

4.1. NASLOVNA STRANA

4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

Investitor: "BON KŠ 15" d.o.o. Kruševac
Vidovdanska br.129, Kruševac
MB 21273309 PIB 109950580

Objekat: Solarno fotonaponsko postrojenje (SFNP) "SE BON" snage 75 kW
na KP br.296/4, K.O.Jablanica, grad Kruševac

Vrsta tehničke dokumentacije: IDR Idejno rešenje

Oznaka i naziv dela projekta: 4 - projekat elektroenergetskih instalacija

Vrsta radova: nova gradnja [objekat koji se gradi prema članu 145. *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)]

Projektant: «ĐAŠIĆ-ELEKTRO» D.O.O.Kruševac, ul. Bagdalska 28
MB 17443291
PIB 102065901

Odgovorno lice projektanta: Nebojša Đašić, dipl.inž.el.
Potpis: 

Odgovorni projektant: Nebojša Đašić, dipl.inž.el.
Broj licence: IKS 350 7069 04
Potpis: 

Broj dela projekta: IDR - 34-1/24
Mesto i datum: Kruševac, decembar 2024.

4.2. SADRŽAJ

4.1. NASLOVNA STRANA	1
4.2. SADRŽAJ	2
4.3. REŠENJE O IMENOVANJU ODGOVORNOG PROJEKTANTA	3
4.4. IZJAVA ODGOVORNOG PROJEKTANTA (4 –ELEKTROENERGETSKE INSTALACIJE)	4
4.5. TEKSTUALNA DOKUMENTACIJA	5
4.6. NUMERIČKA DOKUMENTACIJA	46
4.7. GRAFIČKA DOKUMENTACIJA	71

4.3. REŠENJE O IMENOVANJU 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 kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata* ("Službeni glasnik RS", br.96/2023) kao:

ODGOVORNI PROJEKTANT

za izradu 4 – projekta elektroenergetskih instalacija koji je deo idejnog rešenja za izvođenje radova na izgradnji novog objekta – solarno fotonaponsko postrojenje (SFNP) snage snage 75 kW na KP br.296/4, K.O.Jablanica, grad Kruševac, određuje se:

Nebojša Đašić, dipl.inž.el., licenca br. IKS 350 7069 04

Projektant: «ĐAŠIĆ-ELEKTRO» D.O.O.Kruševac, ul. Bagdalska 28
MB 17443291
PIB 102065901

Odgovorno lice/zastupnik: Direktor Nebojša Đašić, dipl.inž.el.

Potpis:



Broj dela projekta: IDR - 34-1/24
Mesto i datum: Kruševac, decembar 2024.

4.4. IZJAVA ODGOVORNOG PROJEKTANTA (4 –ELEKTROENERGETSKE INSTALACIJE)

Ja, odgovorni projektant za izradu 4 – projekta elektroenergetskih instalacija koji je deo idejnog rešenja za izvođenje radova na izgradnji novog objekta – solarno fotonaponsko postrojenje (SFNP) snage 75 kW na KP br.296/4, K.O.Jablanica, grad Kruševac,

Nebojša Đašić, dipl.inž.el., licenca IKS broj 350 7069 04

IZJAVLJUJEM

da je projekat izrađen u skladu sa *Zakonom o planiranju i izgradnji*, propisima, standardima i normativima iz oblasti izgradnje objekata i pravilima struke

Odgovorni projektant (IDR): Nebojša Đašić, dipl.inž.el.

Broj licence: IKS 350 7069 04

Potpis:



Broj dela projekta:

IDR - 34-1/24

Mesto i datum:

Kruševac, decembar 2024.

4.5. TEKSTUALNA DOKUMENTACIJA

4.5.1.	Projektni zadatak
4.5.2.	Uslovi za projektovanje i priključenje
4.5.3.	Opšti uslovi
4.5.4.	Tehnički opis
4.5.5.	Prilog o potrebnim i primenjenim merama bezbednosti i zaštite zdravlja na radu
4.5.6.	Uticaj izgradnje SFNP na životnu sredinu

4.5.1. PROJEKTNİ ZADATAK

Solarno fotonaponsko postrojenje (SFNP) "SE BON"
snage 75 kW na KP br.296/4, K.O.Jablanica, grad Kruševac

Projektovati izgradnju SFNP snage 80 kW sa odgovarajućom opremom, koja će raditi paralelno sa distributivnim elektroenergetskim sistemom i svu proizvedenu električnu energiju (osim sopstvene potrošnje) utiskivati u distributivni sistem električne energije.

Tehničkim opisom projekta obraditi:

- elektroenergetske instalacije SFNP
- zaštitu SFNP
- uzemljenje SFNP (izjednačavanje potencijala)
- gromobransku zaštitu

Osnovni podaci o parceli:

- geografska širina 43° 27' 57.92" N
- geografska dužina 21° 15' 59.75" E
- nadmorska visina 212 m
- klima umereno-kontinentalna

Predvideti fiksni noseći sistem na zemlji, pod optimalnim uglom.

Predvideti odgovarajuće sistemske zaštite za pravilan i bezbedan rad MSE.

Kao podloge za projektovanje koristiti KTP i uslove izdate od strane nadležne Elektro distribucije.

Pri projektovanju pridržavati se svih važećih zakona, standarda, tehničkih propisa i preporuka.

Kruševac
avgust, 2024.god.

Investitor:



4.5.2. USLOVI ZA PROJEKTOVANJE I PRIKLJUČENJE

 ЕЛЕКТРОДИСТРИБУЦИЈА СРБИЈЕ	 AAAE9128976219929 ПП-ЕНГ-01.95/02
---	---

Број: <u>2540400-ДОЗМ-11534/1</u> Датум: <u>3. м. 2023</u>	БОН КШ 1С Д.О.О. Ул. Видовданска 129 37000 Крушевац
---	--

Одлучујући о захтеву БОН КШ 1С Крушевац, ул. Видовданска 129, бр. 516651/1-22 од 29.11.2022. године, на основу Закона о енергетици („Сл. гласник РС“ бр. 145/14, 95/18 - др. закон и 40/2021), Уредбе о условима испоруке и снабдевања електричном енергијом („Сл. гласник РС“ бр. 63/13 и 91/18) и Правила о раду дистрибутивног система, издају се:

УСЛОВИ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ И ПРИКЉУЧЕЊЕ

објекта за производњу електричне енергије - соларна електрана "БОН " на КП бр. 296/4, КО Јабланица, град Крушевац (у даљем тексту: електрана) на дистрибутивни систем електричне енергије (у даљем тексту: ДСЕЕ).

