

4.1. NASLOVNA STRANA DELA PROJEKTA

4-PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

Investitor: Marko Mladenović
ul. Voždova 42, Leskovac

Objekat: Mala solarna elektrana „Stupnica“, instalisane
snage 500 kW, na kat.parcelama br. 6551 i 6552
KO Stupnica, grad Leskovac

Vrsta tehničke dokumentacije: IDR-Idejno rešenje

Oznaka i naziv dela projekta: **4- projekat elektroenergetskih instalacija**

Vrsta radova: nova gradnja

Projektant: EKTA 2017
Hajduk Veljkova 20, 16000 Leskovac

Odgovorno lice projektanta: Aleksandar Janjić

Potpis:



Odgovorni projektant: Aleksandar Janjić, dipl.inž.el.
Broj licence: 350 8581 04

Potpis:



Broj dela projekta: IR-6551/24-4
Mesto i datum: Leskovac, oktobar 2024.

4.2. SADRŽAJ DELA PROJEKTA

- 4.1. Naslovna strana dela projekta
- 4.2. Sadržaj dela projekta
- 4.3. Rešenje o imenovanju odgovornog projektanta dela projekta
- 4.4. Izjava odgovornog projektanta dela projekta
- 4.5. Tekstualna dokumentacija
- 4.6. Numerička dokumentacija
- 4.7. Grafička dokumentacija

4.3. REŠENJE O IMENOVANJU ODGOVORNOG PROJEKTANTA

Na osnovu člana 128. Zakona o planiranju i izgradnji (Sl. glasnik RS", br. 72/09, 81/09-ispravka, 64/10 - US, 24/11, 121/12, 42/13 - US, 50/13 - US, 98/13 - US, 132/14, 145/14, 83/18, 31/19, 37/19 -dr. zakon, 9/20, 52/21 i 62/23) i odredbi Pravilnika o sadržini, načinu i postupku izrade i načinu vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekta, kao:

ODGOVORNI PROJEKTANT

za izradu 4-projekta elektroenergetskih instalacija koji je deo Idejnog rešenja za izgradnju male solarne elektrane „Stupnica“, instalisane snage 500 kW, na kat.parcelama br. 6551 i 6552 KO Stupnica, grad Leskovac, određuje se:

Aleksandar Janjić, dipl.inž.el.350 8581 04

Projektant: EKTA 2017
Hajduk Veljkova 20, 16000 Leskovac

Odgovorno lice/ zastupnik: Aleksandar Janjić

Potpis:



Broj dela projekta: IR-6551/24-4
Mesto i datum: Leskovac, oktobar 2024.

**4.4. IZJAVA ODGOVORNOG PROJEKTANTA PROJEKTA 4- ELEKTROENERGETSKIH
INSTALACIJA**

Odgovorni projektant projekta 4-Projekat elektroenergetskih instalacija, koji je deo Idejnog rešenja za izgradnju male solarne elektrane „Stupnica“, instalisane snage 500 kW, na kat.parcelama br. 6551 i 6552 KO Stupnica, grad Leskovac

Aleksandar Janjić, dipl.inž.el.

IZJAVLJUJEM

1. da je projekat u svemu u skladu sa izdatim uslovima imalaca javnih ovlašćenja;
2. da je projekat izrađen u skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji, propisima, standardima i normativima iz oblasti izgradnje objekata i pravilima struke;
3. 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 (IDR): Aleksandar Janjić, dipl.inž.el

Broj licence: 350 8581 04

Potpis:



Broj dela projekta: IR-6551/24-4
Mesto i datum: Leskovac, oktobar 2024.

4.5. TEKSTUALNA DOKUMENTACIJA

Tehnički opis

Tehnička dokumentacija, Idejno rešenje male solarne elektrane, u daljem tekstu MSE “Stupnica”, izrađena je za potrebe ishodovanja lokacijskih uslova za izgradnju male solarne elektrane (MSE) “Stupnica”. MSE “Stupnica” prostiraće se na katastarskim parcelama br. 6551 i 6552, na teritoriji katastarske opštine Stupnica u Leskovcu, i sastavljena je od fotonaponskih panela, invertera, transformatorske stanice 10/0,4 kV i priključnog razvodnog postrojenja 10 kV.

Namena ovog objekta je proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora energije-sunca. Proizvedena električna energija u MSE “Stupnica” biće isporučena u lokalnu distributivnu mrežu na naponski nivo 10 kV, 50 Hz, preko transformatorske stanice, razvodnog postrojenja (RP) 10 kV i priključnog voda na postojeći dalekovod 10 kV na pravcu TS 35/10 kV “Biljanica”-TS 10/0,4 kV “Zapađe”- 10 kV izvod “Orašac”

MSE “Stupnica” sastoji se od 720 jedinica monokristalnih fotonaponskih panela, postavljenih na aluminijumskoj konstrukciji, na zemlji, povezanih na red u nizove, koji se dalje povezuju na 5 invertora. Invertori će biti smešteni ispod konstrukcije fotonaponskih panela i biće povezani sa transformatorskom stanicom energetskim kablovima 0,4 kV.

Transformatorska stanica (TS) 10/0,4 kV se sastoji od energetskog transformatora, oznake T1, naponskog nivoa 10/0.4 kV, snage 630 kVA, niskonaponske table 0.4 kV i vsrednjenaponskih ćelija 10 kV preko kojih će biti povezana sa razvodnim postrojenjem energetskim kablovima 10 kV.

Razvodno postrojenje (RP) 10 kV “Stupnica” sastojace se od 4 ćelija naponskog nivoa 10 kV, prema i biće povezano na postojeći elektrodistributivni dalekovod 10 kV na pravcu TS 35/10 kV “Biljanica”-TS 10/0,4 kV “Zapađe”- 10 kV izvod “Orašac”, a u skladu sa ishodovanim uslovima za projektovna je i priključenje.

Pravni i planski osnov za izradu Idejnog rešenja

Pravni osnov za izradu IDR MSE “Stupnica” 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, 52/2021 i 62/2023);
- 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 “Stupnica” 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 Helioscope za procenu proizvodnje električne energije,
- Uputstva proizvođača opreme.

Obim projekta

U ovom idejnom rešenju dat je tehnički opis elektroopreme i električnih instalacija namenjenih za malu solarnu elektranu, 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 T1,
- Razvodno postrojenje 10 kV,
- AB stub 10 kV.

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.

Faze izgradnje

Idejnim rešenjem predviđeno je da se svi radovi na izgradnji MSE „Stupnica“ i njegovom priključenju na DSEE (distributivni sistem električne energije) izvedu u jednoj fazi.

Granice projekta

Definisane su ove granice Idejnog rešenja:

- izgradnja male solarne elektran (objekat br. 1);
- izgradnja razvodnog postrojenja (objekat br. 2);
- izgradnja transformatorske stanice (objekat br. 3).

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 84,2 %, prosečna raspoloživost u toku eksploatacije je 90%. Sprovedena analiza dovodi do procene iradijacije na mestu postavljanja solarne elektrane od 1156,3 kWh/m², sa očekivanom proizvodnjom od oko 582.800 kWh/god. Imajući u vidu da se korisni vek trajanja solarnog sistema procenjuje na 25 godina, isti će tokom svog veka proizvesti oko 14.57 GWh električne energije.

Dispozicija solarne elektrane

Solarna elektrana prostiraće se na kp. br. 6551 i 6552 KO Stupnica, u Leskovcu, i sačinjena je od fotonaponskih panela koji će 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, po 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.

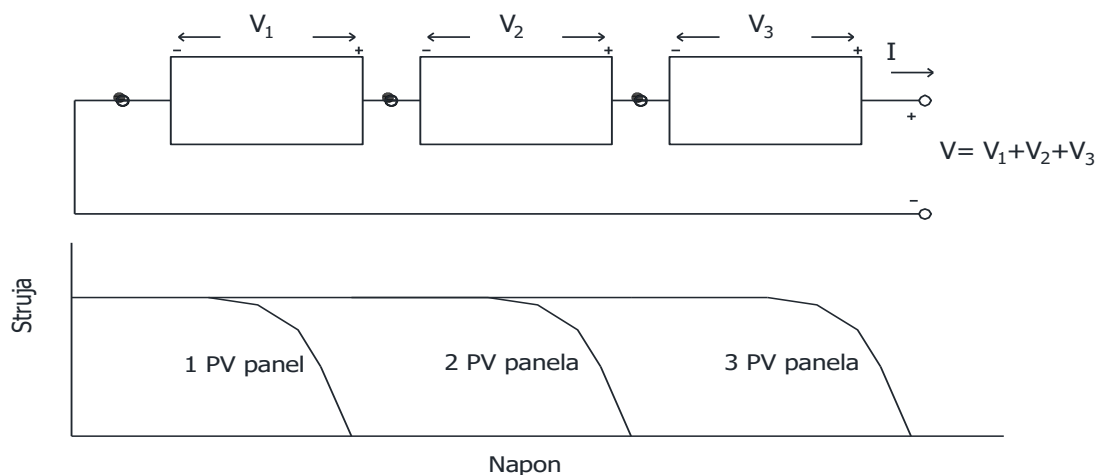
Raspored montaže noseće konstrukcije sa fotonaponskim panelima urađen je na osnovu katastarsko topografskog plana predmetnih parcela, i prikazan je u grafičkoj dokumentaciji. Ukupna površina parcela na kojima se planira postavljanje MSE „Stupnica“ iznosi 64,17 ara, dok fotonaponski paneli pokrivaju oko 1.920 m². Ukupan broj fotonaponskih panela planiranih za ugradnju iznosi 720 kom.

DC razvod fotonaponskih panela i invertora

Fotonaponski sistem sačinjen je od monokristalnih fotonaponskih panela, proizvođača Trinasolar, tip Vertex N, jedinične snage 700 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-M1, datih u katalogskoj 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 „Stupnica“ definisan je optimalni broj fotonaponskih panela, snage 700 W, povezanih na red u jednom nizu na invertore, i to:

$$\text{Invertor 100 kW: } N_{\text{strmin}}=16 < N_{\text{str}} < N_{\text{strmax}}=20.$$

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 5 invertora snage 100 kW.

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

AC razvod invertora

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 treba da budu identične, 1200x1200x400mm, dok se oprema montirana u njima razlikuje od mesta montaže. Sastavni delovi ovih ormara treba da bude i komunikaciona oprema namenjena za monitoring i komunikaciju, kao i za električnu zaštitu.

Tehničke karakteristike elektro opreme MSE „Stupnica“

MSE „Stupnica“ ima sledeće osnovne karakteristike:

Tip elektrane:	solarna
Način gradnje:	na zemlji
Snaga elektrane:	500 kW
Nazivni napon MSE:	0,4 kV
Nominalna struja MSE:	722 A
Broj fotonaponskih panela:	720 kom.
Broj invertora:	5 kom.
Trafo stanica 10/0.4 kV	1 kom.
Transformator 630 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
Mesto priključenja:	postojeći dalekovod 10 kV na pravcu TS 35/10 kV "Biljanica"- TS 10/0,4 kV "Zapađe"- 10 kV izvod "Orašac"
Nazivni napon za sopstvenu potrošnju:	3x400/230 V
Komandni napon sigurnosnog napajanja:	baterijski napon 24 V DC

Fotonaponski paneli

Proizvođač:	Trinasolar
Tip:	Vertex N
Snaga P_{max} :	700 W
Nazivni napon V_{mpp} :	40,5 V

Nazivna struja I_{mpp} :	17,29 A
Napon otvorenog kola V_{oc} :	48,6 V
Struja kratkog spoja I_{sc} :	18,32 A
Stepen iskorišćenja η :	22,5 %
Dimenzije $V \times \text{Š} \times D$:	2384x1303x33 mm
Težina:	38,3 kg

Invertori (5 kom.)

Proizvođač:	Huawei
Tip:	Sun2000-100KTL-M1

DC strana

Najveća dozvoljena ulazna snaga P_{dcmax} :	112,2 kW
Najveći dozvoljeni ulazni napon V_{dc} :	1100 V
Najveća dozvoljena ulazna struja I_{dc} :	18 A/ 26 A (string/MPPT)
Ulazna struja kratkog spoja I_{dcsc} :	40 A MPPT
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:	144,4 A
Stepen iskorišćenja η :	98,6 %
Stepen zaštite:	IP 66
Dimenzije $V \times \text{Š} \times D$:	1035x700x365 mm
Težina:	90 kg

Transformator T-1

Nazivna snaga energetskog transformatora :	630 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	4%,
Način hlađenja:	ONAN
Termička klasa izolacije:	A

RP 10 kV “Stupnica”

RP 10 kV je zgrada spratnosti P+0, dimenzije 7.00x4.00 m, u koji će biti smešteno razvodno postrojenje 10 kV i ostala potrebna elektrooprema za pravilno funkcionisanje objekta. RP 10 kV biće smešten na kp br. 6651 KO Stupnica, Leskovac, i biće povezan kablom sa TS 10/0,4 kV “Stupnica” (u okviru kompleksa mala solarna elektrana “Stupnica” i AB stubom na k.p. br. 8641 KO Stupnica, Leskovac, preko koga će se ostvariti veza na postojeći elektrodistributivni dalekovod 10 kV na pravcu TS 35/10 kV “Biljanica”-TS 10/0,4 kV “Zapađe”- 10 kV izvod “Orašac”.

Razvodno postrojenje 10 kV “Stupnica” je modularno, sastavljeno od 4 slobodnostojećih, metalom oklopljenih, vazduhom izolovanih ćelija sa prekidačkim komorama izolovanim SF6 gasom, za unutrašnju montažu, sa jednostrukim sistemom sabirnica, osnovnih karakteristika:

- nazivni napon: 12 kV;
- radni napon: 10 kV;
- stepen izolacije SI/LI/AC: 12kV/170kV/70kV;
- nazivna struja sabirnica: 630 A;
- Nazivna podnosiva struja kratkog spoja (1s): 16kA/1s;
- Unutrašnji luk: 12.5 kA/1s, A-FL;
- Frekvencija: 28kVrms/1min, 75kVrms/peak;
- tip: SM6;
- proizvođač: Schnaider Electric.

