

4.1. NASLOVNA STRANA

4– PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

Investitor: **Lovo promet d.o.o.**

Objekat: **Mala solarna elektrana „Lovopromet 3“ snage 999 kW na kat.parcelama 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 sve KO Golemo Selo, opština Vlase, Vranje**

Vrsta tehničke dokumentacije: **IDR-Idejno rešenje**

Naziv i oznaka dela projekta: **4/1- elektroenergetske instalacije**

Za građenje/ izvođenje radova: **nova gradnja**

Projektant: **Jugelektro d.o.o.
Radnička br. 20, 17501 Vranje**

Odgovorno lice projektanta: **Igor Tasić**

Pečat: **Potpis:**



Odgovorni projektant: **Miloš Popović, dipl.inž.el.**
Broj licence: **350 P828 18**

Lični pečat: **Potpis:**



Broj tehničke dokumentacije: **03/2024-4.1**
Mesto i datum: **Vranje, Jun 2024.**

4.2. SADRŽAJ

4.1.	Naslovna strana projekta elektroenergetskih instalacija
4.2.	Sadržaj projekta elektroenergetskih instalacija
4.3.	Opšta dokumentacija
4.4.	Projektni zadatak
4.5.	Tekstualna dokumentacija
4.6.	Numerička dokumentacija
4.7.	Grafička dokumentacija
4.8.	Prilog

4.3. OPŠTA DOKUMENTACIJA

4.3.1 REŠENJE O ODREĐIVANJU ODGOVORNOG PROJEKTANTA

Na osnovu člana 128. Zakona o planiranju i izgradnji (Sl. glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019-dr.zakon, 9/2020, 52/2021 i 62/2023) i odredbi Pravilnika o sadržini, načinu i postupku izrade i načinu vršenja tehničke kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekta ("Sl. glasnik RS", br. 96/2023) kao:

ODGOVORNI PROJEKTANT

Za izradu projekta elektroenergetskih instalacija koji je deo Idejnog rešenja za malu solarnu elektranu „Lovopromet 3“, snage 999 kW, na kat.parcelama 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 sve KO Golemo Selo, opština Vlase, Vranje određuje se:

Miloš Popović, dipl.inž.el.350 P828 18

Projektant: **Jugelektro d.o.o.**
Radnička 20, 17501 Vranje

Odgovorno lice projektanta: **Igor Tasić**

Pečat: Potpis:



Broj tehničke dokumentacije: **03/2024-4.1**
Mesto i datum: **Vranje, Jun 2024.god.**

4.3.2 IZJAVA ODGOVORNOG PROJEKTANTA ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

Odgovorni projektant projekta elektroenergetskih instalacija koji je deo Idejnog rešenja za malu solarnu elektranu „Lovopromet 3“, snage 999 kW, na kat.parcelama 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 sve KO Golemo Selo, opština Vlase, Vranje

Miloš Popović, dipl.inž.el.

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 urađen u skladu sa merama i preporukama kojima se dokazuje ispunjenost osnovnih zahteva.

Odgovorni projektant :

Miloš Popović, dipl.inž.el

Broj licence:

350 P828 18

Lični pečat:

Potpis:



Broj tehničke dokumentacije:

03/2024-4.1

Mesto i datum:

Vranje, Jun 2024.god.

4.4. PROJEKTNI ZADATAK

4.4.1 Projektni zadatak

za izradu investiciono-tehničke dokumentacije
projekta male solarne elektrane „Lovopromet 3“, snage 999 kW, sa pripadajućom
transformatorskom stanicom 10/0.4 kV,

Opšti podaci:

Objekat: Mala solarna elektrana „Lovopromet 3“, snage 999 kW
Lokacija: k.p. 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlase
Investitor: Lovo promet d.o.o.

Uvod

Osnove za izradu tehničke dokumentacije:

- Katastarsko topografski plan
- Uslovi za projektovanje i priključenje izdati od Elektrodistribucije Srbije

Zadatak

Na osnovu prethodno pribavljenim, napred navedenim dokumentima, na osnovu važećih propisa, tehničkih standarda, normi i tehničkih preporuka za izradu projektno tehničke dokumentacije ove vrste, izraditi tehničku dokumentaciju za izgradnju male solarne elektrane „Lovopromet 3“ sa pripadajućom transformatorskom stanicom 10/0,4 kV, na kat.parcelama 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlase, Vranje, ukupno instalisane snage 999 kW.

Rad solarne elektrane „Lovopromet 3“ projektovati tako da radi bez stalne posade za rukovanje i predvideti mogućnost daljinskog nadzora i upravljanja elektranom od strane distributivne organizacije.

Za period redovnog radnog veka rada elektrane, ovim projektom nije potrebno projektovati instalacije vodovoda, kanalizacije, niti stabilne telekomunikacione instalacije elektrane.

Sadržaj i obim projekta

Po obimu i sadržaju, tehnička dokumentacija treba da sadrži:

- Opšta dokumenta;
- Projektni zadatak;
- Tehnički opis radova;
- Numerička dokumentacija;
- Grafička dokumentacija.

U tehničkom opisu i pripadajućoj grafičkoj dokumentaciji prikazati:

- Proračun instalisane snage elektrane (999 kW);
- Odabir i način povezivanja elektroopreme;
- Kablovske veze;
- Uzemljenje i gromobransku instalaciju elektrane;
- Planiranu godišnju proizvodnju;
- Grafičku dokumentaciju.

Dati neophodne tehničke proračune struja kratkih spojeva u elektrani.

Oblik isporuke tehničke dokumentacije

Tehničku dokumentaciju po ovom projektnom zadatku isporučiti u elektronskom obliku.

Neophodne podloge za projektovanje

- KTP – Katastarsko-topografski plan;
- Uslovi za projektovanje i priključenje.

Investitor obezbeđuje sve potrebne tehničke uslove i saglasnosti od imaoaca javnih ovlašćenja.

U Nišu,
01.06.2024.god.

INVESTITOR:



[Signature]
„Lovo promet“ d.o.o. Niš
Dragoljub Pešić, direktor

4.5. TEKSTUALNA DOKUMENTACIJA

4.5.1 TEHNIČKI OPIS

Uvod

Tehnička dokumentacija, Idejno rešenje male solarne elektrane, u daljem tekstu MSE „Lovopromet 3“, izrađena je za potrebe ishodovanja lokacijskih uslova za izgradnju male solarne elektrane sa pripadajućom transformatorskom stanicom 10/0,4 kV. MSE „Lovopromet 3“, koju čine fotonaponski paneli, inverteri i transformatorska stanica 10/0,4 kV, prostiraće se na katastarskim parcelama br. 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018, na teritoriji katastarske opštine Golemo Selo, opština Vlase, u Vranju, kao što je prikazano u grafičkoj dokumentaciji projekta.

Namena ovog objekta je proizvodnja električne energije. Proizvedena električna energija u MSE „Lovopromet 3“ biće isporučena u lokalnu distributivnu mrežu na naponski nivo 10 kV, 50 Hz, preko razvodnog postrojenja (RP) 10 kV i priključnog voda na postojeći 10 kV dalekovod na pravcu TS 35/10 kV „Vlase“ – TS 10/0,4 kV „Kula Golemo Selo“, ogranak ka TS 10/0,4 kV „Vojska-Trstena“, na 10 kV izvodu „Golemo Selo“ iz TS 35/10 kV „Vlase“.

Napomena: RP 10 kV „Lovopromet 3“ i priključni vod kojim je ostvaren priključak na elektrodistributivnu mrežu nije predmet ovog projekta.

MSE „Lovopromet 3“ sastoji se od 1800 jedinica monokristalnih fotonaponskih panela, postavljenih na aluminijumskoj konstrukciji, na zemlji, povezanih na red u nizove, koji se dalje povezuju na 10 invertora. Invertori će biti smešteni ispod konstrukcije fotonaponskih panela i biće povezani energetskim kablovima 0,4 kV na energetski transformator T-1, naponskog nivoa 10/0.4 kV, snage 1000 kVA, smešten u transformatorsku stanicu, kao što je prikazano u grafičkoj dokumentaciji.

Pravni i planski osnov za izradu Idejnog rešenja

Pravni osnov za izradu IDR „Lovopromet 3“ je:

- Zakon o planiranju i izgradnji („Službeni glasnik RS”, broj 72/2009, 81/09- ispravka, 64/10-US, 24/11, 121/12, 42/13-US, 50/13-US, 98/13-US, 132/14 i 145/14, 83/2018, 31/2019, 37/2019- dr.Zakon, 9/2020, 52/21 i 62/23);
- Pravilnik o sadržini, načinu i postupku izrade i načinu vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata („Službeni glasnik RS”, broj 96/2023).

Podloge za izradu projekta

Podloge za izradu IDR MSE „Lovopromet 3“ su:

- Projektni zadatak,
- Informacija o lokaciji.;
- KTP – Katastarsko-topografski plan;
- Uslovi za projektovanje i priključenje od Elektrodistribucije Srbije,
- Zakon o energetici Republike Srbije,
- Zakon o planiranju i izgradnji Republike Srbije,
- Pravila o radu distributivnog sistema, ODS „EPS Distribucija“,
- Tehničke preporuke EPS-a (br. 1, 5, 13, 15, 16),

- Standardi (SRPS, IEC, IEEE...),
- Softvera PVGIS – Photovoltaic Geographical Information System za procenu proizvodnje električne
- Uputstva proizvođača opreme.

Obim projekta

U ovom idejnom rešenju dat je tehnički opis elektroopreme i električnih instalacija namenjenih za malu solarnu elektranu sa pripadajućom transformatorskom stanicom, dat je proračun snage MSE, tehnički proračun struja kratkih spojeva koje je potrebno da oprema koja se ugrađuje u MSE zadovolji, procena proizvodnje električne energije MSE, proračun snage transformatora, kao i grafička dokumentacija.

Ovim idejnim rešenjem obrađena je sledeća elektro oprema koja je predviđena za ugradnju:

- Fotonaponski paneli,
- Invertori,
- Razvodni orman RO-DC,
- Glavni razvodni orman GRO-AC,
- Kablovi (DC, AC),
- Gromobran, uzemljenje i izjednačenje potencijala,
- Transformatorska stanica 10/0.4 kV sa energetske transformatorom.

Navedena elektrooprema obezbeđuje paralelan rad MSE sa distributivnim sistemom električne energije.

Veza daljinskog upravljanja sa nadležnim dispečerskim centrom, kao i izgradnja elektroenergetskih objekata u DSEE do mesta priključenja MSE na DSEE, opremanje ćelije za napajanje sopstvene potrošnje i opremanje mernog mesta, nisu predmet ovog projekta.

Nakon izbora proizvođača opreme i ugovaranja elektro opreme, neophodno je usaglasiti tehničko rešenje sa karakteristikama ugovorene i nabavljene opreme i uraditi projekat za izvođenje radova.

Granice projekta

Definisane su ove granice Idejnog rešenja:

- postavljanje fotonaponskih panela;
- formiranje nizova (stringova) međusobnim povezivanjem fotonaponskih panela;
- postavljanje i povezivanje invertora;
- izgradnja transformatorske stanice 10/0,4 kV;
- povezivanje primarnih i sekundarnih izvoda energetske transformatora 10/0,4 kV T-1 u TS „Lovopromet 3“;
- uzemljenje i gromobranska instalacija male solarne elektrane sa pripadajućom trafo stanicom.

Faze izgradnje

Idejnim rešenjem predviđeno je da se svi radovi na izgradnji MSE „Lovopromet 3“ i njegovom priključenju na DSEE (distributivni sistem električne energije) izvedu u dve faze:

I faza: postavljanje fotonaponskih panela i izgradnja transformatorske stanice 10/0,4 kV;

II faza: izgradnja razvodnog postrojenja 10 kV i povezivanje priključnog voda na dalekovod 10 kV, prema uslovima za projektovanje i priključenje nadležne elektrodistribucije, sto je predmet drugog projekta.

Radovi na izgradnji

Idejnim rešenjem predviđena je izgradnja male solarne elektrane sa pripadajućom transformatorskom stanicom i tom prilikom se predviđaju sledeći radovi:

- montaža i postavljanje fotonaponskih panela;
- montaža invertora ispod fotonaponskih panela;
- izgradnja transformatorske stanice 10/0.4 kV;
- polaganje i povezivanje jednosmernih kablova 1000 V izmedju fotonaponskih panela, kao i izmedju fotonaponskih panela i invertora;
- polaganje i povezivanje naizmeničnih kablova 400 V između invertora i razvodnog ormara u transformatorskoj stanici;
- elektromontažni radovi na montaži i povezivanju glavnog razvodnog ormara 0.4 kV, oznake +RP NN (T1), u transformatorskoj stanici;
- elektromontažni radovi na montaži i povezivanju 10 kV ćelija, oznake +RP VN (T1), u transformatorskoj stanici;
- formiranje uzemljivača i uzemljenje fotonaponskih panela i transformatorske stanice;
- gromobranska instalacija fotonaponskih panela i transformatorske stanice.

Energetska procena solarne elektrane

Na mestu instalacije fotonaponskih panela, ne postoji deo zaklonjen od sunca. Energetska procena izvedena je na osnovu klimatskih podataka i efikasnosti različitih komponenti. Prosečna godišnja efikasnost sistema je 82,9 %, prosečna raspoloživost u toku eksploatacije je 90%. Sprovedena analiza dovodi do procene iradijacije na mestu postavljanja solarne elektrane od 1564,02 kWh/m², sa očekivanom proizvodnjom od oko 1.365.237,12 kWh/god. Imajući u vidu da se korisni vek trajanja solarnog sistema procenjuje na 25 godina, isti će tokom svog veka proizvesti oko 34,13 GWh električne energije.

Opis sistema solarne elektrane

MSE „Lovopromet 3“ je predviđena za paralelan rad sa DSEE bez ljudske posade. Ostrvski rad nije dozvoljen.

Mala solarna elektrana se sastoji od monokristalnih fotonaponskih panela povezanih na 10 invertora. Invertori će biti povezani na jedan tipski transformator, snage 1000 kVA. Energetski transformator 10/0,4 kV biće lociran u TS 10/0,4 kV na poziciji T-1 i biće povezan na vodnu ćeliju elektrane 1 (VM_{e1}) lociranu u RP 10 kV, a sve prema grafičkoj dokumentaciji.

Dispozicija solarne elektrane

Solarna elektrana prostiraće se na kat.parcelama 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlase, u Vranju, i biće sačinjena od fotonaponskih panela koji će biti postavljeni na noseću konstrukciju koja će se realizovati montiranjem specijalnih aluminijumskih profila i pričvrstiti zahvaljujući specijalnim sponama i delovima.

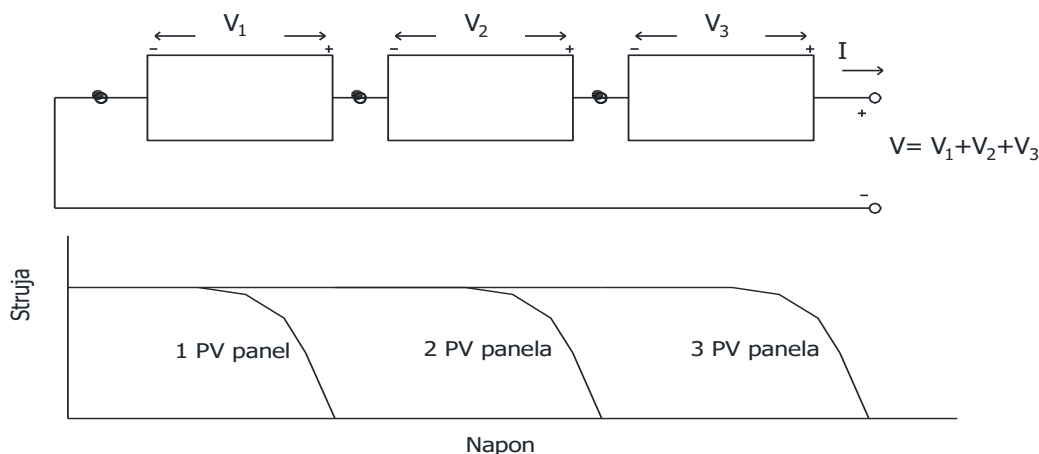
Noseće horizontalne grede postavljene na nosače koji su direktno vezani za vertikalnu konstrukciju, formiraju strme ravni za podršku panela. Konstrukcija je tako pozicionirana da se obezbedi orijentacija ka jugu sa nagibom nosača panela na 20 stepeni u odnosu na horizontalnu ravan, kako bi se pospešila konverzija energije u letnjem periodu koja stvara najveće električno punjenje. Paneli će biti montirani vertikalno, do dva panela u visini. Ovakav raspored panela, u skladu sa fabričkim dimenzijama panela, uzrokuje efektivan razmak, između redova, od 3.5 m, što obezbeđuje pouzadn i bezbedn rad panela tokom cele godine.

Raspored montaže noseće konstrukcije sa fotonaponskim panelima urađen je na osnovu katastarsko topografskog plana predmetnih parcela, i prikazan je u grafičkoj dokumentaciji. Ukupna površina parcela na kojima se planira postavljanje fotonaponskih panela iznosi 12.892 m², dok fotonaponski paneli pokrivaju 4.352.76 m². Ukupan broj fotonaponskih panela planiranih za ugradnju iznosi 1800 kom.

DC razvod fotonaponskih panela i invertora

Fotonaponski sistem sačinjen je od monokristalnih fotonaponskih panela, proizvođača Longi, tip LR7-72HGD, jedinične snage 585 W, u kojima se fotonaponskom konverzijom dobija jednosmerna električna energija. Da bi se formirao dovoljno visok jednosmerni napon za praktičnu i ekonomičnu konverziju u naizmenični, fotonaponski paneli se međusobno vezuju redno formirajući tzv. stringove (nizove). Povezivanje panela u stringove se izvodi kablovima namenjenim za spoljašnju montažu (otporni na UV zračenje, imaju širok opseg radne temperature, otporni su na kiseline itd.). Kablovi se postavljaju na reglani razvod i/ili se adakvatno učvršćeni vode na nosećoj konstrukciji rotatora. Projektom su izabrani kablovi tipa ÖLFLEX SOLAR XLSv 1x4 mm², proizvođača Lapp.

U toku eksploatacije solarne elektrane, fotonaponski paneli mogu da dostignu različite vrednosti napona i struje. Potrebno je da ove vrednosti budu u granicama prihvatljivim kako za same panele koji se povezuju međusobno tako i za invertore na koje su povezani. Granične karakteristične vrednosti nizova fotonaponskih panela zavise od temperature ambijenta na mestu ugradnje i kao takve moraju biti u granicama karakterističnih veličina trofaznih invertora proizvođača Huawei, tipa Sun2000-100KTL, snage 100 kVA (kom. 10), datih u kataloškoj specifikaciji proizvođača, a predviđenih za ugradnju. Na slici br. 1 je prikazan način povezivanja fotonaponskih panela na red i *I-U* karakteristika ovako povezanih panela. Fotonaponski paneli povezani u seriji proizvode veći napon, koji je zbir napona pojedinačnih panela, dok ista struja teče kroz svaki panel.



Slika 1. Serijsko povezivanje fotonaponskih panela

U numeričkom delu tehničke dokumentacije prikazan je proračun graničnih vrednosti napona otvorenog kola i struje kratkog spoja jednog fotonaponskog panela na različitim temperaturama, kao i granične vrednosti napona otvorenog kola i struje kratkog spoja fotonaponskih panela povezanih u niz, a na osnovu katalogskih karakteristika ugrađenih fotonaponskih panela. Proračuni graničnih vrednosti fotonaponskog sistema su neophodni iz razloga bezbednog i pouzdanog rada, kako samog fotonaponskog sistema tako i invertora na koji se ovi sistemi povezuju. Takođe, optimalan broj fotonaponskih panela u nizu omogućava rad MPPT regulatora, namenjenog za efikasno iskorišćenje niza fotonaponskih panela.

Na osnovu minimalne i maksimalne granične vrednosti napona, za malu solarnu elektranu „Lovopromet 3“ definisan je optimalni broj fotonaponskih panela, snage 585 W, povezanih na red u jednom nizu za invertore, i to:

$$\text{Invertor 100 kW: } N_{\text{strmin}}=15 < N_{\text{str}} < N_{\text{strmax}}= 19.$$

Konverzija jednosmerne električne energije u naizmeničnu se ostvaruje upotrebom trofaznih invertora. Invertori su raspoređeni na optimalnoj udaljenosti od nizova fotonaponskih panela, i predviđena je njihova ugradnja ispod samih panela.

U numeričkom delu projekta dat je tabelarni prikaz rasporeda fotonaponskih panela na invertore prema dozvoljenoj instaliranoj snazi na ulazu u invertore na osnovu tehničkog uputstva proizvođača invertora, kao i na osnovu rasporeda ugradnje fotonaponskih panela. Predviđeno je da se fotonaponski paneli povežu na 10 invertora snage 100 kW.

Radi smanjenja mogućeg pogrešnog povezivanja stringa na inverter, unutrašnja izolacija kablova, pozitivnog pola stringa, je crveno obojena, dok je izolacija kablova za povezivanje negativnog pola crne boje.