На основу увида у достављену документацију, издају се ови услови уз констатацију да изградња објекта није могућа без испуњења следећих додатних услова:

1. Закључивање уговора о опремању земљишта између имаоца јавног овлашћења "Електродистрибуција Србије" доо Београд-Огранак Електродистрибуција Крушевац (у даљем тексту: ЕДС) и инвеститора електране којим се регулише изградња недостајуће инфраструктуре наведене у тачки 7.1, подтачка 4 или

Потврда да је изградња недостајуће електроенергетске инфраструктуре са описом радова наведених у тачки 7.1 подтачка 4. у плану ЕДС.

1. Основни технички подаци о електрани и намена објекта
 - Планирана одобрена снага електране: 75 kW
 - Број генератора у електрани: 1
 - Технички подаци инвертора:

назначени напон: 0,4 kV
 назначена привидна снага $S_n = 80 \text{ kVA}$
 активна снага $P_n = 75 \text{ kW}$
 фактор снаге: 0,8-1 (подпобуђено) – 0,8-1 (надпобуђено)

 - Начин рада: Паралелан рад са дистрибутивним системом електричне енергије са предајом енергије у ДСЕЕ у целости изузев сопствене потрошње електране.
 - Намена објекта: Постројење за производњу електричне енергије.
2. Начин прикључења и технички опис прикључка
 - 2.1. Врста прикључка: индивидуални
 - 2.2. Карактер прикључка: трајни

Електродистрибуција Србије д.о.о. Београд

11070 Београд – Нови Београд

Булевар уметности бр. 12

Страна 1 од 10

ПИБ: 100001378

Матични број: 07005466

- 2.3. Место прикључења електране на ДСЕС: Увод вода странке у орман мерног места (у даљем тексту: ОММ) постављен у НН орман ТС 10/0,4 kV Јабланица 1
- 2.4. Место везивања прикључка на ДСЕС: Нисконапонска табла из ТС 10/0,4 kV "Јабланица 1" на 10 kV изводу "Грљање" из ТС 35/10 kV „Купци“.
- 2.5. Прикључење електране на ДСЕС је трофазно са симетричним системом напона синусоидног облика.
- 2.6. Називни напон мреже на месту прикључења електране на ДСЕС је $U_n = 0,4 \text{ kV}$.
- 2.7. Називна фреквенција у ДСЕС је $f_n = 50 \text{ Hz}$.
- 2.8. **Опис прикључка до места прикључења**
- 2.8.1. Са слободног нисконапонског извода из ТС 10/0,4 kV "Јабланица 1" до ОММ постављеног на зиду ТС типа кула, положити нови нисконапонски кабл типа и пресек PP00-A 4x150mm². Због недостатка слободног НН извода у постојећем орману ТС извршити замену са новим који ће омогућити прикључење СЕ и у овај орман биће смештени и СМТ.
- 2.9. **Опис мерног места**
- Обрачунско мерење размене енергије између електране и ДСЕС реализовати као двосмерно полуиндиректно тросистемско мерење (са мерењем у сва 4 квадранта). Мерна група мора бити у складу са "Функционалним захтевима и техничким спецификацијама АМИ/МДМ система", свеска 1, верзија 4.0, укључујући све обавезне допунске функције које се односе на бројила за прикључење објекта за производњу електричне енергије. Мерна група такође треба да поседује и све опционе допунске функције које се односе на бројила за прикључење објекта за производњу електричне енергије, а које су дефинисане поменутим документом, осим особине из тачке 1.22.1. (заптивеност кућишта), односно ниво заштите за бројило може бити најмање IP 51. Мерна група мора бити опремљена GPRS модемом у складу са спецификацијама дефинисаним поменутим документом
- Мерни уређај је за снагу од 80 kVA прикључен на одговарајуће струјне мерне трансформаторе преносног односа 125/5A и смештен у ОММ опремљен мерно-прикључном кутијом (МПК) са могућношћу пломбирања.
- Мерни уређај је повезан тако да смер енергије од ДСЕС ка Кориснику види као „потрошњу“ и утрошену електричну енергију смешта у регистре 1.8.x и 3.8.x, а смер енергије од Корисника ка ДСЕС види као „производњу“ и произведену електричну енергију смешта у регистре 2.8.x и 4.8.x.
- Захтевана назначена класа тачности за полуиндиректну мерну групу: за активну енергију и снагу најмања назначена класа тачности је 1, односно В, а за реактивну енергију најмања назначена класа тачности је 3.
- 2.10. Заштитни уређаји са стране ДСЕС ће бити нови НН осигурачи прекидне моћи 120 kA, називне струје 200 A.
- 2.11. Изградња електроенергетских објеката у ДСЕС до места прикључења електране на ДСЕС и опремање мерног места у искључивој је надлежности Дистрибутера. У складу са тим, ови услови се не могу користити за израду техничке документације и покретање других активности потребних за реализацију изградње објеката у ДСЕС и прикључка. Дистрибутер дефинише прикључак и место прикључења у Решењу о одобрењу за прикључење електране, у складу са законским прописима, и задржава право измене ставова из тачке 2. ових услова, приликом издавања решења о одобрењу за прикључење.

Страна 2 од 10

Електродистрибуција Србије д.о.о. Београд

11070 Београд – Нови Београд
Булевар уметности бр. 12ПИБ: 100001378
Матични број: 07005466

3. Основни технички подаци о ДСЕЕ на месту прикључења

- 3.1. Стварна струја трофазног кратког споја са стране ДСЕЕ на месту прикључења електране на ДСЕЕ, у субтранзијентном периоду је $I_{ks}=6,91\text{kA}$, однос $R/X=0,63$.
- 3.2. Електроенергетска опрема у ДСЕЕ на $0,4\text{ kV}$ напону је димензионисана на дозвољену струју (снагу) трофазног кратког споја 16 kA (11 MVA).
- 3.3. Неутрална тачка мреже $0,4\text{ kV}$ (1 kV) напона је уземљена.
- 3.4. Појава кратких спојева и осталих кварова у ДСЕЕ је стохастичке природе и њихов број се не може предвидети.
- 3.5. У ДСЕЕ се примењује ручна и аутоматска регулација напона која има за циљ да одржи вредност напона у границама $\pm 10\%$ називног напона U_n . Напон се контролише аутоматском регулацијом на секундарној страни ТС $110/35\text{ kV/kV}$ применом регулационе преклопке са кораком од $1,6\%$ од називног напона U_n . Аутоматска регулација напона се спроводи са временским затезањем од 30 до 180 s .
- 3.6. За заштиту електроенергетског система од хаварија и других непредвиђених поремећаја, у ДСЕЕ се примењује мера ограничења потрошње помоћу напонске редукције снижењем напона за 5% од називног напона U_n , применом опреме и уређаја који су описани у тачки 3.5.
- 3.7. Основна заштита $0,4\text{ kV}$ водова у ДСЕЕ изводи се високоучинским осигурачима.

