

JP „ELEKTROPRIVREDA SRBIJE“
BEOGRAD



IDEJNI PROJEKAT

REKONSTRUKCIJE OBJEKATA POSTOJEĆE MHE TEMAC

OBJEKAT XI: MHE „TEMAC” NA RECI TEMŠTICI

4 – PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA



13051-IDP-XI-04

ME ENERGOPROJEKT
HIDROINŽENJERING a.d.

Beograd, 2019.



0. OPŠTA DOKUMENTACIJA

0.1. NASLOVNA STRANA

PROJEKAT Idejni projekat rekonstrukcije objekata postojeće MHE Temac
objekat XI: MHE „Temac” na reci Temštici

Investitor: JP “ELEKTROPRIVREDA SRBIJE” ul. Balkanska 13,
Beograd

Objekat: MHE Temac na reci Temštici u mestu Temska (Stara planina).
Pripada katastarskoj opštini Temska na katastarskoj parceli
br. 3228 broj dela parcele 1

Vrsta tehničke dokumentacije: IDP Idejni projekat

Naziv i oznaka dela projekta: 4 – PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

Za građenje/izvođenje radova: Rekonstrukcija

Pečat i potpis: Energoprojekt-Hidroinženjering a.d., Bul. Mihaila Pupina 12,
Beograd



mr. Bratislav Stišović, dipl.inž.
Direktor



Pečat i potpis:

Odgovorni projektant:
Nenad Lazić, dipl.inž.el., br. licence 350 H 463 09



Broj dela projekta: 13051-IDP-XI-04

Mesto i datum: Beograd, jun 2019.godine

0.2. SADRŽAJ

0.	OPŠTA DOKUMENTACIJA	O.1-1
0.1.	NASLOVNA STRANA	O.1-1
0.2.	SADRŽAJ	O.2-1
0.3.	LEGENDA PROJEKTA	O.3-1
0.4.	REŠENJE O ODREĐIVANJU ODGOVORNOG PROJEKTANTA	O.4-1
0.5.	IZJAVA ODGOVORNOG PROJEKTANTA PROJEKTA ELEKTROENERGETIKIH INSTALACIJA	O.5-1
0.6.	IZVOD IZ PRIVREDNOG REGISTRA	O.6-1
0.7.	LICENCA PREDUZEĆA	O.7-1
0.8.	LICENCE PROJEKTANATA	O.8-1
0.9.	REŠENJE O ODREĐIVANJU VRŠIOCA UNUTRAŠNJE KONTROLE	O.9-1
0.10.	SAGLASNOST STRUČNOG SAVETA	O.10-1
0.11.	PODLOGE ZA IZRADU PROJEKTNE DOKUMENTACIJE	O.11-1
I.	TEKSTUALNA DOKUMENTACIJA	TD.I-1
II.	NUMERIČKA DOKUMENTACIJA	TD.II-1
III.	GRAFIČKA DOKUMENTACIJA	TD.III-1

0.3. LEGENDA PROJEKTA

Projektna dokumentacija:

IDEJNI PROJEKAT

REKONSTRUKCIJE OBJEKATA POSTOJEĆE MHE TEMAC

OBJEKAT XI: MHE „TEMAC”NA RECI TEMŠTICI

4 – PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

izrađena je u ENERGOPROJEKT–HIDROINŽENJERING-u, akcionarskom društvu za projektovanje, konsalting i inženjering hidroenergetskih, vodoprivrednih i infrastrukturnih objekata i sistema, Beograd, po ugovoru 13051-204 zaključenom sa JP ELEKTROPROVREDA SRBIJE – Beograd

UČESNICI U IZRADI DOKUMENTACIJE

GLAVNI PROJEKTANT:	Nenad Lazić, dipl.inž.el. Licenca br. 350 H 463 09
ODGOVORNI PROJEKTANT:	Nenad Lazić, dipl.inž.el. Licenca br. 350 H 463 09
PROJEKTANTI I SARADNICI:	Anes Hadžibegović, inž.el.
VRŠILAC UNUTRAŠNJE KONTROLE:	Blagoje Gojković, dipl.inž.el Licenca br. 350 K 713 11

0.4. REŠENJE O ODREĐIVANJU ODGOVORNOG PROJEKTANTA

Na osnovu člana 128. Zakona o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik RS", br. 72/09, 81/09 - ispravka, 64/10 - odluka US, 24/11 i 121/12, 42/13 - odluka US, 50/13 - odluka US, 98/13 - odluka US, 132/14, 145/14 i 83/18) i odredbi Pravilnika o sadržini, načinu i postupku izrade i način vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata ("Službeni glasnik RS", br. 72/2018) kao:

ODGOVORNI PROJEKTANT

za izradu

4 – PROJEKTA ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

koji je deo Idejnog projekta rekonstrukcije objekata postojeće MHE „Temac“, u mestu Temska, katastarska opština Temska, katastarska parcela br. 3228 broj dela parcele1

određuje se:

Nenad Lazić, dipl.el.inž., licenca br. 350 H463 09

Projektant: Energoprojekt-Hidroinženjering a.d.
Bul. Mihaila Pupina12, Beograd

Odgovorno lice/zastupnik: mr Bratislav Stišović, dipl.inž.
Direktor

Pečat:



Potpis:



Broj tehničke dokumentacije: 13051-IDP-XI-04

Mesto i datum: Beograd, jun 2019 godine

0.5. IZJAVA ODGOVORNOG PROJEKTANTA PROJEKTA ELEKTROENERGETIKIH INSTALACIJA

Odgovorni projektant Idejnog projekta rekonstrukcije objekata postojeće MHE „Temac“, u mestu Temska, katastarska opština Temska, katastarska parcela br. 3228 broj dela parcele 1

Nenad Lazić, diplomirani inženjer elektrotehnike

IZJAVLJUJEM

1. da je projekat izrađen u skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji, propisima, standardima i normativima iz oblasti izgradnje objekata i pravilima struke;
2. da su pri izradi projekta poštovane sve propisane i utvrđene mere i preporuke za ispunjenje osnovnih zahteva za objekat i da je projekat izrađen u skladu sa merama i preporukama kojima se dokazuje ispunjenost osnovnih zahteva, propisanih elaboratima i studijama.

Odgovorni projektant:

Nenad Lazić, dipl.inž.el.

Broj licence:

350 H463 09

Pečat:



Potpis:



Broj tehničke dokumentacije:

13051-IDP-XI-04

Mesto i datum:

Beograd, jun 2019.godine

0.6. IZVOD IZ PRIVREDNOG REGISTRA

ENERGOPROJEKT-HIDROINŽENJERING akcionarsko društvo za istražne radove, projektovanje, konsalting i inženjering hidroenergetskih, vodoprivrednih i infrastrukturnih objekata i sistema Beograda, bul. Mihaila Pupina 12 upisano je u Registar Agencije za privredne registre Republike Srbije pod matičnim brojem 07023065.

0.7. LICENCA PREDUZEĆA

Na osnovu rešenja Ministarstva životne sredine i prostornog planiranja, Sektor za Na osnovu rešenja Ministarstva građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture br. 351-02-08826/2016-07 od 29.09.2016.god. utvrđuje se da ENERGOPROJEKT-HIDROINŽENJERING A.D. BEOGRAD, Bulevar Mihaila Pupina 12, Beograd, matični broj 07023065, PIB 100001476, ispunjava uslove za dobijanje licence za izradu tehničke dokumentacije za objekte za koje građevinsku dozvolu izdaje ministarstvo nadležno za poslove građevinarstva ili nadležni organ autonomne pokrajine.

Utvrđivanje verodostojnosti navedenih podataka vrši se prema potrebi uvidom u predmetni registar.

0.8. LICENCE PROJEKTANATA

Inženjerska komora Srbije dodeljuje licencu projektanta br. 350 H463 09 dipl.inž. Nenadu Laziću, na osnovu Zakona o planiranju i izgradnji i Statuta Inženjerske komore Srbije.

Utvrđivanje verodostojnosti navedenih podataka vrši se prema potrebi uvidom u predmetni registar.

0.9. REŠENJE O ODREĐIVANJU VRŠIOCA UNUTRAŠNJE KONTROLE

Saglasno internim standardima preduzeća, donosim

REŠENJE

Za izradu projektne dokumentacije

IDEJNI PROJEKAT**REKONSTRUKCIJE OBJEKATA POSTOJEĆE MHE TEMAC****OBJEKAT XI: MHE „TEMAC” NA RECI TEMŠTICI****4 – PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA**

određuju se sledeća stručna lica:

VRŠILAC UNUTRAŠNJE KONTROLE: Blagoje Gojković, dipl.inž.el

Licenca br. 350 K 713 11

Datum: Jun 2019.god.



mr Bratislav Stišović, dipl.inž.

0.10. SAGLASNOST STRUČNOG SAVETA

Na svojoj 41/2016 sednici održanoj dana 10.05.2016. Stručni savet /ENERGOPROJEKT-HIDROINŽENJERING a.d. razmatrao je i usvojio projektnu dokumentaciju:

IDEJNI PROJEKAT

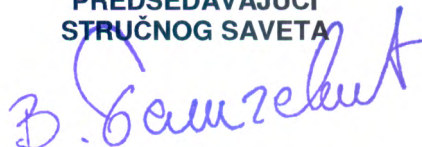
REKONSTRUKCIJE OBJEKATA POSTOJEĆE MHE TEMAC

OBJEKAT XI: MHE „TEMAC” NA RECI TEMŠTICI

4 – PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

Na osnovu ove saglasnosti, predmetna projektna dokumentacija se može isporučiti Naručiocu.

PREDSEDAVAJUĆI
STRUČNOG SAVETA



dr. Vladimir Beličević dipl.inž.

0.11 PODLOGE ZA IZRADU PROJEKTNE DOKUMENTACIJE

Za izradu Sveske 4 Idejnog projekta rekonstrukcije MHE "Temac" korišćene su sledeće podloge:

1. Projektni zadatak za izradu investiciono-tehničke dokumentacije i konsultantske usluge za rekonstrukciju, dogradnju, adaptaciju ili sanaciju MHE u vlasništvu EPS-a, maj 2015.god.
2. Generalni projekat Revitalizacija i modernizacija 15 malih hidroelektrana u vlasništvu Javnog preduzeća Elektroprivreda Srbije, izdat od strane Energoprojekt Hidroinženjering a.d., februar 2013.god.
3. Uslovi za projektovanje i priključenje objekata za proizvodnju električne energije - hidroelektrana „Temac“, u mestu Temska, potroina Pirot, na k.p. 3228/1, k.o. Temska na DSEE, izdato od strane ODS EPS Distribucija, br. D.10.01-225103/1-18, 03.08.2018. god.;
4. Važeći Zakoni, Standardi, Propisi i Pravilnici koji se odnose na opremu u radove obuhvaćene ovim Projektom;
5. Zakon o planiranju i izgradnji (Službeni glasnik RS br. 145/83/2018).



I. TEKSTUALNA DOKUMENTACIJA

SADRŽAJ TEKSTUALNE DOKUMENTACIJE

1. UVOD	1-1
1.1. Predmet i obim projekta	1-1
1.2. Osnovna namena projekta i odnos prema ostaloj dokumentaciji	1-1
1.3. Projektni kriterijumi	1-1
2. KONCEPCIJA I OPIS OBJEKTA I OPREME	2-1
2.1. Opis postojećeg stanja objekta i elektro opreme	2-1
2.1.1. Šema elektrane.....	2-1
2.1.2. Generatori.....	2-1
2.1.3. Postrojenje generatoskog napona.....	2-1
2.1.4. Glavni transformator.....	2-2
2.1.5. Razvodno postrojenje 10 kV	2-2
2.1.6. Sopstvena potrošnja elektrane.....	2-2
2.1.7. Sistem upravljanja, telekomunikacije, merenja, zaštite i signalizacije	2-2
2.1.8. Instalacije osvetljenja	2-3
2.1.9. Instalacije uzemljenja.....	2-3
2.2. Novoprojektovano rešenje elektro opreme.....	2-3
2.2.1. Šema hidroelektrane i veza sa distributivnom mrežom.....	2-3
2.2.2. Generatori.....	2-3
2.2.3. Sistem pobude generatora.....	2-5
2.2.4. Oprema generatorskog napona	2-5
2.2.5. Glavni transformator.....	2-6
2.2.6. Srednjenaponska (10 kV) oprema.....	2-7
2.2.7. Oprema sopstvene potrošnje	2-9
2.2.8. Sistemi električnih zaštita.....	2-11
2.2.9. Obračunsko merenje električne energije	2-13
2.2.10. Instalacija unutrašnjeg osvetljenja i priključnica.....	2-13
2.2.11. Unutrašnji kablovski razvod.....	2-14
2.2.12. Instalacija uzemljenja, gromobrana i izjednačenja potencijala.....	2-14

1. UVOD

MHE „Temac“ locirana je na reci Temštici, u mestu Temska na teritoriji opštine Pirot. To je postrojenje derivacionog tipa, koje u svom sastavu ima vodozahvat, dovodni tunel, čelični cevovod i mašinsku zgradu sa odvodnim kanalom. Prvi agregat je pušten u pogon 1940. godine, drugi 1945. godine i treći 1953. godine. Instalirani protok po agregatu iznosi $2,1 \text{ m}^3/\text{s} + 0,95 \text{ m}^3/\text{s} + 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ (ukupan instalirani protok $3,65 \text{ m}^3/\text{s}$), instalirana snaga po agregatu (na izlazu iz turbine) iznosi $421 \text{ kW} + 236 \text{ kW} + 168 \text{ kW}$ (ukupno 825 kW), instalirana snaga na pragu elektrane iznosi 775 kW (projektovana 1940. godine), a prosečna moguća godišnja proizvodnja je $1,9 \text{ GWh}$.

1.1. Predmet i obim projekta

Predmet ovog Idejnog projekta je rekonstrukcija opreme na MHE „Temac“, inoviranje postojećeg stanja opreme elektrane i ukoliko je to moguće, njeno poboljšanje.

Predviđena rekonstrukcija opreme podrazumeva rekonstrukciju i zamenu elektro opreme novom, optimalnih tehničkih karakteristika, kako bi elektrana mogla sigurno i pouzdano da radi u narednom periodu.

Pored opreme proizvodnih agregata (generatora i sistema pobude), Projektom su obuhvaćene i ostale elektro instalacije i oprema na objektu, kao što su energetske transformator, srednjenaponska oprema, električne zaštite, sopstvena potrošnja i opšte instalacije.

1.2. Osnovna namena projekta i odnos prema ostaloj dokumentaciji

Sveska 4, elektro deo Idejnog projekta namenjen je, zajedno sa ostalim delovima ovog Idejnog projekta, za potrebe dobijanja odobrenja za izvođenje radova na rekonstrukciji objekta MHE „Temac“. Projekat je urađen u skladu sa ostalim delovima projekta (0: Glavna sveska, 1: Projekat arhitekture, 3: Projekat hidrotehničkih instalacija, 5: Projekat telekomunikacionih i signalnih instalacija, 6: Projekat mašinskih instalacija, 10: Projekat pripremnih radova).

1.3. Projektni kriterijumi

Prilikom projektovanja i izbora opreme i delova predmetne MHE, Projektant se, u prvom redu, pridržavao zahteva iz Projektnog zadatka, zakonskih propisa, primenjivih domaćih i međunarodnih standarda.

2. KONCEPCIJA I OPIS OBJEKTA I OPREME

2.1. Opis postojećeg stanja objekta i elektro opreme

Mašinska zgrada, dimenzija u osnovi 17,43×16,9 m, locirana je u mestu Temska na teritoriji opštine Piroć. U njoj su smeštene tri horizontalne, Francis turbine, tri sinhrona generatora, jedan zajednički (glavni) transformator (u trafo boksu), srednjenaponsko postrojenje i ostala neophodna oprema. Na izlazu iz mašinske zgrade, turbinske komore agregata spajaju se u zajednički odvodni kanal. On je trapeznog poprečnog preseka sa oblogom od lomljenog kamena, dužine 150 m.

2.1.1. Šema elektrane

Elektrana ima tri proizvodna agregata, nazivnog napona 0,4 kV, koji preko transformacije 0,4/10 kV, srednjenaponskog razvodnog postrojenja 10 kV i dva nadzemna dalekovoda (ka TS „Temska“ i ka TS „Topli do“) plasiraju proizvedenu energiju u 10 kV mrežu.

2.1.2. Generatori

Generatori su u direktnoj sprezi sa svojim turbinama, tipa horizontalni Francis. Generatori su horizontalni, sinhroni, trofazne naizmenične struje. Karakteristike postojećih generatora su date u tabeli ispod.

	Generator 1	Generator 2	Generator 3
Proizvođač	Ganz	AEG	Siemens
Nazivna snaga	500 kVA	280 kVA	160 kVA
Nazivni napon	0,4 kV	0,4 kV	0,4 kV
Nazivna učestanost	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Nazivni faktor snage	0,8	0,8	0,8
Nazivni broj obrtaja	500 min ⁻¹	1000 min ⁻¹	750 min ⁻¹
Nazivni napon pobude	150 V	115 V	40 V
Nazivna struja pobude	150 A	40 A	45,3 A

2.1.3. Postrojenje generatorskog napona

Postrojenje generatorskog napona (0,4 kV) je u smešteno u zgradi elektrane. Postrojenje je sastavljeno od 5 (pet) polja, sledećih namena:

- Tri (3) generatorska polja, sa generatorskim prekidačima i odgovarajućom mernom opremom;
- Jedno (1) transformatorsko polje, sa dva (2) izvoda ka transformatorima, sa rastavljačima i osiguračima, kao i sa odgovarajućom mernom opremom;
- Jedno (1) polje sa razvodom sopstvene potrošnje elektrane sa osiguračima i odgovarajućom mernom opremom.

2.1.4. Glavni transformator

Glavni transformator je uljni, trofazni, dvonamotajni. Snaga glavnog transformatora iznosi 630 kVA.

Osnovne karakteristike glavnog transformatora su:

- Nazivna snaga 630 kVA
- Nazivni primarni (VN) napon 10 kV
- Nazivni sekundarni (NN) napon..... 0,4 kV
- Nazivna učestanost..... 50 Hz
- Sprega Dy5
- Tip hlađenja ONAN

Priključci transformatora su prilagođeni za kablovski priključak na obe strane (0,4 kV i 10 kV) transformatora.

Glavni transformator je smešten u zasebnom trafo boks-u.

2.1.5. Razvodno postrojenje 10 kV

Razvodno postrojenje 10 kV je smešteno u zgradi elektrane. Postrojenje je otvorenog tipa, sastavljeno od 4 (četiri) polja koja su međusobno razdvojena pregradnim zidovima, a sa prednje strane zaštićena metalnom ogradom. Instalirana 10 kV oprema je za unutrašnju montažu.