Struktura RP 10 kV je sledeća:

Oznaka ćelije	Opis	Tip	Dimenzije (mm)	Napomena
+K01	Vodna ćelija	IM	375x940x1690	MSE Stupnica
+K02	Ćelija sopst.potrošnje	TM	375x940x2050	Potrošnja RP
+K03	Merna ćelija	GBC-B	750x1020x1690	Merenje el.en.
+K04	Vodna ćelija	IM	375x940x1690	Priključni vod

Tabela br.1- Oznake ćelija RP 10 kV

Ukupna dužina razvodnog postrojenja je 1.8750 mm.

Razvodno postrojenje 10 kV biće povezano sa MSE “Stupnica” preko energetskog transformatora T1 smeštenog u TS 10/0.4 kV, u ćeliji +K01. Takođe, RP 10 kV se priključuje na postojeći dalekovod 10 kV preko ćelije +K04 i budućeg montiranog stuba. Sve navedene veze biće ostvarene pomoću srednjenaponskih kablova 10 kV sa karakteristikama datim u Tabeli br. 1.

Trasa kabla:	Lokacija:	Dužina:	Tip:	Presek
TS-T1: RP 10 kV (+K01)	kp 6551	10 m	XHE49-A	3x(1x25) mm ²
DV 10 kV: RP 10 kV (+K04)	kp 6651, 6602, 8641	250 m	XHE49-A	3x(1x150) mm ²

Tabela br.2- Kablovske veze RP 10 kV

Transformatorska stanica 10/0.4 kV

U skladu sa Idejnim rešenjem, a na osnovu tehničkih preporuka nadležne elektrodistribucije, na k.p. 6551 k.o. Stupnica, u Leskovcu, predviđeno je postavljanje jedne tipske betonske transformatorske stanice TS. Namena objekta je priključenje invertora iz MSE “Stupnica” na energetske transformator T-1.

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

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 :	Montažno betonska transformatorska stanica
Dimenzije (orjentaciono) :	5,4 x 3,5 x 2,75 m (dxšxv)
Kapacitet transformatorske stanice :	630 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 uljni energetske transformator, maksimalne nazivne snage 630 kVA, napona 10/0.4 kV. U ovom slučaju za ugradnju je izabran energetske transformator snage 630 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 kontaktim termometrom.

Transformatorska stanica je tipska, proizvođača EBB Bajina Bašta, dimenzije 5400x3500x2750 mm, a sve u skladu sa predviđenim opterećenjem. Idejnim rešenjem je predviđeno međusobno povezivanje energetskog transformatora u odgovarajuće vodne ćelije, kablovima 10 kV.

Priključenje na postojeći DV 10 kV na pravcu TS 35/10 kV “Biljanica”-TS 10/0,4 kV “Zapade”- 10 kV izvod “Orašac”

Postojeći dalekovod 10 kV na pravcu TS 35/10 kV “Biljanica”-TS 10/0,4 kV “Zapade”- 10 kV izvod “Orašac” izveden je užetom AlČe 3x1x35 mm². Priključak je predviđen preko budućeg armirano betonskog stuba 12/2000 na k.p. br. 8641 KO Stupnica, Leskovac. Stub je jednostruki, noseći sa nosećom betonskom konzolom na vrhu i tri potporna izolatora. Između stuba i zgrade razvodnog postrojenja predviđeno je polaganje u zemlju tri jednožilna kabla tipa XHE 49-A 1x150 mm², u skladu sa

zahtevima datim od strane nadležne elektrodistribucije i prema TP-3. Trasa kablova se vrši u katastarskim parcelama br. 6551, 6602 i 8641 KO Stupnica, Leskovac.

Priključak na dalekovod se izvodi kao prelaz sa kablovskog voda u nadzemni, na pomenutom AB stubu. Fazni provodnici nadzemnog voda su AlČe 1x35 mm². Na vrhu stuba, na nosećoj betonskoj konzoli montiraju se potporni izolatori sa mostovima između dve strane voda. Na 2m od vrha stabla montira se linijski vertikalni rastavljač sa odvodnicima prenapona, na strani stuba sa koje dolaze fazni provodnici. Od svakog faznog provodnika se postavlja strujna veza do izlaza rastavljača a koja se na fazni provodnik spaja sa najmanje dve strujne stezaljke.

Kablovski vod se postavlja duž stuba i povezuje se na vertikalno postavljene odvodnike prenapona. Ispod odvodnika prenapona na pogodnom mestu montiraju se konzole za pričvršćenje kablovskih glava, izrađena od profilnog čelika, za koju se pričvršćuje svaki provodnik kabla ponaosob. Za završetke kablova koriste se kablovske glave za spoljašnju montažu, sa kablovskim papučicama kao završecima, tip TFTO-3121, Raychem.

Pri dnu stuba, kablovi se štite od mehaničkih oštećenja najmanje do visine 1.7 m iznad zemlje i do 0.3m u zemlji. Mehničku zaštitu predstavlja U profil dimenzija 100x100x10 mm.

Ručni pogon za upravljanje vertikalnim rastavljačem montira se na stubu na visini 1.5 m od tla.

Priključak u RP 10 kV “Stupnica”

Kablovi se u objekat RP 10 kV “Stupnica” uvode kroz zaštitne PVC cevi $\phi 100$ mm i polažu u predviđen kablovski prostor za polaganje kablova. Priključak sa strane male solarne elektrane u RP 10 kV se izvodi u čeliji br. +K01, dok se sa strane distributivnog sistema električne energije priključak izvodi u +K04. Kablovi se u čelije uvode, povezuju i pričvršćuju prema preporukama proizvođača SN postrojenja. Prema preporuci proizvođača, kablovski završetak je okrugla papučica. Kablovi se završavaju kablovskim glavama za unutrašnju montažu tipa TFTI 3121, Raychem.

Polaganje kablova

Kablovi XHE 49-A 3x(1x150) mm² se polažu direktno u zemljani rov, u skladu sa TP-3, od zgrade RP 10kV “Stupnica” do armirano betonskog stuba, dok se kabal XHE 49-A 3x(1x25) mm² polaže od zgrade RP 10 kV “Stupnica” do zgrade TS 10/0.4 kV.

Jednožilni srednjenaponski kablovi tipa XHE 49-A se polažu u trouglastom snopu, koji se formira provlačenjem kablova kroz odgovarajuću matricu pri odmotavanju sa tri kalema. Formirani snop se na svakih 1-2m omotava samolepljivom PVC trakom širine oko 0.1 m. Dozvoljeno je njihovo polaganje i u horizontalnoj ravni, paralelno, s tim da u tom slučaju razmak između pojedinih žila mora biti najmanje 0.07m, što utiče na širinu rova.

Projektom je predviđen ručni iskop rova dubine 0.8 m i širine u dnu 0.5 m. Dužina kablovskog rova je oko 250 m. Kablovi se polažu u sloju posteljice debljine 0.2 m. Za posteljicu se koristi mešavina peska i šljunka granulacije do 4 mm. Između dva snopa u posteljici se postavlja opeka standardnih dimenzija. Kablovi se polažu u blagim krivinama (“zmijoliko”) radi kompenzacije eventualnih pomeranja i temperaturnih

uticaja. Na posteljicu se stavlja PVC štitnik, a iznad nje na oko 0.3m PVC upozoravajuća traka. Zemljište se nabija najmanje u dva sloja mehaničkim nabijačima.

Kablovi se kod kablovskih glava označavaju kablovskim tablicama na kojima su obavezno naznačeni tip i presek kablova, naponski nivo i ime objekta u kome se nalazi drugi kraj kablova.

Trasa kablova se označava betonskim oznakama za neregulisane terene.

Gromobranska instalacija i uzemljenje

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 „Stupnica“ usvojen je „I“ **nivo zaštite** od atmosferskog pražnjenja.

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

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

Prihvatni sistem čini jedna hvataljka sa uređajem za rano startovanje. Hvataljka se montira na čelični cevasti nosač visine 1.5 m koji se učvršćuje na jarbol visine 8 m. Hvataljka se sa spusnim provodnicima povezuje na združeni uzemljivač. Pogodnim izborom tipa i pozicije hvataljke, biće zaštićena sva elektroenergetska oprema u elektrani..

Spusni sistem će činiti dva neprekidna spusta, glavni i pomoćni, izrađeni od čelično pocinkovane trake FnZn 4x25 mm², 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 0,8 m. Provodnik

uzemljenja je čelična toplo pocinkovana traka 25x4 mm. Provodnici uzemljenja se međusobno spajaju standardnim ukrsnim komadima 60x60 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.

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 720 monokristalnih fotonaponskih panela, proizvođača Trinasolar, tipa Vertex N, jedinične snage 720 W, sa koeficijentom iskorišćenja 22,5 %, nominalnog jednosmernog DC napona 40.5 V, nominalne jednosmerne struje 17.29 A, sa dimenzijama 2384x1303x33 mm, težine od 38,3 kg. Fotonaponski paneli se povezuju na red u nizove, a tako formirani nizovi se povezuju na 5 invertora, snage 100 kW, proizvođača Huawei, tipa Sun2000-100KTL-M1.

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

$$P_{DC-STC} = n_u \cdot P_n = 720 \cdot 700 = 504 \text{ kW}$$

U tabeli br.3 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	144	100,8	112,2	Zadovoljava
2	144	100,8	112,2	Zadovoljava
3	144	100,8	112,2	Zadovoljava
4	144	100,8	112,2	Zadovoljava
5	144	100,8	112,2	Zadovoljava

Табела 3. 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 Sun2000-100KTL-M1 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- 5

$$P_{AC1} = P_{DC-STC} \cdot \eta_Z \eta_N \eta_T \eta_I = 100.8 \cdot 0.96 \cdot 0.97 \cdot 0.92 \cdot 0.986 = 85.15 \text{ kW}$$

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

$$P_{AC} = 425.73 \text{ kW}$$

4.6.1.2 Proračun struje kratkog spoja i napona otvorenog kola fotonaponskih panela

Ovim idejnim rešenjem predviđeno je da na invertorima br. 1 - 5 bude povezano po 8 nizova, sastavljenih od 18 redno povezanih fotonaponskih panela, a sve u cilju da se zadovolje ulazne vrednosti u invertore i karakteristične vrednosti fotonaponskih panela.

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 -15 °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:

$$U_{ocmax} = 53.85 \text{ V}$$

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 $N_{strmax} = 20$ 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:

$$U_{mppmin} = 35.03 \text{ V}$$

S obzirom na to da optimalni ulazni jednosmerni napon koji omogućava rad MPPT regulatora na invertorima iznosi 540-800 V, može se zaključiti da nizovi panela povezani paralelno na ulaze invertora mogu biti sastavljeni od najmanje **N_{strmin}=16** 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:

$I_{sc \text{ max}}$ - 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:

$$I_{scmax} = 18.4 \text{ A}$$

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. 4.

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 opterećenja (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	k _n	kl	kq								
1	TS:T1- inv 1	100	400	1	144,4	D	160	1.6	0,7	1,55	1	256	147	162,7	178	193	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	162,7	178	193	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	162,7	178	193	zadovoljava	zadovoljava	PP 00-A 4x150
4	TS:T1- inv 4	100	400	1	144,4	D	160	1.6	0,7	1,55	1	256	147	162,7	178	193	zadovoljava	zadovoljava	PP 00-A 4x150
5	TS:T1- inv 5	100	400	1	144,4	D	160	1.6	0,7	1,55	1	256	147	162,7	178	193	zadovoljava	zadovoljava	PP 00-A 4x150

Tabela 4. 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. 5.

Ukupni najveći predviđeni pad napona je od invertora **br. 1 do TS:T1 i iznosi: 0.69%.**

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	0,694444
2	TS:T1- inv 2	100	1	100	40	150	36	400	0,462963
3	TS:T1- inv 3	100	1	100	10	150	36	400	0,115741
4	TS:T1- inv 4	100	1	100	30	150	36	400	0,347222
5	TS:T1- inv 5	100	1	100	50	150	36	400	0,578704

Tabela 5. 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

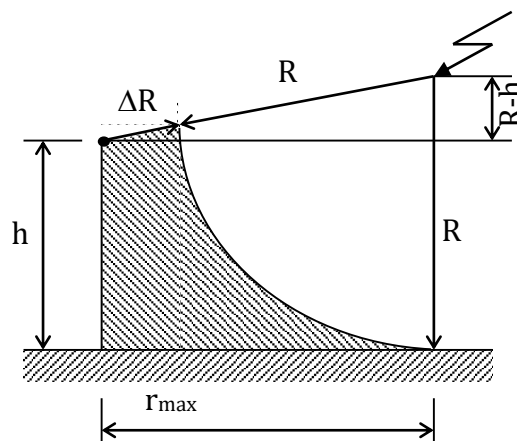
Uzemljivački sistem elektrane je predviđen kao združeno uzemljenje koje je istovremeno zaštitno i radno uzemljenje fotonaponskih panela i invertora, niskonaponskih kablova AC i DC, objekata transformatorska stanica i razvodno postrojenje, kao i umetnutog stuba. Takođe združeno uzemljenje će se koristiti 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 predviđena je hvataljka sa ranim startovanjem u skladu sa SRPS N.B4.810 proizvođača „Frenklin France“, tip AFB0015SE, sa vremenom prednjačenja $\Delta t = 60\mu s$. Hvataljka se postavlja na čeličnu konstrukciju visine 1,5 m a koja će biti montirana 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 štićene tačke određenog nivoa |
| h [m] | - vertikalno rastojanje od vrha štapne hvataljke do nivoa štićene 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 uređajem 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	ΔR (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 $r' < r'_{\max}$
14	Fotonaponski paneli	2.38	20	60	7.12	78.96	57.9	zadovoljava
14	RP 10 kV Stupnica	3.16	20	60	6.34	78.82	20.6	zadovoljava
14	TS 10/0.4 kV	2.9	20	60	6.6	78.87	11.5	zadovoljava

Tabela 6. 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:

R_p (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
		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 7. Zone delovanja uređaja sa ranim startom

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

Na osnovu određenih poluprečnika štíćenog prostora za karakteristične tačke štíćenog 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 spojnica, koja je smeštena na mestu povezivanja sa izvodom, na stablu stuba, 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 Helioscope, koji pruža popis solarnih energetske resursa za procenu proizvodnje električne energije iz fotonaponskih sistema u Evropi, Africi i jugozapadnoj Aziji. HelioScope 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 43:03:52.8 i 22:07:31.2, sa procenjenim gubicima sistema oko 15,8 %, 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 Helioscope u kome je izvršena simulacija proizvodnje električne energije po mesecima. (Prilog)

Predviđena proizvodnja električne energije MSE „Stupnica“ na godišnjem nivou iznosi **582,8 MWh**.