4. Општи технички услови које треба да задовољи опрема у електрани

- 4.1. Електрана се пројектује и изводи у складу са важећим техничким прописима и стандардима, као и Правилима о раду дистрибутивног система.
- 4.2. Струја (снага) трофазног кратког споја меродавна за димензионисање опреме на $0,4\text{ kV}$ напону износи 16 kA (11 MVA).
- 4.3. Максимална снага електране са којом се предаје енергија у ДСЕЕ је 75 kW . Максимална снага са којом се преузима енергија из ДСЕЕ је 3 kW (сопствена потрошња).
У електрани ће бити инсталирана један инвертор привидне снаге од по 80 kVA , са полазном струјом која је мања или једнака назначеној струји инвертора. У електрани може бити предвиђен другачији број инвертора и могу бити уграђени инвертори другачијих карактеристика у односу на податке наведене у овом акту, уз услов обавезног испуњења критеријума 4.7.1. - 4.7.6. овог акта, у оквиру максималне снаге електране са којом се предаје енергија у ДСЕЕ.
- 4.4. У електрани обезбедити аутоматску регулацију фактора снаге у границама $0,90$ подпобуђено и $0,90$ надпобуђено. Вредност фактора снаге са којом електрана ради треба да је подесива и дефинише је ЕДС. Електрана треба да поседује и аутоматску регулацију реактивне снаге која се користи по налогу ЕДС. Фактор снаге у режиму пријема активне електричне енергије из ДСЕЕ треба да буде изнад $0,95$ ($\cos\varphi \geq 0,95$).
- 4.5. Инсталације и уређаји у електрани морају бити прилагођени стандарду SRPS EN 50160.
- 4.6. Максимална дозвољена компонента струје кратког споја од стране електране, на месту прикључења на ДСЕЕ (почетна симетрична струја кратког споја, ефективна вредност), не сме бити већа од $0,5\text{ kA}$. У техничкој документацији електране је

Страна 3 од 10

Електродистрибуција Србије д.о.о. Београд

11070 Београд – Нови Београд
Булевар уметности бр. 12

ПИБ: 100001378
Матични број: 07005466

потребно навести стварну вредност струје кратког споја са стране електране на месту прикључења електране на ДСЕС.

4.7. За прикључење и безбедан паралелан рад електране са ДСЕС, електрана мора да задовољи 6 основних критеријума:

- 4.7.1. Критеријум максимално дозвољене снаге генератора у електрани;
- 4.7.2. Критеријум дозвољених вредности напона у стационарном режиму;
- 4.7.3. Критеријум трајно дозвољених вредности струја елемената ДСЕС;
- 4.7.4. Критеријум фликера;
- 4.7.5. Критеријум дозвољених струја виших хармоника и интерхармоника;
- 4.7.6. Критеријум снаге кратког споја.

У пројекту електране треба спровести проверу критеријума 4.7.1, 4.7.4 - 4.7.6. Критеријуми 4.7.1, 4.7.4 и 4.7.5 проверавају се према одредбама Правила о раду дистрибутивног система, а критеријум 4.7.6 према услову датом у тачки 4.6. При провери критеријума 4.7.5 претпоставити да је у мрежи припадајуће ТС 110/35 kV прикључена само предметна електрана.

Уколико, након прикључења електране, у било ком моменту у току погона електране, буду нарушени критеријуми из ове тачке, електрана ће бити одвојена од ДСЕС док странка, о свом трошку, не отклони узроке поремећаја.

Странка је дужна да по налогу ОДС, угради филтере за одговарајуће редове виших хармоника чиме се обезбеђује да основне карактеристике напона на месту прикључења електране на ДСЕС – ефективна вредност, фреквенција, симетричност и таласни облик буду у задатим оквирима. Странка је дужна да поступи по налогу ОДС у случају измене Правила о раду дистрибутивног система.

- 4.8. У РО електране, у који се везује вод електране, уграђује се спојни прекидач, који се користи за: спајање (повезивање) електране са ДСЕС, аутоматско одвајање електране од ДСЕС због кварова и поремећаја у ДСЕС деловањем системске заштите или заштите вода и одвајање електране од ДСЕС због извођења радова, ремонта, итд.
- 4.9. У РО електране као и у објекту електране, обезбедити заштиту од напона корака и додира и заштиту од електричног удара у складу са важећим прописима и стандардима.
- 4.10. У РО електране као и у објекту електране, обезбедити заштиту од пренапона и атмосферског пражења у складу са важећим прописима и стандардима.
- 4.11. Електрана не сме имати електричну везу са струјним круговима који се напајају преко других мерних уређаја. Електрана може имати електричну везу са ДСЕС искључиво на начин дефинисан овим документом.
- 4.12. Инсталацију и уређаје у електрани ускладити са карактеристикама заштитних уређаја на месту прикључења на ДСЕС.

5. Технички услови за реализацију прикључења електране на ДСЕС - обавезе које су у надлежности Странке

- 5.1. Електрана се повезује са инсталацијама странке преко једног трофазног вода (вод од спојног прекидача до места везивања на постојеће инсталације) који се димензионише и изводи према називном напону инсталације на које се прикључује и максималним једновременим оптерећењем.

Страна 4 од 10

Електродистрибуција Србије д.о.о. Београд

11070 Београд – Нови Београд
Булевар уметности бр. 12

ПИБ: 100001378
Матични број: 07005466

- 5.2. Странка је дужна да обезбеди вод електране од ОММ до РО електране – по траси коју одреди Странка или надлежни општински орган. Вод може бити надземни са голим проводницима или изведен СКС-ом минималног пресека 50 mm². Вод може бити подземни (кабловски) минималног пресека 150 mm². Вод може бити другачијег пресека и састављен од више деоница различитог типа и пресека по избору странке и спрам карактеристика електране, али такав да обавезно буду задовољени критеријуми из тачке 4.8. Вод електране се у ОММ, уводи кабловским водом пресека до максимално 150 mm².
- 5.3. Странка је у обавези да обезбеди РО електране на погодном месту, са спојним прекидачем за везивање вода.
- 5.4. У РО електране потребно је уградити следећу опрему:
- Прекидач - спојни прекидач. Прекидач је називног напона 0,4 kV, (једнополна шема прикључења електране, са спојним прекидачем у РО електране, је приказана у прилогу бр. 1).

Прекидач који је интегрисан у инверторско коло се може користити само као допунска заштита.