Postrojenje se sastoji iz 4 (četiri) polja, sledećih namena:

- Dva (2) transformatorska polja, klasična, sa malouljnim prekidačima i odgovarajućim zaštitama;
- Dva (2) dovodno/izvodna polja, klasična, sa malouljnim prekidačima i sa odgovarajućom zaštitnom i mernom opremom.

U sklopu 10 kV razvodnog postrojenja nalazi se rasklopna oprema (malouljni prekidači, tropolni rastavljači sa noževima za uzemljenje), merni transformatori (strujni i naponski), kao i potporni izolatori za unutrašnju montažu.

2.1.6. Sopstvena potrošnja elektrane

Sopstvena potrošnja elektrane se naizmeničnim naponom napaja preko niskonaponskog postrojenja elektrane, odnosno preko sabirnica generatora.

Takođe, za napajanje kola signalizacije, upravljanja i nužnog osvetljenja na elektrani je instalirana oprema izvora i razvoda jednosmernog napona.

2.1.7. Sistem upravljanja, telekomunikacije, merenja, zaštite i signalizacije

Elektrana nema posadu ni centralnu komandu.

Postojeći sistem upravljanja je baziran na analognoj tehnologiji, relejnoj logici i žičanim vezama, koji je smešten u ormanima koji su ujedno i kontrolna tabla sa mernim instrumentima.

Elektromehaničke zaštite su smeštene u istim ormanima kao i sistem upravljanja.

2.1.8. Instalacije osvetljenja

Unutar objekta su izvedene instalacije opšteg osvetljenja, kao i nužnog (koje se napaja iz razvoda jednosmernog napona) što je u skladu sa važećim propisima za ovaj tip objekta.

Na objektu je takođe izvedena i spoljašnja rasveta.

2.1.9. Instalacije uzemljenja

U postrojenju MHE je izvedeno, saglasno propisima i dispozicionim uslovima, sistem zajedničkog uzemljenja koji objedinjuje:

- Pogonsko uzemljenje i
- Zaštitno uzemljenje.

2.2. Novoprojektovano rešenje elektro opreme

Tehničko rešenje rekonstrukcije MHE „Temac“ obuhvata zamenu, rekonstrukciju ili sanaciju određenih sistema i delova elektro opreme u elektrani, a u skladu sa tehničkim rešenjima delova projekta ostalih struka. Predviđeni radovi na elektro opremi, a koji su opisani u Svesci 4, su sledeći:

- Zamena postojećih generatora,
- Zamena postojeće opreme generatorskog napona,
- Zamena postojećeg glavnog transformatora,
- Zamena postojeće 10 kV opreme,
- Zamena postojeće opreme sistema sopstvene potrošnje (sistemi naizmeničnog i jednosmernog napona),
- Zamena postojećih sistema električne zaštite,
- Zamena postojećih instalacija osvetljenja (unutrašnje i spoljašnje) i utičnica,
- Sanacija postojeće opreme sistema uzemljenja objekta.

2.2.1. Šema hidroelektrane i veza sa distributivnom mrežom

Veza MHE sa distributivnom mrežom biće ostvarena, u skladu sa postojećom vezom, na 10 kV naponskom nivou.

Plasman proizvedene električne energije u MHE „Temac“ u distributivni sistem (10 kV mrežu) će biti realizovan preko postojećih 10 kV dalekovoda ka TS „Temska“ i ka TS „Topli do“. Za potrebe priključenja predviđena je ugradnja 10 kV prefabrikovanog razvodnog postrojenja u zasebnoj prostoriji mašinske zgrade (objekat mesta priključenja OMP), koje će biti u vlasništvu ODS-a.

Novoprojektovano rešenje obrađuje unutrašnju šemu elektrane koja obuhvata tri nova generatora nazivnog napona 0,42 kV, opremu generatorskog napona, glavni transformator snage 1250 kVA, prenosnog odnosa 10/0,42 kV i razvodno postrojenje 10 kV sa jednom čelijom za vezu sa glavnim transformatorom, odnosno priključnim postrojenjem ODSa.

2.2.2. Generatori

Ovim Projektom je predviđena zamena postojećih generatora.

Snage generatora u MHE „Temac“ izabrane su prema nominalnim vrednostima snaga na vratilima turbina.

Nazivna snaga većeg generatora (=U1-G1) je izračunata na osnovu usvojene vrednosti za stepen korisnog dejstva generatora $\eta_g=0,94$, uz faktor snage $\cos\varphi=0,80$ i proračunatu nominalnu snagu turbine od 448 kW i ona iznosi:

$$S_{g1} = \frac{P_{tnom1} \cdot \eta_g}{\cos\varphi} = \frac{448 \cdot 0,94}{0,80} = 526,4 \text{ kVA}$$

Usvojen je trofazni, horizontalni sinhroni generator snage 540 kVA sa samopobudnim bezkontaktnim (brushless) sistemom pobude, sa rotirajućim trofaznim diodnim ispravljačem u mosnom spoju.

Nazivna snaga manjih generatora (=U2-G1 i =U3-G1) je izračunata na osnovu usvojene vrednosti za stepen korisnog dejstva generatora $\eta_g=0,93$, uz faktor snage $\cos\varphi=0,80$ i proračunatu nominalnu snagu turbine od 232 kW i ona iznosi:

$$S_{g2,3} = \frac{P_{tnom2,3} \cdot \eta_g}{\cos\varphi} = \frac{232 \cdot 0,93}{0,80} = 269,7 \text{ kVA}$$

Usvojeni su trofazni, horizontalni sinhroni generatori snage 280 kVA sa samopobudnim bezkontaktnim (brushless) sistemom pobude, sa rotirajućim trofaznim diodnim ispravljačem u mosnom spoju.

Projektom je za generatore usvojena vrednost nazivnog napona generatora od 0,42 kV što odgovara standardnim naponima generatora ovih snaga, koji su deo serijske proizvodnje većine proizvođača generatora.

Izolacioni sistemi novih namotaja statora i rotora će biti klase F, ali sa temperaturnim ograničenjima za klasu izolacije B.

U namotajima statora će biti ugrađene Pt100 otporne termo sonde za zaštitu generatora od preopterećenja.

Osnovne karakteristike generatora će biti:

- Nazivna snaga: 540 / 280 kVA;
- Nazivni napon: 0,42 kV;
- Opseg regulacije napona: $\pm 5\%$;
- Nazivna frekvencija: 50 Hz;
- Nazivni faktor snage: 0,80;
- Stepen korisnog dejstva: $\geq 0,94$ / $\geq 0,93$;
- Nazivna struja: 742,3 / 384,90 A;
- Klasa izolacije namotaja: F;
- Nazivni broj obrtaja: 500 / 750 min⁻¹.

Hlađenje generatora će, kao i do sada, biti realizovano prirodnom cirkulacijom vazduha (IC 01 prema Standardu IEC 60034 – 6).

2.2.3. Sistem pobude generatora

U sklopu generatora nalaziće se pomoćna pobudna mašina sa rotorom na istom vratilu. Rotor pomoćne pobudne mašine napajaće trofazni diodni ispravljački most montiran na rotoru, koji će davati pobudnu struju glavnom generatoru.

Regulacija pobudne struje i napona glavnog generatora će se vršiti promenom pobudne struje kroz pobudni namotaj na statoru pomoćne pobudne mašine. Pobudna struja pomoćne pobudne mašine, kao i njena regulacija obezbeđivaće se preko digitalnog automatskog regulatora pobude (DECS – Digital Excitation Control System).

Digitalni automatski regulator pobude će imati sledeće funkcije:

- Četiri upravljačka režima:
 - Automatska regulacija napona (AVR – Automatic Voltage Regulation);
 - Ručna regulacija ili regulacija struje pobude (FCR – Field Current Regulation);
 - Regulacija faktora snage (PFR – Power Factor Regulation);
 - Regulacija reaktivne snage (VArR – Var Regulation);
- Funkcija limitera minimalne struje pobude;
- Funkcija limitera maksimalne struje pobude;
- Funkcija V/Hz limitera;
- Automatsko pobudjivanje generatora, do napona koji odgovara podešenoj vrednosti regulatora,
- Merenja napona i struje statora, kao i napona i struje rotora generatora;
- Zaštitne funkcije: prenapon rotora, prenapon statora i gubitak merenja.

2.2.4. Oprema generatorskog napona

2.2.4.1. Opšte

S obzirom na jednopolnu šemu elektrane, ovom opremom obuhvaćeno je sledeće:

- Generatorski prekidači;
- Strujni merni transformatori;
- Kablovske veze.

Zvezdišta generatora će biti direktno uzemljena.

2.2.4.2. Ormani sa generatorskim prekidačima

Ormani (+UG1, +UG2 i +UG3) sa generatorskim prekidačima će biti slobodno-stojeći, izrađeni od dva puta dekapiranog lima. Dispozicija opreme u ormanima omogućiće kablovski priključak sa donje strane ormana.

Generatorski prekidači su predviđeni za napon 0,42 kV i nazivnu struju od 800 A za generator 1, 630 A za generator 2 i 3. Prekidna moć prekidača će biti 31,5 kA.

Generatorski prekidači će biti niskonaponski, trofazni, vazduhom izolovani, izvlačiive konstrukcije. Prekidač će biti sa motorno-opružnim pogonom, podnaponskim i naponskim

okidačem za isključenje, naponskim okidačem za uključenje i potrebnim brojem NO/NC pomoćnih kontakata.

Napon upravljanja prekidačem će biti 24 V jss.

U ormanima generatorskih prekidača biće smešteni i strujni merni transformatori za potrebe merenja, zaštite i regulacije napona i brzine generatora. Karakteristike predviđenih strujnih transformatora su date u sledećoj tabeli.

	Generator 1	Generator 2 i 3
Prenosni odnos	800/5/5 A	500/5/5 A
Klasa tačnosti i snaga I jezgra	0,5; Fs=5; 30 VA	0,5; Fs=5; 30 VA
Klasa tačnosti i snaga II jezgra	0,5; Fs=5; 30 VA	0,5; Fs=5; 30 VA

2.2.4.3. Oprema u zvezdištu generatora

U zvezdištu generatora će biti smešteni strujni merni transformatori za potrebe sistema električnih zaštita, kao i rastavljač sa ručnim pogonom za potrebe izolovanja zvezdišta. Karakteristike predviđenih strujnih transformatora su date u sledećoj tabeli.

	Generator 1	Generator 2 i 3
Prenosni odnos	800/5 A	500/5 A
Klasa tačnosti i snaga jezgra	5P20; 30 VA	5P20; 30 VA

2.2.4.4. Kablovske veze na generatorskom naponu

Veza između rekonstruisanih generatora i ormana sa generatorskim prekidačima će biti izvedena kablovima tipa:

- XP00 3(3x1x120 mm²) 0,6/1 kV, za vezu između generatora 1 i ormana sa njegovim generatorskim prekidačem;
- XP00 3(2x1x120 mm²) 0,6/1 kV, za vezu između generatora 2 i 3 i ormana sa njegovim generatorskim prekidačem.

Veza između ormana sa generatorskim prekidačima i niženaponske strane glavnog transformatora će biti izvedena kablom tipa XP00 3(4x1x240 mm²) 0,6/1 kV. Kablovi su dimenzionisani na osnovu nazivnih struja generatora i uslova polaganja, u skladu sa standardom SRPS IEC 60364-5-52.

Kablovi će se voditi postojećim kablovskim trasama, jer one ispunjavaju optimalne tehničke i ekonomske uslove.

2.2.5. Glavni transformator

Za transformaciju proizvedene električne energije agregata na naponski nivo 10 kV, koristiće se, kao i do sada, glavni transformator (=T1). Glavni transformatori će biti suvi, trofazni, dvonamotajni. Snaga transformatora odgovaraće ukupnoj snazi generatora i iznosiće 1250 kVA. Za transformatore ovih snaga hlađenje je prirodnom cirkulacijom vazduha (AN).

Osnovne karakteristike glavnog transformatora će biti:

- Nazivna snaga: 1250 kVA
- Nazivni primarni (VN) napon: 10 kV
- Nazivni sekundarni (NN) napon: 0,42 kV
- Opseg regulacije napona na VN strani: $\pm 2 \times 2,5\%$
- Nazivna učestanost: 50 Hz
- Napon kratkog spoja: 6%
- Sprega: Dyn5
- Tip hlađenja: AN

Priključci transformatora će biti prilagođeni za kablovski priključak na obe strane (0,42 kV i 10 kV) transformatora.

Zvezdište (neutralna tačka) sekundarne (NN) strane transformatora će biti direktno uzemljeno. Za potrebe zemljospojne zaštite u zvezdištu niženaponske strane će biti instaliran strujni merni transformator 1000/5A, 5P20, 15VA.

Transformator će biti isporučen sa svom pomoćnom i zaštitnom standardnom opremom i to: termička zaštita, priključna kutija, priključci višeg i nižeg napona, preklopka za promenu odnosa transformacije u beznaponskom stanju, točkovi za vuču, kuke za prenošenje, priključak za uzemljenje i natpisna pločica.

Glavni transformator će biti smešten unutar fabričkog kućišta stepena mehaničke zaštite IP31.

Transformator će biti pozicioniran na mestu postojećeg, u aneksu mašinske zgrade, uz korišćenje postojećeg kablovskog kanala.

Za zaštitu transformatora od prenapona, u samom kućištu transformatora, biće ugrađeni metaloksidni odvodnici prenapona, za nazivni napon 12 kV, nazivne struje odvođenja 10 kA.

2.2.6. Srednjenaponska (10 kV) oprema

2.2.6.1. Razvodno postrojenje 10 kV elektrane

Plasman proizvedene električne energije iz MHE „Temac“ u distributivnu mrežu će se ostvariti na 10 kV naponskom nivou, preko razvodnog postrojenja.

Novoprojektovano razvodno postrojenje 10 kV (=K) će biti sastavljeno od jedne modularne, metalom oklopljene ćelije. Ćelija će biti tipski atestirana, nazivnog napona 10 kV, nazivne struje 630 A i podnosive jednosekundne termičke struje kratkog spoja 25 kA.

Generalno, sva oprema koja će biti u sastavu RP 10 kV mora da zadovolji sledeće zahteve:

- Nazivni napon: 10 kV;
- Nazivna frekvencija: 50 Hz;
- Najviši pogonski napon: 12 kV;
- Stepen izolacije: Si 12;
- Podnosivi naizmenični napon (efektivna vrednost), AC (50 Hz, 1 min): 28 kV;
- Podnosivi atmosferski udarni napon (vršna vrednost), LI (1,2/50 μ s): 75 kV;

- Nazivna struja: 630 A;
- Termička struja kratkog spoja: 20 kA;
- Udarna struja kratkog spoja: 50 kA.

Dispozicija opreme u ćeliji treba da omogući kablovski priključak sa donje strane ćelija.

Svi rasklopni elementi će biti sa elektromotornim pogonom, čime će biti omogućena daljinska i automatska manipulacija.

U ćeliji će se nalaziti oprema prema jednopolnoj šemi.

Ćelija za priključak glavnog transformatora (+K1) će sadržati:

- Tropolni, vakuumski, izvlačivi prekidač, sa elektromotornim pogonom, nazivne struje 630 A i prekidne moći 25 kA;
- Tropolni zemljospojnik;
- Tri (3) strujna merna transformatora sa po dva jezgra, prenosnog odnosa 100/5/5 A, klase tačnosti 0,5Fs5, snage 15 VA i klase tačnosti 5P20, snage 15 VA;
- Tri (3) jednopolno izolovana naponska merna transformatora, prenosnog odnosa $\frac{10}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{3}$ kV, klase tačnosti 0,5, snage 30 VA i klase tačnosti 1/3P, snage 50 VA i 90 VA.
- Odvodnike prenapona.

2.2.6.2. Razvodno postrojenje ODSa

U posebnoj prostoriji unutar mašinske zgrade MHE „Temac“ će biti ugrađeno prefabrikovano, gasom izolovano postrojenje, sa 5 ćelija. Ćelije će biti tipski atestirane, nazivnog napona 10 kV, nazivne struje 630 A i podnosive jednosekundne termičke struje kratkog spoja 25 kA.

Predviđena su sledeće ćelije:

- Dve (2) ćelija za potrebe priključenja na distributivnu mrežu. U ćeliji će biti instaliran rastavljač snage sa tri položaja (zatvoren-otvoren-uzemljen), izolovan gasom SF6, opružnim mehanizmom sa motornim pogonom, nazivne struje 630 A. Pored rastavljača u ćeliji će biti instalirani tropolni indikatori zemljospoja (za $I_0 > 20A$) i kratkog spoja ($I_{ks} > 300A$) i potrebni strujni merni transformatori.
- Jedna (1) merna ćelija za potrebe merenja predate energije distributivnom sistemu sa strane MHE „Temac“. U ćeliji će biti instalirani merni transformatori sledećih karakteristika:
 - Tri (3) strujna merna transformatora za najviši napon 12 kV, sa dva jezgra, sledećih karakteristika:
 - prenosni odnos: 110/5/5 A;
 - I jezgro: 0,2Fs5; 15 VA;
 - II jezgro: 5P20; 15 VA.
 - Tri (3) jednopolno izolovana naponska merna transformatora prenosnog odnosa $\frac{10}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{3}$ kV, sa tri namotaja sledećih karakteristika:
 - I namotaj: 0,2; 20 VA;

- II namotaj: 1/3P; 50 VA.
- III namotaj: 1/3P; 90 VA.
- 1 dovodno/izvodna ćelija, sa sledećom opremom:
 - Rastavljač snage sa tri položaja (zatvoren-otvoren-uzemljen), izolovan gasom SF6, sa motornim pogonom, nominalne struje 630 A.
- 1 ćelija za priključak transformatora sopstvene potrošnje OMP sa sledećom opremom:
 - Tropolni rastavljač snage (rastavna sklopka), sa elektromotornim pogonom, nazivne struje 630 A;
 - Tri (3) topljiva osigurača za zaštitu transformatora, nazivnih struja 25 A;

Za potrebe napajanja lokalnih potrošača električnom energijom ODS će ugraditi transformator sopstvene potrošnje 10/0.4kV, snage 160kVA.

2.2.6.3. Kablovske veze

Kabloske veze na 10 kV naponu će biti izvedene srednjenaponskim kablovima tipa XHE-49 A. 3x(1×35/16 mm²), 6/10kV. Srednjenaponski kablovi će se voditi postojećim kablovskim trasama, jer one ispunjavaju optimalne tehničke i ekonomske uslove.

Kablovi za povezivanje postrojenja elektrane, u skladu sa uslovima ODSa, će biti izvedene srednjenaponskim kablovima tipa XHE-49 A. 3x(1×150 mm²), 6/10kV.