AC razvod invertora i transformatorskih stanica

Na izlazu invertora se dobija naizmenični napon 400 VAC, 50 Hz. Generisana naizmenična električna energija iz invertora se prikuplja u glavnim razvodnim ormanima 0.4 kV, koji su smešteni u transformatorskoj stanici 10/0,4 kV. Povezivanje invertora sa GRO izvedeno je petožilnim bakarnim kablovima, koji su položeni u odgovarajući rov. Primenjen je TN-S sistem zaštite. Razdvajanje PEN provodnika na

N i PE provodnik je ostvareno u GRO u TS. Kablovi koji povezuju invertore i GRO se od preopterećenja i kratkih spojeva štite trolnim kompaktnim prekidačima koji se postavljaju u odgovarajućim postoljima u GRO. Invertori se od prenapona štite odvodnicima tipa 1 i 2, montiranim u glavni razvodni orman.

Glavni razvodni ormani treba da budu namenjeni za unutrašnju montažu i da imaju stepen zaštite IP65. Dimenzije GRO-MSE 1 treba da budu 2000x800x600mm, a dimenzije GRO-MSE 2 i 3 treba da budu 2000x1200x600mm sa odgovarajućom montiranom opremom. Sastavni delovi ovih ormana treba da bude i komunikaciona oprema namenjena za monitoring i komunikaciju, kao i za električnu zaštitu.

Tehničke karakteristike elektro opreme MSE „Lovopromet 3“MSE „Lovopromet 3“ ima sledeće osnovne karakteristike:

Tip elektrane:	solarna
Način gradnje:	na zemlji
Snaga elektrane:	999 kW
Nazivni napon MSE:	0,4 kV
Nominalna struja MSE:	1430 A
Broj fotonaponskih panela:	1800 kom.
Broj invertora:	10 kom.
Trafo stanica 10/0.4 kV	1 kom.
Transformator 1000 kVA	1 kom.
Režim rada MSE:	automatski, paralelno sa mrežom
Nazivni napon mreže na koju se priključuje:	10 kV, 50 Hz
Način priključenja:	preko RP 10 kV (predmet drugog projekta)
Mesto priključenja:	DV 10 kV izvod iz TS 35/10 kV “Vlase”- TS 10/0,4 kV “Kula Golemo Selo”
Nazivni napon za sopstvenu potrošnju:	3x400/230 V
Komandni napon sigurnosnog napajanja:	baterijski napon 24 V DC

Fotonaponski paneli

Proizvođač:	Longi
Tip:	LR7-72HGD
Snaga P_{max} :	585 W
Nazivni napon V_{mpp} :	43,79 V
Nazivna struja I_{mpp} :	13,36 A
Napon otvorenog kola V_{oc} :	51,89 V
Struja kratkog spoja I_{sc} :	14,25 A
Stepen iskorišćenja η :	21,7 %
Dimenzije $V \times \text{Š} \times D$:	2382x1134x30 mm
Težina:	33,5 kg

Invertori (10 kom.)

Proizvođač:	Huawei
Tip:	Sun2000-100KTL-M2

DC strana

Najveća dozvoljena ulazna snaga P_{dcmax} :	- kW
Najveći dozvoljeni ulazni napon V_{dc} :	1100 V
Najveća dozvoljena ulazna struja $I_{dcstring}$:	20 A
Najveća dozvoljena ulazna struja I_{dcMPPT} :	30 A
Ulazna struja kratkog spoja $I_{dcscMPPT}$:	40 A
Optimalni napon MPPT regulatora:	540-800 V
Broj DC ulaza:	20

AC strana

Nazivna izlazna snaga:	100 kW
Nominalni izlazni napon:	400 V
Nominalna frekvencija:	50 Hz
Najveća izlazna struja:	152 A
Stepen iskorišćenja η :	98,6 %
Stepen zaštite:	IP 66
Dimenzije VxŠxD:	1035x700x365 mm
Težina:	93 kg

Transformator T-1

Nazivna snaga energetskog transformatora :	1000 kVA
Tip energetskog transformatora :	uljni serija EDK (ABS Minel, Mladenovac)
Sprega energetskog transformatora :	Dyn5
Prenosni odnos :	$10 \pm 2 \times 2.5 \% / 0.4 \text{ kV}$
Napon kratkog spoja	6%,
Način hlađenja:	ONAN
Termička klasa izolacije:	A

Gromobranska instalacija i uzemljenje MSE „Lovopromet 3“

Proračun zaštite objekata od atmosferskog pražnjenja, odnosno određivanje neophodnosti izvođenja gromobranske zaštite i određivanja nivoa zaštite vrši se u skladu sa standardima SRPS EN 62305-3:2013 i SRPSN.B4.803, kao i prema Pravilniku o tehničkim normativima za zaštitu objekata od atmosferskog pražnjenja („Sl. List SRJ“ br.11/96).

Prema članu 6. Pravilnika o tehničkim normativima za zaštitu objekata od atmosferskog pražnjenja klasa nivoa zaštite „I“ se određuje bez proračuna za sledeće objekte:

- 1) elektroenergetska postrojenja;
- 2) telekomunikaciona postrojenja;
- 3) proizvodna postrojenja i objekte sa zapaljivim i eksplozivnim supstancama;
- 4) objekte za proizvodnju, preradu, doradu, laboraciju, delaboraciju, ispitivanje, uništavanje i čuvanje eksploziva i baruta;
- 5) postrojenja i objekte s materijalima opasnim za okolinu (npr. radioaktivni, otrovni, bakteriološki i drugi slični materijali);
- 6) objekte u kojima se čuvaju materijalna i kulturna blaga, kao i druge objekte od posebnog značaja.

Na osnovu gore navedenog za objekat MSE „Lovopromet 3“ usvojen je „I“ **nivo zaštite** od atmosferskog pražnjenja.

Za zaštitu objekta MSE „Lovopromet 3“ od atmosferskog pražnjenja predviđen je sistem zaštite od udara groma koji se sastoji od:

- prihvatnog sistema,
- spusnih provodnika i
- uzemljivača elektrane.

Prihvatni sistem čine dve hvataljke sa uređajem za rano startovanje. Hvataljke se montiraju na čelične cevaste nosače visine 1.5m koji se učvršćuju na jarbole visine 8m. Hvataljke se sa spusnim provodnicima povezuje na združeni uzemljivač. Pogodnim izborom tipa i pozicije hvataljki, biće zaštićeni i objekti transformatorska stanica i razvodno postrojenje.

Spusni sistem će činiti dva neprekidna spusta, glavni i pomoćni, izrađeni od čelično pocinkovane trake $\text{FnZn } 4 \times 25 \text{ mm}^2$, povezani na hvataljku i izvode sa uzemljivača. Na svakom spustu je predviđen merno rastavni spoj sa mehaničkom zaštitom.

Uzemljivač gromobranske zaštite je ujedno i glavni uzemljivač objekta. Predviđen je kao mreža provodnika položenih u zemlju na dubinu od najmanje 0,5 m. Provodnik uzemljenja je čelična toplo pocinkovana traka $25 \times 4 \text{ mm}$. Provodnici uzemljenja se međusobno spajaju standardnim ukrsnim komadima $60 \times 60 \text{ mm}$ i štite od korozije zalivanjem bitumenom.

Sa glavnog uzemljivača se instaliraju izvodi na stubove noseće metalne konstrukcije panela. Takođe, sa uzemljivača se postavljaju izvodi za ormane i invertore.

Transformatorska stanica 10/0.4 kV “Lovopromet 3”

U skladu sa Idejnim rešenjem, a na osnovu tehničkih preporuka nadležne elektrodistribucije, predviđeno je postavljanje jedne tipske betonske transformatorske stanice TS. Namena objekta je priključenje invertora iz MSE „Lovopromet 3” na energetske transformator T-1.

Lokacija transformatorske stanice je odabrana u skladu sa prostornim uređenjem elektrane, dok je snaga energetskog transformatora određena na osnovu predviđenog opterećenja male solarne elektrane.

Dispozicija transformatorske stanice i način povezivanja je prikazan u grafičkom delu projekta.

Osnovni podaci o transformatorskoj stanici 10/0.4 kV su:

Tip transformatorske stanice :	zidani objekat
Dimenzije (orjentaciono) :	6 x 4 x 2,75 m
Kapacitet transformatorske stanice :	1000 kVA
Vrsta priključka na strani višeg napona:	kablovski,
Vrsta priključka na strani nižeg napona:	kablovski,
Maks. snaga kratkog spoja na strani 10 kV:	250 MVA,
Postrojenje na strani višeg napona :	1 izvodna ćelija i 1 trafo ćelija
Postrojenje na strani nižeg napona :	prefabrikovan i ispitani panel čije su dimenzije u skladu sa specifikovanom opremom

U TS je moguće smestiti jedan energetske transformator, maksimalne nazivne snage 1000 kVA, napona 10/0.4 kV. U ovom slučaju za postavljanje je izabran energetske transformator snage 1000 kVA serije EDK proizvođača ABS Minel, Mladenovac. Ova serija transformatora se u poređenju sa standardnim uljnim odlikuje smanjenim gubicima, manjom strujom magnećenja gabaritno su manji, imaju manju udarnu struju praznog hoda, odlikuju se manjom bukom i vibracijama. Transformator je opremljen gasnim (Buholc) relejom i kontaktnim termometrom.

Idejnim rešenjem je predviđeno da se invertori iz MSE “Lovopromet 3” povežu na energetske transformator u TS 10/0,4 kV. Transformatorska stanica je zidani objekat, dimenzije 6000x4000x2750 mm i dodiruje se sa objektom razvodno postrojenje koji je predmet drugog projekta, a sve u skladu sa predviđenim opterećenjem. Idejnim rešenjem je predviđeno međusobno povezivanje energetskog transformatora u odgovarajuću trafo ćeliju, kablovima 10 kV.

Uzemljenje TS 10/0.4 kV „Lovopromet 3“

Uzemljenje obejekata TS 10/0,4 kV „Lovopromet 3“ predviđeno je kao temeljni uzemljivač objekta, pocinkovanom trakom FeZn 4x25 mm² (P25 SRPS N.B4.901). Traku je potrebno položiti u temelj objekta.

Temeljni uzemljivač objekta izvesti u temeljnoj gredi, ispod koje nije predviđena hidroizolacija, te je traku potrebno postaviti u armirani beton. Traku vezati za temeljnu armaturu na svakih 2-3 m.

Na rastojanju od najmanje 1 m od objekta, i na dubini od 0.8 m postavlja se drugi (spoljašnji) prsten uzemljivača.

Ove konture treba međusobno povezati direktno. Spojeve između uzemljivača treba izvesti pomoću strujnih stezaljki, i/ili ukrasnih komada, bez bušenja ili prekidanja uzemljivača.

Pre puštanja u rad TS i RP (kao i MSE) potrebno je izmeriti ukupan otpor združenog uzemljenja.

Sabirnica zaštitnog uzemljenja i izjednačavanja potencijala u TS je od pocinkovane trake FeZn 4x25 mm². Sa ovog uzemljivača su predviđeni posebni izvodi za uzemljenje zvezdišta transformatora i kompletne opreme u TS.

Takođe, potrebno je predvideti i izvode za povezivanje sa gromobranskim spustovima.

Sa temeljnog uzemljivača izvesti izvode, sabirnicu za izjednačavanja potencijala za povezivanje metalnih masa u elektrani.

Uzemljivač objekta TS 10/0.4 kV „Lovopromet 3“ međusobno povezati sa uzemljivačem objekata MSE „Lovopromet 3“ i RP 10 kV „Lovopromet 3“.

Izjednačavanje potencijala u TS 10/0.4 kV „Lovopromet 3“

Za potrebe izjednačavanja u objektu planirati pocinkovanu traku FeZn 4x25 mm² i FeZn 3x20 mm² postavljenu u vidu prstena, 30 cm od poda na unutrašnjim zidovima objekta sa vezom za temeljni uzemljivač i izvodima za povezivanje metalnih delova koji u normalnom radu nisu pod naponom.

Premošćenje i spajanje vrata objekata na osnovnu konstrukciju izvesti je pomoću Cu pletenice 16 mm² i pocinkovanih zavrtnjeva M8 sa podloškom.

Gromobranska instalacija TS 10/0.4 kV „Lovopromet 3“

Prema članu 6. Pravilnika o tehničkim normativima za zaštitu objekata od atmosferskog pražnjenja usvaja se I nivo zaštite jer se radi o elektroenergetskim objektima.

Predviđena je klasična gromobranska instalacija u vidu „Faradejevog kaveza“ sa spustnim provodnicima na rastojanju ne većem od 10 m, na oba objekta.

Prihvatni sistem planirati kombinovano, u vidu mreže horizontalnih provodnika I krovnog pokrivača objekata (širina okca mreže za prvi nivo zaštite je 5 m).

Minimalni preseki materijala za spustne provodnike i prihvatni sistem od čelika je 50 mm².

Periodična kontrola gromobranske instalacije za prvi nivo zaštite vrši se na svake dve godine. Ona podrazumeva ispitivanje gromobranske instalacije i vizuelnu kontrolu.

Ispitivanje i puštanje u rad

Pre puštanja u pogon treba izvršiti vizuelni pregled ugrađene opreme, proveriti zaštitu od korozije, pritegnutost glavnog strujnog kola i vezu metalnih masa sa sistemom uzemljenja, kao i merenje napona dodira i koraka u postrojenju.

Posle polaganja, spajanja i završavanja jednožilnih kablova XHE 49-A sa kablovskim završetcima, izvršiti ispitivanje otpornosti izolacije, prema masi, u skladu sa TP3, korišćenjem naizmeničnog napona frekvencije Hz, koji se priključuje između provodnika i uzemljene električne zaštite jednožilnog kabla. Ispitni napon se postepeno podiže dok se postigne efektivna vrednos $U_i = 2,5U_0$, u trajanju od 10 min.

Takođe izvršiti naponsko ispitivanje spoljašnjeg plašta kabla posle zatrpavanja kablovskog rova. Ispitni jednosmerni napon, 5 kV, se priključuje između neuzemljene električne zaštite i zemlje, u trajanju od 1 min.

Izvršiti merenje napona i struje dodira i koraka prema članu 83. i 84. Pravilnika o tehničkim normativima za elektroenergetska postrojenja nazivnog napona iznad 1000V.

4.6. NUMERIČKA DOKUMENTACIJA

4.6.1 Tehnički proračun male solarne elektrane

4.6.1.1 Snaga male solarne elektrane

Ovim idejnim rešenjem predviđena je montaža i povezivanje ukupno 1800 komada monokristalnih fotonaponskih panela, proizvođača Longi, tipa LR7-72HGD, jedinične snage 585 W, sa koeficijentom iskorišćenja 21,7 %, nominalnog jednosmernog DC napona 43.79 V, nominalne jednosmerne struje 13.36 A, sa dimenzijama 2382x1134x30 mm, težine od 33,5 kg. Fotonaponski paneli se povezuju na red u nizove, a tako formirani nizovi se povezuju na 10 invertora, snage 100 kW, proizvođača Huawei, tipa SUN2000-KTL-M2.

Instalisana snaga solarne elektrane jednaka je proizvodu nazivne snage fotonaponskih panela i ukupnog broja panela:

$$P_{DC-STC} = n_u \cdot P_n = 1800 \cdot 585 = 1.053,000 \text{ kW}$$

U tabeli br.1 prikazana je snaga fotonaponskih panela raspoređena na invertore.

Redni br. Invertor	Broj PV panela [n]	Instalisana snaga P_{dc} [kW]	Maksimalna ulazna snaga invertora P_{dcr} [kW]	Napomena
1	180	105,3	150	Zadovoljava
2	180	105,3	150	Zadovoljava
3	180	105,3	150	Zadovoljava
4	180	105,3	150	Zadovoljava
5	180	105,3	150	Zadovoljava
6	180	105,3	150	Zadovoljava
7	180	105,3	150	Zadovoljava
8	180	105,3	150	Zadovoljava
9	180	105,3	150	Zadovoljava
10	180	105,3	150	Zadovoljava

Табела 1. Број PV панела и снага електране по инвертору

Prethodni proračun daje snagu elektrane pri standardnim uslovima testiranja (STC-Standard Test Conditions) za koje svaki proizvođač fotonaponskih panela daje osnovne karakteristike panela.

Standardni uslovi testiranja su:

- Modul je čist (bez prašine i drugih nečistoća koje se javljaju u realnim uslovima);
- Temperatura panela je 25 °C;
- Solarna iradijacija na površini panela je 1000 W/m² (jedno sunce);
- Solarni spektar odgovara vazdušnoj masi AM=1.5.

Realni uslovi odstupaju od standardnih tako da se efikasnost panela i ostali tehnički parametri u realnim eksploatacionim uslovima u manjoj ili većoj meri razlikuju od standardnih. Izlazna snaga invertora tada će se računati na osnovu obrasca:

$$P_{AC} = P_{DC-STC} \times \text{efikasnost konverzije}$$

Jedan od bitnih parametara koji utiču na efikasnost panela jeste temperatura panela. Povećanje temperature panela iznad standardne vrednosti (25°C) uzrokuje pad efikasnosti panela, jer se smanjuje napon otvorenog kola. Gubitak usled povećanja temperature ide i do 0.45%/°C.

Pored temperature, na efikasnost panela utiču i neuparenost karakteristika panela, zaprljanost aktivne površine panela, kao i gubici u invertoru. Gubici usled zaprljanosti panela mogu se proceniti na oko 4 %, dok gubici usled neuparenosti panela ne prelaze 3 %. Gubici u invertoru su definisani u specifikaciji invertora i uzima se podatak o ponderisanoj efikasnosti koja za invertore Huawei, tip SUN2000-KTL-M0 iznosi 98,6%. Na osnovu poznavanja geografskog položaja i vremenskih uslova u kojima se nalazi elektrana može se proceniti da temperaturni gubici neće biti veći od 8 %.

Nakon zamene svih navedenih podataka o gubicima u fotonaponskom sistemu u proračun izlazne snage invertora dobijamo:

- za invertore br. 1-10

$$P_{AC1} = P_{DC-STC} \cdot \eta_Z \eta_N \eta_T \eta_I = 105,3 \cdot 0.96 \cdot 0.97 \cdot 0.92 \cdot 0.986 = \mathbf{88.95 \text{ kW}}$$

Na osnovu svega navedenog možemo da zaključimo da će proračunata maksimalna izlazna snaga male solarne elektrane iznositi:

$$\mathbf{P_{AC} = 889,5 \text{ kW}}$$

4.6.1.2 Proračun struje kratkog spoja i napona otvorenog kola fotonaponskih panela

Ovim idejnim rešenjem predviđeno je da se nizovi (stringovi) sastoje od 18 komada redno povezanih fotonaponskih panela, a na svakom invertoru je predviđeno povezivanje po 10 niza, a sve u cilju da se zadovolje ulazne vrednosti u invertore i karakteristične vrednosti fotonaponskih panela.

Proračun veličine niza

Maksimalni jednosmerni napon otvorenog kola fotonaponskih panela očekuje se pri niskim temperaturama, i isti se računa prema sledećoj formuli:

$$U_{ocmax} = U_{oc} \cdot \left[1 + \frac{T_{KVoc}}{100} \cdot (T_{min} - T_{STC}) \right]$$

gde je:

- U_{ocmax} – maksimalni napon otvorenog kola jednog fotonaponskog panela [V],
- T_{min} – najniža očekivana temperatura ambijenta, (usvajamo -20 °C),
- T_{STC} – temperatura u stantardnim uslovima ispitivanja na 25 °C,
- T_{KVoc} – temperaturni koeficijent napona otvorenog kola fotonaponskog panela [%/°C].

Nakon proračuna maksimalnog jednosmernog napona otvorenog kola jednog fotonaponskog panela, pri minimalno očekivanoj temperaturi od -20 °C, iznosiće:

$$U_{ocmax} = 57.26 \text{ V}$$

S obzirom na to da je maksimalni jednosmerni napon na ulazu u invertore 1100 V, može se zaključiti da nizovi panela povezani paralelno na ulaze invertora mogu biti sastavljeni od najviše $N_{strmax} = 19$ fotonaponskih panela povezani na red, a sve u cilju zadovoljenja uslova priključenja sa aspekta očekivanog najvišeg napona.

Minimalni jednosmerni napon fotonaponskih panela se očekuje pri visokim temperaturama i računa se prema sledećoj formuli:

$$U_{mppmin} = U_{mpp} \cdot \left[1 + \frac{T_{KVmp}}{100} \cdot (T_{max} + T_{add} - T_{STC}) \right]$$

gde je:

- U_{mppmin} – minimalni napon jednog fotonaponskog panela [V],
- U_{mpp} – nominalni napon fotonaponskog panela [V],
- T_{KVmp} – temperaturni koeficijent fotonaponskog panela pri V_{mpp} [%/°C],
- T_{max} – najviša očekivana temperatura ambijenta, (usvajamo 45 °C),
- T_{add} – temperature fotonaponskih panela u zavisnosti od načina ugradnje:
 - 1) na krovu objekta, paralelno, < 6° nagib: 35 °C,
 - 2) na krovu objekta, na nosačima, > 6° nagib: 30 °C,
 - 3) na zemlji: 25 °C.