6. Услови које треба да задовоље заштитни и остали уређаји намењени контроли укључења и искључења електране са ДСЕЕ

- 6.1. За заштиту генератора (инвертора) и елемената распонне апаратуре електране од могућих хаварија и оштећења услед кварова и поремећаја у ДСЕЕ примењују се две заштите: системска заштита и заштита вода. Деловањем ових заштита на спојном прекидачу мора се извршити аутоматско прекидање паралелног рада инвертора електране са ДСЕЕ.
- 6.2. Системска заштита се састоји од:
- 6.2.1. Напонске заштите, која се састоји од наднапонске заштите ($U >$) коју чине трофазни напонски релеј најмањег опсега подешавања (0,9-1,2) U_n , која реагује са временском задршком најмањег опсега подешавања (0,2-3) s и поднапонске заштите ($U <$) коју чини трофазни напонски релеј најмањег опсега подешавања (1,0-0,7) U_n , која реагује са временском задршком најмањег опсега подешавања (0,2-3) s.
- 6.2.2. Фреквентне заштите, која се састоји од надфреквентне заштите ($f >$) коју чини монофазни фреквентни релеј најмањег опсега подешавања (49-52) Hz, која реагује са временском задршком најмањег опсега подешавања (0,2-3) s и подфреквентне заштите ($f <$) коју чини монофазни фреквентни релеј најмањег опсега подешавања (51-48) Hz, која реагује са временском задршком најмањег опсега подешавања (0,2-3) s, а фреквентни релеј треба да буде са функцијом брзине промене фреквенције у интервалу 10 mHz. Обе заштите могу да буду реализоване преко једног уређаја (релеа) који испуњава претходне захтеве ($f >$ и $f <$). Фреквентна заштита може да се реализује и тако да се ова функција интегрише са неком другом заштитом.
- 6.3. Заштита 0,4 kV вода електране:
- 6.3.1. Заштита 0,4 kV вода електране са стране ДСЕЕ је обезбеђена заштитним уређајима описаним у тачки 2.10.
- 6.3.2. Заштита 0,4 kV вода која се уграђује на страни електране је прекострујна и делује на спојни прекидач или се може реализовати помоћу осигурача у РО електране.

Страна 5 од 10

Електродистрибуција Србије д.о.о. Београд

11070 Београд – Нови Београд
Булевар уметности бр. 12

ПИБ: 100001378
Матични број: 07005466

- 6.4. Уградњом одговарајућих заштитних и других техничких уређаја у објекту електране, треба обезбедити да се прикључење електране на ДСЕС на спојном прекидачу може извршити само ако је на свим фазним проводницима присутан напон са стране ДСЕС.
- 6.5. **Није дозвољено острвско напајање дела ДСЕС из електране.** Уградњом одговарајућих уређаја у објекту електране, треба обезбедити да се, на спојном прекидачу, изврши аутоматско одвајање електране са ДСЕС, ако је са стране ДСЕС прекинуто напајање. Поновно прикључење инвертора је могуће након 10 минута од успостављања нормалног напонског стања.
- 6.6. Забрањено је укључење електране на ДСЕС без синхронизације. За синхронизацију генератора (инвертора) на ДСЕС користи се инверторски прекидач. Према Правилима о раду ДСЕС уређај за синхронизацију, у зависности од привидне снаге генератора, треба да задовољи следеће услове синхронизације:

Укупна снага генератора (kVA)	Разлика фреквенција (Δf , Hz)	Разлика напона (ΔV , %)	Разлика фазног угла ($\Delta \Phi^\circ$)
0-500	0,3	5	10
500-1500	0,2	5	10
>1500	0,1	3	10

- 6.7. У случају нестанка помоћног напона за напајање заштитних уређаја и струјних кругова команди расклопних апарата у електрани, треба предвидети аутоматско искључење електране.
- 6.8. У електрани се користе микропроцесорски (дигитални) заштитни уређаји, као самостални релеји или у оквиру система интегрисане заштите и управљања електране. Сва заштитна опрема мора да ради независно од рада система управљања, надзора и комуникације у оквиру електране.
- 6.9. У електрани је потребно предвидети заштиту од унутрашњих кварова која ће у случају унутрашњег квара одвојити електрану од ДСЕС.
- 6.10. Странка има искључиво одговорност у погледу примене одговарајућих заштитних уређаја који ће обезбедити да догађаји као што су: испади, кратки спојеви, земљоспојеви, несиметрије напона и други поремећаји у ДСЕС не проузрокују штетно деловање на уређаје и опрему у електрани

Заштита од унутрашњих кварова у електрани није предмет ових услова.

Управљање радом електране није предмет ових услова и дефинише се посебним уговором након изградње прикључка.

7. Додатни услови за прикључење на ДСЕС

7.1. Да би се објекат електране могао прикључити на ДСЕС неопходно је:

- Прибавити Решење о одобрењу за прикључење електране на ДСЕС у складу са Закона о енергетици (у даљем тексту: Решење). Решење се прибавља након добијања акта надлежног органа којим се одобрава градња

Страна 6 од 10

Електродистрибуција Србије д.о.о. Београд

11070 Београд – Нови Београд
Булевар уметности бр. 12

ПИБ: 100001378
Матични број: 07005466

електране. За прибављање Решења подноси се захтев са прилозима према обрасцу ОДС. Захтев за издавање Решења се подноси ЕДС.

- Исполнити све услове из одобрења за прикључење.
 - Закључити и реализовати уговор о пружању услуге за прикључење на дистрибутивни систем електричне енергије, којим се регулише изградња прикључка у складу Законом о енергетици.
 - У ТС 10/0,4 kV "Јабланица 1" реконструисати постојећу нисконапонску таблу за потребе формирања новог НН извода.
 - Изградити прикључак (у складу са тачком 2 ових услова).
 - Да електрана задовољава одредбе важећих Правила о раду дистрибутивног система и осталих законских и других прописа.
 - Да достави документацију потребну за прикључење објекта под условом да су испуњени сви услови из Решења:
 - Употребна дозвола, односно акт којим се одобрава пуштање електране у пробни рад;
 - Уговор о снабдевању електричном енергијом;
 - Доказ да су за место примопредаје регулисани приступ систему и балансна одговорност.
 - Од ЕДС спроведе функционално испитивање којим се доказује да електрана и објекти у функцији прикључења електране испуњавају услове дефинисане Правилима о раду дистрибутивног система и осталим законским и другим прописима.
 - Да Страна са ЕДС закључи уговор о експлоатацији електране.
- 7.2. Неопходно је да сви власници парцела, односно објеката и ЕДС регулишу имовинско правне односе за изградњу и приступ електроенергетским објектима и опреми, односно прикључку, ради њихове изградње и одржавања.
- 7.3. Пре прикључења електране на ДСЕЕ потребно је доставити извештаје о типском, комадном и пријемном испитивању опреме која се уграђује у електрани и до места прикључења електране на ДСЕЕ, прибављене од произвођача, који потврђују да технички параметри електране одговарају подацима наведеним у Захтеву за Решење, одредбама Решења, одредбама Правила о раду дистрибутивног система, прописима и стандардима из одговарајућих области.