Na prelazu 10 kV kablovskog u 10 kV nadzemni vod, odnosno na prvom stubu dalekovoda i na spoljašnjem zidu mašinske zgrade, biće postavljeni metaloksidni odvodnici prenapona, za nazivni napon 12 kV, nazivne struje odvođenja 10 kA.

2.2.7. Oprema sopstvene potrošnje

Za napajanje potrošača sopstvene potrošnje u MHE „Temac“, predviđeni su sledeći naponi:

- naizmenični napon 3x400/230 V, 50 Hz
- jednosmerni napon 24 V - sigurnosno napajanje.

Napajanje potrošača naizmeničnim naponom 3x400/230 V, 50 Hz predviđeno je preko sabirnica generatorskog napona (0,42 kV). Kada je bar jedan od generatora u MHE „Temac“ u pogonu, napajanje sopstvene potrošnje će se vršiti proizvedenom energijom generatora (osnovno napajanje), a kada su generatori van pogona, potrošači će se napajati iz 10 kV distributivne mreže preko glavnog transformatora 10/0,42 kV i sabirnica generatorskog napona 0,42 kV (rezervno napajanje).

I pored činjenice da je MHE „Temac“ predviđena da radi paralelno sa mrežom, neophodno je da poseduje autonoman izvor električne energije za napajanje kritičnih potrošača (PLC, špulne za isključenje prekidača itd.). Navedeni zahtev se standardno rešava primenom sigurnosnog napajanja i u ovom slučaju za napon sigurnosnog napajanja izabran je jednosmerni napon 24 V. Na osnovu procenjene maksimalne jednovremene potrošnje potrošača na jednosmernom naponu od 4 kW usvaja se trajna struja ispravljača sistema sigurnosnog napajanja od 160 A.

Uzimajući u obzir navedene činjenice za sistem sigurnosnog napajanja jednosmernom strujom izabrano je sledeće:

- Automatski regulisani ispravljač 24 V, 160 A;
- Olovna, suva, bezodržavajuća, akumulatorska baterija 24 V, 190 Ah u pufer vezi sa ispravljačem;
- Odgovarajući razvod sigurnog napajanja.

Primenjeni tip baterije ne zahteva posebnu prostoriju za njen smeštaj, tako da će biti postavljena uz sam ispravljač u ormanu jednosmernog razvoda. Osim toga, primenjena baterija napajana od strane automatskog ispravljača ne zahteva održavanje što je dodatna povoljnost.

2.2.7.1. Glavni razvod sopstvene potrošnje

Glavni razvod 0,42 kV u elektrani će se napajati preko sabirnice generatorskog napona (0,42 kV) i nalaziće se u ormanu =NE. Na dovodu će se nalaziti prekidač, nazivne struje 125 A, sa elektronskim modulom za zaštitu od preopterećenja i struja kratkog spoja, kao i preklopka sa voltmetrom za merenje svih napona na dovodu.

Sabirnice glavnog razvoda će biti štice podnaponskim releom.

Sa ovog razvoda napajaće se potrošači pomoćnih pogona agregata, kao i potrošači i podrazvodi na nivou elektrane, što čini sledeće potrošače:

- Kran u mašinskoj sali;
- Uljne pumpe turbinskih regulatora;
- Klimatizacija, grejanje, hlađenje (KGH);
- Sistemi za bezbednost i zaštitu objekta;
- Komandni orman agregata;
- Ormani turbinskih regulatora;
- Antikondenzacioni grejači u generatorima;
- Pobudni transformatori;
- Razvodno postrojenje 10 kV;
- Potrošači na vodozahvatu;
- Ispravljač za napon 24 V jss;
- Orman podrazvoda opšte potrošnje (osvetljenje i priključnice).

U cilju zaštite od previsokog napona dodira predviđen je sistem TN-C-S u svemu prema SRPS HD 60364-4-41:2012 i Pravilniku o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona i tehničkim normativima za zaštitu niskonaponskih mreža.

U svim podrazvodima predviđena je posebna šina najmanjeg preseka 50 mm² za priključak zaštitnih provodnika. Ova šina galvanski je povezana u ormanu/tabli sa neutralnom sabirnicom. Svi podrazvodi povezani su na uzemljenje elektrane.

Kao rezervni dovod u glavni razvod napona 0.4kV, predviđen je i izvod sa niskonaponskog razvoda za napajanje lokalnih potrošača (razvod je u vlasništvu ODSa). Na dovodu je predviđen prekidač, nazivne struje 125 A, sa elektronskim modulom za zaštitu od preopterećenja i struja kratkog spoja. Ovaj prekidač će biti u mehaničkoj blokadi sa prekidačem na osnovnom dovodu.

2.2.7.2. Opšta sopstvena potrošnja elektrane

Podrazvod opšte sopstvene potrošnje elektrane smešten je u ormanu =NG01 i ima sledeće izvode štice tropolnim i jednopolnim automatskim zaštitnim prekidačima:

- Unutrašnje osvetljenje mašinske sale (2 jednofazna izvoda);
- Spoljašnje osvetljenje elektrane (2 jednofazna izvoda);
- Izvodi za dve trofazne i tri monofazne utičnice.

Izvodi utičnica su izdvojeni u posebnu grupu koja se napaja preko zaštitne sklopke diferencijalne struje. Razlog za to je što se na utičnice priključuju prenosni potrošači sa priključnim kablovima različite dužine, pa u slučaju dugačkih kablova malog preseka impedansa kvara može premašiti kritičnu vrednost i učiniti zaštitu koja se zasniva na isključenju prekomerne struje neefikasnom.

2.2.7.3. Sistem jednosmernog napona 24 V

Za potrebe napajanja potrošača jednosmernom strujom, kao što su komandni i signalni krugovi, zaštite, oprema upravljanja, napajanje pretvarača i napajanje nužnog osvetljenja, koristiće se sistem jednosmernog napona 24 V. Sistem jednosmernog napona će se sastojati od modularnog sistema ispravljač/punjač – baterija, sa dva modula i jednog glavnog razvoda.

Baterije će biti tako dimenzionisane da pri paralelnom radu obezbeđuju petočasovno napajanje jednosmerne potrošača. Baterije će biti olovne, desetočasovnog kapaciteta 190 Ah.

Ispravljač-punjač, izlazne struje 4x40 A, je predviđen da radi u paralelnoj vezi sa baterijama i potrošačima, obezbeđujući dovoljnu struju i za punjenje baterija i za napajanje potrošača.

Glavni razvod jednosmerne struje će biti smešten u slobodnostojeći metalni orman dimenzija 600 mm x 800 mm x 2100 mm, opremljen mernim instrumentima, smeštenim na vratima ormara, podnaponskom zaštitom, pokazivačima zemljospoja, kao i dvopolnim automatskim zaštitnim prekidačima, odgovarajućih nazivnih struja za zaštitu izvoda.

2.2.8. Sistemi električnih zaštita

Osnovni zadatak zaštita je da štite agregate i ostalu opremu od mogućih oštećenja i havarija, koje mogu nastupiti kao posledica poremećaja u mreži ili kvarova na opremi u elektrani.

Zaštite će obuhvatiti sledeće celine:

- zaštite generatora,
- zaštite glavnog transformatora,
- zaštite vodova,
- sistemske zaštite i
- mehaničke (tehnološke) zaštite.

Zaštite agregata delovaće na isključenje generatorskog prekidača i na zaustavljanje agregata.

2.2.8.1. Zaštite generatora

Za zaštitu generatora od unutrašnjih kvarova i nedozvoljenih radnih režima predviđeni su mikroprocesorski zaštitni uređaji, koji će biti instalirani u sklopu komandne table agregata (+UCC). Zaštita je priključena na sekundarna kola zaštitnih jezgara strujnih transformatora i na izvode generatora za potrebe naponskih ulaza s obzirom da se radi o niskonaponskom

generatoru u pripadajućem ormanu generatorskog prekidača. Predviđene su sledeće zaštitne funkcije:

ANSI oznaka	Funkcija
50	Trofazna prekostrujna vremenski nezavisna zaštita, $I_{>>}$
51	Trofazna prekostrujna zaštita sa inverznom karakteristikom, $I_{>}$
50N/51N	Zaštita od zemljospoja statora, $I_{n>}$
32R	Zaštita od povratne snage, $-P<$
40	Zaštita od gubitka pobude, $-Q<$
46	Zaštita od nesimetričnog opterećenja, $I_{2>}$
59	Trofazna prenaponska zaštita, $U_{>}$, $U_{>>}$
27	Trofazna podnaponska zaštita, $U_{<}$, $U_{<<}$
81H	Nadfrekventna zaštita, $f_{>}$, $f_{>>}$
81L	Podfrekventna zaštita, $f_{>}$, $f_{>>}$
49S	Termička zaštita statora od preopterećenja, $\Theta_{>}$

Pored ovih električnih zaštita, generator se štiti i od previsoke temperature namotaja i ležajeva. Otporni termo-davači, tipa Pt100 iz namotaja svake faze i dva takva termo-davača iz oba ležaja uvode se trožično preko modula analognih (RTD) ulaza u PLC gde se temperature prikazuju na touch panel-u, a u slučaju prekoračenja graničnih vrednosti formiraju se signali opomene i isključenja.

2.2.8.2. Zaštita turbine

Zaštita turbine se svodi na zaštitu od pregrevanja ležajeva i na zaštitu od pobega. Temperatura ležaja se kontroliše ugrađenim otpornim davačima Pt100 koji se uvode u PLC i deluju na isti način koji je opisan kod zaštita generatora.

Zaštita od pobega štiti turbinu, ali i ceo agregat, od prekomerne brzine obrtanja do koje može doći usled poremećaja ili kvara na nekom od elemenata u lancu turbinske regulacije.

2.2.8.3. Zaštita glavnog transformatora

Zaštita glavnog transformatora od unutrašnjih kratkih spojeva ostvaruje se visokonaponskim topljivim osiguračima na višenaponskoj (10 kV) strani. Kod pregorevanja osigurača u jednoj fazi, mehaničkim putem se aktivira okidač za isključenje rastavljača snage, tako da nastupa trolno isključenje transformatora sa 10 kV strane. Napajanje unutrašnjeg kratkog spoja u transformatoru sa strane generatora eliminiše se delovanjem prekostrujne zaštite generatora na generatorski prekidač.

Takođe, osnovna zaštita transformatora od unutrašnjih kvarova predviđena je buholc releom, dok se zaštita transformatora od previsoke temperature ostvaruje preko kontaktnog termometara.

2.2.8.4. Sistemske zaštite

Sistemske (mrežne) zaštite imaju zadatak da odvoje MHE od mreže isključenjem prekidača u 10 kV spojno - mernoj ćeliji, kada u distributivnoj mreži 10 kV dođe do poremećaja kao što je isključenje dalekovoda na drugom kraju, formiranje ostrva potrošača, prekid jedne faze i sl. U

svim ovim slučajevima dolazi do promena napona i učestanosti, pa se problem rešava primenom naponskih ($U>$, $U<$) i frekventnih ($f>$, $f<$) zaštita. Ove zaštite deluju direktno na isključenje prekidača u 10 kV spojno - mernoj ćeliji, a samim tim i na isključenje generatorskih prekidača, a preko PLC-a na razbuđivanje generatora i zaustavljanje turbina.

2.2.8.5. Zaštita 10 kV izvoda

Za zaštitu 10 kV izvoda (10 kV dalekovoda) predviđen je mikroprocesorski zaštitni uređaj, koji će biti instaliran u sklopu komandne table agregata (+UCC). Zaštita je priključena na sekundarna kola zaštitnih jezgara strujnih transformatora u izvodnoj ćeliji 10 kV razvodnog postrojenja. Predviđene su sledeće zaštitne funkcije:

ANSI oznaka	Funkcija
50/51	Trofazna prekostrujna zaštita, $I>$, $I>>$
50N/51N	Zaštita od zemljospoja $I_n>$

Prekostrujna zaštita (50/51) ima dva člana, kratkospojni i prekostrujni. Kratkospojni član ima vremenski nezavisnu karakteristiku isključenja, a prekostrujni član je sa vremenski zavisnom karakteristikom sa mogućnošću izbora jedne od tri vrste vremenske zavisnosti. Zaštita deluje na isključenje prekidača u 10 kV izvodnoj ćeliji. Pre ponovnog uključenja prekidača u 10 kV izvodnoj ćeliji, zaštita se mora deblokirati.

2.2.9. Obračunsko merenje električne energije

Obračunsko merenje električne energije će se vršiti na srednjem naponu priključkom brojila na sekundarna kola strujnih i naponskih transformatora u 10 kV spojno - mernoj ćeliji ($=2K+K2$). Za merenje je predviđena transformatorska trofazna trosistemska merna grupa. Merna grupa je smeštena u jedno višefunkcijsko brojilo sa sledećim funkcijama i karakteristikama:

- Merenje aktivne energije u dva smera
- Merenje reaktivne energije u dva smera
- Registrovanje maksimuma 15 - minutne srednje snage
- Klasa tačnosti za aktivnu energiju 0,5
- Klasa tačnosti za reaktivnu energiju 2
- Klasa tačnosti za snagu 1
- Integrisani uklopni časovnik
- 4 tarife
- Optički port i serijski RS 232/485 port za programiranje i očitavanje brojila

Brojilo će biti smešteno u poseban merni orman +QQ.

2.2.10. Instalacija unutrašnjeg osvetljenja i priključnica

U objektu su primenjene sledeće vrste osvetljenja:

- opšte (funkcionalno)
- nužno
- antipanik

Instalacije opšteg (funkcionalnog) osvetljenja unutar mašinske zgrade je izvedena sa svetilkama sa fluorescentnim izvorima svetlosti, sa snage 2x36W. Dispozicija i snaga izvora svetlosti obezbeđuje srednji nivo osvetljenosti u prostorijama od 250 lx.

Nužno osvetljenje će biti izvedeno svetilkama sa fluorescentnim izvorima svetlosti snage 4x18 W, montiranim na zidu, predviđenim za rad na jednosmernom naponu 110 V. Predviđeno je da se one automatski uključe u slučaju gubitka mrežnog napona, i da obezbeđuju 10% nivoa normalnog osvetljenja.

Antipanič svetiljke treba da obezbede nivo osvetljenosti od 5 lx u oblasti izlaznih vrata i 1 lx u ostalim delovima. Svetiljke će biti opremljene fluorescentnim svetlosnim izvorima, snage 2x8 W, znakom za izlaz, sopstvenom baterijom i sa inverterom/punjačem i biće odabrane tako da imaju autonomiju rada od najmanje 180 min.

Osvetljenje pristupa i ulaza u mašinsku zgradu je obezbeđeno reflektorskim svetilkama sa metal halogenim sijalicama od 150 W.

Priključnice opšte namene će biti raspoređene unutar prostorije mašinske sale, i ostalim prostorijama na najpovoljnijim mestima u skladu sa potrebama. Priključnice su opremljene zaštitnim kontaktima: monofazne 230 V, 50 Hz i trofazne 3 x 400/230 V 50 Hz.

Mesto napajanja unutrašnjeg osvetljenja i priključnica je razvodni orman opšte potrošnje =NG01.

2.2.11. Unutrašnji kablovski razvod

Izbor kablova je izvršen tako da zadovoljava sledeće uslove:

- naponski nivo
- dozvoljeno strujno opterećenje (uz uvažavanje uslova polaganja)
- dozvoljeni pad napona

Način vođenja kablova je:

- u kablovskim kanalima
- u perforiranim nosačima kablova

2.2.12. Instalacija uzemljenja, gromobrana i izjednačenja potencijala

Instalacija uzemljenja se sastoji od uzemljivača, provodnika uzemljenja i instalacija za izjednačavanje potencijala.

Instalacija izjednačenja potencijala služi kao dopunska mera zaštite od opasnog napona dodira i sastoji se od povezivanja svih metalnih masa, kao što su turbinska i generatorska oprema, prekrića, i sl., kao i glavnog zemljovoda na glavnu sabirnicu za izjednačenje potencijala.

Priključci na metalne delove opreme, koji nisu delovi strujnih kola, će biti realizovani bakarnim provodnicima sledećih preseka:

- upravljački ormani elektro opreme - 50 mm²,
- ormani elektro opreme za koje je napajanje obezbeđeno kablom u kojem je presek zaštitne žile veći od 35 mm²- 50 mm²,
- ormani elektro opreme za koje je napajanje obezbeđeno kablom u kojem je presek zaštitne žile u opsegu od 6 mm² do 35 mm²- 25 mm²,

- ormani elektro opreme za koje je napajanje obezbeđeno kablom u kojem je presek zaštitne žile manji od 6 mm^2 - 6 mm^2 ,
- metalni delovi neelektrične opreme - $6/25/50 \text{ mm}^2$.

Provodnici će biti sa PVC izolacijom, žuto-zelene boje.

Instalacija gromobrana se sastoji od mreže hvataljki i spustnih provodnika raspoređenih oko objekta. Na gromobransku instalaciju se priključuju i svi oluci i limene okapnice i opšivke. Na svakom od spusteva predviđen je po jedan merni spoj.

U samoj mašinskoj sali je predviđeno polaganje trake FeZn 25x4mm u cilju unutrašnjeg izjednačenja potencijala.



II. NUMERIČKA DOKUMENTACIJA

SADRŽAJ NUMERIČKE DOKUMENTACIJE

1. TEHNIČKI PRORAČUNI	1
1.1. Proračun struja kratkog spoja	1
1.1.1. Ulazni podaci	1
1.1.2. Proračun elemenata zamenske šeme	2
1.1.3. Struja kratkog spoja na sabirnicama 10 kV	4
1.1.4. Struja kratkog spoja na sabirnicama generatorskog napona	7
1.1.5. Komentar rezultata proračuna vrednosti struja kratkog spoja	10
1.2. Uslovi povezivanja na distributivni sistem	10
1.2.1. Kriterijum maksimalno dozvoljene snage generatora u elektrani	10
1.2.2. Kriterijum snage kratkog spoja	11
1.2.3. Kriterijum flikera	11
1.2.4. Kriterijum dozvoljenih struja viših harmonika i interharmonika	11
1.3. Izbor i provera glavnih energetskih kablova	12
1.3.1. Kablovska veza između generatora 1 i postrojenja generatorskog napona	12
1.3.2. Kablovska veza između generatora 2 i 3 i postrojenja generatorskog napona	12
1.3.3. Kablovska veza između postrojenja generatorskog napona i glavnog transformatora	13
1.3.4. Kablovska veza između glavnog transformatora i odgovarajuće 10 kV ćelije	14
2. SPECIFIKACIJA OPREME SA CENAMA	2-1

1. TEHNIČKI PRORAČUNI

1.1. Proračun struja kratkog spoja

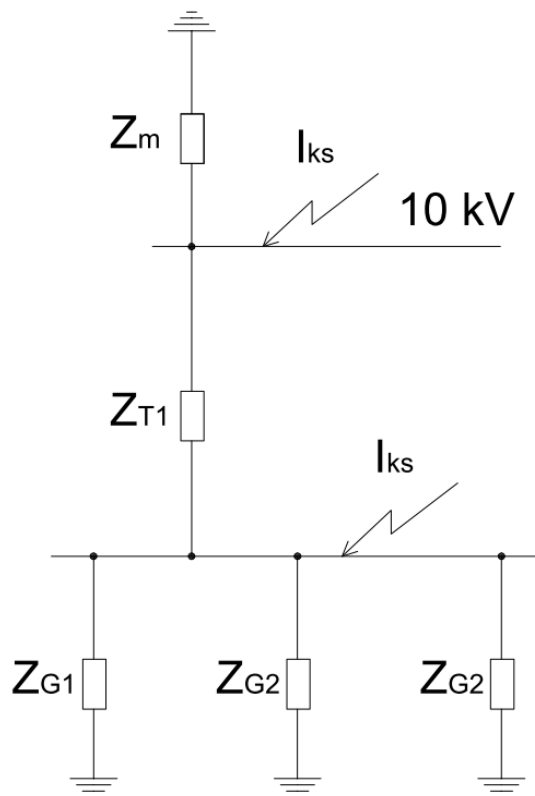
U cilju provere opreme na mehaničko i termičko naprezanje u slučaju kratkog spoja izvršeni su odgovarajući proračuni struja kratkog spoja merodavnih za dimenzionisanje elektro opreme.