Nakon proračuna minimalnog jednosmernog napona fotonaponskih panela, pri maksimalno očekivanoj temperaturi ambijenta od +45 °C, iznosiće:

$$U_{mppmin} = 38.27 \text{ V}$$

S obzirom na to da optimalni ulazni jednosmerni napon koji omogućava rad MPPT regulatora na invertorima iznosi 540-1000 V, može se zaključiti da nizovi panela povezani paralelno na ulaze invertora mogu biti sastavljeni od najmanje $N_{strmin}=15$ fotonaponskih panela povezanih na red, a sve u cilju zadovoljenja uslova priključenja sa aspekta očekivanog najvišeg napona.

Maksimalna struja kratkog spoja jednog fotonaponskog panela očekuje se pri visokim temperaturama, i računa se prema sledećoj formuli:

$$I_{scmax} = I_{sc(45^{\circ}\text{C})} = I_{sc} \cdot \left[1 + \frac{T_{KIsC}}{100} \cdot (T_{max} - T_{stc}) \right]$$

gde je:

$I_{sc\ max}$ - maksimalna struja jednog fotonaponskog panela pri najvećoj očekivanoj temperaturi [A],

I_{sc} - struja kratkog spoja jednog fotonaponskog panela [A],

T_{max} - najviša očekivana temperatura ambijenta (usvojeno +45 °C),

T_{STC} - temperatura u standardnim uslovima ispitivanja na 25 °C,

T_{KIsC} - temperaturni koeficijent struje kratkog spoja fotonaponskog panela [%/°C].

Nakon proračuna maksimalna struja kratkog spoja fotonaponskih panela, pri maksimalno očekivanoj temperaturi ambijenta od +45 °C, iznosiće:

$$I_{scmax} = 15.53\ A$$

Struja niza fotonaponskih panela vezanih na red je ista kao i struja jednog fotonaponskog panela.

Prilikom proračuna ove struje mora se voditi računa o izboru osigurača koji obezbeđuje odgovarajuću zaštitu serijskog niza fotonaponskih panela. Proizvođač invertora dopušta opseg za proračun struje osigurača, koji štiti niz:

$$I_f \geq (1,4 \sim 1,5) \cdot I_{sc}$$

S obzirom da je najveća izračunata vrednost struje kratkog spoja jednog fotonaponskog panela na usvojenoj temperaturi ambijenta 45 °C, nakon zamene brojnih vrednosti u relaciji biće odabran osigurač sa nominalnom strujom od 20 A.

4.6.1.3 Kablovi male solarne elektrane

Niskonaponski kablovi 0.4 kV

Odabir NN kablova 0,4 kV izvršen je na osnovu:

- Proračuna opterećenja kablova
- Provere zaštite kablova od preopterećenja
- Proračuna pada napona na kablovima

- **Proračun opterećenja kablova 0.4kV**

Najveća projektovana struja predviđena da teče kroz trofazno strujno kolo u redovnom radu izračunava se na osnovu standarda SRPS IEC 60050-826, prema sledećem izrazu:

$$I_j = \frac{P_j}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}$$

gde je:

P_j -jednovremena snaga (W).

U_n -nominalni linijski napon (V)

$\cos \varphi$ -faktor snage

Trajno dozvoljene struje izolovanih provodnika i nearmiranih kablova nazivnog napona od 0.6/1 kV definisane su u standardu SRPS HD 60364-5-52:2012 i određuje ih:

- Najveća dozvoljena temperatura izolacije,
- Temperatura okoline,
- Termička otpornost tla,
- Tip primenjenog električnog razvoda,
- Broj opterećenih provodnika,
- Broj provodnika postavljenih paralelno,
- Promena izolacijskih uslova duž položenih izolovanih provodnika i kablova

Trajno dozvoljena struja kabla, korigovana odgovarajućim faktorima iz istog standarda koji uzimaju u obzir načine polaganja kablova različite od referentnih izračunava se pomoću sledeće formule:

$$I_z = k_\theta \cdot k_\lambda \cdot k_n \cdot I_{trdoz}$$

gde je:

k_θ -korekcionni faktor za temperaturu okoline,

k_λ -korekcionni faktor za termičku otpornost tla,

k_n -korekcionni faktor za grupno položena strujna kola,

I_{trdoz} -tablična vrednost trajno dozvoljene struje kabla.

I_z - trajno dozvoljena struja kabla, korigovana odgovarajućim faktorima.

• **Provera zaštite kablova 0.4 kV od preopterećenja**

Pod proverom zaštite od preopterećenja podrazumeva se provera izabranih zaštitnih uređaja kablova, odnosno automata, u pogledu zaštite od prekomernih struja.

Radne karakteristike uređaja za zaštitu od preopterećenja vodova moraju da ispunjavaju sledeća dva uslova prema standardu SRPS HD 60364-4-43:2012.

Zaštita od prekomerne struje:

$$1) I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$2) I_2 \leq 1,45 I_z$$

gde je:

I_B – struja za koju je kolo projektovano (A),

I_n – nazivna struja zaštitnog uređaja (A),

I_z – trajno dozvoljena struja kabla (A),

I_2 – struja koja osigurava efikasno delovanje u okviru konvekcionalnog vremena tog zaštitnog uređaja (A).

Rezultati provere kablova na strujno opterećenje i koordinaciju električne zaštite dati su u tabeli br. 2.

U proračunima su se koristili sledeći izrazi:

$k \cdot I_{no}$	-konvencionalna struja isključenja osigurača;
I_{tds1}	-računska tablična vrednost trajno dozvoljene struje kabla prema prvom uslovu za radnu karakteristiku zaštitnog uređaja;
I_{tds2}	-računska tablična vrednost trajno dozvoljene struje kabla prema drugom uslovu za radnu karakteristiku zaštitnog uređaja;
I_{tds}	-tablična vrednost trajno dozvoljene struje izabranog poprečnog preseka kabla;
I_z	-trajno podnosiva struja kabla na osnovu uslova polaganja;
$I_j \leq I_{no} \leq I_z$	-prvi uslov za radnu k-ku zaštitnog uređaja;
$I_2 = k \cdot I_{no} \leq 1,45 \cdot I_z$	-drugi uslov za radnu k-ku zaštitnog uređaja.

R. br.	trasa	Jednovre mena snaga Pj (kW)	radni napon U (V)	faktor snage	Struja optereć enja (A)	tip razvoda	Osigurač Ino (A)	korekcionni faktori				k*Ino (A)	Itds1 (A)	Itds2 (A)	Itds (A)	Iz (A)	Ij<=Ino<=Iz	I2=k*Ino<=1.45*Iz	Tip kabla
								k	kn	kl	kq								
1	TS:T1- inv 1	100	400	1	144,4	D	160	1.6	0,7	1,55	1	256	147,47	162,72	178	193,1	zadovoljava	zadovoljava	PP 00-A 4x150
2	TS:T1- inv 2	100	400	1	144,4	D	160	1.6	0,7	1,55	1	256	147,47	162,72	178	193,1	zadovoljava	zadovoljava	PP 00-A 4x150
3	TS:T1- inv 3	100	400	1	144,4	D	160	1.6	0,7	1,55	1	256	147,47	162,72	178	193,1	zadovoljava	zadovoljava	PP 00-A 4x150
4	TS:T1- inv 1	100	400	1	144,4	D	160	1.6	0,7	1,55	1	256	147,47	162,72	178	193,1	zadovoljava	zadovoljava	PP 00-A 4x150
5	TS:T1- inv 2	100	400	1	144,4	D	160	1.6	0,7	1,55	1	256	147,47	162,72	178	193,1	zadovoljava	zadovoljava	PP 00-A 4x150
6	TS:T1- inv 3	100	400	1	144,4	D	160	1.6	0,7	1,55	1	256	147,47	162,72	178	193,1	zadovoljava	zadovoljava	PP 00-A 4x150
7	TS:T1- inv 1	100	400	1	144,4	D	160	1.6	0,7	1,55	1	256	147,47	162,72	178	193,1	zadovoljava	zadovoljava	PP 00-A 4x150
8	TS:T1- inv 2	100	400	1	144,4	D	160	1.6	0,7	1,55	1	256	147,47	162,72	178	193,1	zadovoljava	zadovoljava	PP 00-A 4x150
9	TS:T1- inv 3	100	400	1	144,4	D	160	1.6	0,7	1,55	1	256	147,47	162,72	178	193,1	zadovoljava	zadovoljava	PP 00-A 4x150
10	TS:T1- inv 3	100	400	1	144,4	D	160	1.6	0,7	1,55	1	256	147,47	162,72	178	193,1	zadovoljava	zadovoljava	PP 00-A 4x150

Tabela 2. Provera zaštite kablova 0,4 kV od preopterećenja

- **Proračun pada napona kablova 0,4 kV**

Proračun pada napona služi za proveru odabranih preseka provodnika.

Za monofazne potrošače računa se prema izrazu:

$$u\% = \frac{200Pl}{\gamma SU^2}$$

dok se za trofazne potrošače računa prema izrazu:

$$u\% = \frac{100Pl}{\gamma SU^2}$$

gde je:

$u\%$ (%) – pad napona u procentima. Dozvoljena vrednost pada napona određena je Pravilnikom o tehničkim normativima za instalacije NN;

P (W) – nazivna snaga potrošača mnofazna/trofazna (za napojni vod to je vršno opterećenje);

l (m) – dužina voda;

γ (Sm/mm²) – specifična provodnost materijala od koga je provodnik izrađen (za bakar je 56 Sm/mm², za aluminijum 32 Sm/mm²)

S (mm²) – presk provodnika;

U (V) – nazivni napon fazni/linijski;

Prema PTN za električne instalacije niskog napona („Sl. list SFRJ“ br. 53/88; „Sl. List SRJ“ br. 28/95):

Dozvoljeni pad napona između tačke napajanja električne instalacije i bilo koje druge tačke ne sme biti veći od sledećih vrednosti prema nazivnom naponu električne instalacije:

- 1) za strujno kolo osvetljenja 3% a za strujna kola ostalih potrošača 5%, ako se električna instalacija napaja iz NN mreže;
- 2) za strujno kolo osvetljenja 5% a za strujna kola ostalih potrošača 8%, ako se električna instalacija napaja neposredno iz transformatorske stanice koja je priključena na visoki napon.

Rezultati provere kablova na pad napona dati su tabeli br. 3.

Ukupni najveći predviđeni pad napona je od invertora **br. 10 do TS:T1 i iznosi: 1.27 %.**

Prema dobijenim rezultatima pada napona, preseki kablova su pravilno odabrani.

R.br.	Strujni krug	Instalisana snaga P_i (kW)	Koeficijent jednovremenosti k_j	Jednovremena snaga P_j (kW)	Dužina strujnog kruga l (m)	Površina poprečnog preseka kabla A (mm ²)	Specifična električna provodnost (Sm/mm ²)	Radni napon U (V)	Pad napona u relaciji u (%)
1	TS:T1- inv 1	100	1	100	60	150	36	400	0,69
2	TS:T1- inv 2	100	1	100	15	150	36	400	0,17
3	TS:T1- inv 3	100	1	100	15	150	36	400	0,17
4	TS:T1- inv 4	100	1	100	30	150	36	400	0,35
5	TS:T1- inv 5	100	1	100	60	150	36	400	0,69
6	TS:T1- inv 6	100	1	100	70	150	36	400	0,81
7	TS:T1- inv 7	100	1	100	80	150	36	400	0,93
8	TS:T1- inv 8	100	1	100	90	150	36	400	1,04
9	TS:T1- inv 9	100	1	100	100	150	36	400	1,16
10	TS:T1- inv 10	100	1	100	110	150	36	400	1,27

Tabela 3. Proračun pada napona na kablovima 0,4 kV

4.6.1.4 Proračun uzemljivača objekta MSE

Izbor preseka uzemljivača određen je na osnovu vrednosti subtranzijentne struje trolnog kratkog spoja koja prema TP br. 01 ED Srbije iznosi 26 kA i koja se može koristiti kao merodavna za termičku proveru provodnika u sistemu uzemljenja.

Najmanji dozvoljeni presek provodnika u sistemu uzemljenja pri kratkotrajnom zagrevanju određuje se pomoću izraza:

$$q_{min} = k \cdot I_{1e}'' \cdot \sqrt{t} \text{ [mm}^2\text{]}$$

gde su:

q_{min} – najmanji dozvoljeni presek provodnika (mm²) za struju I_{1e}'' ;

I_{1e}'' – struja merodavna za toplotni proračun (kA);

t – trajanje struje kvara, iznosi 1 sec;

k – faktor koji zavisi od vrste materijala provodnika (mm²/kAs²), i to:

- za čelik: k=15,0
- za bakar: k=6,25.

$$q_{min} = 15 \cdot 26 \cdot \sqrt{1} = 390 \text{ mm}^2$$

Metalne mase priključuju se na uzemljivač elektrane, koji čini čelično pocinkovana traka FeZn 4x25mm², zemljovodima po sistemu „ulaz-izlaz“, tako da je svaki uzemljeni deo vezan na uzemljivač sa dve strane, odnosno dobijamo minimalni presek provodnika:

$$q_{min} = 15 \cdot \frac{26}{2} \cdot \sqrt{1} = 195 \text{ mm}^2 < 200 \text{ mm}^2$$

Uzemljenje

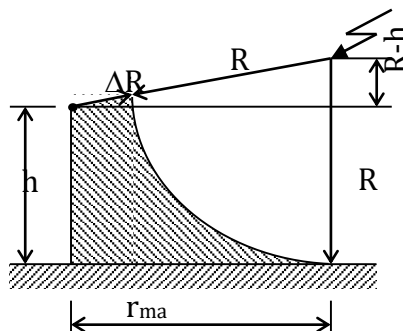
Uzemljivčki sistem elektrane je predviđen kao združeno uzemljenje koje je istovremeno zaštitno i radno uzemljenje fotonaponskih panela i invertora, niskonaponskih kablova AC i DC, objekata transformatorska stanica i razvodno postrojenje, kao i umetnutog stuba. Takođe združeno uzemljenje će se koristiti i kao gromobransko uzemljenje.

Ovim projektom je predviđeno povezivanje svih metalnih delova ugrađene opreme na uzemljivač izvden trakom FeZn 4x25mm² po principu „ulaz-izlaz“.

Po izvršenoj montaži, a pre puštanja elektrane u pogon potrebno je izvršiti merenje otpora uzemljenja, napona dodira i napona koraka. Ukoliko se dogodi da dobijene vrednosti budu iznad propisanih treba u dogovoru sa projektantom naći najpogodnije rešenje.

4.6.1.5 Gromobranska zaštita MSE

Za gromobransku zaštitu MSE "Lovopromet 3" predviđene su dve hvataljke sa ranim startovanjem u skladu sa SRPS N.B4.810 proizvođača „Frenklin France“, tip AFB0015SE, sa vremenom prednjačenja $\Delta t = 60\mu s$. Hvataljke se postavljaju na čelične konstrukcije visine 1,5 m a koje će biti montirane na jarbol visine 8 m, u skladu sa grafičkom dokumentacijom.



Slika br.2. Određivanje štićenog prostora

Simboli korišćeni u proračunima:

- | | |
|-----------------------|--|
| $r'_{\max}$ [m] | - maksimalno rastojanje štíčene tačke određenog nivoa |
| h [m] | - vertikalno rastojanje od vrha štapne hvataljke do nivoa štíčene tačke |
| R [m] | - poluprečnik fiktivne sfere čela silaznog trasera, takozvano udarno rastojanje (za nivo zaštite "I", $R=20$ m, u skladu sa SRPS N.B4.810) |
| v [m/ μ s] | - brzina uzlaznog trasera, čija je usvojena vrednost prema SRPS N.B4.810. $v=[1$ m/ μ s] |
| Δt [μ s] | - vreme prednjačenja |

Određivanje štićenog prostora

A) $h \geq 5m$

Dobitak u udarnom rastojanju u [m] dobija se:

$$\Delta R = v \times \Delta t \text{ [m]}$$

Vreme prednjačenja za izabranu hvataljku je $\Delta t = 60\mu s$, pa je dobitak u udarnom rastojanju:

$$\Delta R = 1 \times 60 = 60 \text{ m}$$

Prostor štićen upotrebom štapne hvataljke sa uredjajem za rano startovanje određuje se prema predhodnoj slici, odakle se vidi da je maksimalno rastojanje štićene tačke određenog nivoa (R_p):

$$r'_{\max} = \sqrt{h(2R - h) + \Delta R (2R + \Delta R)} \quad [\text{m}] \quad \text{za } h \geq 5 \text{ m}$$

Vertikalna rastojanja od vrha štapne hvataljke do nivoa štićenih tačaka je $h > 5\text{m}$, pa se zaštitna zona određuje po predhodnoj formuli shodno SRPS N.B4.810 što je dato u sledećoj tabeli:

Hh(m) visina (kota) vrha štapne hvataljke do nivoa tla	Štićena tačka	hi (m) visina(ko ta) posmatra ne tačke (objekta) koji je predmet zaštite	R(m) Prema određe nom nivou zaštite	$\Delta R(m)$ dobitak u udarnom rastojanju	h(m) vertikalno rastojanje od vrha štapne hvataljke do nivoa bilo koje druge štićene tačke ($h=Hh-hi$)	$r'_{\max}(m)$ Maksimalno rastojanje štićene tačke određenog nivoa (na hi)	$r'(m)$ Najveće horizontalno rastojanje štićenog uređaja od ose štapne hvataljke sa uređajem za rano startovanje	Zaključak : Bilo koja tačka određenog nivoa štićenog prostora mora biti na rastojanju od štapne hvataljke sa uređajem za rano startovanje, koje je manje od maksimalnog rastojanja štićene tačke određenog nivoa ($r'_{\max}$), odnosno mora biti na zaštitnom rastojanju $r' < r'_{\max}$
9,5	Fotonaponski paneli	2.13	20	60	7.37	78.99	76.02	zadovoljava
9,5	RP 10 kV	3.16	20	60	6.34	78.82	45.6	zadovoljava
9,5	TS 10/0.4 kV	2.9	20	60	6.6	78.88	45.6	zadovoljava

Tabela 4. Zona gromobranske zaštite

Za vertikalana rastojanja od vrha štapne hvataljke do nivoa štićenih tačaka, koja su manja od 5m, za izračunavanje zaštitne zone ne koristi se predhodna formula, već se određuje po preporuci, odnosno tehničkom uputstvu proizvođača hvataljke sto je prikazano u sledećoj tabeli:

Rp(m)	SE 6 $\Delta L = 15\text{ m}$			SE 9 $\Delta L = 30\text{ m}$			SE 12 $\Delta L = 45\text{ m}$			SE 15 $\Delta L = 60\text{ m}$		
h (m) \ N p	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2	13	18	20	19	25	28	25	32	36	31	39	43
4	25	36	41	38	51	57	51	65	72	63	78	85
6	32	46	52	48	64	72	63	81	90	79	97	107
8	33	47	54	49	65	73	64	82	91	79	98	108
10	34	49	56	49	66	75	64	83	92	79	99	109
20	35	55	63	50	71	81	65	86	97	80	102	113
30	35	58	69	50	73	85	65	89	101	80	104	116
60	35	60	75	50	75	90	65	90	105	80	105	120

Change negligible

Range of SAINT-ELMO

Type	Standard	Corrosive atmosphere	Church	Church	Historical monument	Aladin
Model	2 m chromium plated copper	2 m stainless steel	1,5 m chromium plated copper	1,5 m polished copper	2 m polished copper	2,4 m chromium plated copper
SE 6	AFB0006SE	AFB1006SE	AFB2006SE	AFB3006SE	AFB0016SE	AFB4006SE
SE 9	AFB0009SE	AFB1009SE	AFB2009SE	AFB3009SE	AFB0019SE	AFB4009SE
SE 12	AFB0012SE	AFB1012SE	-	-	AFB0112SE	AFB4012SE
SE 15	AFB0015SE	AFB1015SE	-	-	AFB0115SE	AFB4015SE

Tabela 5. Zone delovanja uređaja sa ranim startom

Napomena: za vrednosti h , koje nema u tabeli, maksimalno rastojanje je izračunato metodom interpolacije.

Na osnovu određenih poluprečnika šticeenog prostora za karakteristične tačke šticeenog prostora (objekta), zaključujemo da se ugradnjom hvataljke sa uređajem za rano startovanje sa vremenom prednjačenja $\Delta t \geq 60 \mu s$, ostvaruje zahtevani nivo zaštite od atmosferskog pražnjenja celokupnog objekta u svim pravcima.

Spustni provodnici

Prihvatni sistem povezati na sistem spustnih provodnika, koji je predviđen sa dva spusta (vertikalno, najkraćim putem). Spusni provodnici biće izrađeni od pocinkovane trake $FnZn 4 \times 25 \text{ mm}^2$ koja će biti povezana na združeno uzemljenje elektrane. Za svaki spust je predviđena merna spojica, koja je smeštena na mestu povezivanja sa izvodom, na jarbolu, na visini 1,7 m od tla.