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 630 kVA, a u skladu sa grafičkim crtežima.

MSE “Stupnica” sastoji se od 720 fotonaponska panela povezana na 5 invertora koja će biti povezana na energetski transformator T-1 smešten u transformatorskoj stanici (TS), naponskog nivoa 10/0.4 kV, snage 630 kVA.

U tabeli br. 8 prikazana je predviđena snaga invertora povezanih na T-1.

TS-1	Transformator T1	
	Instalisana snaga	Proračunata snaga
$P_{AC\ inv1}$	100 kW	85,15 kW
$P_{Ac\ inv2}$	100 kW	85,15 kW
$P_{Ac\ inv3}$	100 kW	85,15 kW
$P_{Ac\ inv4}$	100 kW	85,15 kW
$P_{Ac\ inv5}$	100 kW	85,15 kW
$\Sigma P_{Ac\ inv}$	500 kW	425,73
Sn	630 kVA	

Tabela 8. Opterećenje TS prema transformatoru T-1

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

Nominalna snaga:	$S = 630 \text{ [kVA]}$
Nominalni napon:	$U'/U'' = 10/0,4 \text{ [kV]}$
Sprega:	DY5
Napon kratkog spoja:	$uk\% = 4\%$
Gubici u gvožđu:	$P_{fe} = 1300 \text{ [W]}$
Gubici u bakru:	$P_{cu} = 6500 \text{ [W]}$
Ukupno:	1 komad.

4.6.2.2 Kablovi TS

Srednjenaponski kablovi 10 kV

U skladu sa Tehničkom preporukom br.3 „Elektrodistribucije Srbije“ izvršen je odabir srednjenaponskih 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 kablova, 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_{pt} - sačinilac promene dozvoljenog strujnog opterećenja kablovskog voda od specifične toplotne otpornosti tla p_t , i dobija se iz tabele 25.2.1 TP-3;

k_{bk} - sačinilac promene dozvoljenog strujnog opterećenja kablovskog vodova 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), kataloška vrednost ili tabele 25.2.3a i 25.2.3b TP-3.

Proračun opterećenja srednjenaponskih kablova prikazan je u tabeli br.9.

• 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 kablovima dat je u tabeli br. 10.

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	500	10.000	0.95	28.08	D	32	1.6	0.75	0.86	0.82	1	51.2	60.50	66.76	127	61.2	zadovoljava	zadovoljava	XHE49- A 3x(1x25) mm ²

Tabela 9. 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	500	1	500	10	1.11	0.137	3x(1x25)	10	0.0053

Tabela 10. 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 630 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). 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.7.

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	1.54	0.14	1	25	0,0154	0,0014

Tabela 11. Proračunate vrednosti otpora 10 kV kablova

Energetski transformator T-1:

S_n=630kVA; U_n=10kV; u_k=4%; I' =36,37A; I''=909,33A; P_{cu}=6500W; P_{fe}=1300 W.

$$Z_t = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = 6.35 \Omega$$

$$R_t = \frac{P_{cu}}{3 \cdot I'^2} = 1.64 \Omega$$

$$X_t = \sqrt{Z_t^2 - R_t^2} = 6.13 \Omega$$

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

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

$$R_{HTS} = 1,76\Omega$$

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

$$X_{HTSt1} = 6.58 \Omega$$

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

$$Z_{HTSt1} = \sqrt{1.76^2 + 6.527^2} = 6.81 \Omega$$

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.

$$I_{kTst1}'' = 0.94 \text{ kA}$$

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:

$$k = 1,02 + 0,98e^{-\frac{3R}{X}} = 1,071$$

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

$$i_p = 1,42 \text{ kA}$$

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:

$$I_b = \mu \cdot I_k'' = 0.94 \text{ kA}$$

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:

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

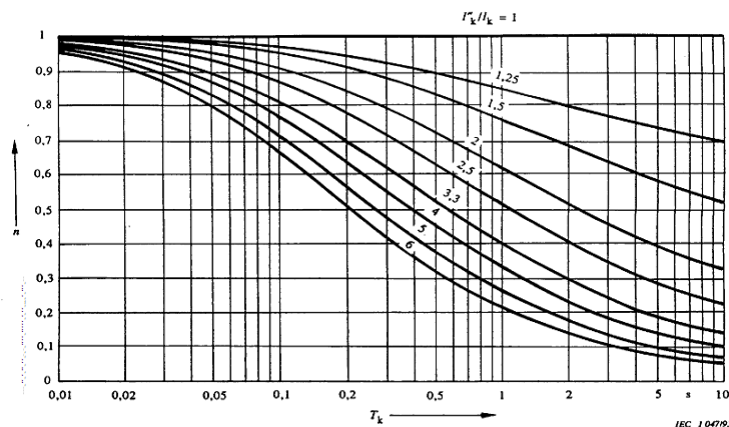
gde je:

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

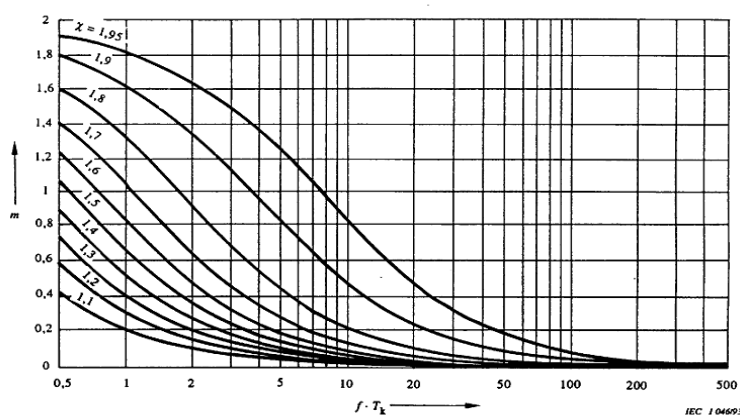
m - faktor odavanja toplote usled jednosmerne komponente struje kratkog spoja;

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:

$$I_{thTSt1} = 0.94 \cdot \sqrt{0 + 1} = 0.94 \text{ kA}$$

- 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	1.54	0.14	1	25	0,0025	0,00022

Tabela 12. 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=630kVA; U_n=10kV; u_k=4%; I' = 36,37A; I'' = 909,33A; P_{cu}=6500W; P_{fe}=1300 W.

$$Z_{t1} = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = 0.01 \, \Omega$$

$$R_{t1} = \frac{P_{cu}}{3 \cdot I'^2} = 0.0026 \, \Omega$$

$$X_{t1} = \sqrt{Z_t^2 - R_t^2} = 0.0096 \, \Omega$$

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	2	150	0.006	0.0024
2	T-1 : inverter 2	0.04	0.206	0.08	2	150	0.004	0.0016
3	T-1 : inverter 3	0.01	0.206	0.08	1	150	0.002	0.0004
4	T-1 : inverter 4	0.03	0.206	0.08	2	150	0.003	0.0012
5	T-1 : inverter 5	0.05	0.206	0.08	2	150	0.005	0.002

Tabela 13. Proračunate vrednosti otpora 0,4 kV kablova

Ukupne vrednosti aktivne i reaktivne komponente impedanse kratkog spoja iznosiće:

$$R_{LTSt1} = R''_m + R''_{T-1} + R''_{IT1-inv6} + R''_{IT1-RP10kV}$$

$$R_{LTSt1} = 0,0072\Omega$$

$$X_{LTSt1} = X''_m + X''_{T-1} + X''_{IT1-inv6} + X''_{IT1-RP10kV}$$

$$X_{LTSt1} = 0,012 \Omega$$

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

$$Z_{LTSt1} = \sqrt{0.0046^2 + 0.012^2} = 0,014 \Omega$$

Vrednost struje trofaznog 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

$$I''_{kTSt1} = 16.5 \text{ kA}$$

Udarna struja kratkog spoja iznosi:

$$I_{Kud} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I''_k = 1,42 \cdot \sqrt{2} \cdot 16,5 = 33.13 \text{ kA}$$

Termička ekvivalentna struja kratkog spoja iznosi:

$$I_{th} = I''_k \cdot \sqrt{m+n} = 16.5 \text{ kA}$$

4.6.2.4 Proračun uzemljivača objekta TS

Uzemljivač objekta se sastoji od temeljnog uzemljivača TS 10/0.4 kV 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 „Stupnica“.

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 iznosiće:

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

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

4.6.3. Tehnički proračun RP 10 kV

4.6.3.1. Izbor i provera glavnih energetskih kablova i opreme

Razvodno postrojenje 10 kV „Stupnica“ će biti povezano na postojeći elektrodistributivni dalekovod kablom 10 kV, tip i presek XHE49-A 3x(1x150) mm². Udaljenost RP 10 kV od pomenutog dalekovoda iznosi oko 250 m. Takođe, veza sa energetskim transformatorima T1 biće ostvarena kablom 10 kV, XHE49-A 3(1x25) mm². Energetski transformator biće smešten u TS 10/0.4 kV „Stupnica“ u neposrednoj blizini RP 10 kV, i namenjen je za transformaciju proizvedene električne energije u MSE „Stupnica“.

4.6.3.2 Kablovi RP

Srednjenaponski kablovi 10 kV

U skladu sa Tehničkom preporukom br.3 „Elektrodistribucije 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 kabal XHE49-A 3x(1x150), na trasi RP 10kV „Stupnica“- DV 10 kV „izvod Orašje“, kao i kroz kabl 10 kV, XHE49-A 3x(1x25) mm² na trasi RP 10 kV „Stupnica“- TS 10/0,4 kV „Stupnica“, u redovnom radu je struja iz male solarne elektrne „Stupnica“.

Takođe, trajno dozvoljena struja 10 kV kabla 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 temeperature 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.14.

- **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_{uk} – struja opterećenja (A);

U- nazivni napon (V);

r- podužna raktansa kabla (Ω/km);

x – podužna impedansa(Ω/km);

$\cos \varphi$ - faktor snage;

l – ukupna dužina kabla.

Rezultat pada napona na odabranom srednjenaponskom kablovima dat je u tabeli br. 15.

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	k_{op}	$k_{\theta t}$	$k_{\rho t}$	k_{bk}								
1	RP 10 kV: DV 10 kV	500	10000	0.95	30.39	D	63	1.6	0.75	0.86	0.82	1	100,8	119.12	131.44	334	176,7	zadovoljava	zadovoljava	XHE49- A 3x(1x150) mm ²
2	TS-T1: RP 10 kV	500	10000	0.95	30.39	D	63	1.6	0.75	0.86	0.82	1	100,8	119.12	131.44	127	67.17	zadovoljava	zadovoljava	XHE49- A 3x(1x25) mm ²

Tabela 14. 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	RP 10 kV:DV 10 kV	500	1	500	250	0,265	0.106	150	10	0.005
2	TS-T1: RP 10 kV	500	1	500	10	1,54	0.14	25	10	0.00079

Tabela 15. Pad napona na kablju 10 kV

4.6.3.3. Proračun struje kratkog spoja

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 RP uzeti su u obzir i podaci o energetskom transformatoru 10/0,4 kV u TS, snage 630 kVA, kao i kablovima naponskog nivoa 10 kV, kojim je RP povezano sa TS-om i sa srednjenaponskom mrežom.

• Proračun struje kratkih spojeva na sabirnicama 10 kV u RP 10 kV

Za izbor rasklopne opreme u RP 10 kV neophodno je izračunati vrednost struja trofaznog kratkog spoja. Na osnovu dobijenih tehničkih uslova za priključenje na DEES stvarna vrednost struje na mestu priključka u subtranzijentnom periodu iznosi $I_{ks}'' = 0,536 \text{ kA}$, dok je odnos $R/X=1,54$. S obzirom da je 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), pa oprema koja se ugrađuje je potrebno da zadovolji proračunate struje kratkog spoja na osnovu vrednosti iz tehničke preporuke.

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 reaktansa kabla (Ω/km);

N_k – broj paralelno postavljenih kablova po izvodu.

Dobijeni rezultati za svaki kabl ponaosob predstavljeni su u tabeli br. 16.