Proračuni su urađeni u skladu sa metodologijom iz standarda IEC 60909-0. Posmatran je trolni kratki spoj na karakterističnim mestima, kao kvar pri kome se javljaju maksimalne struje, a time i maksimalna termička i dinamička naprezanja ugrađene opreme.

Izvršeni su potrebni proračuni za sledeća potencijalna mesta kvara:

- sabirnice 10 kV (kvar F1),
- sabirnice generatorskog napona (oznaka kvara F2),

Zamenska električna šema sistema sa označenim mestima posmatranih kvarova prikazana je na slici 1.



Slika 1 – Zamenska šema sistema MHE „Temac“

1.1.1. Ulazni podaci

Parametri elemenata sistema koji su korišćeni kao ulazni podaci su sledeći:

- a) Mreža (vrednost na mestu priključka)

nazivni napon10 kV

subtranzijentna struja trolnog kratkog spoja.....0,892 kA

odnos R/X0,839

b) Generatori u MHE „Temac“ (G1, G2 i G3)

nazivna snaga500 /280 / 280 kVA

nazivni napon0,42 kV

subtranzijentna reaktansa22%

sinhrona reaktansa120%

nazivni faktor snage0,80

c) Glavni transformator u MHE „Temac“ (T1)

nazivna snaga1250 kVA

prenosni odnos10/0,42 kV/kV

napon kratkog spoja6%

gubici u bakru10 kW

1.1.2. Proračun elemenata zamenske šeme

Impedanse kratkog spoja generatora G1, G2 i G3 u subtranzijentnom periodu, posmatrana na naponskom nivou $U_{nG1/2/3} = 0,42$ kV:

$$Z_{G1} = \sqrt{R_{G1}^2 + X_{G1}^2}$$

$$Z_{G2} = Z_{G3} = \sqrt{R_{G2}^2 + X_{G2}^2} = \sqrt{R_{G3}^2 + X_{G3}^2} = Z_{G2-3}$$

Subtranzijentne reaktanse generatora G1, G2 i G3 iznose:

$$x_{d1-2-3}'' = 22 \% .$$

Nazivna snaga generatora G1 iznosi 540 kVA.

$$X_{G1} = X_{d1}'' = \frac{x_{d1}'' \cdot U_{nG1}^2}{100 \cdot S_{nG1}} = \frac{22 \cdot 0,42^2}{100 \cdot 0,54} = 0,0719 \Omega$$

Prema SRPS IEC 60909–0, za generatore sa $U_{nG} < 1$ kV , može se sa dovoljnom tačnošću koristiti sledeći izraz za fiktivnu otpornost R_G :

$$R_{G1-2} = 0,15 \cdot X_{d1}'' = 0,15 \cdot X_{G1} = 0,15 \cdot 0,0719 = 0,011 \Omega$$

Nazivna snaga generatora G2 i G3 iznosi 280 kVA.

$$X_{G2-3} = X_{d2}'' = \frac{x_{d2}'' \cdot U_{nG2}^2}{100 \cdot S_{nG2}} = \frac{22 \cdot 0,42^2}{100 \cdot 0,28} = 0,139 \Omega$$

Prema SRPS IEC 60909–0, za generatore sa $U_{nG} < 1$ kV , može se sa dovoljnom tačnošću koristiti sledeći izraz za fiktivnu otpornost R_G :

$$R_{G2-3} = 0,15 \cdot X_{d2}'' = 0,15 \cdot X_{G2-3} = 0,15 \cdot 0,139 = 0,021 \Omega$$

NAPOMENA: Efektivna vrednost otpornosti statora sinhronne mašine je obično znatno manja od vrednosti date za R_G .

$$\underline{Z}_{G1} = R_{G1} + jX_{G1} = (0,011 + j0,0719)\Omega$$

$$\underline{Z}_{G2} = \underline{Z}_{G3} = R_{G2} + jX_{G2} = (0,021 + j0,139)\Omega$$

Korigovana impedansa sinhronog generatora:

$$\underline{Z}_{GK} = K_G \cdot \underline{Z}_G$$

sa korekcionim faktorom:

$$K_G = \frac{1}{(1 + p_G)} (1 + p_T) \cdot \frac{c_{\max}}{1 + x_d'' \cdot \sin \varphi_{nG}}$$

gde je za generatore G1 i G2:

$$p_{G1-2} = 0,1 \quad - p_{G1-2} \text{ je biran iz intervala } p_{G1-2} = 0,05 \div 0,1$$

$$\varphi_{nG1-2} = \arccos 0,8 \quad - \text{fazni ugao između } \underline{I}_{nG1-2} \text{ i } \frac{\underline{U}_{nG1-2}}{\sqrt{3}}$$

$$1 + p_T = 1$$

$$c_{\max} = 1,10 \quad - \text{naponski faktor prema Tabeli 1 standarda SRPS IEC 60909-0}$$

pa je:

$$K_G = \frac{1}{(1 + p_G)} (1 + p_T) \cdot \frac{c_{\max}}{1 + x_d'' \cdot \sin \varphi_{nG}} = 0,883$$

$$\underline{Z}_{G1K} = R_{G1K} + jX_{G1K} = (0,008 + j0,063)\Omega$$

$$\underline{Z}_{G2K} = \underline{Z}_{G3K} = R_{G2K} + jX_{G2K} = (0,016 + j0,122)\Omega$$

Impedansa kratkog spoja glavnog transformatora T1, u subtranzijentnom periodu, posmatrana sa visokonaponske strane glavnog transformatora $U_{nTHV} = 10 \text{ kV}$:

$$Z_{T1} = \sqrt{R_{T1}^2 + X_{T1}^2}$$

Impedansa kratkog spoja glavnog transformatora T1: $u_{k1} = 6\%$

Gubici u bakru glavnog transformatora T1: $P_{CU} = 10 \text{ kW}$

$$Z_{T1} = \frac{u_{k1}}{100} \cdot \frac{U_{nT1}^2}{S_{nT1}} = \frac{6}{100} \cdot \frac{10^2}{1,25} = 4,8 \Omega$$

$$R_{T1} = P_{CU} \cdot \frac{U_{nT1}^2}{S_{nT1}^2} \cdot 10^{-3} = 10 \cdot \frac{10^2}{1,25^2} \cdot 10^{-3} = 0,64 \Omega$$

$$X_{T1} = \sqrt{Z_{T1}^2 - R_{T1}^2} = \sqrt{4,8^2 - 0,64^2} = 4,76 \Omega$$

$$\underline{Z}_{T1} = \underline{Z}_{THV1} = R_{T1} + jX_{T1} = (0,64 + j4,76)\Omega$$

Korigovana impedansa kratkog spoja transformatora se računa pomoću sledeće formule:

$$\underline{Z}_{TK} = K_T \cdot \underline{Z}_T$$

Korekcionni faktor se računa pomoću sledeće formule:

$$K_T = 0,95 \frac{c_{\max}}{1 + 0,6 x_T},$$

gde su:

$$c_{\max} = 1,10 \quad \text{naponski faktor prema Tabeli 1 Standarda IEC 60909 – 0;}$$

$$x_T = \frac{X_T}{(U_{rT}^2 / S_{rT})} \quad \text{relativna reaktansa transformatora.}$$

pa je:

$$K_T = 1,009$$

Korigovana impedansa kratkog spoja transformatora, na naponskom nivou 10 kV iznosi:

$$\underline{Z}_{T1K} = R_{T1K} + jX_{T1K} = (0,65 + j4,8) \Omega$$

Zamenska impedansa mreže 10 kV se računa:

$$Z_m = \frac{c_{\max} \cdot U_{nm}^2}{S_{m3F}} = \frac{c_{\max} \cdot U_{nm}}{\sqrt{3} \cdot I_{m3F}} = \frac{1,1 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 0,892} = 7,12 \Omega$$

Odnos parametara mreže je R/X=0,839.

Za poznat odnos R_m/X_m , reaktansa se računa prema izrazu:

$$X_m = \frac{Z_m}{\sqrt{1 + \left(\frac{R_m}{X_m}\right)^2}} = \frac{7,12}{\sqrt{1 + 0,839^2}} = 5,45 \Omega$$

$$R_m = 0,839 \cdot X_m = 4,58 \Omega$$

U nastavku je dat tabelarni prikaz impedansi elemenata zamenske šeme, na naponskom nivou mreže (10 kV) i na naponskom nivou generatora (0,42 kV).

	Kompleksna vrednost impedanse kratkog spoja svedena na naponski nivo 10 kV	Kompleksna vrednost impedanse kratkog spoja svedena na naponski nivo 0,42 kV
MHE „Temac“		
Generator 1 ($\underline{Z}_{G1}$)	(4,76+j35,97) Ω	(8,4+j63,46) m Ω
Generator 2 ($\underline{Z}_{G2}$)	(9,19+j69,38) Ω	(16,2+j122,38) m Ω
Generator 3 ($\underline{Z}_{G3}$)	(9,19+j69,38) Ω	(16,2+j122,38) m Ω
Glavni transformator ($\underline{Z}_{T1}$)	(0,646+j4,8) Ω	(1,1+j8,47) m Ω
Mreža 10 kV		
Mreža DEES ($\underline{Z}_m$)	(4,58+j5,45) Ω	(8,1+j9,62) m Ω

1.1.3. Struja kratkog spoja na sabirnicama 10 kV

Ekvivalentna impedansa kvara, na naponskom nivou 10 kV, se računa po sledećoj formuli:

$$\underline{Z}_{eF1} = (\underline{Z}_{G1} \parallel \underline{Z}_{G2} \parallel \underline{Z}_{G3} + \underline{Z}_{T1}) \parallel \underline{Z}_m$$

Ekvivalentna impedansa kvara iznosi:

$$\underline{Z}_{eF1} = (2,99 + j4,71) \Omega$$

Vrednost struje trofaznog kratkog spoja na sabirnicama postrojenja 10 kV iznosi:

$$\underline{I}_{3pksF1}'' = \frac{1,1}{\sqrt{3}} \frac{U_n}{\underline{Z}_{eF1}} = \frac{1,1 \cdot 10}{\sqrt{3} (2,99 + j4,71)} = (0,61 - j0,96) \text{ kA} \Rightarrow |\underline{I}_{3pksF1}''| = 1,139 \text{ kA}$$

Vrednost komponente struje kvara sa strane elektrane (generatori i glavni transformator), pri simetričnom kratkom spoju na naponu 10 kV, iznosi:

$$\underline{I}_{3pksBF1}'' = \frac{1,1}{\sqrt{3}} \frac{U_n}{\underline{Z}_{BF1}} = \frac{1,1 \cdot 10}{\sqrt{3} (2,985 + j22,46)} = (0,037 - j0,278) \text{ kA} \Rightarrow |\underline{I}_{3pksBF1}''| = 0,28 \text{ kA}$$

Subtranzijentna struja trofaznog kratkog spoja sa strane mreže iznosi:

$$\underline{I}_{3pksmF1}'' = 0,892 \text{ kA}$$

Udarna struja kratkog spoja, koja uzrokuje dinamička naprezanja opreme na sabirnicama je:

$$i_{pF1} = \chi_e \cdot \sqrt{2} \cdot I_{3pksF1}''$$

pri čemu je udarni koeficijent definisan izrazom:

$$\chi_e = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \cdot \frac{R_e}{X_e}}$$

Posmatrajući najkritičniji slučaj tj. efekat ukupne struje kvara na sabirnicama, ima se:

$$i_{pF1} = 1,88 \text{ kA}$$

Komponenta sa strane elektrane (generatori i glavni transformator):

$$i_{pBF1} = 0,66 \text{ kA}$$

Komponenta sa strane mreže:

$$i_{pmF1} = 1,39 \text{ kA}$$

Termički ekvivalent struje kvara odgovoran za efekte zagrevanja opreme na mestu pogođenim kvarom se računa kao:

$$I_{thF1} = I_{3pksF1}'' \sqrt{m + n}$$

gde su m i n – numerički faktori za termički efekat jednosmerne odnosno naizmenične komponente struje kratkog spoja.

Vrednosti m i n se određuju na osnovu dijagrama u svemu prema SRPS IEC 60909-0.

Faktor m dobijen je na osnovu vrednosti udarnog koeficijenta χ_e , usvojenog vremena trajanja kvara (1 s) i nazivne vrednosti frekvencije mreže (50 Hz). Usvojena vrednost faktora $m = 0,06$.

Faktor n dobijen je na osnovu faktora trajne struje kvara λ i usvojenog vremena trajanja kvara (1 s), pri čemu je faktor λ određen odnosom komponente struje kvara od strane generatora i nominalne struje generatora kao i vrednošću njegove zasićene sinhronne reaktanse.

Nazivna struja svih generatora, svedena na napon 10 kV, iznosi:

$$I_{nG}^{(10kV)} = 57,74 \text{ A}$$

Doprinos struji kratkog spoja od strane generatora:

$$I_{3pksGF}'' = 280 \text{ A}$$

Na osnovu odnosa ove dve struje i vrednosti zasićene sinhronne reaktanse generatora dobija se:

$$\lambda = 2,7$$

Ustaljena struja kratkog spoja od strane generatora definisana je kao:

$$I_{3pksusGF} = \lambda \cdot I_{nG}^{(10kV)} = 155,88 \text{ A}$$

Na osnovu odnosa komponente struje kvara od strane generatora i ustaljene struje kvara, kao i usvojenog vremena trajanja kvara (1 s) ima se:

$$n = 0,80$$

Termički jednosekundni ekvivalent struje kvara elektrane (generatori i glavni transformator) iznosi:

$$I_{thB} = I_{3pksBF1}'' \cdot \sqrt{m+n}$$

$$I_{thB} = 0,26 \text{ kA}$$

Termički jednosekundni ekvivalent struje kvara sa strane mreže iznosi:

$$I_{thmF1} = I_{3pksmF1}'' \cdot \sqrt{m+n}$$

$$I_{thmF1} = 0,927 \text{ kA}$$

pri čemu je $m = 0,08$, dok je $n = 1$, u skladu sa SRPS IEC 60909-0, koji u slučaju kvara na sabirnicama mrežu tretira kao petljastu.

Ukupan termički jednosekundni ekvivalent struje kvara na mestu pogođenim kvarom iznosi:

$$I_{thE} = 1,187 \text{ kA}$$

Vrednost rasklopne struje kvara sa strane elektrane (generatori i glavni transformator) iznosi:

$$I_{prB} = \mu \cdot I_{3pksBF1}''$$

$$I_{prB} = 0,21 \text{ kA}$$

gde je vrednost koeficijenta $\mu = 0,75$, na osnovu dijagrama u svemu prema SRPS IEC 60909-0, a za usvojeno vreme kvara veće od 0,25 s.

Vrednost rasklopne struje kvara sa strane mreže iznosi:

$$I_{prm1} = \mu \cdot I_{3pksmF1}''$$

$$I_{prm1} = 0,669 \text{ kA}$$

U sledećoj tablici prikazane su proračunate vrednosti za trofazni kratki spoj na sabirnicama postrojenja 10 kV:

Veličina	Struja kvara (kA) - sabirnice napona 10 kV		
	Komponenta iz mreže	Komponenta iz elektrane	Ukupno
Subtranzijentna struja I_{3pks}	0,892	0,28	1,139

Veličina	Struja kvara (kA) - sabirnice napona 10 kV		
	Komponenta iz mreže	Komponenta iz elektrane	Ukupno
Udarana struja i_p	1,39	0,66	1,88
Termička 1-sekundna struja I_{th}	0,927	0,26	1,187
Rasklopna struja I_{pr}	0,669	0,21	0,89

1.1.4. Struja kratkog spoja na sabirnicama generatorskog napona

Ekvivalentna impedansa kvara na sabirnicama generatorskog napona (0,42 kV), se računa po sledećoj formuli:

$$\underline{Z}_{eF2} = (\underline{Z}_{G1} \parallel \underline{Z}_{G2} \parallel \underline{Z}_{G3}) \parallel (\underline{Z}_{T1} + \underline{Z}_m)$$

Ekvivalentna impedansa kvara iznosi:

$$\underline{Z}_{eF2} = (4,1 + j11,8) \text{ m}\Omega$$

Vrednost struje trofaznog kratkog spoja na sabirnicama generatorskog napona (0,42 kV), iznosi:

$$\underline{I}_{3pksF2}'' = \frac{1,1}{\sqrt{3}} \frac{U_n}{\underline{Z}_{eF2}} = \frac{1,1 \cdot 420}{\sqrt{3} (4,1 + j11,8)} = (7,08 - j20,12) \text{ kA} \Rightarrow |\underline{I}_{3pksF2}''| = 21,33 \text{ kA}$$

Vrednost komponente struje kvara sa strane većeg generatora u MHE "Temac", pri simetričnom kratkom spoju na naponu 0,42 kV, iznosi:

$$\underline{I}_{3pksG1F2}'' = \frac{1,1}{\sqrt{3}} \frac{U_n}{\underline{Z}_{G1}} = \frac{1,1 \cdot 420}{\sqrt{3} (8,4 + j63,46)} = (0,55 - j4,13) \text{ kA} \Rightarrow |\underline{I}_{3pksG1F2}''| = 4,17 \text{ kA}$$

Vrednost komponente struje kvara sa strane jednog manjeg generatora u MHE "Temac", pri simetričnom kratkom spoju na naponu 0,42 kV, iznosi:

$$\underline{I}_{3pksG2F2}'' = \frac{1,1}{\sqrt{3}} \frac{U_n}{\underline{Z}_{G2}} = \frac{1,1 \cdot 420}{\sqrt{3} (16,2 + j122,4)} = (0,284 - j2,14) \text{ kA} \Rightarrow |\underline{I}_{3pksG2F2}''| = 2,16 \text{ kA}$$

Subtranzijentna struja trofaznog kratkog spoja sa strane glavnog transformatora iznosi:

$$\underline{I}_{3pksTF2}'' = \frac{1,1}{\sqrt{3}} \frac{U_n}{\underline{Z}_{TF2}} = \frac{1,1 \cdot 420}{\sqrt{3} (9,2 + j18,1)} = (5,96 - j11,71) \text{ kA} \Rightarrow |\underline{I}_{3pksTF2}''| = 13,14 \text{ kA}$$

Udarana struja kratkog spoja, koja uzrokuje dinamička naprezanja opreme na sabirnicama generatorskog napona (0,42 kV) je:

$$i_{pF1} = \chi_e \cdot \sqrt{2} \cdot I_{3pksF1}''$$

pri čemu je udarni koeficijent definisan izrazom:

$$\chi_e = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \frac{R_e}{X_e}}$$

Posmatrajući najkritičniji slučaj, tj. efekat ukupne struje kvara na sabirnicama generatorskog napona (0,42 kV), ima se:

$$i_{pF2} = 41,19 \text{ kA}$$

Komponenta sa strane većeg generatora:

$$i_{pG1F2} = 9,9 \text{ kA}$$

Komponenta sa strane manjeg generatora:

$$i_{pG2F2} = 5,13 \text{ kA}$$

Komponenta sa strane glavnog transformatora:

$$i_{pTF2} = 22,92 \text{ kA}$$

Termički ekvivalent struje kvara odgovoran za efekte zagrevanja opreme na mestu pogođenim kvarom se računa kao:

$$I_{thF2} = I''_{3pksF2} \cdot \sqrt{m+n}$$

gde su m i n – numerički faktori za termički efekat jednosmerne odnosno naizmenične komponente struje kratkog spoja.