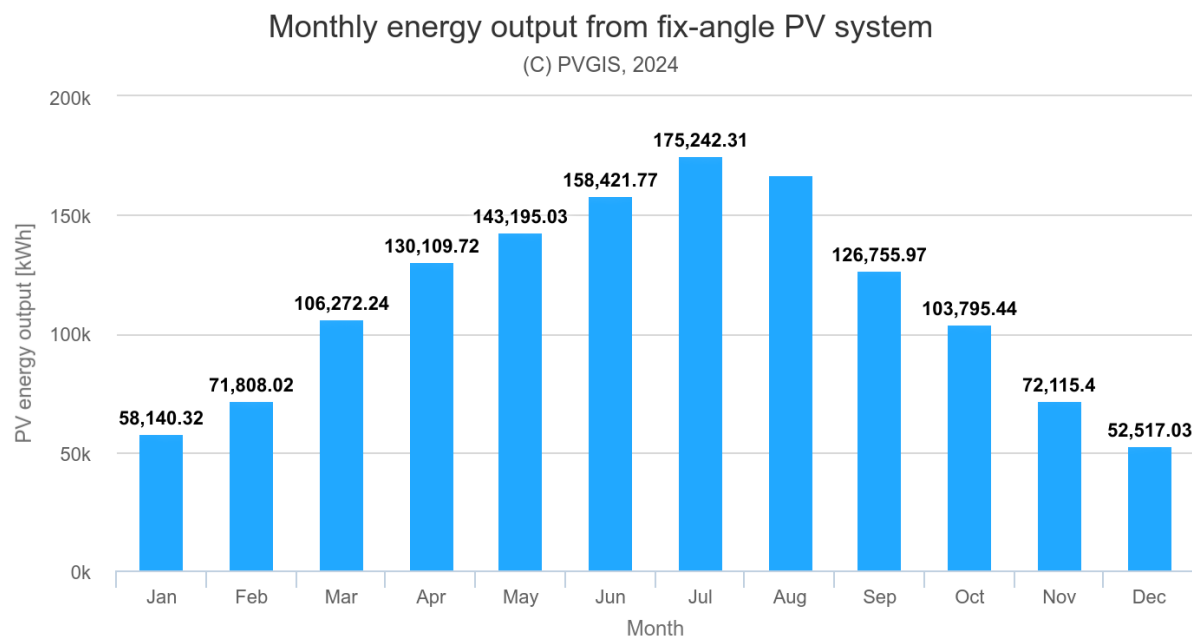
4.6.1.6 Procena proizvodnje električne energije

Procena proizvodnje električne energije MSE izvršena je uz pomoć softvera PVGIS, koji pruža popis solarnih energetskih resursa za procenu proizvodnje električne energije iz fotonaponskih sistema u Evropi, Africi i jugozapadnoj Aziji. PVGIS obrađuje već pripremljene podatke iz svoje baze podataka (geografski podaci, dnevno zračenje, optimalni ugao nagiba fotonaponskih panela, godišnje zračenje, godišnja proizvodnja električne energije...).

Izvršena je procena proizvodnje električne energije za fotonaponski sistem postavljen na zemlji, sa fiksnim uglom od 20°, na geografskoj lokaciji 42:41:51.3 i 21:50:32.5, sa procenjenim gubicima sistema oko 17,1 %, usled zaprljanosti panela, usled neuparenosti panela, gubici u invertoru, gubici u kablovima, gubici usled vremenskih uslova, i drugo.

Procena proizvodnje električne energije za fotonaponske panele montirane na zemlji, okrenute ka jugu data je u generisanom izveštaju iz softverskog paketa PVGIS u kome je izvršena simulacija proizvodnje električne energije po mesecima. (Prilog)

Predviđena proizvodnja električne energije MSE „Lovopromet 3“ na godišnjem nivou iznosi **1.365.237,12 kWh**.



4.6.2 Tehnički proračun Transformatorske stanice 10/0.4 kV

4.6.2.1 Proračun snage izbora transformatora

Projektom je predviđeno da proizvedena električna energija iz fotonaponskih panela i invertora bude plasirana u distributivni sistem električne energije preko transformatorske stanice 10/0.4 kV, snage 1000 kVA, a u skladu sa grafičkim crtežima.

MSE Lovopromet sastoji se od 1800 fotonaponska panela povezana na 10 invertora koja će biti povezana na energetske transformator T-1 smešten u transformatorskoj stanici (TS), naponskog nivoa 10/0.4 kV, snage 1000 kVA.

U tabeli br. 6 prikazana je predviđena snaga invertora povezanih na T-1.

TS-1	Transformator T1	
	Instalisana snaga	Proračunata snaga
$P_{Ac\ inv1}$	100 kW	88,95 kW
$P_{Ac\ inv2}$	100 kW	88,95 kW
$P_{Ac\ inv3}$	100 kW	88,95 kW
$P_{Ac\ inv4}$	100 kW	88,95 kW
$P_{Ac\ inv5}$	100 kW	88,95 kW
$P_{Ac\ inv6}$	100 kW	88,95 kW
$P_{Ac\ inv7}$	100 kW	88,95 kW
$P_{Ac\ inv8}$	100 kW	88,95 kW
$P_{Ac\ inv9}$	100 kW	88,95 kW
$P_{Ac\ inv10}$	100 kW	88,95 kW
$\Sigma P_{Ac\ inv}$	1000 kW	889,5
Sn	1000 kVA	

Tabela 6. Opterećenje TS prema transformatoru T-1

Na osnovu gore navedenih proračuna predviđena je ugradnja transformatora snage sledećih karakteristika:

Nominalna snaga:
 Nominalni napon:
 Sprega:
 Napon kratkog spoja:
 Gubici u gvožđu:
 Gubici u bakru:
 Ukupno:

$S = 1000$ [kVA]
 $U'/U'' = 10/0,4$ [kV]
 DY5
 $uk\% = 6\%$
 $P_{fe} = 1750$ [W]
 $P_{cu} = 13500$ [W]
 1 komad.

4.6.2.2 Kablovi TS

Srednjenaponski kablovi 10 kV

U skladu sa Tehničkom preporukom br.3 „Elektro distribucije Srbije“ izvršen je odabir srenjenaponskih kablova i tom prilikom su urađeni sledeći proračuni:

- Proračuna opterećenja kablova
- Provere zaštite kablova od preopterećenja
- Proračuna pada napona na kablovima

• Proračun opterećenja kablova 10 kV

Najveća projektovana struja predviđena da teče kroz 10 kV kablove u redovnom radu izračunava se tako što se najpre odredi struja na sekundarnoj strani transformatora a zatim proračuna primarna očekivana struja, za svaku TS 10/0,4 kV.

Očekivana struja na sekundarnoj strani transformatora računa se pomoću izraza:

$$I_{0.4}'' = \frac{P_{in} \cdot \eta}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_l}$$

gde je:

- P_{in} - instalisana snaga (W);
 S_n - nazivna snaga (VA);
 η - jednovremenost opterećenja;
 I_{op} - struja opterećenja (A);
 U_l - linijski napon (V);
 $\cos \varphi$ - faktor snage.

Dok se očekivana struja na primaru računa pomoću izraza:

$$I_{10}' = \frac{I_{0.4}''}{m}, \text{ gde je } m \text{ prenosni odnos transformatora.}$$

Takođe, trajnuo dozvoljena struja 10 kV kablova se izračunava pomoću izraza:

$$I_{doz} = k_{op} \cdot k_{\theta t} \cdot k_{\rho t} \cdot k_{bk} \cdot I_{nd}$$

gde je:

- I_{doz} - dozvoljeno strujno opterećenje kablovskih vodova u amperima;
 k_{op} - sačinilac promene dozvoljenog strujnog opterećenja kablovskog voda od faktora opterećenja m, i iznosi 0,75 za stalno industrijsko opterećenje (faktor opterećenja m=1) i iznosi 1 za promenljivo distributivno opterećenje (faktor opterećenja m=0.7);
 $k_{\theta t}$ - sačinilac promene dozvoljenog strujnog opterećenja kablovskog voda od temperature tla θ_t na dubini polaganja kabla, i u opsegu $+5^\circ\text{C} \leq \theta_t \leq +40^\circ\text{C}$, računa se prema izrazu $k_{\theta t} = 1 + 0,007 \cdot (20 - \theta_t)$;
 $k_{\rho t}$ - sačinilac promene dozvoljenog strujnog opterećenja kablovskog voda od specifične toplotne otpornosti tla ρ_t , i dobija se iz tabele 25.2.1 TP-3;
 k_{bk} - sačinilac promene dozvoljenog strujnog opterećenja kablovskog vodda od broja položenih vodova b_k u rovu i međusobnog udaljenja kablovskih vodova „a“, i dobija se iz table 25.2.2 TP-3;

I_{nd} - naznačena vrednost dozvoljenog strujnog opterećenja kablovskog voda u amperima (A), katalogska vrednost ili tabele 25.2.3a i 25.2.3b TP-3.

Proračun opterećenja srednjenaponskih kablova prikazan je u tabeli br.7.

- **Proračun pada napona kablova 10 kV**

Pad napona na srednjenaponskim kablovima 10 kV može se izračunati pomoću sledećeg izraza:

$$u = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{uk}}{10 \cdot U} \cdot (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi) \cdot l$$

gde je:

u – ukupni pad napona (%);

I_k – struja opterećenja (A);

U - nazivni napon (V);

r - podužna reaktansa kabla (Ω/km);

x – podužna impedansa (Ω/km);

$\cos \varphi$ - faktor snage;

l – ukupna dužina kabla.

Rezultat pada napona na odabranom srednjenaponskom kablju dat je u tabeli br. 8.

R.br.	Trasa	Jednovremena snaga P_j (kW)	Radni napon U (V)	Faktor snage	Struja opterećenja I_j (A)	Tip razvoda	Osig. I_{no} (A)		korekcionni faktori				$k \cdot I_{no}$ (A)	I_{tds1} (A)	I_{tds2} (A)	I_{tds} (A)	I_z (A)	$I_j \leq I_{no} \leq I_z$	$I_2 = k \cdot I_{no} \leq 1.45 \cdot I_z$	Tip kabla
									k_{op}	$k_{\theta t}$	$k_{\rho t}$	k_{bk}								
1	TS-T1: RP 10 kV	999	10.000	0.95	60.17	D	80	1.6	0.75	0.86	0.82	1	128	151.3	166.9	152	80.39	zadovoljava	zadovoljava	XHE49- A 3x(1x35) mm2

Tabela 7. Provera zaštite kablova 10 kV od preopterećenja

R.br.	Trasa	Instalisana snaga P_i (kW)	Koeficijent jednovremenosti k_j	Jednovremena snaga P_i (kW)	Dužina strujnog kruga l (m)	Podužna reaktansa kabla r (Ω/km)	Podužna impedansa kabla x (Ω/km)	Površina poprečnog preseka kabla A (mm ²)	Radni napon U (kV)	Pad napona u relaciji u (%)
1	TS-T1: RP 10 kV	999	1	999	10	1.11	0.137	35	10	0.011

Tabela 8. Proračun pada napona na kablovima 10 kV

4.6.2.3 Proračun struje kratkih spojeva TS na T1

Proračun struje kratkog spoja u elektroenergetskim sistemima namenjen je za izbor opreme i efikasan rad električne zaštite.

Karakteristične vrednosti struja kratkog spoja u elektroenergetskim sistemima, a koje služe za odabir opreme, su sledeće:

- Početna (suptranzijentna) simetrična struja kratkog spoja (I_k'')
- Prolazna (tranzijentna) simetrična struja kratkog spoja (I_k')
- Trajna struja kratkog spoja (I_k)
- Temena vrednost struje kratkog spoja (i_p)
- Simetrična struja isključenja kratkog spoja (I_b)
- Termička ekvivalentna struja kratkog spoja (I_{th})

U okviru proračuna struje kratkih spojeva na mestu priključenja MSE uzeti su u obzir i podaci o energetsom transformatoru 10/0,4 kV, snage 1000 kVA, kao i kablovima, naponskog nivoa 0,4 kV i 10 kV, kojim je MSE povezana na srednjenaponsku mrežu.

Na osnovu standarda IEEE 1457 i IEC 61400-21, kao i na osnovu standarda IEC 60909:2016, statički pretvarači (invertori) zbog brzine isključenja sa mreže u slučaju pojave kvara, ne učestvuju u proračunima struje kvara i zanemaruju se.

• Proračun struje kratkih spojeva na sabirnicama 10 kV na T-1

Za izbor rasklopne opreme na SN strani MSE neophodno je izračunati vrednost struja trofaznog kratkog spoja. Prema TP br. 01 ED Srbije maksimalna dozvoljena trofazna simetrična struja (snaga) kratkog spoja u mreži naponskog nivoa 10 kV iznosi 14,5 kA (250 MVA), dok je prema Uslovima za projektovanje i priključenje stvarna struja trofaznog kratkog spoja sa strane DSEE na mestu priključenja elektrane na DSEE, u subtranzijentnom periodu $I_{ks}=1,039$ kA, odnos $R/X=0,68$. Na osnovu ovih podataka možemo izračunati impedansu kratkog spoja 10 kV-ne mreže:

Mreža

$$S_{ks} = 250 \text{ MVA}, 10 \text{ kV}$$

$$X_m = \frac{1.1 \cdot U^2}{S_{ks}} = 0.44 \, \Omega$$

$$R_m = 0.1 \cdot X_m = 0.044 \, \Omega$$

Kablovi

$$R_l = l \cdot r_k / N_k$$

$$X_l = l \cdot x_k / N_k$$

gde je:

l - dužina kabla u (km);

x_k - podužna impedansa kabla (Ω/km);

r_k - podužna raktansa kabla (Ω/km);

N_k - broj paralelno postavljenih kablova po izvodu.

Dobijeni rezultati za svaki kabl ponaosob predstavljeni su u tabeli br.9.

R.br.	Trasa	Dužina l (km)	r(Ω/km)	x(Ω/km)	N _k	Presek kabla A (mm ²)	R _l (Ω)	X _l (Ω)
1	TS-T1: RP 10 kV	0,01	1.11	0.137	1	35	0,011	0,00137

Tabela 9. Proračunate vrednosti otpora 10 kV kablova

Energetski transformatori:

S_n=1000kVA; U_n=10kV; u_k=6%; I' =57,73A; I'' = 1443,38A; P_{cu}=13500W; P_{fe}=1750W.

$$Z_t = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = 6 \Omega$$

$$R_t = \frac{P_{Cu}}{3 \cdot I'^2} = 1.35 \Omega$$

$$X_t = \sqrt{Z_t^2 - R_t^2} = 5.85 \Omega$$

Ukupne vrednosti aktivne i reaktivne komponente impedanse kratkog spoja na srednjenaponskim sabirnicama 10 kV u TS na T-1 iznosi:

$$R_{HTSt1} = R'_m + R'_{ITS-RP\ 10kV} + R'_{t1}$$

$$R_{HTS} = 1,405\Omega$$

$$X_{HTSt1} = X'_m + X'_{ITS-RP\ 10\ kV} + X'_{T1}$$

$$X_{HTSt1} = 6.29 \Omega$$

Vrednost imepedanse kratkog spoja na sabirnicama 10 kV u TS na T1 iznosi:

$$Z_{HTSt1} = \sqrt{1.405^2 + 6.29^2} = 6.44 \Omega$$

Vrednost struje trolnog kratkog spoja za kvar na sabirnicama 10 kV u TS na T1 računa se iz sledećeg izraza:

$$I''_{kTSt1} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{HTS5}}$$

gde je: c-naponski faktor, i za naponski nivo 10 kV iznosi 1.1.

$$I''_{kTSt1} = 0.984\ kA$$

Maksimalna temena vrednost trolejne suptranzijentne struje kratkog spoja i_p (udarna struja) se izračunava prema standardu SRPS EN 62271-100, i to:

$$i_p = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_k''$$

gde je:

k – numerički faktor.

Faktor k se prema standardu SRPS EN 60909-0 izračunava pomoću sledeće relacije:

$$k = 1,02 + 0,98e^{-\frac{3R}{X}} = 1,15$$

Nakon zamene u gornju relaciju za temenu vrednost struje kratkog spoja dobijamo:

$$i_p = 1,59 \text{ kA}$$

Ovo je ujedno struja merodavna za proveru aparata na dinamičko naprezanje I_{dyn} .

Simetrična struja isključenja kratkog spoja (I_b) se izračunava prema standardu SRPS EN 62271-100, i to:

$$I_b = \mu \cdot I_k'' = 0.984 \text{ kA}$$

gde je:

μ – numerički faktor, i približno je jednak 1 za kvarove daleko od generatora.

Termička ekvivalentna struja kratkog spoja (I_{th}) neophodna za proveru termičke izdržljivosti opreme se izračunava prema standardu SRPS IEC 60909-0, i to:

$$I_{th} = I_k'' \cdot \sqrt{m + n}$$

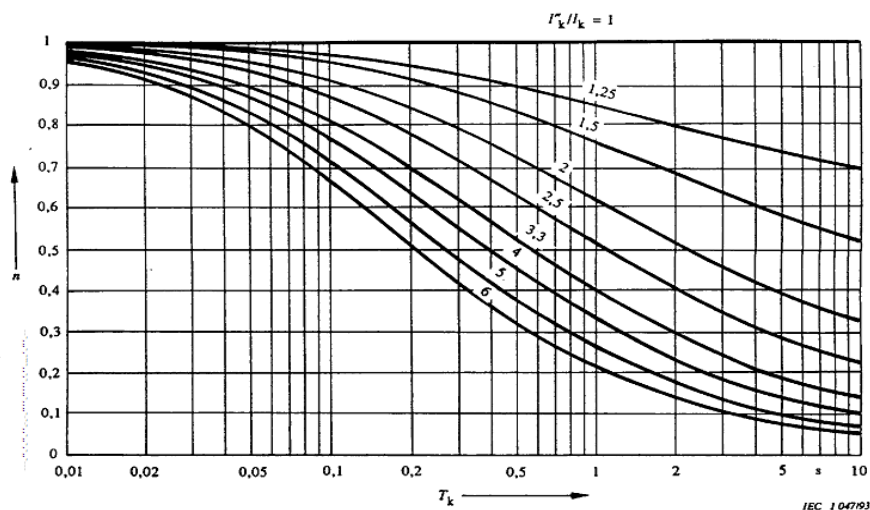
gde je:

I_k'' - efektivna vrednost subtranzijentne struje simetričnog kratkog spoja;

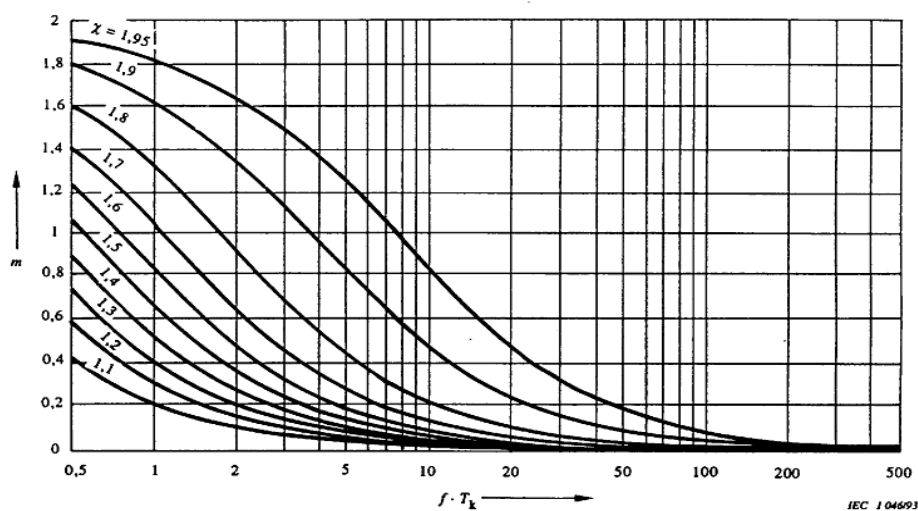
m - faktor odavanja toplote usled jednosmerne komponente struje kratkog spoja;

n - faktor odavanja toplote usled naizmenične komponente struje kratkog spoja.

Numeričke faktore m i n određujemo iz grafika iz standarda SRPS IEC 60909-0, a na osnovu funkcije trajanja struje kratkog spoja (T_k) i faktora (k), odnosno kao funkcija trajanja struje kratkog spoja (T_k) i odnosa struja (I_k''/I_k). Za distributivne mreže može se uzeti da je $n=1$.



Slika 3. Faktor m , razvijena toplota od jednosmerne komponente struje



Slika 4. Faktor n , razvijena toplota od naizmenične komponente struje

Kako su $T_k = 0,5s$, $k=1,07$, očitane vrednosti za faktore m i n sa slika 1. i 2. su:

$$m = 0.$$

$$n = 1$$

Konačno, efektivna vrednost struje kratkog spoja za $t=0,5$ sec, merodavna za termičko naprezanje je:

$$I_{thTSt1} = 0.984 \cdot \sqrt{0 + 1} = 0.984 \text{ kA}$$

• **Proračun struje kratkih spojeva na sabirnicama 0,4 kV na T-1**

Prema TP br. 01 ED Srbije maksimalna dozvoljena trofazna simetrična struja (snaga) kratkog spoja u kablovskoj mreži naponskog nivoa 0,4 kV iznosi 26 kA (18 MVA).