8. Рок важења, трошкови и рок прикључења

8.1. Рок важења ових услова је 24 месеци.

Странка може 30 дана пре истека рока важења издатих услова да поднесе захтев за продужење рока важења истих.

Уколико се Страна обрати са захтевом за продужење рока важења издатих услова, након истека остављеног рока за продужење, сматраће се да је поднет захтев за издавање нових услова. Нови услови се издају према утврђеној процедури за издавање те врсте документа, у складу са тренутном електроенергетском ситуацијом.

8.2. Накнада за прикључење на ДСЕЕ ће бити утврђена уговором о пружању услуге за прикључење на дистрибутивни систем електричне енергије.

Страна 7 од 10

Електродистрибуција Србије д.о.о. Београд

11070 Београд – Нови Београд
Булевар уметности бр. 12

ПИБ: 100001378
Матични број: 07005466

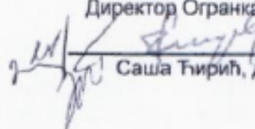
- 8.3. Према члану 144. Закона о енергетици, трошкове изградње прикључка, као и остале трошкове прикључења на ДСЕЕ сноси Странка.
- 8.4. Обрачун накнаде за прикључење се врши у складу са Методологијом за одређивање трошкова прикључења на систем за пренос и дистрибуцију електричне енергије („Сл. гласник РС“, Бр. 77/12), која садржи образложење критеријума и начина одређивања трошкова прикључења објекта корисника на ДСЕЕ.
- 8.5. Рок за прикључења електране је 8 дана по испуњењу свих услова наведених у тачки 7.1.

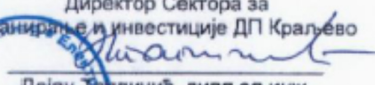
Прилози:

1. Блок шема прикључења електране на ДСЕЕ;
2. Географска скица ЕЕО.

Доставити:

1. Странка
2. Служби за енергетику ДП;
3. Служби за енергетику Огранка:

Директор Огранка Крушевац

 Саша Ћирић, дипл.ек.

Директор Сектора за
 планирање и инвестиције ДП Краљево

 Дејан Брулић, дипл.ел.инж.



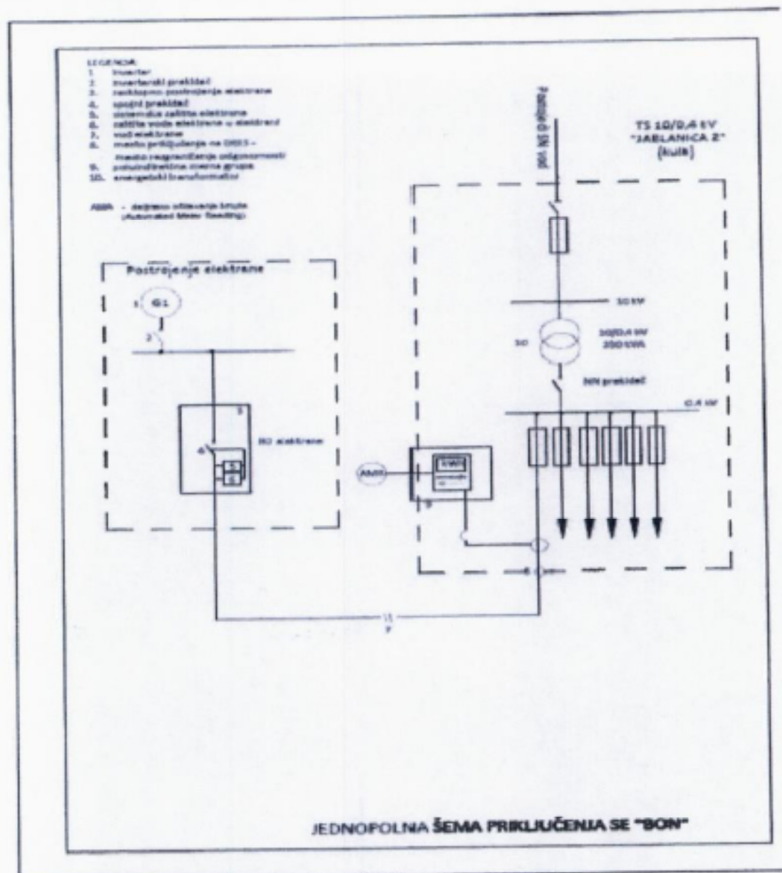
Страна 8 од 10

Електродистрибуција Србије д.о.о. Београд

11070 Београд – Нови Београд
 Булевар уметности бр. 12

ПИБ: 100001378
 Матични број: 07005466

ПРИЛОГ 1 - Блок шема прикључења електране на ДСЕЕ



Страна 9 од 10

Електродистрибуција Србије д.о.о. Београд

11070 Београд – Нови Београд
Булевар уметности бр. 12ПИБ: 100001378
Матични број: 07005466

ПРИЛОГ 2 - Географски приказ ЕЕО и локације СЕ



Страна 10 од 10

Електродистрибуција Србије д.о.о. Београд

11070 Београд – Нови Београд
Булевар уметности бр. 12ПИБ: 100001378
Матични број: 07005466

4.5.3. OPŠTI USLOVI

Naizmenični kablovski vodovi 0,4 kV i jednosmerni kablovski vodovi

Kablovi koji se ugrađuju u SFNP moraju biti predviđeni da izdrže čitav životni vek postrojenja (25 godina) u zavisnosti od uslova okoline (temperature, vlažnosti vazduha, ultraljubičastog zračenja).

Jednosmerni kablovski vodovi SFNP treba da imaju dvostruku i/ili ojačanu izolaciju (klasa 2) kako bi se smanjio rizik od zemljospoja i kratkih spojeva (IEC 60364-712).

Kablovi moraju imati nominalni napon koji odgovara nominalnom naponu SFNP. Za kablove koji provode jednosmernu struju napon postrojenja ne sme prelaziti 50 % nominalne vrednosti napona kablova koji se koriste za naizmeničnu struju (tabela 1).

Kablovi koji povezuju FN module moraju biti pravilno instalisani jer se pričvršćuju na zadnji deo samih panela gde temperatura može dostići 70°C do 80°C. Zbog toga se za pojedine kablove obično koriste kablovi sa jednim provodnikom i izolacionim omotačem od gume, nominalnog napona 0,6/1 kV, maksimalne radne temperature ne manje od 90°C i visoke otpornosti na UV zračenje.

Smatra se da je fotonaponska oprema sa DC strane pod naponom čak i kada je sistem isključen sa AC strane.