Vrednosti m i n se određuju na osnovu dijagrama u svemu prema SRPS IEC 60909-0.

Faktor m dobijen je na osnovu vrednosti udarnog koeficijenta χ_e , usvojenog vremena trajanja kvara (1 s) i nazivne vrednosti frekvencije mreže (50 Hz). Usvojena vrednost faktora $m = 0,06$.

Faktor n dobijen je na osnovu faktora trajne struje kvara λ i usvojenog vremena trajanja kvara (1 s), pri čemu je faktor λ određen odnosom komponente struje kvara od strane generatora i nominalne struje generatora kao i vrednošću njegove zasićene sinhronne reaktanse.

Nazivna struja većeg generatora iznosi:

$$I_{ng1} = \frac{S_{ng1}}{\sqrt{3} \cdot U_{ng1}} = 742,3 \text{ A}$$

Doprinos struji kratkog spoja od strane većeg generatora:

$$I''_{3pksGF2} = 4170 \text{ A}$$

Na osnovu odnosa ove dve struje i vrednosti zasićene sinhronne reaktanse generatora dobija se:

$$\lambda = 2,7$$

Ustaljena struja kratkog spoja na strani generatora definisana je kao:

$$I_{3pksusGF2} = \lambda \cdot I_{ng} = 2004,2 \text{ A}$$

Na osnovu odnosa komponente struje kvara sa strane generatora i ustaljene struje kvara kao i usvojenog vremena trajanja kvara (1 s) ima se:

$$n = 0,72$$

Termički jednosekundni ekvivalent struje kvara sa strane većeg generatora iznosi:

$$I_{thGF2} = I''_{3pksGF2} \cdot \sqrt{m+n}$$

$$I_{thGF2} = 3,68 \text{ kA}$$

Nazivna struja manjeg generatora iznosi:

$$I_{ng2} = \frac{S_{ng2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ng2}} = 384,9 \text{ A}$$

Doprinos struji kratkog spoja od strane manjeg generatora:

$$I''_{3pksGF2} = 2160 \text{ A}$$

Na osnovu odnosa ove dve struje i vrednosti zasićene sinhronne reaktanse generatora dobija se:

$$\lambda = 2,7$$

Ustaljena struja kratkog spoja na strani generatora definisana je kao:

$$I_{3pksusGF2} = \lambda \cdot I_{ng} = 1039,2 \text{ A}$$

Na osnovu odnosa komponente struje kvara sa strane generatora i ustaljene struje kvara kao i usvojenog vremena trajanja kvara (1 s) ima se:

$$n = 0,72$$

Termički jednosekundni ekvivalent struje kvara sa strane manjeg generatora iznosi:

$$I_{thGF2} = I''_{3pksGF2} \cdot \sqrt{m+n}$$

$$I_{thGF2} = 1,9 \text{ kA}$$

Termički jednosekundni ekvivalent struje kvara sa strane glavnog transformatora iznosi:

$$I_{thTF2} = I''_{3pksTF2} \cdot \sqrt{m+n}$$

$$I_{thTF2} = 13,6 \text{ kA}$$

pri čemu je $m = 0,07$, dok je $n = 1$, u skladu sa SRPS IEC 60909-0, koji u slučaju kvara na sabirnicama mrežu tretira kao petljastu.

Ukupan termički jednosekundni ekvivalent struje kvara na mestu pogođenim kvarom iznosi:

$$I_{thE} = 21,08 \text{ kA}$$

Vrednost rasklopne struje kvara sa strane većeg generatora iznosi:

$$I_{prGF2} = \mu \cdot I''_{3pksGF2}$$

$$I_{prGF2} = 2,794 \text{ kA}$$

gde je vrednost koeficijenta $\mu = 0,67$, na osnovu dijagrama u svemu prema SRPS IEC 60909-0, a za usvojeno vreme kvara veće od 0,25 s.

Vrednost rasklopne struje kvara sa strane jednog manjeg generatora iznosi:

$$I_{prGF2} = \mu \cdot I''_{3pksGF2}$$

$$I_{prGF2} = 1,45 \text{ kA}$$

Vrednost rasklopne struje kvara sa strane glavnog transformatora iznosi:

$$I_{prT} = \mu \cdot I''_{3pksTF2}$$

$$I_{prT} = 8,8 \text{ kA}$$

U sledećoj tablici prikazane su proračunate vrednosti za trolni kratki spoj na sabirnicama generatorskog napona (0,42 kV):

Veličina	Struja kvara (kA) sabirnice generatorskog napona (0,42 kV)			
	Komponenta sa strane glavnog transformatora	Komponenta iz većeg generatora	Komponenta iz jednog manjeg generatora	Ukupno
Subtranzijentna struja I''_{3pks}	13,14	4,17	2,16	21,33
Udarna struja i_p	22,92	9,9	5,13	41,19
Termička 1-sekundna struja I_{th}	13,6	3,68	1,9	21,08
Rasklopna struja I_{pr}	8,8	2,794	1,45	14,44

1.1.5. Komentar rezultata proračuna vrednosti struja kratkog spoja

Izabrana rasklopna oprema, čiji je zadatak da u havarijskim situacijama isključi napajanje kvara, po svojoj prekidnoj moći zadovoljava proračunske vrednosti rasklopnih struja u najnepovoljnijim slučajevima, odnosno trolnim kratkim spojevima.

Oprema ispunjava uslov iz Uslova za projektovanje i priključenje MHE Temac, a to je da doprinos struji kratkog spoja od strane elektrane, na naponu 10kV (0,28kA), ne sme biti veći od 0,4kA.

1.2. Uslovi povezivanja na distributivni sistem

Obim rekonstrukcije MHE koja se obrađuje ovim projektom ne utiče na izmenu mesta priključenja na distributivnu mrežu, kao ni na parametre u distributivnoj mreži.

Prema izdatim Uslovima za projektovanje i priključenje, za priključenje i bezbedan paralelan rad elektrane sa DS, elektrana mora da zadovolji sledeće kriterijume:

- 1) kriterijum maksimalno dozvoljene snage generatora u elektrani,
- 2) kriterijum snage kratkog spoja,
- 3) kriterijum flikera,
- 4) kriterijum dozvoljenih struja viših harmonika i interharmonika.

1.2.1. Kriterijum maksimalno dozvoljene snage generatora u elektrani

Prema pravilima o radu distributivnog sistema za priključenje malih elektrana na mrežu ED Srbije, prilikom uključenja, odnosno isključenja najvećeg sinhronog generatora procentualna promena napona na mestu priključenja ne sme premašiti 5%.

Promena napona se računa preko snage trolnog kratkog spoja na mestu priključenja prema formuli:

$$\Delta u = k_i \cdot \frac{S_{ngm}}{S_{ks}}$$

gde je:

k_i – količnik struje u momentu uključenja i nazivne struje generatora. Za sinhronu generatore $k_i=1$

S_{ngm} – prividna snaga najvećeg generatora (MVA)

S_{ks} – stvarna vrednost snage kratkog spoja na mestu priključka (MVA)

Doprinos iz mreže snazi kratkog spoja na sabirnicama 10 kV u elektrani je 15,45 MVA, pa je dozvoljeni pad napona:

$$\Delta u = \frac{S_{ngm}}{S_{ks}} = \frac{0,54}{15,45} = 0,035 \quad t.j. \quad 3,5\% < 5\%$$

1.2.2. Kriterijum snage kratkog spoja

Kriterijumom snage kratkog spoja se proverava ukupna vrednost struje (snage) trofaznog kratkog spoja na mestu priključenja elektrane u pogonu.

Vrednost struje (snage) ne sme preći maksimalne dozvoljene vrednosti struja (snaga) kratkog spoja na koje je dimenzionisana oprema u DS. Elektroenergetska oprema u DSEE na 10kV naponu je dimenzionisana na dozvoljenu struju trofaznog kratkog spoja od 14,5 kA što je značajno veće od izračunatih vrednosti struja kratkog spoja na ovom naponu.

Izabrana rasklopna oprema, čiji je zadatak da u havarijskim situacijama isključi napajanje kvara, po svojoj isključnoj moći zadovoljava proračunske vrednosti rasklopnih struja u najnepovoljnijim slučajevima, odnosno trolnim kratkim spojevima.

Prema izdatim Uslovima za projektovanje i priključenje, maksimalna dozvoljena struja kratkog spoja od strane elektrane iznosi 0,4kA. Prema proračunima u tački 1.1.3. doprinos struji trolnog kratkog spoja sa strane elektrane iznosi 0,28 kA, što ispunjava uslov maksimalno dozvoljene vrednosti.

1.2.3. Kriterijum flikera

Kod generatora koje pokreću vodena, parna ili gasna turbina kriterijum flikera se ne proverava.

1.2.4. Kriterijum dozvoljenih struja viših harmonika i interharmonika

Ukoliko je nekoliko generatora ili elektrana priključeno i/ili se priključuje na DS u istoj tački priključenja primenjuje se sledeća formula:

$$I_{vhg} \leq I_{vhdoz} = I_{vhs,v,\mu} \cdot S_{ks} \cdot \frac{S_{ng}}{S_{sum}}$$

gde je:

- I_{vhg} - stvarna vrednost struje višeg harmonika/interharmonika koju generator injektira u DS, svedena na mesto priključenja, u [A],
- I_{vhdoz} - dozvoljena vrednost struje višeg harmonika/interharmonika na mestu priključenja, u [A],
- $I_{vhs,v,\mu}$ - dozvoljena vrednost struje višeg harmonika/interharmonika svedena na jediničnu snagu kratkog spoja na mestu priključenja na DS, u [A/MVA],
- S_{ng} - snaga razmatranog generatora na mestu priključenja,
- S_{sum} - suma snaga svih generatora na mestu priključenja.

Ovaj uslov će se proveriti u višoj fazi projekta (Projekat za izvođenje), kada se budu znale fabričke karakteristike generatora.

1.3. Izbor i provera glavnih energetskih kablova

1.3.1. Kablovska veza između generatora 1 i postrojenja generatorskog napona

Nazivna struja generatora 1 iznosi:

$$I_{ng1} = \frac{S_{ng1}}{\sqrt{3} \cdot U_{ng1}} = 742,3 \text{ A}$$

Maksimalna struja generatora 1, koja se javlja u režimu kada generator radi sa sniženim naponom (-5%), iznosi:

$$I_{maxg1} = \frac{S_{ng1}}{\sqrt{3} \cdot 0,95 \cdot U_{ng1}} = 781,37 \text{ A}$$

Sistem jednožilnih kablova sa izolacijom od umreženog polietilena tipa XP00 preseka 120 mm² (Cu) položen u kablovskim kanalima, sa rasporedom u trougao, ima dozvoljenu trajnu struju od 405 A. Prema tome sistem od tri kabla po fazi ima dozvoljenu trajnu struju od 1215 A.

Za polaganje u zatvorenim kablovskim kanalima korekcionni faktor je $k_1=0,88$.

Korekcionni faktor koji uzima u obzir temperaturu okolnog vazduha od 40 °C je $k_2=0,89$.

Stvarna (korigovana) trajna struja ovih kablova je:

$$I_{t,kor} = k_1 \cdot k_2 \cdot I_t = 0,88 \cdot 0,89 \cdot 1215 = 951,6 \text{ A}$$

Kablovi zadovoljavaju u pogledu strujne opteretivosti, pošto je $I_{t,kor} > I_{maxg1}$

Termička 1-sekundna struja kratkog spoja merodavna za proračun iznosi 21,08 kA (kratak spoj F2 – ukupna termička 1-sekundna struja kratkog spoja čime je proračun urađen na stranu sigurnosti).

Minimalni presek kabla za termičku struju kratkog spoja I_{th} , trajanja t iznosi:

$$A_{min} = \frac{I_{th} \cdot \sqrt{t}}{k}$$

gde je:

A_{min} – minimalni presek (mm²)

I_{th} – termička struja kratkog spoja (A)

t – vreme trajanja kratkog spoja (s). Provera se vrši za $t=1s$.

k – koeficijent koji za bakarni provodnik i izolaciju od umreženog polietilena iznosi 135

$$A_{min} = \frac{21080 \cdot \sqrt{1}}{135} = 156,15 \text{ mm}^2 < 360 \text{ mm}^2$$

1.3.2. Kablovska veza između generatora 2 i 3 i postrojenja generatorskog napona

Nazivna struja generatora 2 (i 3) iznosi:

$$I_{ng2} = \frac{S_{ng2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ng2}} = 384,90 \text{ A}$$

Maksimalna struja generatora 2 (3), koja se javlja u režimu kada generator radi sa sniženim naponom (-5%), iznosi:

$$I_{\max 2} = \frac{S_{ng2}}{\sqrt{3} \cdot 0,95 \cdot U_{ng2}} = 405,16 \text{ A}$$

Sistem jednožilnih kablova sa izolacijom od umreženog polietilena tipa XP00 preseka 120 mm² (Cu) položen u kablovskim kanalima, sa rasporedom u trougao, ima dozvoljenu trajnu struju od 405 A. Prema tome sistem od dva kabla po fazi ima dozvoljenu trajnu struju od 810 A.

Za polaganje u zatvorenim kablovskim kanalima korekcionni faktor je $k_1=0,90$.

Korekcionni faktor koji uzima u obzir temperaturu okolnog vazduha od 40 °C je $k_2=0,89$.

Stvarna (korigovana) trajna struja ovih kablova je:

$$I_{t,kor} = k_1 \cdot k_2 \cdot I_t = 0,90 \cdot 0,89 \cdot 810 = 648,81 \text{ A}$$

Kablovi zadovoljavaju u pogledu strujne opteretivosti, pošto je $I_{t,kor} > I_{\max 1}$

Termička 1-sekundna struja kratkog spoja merodavna za proračun iznosi 21,08 kA (kratak spoj F2 – ukupna termička 1-sekundna struja kratkog spoja čime je proračun urađen na srtnu sigurnosti).

Minimalni presek kabla za termičku struju kratkog spoja I_{th} , trajanja t iznosi:

$$A_{\min} = \frac{I_{th} \cdot \sqrt{t}}{k}$$

gde je:

$A_{\min}$ – minimalni presek (mm²)

I_{th} – termička struja kratkog spoja (A)

t – vreme trajanja kratkog spoja (s). Provera se vrši za $t=1s$.

k – koeficijent koji za bakarni provodnik i izolaciju od umreženog polietilena iznosi 135

$$A_{\min} = \frac{21080 \cdot \sqrt{1}}{135} = 156,15 \text{ mm}^2 < 240 \text{ mm}^2$$

1.3.3. Kablovska veza između postrojenja generatorskog napona i glavnog transformatora

Nazivna struja glavnog transformatora na niženaponskoj strani iznosi:

$$I_{nT} = \frac{S_{nT}}{\sqrt{3} \cdot U_{nTLV}} = 1718,3 \text{ A}$$

Sistem jednožilnih kablova sa izolacijom od umreženog polietilena tipa XP00 preseka 240 mm² (Cu) položen u kablovskim kanalima, sa rasporedom u trougao, ima dozvoljenu trajnu struju od 645 A. Prema tome sistem od četiri kabla po fazi ima dozvoljenu trajnu struju od 2580 A.

Za polaganje u zatvorenim kablovskim kanalima korekcionni faktor je $k_1=0,88$.

Korekcionni faktor koji uzima u obzir temperaturu okolnog vazduha od 40 °C je $k_2=0,89$.

Stvarna (korigovana) trajna struja ovih kablova je:

$$I_{t,kor} = k_1 \cdot k_2 \cdot I_t = 0,88 \cdot 0,89 \cdot 2580 = 2020,65 \text{ A}$$

Kablovi zadovoljavaju u pogledu strujne opteretivosti, pošto je $I_{t,kor} > I_{\max 1}$

Termička 1-sekundna struja kratkog spoja merodavna za proračun iznosi 21,08 kA (kratak spoj F2 – ukupna termička 1-sekundna struja kratkog spoja čime je proračun urađen na srtnu sigurnosti).

Minimalni presek kabla za termičku struju kratkog spoja I_{th} , trajanja t iznosi:

$$A_{min} = \frac{I_{th} \cdot \sqrt{t}}{k}$$

gde je:

A_{min} – minimalni presek (mm^2)

I_{th} – termička struja kratkog spoja (A)

t – vreme trajanja kratkog spoja (s). Provera se vrši za $t=1s$.

k – koeficijent koji za bakarni provodnik i izolaciju od umreženog polietilena iznosi 135

$$A_{min} = \frac{21080 \cdot \sqrt{1}}{135} = 156,15 \text{ mm}^2 < 960 \text{ mm}^2$$

1.3.4. Kablovska veza između glavnog transformatora i odgovarajuće 10 kV ćelije

Nazivna struja glavnog transformatora na višenaponskoj strani iznosi 72,17 A.