Impedansa mreže 10 kV svedena na 0,4 kV stranu iznosi:

$$S_{ks} = 250 \text{ MVA}, \quad \text{svedeno na } 0.4 \text{ kV}$$

$$X_m = \frac{1.1 \cdot U^2}{S_{ks}} = 0.000704 \, \Omega$$

$$R_m = 0.1 \cdot X_m = 0.0000704 \, \Omega$$

Vrednost podužne imepdanse kablova 10 kV svedeno na 0,4 kV stranu

$$R_l'' = R_l \cdot U''^2 / U'^2$$

$$X_l'' = X_l \cdot U''^2 / U'^2$$

R.br.	Trasa	Dužina l (km)	R _l (Ω/km)	X _l (Ω/km)	N _k	Presek kabla A (mm ²)	R _l '' (mΩ)	X _l '' (mΩ)
1	TS-T1: RP 10 kV	0.01	1.11	0.137	1	35	0,00176	0,00022

Tabela 10. Proračunate svedene vrednosti otpora 10 kV kablova na 0,4 kV stranu

Proračun ekvivalentne imepdanse energetskog transformatora T-1 svedene na 0,4 kV stranu:

$S_n=1000\text{kVA}$; $U_n=10\text{kV}$; $u_k=6\%$; $I'=57,73\text{A}$; $I''=1443,38\text{A}$; $P_{cu}=13500\text{W}$; $P_{fe}=1750\text{W}$.

$$Z_t = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = 0.0096 \, \Omega$$

$$R_t = \frac{P_{cu}}{3 \cdot I''^2} = 0.0022 \, \Omega$$

$$X_t = \sqrt{Z_t^2 - R_t^2} = 0.0093 \, \Omega$$

Kablovi

$$R_l = l \cdot r_k / N_k$$

$$X_l = l \cdot x_k / N_k$$

gde je:

l - dužina kabla u (km);

x_k – podužna impedansa kabla (Ω/km);

r_k - podužna reaktansa kabla (Ω/km);

N_k – broj paralelno postavljenih kablova po izvodu.

Dobijeni rezultati za svaki kabl ponaosob predstavljeni su u tabeli br.11.

R.br.	Trasa	Dužina l (km)	r(Ω/km)	x(Ω/km)	N _k	Presek kabla A (mm ²)	R _i (Ω)	X _i (Ω)
1	T-1 : inverter 1	0.06	0.206	0.08	1	150	0.012	0.0048
2	T-1 : inverter 2	0.015	0.206	0.08	1	150	0.0031	0.0012
3	T-1 : inverter 3	0.015	0.206	0.08	1	150	0.0031	0.0012
4	T-1 : inverter 4	0.03	0.206	0.08	1	150	0.0062	0.0024
5	T-1 : inverter 5	0.06	0.206	0.08	1	150	0.012	0.0048
6	T-1 : inverter 6	0.07	0.206	0.08	1	150	0.014	0.0056
7	T-1 : inverter 7	0.08	0.206	0.08	1	150	0.016	0.0064
8	T-1 : inverter 8	0.09	0.206	0.08	1	150	0.018	0.0072
9	T-1 : inverter 9	0.1	0.206	0.08	1	150	0.021	0.008
10	T-1 : inverter 10	0.11	0.206	0.08	1	150	0.023	0.0088

Tabela 11. Proračunate vrednosti otpora 0,4 kV kablova

Ukupne vrednosti aktivne i reaktivne komponente impedanse kratkog spoja iznosiće:

$$R_{LTst1} = R''_m + R''_{T-1} + R''_{lT1-inv6} + R''_{lT1-RP10kV}$$

$$R_{LTst1} = 0,027\Omega$$

$$X_{LTst1} = X''_m + X''_{T-1} + X''_{lT1-inv6} + X''_{lT1-RP10kV}$$

$$X_{LTst1} = 0,019\Omega$$

Vrednost impedanse kratkog spoja na 0.4 kV strani u TS na T-1 iznosi:

$$Z_{LTst1} = \sqrt{0.027^2 + 0.019^2} = 0,033\Omega$$

Vrednost struje trolnog kratkog spoja za kvar na 0.4 kV strani u TS na T-1 računa se iz sledećeg izraza:

$$I''_{kTst1} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{LTst1}}$$

gde je:

c-naponski fakzor, i za naponski nivo 0,4 kV iznosi 1

$$I''_{kTst1} = 7.02\text{ kA}$$

Udarna struja kratkog spoja iznosi:

$$I_{Kud} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I''_k = 1,42 \cdot \sqrt{2} \cdot 7,02 = 14.06\text{ kA}$$

Termička ekvivalentna struja kratkog spoja iznosi:

$$I_{th} = I''_k \cdot \sqrt{m + n} = 7.02\text{ kA}$$

4.6.2.4 Proračun uzemljivača objekta TS

Uzemljivač objekta se sastoji od temeljnog uzemljivača TS 10/0.4 kV „Lovopromet 2“ koje je planirano da se uradi pocinkovanom trakom FeZn 4x25 mm² koja se polaže u temelj objekta. Takođe, zbog male površine koju zauzima objekat planirano je formiranje još jednog prstena oko objekta, kao i povezivanje na uzemljenje MSE „Lovopromet 2“.

Otpor temeljnog uzemljivača računa se prema obrascu:

$$R_t = \frac{0,44 \cdot \rho}{\sqrt{S}}$$

gde je:

R- otpor rasprostiranja temeljnog uzemljivača;

ρ- specifična električna otpornost tla (100Ωm);

S- površina koju zauzima objekat (plus prsten).

Na osnovu svega navedenog otpornost temeljnog uzemljivača TS 10/0,4 kV „Lovopromet 2“ iznosiće:

$$R_t = \frac{0,44 \cdot 100}{\sqrt{74}} = 5.1 \Omega$$

Napomena: Otpornost uzemljivača biće znatno manja nakon formiranja združenog uzemljivača MSE „Lovopromet 3“, TS 10/0,4 kV „Lovopromet 3“ i RP 10 kV „Lovopromet 3“.

4.7. GRAFIČKA DOKUMENTACIJA

Granice projekta:

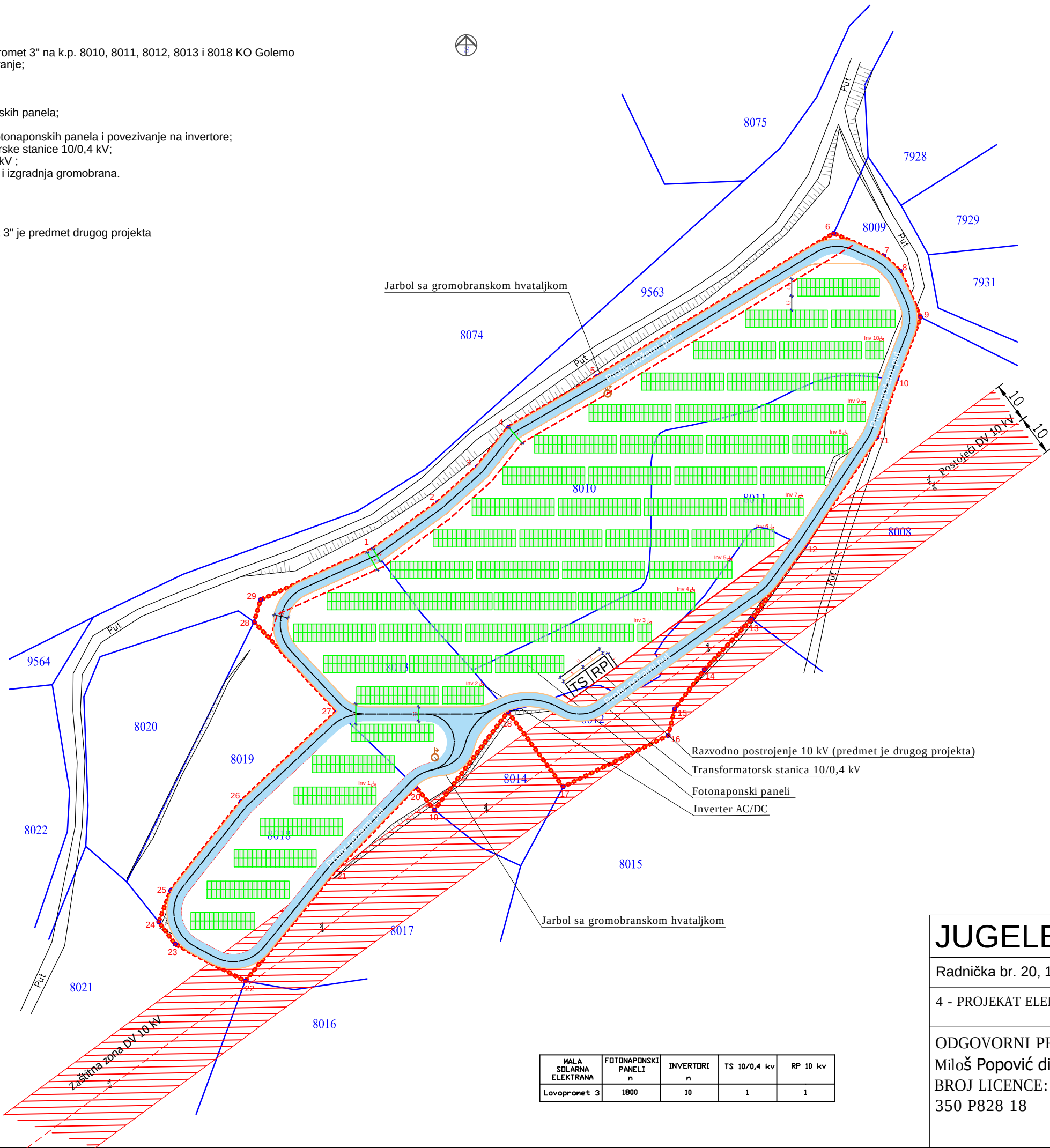
- Izgradnja MSE "Lovopromet 3" na k.p. 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlase, Vranje;

Radovi:

- postavljanje fotonaponskih panela;
- postavljanje invertora;
- formiranje nizova od fotonaponskih panela i povezivanje na invertore;
- izgradnja transformatorske stanice 10/0,4 kV;
- polaganje kablova 0.4 kV ;
- formiranje uzemljivača i izgradnja gromobrana.

Napomena:

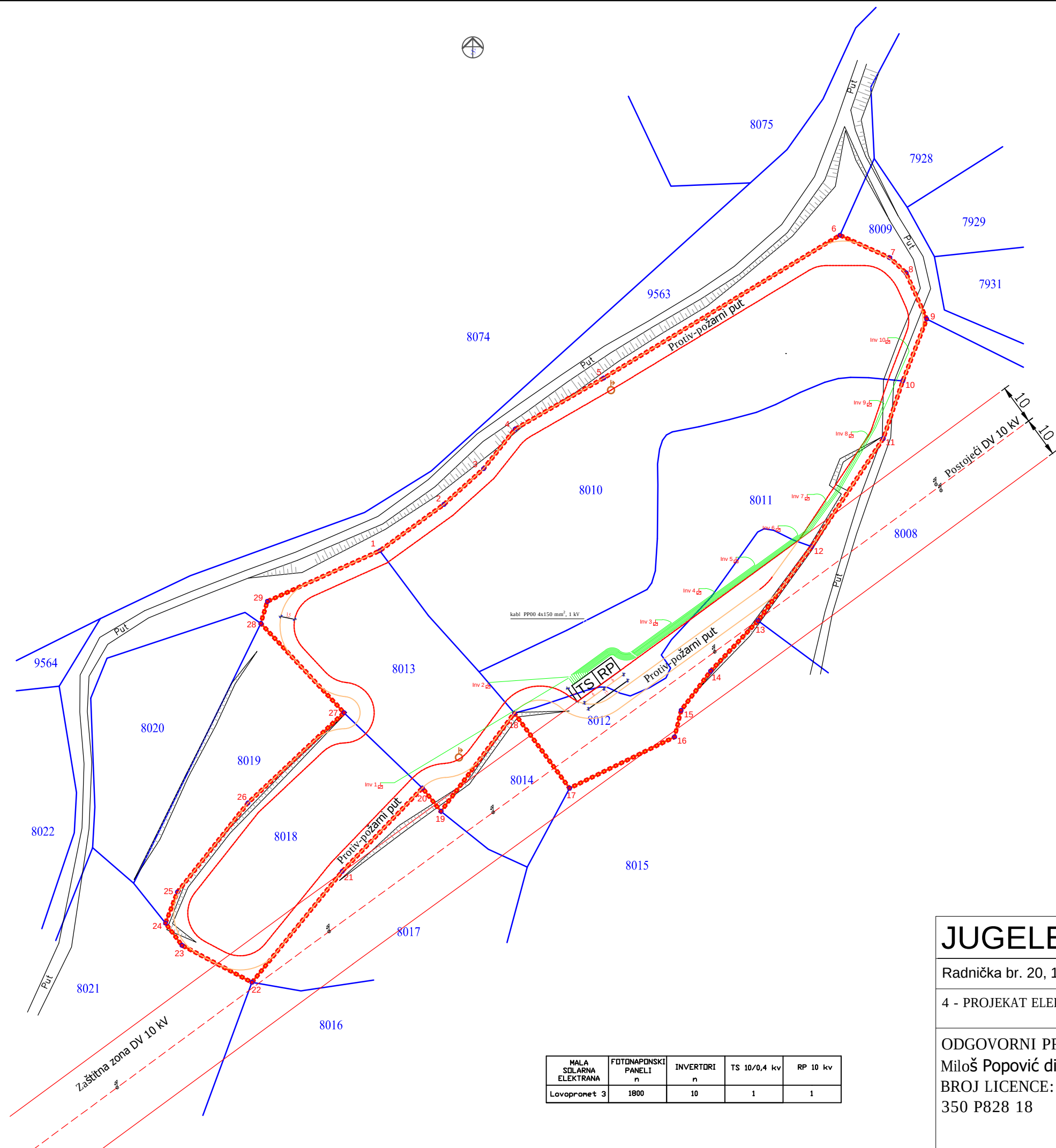
- RP 10 kV "Lovopromet 3" je predmet drugog projekta



LEGENDA:	
	Katastarsko stanje
	Faktičko stanje
	Regulaciona linija
	Građevinska linija
	10 kV vod (postojeći)
	0.4 kV vod (budući)
	Gabariti planirane TS 10/0,4 kV i RP 10 kV
	Postojeći 10kV stub
	Fotonaponski panel
	Invertori
	Jarbol sa gromobranskom hvataljkom
	Zaštitna zona DV 10 kV

JUGELEKTRO		Investitor: Lovo promet doo	
Radnička br. 20, 17501 Vranje		Objekat: MSE "Lovopromet 3", snage 999 kW, na k.p. br. 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlase	
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE		Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Jun, 2024.
ODGOVORNI PROJEKTANT: Miloš Popović dipl.inž.el.		Naziv crteža: MSE "Lovopromet 3"- dispozicija	
BROJ LICENCE: 350 P828 18		Razmera: N/A	Crtež br.: List br.
			E.2 2

MALA SOLARNA ELEKTRANA	FOTONAPONSKI PANELI	INVERTORI	TS 10/0,4 kV	RP 10 kV
Lovapromet 3	1800	10	1	1



LEGENDA:

- Katastarsko stanje
- Faktičko stanje
- Regulaciona linija
- Građevinska linija
- 10 kV vod (postojeći)
- 0,4 kV vod (budući)
- Gabariti planirane TS 10/0,4 kV i RP 10 kV
- Postojeći 10kV stub
- Fotonaponski panel
- Invertori
- Jarbol sa gromobranskom hvataljkom
- Zaštitna zona DV 10 kV

MALA SOLARNA ELEKTRANA	FOTONAPONSKI PANELI	INVERTORI	TS 10/0,4 kv	RP 10 kv
Lavopromet 3	1800	10	1	1

JUGELEKTRO

Radnička br. 20, 17501 Vranje

4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE

ODGOVORNI PROJEKTANT:

Miloš Popović dipl.inž.el.

BROJ LICENCE:

350 P828 18

Investitor:

Lovo promet doo

Objekat:

MSE "Lovopromet 3", snage 999 kW, na k.p. br. 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlasce

Ozn.tehn.dok:

IDR

Datum:

Jun, 2024.

Naziv crteža:

MSE "Lovopromet 3"- trasa kablova

Razmera:

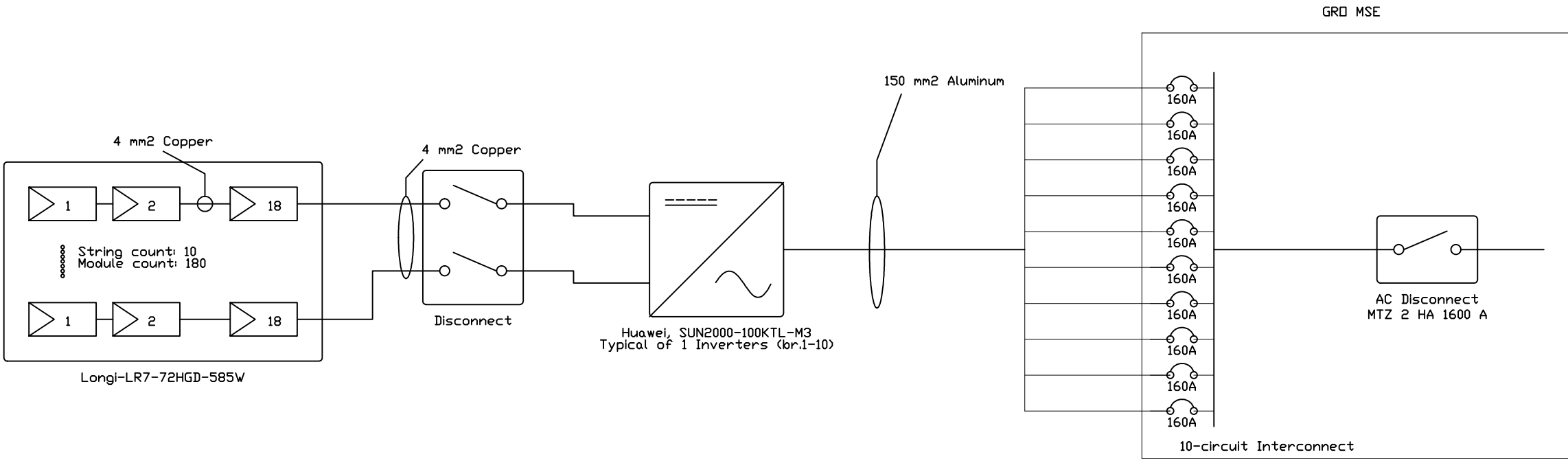
N/A

Crtež br.:

E.3

List br.:

3



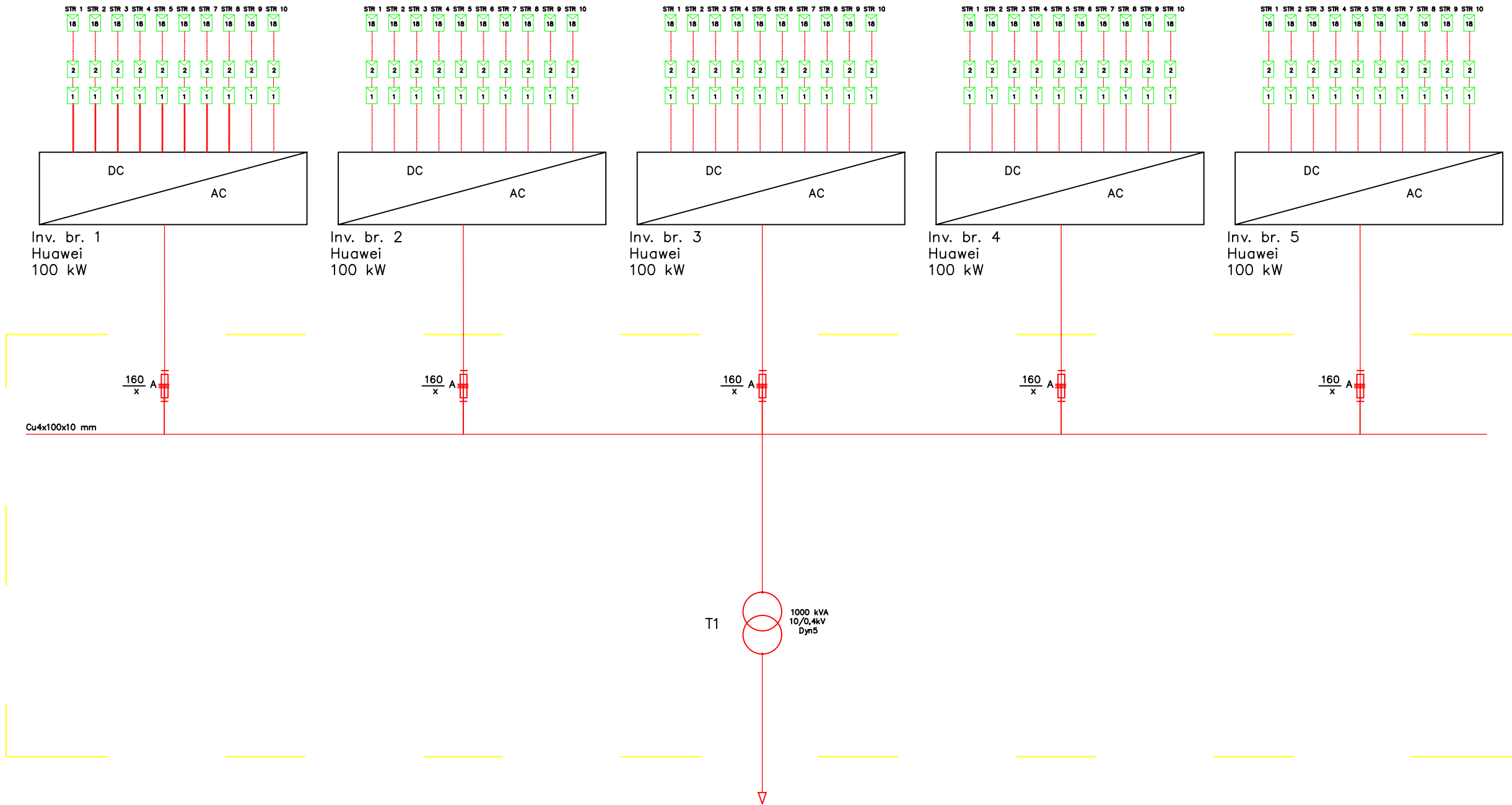
Module Specifications	
1800 x Longi, LR7-72HGD	
STC Rating	585 W
Vmp	43.79 V
Imp	13.36 A
Voc	51.89 V
Isc	14.25 A

