG1 - Upravljačka sklopka za izbor regulacije napona
- -S2/=NE+KTG1 - Upravljačka sklopka za uključenje uzbude
- -S8/=NE+KTG1 - Sklopka za uključenje ručne sinkronizacije
- -XNT - Naponske stezaljke u mjernom krugu sinkronizacije generatora - krug privođenja mrežnog napona za sinkronizaciju

SAŽETAK

U diplomskom radu detaljno je opisan plan i program ispitivanja i puštanje elektrane na biomasu u pogon. U prvom dijelu rada prikazani su osnovni podaci o proizvodnoj jedinici, odnosno tehnička dokumentacija i podloge. Zatim su opisani zahtjevi, odnosno uvjeti koje je bilo potrebno ispuniti kako bi se izveli postupci ispitivanja. Nakon toga analizirani su i objašnjeni rezultati ispitivanja. Na kraju rada dan je izvještaj kvalitete električne energije prema parametrima koji ju opisuju. Cijeli diplomski rad je popraćen shemama i tablicama kojima se pokušava pobliže pojasniti rad ovakvog pogona.

Ključne riječi: elektrana na biomasu, proizvodna jedinica, distribucijska mreža, električna energija

ABSTRACT

The final thesis describes the plan and program of testing and commissioning of the biomass plant in operation. In the first part of thesis basic data of the production unit, technical documentation and substrate are shown. Subsequently, the requirements, the conditions that would have to be fulfilled, were described in order to carry out the test procedures. The test results were then analyzed and explained. At the end of the work there is a report of the quality of electricity according to the parameters that describe it. Throughout the whole thesis many pictures and schemes were inserted to simplify and explain the process better.

Key words: Biomass power plant, production unit, distribution network, electricity

ŽIVOTOPIS

Rođen sam 8.12.1993. godine u Slavonskom Brodu. Odrastao sam i živim u selu Donji Slatinik nedaleko od grada Slavonskog Broda sa svojim roditeljima ocem Matom, majkom Ljubicom i bratom Igorom. Školovanje sam započeo u osnovnoj školi “Blaž Tadijanović“ u Podvinju. Po završetku osnovne škole upisujem Gimnaziju “Matija Mesić“ u Slavonskom Brodu, smjer Opća Gimnazija. Završetkom srednje škole dobivam veći interes za energetikom te upisujem Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku, smjer stručni studij elektroenergetika. Tijekom studiranja, točnije na drugoj godini diplomskog studija obavljao sam praksu u HEP-ODS-u Elektri Slavonski Brod. Od upisa na drugu godinu diplomskog studija primam stipendiju HEP-a, gdje bih po završetku fakulteta trebao započeti radni odnos. Član sam nogometnog kluba NK "Podcrkavlje", dok se u slobodno vrijeme rekreativno bavim tenisom.

PRILOZI