VREDNOSTI NAPONA ZA KABLOVE	
pri naizmeničnoj struji [V]	pri jednosmernoj struji [V]
300/500	450/750
450/750	675/1125
600/1000	900/1500

Tabela 1.

Izbor i montaža opreme u odnosu na spoljne uticaje

PV string kablovi, nizovi kablova i glavni DC kabl se moraju izabrati tako da se minimizuje rizik od zemljospoja i kratkih spojeva.

Ožičenje sistema treba da izdrži očekivane spoljne uticaje - vetar, formiranje leda, temperaturna i solarna radijacija.

Način polaganja kablovskih vodova

Na svim trasama od FN modula do invertera, kablovski vodovi se polažu u metalne regale. Širina regala zavisi od broja kablova koji se polažu u isti regal.

Kablovski vodovi koji poseduju omotač otporan na UV zračenje mogu se polagati u otvorene metalne regale (bez zaštitnog poklopca).

Kablovski vodovi koji ne poseduju omotač otporan na UV zračenje polažu se isključivo u metalne regale sa zaštitnim neprozirnim poklopcem. Ovakvi kablovski vodovi ni na jednom delu svoje trase ne smeju biti izloženi dejstvu UV zraka.

Od invertera do zbirnih ormara, odnosno do mesta priključenja na DEES, kablovski vodovi se polažu u rovove iskopane u zemlji.

U delovima gde je trasa rova van saobraćajnica i drugih objekata, kablovi se polažu slobodno u tovu.

Na prelazima ispod saobraćajnica i drugih objekata kablovi se polažu kroz kablovsku kanalizaciju koja je formirana od EE Juvidur cevi prečnika 110 mm sa zidom debljine 3,2 mm za NN razvod.

Noseća konstrukcija

Noseća konstrukcija je montažni objekat koji se formira od prefabrikovanih elemenata koji omogućuju brzu i jednostavnu montažu a izrađuju se od toplo duboko galvanizovane čelične konstrukcije od aluminijuma, što je čini veoma otpornom i postojanom. Svi metalni delovi noseće konstrukcije, uključujući i sve elemente za učvršćivanje, moraju biti toplo duboko galvanizovani ili napravljeni od aluminijuma, kako bi na taj način imali odgovarajuću antikorozivnu zaštitu. Noseća konstrukcija sa svom opremom koja se na nju montira treba da bude kompaktno tipsko rešenje sa odgovarajućim atestima i garancijom za ispravan rad.

Glavni elementi noseće konstrukcije su vertikalni stubovi - nogari izrađeni od pocinkovanog gvožđa koji se ukopavaju u zemlju samouvrtanjem ako je donji deo stuba izrađen u obliku svrdla ili postavljaju na betonske temelje. Na ovako postavljene vertikalne stubove pričvršćuje se horizontalna aluminijska konstrukcija koja formira ram na koji se onda montiraju solarni paneli.

Pre početka montiranja konstrukcije, mora se kontrolisati položaj i proveriti odnos sa ostalim instalacijama i elementima fotonaponske elektrane.

Kod isporuke noseće konstrukcije i opreme mora se dostaviti protokol ispitivanja (atesti) i garancija isporučioća.

Izvođač je dužan da izvrši sve pripremne radnje neophodne za montažu i ispravan rad opreme, kao i proveru opreme pre montaže.

Uređaje i opremu postaviti u svemu prema dispozicionom crtežu iz ovog projekta.

Eventualne izmene izvršiti samo uz saglasnost nadzornog organa i projektanta.

Isporučilac opreme je dužan da transport elemenata noseće konstrukcije do gradilišta vrši u rasklopljenom obliku, grupisane u funkcionalne celine i na odgovarajući i jasno uočljiv način obeležene.

Prilikom svih radnji na montiranju noseće konstrukcije u svemu se pridržavati tehničke dokumentacije, uputstava i saveta dobijenih od strane isporučioća opreme i njegovih ovlašćenih stručnih lica prisutnih na terenu. Takođe strogo voditi računa o bezbednosti i zaštiti ljudi i opreme na gradilištu i u svemu se pridržavati bezbednosnih mera i propisa za izvođenje ovakvog tipa radova.

Fotonaponski moduli

Predviđena je ugradnja fotonaponskih modula od kristalnog silicijuma monokristalnog tipa. Moduli svojim dimenzijama i težinom treba da odgovaraju izabranom tipu noseće konstrukcije. Prilikom skladištenja, manipulacije i montaže modula u svemu se pridržavati uputstava isporučioća opreme. Isporučilac opreme mora dostaviti sve neophodne ateste i rezultate testova/ispitivanja uz fotonaponske module. Takođe je dužan da dostavi plan odlaganja i recikliranja fotonaponskih modula nakon njihove upotrebe.

Nije dozvoljena upotreba eksperimentalnih ili beta fotonaponskih modula.

Posebnu pažnju obratiti na skladištenje FN modula na samoj lokaciji i sprečavanje svih mehaničkih ili drugih oštećenja tokom manipulacije, skladištenja i montaže.

Fotonaponski moduli se isporučuju sa kablovima za priključenje. Spajanje fotonaponskih modula u stringove vrši se redno, a zatim se vrši spajanje stringova u priključnim ormarima kablovskim vodovima položenim u regale.

Prilikom formiranja redne veze (jednog stringa) voditi računa o parametrima FN modula dobijenim prilikom blic ("flash") testa, odnosno o povezivanju modula najslićnijih parametara.

Fotonaponski moduli izloženi suncu, generišu jednosmerni napon. Formirajući rednu vezu (string), generisan jednosmerni napon može izazvati strujni udar sa smrtnim ishodom i/ili požar. Instalacija i povezivanje fotonaponskih modula može biti poverena samo ovlašćenim i stručno obučanim licima. Nakon formiranja fotonaponskog niza, završne krajeve niza nije dozvoljeno ostaviti u praznom hodu (otvorene) već je potrebno kratko ih spojiti ukoliko nije moguće trenutno povezivanje na ulaze invertora. Svaki proizvođač, uz FN module, isporučuje uputstvo za rukovanje i montažu kojih se treba strogo pridržavati.

Inverter

U SFNP predviđena je ugradnja trofaznih invertera na noseću konstrukciju a prema uputstvu za montažu koje je izdao proizvođač opreme.

Pre rukovanja inverterom, osobe koje obavljaju podešavanje inverterske jedinice, moraju dodirom uzemljene metalne konstrukcije da izvrše razelektrisanje tela kako ne bi oštetili osetljive elektronske komponente.

Uslovi za rad, materijal i dispoziciju opreme

Sav materijal upotrebljen za ovu instalaciju mora biti prvoklasnog kvaliteta i izrađen prema standardima SRPS. Sva oprema se isporučuje komplet za montažu i upotrebu ako nije posebno drugačije navedeno.