Upotrebiće se sistem jednožilnih kablova XHE 49-A (NA2XS(F)2Y) 3(1x35/16 mm^2), koji sa rasporedom u trougao, ima trajno dozvoljenu struju od 190 A.

Izabrani kablovi zadovoljavaju po pitanju strujne opteretivosti.

Struja kratkog spoja koja teče ovom kablovskom vezom iznosi 0,927 kA (kratki spoj F1–komponenta iz mreže).

Minimalni presek kabla za struju kratkog spoja I_{ks} trajanja t iznosi:

$$S_{min} = \frac{I_{ks} \cdot \sqrt{t}}{k}$$

$$S_{min} = \frac{927 \cdot \sqrt{1}}{87} = 10,65 \text{ mm}^2 < 35 \text{ mm}^2$$

1.4. Dimenzionisanje zaštitnih uređaja i kablovskih veza na naponu 0,4 kV

Radne karakteristike uređaja za zaštitu potrošača i napojnog kabla za taj potrošač od preopterećenja moraju, prema SRPS IEC 60364-4-43, da zadovoljavaju dva sledeća uslova:

I uslov:

$$I_B \leq I_N \leq I_{Zn}$$

II uslov:

$$k_s \cdot I_N \leq 1,45 \cdot I_{Zn}$$

gde su:

I_B – radna struja u kolu,

I_N – nazivna struja zaštitnog uređaja

I_{Zs} – potrebna trajno podnosiva struja kabla za uslove polaganja i temperaturu ambijenta,

I_{zn} – trajno podnosiva struja izabranog kabla za uslove polaganja i temperaturu ambijenta,

k_s – koeficijent sigurnosti zaštitnog uređaja,

I_D – tablički podatak za trajno podnosivu struju kabla.

Prilikom izbora zaštitnih uređaja treba voditi računa o postizanju potpune selektivnosti između njih.

Izbor kablova mora biti izvršen prema kriterijumu toplotnog naprezanja i dozvoljenog pada napona, a u skladu sa standardima SRPS IEC 60364-4-43 i SRPS IEC 60364-5-52 iz 2008.godine.

Svi kablovi u sistemu naizmeničnih napona 3x400/230 V, 50 Hz trebaju biti izabrani uz uvažavanje sledećih uslova:

- maksimalne dozvoljene struje kablova izabrane su u odnosu na metode instalisanja B2 za kablovske kanale,
- ambijentalne uslove i uslove polaganja:
 - $k_\theta = 1$ za temperaturu ambijenta od 30 °C,
 - $k_{p1} = 0,74$ koeficijent usvojen za najteži slučaj vođenja četvorožilnih kablova (šest kablova koji se dodiruju na u kablovskom kanalu),
- maksimalni dozvoljeni pad napona koji iznosi 5% od mesta priključka na glavni razvod do krajnjeg potrošača.

Pad napona za trofazne potrošače računati prema formuli:

$$\Delta U_n (\%) = \frac{100 \cdot S_j \cdot l_k}{U_l^2} \cdot (r_k \cdot \cos \varphi + x_k \cdot \sin \varphi)$$

Pad napona za monofazne potrošače računati prema formuli:

$$\Delta U_n (\%) = \frac{200 \cdot S_j \cdot l_k}{U_f^2} \cdot (r_k \cdot \cos \varphi + x_k \cdot \sin \varphi)$$

gde su:

S_j - maksimalna jednovremena prividna snaga (kVA)

l_k - dužina kabla (m)

r_k - specifična otpornost kabla (Ω/km)

x_k - specifična induktivnost kabla (Ω/km)

U_l - linijski napon (400 V)

U_f - fazni napon (230 V)

U nastavku su date tabele sa proračunatim parametrima za sve kablove obuhvaćene projektom u sistemu 0,4 kV, 50 Hz naizmeničnog napona.



R.b.	Naziv izvoda	P _{inst}	U _n	K _f	P _{jmax}	cosφ	η	S _{jmax}	I _B	I _n	k _t	k _p	I _{ZS}	S _k	I _D	I _{Zn}	I _B ≤ I _n ≤ I _{Zn}	k _B	k _B ·I _n ≤ 1,45·I _{Zn}	r _k	x _k	l _k	ΔU _n	Oznaka kabela			
																								tip	trasa		
		W	V		W			VA	A	A			A	mm ²	A	A				(Ω/km)	(Ω/km)	m	%		mm ²	od	do
1	Kran	15000	400	1	15000	0,80	0,75	25000,00	36,08	25	1	0,74	48,76	4	34	25,16	NIJE ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	4,61	0,107	25	1,4657	-W011	PP00-Y 5x4	=NE	=NG03
2	Uljne pumpe turbinskog regulatora 1	2200	400	1	2200	0,83	0,81	3272,35	4,72	10	1	0,74	6,38	2,5	25	18,5	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	7,41	0,11	25	0,3176	-W012	PP00-Y 5x2,5	=NE	+M1a/+M1b
3	Uljne pumpe turbinskog regulatora 2	2200	400	1	2200	0,83	0,81	3272,35	4,72	10	1	0,74	6,38	2,5	25	18,5	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	7,41	0,11	25	0,3176	-W013	PP00-Y 5x2,5	=NE	+M2a/+M2b
4	Uljne pumpe turbinskog regulatora 3	2200	400	1	2200	0,83	0,81	3272,35	4,72	10	1	0,74	6,38	2,5	25	18,5	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	7,41	0,11	25	0,3176	-W014	PP00-Y 5x2,5	=NE	+M3a/+M3b
5	Grejanje i klimatizacija	22000	400	1	22000	0,95	0,80	28947,37	41,78	40	1	0,74	56,46	10	60	44,4	NIJE ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	1,83	0,094	25	0,7996	-W015	PP00-Y 5x10	=NE	=NG02
6	Sigurnosni sistemi	700	231	1	700	1,00	1,00	700,00	3,03	4	1	0,74	4,10	2,5	25	18,5	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	7,41	0,104	25	0,486	-W016	PP00-Y 3x2,5	=NE	+SSSC
7	Komandni orman agregata	300	231	1	300	1,00	1,00	300,00	1,30	2	1	0,74	1,76	2,5	25	18,5	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	7,41	0,104	25	0,2083	-W017	PP00-Y 3x2,5	=NE	+UCC
8	Turbinski regulator 1	300	231	1	300	1,00	1,00	300,00	1,30	2	1	0,74	1,76	2,5	25	18,5	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	7,41	0,104	25	0,2083	-W018	PP00-Y 3x2,5	=NE	+TGC1
9	Turbinski regulator 2	300	231	1	300	1,00	1,00	300,00	1,30	2	1	0,74	1,76	2,5	25	18,5	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	7,41	0,104	25	0,2083	-W019	PP00-Y 3x2,5	=NE	+TGC2
10	Turbinski regulator 3	300	231	1	300	1,00	1,00	300,00	1,30	2	1	0,74	1,76	2,5	25	18,5	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	7,41	0,104	25	0,2083	-W020	PP00-Y 3x2,5	=NE	+TGC3
11	Grejači generatora 1	300	231	1	300	1,00	1,00	300,00	1,30	2	1	0,74	1,76	2,5	25	18,5	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	7,41	0,104	25	0,2083	-W021	PP00-Y 3x2,5	=NE	-G1
12	Grejači generatora 2	300	231	1	300	1,00	1,00	300,00	1,30	2	1	0,74	1,76	2,5	25	18,5	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	7,41	0,104	25	0,2083	-W022	PP00-Y 3x2,5	=NE	-G2
13	Grejači generatora 3	300	231	1	300	1,00	0,90	333,33	1,44	2	0,9	0,74	2,19	2,5	25	16,47	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	7,41	0,104	25	0,2314	-W023	PP00-Y 3x2,5	=NE	-G3
14	Pobudni transformator 1	9000	400	1	9000	1,00	0,90	10000,00	14,43	20	1	0,74	19,51	4	34	25,16	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	4,61	0,107	25	0,7203	-W024	PP00-Y 5x4	=NE	=TE1
15	Pobudni transformator 2	9000	400	1	9000	1,00	0,90	10000,00	14,43	20	1	0,74	19,51	4	34	25,16	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	4,61	0,107	25	0,7203	-W025	PP00-Y 5x4	=NE	=TE2
16	Pobudni transformator 3	9000	400	1	9000	1,00	0,90	10000,00	14,43	20	1	0,74	19,51	4	34	25,16	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	4,61	0,107	25	0,7203	-W026	PP00-Y 5x4	=NE	=TE3
17	Razvodno postrojenje 10kV	300	231	1	300	1,00	1,00	300,00	1,30	2	1	0,74	1,76	2,5	25	18,5	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	7,41	0,104	25	0,2083	-W027	PP00-Y 3x2,5	=NE	=K
18	Vodna komora	11520	400	1	11520	0,90	0,90	14222,22	20,53	32	1	0,74	27,74	10	60	44,4	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	1,83	0,094	150	2,2506	-W028	PP00-Y 5x10	=NE	=NG02
19	Ispravljač za napon 24Vjss	4000	400	0,6	2400	0,90	0,90	2962,96	4,28	6	1	0,74	5,78	2,5	25	18,5	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	7,41	0,11	25	0,311	-W029	PP00-Y 5x2,5	=NE	=NU
20	Osvetljenje i priključnice	20000	400	0,8	16000	0,90	0,90	19753,09	28,51	40	1	0,74	38,53	10	60	44,4	ISPUNJEN	1,35	ISPUNJEN	1,83	0,094	25	0,521	-W030	PP00-Y 5x10	=NE	=NG01

2. SPECIFIKACIJA OPREME SA CENAMA

Poz.	Opis	Jed. mere	Kol.	jed. cena [€]	cena [€]
	ELEKTRO OPREMA ELEKTRANE				
1.	GENERATORI				
1.1.	Trofazni horizontalni sinhroni generator (=U1-G1), sledećih osnovnih karakteristika: - nazivna prividna snaga: 540 kVA; - nazivni napon: 0,42 kV; - nazivna učestanost: 50 Hz; - nazivni faktor snage: 0,80; - nazivni broj obrtaja: 500 o/min; - klasa izolacije namotaja: F; - stepen mehaničke zaštite: IP 23; - pobuda: „brushless“.	kompl.	1	90.000,00	90.000,00
1.2.	Trofazni horizontalni sinhroni generator (=U2-G1, =U3-G1), sledećih osnovnih karakteristika: - nazivna prividna snaga: 280 kVA; - nazivni napon: 0,42 kV; - nazivna učestanost: 50 Hz; - nazivni faktor snage: 0,80; - nazivni broj obrtaja: 750 o/min; - klasa izolacije namotaja: F; - stepen mehaničke zaštite: IP 23; - pobuda: „brushless“.	kompl.	1	30.000,00	60.000,00
2.	GLAVNI TRANSFORMATOR				
2.1.	Glavni transformator (=T1) - Trofazni, suvi, dvonamotajni sledećih osnovnih karakteristika: - nazivna snaga: 1250 kVA - nazivni primarni (VN) napon: 10 kV - nazivni sekundarni (NN) napon: 0,42kV - opseg regulacije napona na VN strani: $\pm 2 \times 2,5\%$ - nazivna učestanost :50 Hz - napon kratkog spoja: 6% - sprega: Dyn5 - tip hlađenja: AN	kom.	1	30.000,00	30.000,00

Poz.	Opis	Jed. mere	Kol.	jed. cena [€]	cena [€]
3.	SREDNJENAPONSKA OPREMA				
3.1.	Razvodno postrojenje 10 kV u elektrani – sastavljeno od jedne (1) modularne, metalom oklopljene, vazduhom izolovane ćelije sa ugrađenom opremom za najviši pogonski napon od 12 kV i nazivnu struju od 630 A, uključujući i opremu lokalnog upravljanja, u skladu sa TP EDB 16. Karakteristike opreme su prikazane na jednopolnoj šemi.	kompl.	1	15.000,00	15.000,00
	Razvodno postrojenje 10 kV za priključenje na DEES – prefabrikovanog tipa, sastavljeno od 5 ćelija, od dva puta dekapiranog lima, sa gasom (SF6) izolovanom, metalom zaštićenom rasklopnom aparaturom 12 kV, sa izolacionim pregradama između odeljaka, najviši napon opreme 12 kV, uključujući i opremu lokalnog upravljanja, u skladu sa TP EDB 16. Karakteristike opreme su prikazane na jednopolnoj šemi.	kompl.	1	25.000,00	25.000,00
4.	OPREMA GENERATORSKOG NAPONA				
4.1	Orman generatorskih prekidača (+UG1, +UG2, +UG3) - slobodnostojeći, limeni, dimenzija (ŠxDxV) 800x600x2200 mm, za smeštaj generatorskih prekidača, nazivne struje 800/630/630 A, nazivnog napona 1 kV, rasklopne moći 31,5 kA, sa motornim pogonom (napon 24 V jss)	kompl.	1	24.000,00	24.000,00
4.2.	Ormani zvezdišta generatora (+UN1, +UN2, +UN3) - slobodnostojeći, limeni, dimenzija (ŠxDxV) 800x600x2200 mm, za smeštaj strujnih mernih transformatora sledećih karakteristika: Strujni transformator u zvezdištu (-CT02) - prenosni odnos: 1000/5A (500/5 A); - klasa tačnosti: 5P20; - nazivna snaga jezgra: 30 VA. Strujni transformatori u zvezdištu (-CT01) - prenosni odnos: 1000/5A (500/5 A); - klasa tačnosti: 5P20; - nazivna snaga jezgra: 30 VA. U ormanima će biti instalirani i jednopolni rastavljači na ručni pogon, za nominalne struje 1250A (630A).	kompl.	1	18.000,00	18.000,00

Poz.	Opis	Jed. mere	Kol.	jed. cena [€]	cena [€]
5.	OPREMA SOPSTVENE POTROŠNJE				
5.1.	Slobodnostojeći razvodni orman (=NE). Orman je kompletno bravarski i električarski završen, sa ugrađenim bakarnim sabirnicama. Osnovne karakteristike su: - nominalni napon: 400 V - nazivna struja sabirnica: 400 A - termička (1s) struja: 25 kA - udarna struja: 62,5 kA - stepen izolacije: 1 kV - stepen zaštite: IP32. Dimenzije ormara su (Š x D x V) 800x800x2200 mm. Orman sadrži sledeću opremu: - Prekidač snage, kompaktni, tro polni, za nazivnu struju 125 A, za maksimalni radni napon 690 V, 50 Hz, sa prekostrujnom i kratkospojnom zaštitom, sa mogućnošću podešenja prekostrujne zaštite, prekidne moći 15 kA (2 prekidača u mehaničkoj blokadi). Prekidač je opremljen pomoćnim kontaktima za signalizaciju stanja prekidača (uklj./isklj.) i signalizaciju stanja delovanja zaštite (alarmni kontakt), - Voltmetar i ampermetar, - Rele podnaponske zaštite, - Automatski zaštitni prekidači, jednopolni i tro polni, odgovarajućih nazivnih stuja	kom.	1	5.000,00	5.000,00
5.2.	Slobodnostojeći orman za smeštaj opreme izvora i razvoda napona 24 V jss. Orman je kompletno bravarski i električarski završen, i sadrži sledeću opremu: - Automatski regulisani ispravljač-punjač za 400/230 V, 50 Hz /110 V jss, izlazne struje 4x40 A, - Olovna, suva, bezodržavajuća, akumulatorska baterija 24 V, desetočasovnog kapaciteta 190 Ah, - Voltmetar i ampermetar, - Automatski zaštitni prekidači, dvopolni, odgovarajućih nazivnih stuja	kom.	1	5.000,00	5.000,00
5.3.	Podrazvod za napajanje potrošača na vodozahvatu u kojem će biti ugrađena sva potrebna rasklopna, merna, zaštitna i komandna oprema	kom	1	2.000,00	2.000,00
6.	ELEKTRIČNE ZAŠTITE				
6.1.	Numerički uređaji električnih zaštita generatora, transformatora i 10 kV izvoda, sa potrebnom pomoćnom opremom (releji, ispitne utičnice i sl.)	kompl.	1	15.000,00	15.000,00

Poz.	Opis	Jed. mere	Kol.	jed. cena [€]	cena [€]
7.	INSTALACIJE OSVETLJENJA I UTIČNICA				
7.1.	Instalacije osvetljenja: - opšte (svetiljke sa fluorescentnim izvorima svetlosti, u sklopu nadzidnih rastera sa svetiljkama 2x36 W) - nužno (svetiljke sa fluorescentnim izvorima svetlosti, za napon 24 V jss) - antipanično (akumulatorska baterija, 2x8 W fluorescentne cevi) - spoljašnje (natrijumove svetiljke od 150 W, sa stubovima ulične rasvete) Industrijske priključnice sa zaštitnim kontaktima: - monofazne 230 V, 50 Hz i - trofazne 3x400/230 V 50 Hz	kompl.	1	5.000,00	5.000,00
8.	KABLOVI				
8.1.	Energetski niskonaponski (1 kV), srednjenaponski (10 kV) i komandno signalni kablovi	kompl.	1	5.000,00	5.000,00
9.	INSTALACIJE UZEMLJENJA				
9.1.	Instalacije za izjednačavanje potencijala, koje čine: - trake FeZn 25x4mm, - provodnici Cu sa PVC izolacijom, preseka 50 mm ² /35 mm ² /6 mm ² , - spojnice i ukrsni komadi, prema SRPS EN 50164-1	kompl.	1	2.000,00	2.000,00
10.	ALATI I ZAŠTITNA OPREMA	kompl.	1	1.000,00	1.000,00
	UKUPNO OPREMA				302.000,00
	Nespecificirano (≈ 3%)				9.060,00
	Transport (≈ 7%)				21.140,00
	Montaža (≈ 18%)				54.360,00
	UKUPNO OPREMA				386.540,00