R.br.	Trasa	Dužina l (km)	$r(\Omega/\text{km})$	$x(\Omega/\text{km})$	N_k	Tip kabla	Presek kabla A (mm ²)	R_l (Ω)	X_l (Ω)
1	TS-T1: RP 10 kV	0,01	1.54	0.14	1	XHE49-A	25	0,0154	0,0014
2	RP 10 kV: DV 10 kV	0,25	0.265	0.106	1	XHE49-A	150	0,067	0,0265

Tabela 16. Proračunate vrednosti otpora 10 kV kablova

Energetski transformator T-1:

$S_n=630\text{kVA}$; $U_n=10\text{kV}$; $u_k=4\%$; $I' = 36,37\text{A}$; $I'' = 909,33\text{A}$; $P_{cu}=6500\text{W}$; $P_{fe}=1300\text{ W}$.

$$Z_t = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = 6.35 \Omega$$

$$R_t = \frac{P_{Cu}}{3 \cdot I'^2} = 1.64 \Omega$$

$$X_t = \sqrt{Z_t^2 - R_t^2} = 6.13 \Omega$$

Ukupne vrednosti aktivne i reaktivne komponente impedanse kratkog spoja na srednjenaponskim sabirnicama 10 kV iznosi:

$$R_{RP10kV} = R_m + R_{lTSt1-RP 10kV} + R_{lTSt1-DV} + R_{t1}$$

$$R_{HTS} = 1,764 \Omega$$

$$X_{HTSt1} = X_m + X_{lTSt1-RP 10kV} + X_{lTSt1-RDV} + X_{t1}$$

$$X_{HTS5} = 6,61 \Omega$$

Vrednost imepedanse kratkog spoja na sabirnicama 10 kV u RP iznosi:

$$Z_{HTSt1} = \sqrt{1,764^2 + 6,61^2} = 6,84 \Omega$$

Vrednost struje trofaznog kratkog spoja za kvar na sabirnicama 10 kV 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.

$$I_{kTst1}'' = 0.93 \text{ kA}$$

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:

$$k = 1,02 + 0,98e^{-\frac{3R}{X}} = 1,03$$

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

$$i_p = 1,35 \text{ kA}$$

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:

$$I_b = \mu \cdot I_k'' = 0.93 \text{ kA}$$

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:

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

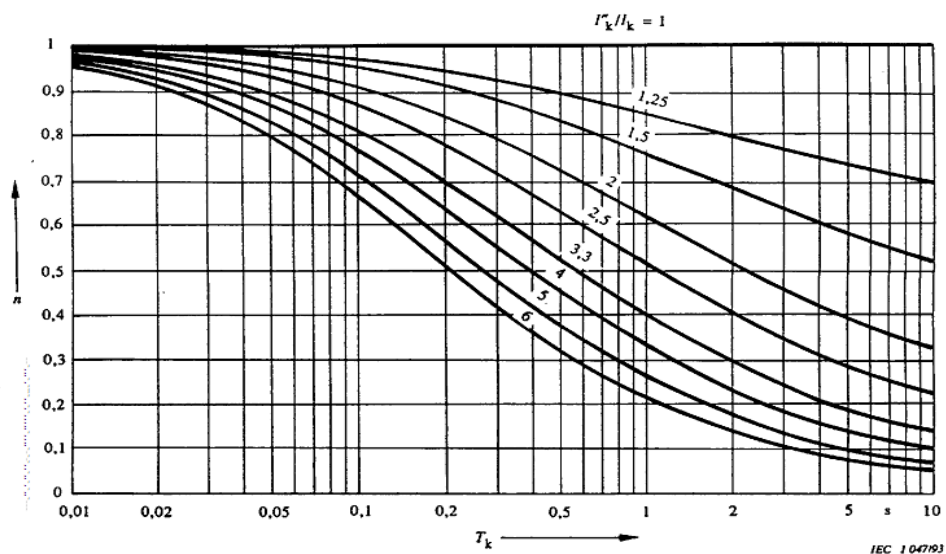
gde je:

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

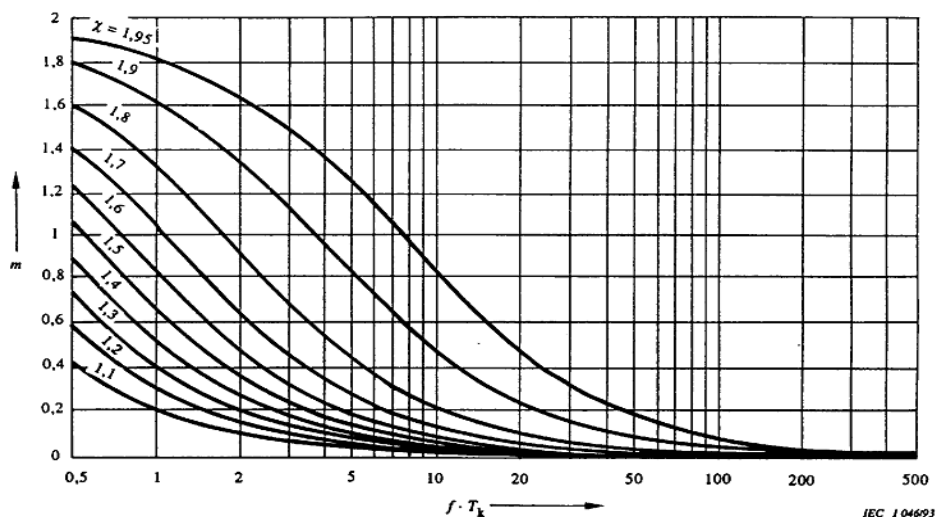
m - faktor odavanja toplote usled jednosmerne komponente struje kratkog spoja;

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 .



Slika 5. Faktor m , razvijena toplota od jednosmerne komponente struje



Slika 6. Faktor n , razvijena toplota od naizmjenične komponente struje

Kako su $T_k = 0,5s$, $k = 1,07$, očitane vrednosti za faktore m i n sa slika 2. i 3. su:

$$m = 0.$$

$$n = 1$$

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

$$I_{thRP10kV} = 0.93 \cdot \sqrt{0 + 1} = 0.93 \text{ kA}$$

4.6.3.4. Proračun uzemljivača objekta RP 10 kV

Uzemljivač objekta se sastoji od temeljnog uzemljivača RP 10 kV 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 „Stupnica“.

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 RP 10 kV „Stupnica“ iznosiće:

$$R_t = \frac{0,44 \cdot 100}{\sqrt{58}} = 5.7 \, \Omega$$

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

4.7. GRAFIČKA DOKUMENTACIJA

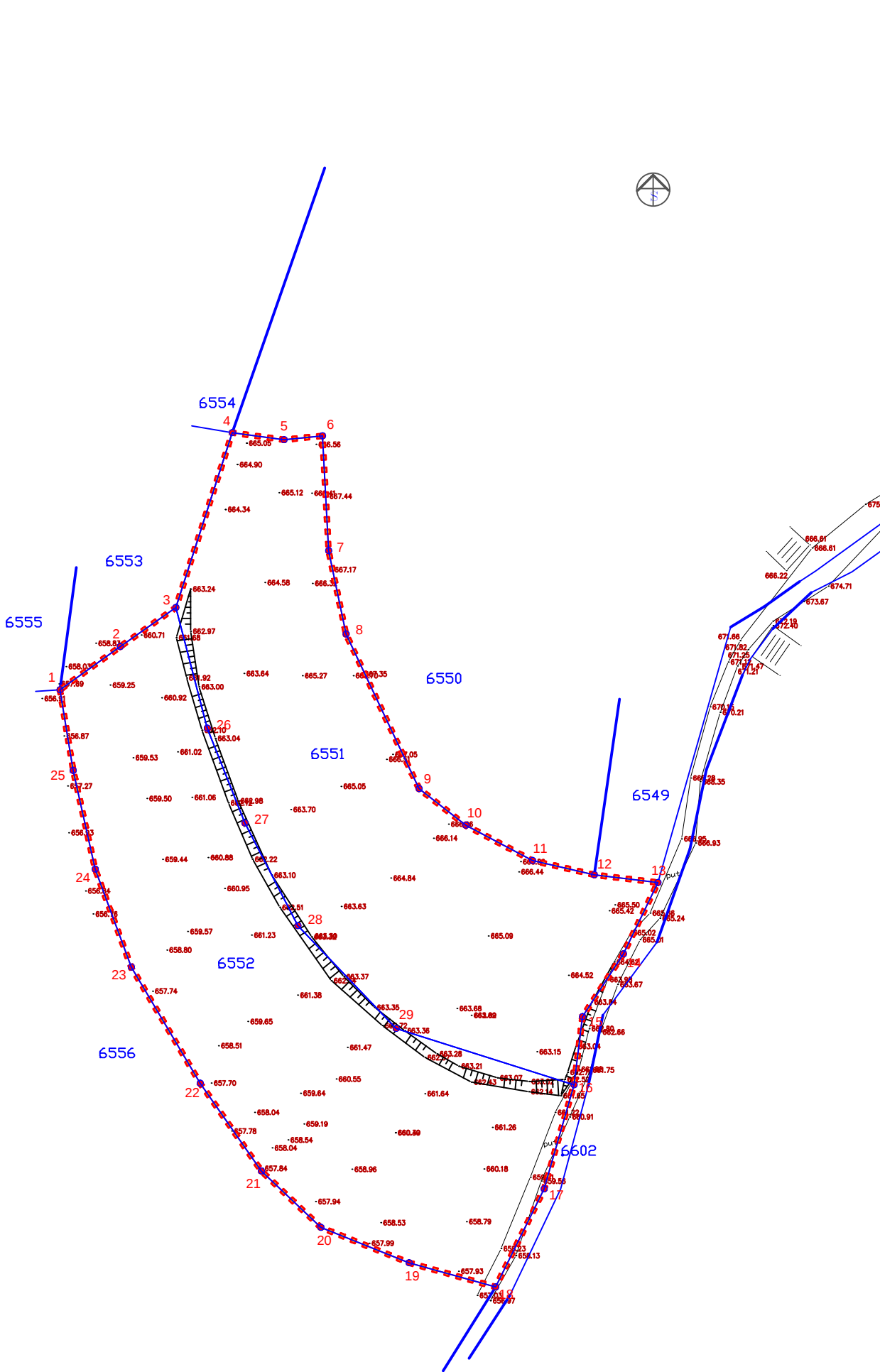
LEGENDA

- Katastarsko stanje
- 6551

Broj katastarske parcele
- Prelomne tačke
- 1 - 29

Oznaka prelomnih tačaka
- Granica obuhvata projekta

ТОПОГРАФСКИ ПЛАН
Локација: "6551,6552 КО Ступница"



Analitičko geodetske korordinate parcela

КАТАСТАРСКА ПАРЦЕЛА 6551			КАТАСТАРСКА ПАРЦЕЛА 6552		
ОЗНАКЕ	КООРДИНАТЕ		ОЗНАКЕ	КООРДИНАТЕ	
	Y	X		Y	X
3	7592059.31	4769556.43	1	7592040.89	4769543.36
4	7592068.28	4769584.2	2	7592050.47	4769550.21
5	7592076.5	4769583.08	3	7592059.31	4769556.43
6	7592082.6	4769583.7	26	7592064.29	4769537.26
7	7592083.58	4769565.44	27	7592070.27	4769522.19
8	7592086.34	4769552.19	28	7592078.7	4769505.88
9	7592097.95	4769527.64	29	7592094.32	4769489.56
10	7592105.38	4769521.82	16	7592122.57	4769480.6
11	7592115.97	4769516.22	17	7592117.83	4769464.04
12	7592125.8	4769513.97	18	7592110.11	4769448.48
13	7592135.89	4769512.73	19	7592096.36	4769452.33
14	7592130.41	4769501.4	20	7592082.35	4769457.94
15	7592123.93	4769491.44	21	7592072.89	4769466.91
16	7592122.57	4769480.6	22	7592063.17	4769480.85
29	7592094.32	4769489.56	23	7592052.22	4769499.28
28	7592078.7	4769505.88	24	7592046.49	4769514.85
27	7592070.27	4769522.19	25	7592043.00	4769530.53
26	7592064.29	4769537.26			

ЕКТА 2017

Investitor:
Marko Mladenović

Hajduk Veljkova 20, 16000 Leskovac

Objekat:
MSE "Stupnica", instalisane snage
500 kW, na kp br. 6551 i 6552
KO Stupnica, Leskovac

4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

ODGOVORNI PROJEKTANT:
Aleksandar Janjić dipl.inž.el.
BROJ LICENCE:
350 8581 04

Ozn.tehn.dok: IDR
Datum:
Oktobar, 2024.