Pri postavljanju kablova ili provodnika u cevi, svi provodnici koji pripadaju jednom strujnom kolu moraju biti postavljeni u istu cev, odnosno kabl. Spajanje provodnika može se vršiti samo u spojnim i razvodnim kutijama, ormarima i baterijama. Metalne zaštitne obloge cevi i kablova ne smeju biti upotrebljene kao povratni provodnici ni kao provodnici za zaštitno uzemljenje.

Instalacione cevi i kablove treba polagati po pravoj liniji vertikalno i horizontalno. Krivolinijsko polaganje može se vršiti samo izuzetno. Pri horizontalnom polaganju cevi moraju imati mali pad prema kutijama ili šahtovima. Na slobodnim krajevima cevi treba postaviti uvođnike od izolacionog materijala.

Polaganje provodnika i kablova u cevi treba da je izvedeno tako da se provodnici bez teškoća mogu izvlačiti sem u posebnim slučajevima.

Sva oprema i instalacija će se montirati na mestima i kako je označeno crtežima.

Uslovi za izradu instalacije niskog napona

- Instalacije se moraju izvesti prema pisanom i grafičkom delu projekta i važećim Tehničkim propisima za izvođenje ove vrste instalacija.
- Pre i posle polaganja svih kablova mora se proveriti kontinuitet galvanske veze pojedinih žila, otpor izolovanost između svake "žile" i "mase". Ukoliko otpor izolovanosti ne odgovara propisima kablovi se moraju zameniti. Merenje otpora izolovanosti vrši se instrumentima čiji je napon jednak nazivnom naponu instalacije, ali ne niži od 100 V.
- Obzirom da su kablovi sa plastičnom izolacijom voditi računa o temperaturi polaganja pri kojoj senesmetano može vršiti polaganje i rad sa kablovima. Temperatura polaganja ne sme biti niža od +5°C.

Ukoliko se polaganje vrši na temperaturi ispod $+5^{\circ}\text{C}$ kabl se prethodno mora zagrijati, pa tek onda vršiti odmotavanje sa bubnja i razvlačenje

- Prilikom prenošenja i razvlačenja kablova primeniti postupak koji onemogućuje naprezanje ili oštećenje žila, izolacije ili zaštitnog omota.
- Pri polaganju kablova voditi računa o propisanom poluprečniku savijanja kabla koji za provodnike tipa PP mora biti minimalno 12-15 D za bakarne kablove.
- Paralelno vođenje kablovskih vodova uz temelje i zidove zgrada treba da se vrši na razmaku većem od 50 cm od temelja.
- Kablove u rovu obeležiti olovnim obujmicama na kojima su utisnuti podaci: tip, presek i naponkabla. Obujmice se postavljaju na rastojanju od 5 m i to na ulazu i izlazu iz kablovske kanalizacije ina mestima gde se kablovski vod ukršta sa drugim podzemnim instalacijama.
- Dužine kablova date u predmeru i predračunu radova sa orijentacione, pa se pre polaganja i sečenja kablova dužina mora proveriti na licu mesta. Kablove izvoditi od što dužih celih komada sa što manje spojeva.
- Na mestima gde se kablovi polažu u podu, kroz zid ili duž neke konstrukcije, kabl položiti kroz zaštitne cevi. Kabl i cev se zajednički ne smeju savijati, već se kabl polaže kroz prethodno savijenu cev.
- Kod zajedničkog polaganja kablova slabe struje sa energetske kablovima najmanje potrebno dozvoljeno rastojanje pri paralelnom vođenju ovih kablova iznosi 20 cm, a pri ukrštanju 10 mm.
- Po završenoj izgradnji izvršiti proveru svih električnih i mehaničkih spojeva, uzemljenja, napona dodira i zatim izvršiti ispitivanje i probni rad pojedinih uređaja pod naponom bez opterećenja.
- Instalacija mora tokom postavljanja i ili kada je završena, ali pre predaje korisniku, biti pregledana i ispitana u skladu sa TP. Prilikom proveravanja i ispitivanja moraju se preduzeti mere za bezbednost lica i zaštitu od oštećenja električne i druge opreme.

Opšta ispitivanja moraju se izvesti prema sledećem redosledu:

- neprekidnost zaštitnog provodnika i glavnog i dodatnog provodnika za izjednačenje potencijala
- otpornost izolacije el. instalacije
- zaštita električnim odvajanjem el. instalacije
- otpornost poda i zidova
- automatsko isključivanje napajanja
- dopunsko izjednačenje potencijala
- funkcionalnost.

Neprekidnost zaštitnog provodnika i provodnika za izjednačenje potencijala ispituje se merenjem el. otpornosti naponom od 4 do 24 V jednosmerne ili naizmenične struje sa najmanjom strujom od 0,2 A.

Tehnički uslovi za izvođenje gromobranske instalacije

Za izradu instalacije gromobrana upotrebiti standardne elemente prema SRPS EN IEC 62561-2:2021, pocinkovane toplim postupkom. Elementi instalacije na kojima je zaštitni plašt od cinka oštećen, ne smeju se ugraditi.

Ako se objekat nalazi unutar energetskog ili industrijskog kompleksa sa zajedničkim uzemljivačem koji se dimenzioniše prema drugim elektroenergetskim i sigurnosnim parametrima, materijal za uzemljivač gromobrana će se definisati u skladu sa projektom zajedničkog uzemljenja kompleksa.

Spojevi čelik-bakar smeju se izvoditi samo preko olovnog uložka debljine najmanje 2 mm. Po izradi, spoj se mora zaštititi dvostrukim antikorodivnim premazom.

Svi delovi trake na kojima je izvršeno sečenje ili bušenje radi nastavljavanja ili spajanja moraju biti po spajanju zaštićeni antikorodivnim premazom. Sastavi pod zemljom moraju biti zaliveni bitumenom. Na uzemljivač gromobranske instalacije povezati sve metalne delove podzemnih instalacija sa kojima se uzemljivač ukršta ili su od uzemljivača udaljeni manje od 3 m. Po izvršenoj izradi uzemljivača obavezno izvršiti merenje

prelaznog otpora uzemljenja. Ukoliko se ustanove nedozvoljene vrednosti (iznad propisanih) izvršiti poboljšanje uzemljivača u dogovoru sa projektantom.

Ukoliko gromobranski uzemljivač služi istovremeno kao uzemljivač van sistema za zaštitu od previsokog napona dodira, izbor materijala, preseka i konfiguracije uzemljivača mora da zadovolji tehničke uslove svih instalacija - sistema povezanih na uzemljivač. Montaža hvataljke mora se izvesti sa originalnim elementima za pričvršćenje i prema upustvima proizvođača.