Inverter Specifications	
10x Huawei, Sun2000-100KTL-M3	
Max AC Power Rating	100 kW
Max Input Voltage	1,100 V
Min AC Power Rating	0 W
Min Input Voltage	580 V

Wire Schedule		
Tier	Wire	Length
AC Branch	10x 150 mm²	1000 m
String	100x 4 mm²	5000 m

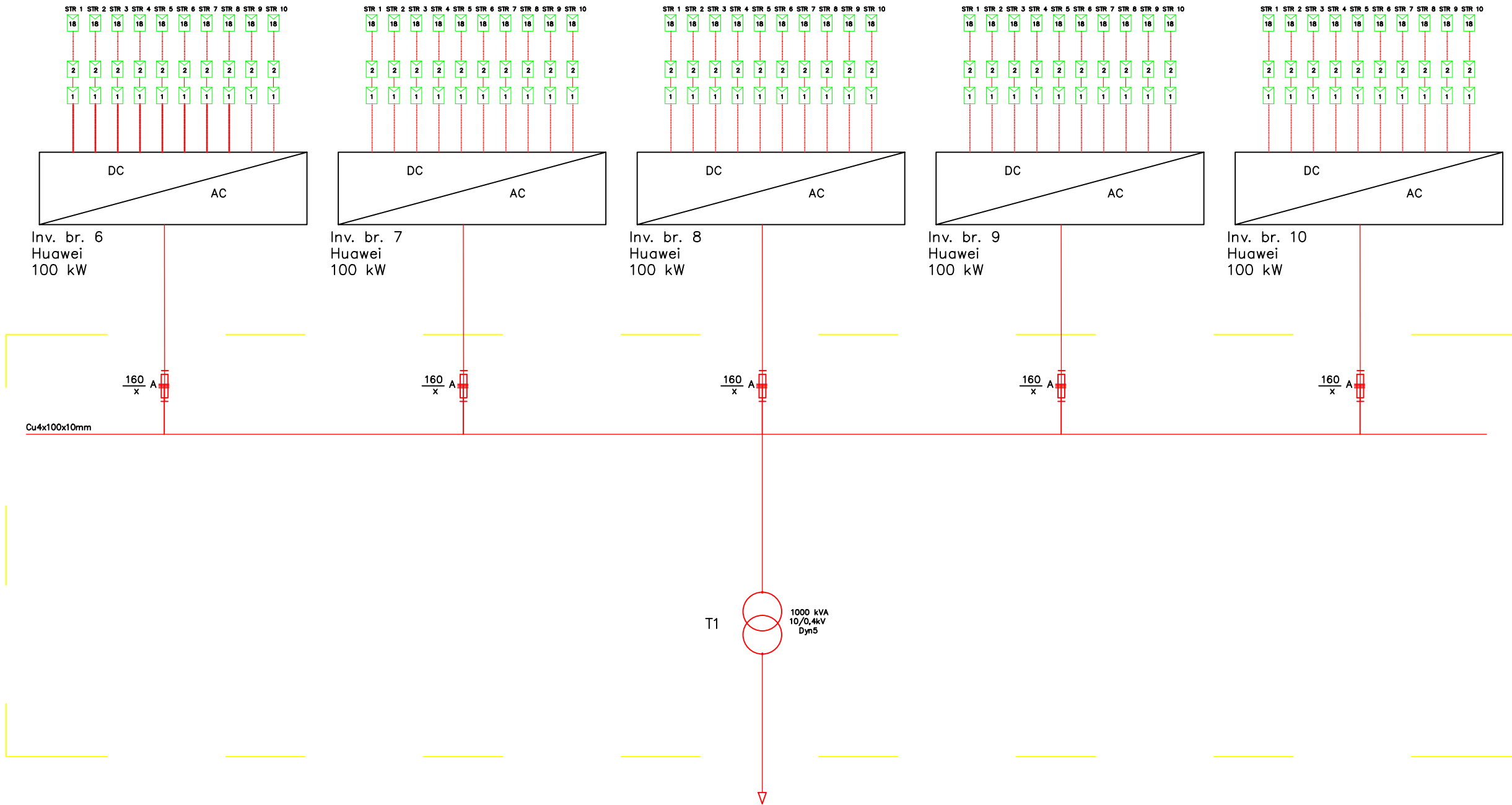
JUGELEKTRO		Investitor: Lovo promet doo	
Radnička br. 20, 17501 Vranje		Objekat: MSE "Lovopromet 3", snage 999 kW, kp br. 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlase	
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE			
Miloš Popović dipl.inž.el. BROJ LICENCE: 350 P828 18		Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Jun, 2024.
		Naziv crteža: MSE "Lovopromet 3"- jednopolna šema	
		Razmera: N/A	Crtež br.: List br.
		E.4 4	

TS
"Lovopromet 3"
10/0.4 kV

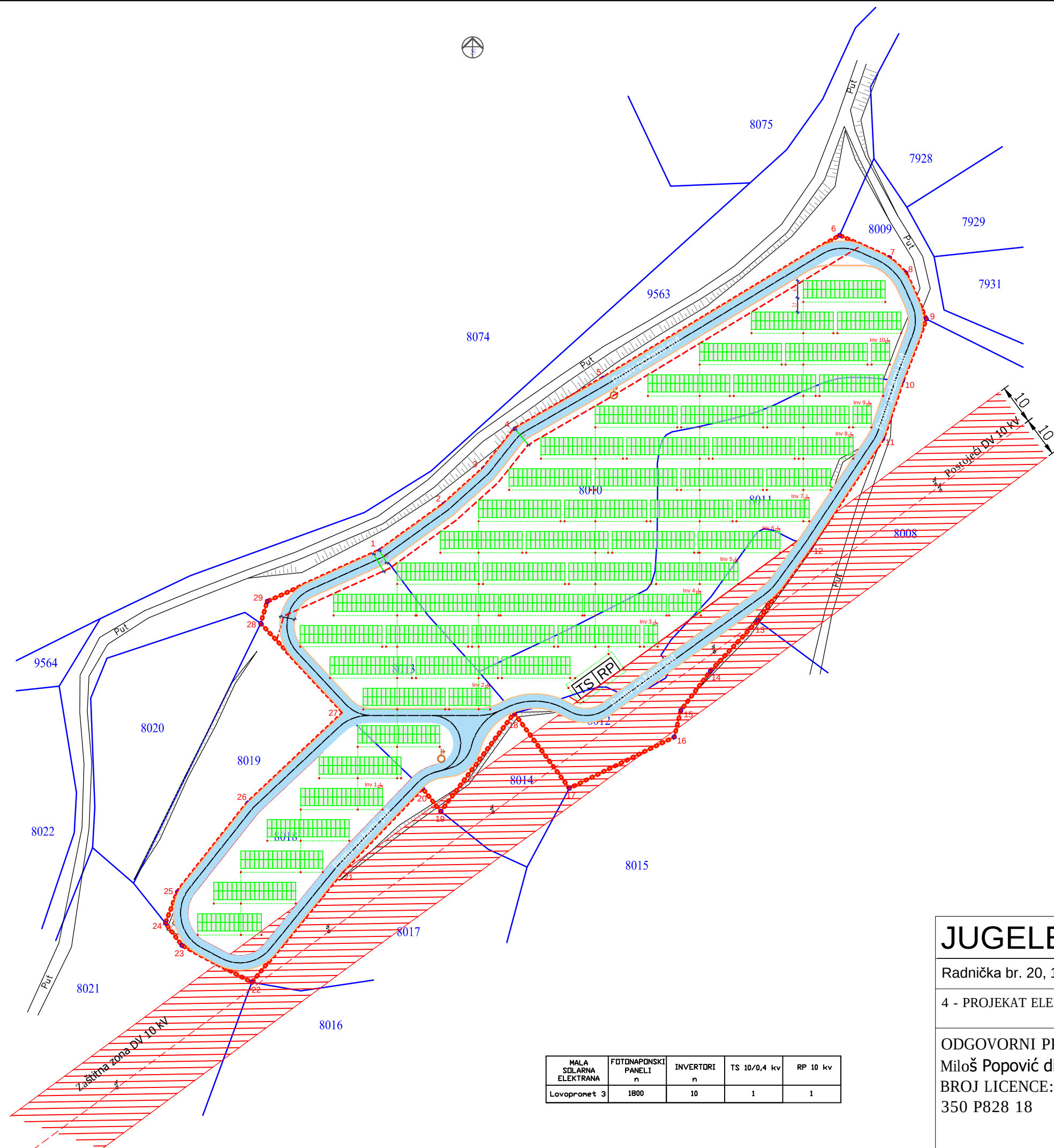


JUGELEKTRO		Investitor: Lovo promet doo	
Radnička br. 20, 17501 Vranje		Objekat: MSE "Lovopromet 3", snage 999 kW, kp br. 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlase	
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE			
Miloš Popović dipl.inž.el. BROJ LICENCE: 350 P828 18		Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Jun, 2024.
		Naziv crteža: MSE "Lovopromet 3"- jednopolna šema MSE-TS (1)	
		Razmera: N/A	Crtež br.: List br.

TS
"Lovopromet 3"
10/0.4 kV



JUGELEKTRO		Investitor: Lovo promet doo	
Radnička br. 20, 17501 Vranje		Objekat: MSE "Lovopromet 3", snage 999 kW, kp br. 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlase	
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE			
Miloš Popović dipl.inž.el. BROJ LICENCE: 350 P828 18		Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Jun, 2024.
		Naziv crteža: MSE "Lovopromet 3"- jednopolna šema MSE-TS (2)	
		Razmera: N/A	Crtež br.: List br.



LEGENDA:	
	Katastarsko stanje
	Faktičko stanje
	Regulaciona linija
	Građevinska linija
	10 kV vod (postojeći)
	0,4 kV vod (budući)
	Gabariti planirane TS 10/0,4 kV i RP 10 kV
	Postojeći 10kV stub
	Fotonaponski panel
	Invertori
	Jarbol sa gromobranskom hvataljkom
	Zaštitna zona DV 10 kV
	Pocinkovana traka 4x25 mm ²
	Ukrсни komad traka-traka, SRPS N.B4.936

JUGELEKTRO

Radnička br. 20, 17501 Vranje

4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE

ODGOVORNI PROJEKTANT:

Miloš Popović dipl.inž.el.

BROJ LICENCE:

350 P828 18

Investitor:
Lovo promet doo

Objekat:
MSE "Lovopromet 3", snage 999 kW,
na k.p. br. 8010, 8011, 8012, 8013 i
8018 KO Golemo Selo, opština Vlasce

Ozn.tehn.dok:
IDR

Datum:
Jun, 2024.

Naziv crteža:
MSE "Lovopromet 3"- uzemljenje

Razmera:
N/A

Crtež br.:	E.7
List br.	7

MALA SOLARNA ELEKTRANA	FOTONAPONSKI PANELI	INVERTORI	TS 10/0,4 kv	RP 10 kv
Lovopromet 3	1800	10	1	1

+9.50

Adapter Ø88,9/Ø48,0

8 m

Temelj

1.7 m

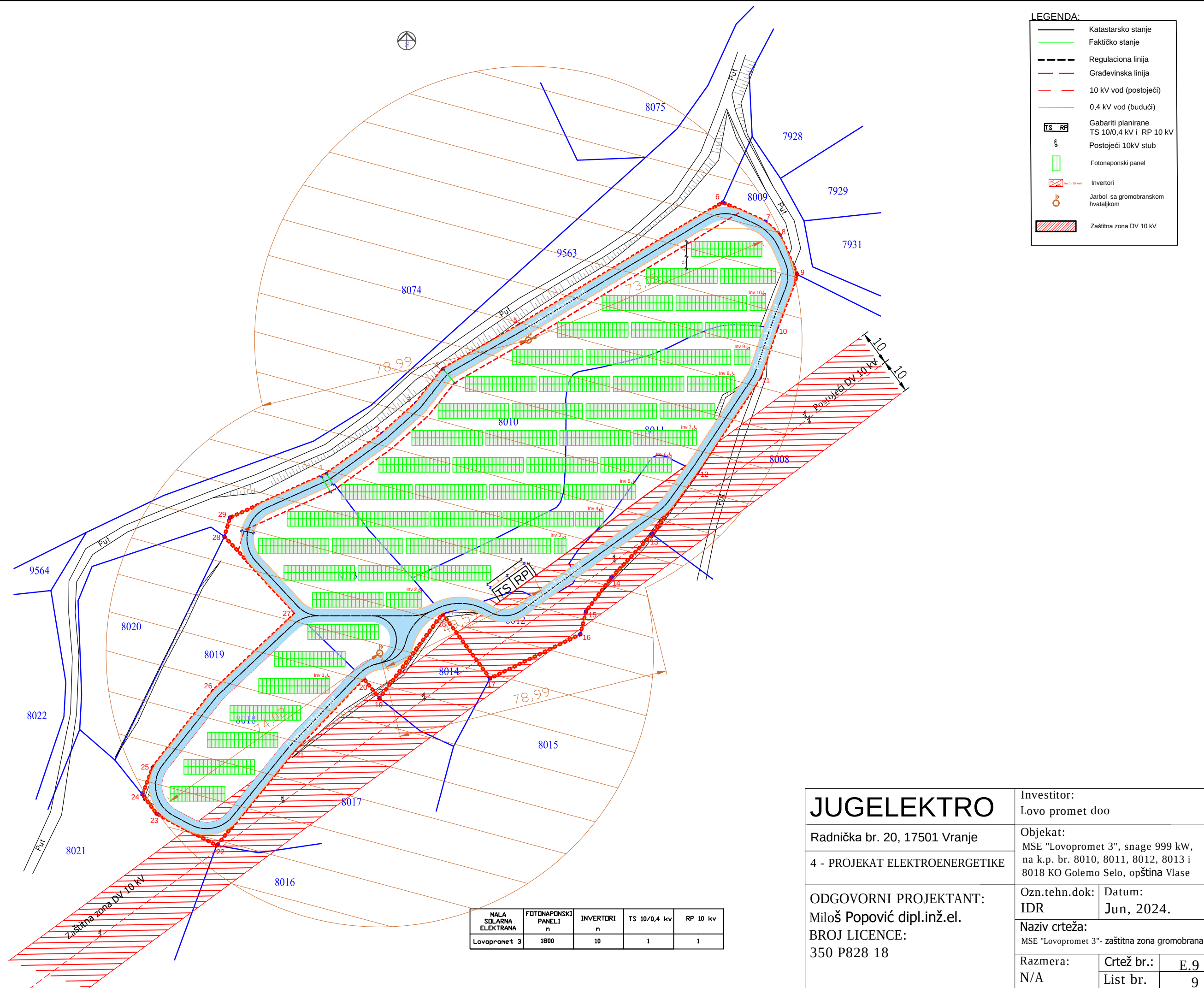
145

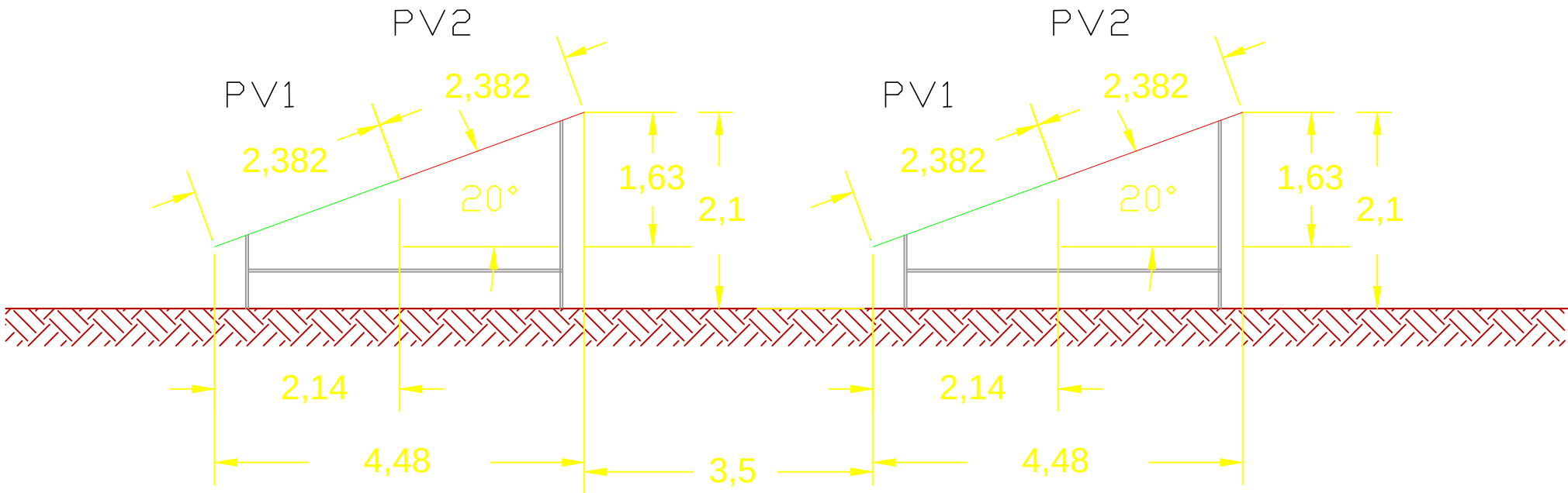
±0,00

7

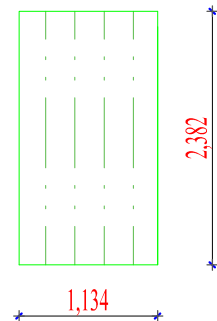
0.2 m

JUGELEKTRO		Investitor: Lovo promet doo	
Radnička br. 20, 17501 Vranje		Objekat: MSE "Lovopromet 3", snage 999 kW, kp br. 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlase	
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE		Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Jun, 2024.
Miloš Popović dipl.inž.el. BROJ LICENCE: 350 P828 18		Naziv crteža: MSE "Lovopromet 3"- jarbol sa gromobr. hvataljkom	
		Razmera: N/A	Crtič broj: List br.
		E.8 8	