Naziv crteža:
Situacioni plan- postojeće stanje

Razmera: 1/500	Crtež br.: List br.	E.1 1
-------------------	------------------------	----------

ТОПОГРАФСКИ ПЛАН
Локација: "6551,6552 КО Ступница"

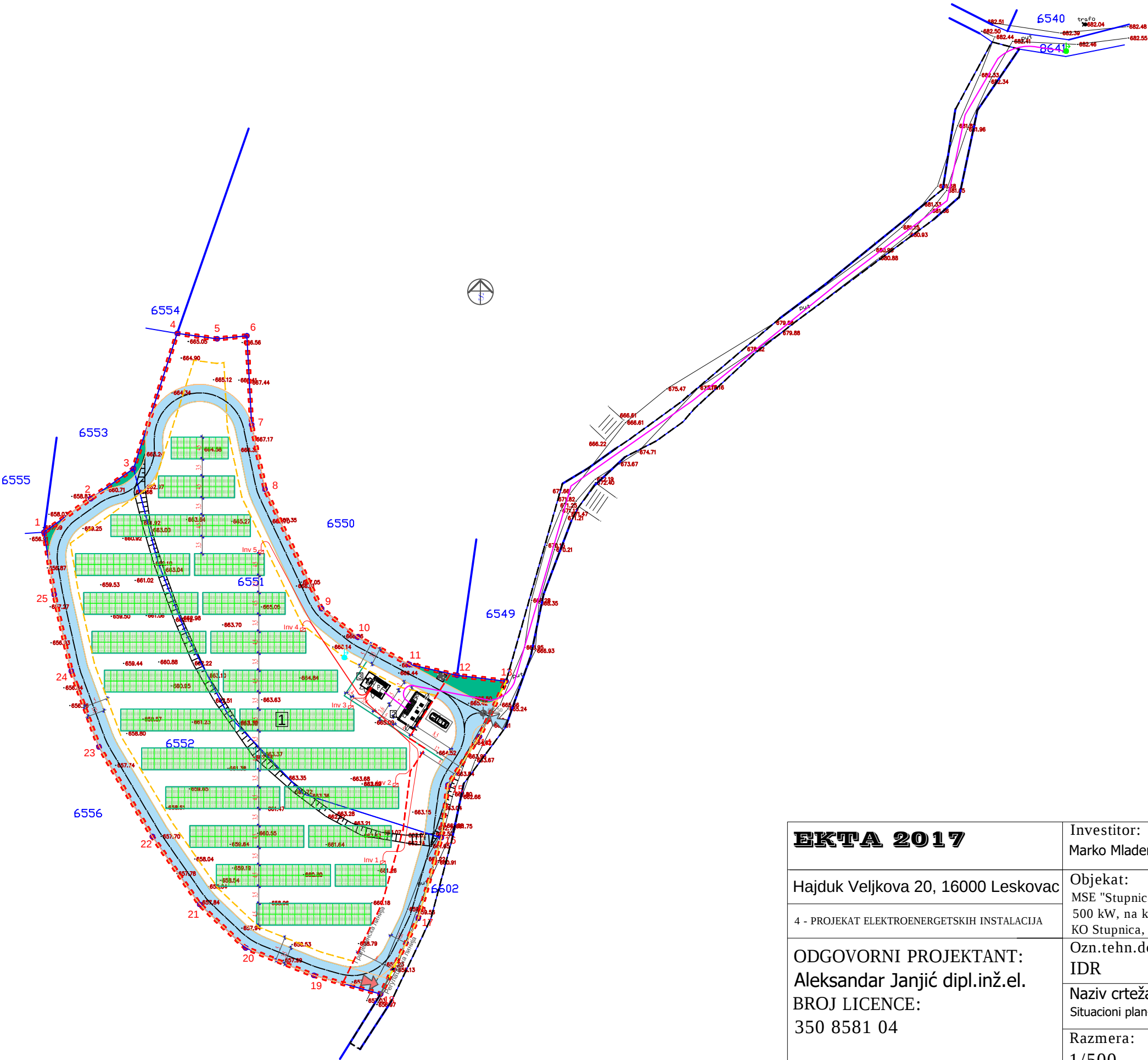
Legenda

- Katastarsko stanje
- 6551

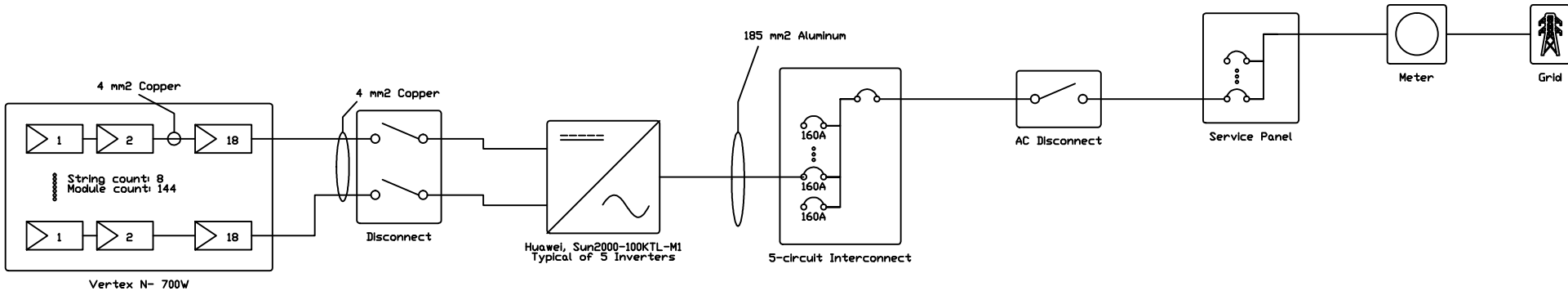
Broj katastarske parcele
- Prelomne tačke
- 1 - 29

Oznake prelomnih tačaka
- Granice obuhvata
- Građevinska linija
- Regulaciona linija
- Linija građenja
- Kolsko- pešački prilaz na/sa parcele
-glavni ulaz/izlaz
- Rezervni kolski prilaz
-izlaz sa parcele
- Postojeći nekategorisani put
- Interna saobraćajnica
- Plato
- Parking za putničko vozilo
- Zelenilo
- P

Spratnost objekta
- Posuda za otpad
- Fotonaponski panel (720 kom.)
- Inverter (5 kom.)
- Mala solarna elektrana
- Razvodno postrojenje 10 kV
- Trafo stanica 10/0,4 kV
- Jarbol sa uređajem za rano startovanje-gromobran
- Stub AB 12/2000
- Kabl 0,4 kV
- Kabl 10 kV



EKTA 2017		Investitor: Marko Mladenović	
Hajduk Veljkova 20, 16000 Leskovac		Objekat: MSE "Stupnica", instalisane snage 500 kW, na kp br. 6551 i 6552 KO Stupnica, Leskovac	
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA		Ozn.tehn.dok: Datum: IDR Oktobar, 2024.	
ODGOVORNI PROJEKTANT: Aleksandar Janjić dipl.inž.el.		Naziv crteža: Situacioni plan- buduće stanje	
BROJ LICENCE: 350 8581 04		Razmera: 1/500	Crtež br.: E.2 List br. 2



Module Specifications	
720 x Trinasolar, Vertex N	
STC Rating	700 W
V _{mp}	40.5 V
I _{mp}	17.29 A
V _{oc}	48.6 V
	18.32 A

Inverter Specifications	
5x Huawei, Sun2000-100KTL-M1	
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	5x 150 mm ²	180 m
String	40x 4 mm ²	3000 m

EKTA 2017

Hajduk Veljkova 20, 16000 Leskovac

4- PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

ODGOVORNI PROJEKTANT:
Aleksandar Janjić dipl.inž.el.
BROJ LICENCE:
350 858 104

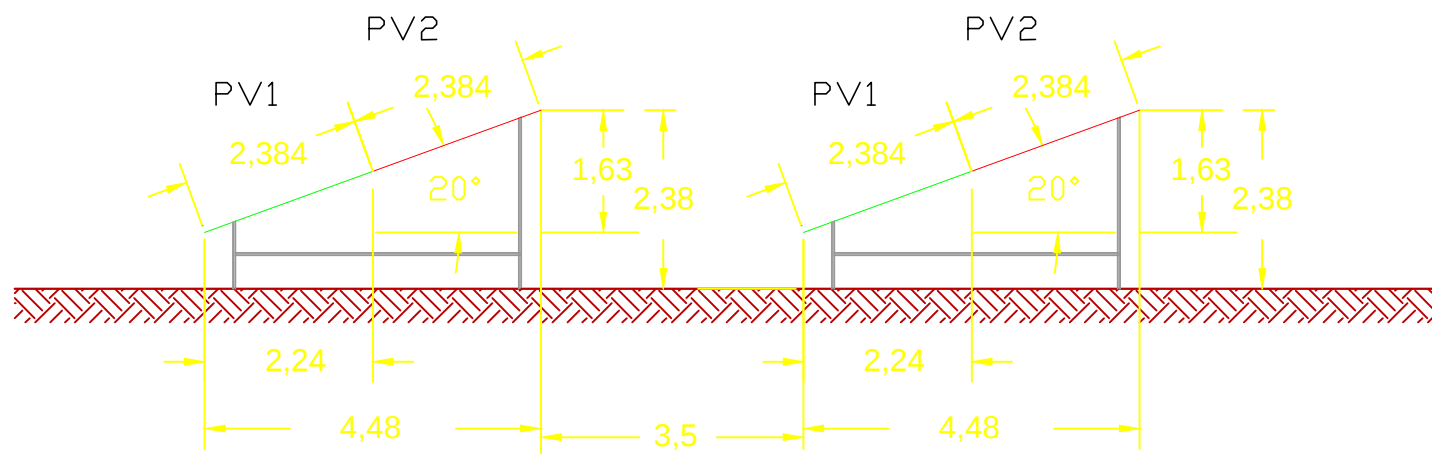
Investitor:
Marko Mladenović

Objekat:
MSE "Stupnica", instalisane snage
500 kW, na kp br. 6551 i 6552
KO Stupnica, Leskovac

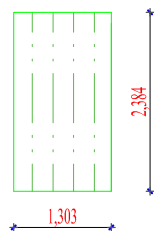
Ozn.tehn.dok: IDR
Datum:
Oktobar, 2024.

Naziv crteža:
Jednopolna šema MSE

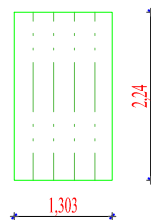
Razmera: N/A	Crtež br.: List br.	E.3 3
-----------------	------------------------	----------



Dimenzije
PV panela



Projekcija
PV panela



EKTA 2017

Investitor:
Marko Mladenović

Hajduk Veljkova 20, 16000 Leskovac

Objekat:
MSE "Stupnica", instalisane snage
500 kW, na kp br. 6551 i 6552
KO Stupnica, Leskovac

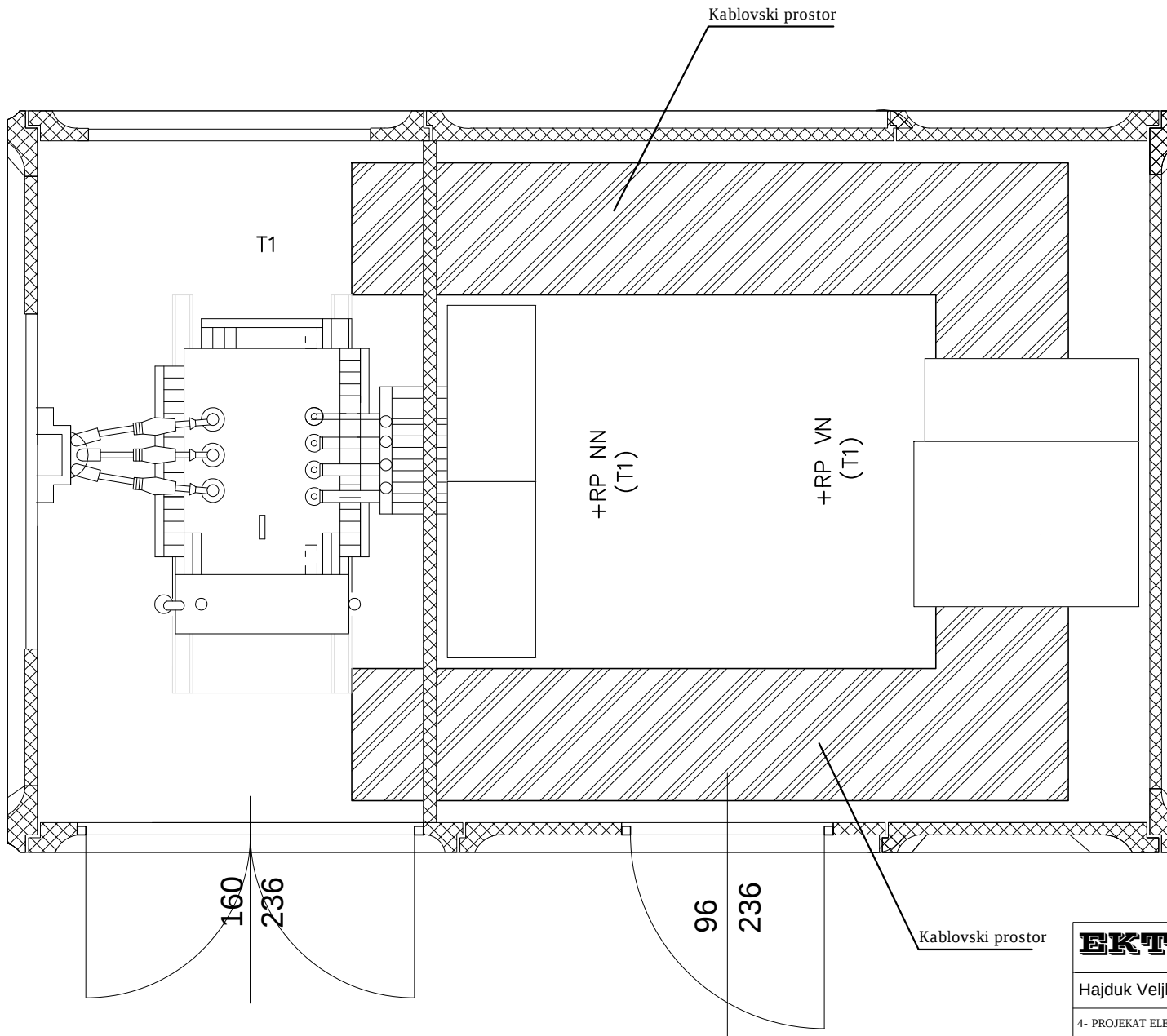
4- PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

ODGOVORNI PROJEKTANT:
Aleksandar Janjić dipl.inž.el.
BROJ LICENCE:
350 858 104

Ozn.tehn.dok: IDR
Datum:
Oktobar, 2024.