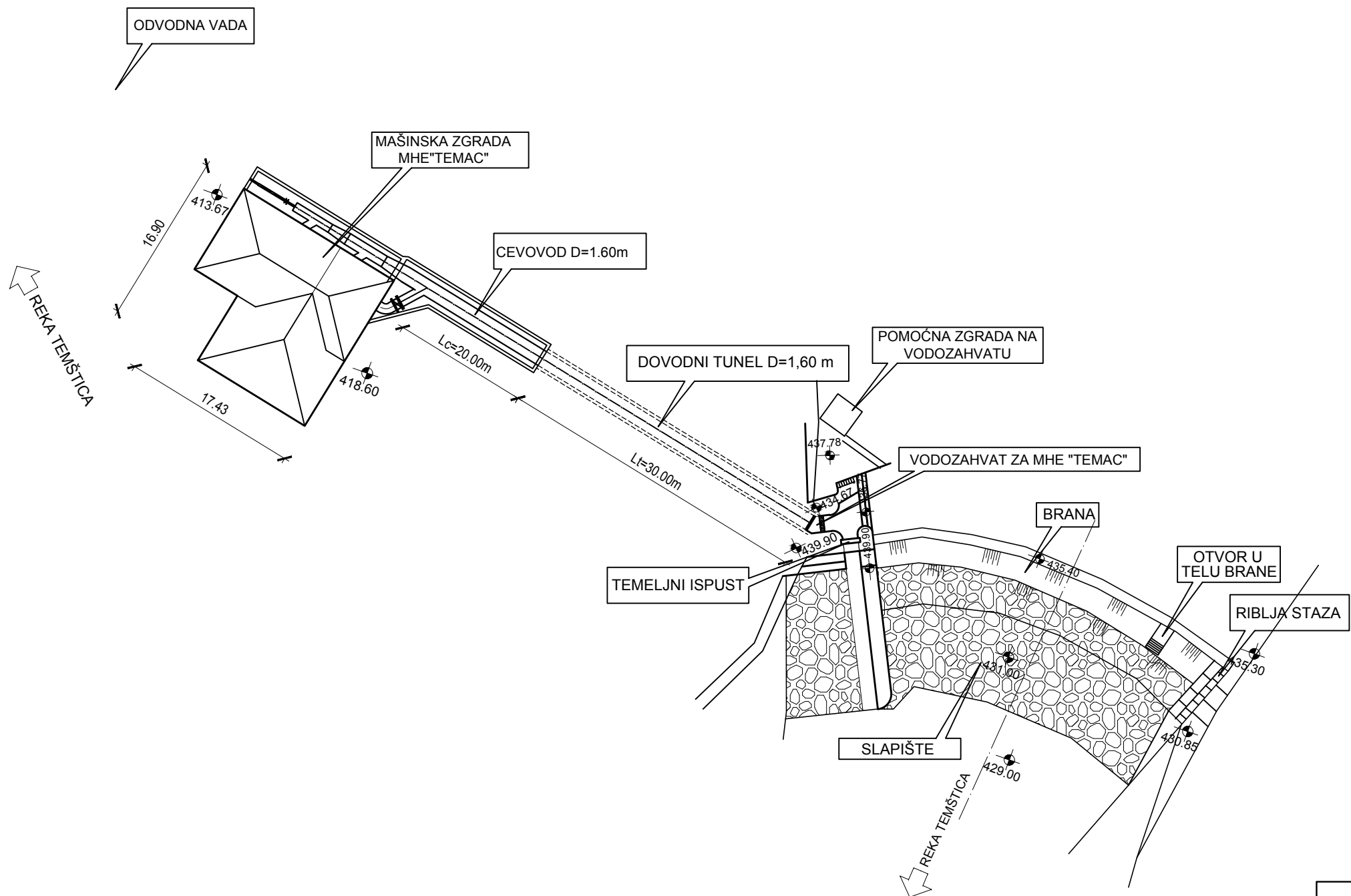


III. GRAFIČKA DOKUMENTACIJA

SADRŽAJ GRAFIČKE DOKUMENTACIJE

E01-1	Situacija MHE Temac
E02-1	Dispozicija opreme – osnova
E03-1	Dispozicija opreme – presek
E04-1	Jednopolna šema elektrane
E05-1	Jednopolna šema sopstvene potrošnje

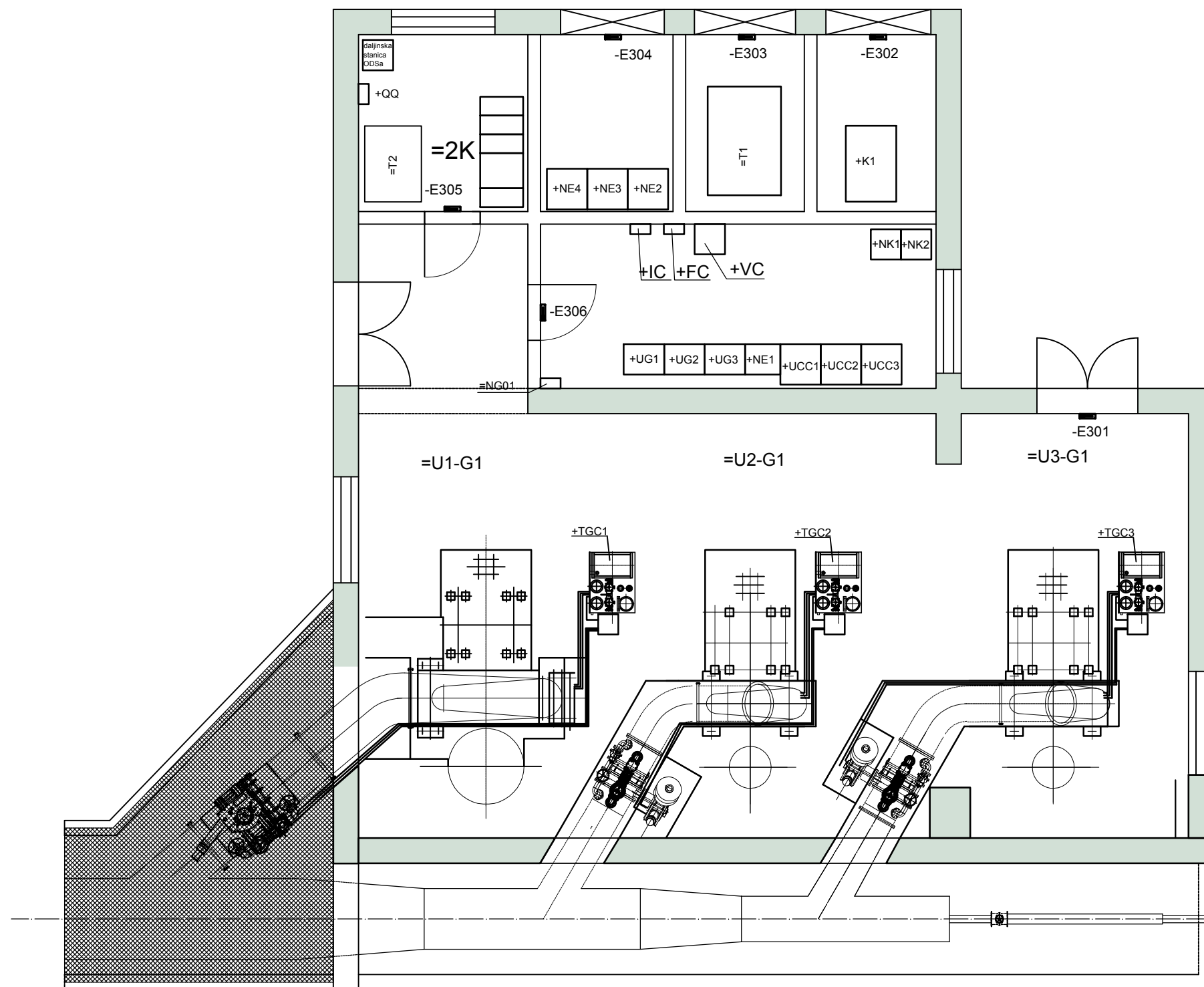
PREGLEDNA SITUACIJA
MHE "Temać" na reci Temštica



Scrag



R.BR.	DATUM	OPIS IZMENE			POTPIS
ENERGOPROJEKT-HIDROINŽENJERING A.D. BULEVAR MIHAILA PUPINA 12, BEOGRAD, SRBIJA					
INVESTITOR JP "ELEKTROPRIVREDA SRBIJE "			PROJEKAT IDEJNI PROJEKAT REKONSTRUKCIJE I MODERNIZACIJE MHE U VLASNIŠTVU JP „ELEKTROPRIVREDA SRBIJE“		
OBJEKAT MHE TEMAC			CRTEŽ SITUACIJA MHE "TEMAC"		
BROJ UGOVORA 13051-204		DATUM 03. 2019.	FAZA IDP		
ODG.PROJEKT.	Nenad Lazić, dipl. inž. el. br. licence: 350 H 463 09		RJ 110-204	RAZMERA 1:500	LISTOVA 1 LIST 1
UN. KONTROLA	Blagoje Gojković, dipl. inž. el.		DEO PROJEKTA E	SIFRA CRTEŽA 13051-XI-04-204-01-1	BR. CRT. / IZMENA 01
ŠEF PROJEKTA	Nenad Lazić, dipl. inž. el.				



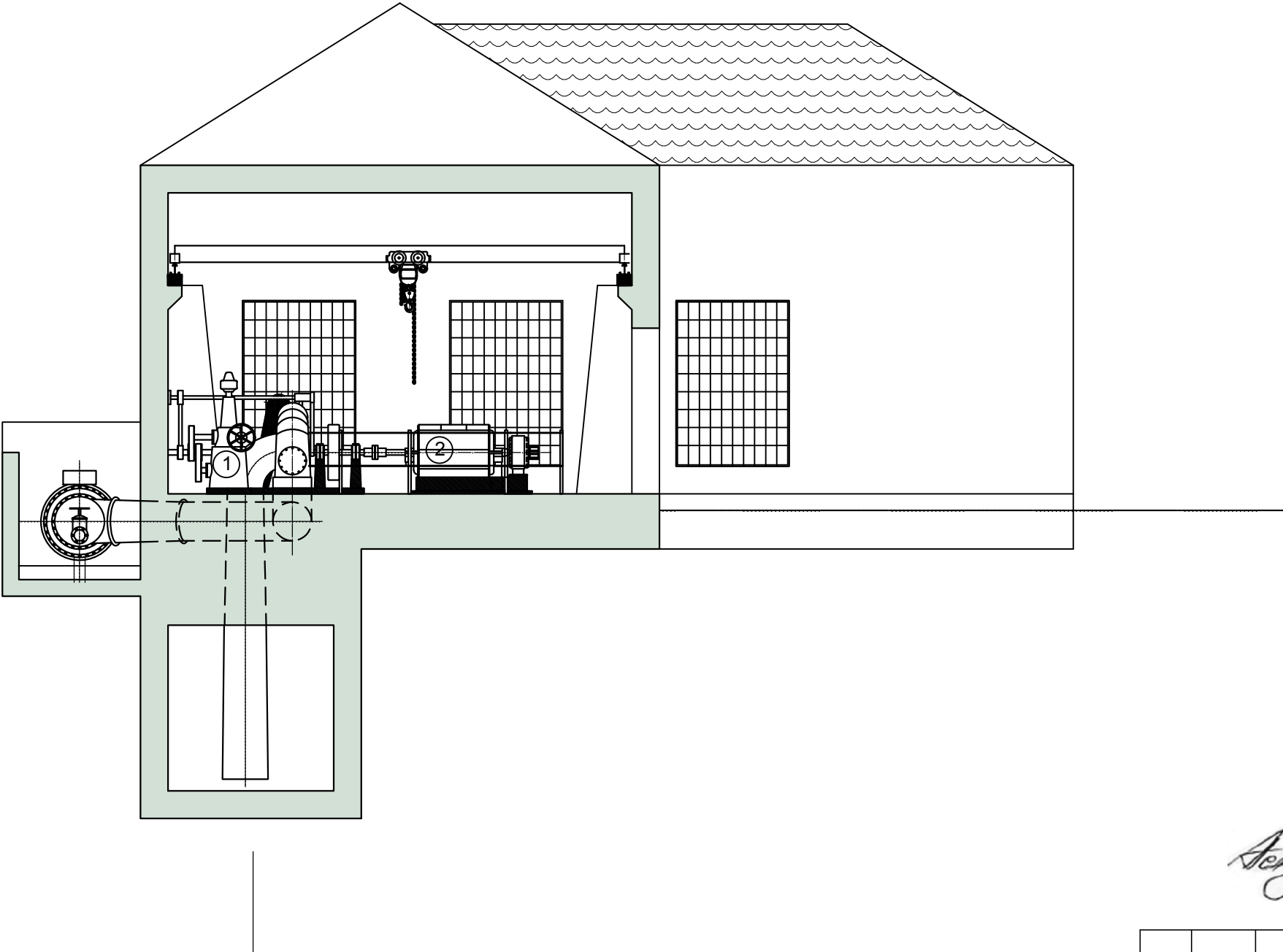
LEGENDA:

- =U1-G1, =U2-G1, =U3-G1 - GENERATORI
- =T1 - GLAVNI TRANSFORMATOR
- =T2 - TRANSFORMATOR ZA LOKALNE POTROŠAČE
- =K - RP 10 kV
- +UG1, +UG2, +UG3 - ORMANI SA GENERATORSKIM PREKIDAČIMA
- =NE - RAZVOD 0,4 kV, 50 Hz
- =NK - GLAVNI RAZVOD 24 V JSS
- =NG - PORAZVOD ZA NAPAJANJE OPŠTE POTROŠNJE
- +UCC - KOMANDNI ORMAN AGREGATA
- +TGC1, +TGC2, +TGC3 - ORMANI TURBINSKIH REGULATORA
- +FC - PROTIVPOŽARNA CENTRALA
- +VC - ORMAN VIDEO NADZORA
- +IC - ORMAN PROTIVPROVALNOG SISTEMA
- Exxx - ANTIPANIK SVETILJKE

Scrag R



R.BR.	DATUM	OPIS IZMENE			POTPIS
 ENERGOPROJEKT-HIDROINŽENJERING A.D. BULEVAR MIHAILA PUPINA 12, BEOGRAD, SRBIJA					
INVESTITOR JP "ELEKTROPRIVREDA SRBIJE "			PROJEKAT IDEJNI PROJEKAT REKONSTRUKCIJE I MODERNIZACIJE MHE U VLASNIŠTVU JP „ELEKTROPRIVREDA SRBIJE “		
OBJEKAT MHE TEMAC			CRTEŽ MAŠINSKA ZGRADA OSNOVA		
BROJ UGOVORA 13051-204		DATUM 3. 2019.	FAZA IDP		
ODG.PROJEKT.	Nenad Lazić,dipl.inž.el. br.licence: 350 H 463 09		RJ 110-204	RAZMERA 1:10	LISTOVA 1 LIST 1
UN. KONTROLA	Blagoje Gojković,dipl.inž.el.		DEO PROJEKTA E	SIFRA CRTEŽA 13051-XI-04-204-02-1	BR.CRT./IZMEN 02
ŠEF PROJEKTA	Nenad Lazić,dipl.inž.el.				



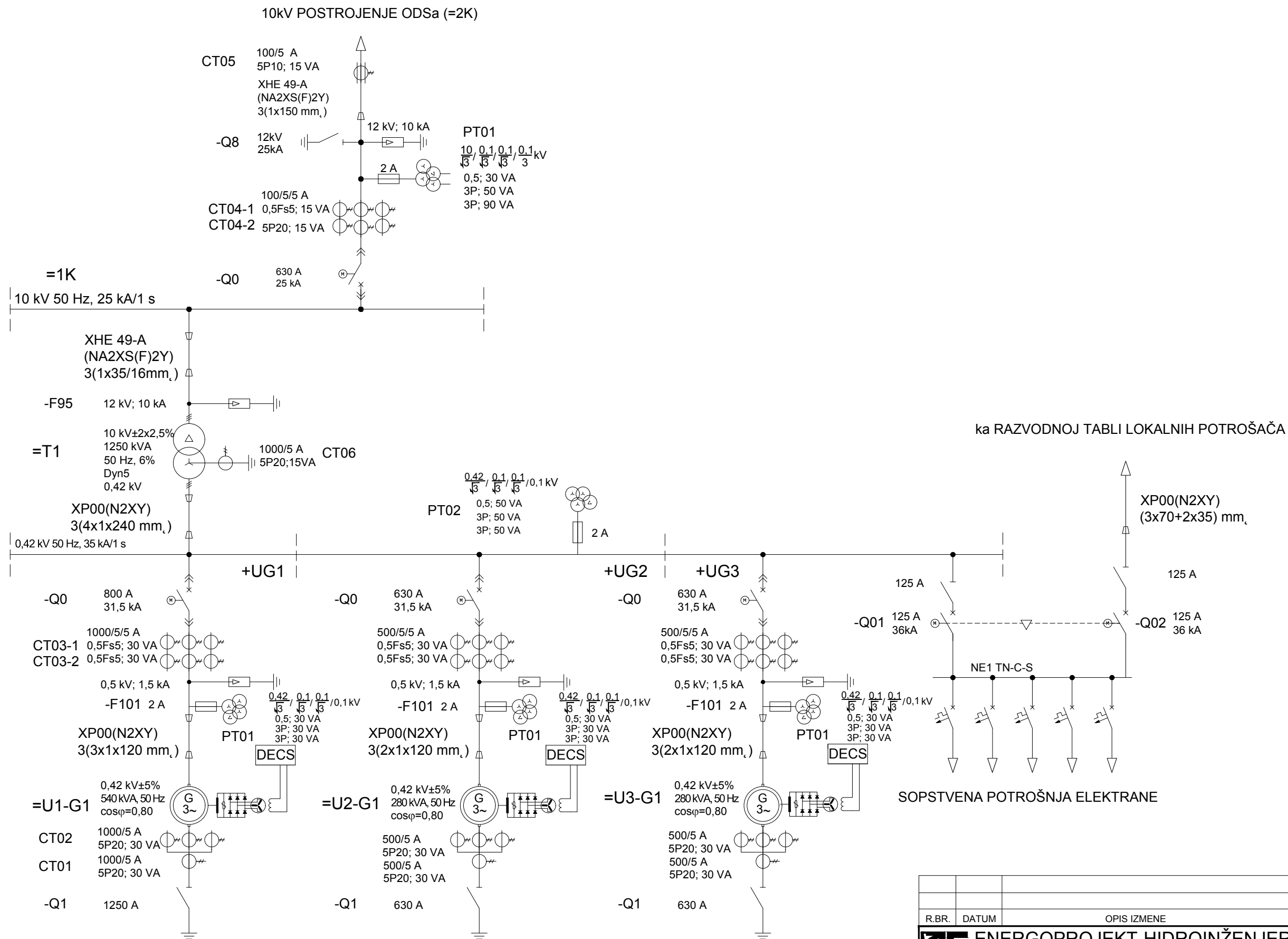
LEGENDA:

- ① - TURBINA 3
- ② - GENERATOR 3

Asag



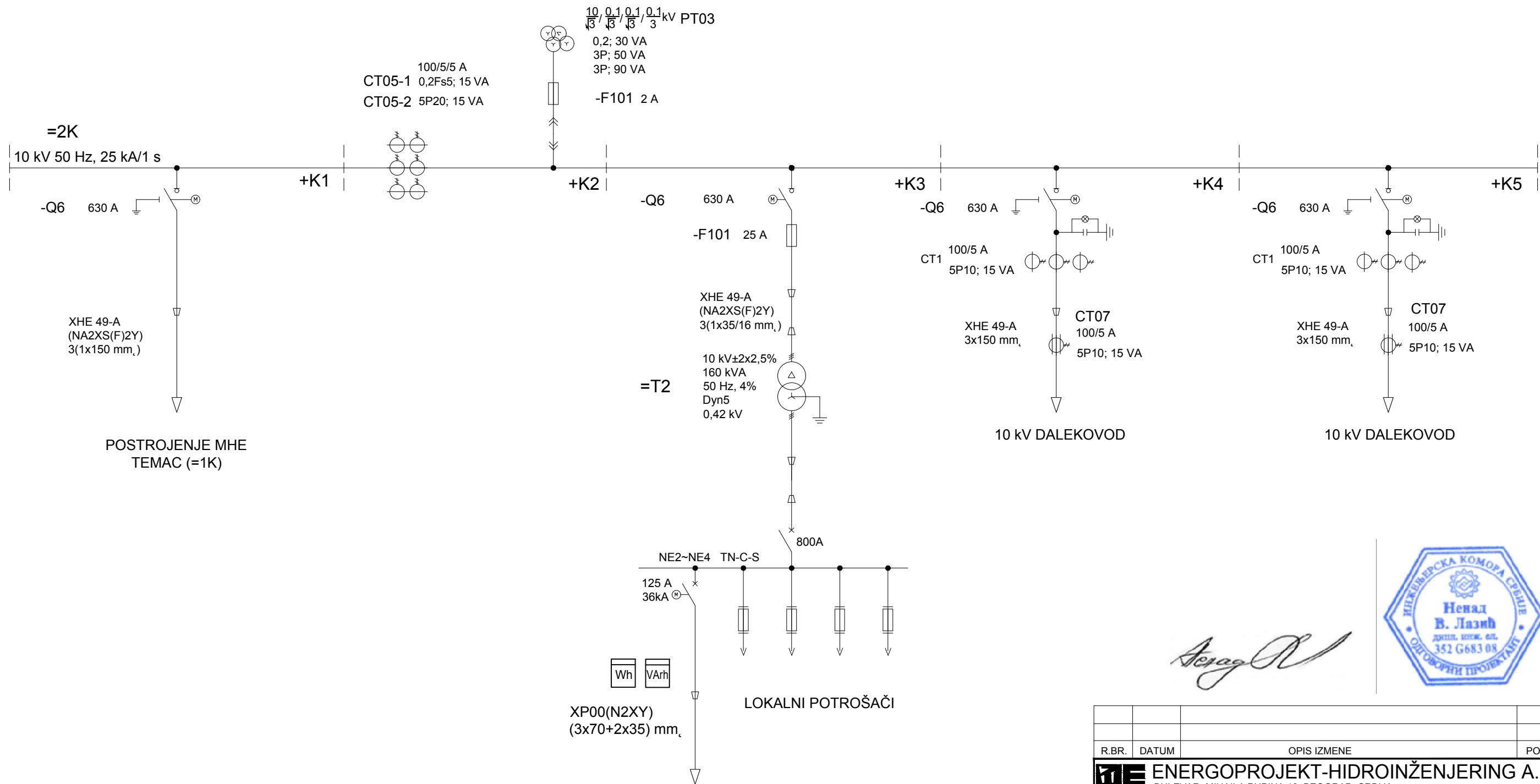
R.BR.	DATUM	OPIS IZMENE	POTPIS
ENERGOPROJEKT-HIDROINŽENJERING A.D. BULEVAR MIHAILA PUPINA 12, BEOGRAD, SRBIJA			
INVESTITOR JP "ELEKTROPRIVREDA SRBIJE "		PROJEKAT IDEJNI PROJEKAT REKONSTRUKCIJE I MODERNIZACIJE MHE U VLASNIŠTVU JP „ELEKTROPRIVREDA SRBIJE“	
OBJEKAT MHE TEMAC		CRTEŽ MAŠINSKA ZGRADA PRESEK KROZ AGREGAT 3	
BROJ UGOVORA 13051-204	DATUM 3. 2019.	FAZA IDP	
ODG.PROJEKT. Nenad Lazic, dipl. inž. el. br.licence: 350 H 463 09	RJ 110-204		RAZMERA 1:500
UN. KONTROLA Blagoje Gojkovic, dipl. inž. el.	DEO PROJEKTA E		LISTOVA 1
ŠEF PROJEKTA Nenad Lazic, dipl. inž. el.	SIFRA CRTEŽA 13051-XI-04-204-03-1		BR.CRT./IZMENA 1 03



Asag



R.BR.	DATUM	OPIS IZMENE		POTPIS
ME ENERGOPROJEKT-HIDROINŽENJERING A.D. BULEVAR MIHAILA PUPINA 12, BEOGRAD, SRBIJA				
INVESTITOR JP ELEKTROPRIVREDA SRBIJE			PROJEKAT IDEJNI PROJEKAT REKONSTRUKCIJE I MODERNIZACIJE MHE "TEMAC"	
OBJEKAT MHE "TEMAC"			CRTEŽ JEDNOPOLNA ŠEMA ELEKTRANE -NOVOPROJEKTOVANO REŠENJE-	
BROJ UGOVORA 16021-204		DATUM 3.2019.	FAZA IDP	
ODG. PROJEKT.	Nenad Lazić, dipl.inž.el. br.licence: 350 H 463 09		RJ 110-204	RAZMERA LISTOVA 2 LIST 1
UN. KONTROLA	Blagoje Gokjović, dipl.inž.el.		DEO PROJEKTA	ŠIFRA CRTEŽA BR.CRT./IZMENA
GLAVNI PROJEKT.	Nenad Lazić, dipl.inž.el.		E 16021-IDP-XIV-04-204-04-1	04/0A

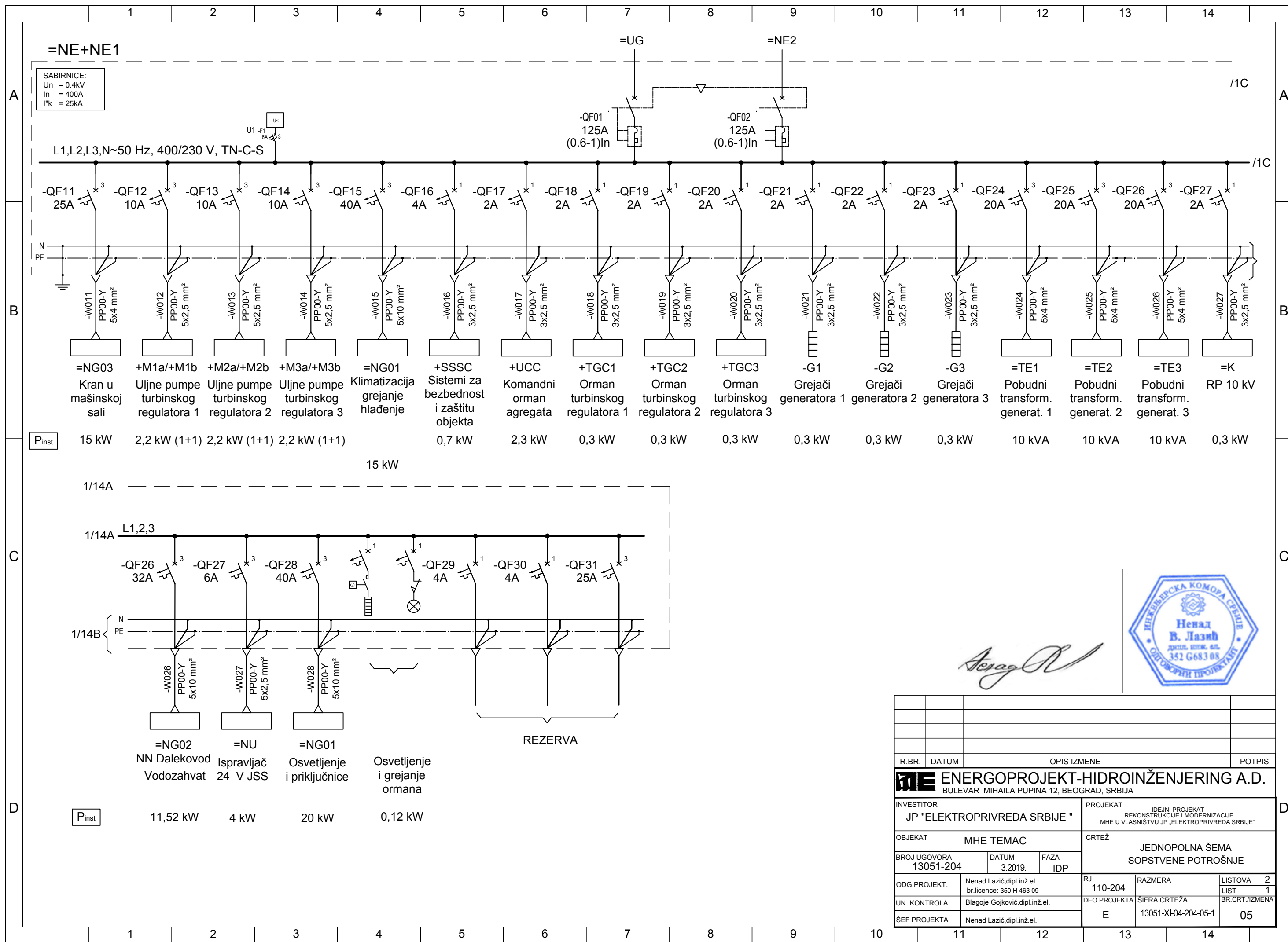


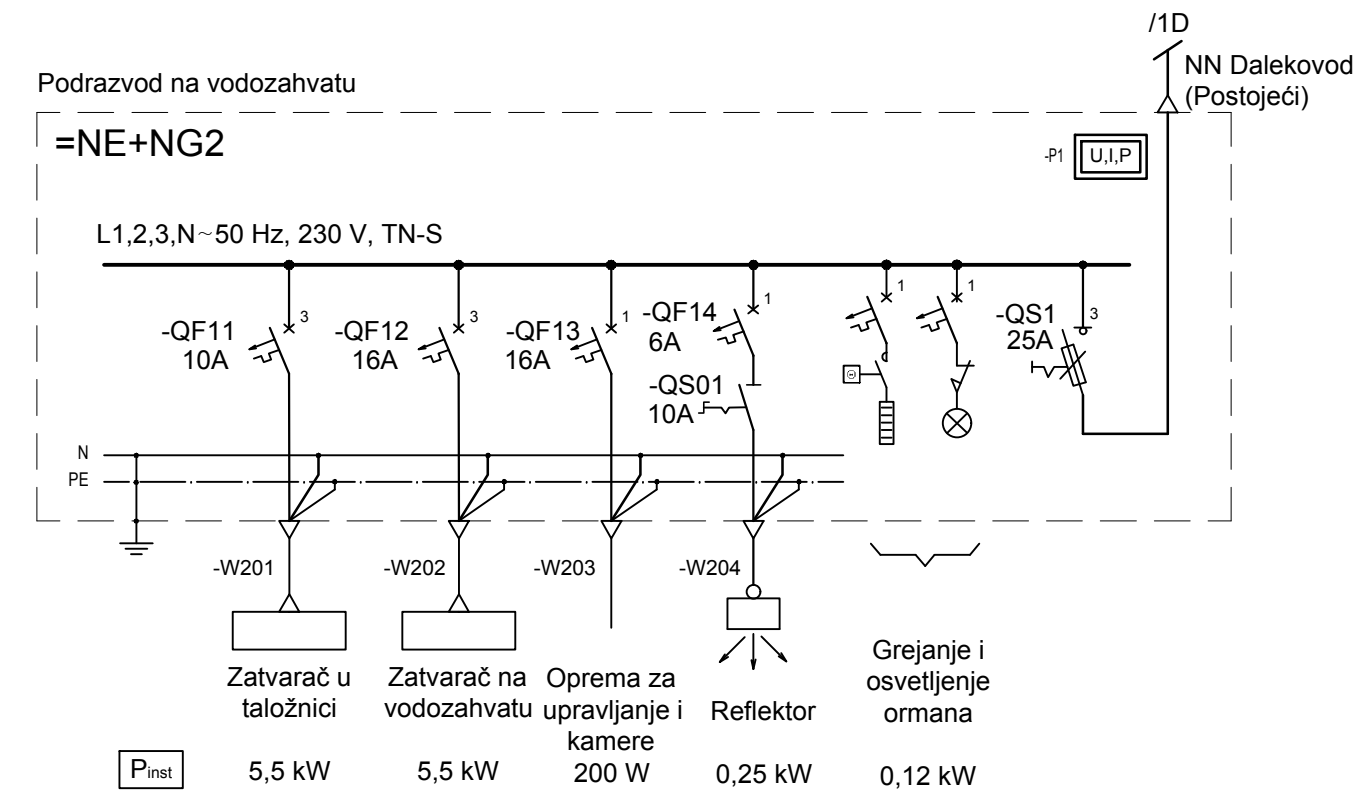
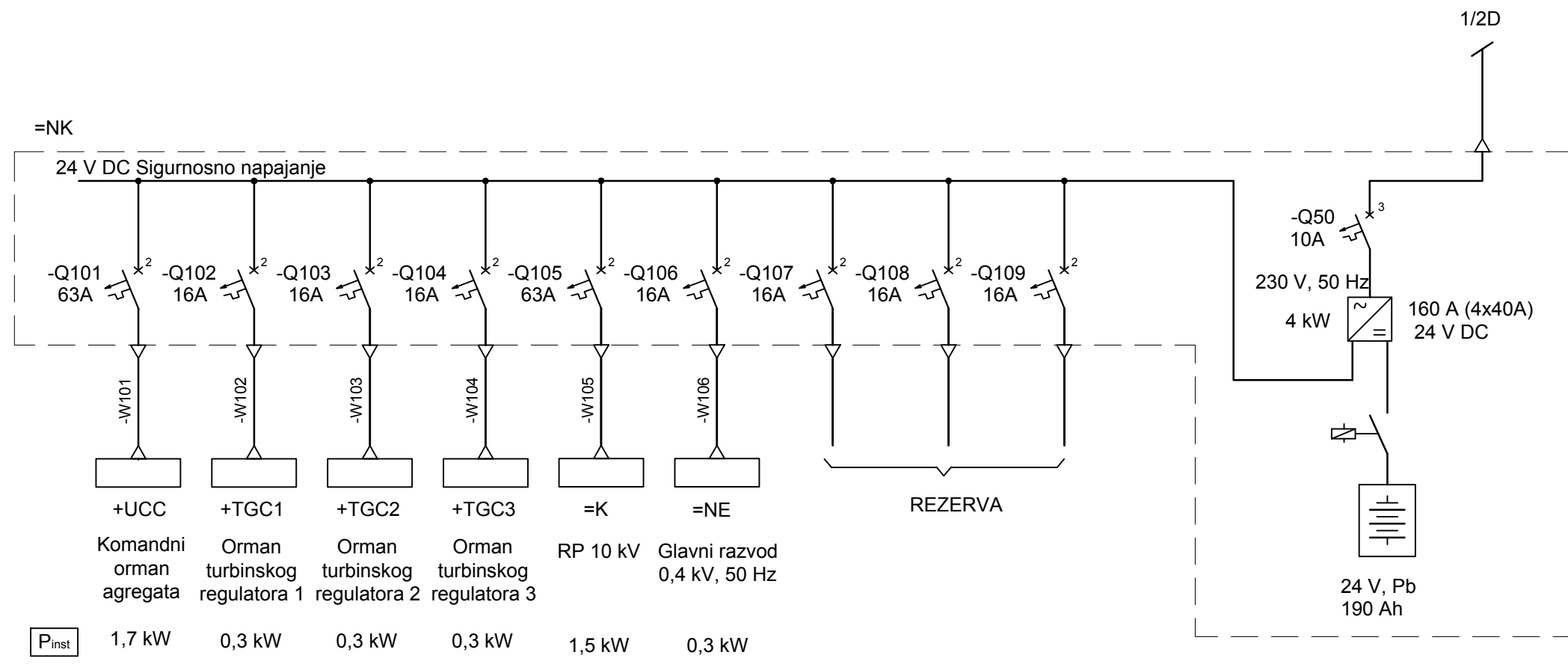
ka GLAVNOM RAZVODU SOPSTVENE POTROŠNJE ELEKTRANE

Steg



R.BR.	DATUM	OPIS IZMENE	POTPIS
ENERGOPROJEKT-HIDROINŽENJERING A.D. BULEVAR MIHAILA PUPINA 12, BEOGRAD, SRBIJA			
INVESTITOR JP ELEKTROPRIVREDA SRBIJE		PROJEKAT IDEJNI PROJEKAT REKONSTRUKCIJE I MODERNIZACIJE MHE "TEMAC"	
OBJEKAT MHE "TEMAC"		CRTEŽ JEDNOPOLNA ŠEMA RP 10 kV -NOVOPROJEKTOVANO REŠENJE-	
BROJ UGOVORA 16021-204	DATUM 3.2019.	FAZA IDP	
ODG. PROJEKT. Nenad Lazić, dipl.inž.el. br.licence: 350 H 463 09	RJ 110-204		RAZMERA LISTOVA 2 LIST 2
UN. KONTROLA Blagoje Gojković, dipl.inž.el.	DEO PROJEKTA		ŠIFRA CRTEŽA BR.CRT./IZMENA
GLAVNI PROJEKT. Nenad Lazić, dipl.inž.el.	E 16021-IDP-XIV-04-204-04-1		04/0A





R.BR.	DATUM	OPIS IZMENE			POTPIS
 ENERGOPROJEKT-HIDROINŽENJERING A.D. BULEVAR MIHAILA PUPINA 12, BEOGRAD, SRBIJA					
INVESTITOR JP "ELEKTROPRIVREDA SRBIJE "			PROJEKAT IDEJNI PROJEKAT REKONSTRUKCIJE I MODERNIZACIJE MHE U VLASNIŠTVU JP „ELEKTROPRIVREDA SRBIJE“		
OBJEKAT MHE TEMAC			CRTEŽ JEDNOPOLNA ŠEMA SOPSTVENE POTROŠNJE		
BROJ UGOVORA 13051-204		DATUM 3.2019.	FAZA IDP		
ODG.PROJEKT.	Nenad Lazić, dipl.inž.el. br.licence: 350 H 463 09		RJ 110-204	RAZMERA	LISTOVA 2 LIST 2
UN. KONTROLA	Blagoje Gojković, dipl.inž.el.		DEO PROJEKTA E	ŠIFRA CRTEŽA 13051-XI-04-204-05-1	BR.CRT./IZMENA 05
ŠEF PROJEKTA	Nenad Lazić, dipl.inž.el.				