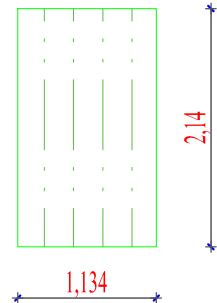




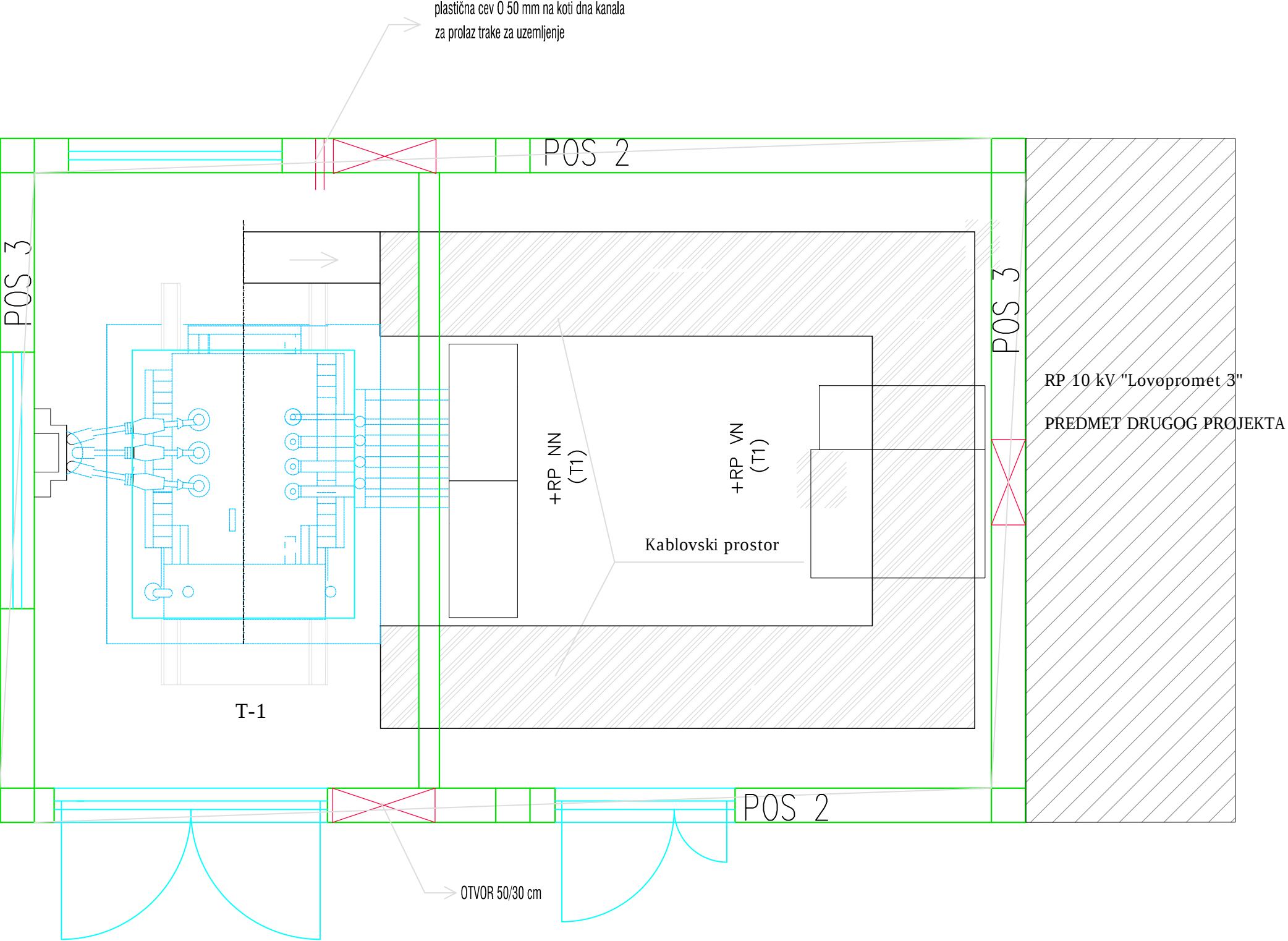
Dimenzije
PV panela



Projekcija
PV panela



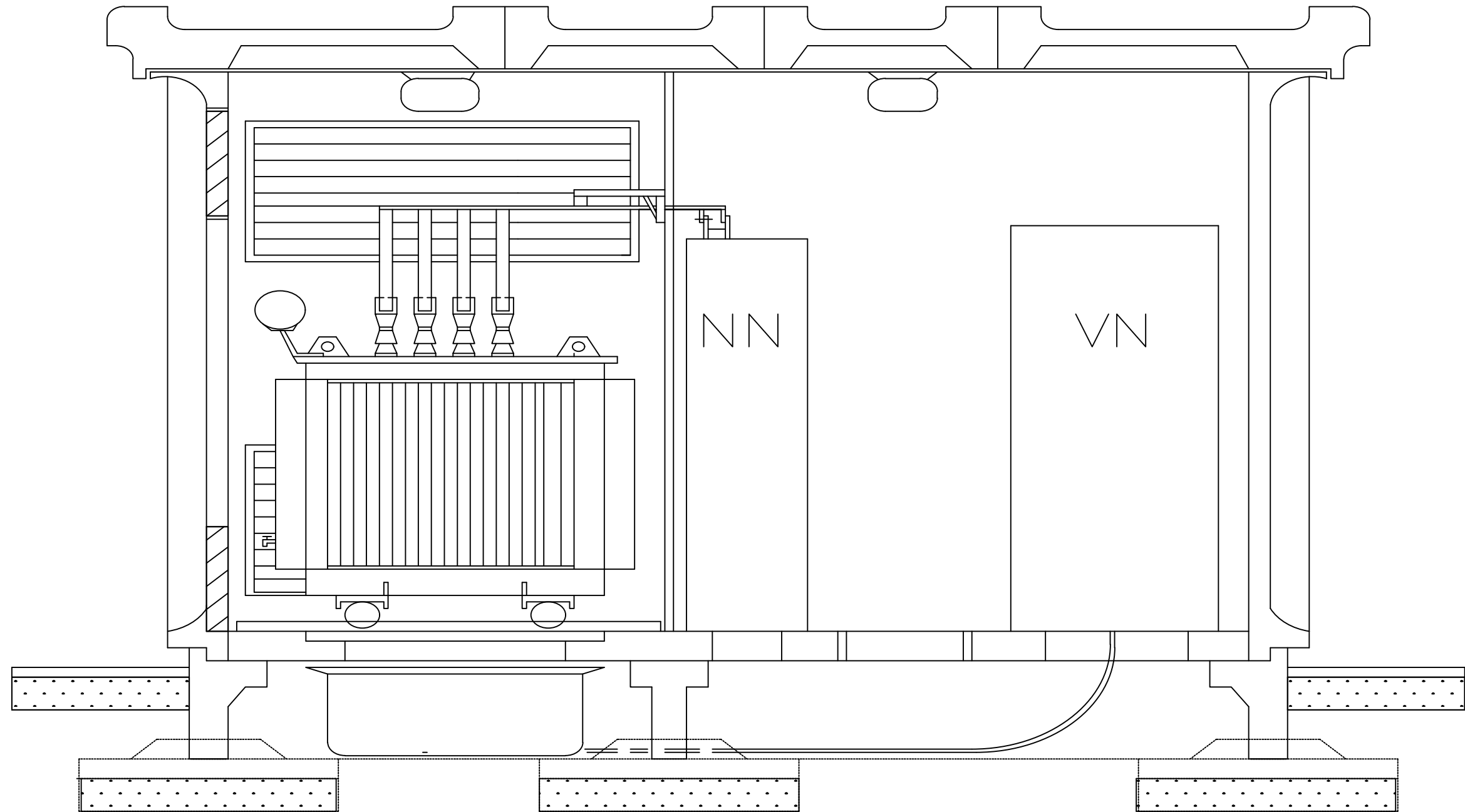
JUGELEKTRO		Investitor: Lovo promet doo	
Radnička br. 20, 17501 Vranje		Objekat: MSE "Lovopromet 3", snage 999 kW, kp br. 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlase	
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE			
Miloš Popović dipl.inž.el. BROJ LICENCE: 350 P828 18		Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Jun, 2024.
		Naziv crteža: MSE "Lovopromet 3"-projekcija PV panela	
		Razmera: N/A	Crtež br.: List br.



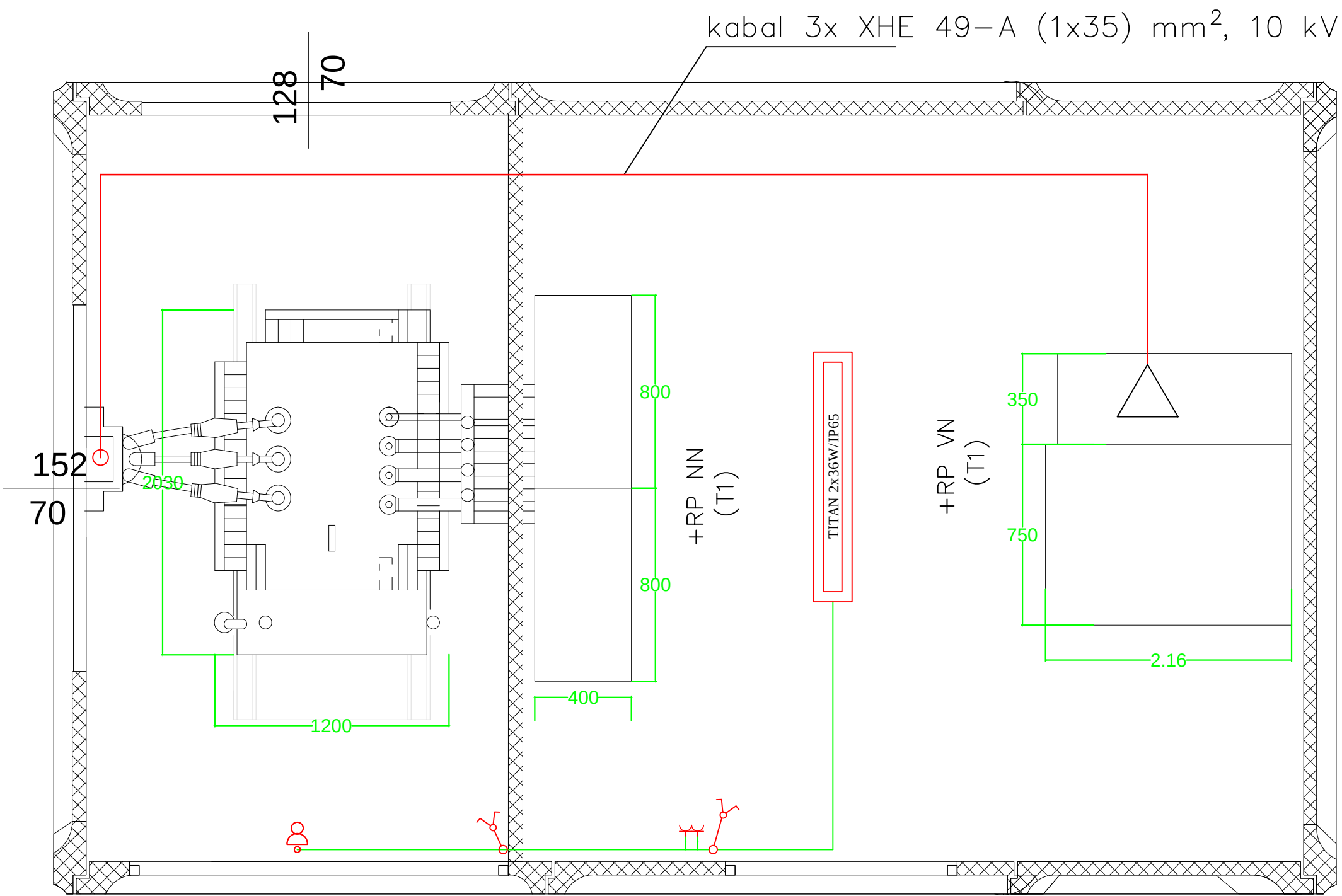
Legenda:

- T1- Energetski transformator 10/0,4 kV, snage 1000 kW
- +RP NN (T1)- Niskonaponsko razvodno postrojenje 0,4 kV
- +RP VN (T1)- Viskonaponsko razvodno postrojenje 10 kV

JUGELEKTRO Radnička br. 20, 17501 Vranje 4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE Miloš Popović dipl.inž.el. BROJ LICENCE: 350 P828 18	Investitor: Lovo promet doo	
	Objekat: MSE "Lovopromet 3", snage 999 kW, kp br. 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlase	
	Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Jun, 2024.
	Naziv crteža: MSE "Lovopromet 3"- osnova TS	
Razmera: N/A	Crtež br.:	E.11
	List br.	11



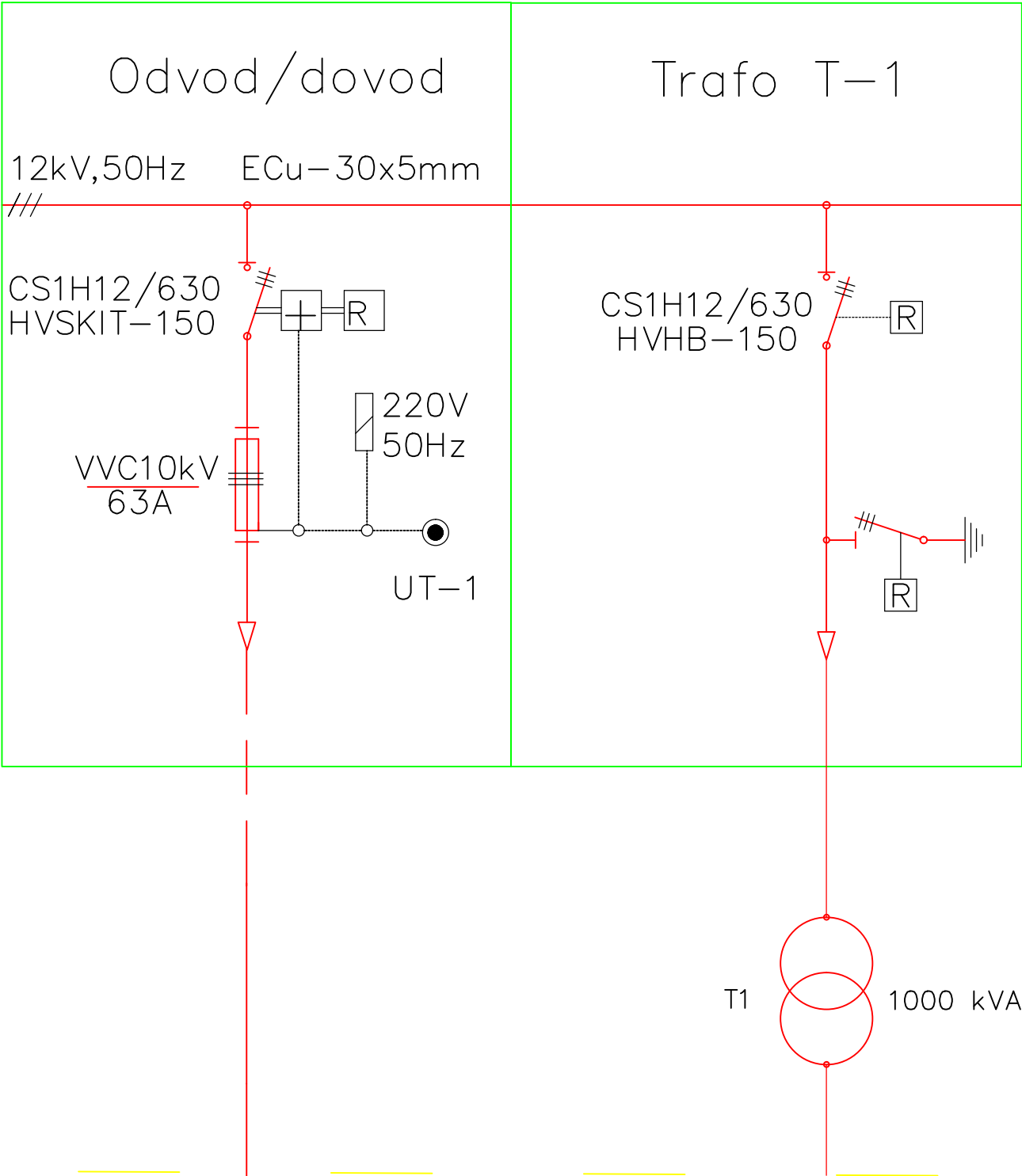
JUGELEKTRO		Investitor: Lovo promet doo	
Radnička br. 20, 17501 Vranje		Objekat: MSE "Lovopromet 3", snage 999 kW, kp br. 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlase	
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE		Ozn.tehn.dok: Datum: IDR Jun, 2024.	
Miloš Popović dipl.inž.el. BROJ LICENCE: 350 P828 18		Naziv crteža: MSE "Lovopromet 3"- poprečni presek TS	
Razmera: N/A		Crtež br.: List br.	E.12 12



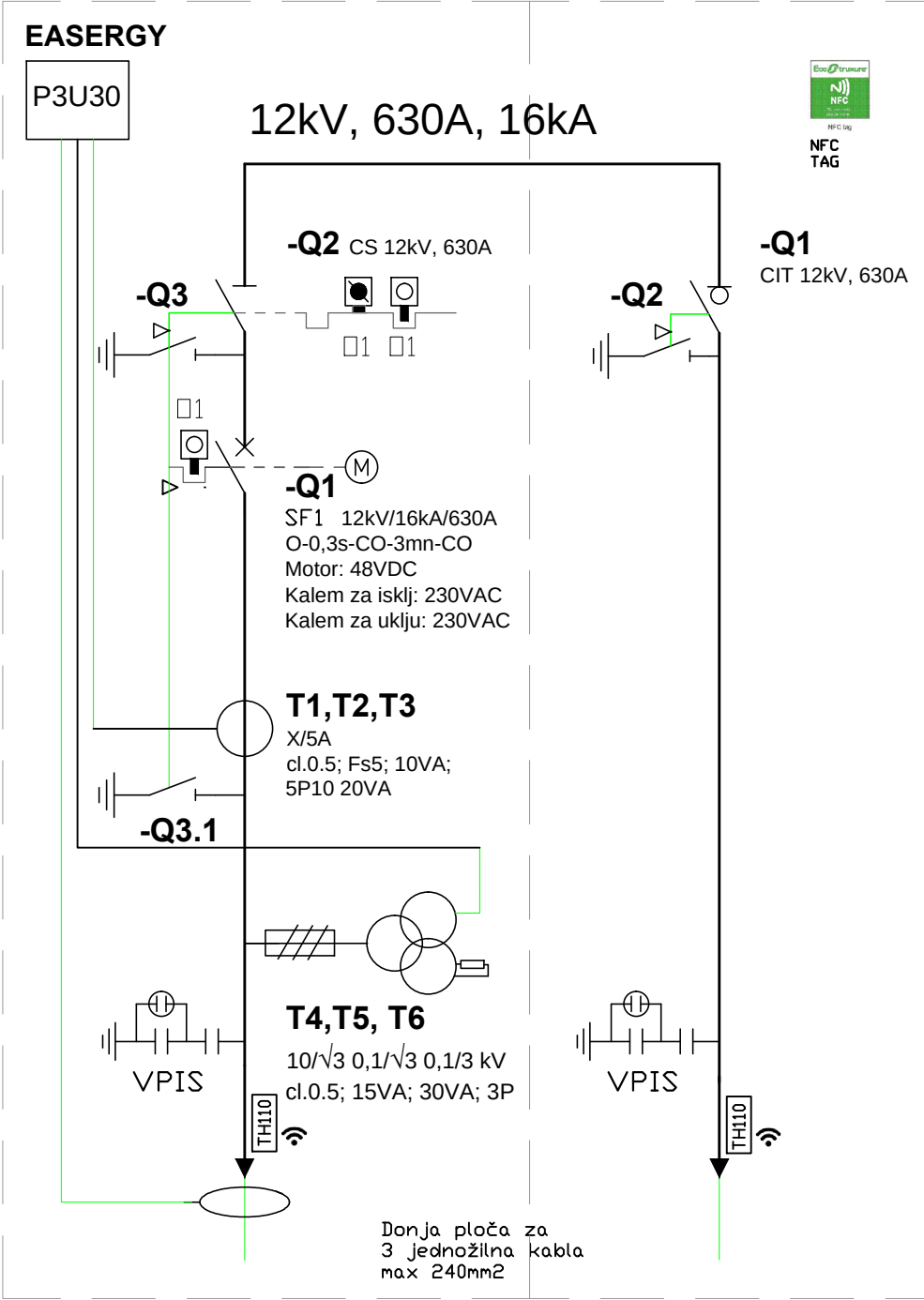
- Legenda:
- Monofazna utičnica
 - Prekidač dvopolni
 - Svetiljka 100 W
 - Svetiljka fluo 2x36W

JUGELEKTRO		Investitor: Lovo promet doo	
Radnička br. 20, 17501 Vranje		Objekat: MSE "Lovopromet 3", snage 999 kW, kp br. 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlase	
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE		Ozn.tehn.dok: Datum: IDR Jun, 2024.	
Miloš Popović dipl.inž.el. BROJ LICENCE: 350 P828 18		Naziv crteža: MSE "Lovopromet 3"- elektro instalacije TS	
Razmera: N/A		Crtež br.:	E.13
		List br.	13

TS 10/0.4 kV "Lovopromet 3"