Naziv crteža:
Poprečni presek fotonaponskih panela

Razmera:	Crtež br.:	E.4
N/A	List br.:	4



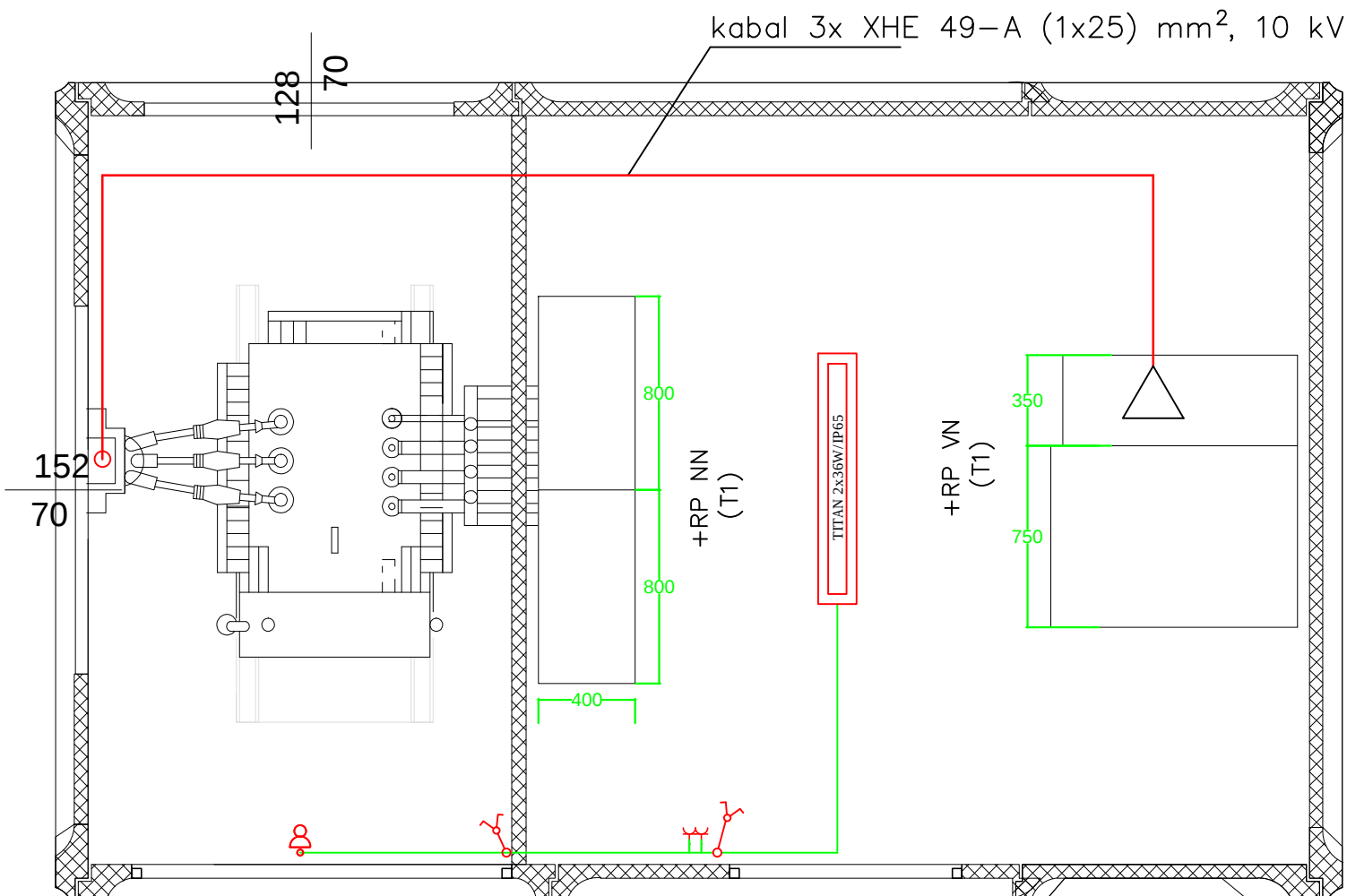
Legenda:

T1- Energetski transformator 10/0,4 kV,
snage 630 kW

+RP NN (T1)- Niskonaponsko razvodno
postrojenje 0,4 kV

+RP VN (T1)- Viskonaponsko razvodno
postrojenje 10 kV

EKTA 2017		Investitor: Marko Mladenović	
Hajduk Veljkova 20, 16000 Leskovac		Objekat: MSE "Stupnica", instalisane snage 500 kW, na kp br. 6551 i 6552 KO Stupnica, Leskovac	
4- PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA		Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Oktobar, 2024.
ODGOVORNI PROJEKTANT: Aleksandar Janjić dipl.inž.el.		Naziv crteža: Osnova prizemlja TS sa rasporedom elektro opreme	
BROJ LICENCE: 350 858 104		Razmera: N/A	Crtež br.: List br.
			E.5 5



Legenda:

Monofazna utičnica

Prekidač dvopolni

Svetiljka 100 W

Svetiljka fluo 2x36W

EKTA 2017

Hajduk Veljkova 20, 16000 Leskovac

4- PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

ODGOVORNI PROJEKTANT:
Aleksandar Janjić dipl.inž.el.
BROJ LICENCE:
350 858 104

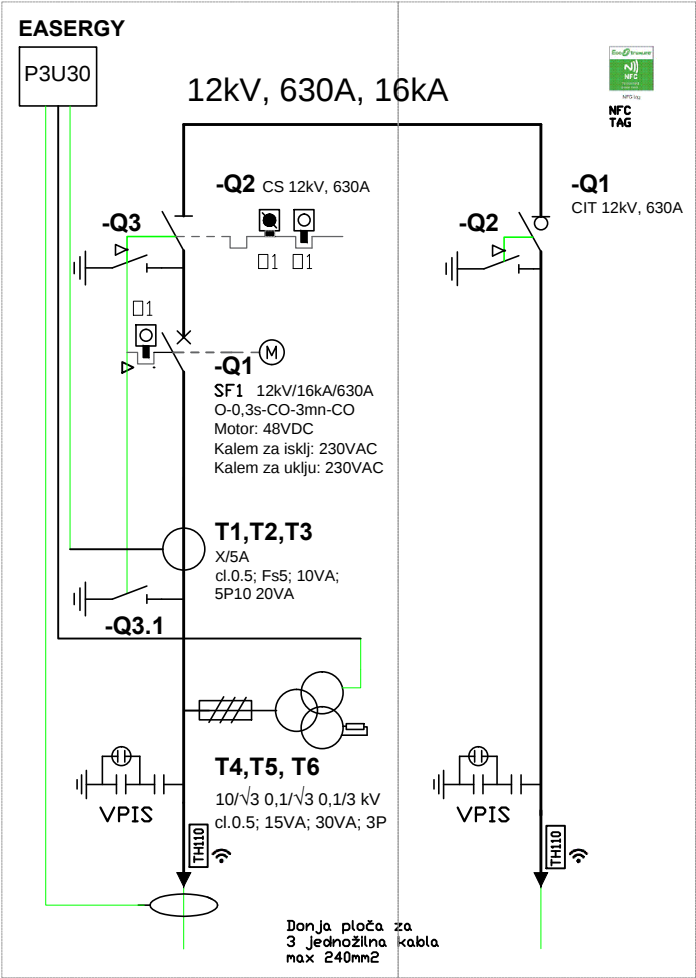
Investitor:
Marko Mladenović

Objekat:
MSE "Stupnica", instalisane snage
500 kW, na kp br. 6551 i 6552
KO Stupnica, Leskovac

Ozn.tehn.dok: IDR Datum:
Oktobar, 2024.

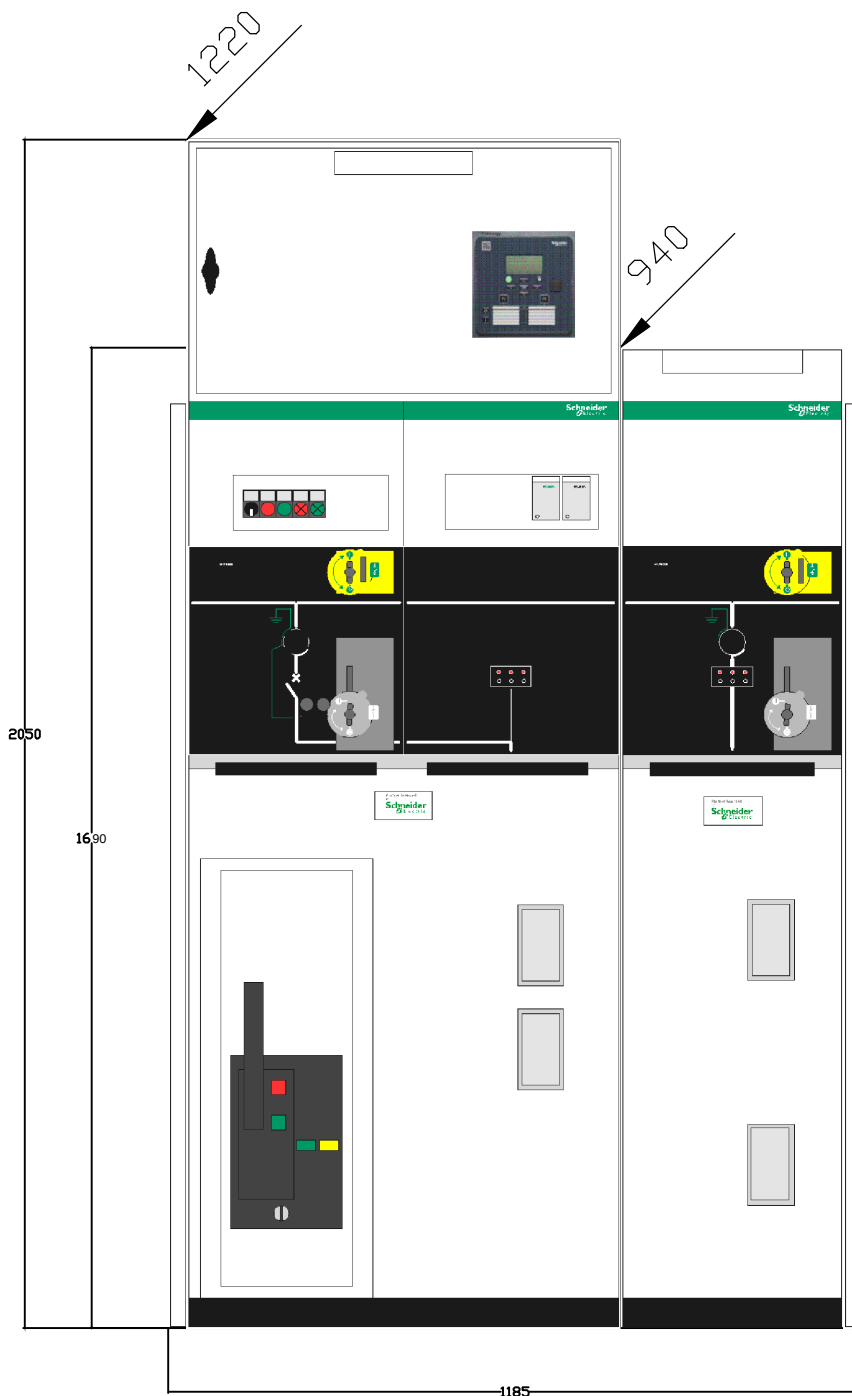
Naziv crteža:
Elektroenergetske instalacije u TS 10/0,4 kV

Razmera:	Crtež br.:	E.6
N/A	List br.:	6



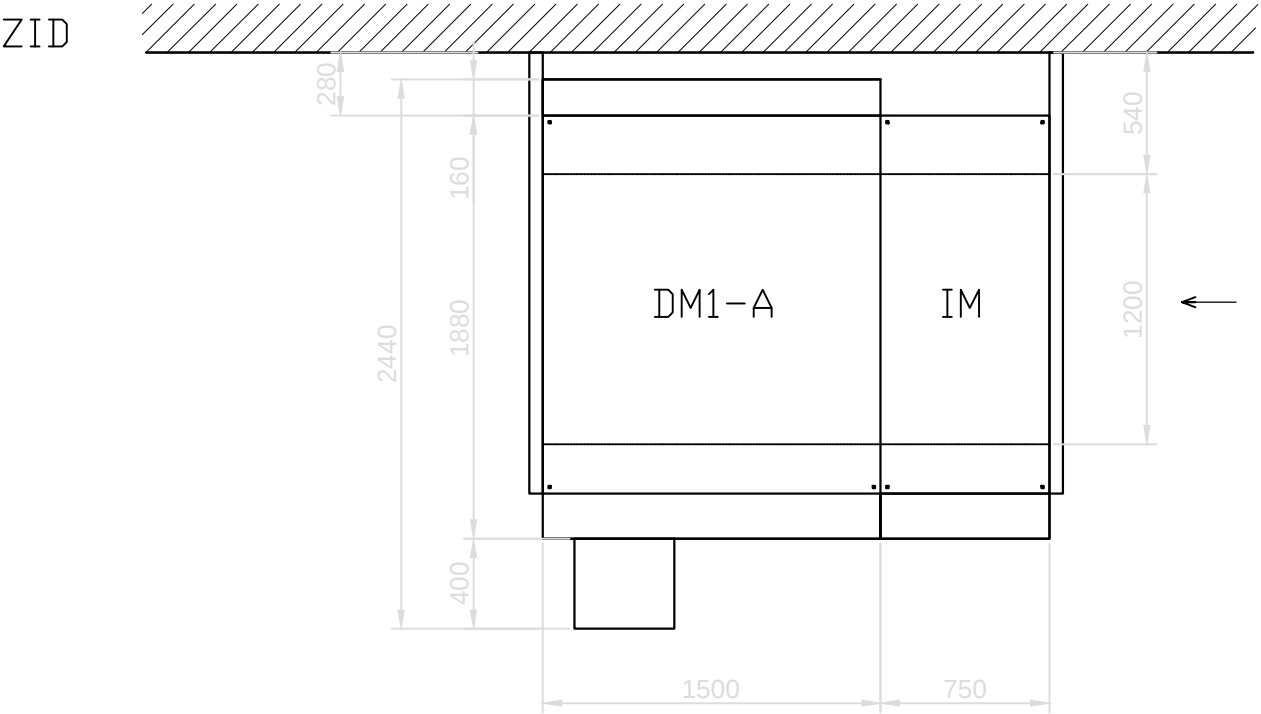
3	4
DM1-A	IM
Vodna ćelija	Vodna ćelija
Easergy P3U30	-

EKTA 2017		Investitor: Marko Mladenović	
Hajduk Veljkova 20, 16000 Leskovac		Objekat: MSE "Stupnica", instalisane snage 500 kW, na kp br. 6551 i 6552 KO Stupnica, Leskovac	
4- PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA		Ozn.tehn.dok: Datum: IDR Oktobar, 2024.	
ODGOVORNI PROJEKTANT: Aleksandar Janjić dipl.inž.el.		Naziv crteža: Jednopolna šema razvodnog postrojenja 10 kV u TS	
BROJ LICENCE: 350 858 104		Razmera:	Crtež br.: E.7
		N/A	List br. 7

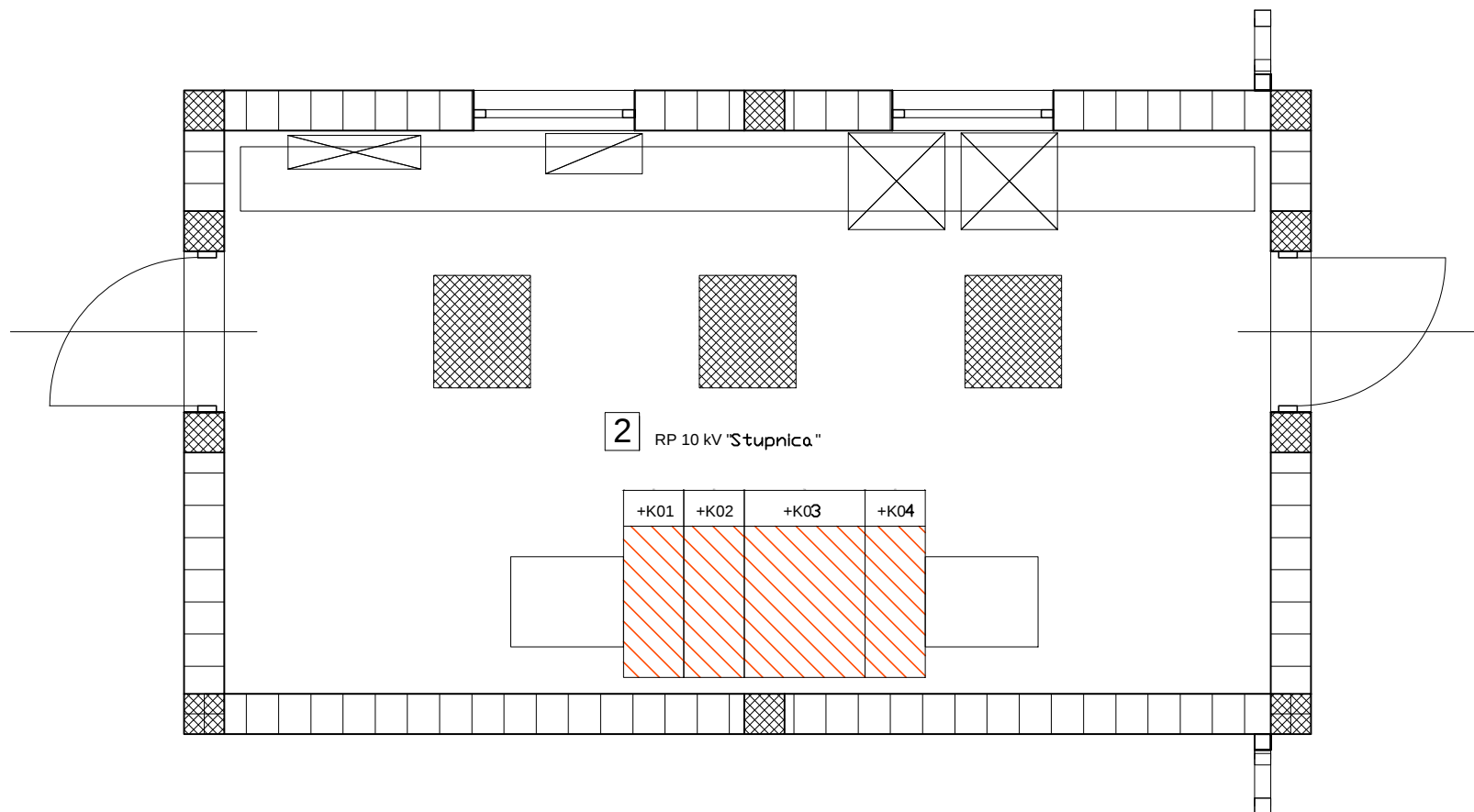


Nominalni napon opreme: 12 kV
 Radni napon: 10 kV
 Unutrašnji luk: 12.5 kA / 1 sec, A-FL
 Termička podnosiva struja kA/1sec: 16 kA / 1 sec
 Frekvencija: 50 Hz
 Izolacioni nivo: 28 kVrms / 1min; 75 kVrms / peak
 Nominalna struja sabirnica: 630 A
 Tip postrojenja: SM6 - IM + DM1-A(CT, VT, P3U30)

EKTA 2017		Investitor: Marko Mladenović	
Hajduk Veljkova 20, 16000 Leskovac		Objekat: MSE "Stupnica", instalisane snage 500 kW, na kp br. 6551 i 6552 KO Stupnica, Leskovac	
4- PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA		Ozn.tehn.dok: IDR	
ODGOVORNI PROJEKTANT: Aleksandar Janjić dipl.inž.el.		Datum: Oktobar, 2024.	
BROJ LICENCE: 350 858 104		Naziv crteža: Dimenzije 10 kV čelija u TS	
Razmera: N/A		Crtež br.:	E.8
		List br.	8



EKTA 2017		Investitor: Marko Mladenović	
Hajduk Veljkova 20, 16000 Leskovac		Objekat: MSE "Stupnica", instalisane snage 500 kW, na kp br. 6551 i 6552 KO Stupnica, Leskovac	
4- PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA		Ozn.tehn.dok: IDR	
ODGOVORNI PROJEKTANT: Aleksandar Janjić dipl.inž.el.		Datum: Oktobar, 2024.	
BROJ LICENCE: 350 858 104		Naziv crteža: Dimenzije osnove 10kV ćelija u TS	
Razmera: N/A		Crtež br.:	E.9
		List br.	9



Legenda:

2- RP 10 kV Stupnica

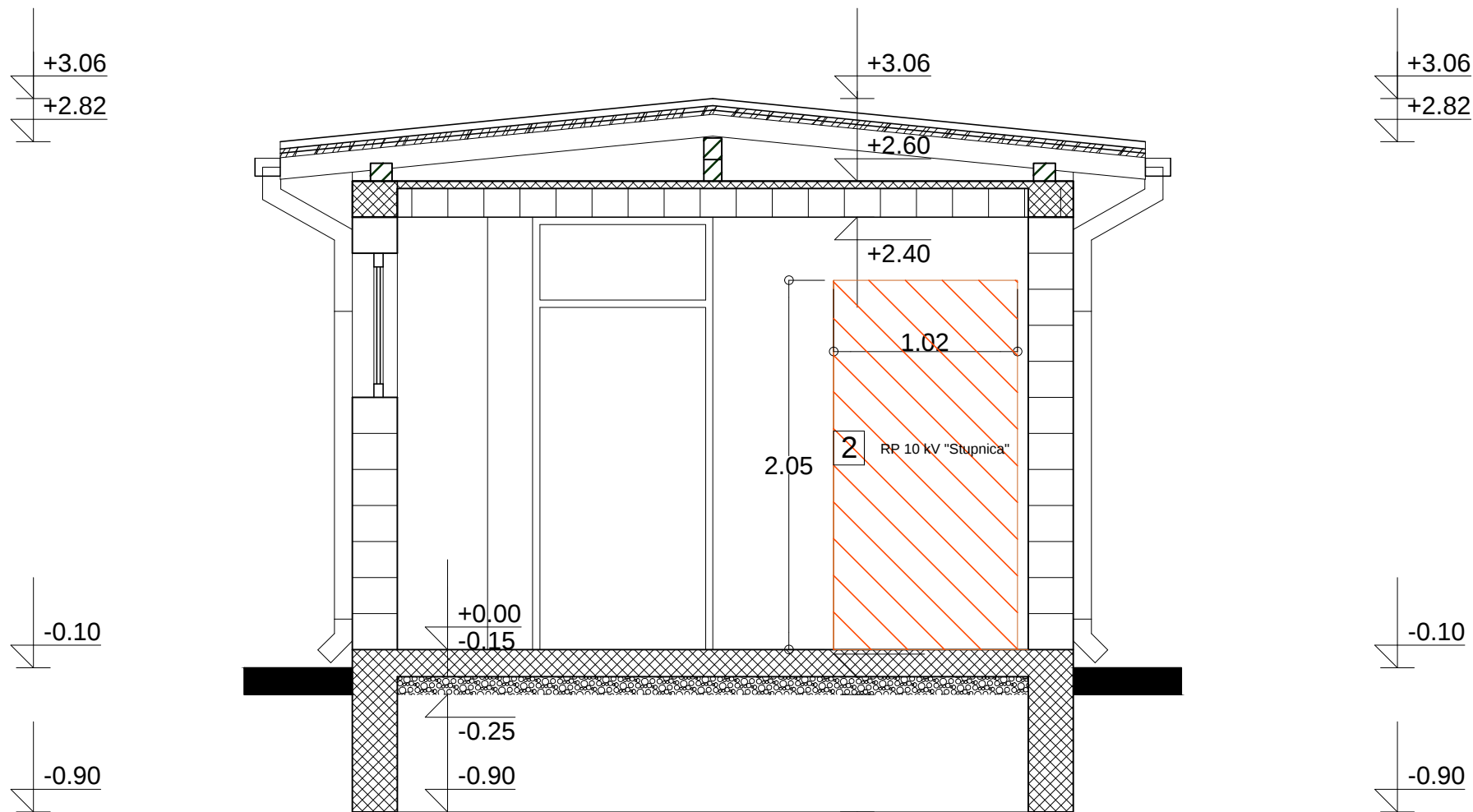
+K01- vodna ćelija 10 kV, tip IM, dimenzije 375x940x1690 (priključenje MSE Stupnica)

+K02- ćelija sopstvene potrošnje 10 kV, tip TM, dimenzije 375x940x2050 (sopstvena potrošnja RP 10 kV)

+K03- merna ćelija 10 kV, tip GBC-B, dimenzije 750x1020x1690 (merenje električne energije)

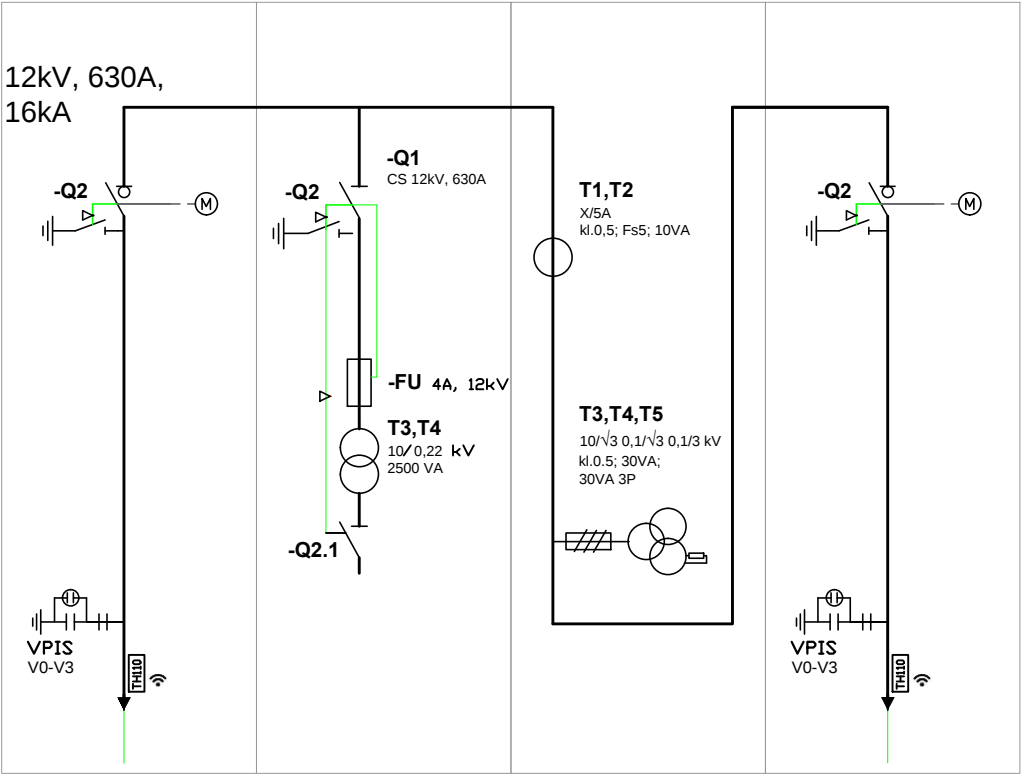
+K04- vodna ćelija 10 kV, tip IM, dimenzije 375x940x1690 (priključenje na postojeći DV 10 kV)

EKTA 2017		Investitor: Marko Mladenović	
Hajduk Veljkova 20, 16000 Leskovac		Objekat: MSE "Stupnica", instalisane snage 500 kW, na k.p. br. 6551 i 6552 KO Stupnica, Leskovac	
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA		Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Oktobar, 2024.
ODGOVORNI PROJEKTANT: Aleksandar Janjić dipl.inž.el. BROJ LICENCE: 350 858 104		Naziv crteža: Osnova prizemlja RP 10 kV sa rasporedom elektro opreme	
Razmera: N/A		Crtež br.: List br.	E.10 10