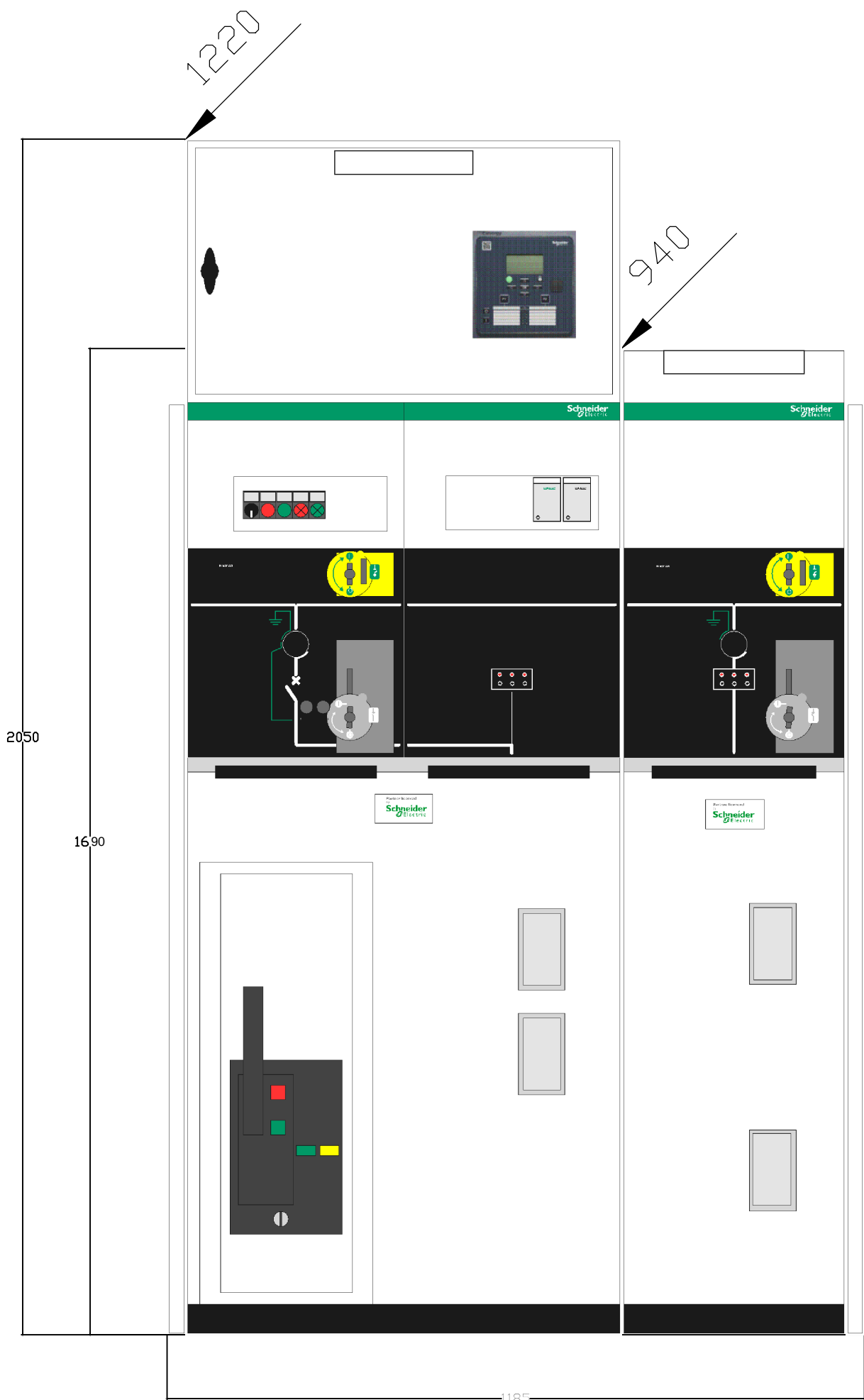


JUGELEKTRO Radnička br. 20, 17501 Vranje 4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE Miloš Popović dipl.inž.el. BROJ LICENCE: 350 P828 18	Investitor: Lovo promet doo	
	Objekat: MSE "Lovopromet 3", snage 999 kW, kp br. 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlase	
	Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Jun, 2024.
	Naziv crteža: MSE "Lovopromet 3"- jednopolna šema VN u TS	
Razmera: N/A	Crtež br.:	E.14
	List br.	14



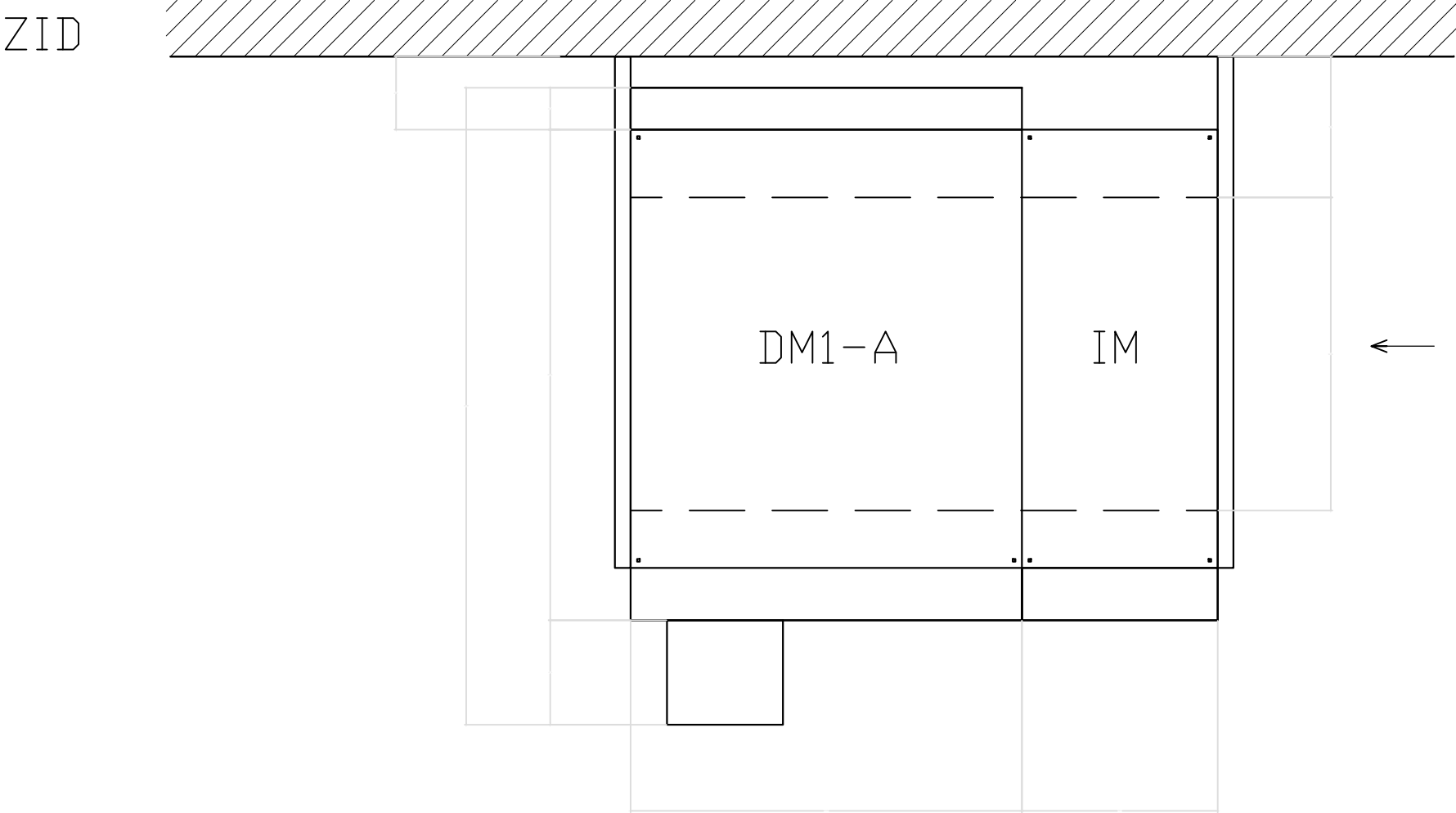
3	4
DM1-A	IM
Vodna ćelija	Vodna ćelija
Easergy P3U30	-

JUGELEKTRO Radnička br. 20, 17501 Vranje 4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE Miloš Popović dipl.inž.el. BROJ LICENCE: 350 P828 18	Investitor: Lovo promet doo	
	Objekat: MSE "Lovopromet 3", snage 999 kW, kp br. 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlase	
	Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Jun, 2024.
	Naziv crteža: MSE "Lovopromet 3"- RP 10 kV u TS	
Razmera: N/A	Crtež br.:	E.15
	List br.	15



Nominalni napon opreme: 12 kV
Radni napon: 10 kV
Unutrašnji luk: 12.5 kA / 1 sec, A-FL
Termička podnosiva struja kA/1sec: 16 kA / 1 sec
Frekvencija: 50 Hz
Izolacioni nivo: 28 kVrms / 1min; 75 kVrms / peak
Nominalna struja sabirnica: 630 A
Tip postrojenja: SM6 - IM + DM1-A(CT, VT, P3U30)

JUGELEKTRO		Investitor: Lovo promet doo	
Radnička br. 20, 17501 Vranje		Objekat: MSE "Lovopromet 3", snage 999 kW, kp br. 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlase	
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE		Ozn.tehn.dok: Datum: IDR Jun, 2024.	
Miloš Popović dipl.inž.el. BROJ LICENCE: 350 P828 18		Naziv crteža: MSE "Lovopromet 3"- prednji izgled RP 10 kV	
Razmera: N/A		Crtež br.:	E.16
		List br.	16



JUGELEKTRO	Investitor: Lovo promet doo		
Radnička br. 20, 17501 Vranje	Objekat: MSE "Lovopromet 3", snage 999 kW, kp br. 8010, 8011, 8012, 8013 i 8018 KO Golemo Selo, opština Vlase		
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE			
Miloš Popović dipl.inž.el. BROJ LICENCE: 350 P828 18	Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Jun, 2024.	
	Naziv crteža: MSE "Lovopromet 3"- osnova RP 10 kV u TS		
	Razmera: N/A	Crtež br.:	E.17
		List br.	17

4.8. PRILOG

Hi-MO 7

LR7-72HGD 585~620M

- High-performance PV modules for utility power plants
- Advanced HPDC cell technology delivers superior module efficiency and power
- High bifaciality and excellent power temperature coefficient achieves high energy yield
- LONGi lifecycle quality ensures long-term performance

12

12-year Warranty for
Materials and Processing

30

30-year Warranty for Extra
Linear Power Output

Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730

ISO9001:2015: ISO Quality Management System

ISO14001: 2015: ISO Environment Management System

ISO45001: 2018: Occupational Health and Safety

IEC62941: Guideline for module design qualification and type approval

LONGi



23.0%
MAX MODULE
EFFICIENCY

0~3%
POWER
TOLERANCE

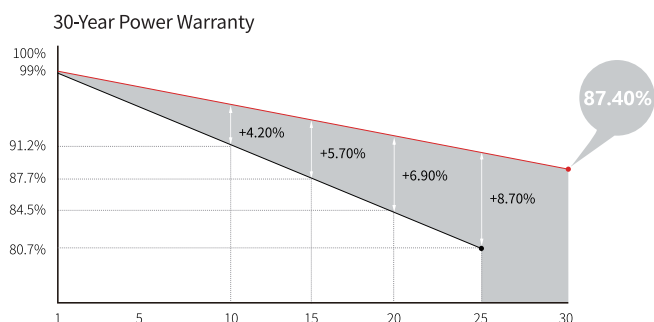
<1%
FIRST YEAR
POWER DEGRADATION

0.4%
YEAR 2-30
POWER DEGRADATION

HALF-CELL

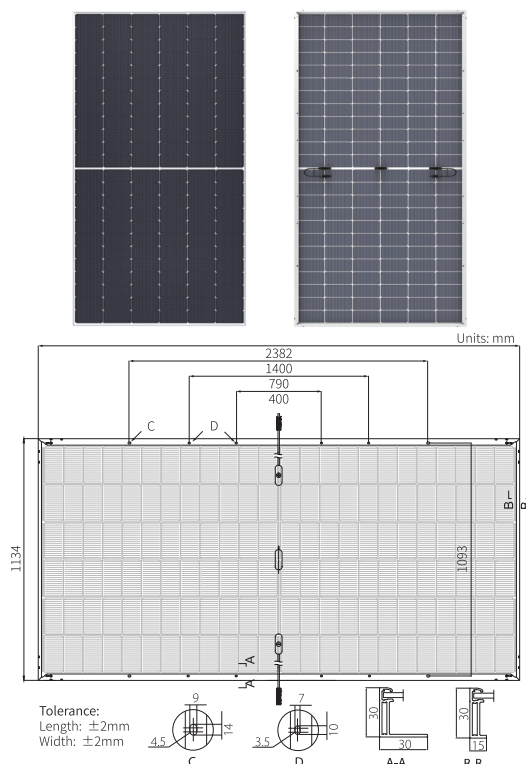
Lower operating temperature

Additional Value



Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm², +400, -200mm/±1400mm length can be customized
Glass	Dual glass, 2.0+2.0mm semi-tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	33.5kg
Dimension	2382×1134×30mm
Packaging	36pcs per pallet / 180pcs per 20' GP / 720pcs per 40' HC



Electrical Characteristics

STC : AM1.5 1000W/m² 25°C

NOCT: AM1.5 800W/m² 20°C 1m/s

Test uncertainty for Pmax: $\pm 3\%$

Module Type	LR7-72HGD-585M		LR7-72HGD-590M		LR7-72HGD-595M		LR7-72HGD-600M		LR7-72HGD-605M		LR7-72HGD-610M		LR7-72HGD-615M		LR7-72HGD-620M	
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	585	445.3	590	449.1	595	452.9	600	456.7	605	460.6	610	464.4	615	468.2	620	472.0
Open Circuit Voltage (Voc/V)	51.89	49.32	52.00	49.42	52.11	49.53	52.22	49.63	52.33	49.73	52.44	49.84	52.55	49.94	52.66	50.05
Short Circuit Current (Isc/A)	14.25	11.45	14.33	11.51	14.41	11.58	14.49	11.64	14.57	11.70	14.65	11.76	14.73	11.83	14.81	11.90
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	43.79	41.62	43.90	41.72	44.01	41.83	44.12	41.93	44.23	42.03	44.34	42.14	44.44	42.23	44.55	42.34
Current at Maximum Power (Imp/A)	13.36	10.70	13.44	10.77	13.52	10.83	13.60	10.89	13.68	10.96	13.76	11.03	13.84	11.09	13.92	11.15
Module Efficiency(%)	21.7		21.8		22.0		22.2		22.4		22.6		22.8		23.0	

Electrical characteristics with different rear side power gain (reference to 605W front)

Pmax /W	Voc/V	Isc /A	Vmp/V	Imp /A	Pmax gain
635	52.33	15.30	44.23	14.36	5%
666	52.33	16.03	44.23	15.05	10%
696	52.43	16.76	44.33	15.73	15%
726	52.43	17.49	44.33	16.41	20%
756	52.43	18.22	44.33	17.10	25%

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ 3%
Voc and Isc Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	30A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Bifaciality	80±5%
Fire Rating	UL type 29 IEC Class C

Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.045%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.230%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.280%/°C

SUN2000-100KTL-M2

Smart PV Controller



10
MPP Trackers



98.8% (@480V)
Max. Efficiency



String-level
Management



Smart I-V Curve Diagnosis
Supported



MBUS
Supported



Support AFCI &
Smart String Level
Disconnect



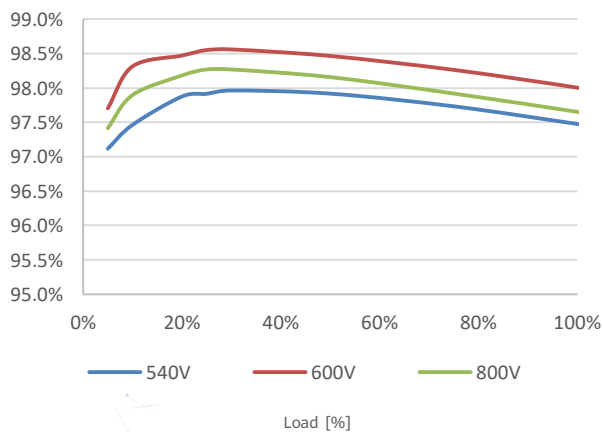
Surge Arresters for
DC & AC



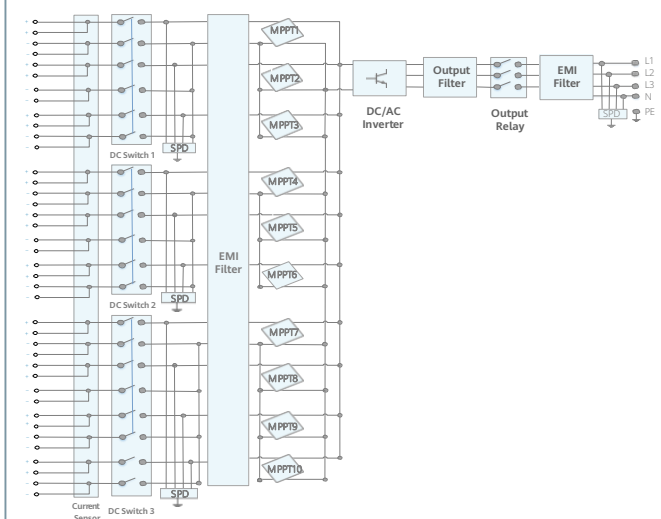
IP66
Protection

Efficiency Curve

SUN2000-100KTL-M2 @400 V



Circuit Diagram



Technical Specification	SUN2000-100KTL-M2
-------------------------	-------------------

Efficiency	
Max. efficiency	98.6% @ 400 V, 98.8% @ 480 V
European efficiency	98.4% @ 400 V, 98.6% @ 480 V

Input	
Max. Input Voltage ¹	1,100 V
Max. Current per MPPT	30 A
Max. Current per Input ³	20 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V ~ 1,000 V
Nominal Input Voltage	600 V @ 400 Vac, 720 V @ 480 Vac
Number of MPP trackers	10
Max. input number per MPP tracker	2

Output	
Nominal AC Active Power	100,000 W
Max. AC Apparent Power	110,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	110,000 W
Nominal Output Voltage	380 V/ 400 V/ 480 V, 3W+(N)+PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	144.4 A @ 400 V, 120.3 A @ 480 V
Max. Output Current	160.4 A @ 400 V, 133.7 A @ 480 V
Adjustable Power Factor Range	0.8 leading... 0.8 lagging
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%

Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Arc Fault Protection	Yes
Smart String Level Disconnecter	Yes

Communication	
Display	LED indicators; WLAN adaptor + FusionSolar APP
RS485	Yes
USB	Yes
Smart Dongle-4G	Smart Dongle – 4G / WLAN (Optional)
Monitoring BUS (MBUS)	Yes (isolation transformer required)

General Data	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm
Weight (with mounting plate)	93 kg
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Amphenol Helios H4
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	< 3.5 W

Standard Compliance (more available upon request)	
Certificate	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards	VDE-AR-N4105, EN 50549-1, EN 50549-2, RD 661, RD 1699, C10/11

*1 The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

*2 Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

*3 Single-string access.

Performance of grid-connected PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

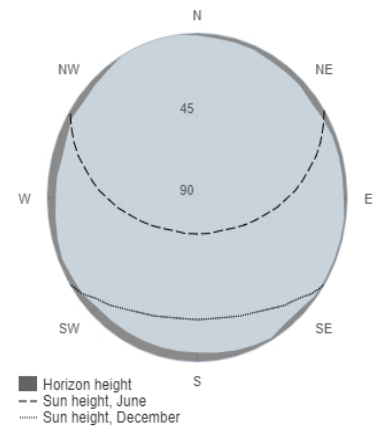
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 42.698,21.842
Horizon: Calculated
Database used: PVGIS-SARAH2
PV technology: Crystalline silicon
PV installed: 1053 kWp
System loss: 9 %

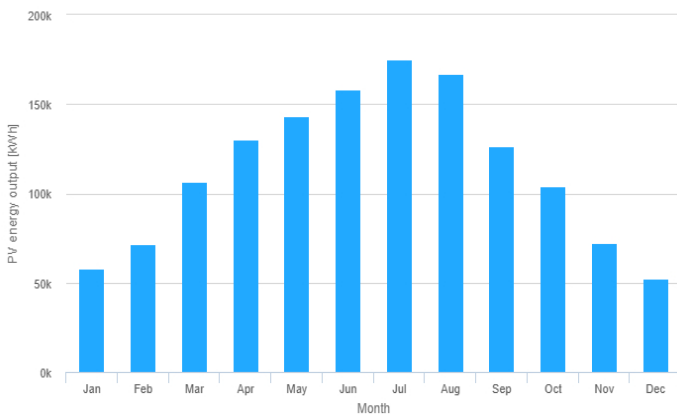
Simulation outputs

Slope angle: 20 °
Azimuth angle: 0 °
Yearly PV energy production: 1365237.12 kWh
Yearly in-plane irradiation: 1564.02 kWh/m²
Year-to-year variability: 60163.40 kWh
Changes in output due to:
Angle of incidence: -3.1 %
Spectral effects: 1.01 %
Temperature and low irradiance: -6.93 %
Total loss: -17.1 %

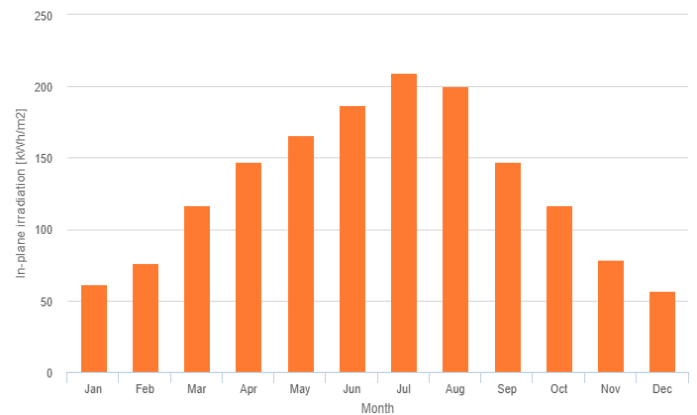
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	58140.361	12362.9	
February	71808.076	14686.4	
March	106272.216	19077.3	
April	130109.147	17670.9	
May	143195.065	11889.0	
June	158421.886	15868.2	
July	175242.209	14049.7	
August	166863.200	14294.6	
September	126756.047	14357.2	
October	103795.416	19696.5	
November	72115.478	13948.2	
December	52517.056	15612.6	

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].

H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].