EKTA 2017		Investitor: Marko Mladenović	
Hajduk Veljkova 20, 16000 Leskovac		Objekat: MSE "Stupnica", instalisane snage 500 kW, na k.p. br. 6551 i 6552 KO Stupnica, Leskovac	
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA		Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Oktobar, 2024.
ODGOVORNI PROJEKTANT: Aleksandar Janjić dipl.inž.el.		Naziv crteža: Poprečni presek RP 10 kV sa elektro opremom	
BROJ LICENCE: 350 858 104		Razmera: N/A	Crtež br.: E11
		List br.:	11

RP 10 kV "Stupnica "



+K01	+K02	+K03	+K04
IM	TM	GBC-B	IM
Vodna ćelija	Ćelija sopstvene potrošnje	Merna ćelija	Vodna ćelija

EKTA 2017

Hajduk Veljkova 20, 16000 Leskovac

4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

ODGOVORNI PROJEKTANT:
Aleksandar Janjić dipl.inž.el.
BROJ LICENCE:
350 858 104

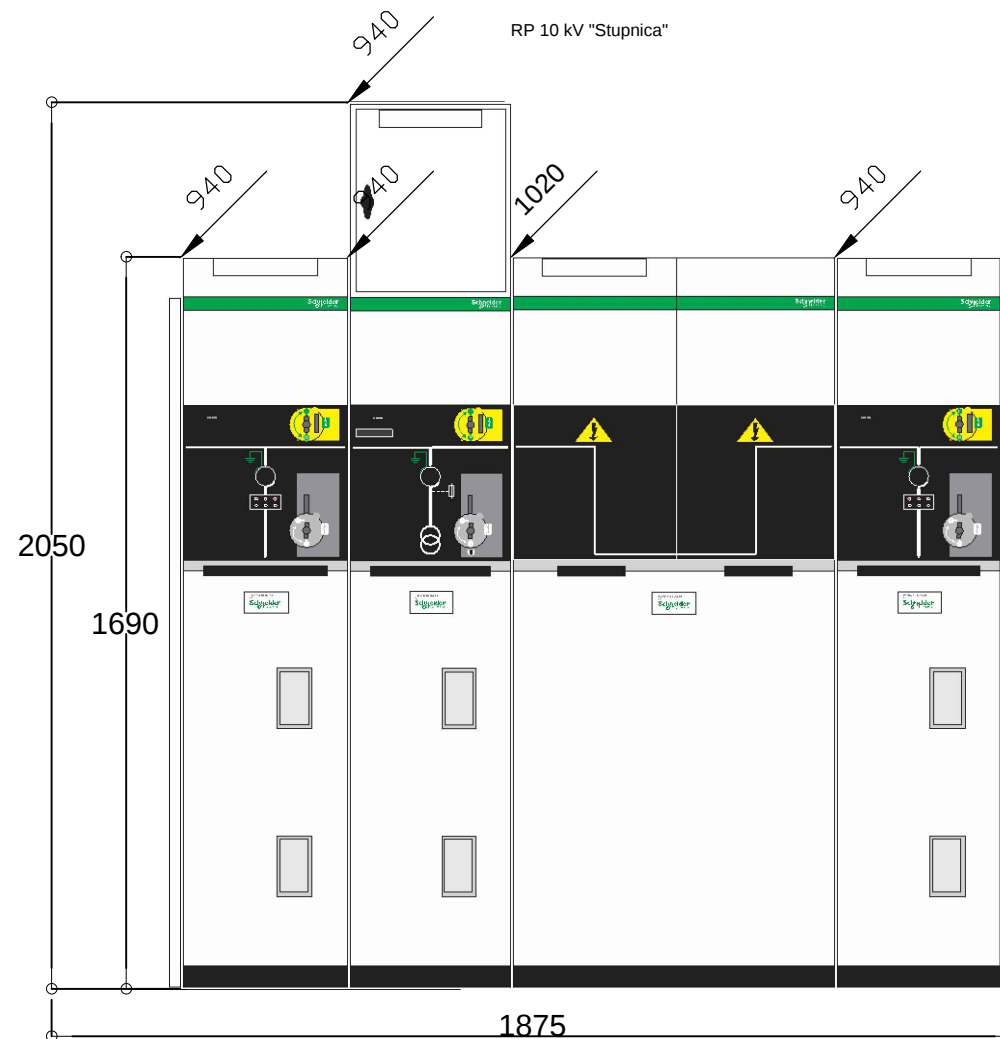
Investitor:
Marko Mladenović

Objekat:
MSE "Stupnica", instalisane snage
500 kW, na k.p. br. 6551 i 6552
KO Stupnica, Leskovac

Ozn.tehn.dok: IDR
Datum:
Oktobar, 2024.

Naziv crteža:
Jednopolna šema razvodnog postrojenja u RP 10 kV

Razmera:
N/A
Crtež br.: E.12
List br.: 12



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
= 630 A
75 kVrms / peak

Nominalna struja sabirnica:
.....

Tip postrojenja: SM6 -TM + IMx4 +
GBC-Bx2

EKTA 2017

Hajduk Veljkova 20, 16000 Leskovac

4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

ODGOVORNI PROJEKTANT:
Aleksandar Janjić dipl.inž.el.
BROJ LICENCE:
350 858 104

Investitor:
Marko Mladenović

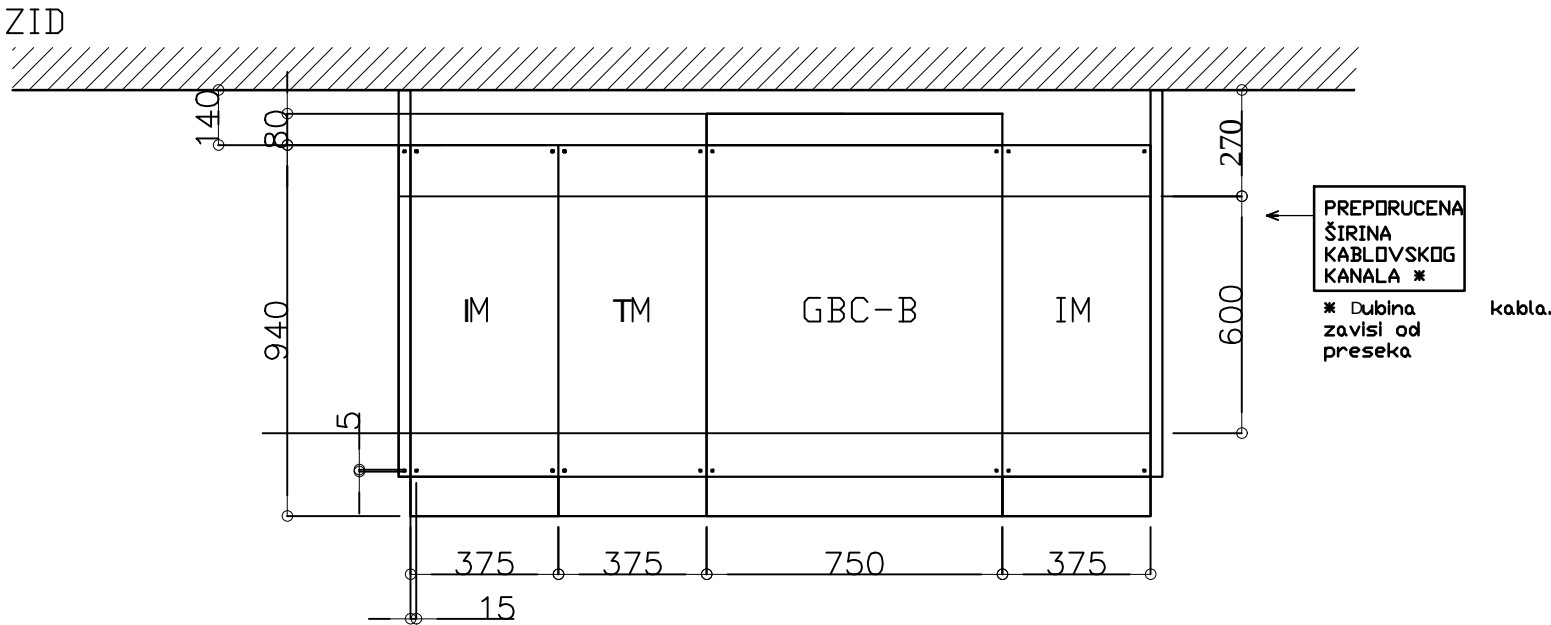
Objekat:
MSE "Stupnica", instalisane snage
500 kW, na k.p. br. 6551 i 6552
KO Stupnica, Leskovac

Ozn.tehn.dok: IDR Datum:
Oktobar, 2024.

Naziv crteža:
Dimenzije 10 kV ćelija u razvodnom postrojenju 10 kV

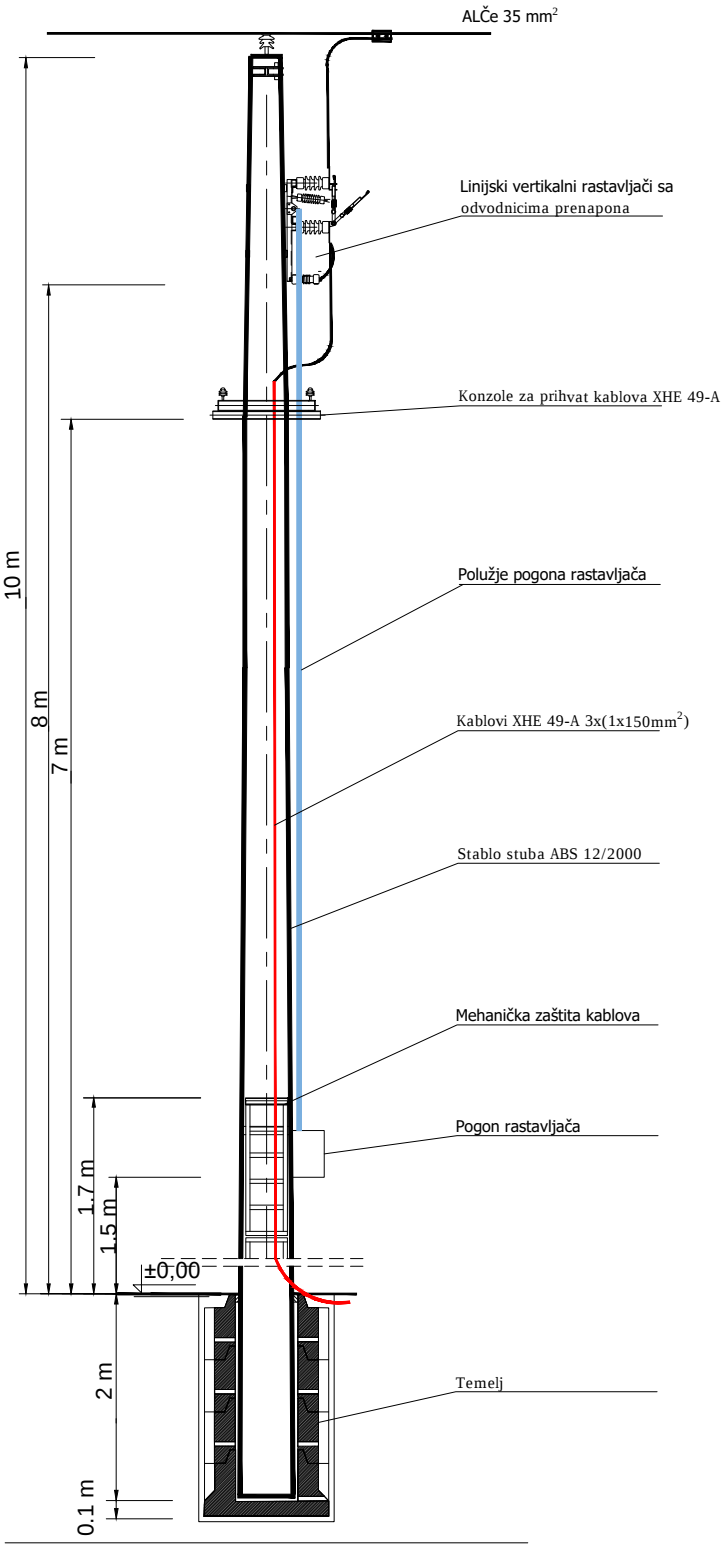
Razmera: N/A Crtež br.: E.13
List br. 13

RP 10 kV "Stupnica"



EKTA 2017		Investitor: Marko Mladenović	
Hajduk Veljkova 20, 16000 Leskovac		Objekat: MSE "Stupnica", instalisane snage 500 kW, na k.p. br. 6551 i 6552 KO Stupnica, Leskovac	
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA		Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Oktobar, 2024.
ODGOVORNI PROJEKTANT: Aleksandar Janjić dipl.inž.el.		Naziv crteža: Osnova 10 kV ćelija u razvodnom postrojenju 10 kV	
BROJ LICENCE: 350 858 104		Razmera: N/A	Crtež br.: E.14
		List br.	14

AB 12/2000



EKTA 2017		Investitor: Marko Mladenović	
Hajduk Veljkova 20, 16000 Leskovac		Objekat: MSE "Stupnica", instalisane snage 500 kW, na k.p. br. 6551 i 6552 KO Stupnica, Leskovac	
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA		Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Oktobar, 2024.
ODGOVORNI PROJEKTANT: Aleksandar Janjić dipl.inž.el.		Naziv crteža: AB stub 12/2000 sa opremom za priključenje na DV	
BROJ LICENCE: 350 858 104		Razmera: N/A	Crtež br.: List br.
			E.15 15