Na štapnoj hvataljki sa uredjajem za rano startovanje mora se postaviti natpisna pločica sa vidljivim upozoravajućim natpisom "Opasno visoki napon".

Verifikacija gromobranske instalacije se izvodi u svemu prema SRPS EN 62305-3:2013.

Završne odredbe

Sav materijal i oprema koji se ugrađuju, moraju odgovarati važećim SRPS propisima, a u nedostatku ovih, važećim IEC ili VDE (DIN) propisima, i isti moraju biti atestirani od strane nadležnih ustanova. Ako takav atest ne postoji, izvođač je dužan da ga pribavi od instituta ili laboratorije opremljene i ovlašćene za odgovarajuća ispitivanja.

Svi montažni radovi moraju se izvesti u skladu sa važećim uputstvima i publikacijama za ovu vrstu radova.

U toku gradnje, investitor i izvođač su dužni da obezbede normalan saobraćaj postavljanjem za to određenih oznaka. Takođe su dužni da obezbede iskope na mestima gde oni mogu usloviti povrede pešaka.

Sve otpatke, nastale pri izvođenju radova na izgradnji trafostanice, izvođač je dužan da ukloni sa gradilišta na mesto koje odredi nadzorni organ.

Po završetku radova a pre puštanja objekta u pogon, izvršiti sva potrebna ispitivanja, interni tehnički pregled i probni rad prema Propisima i preporukama nadležne elektrodistribucije.

Po završetku svih radova, nadzorni organ investitora i izvođač radova su dužni da, ukoliko je došlo do izmena u odnosu na usvojeni projekat, iste unesu u projekat izvedenog stanja i predaju ga, preko investitora, organu koji će eksploatisati objekat.

Pri izgradnji objekta po ovom projektu pored navedenih tehničkih uslova investitor i izvođač radova trebaju se pridržavati sledećih propisa:

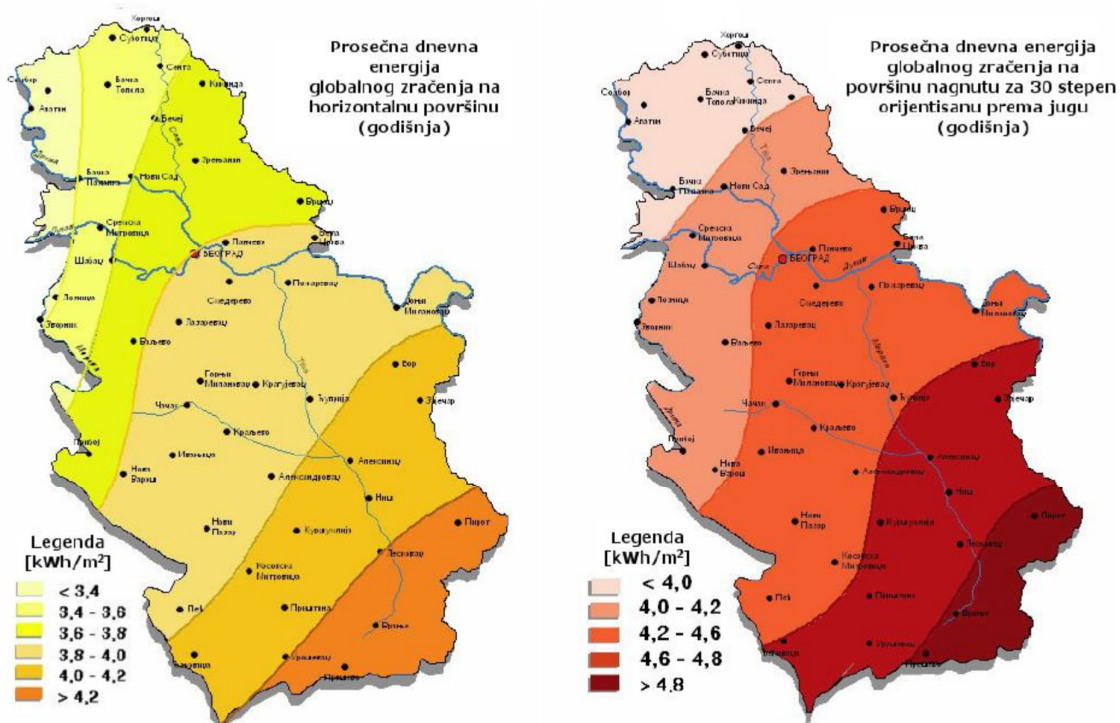
1. ZAKON O PLANIRANJU I IZGRADNJI ("Sl. glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - dr.zakon, 9/2020, 52/2021 i 62/2023)
2. ZAKON O ENERGETICI ("Sl. Glasnik RS" br. 145/2014, 95/2018 - dr.zakon i 40/2021, 35/2023 – dr.zakon i 62/2023)
3. ZAKON O ZAŠTITI OD POŽARA ("Sl. Glasnik RS" br.111/09, 20/15, 87/18, i 87/18 - dr.zakon)
4. ZAKON O ZAŠTITI ŽIVOTNE SREDINE ("Sl. Glasnik RS" br.br. 135/04, 36/09 - dr.zakon, 72/09 - dr.zakon, 43/11 - odluka US, 14/16, 76/18 i 95/18 - dr.zakon)
5. ZAKON O BEZBEDNOSTI I ZDRAVLJU NA RADU ("Sl. glasnik RS" broj 35/23)
6. ZAKON O TEHNIČKIM ZAHTEVIMA ZA PROIZVODE I OCENJIVANJU USAGLAŠENOSTI (Sl. glasnik RS br. 49/21)
7. ZAKON O METEOREOLOGIJI ("Sl. glasnik RS" br. 15/2016)
8. PRAVILNIK O TEHNIČKIM MERAMA ZA POGON I ODRŽAVANJE ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA I VODOVA (Sl.glasnik RS br.41/93)
9. PRAVILNIK O TEHNIČKIM PROPISIMA ZA GROMOBRANE (Sl.glasnik SFRJ br.13/68)

10. PRAVILNIK O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA ZAŠTITU ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA OD PRENAPONA ("Sl. list SFRJ" br.7/71 i 44/76)
11. PRAVILNIK O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA ELEKTRIČNE INSTALACIJE NISKOG NAPONA ("Sl. list SFRJ" br. 53/88 , 54/88 i "Sl. list SRJ" br. 28/95)
12. PRAVILNIK O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA ZAŠTITU OBJEKATA OD ATMOSFERSKOG PRAŽNJENJA ("Sl. list SRJ" br. 11/96)
13. PRAVILNIK O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA ZAŠTITU ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA I UREĐAJA OD POŽARA ("Sl. list SFRJ" br. 74/90)
14. PRAVILNIK O OPŠTIM MERAMA ZAŠTITE NA RADU OD OPASNOG DEJSTVA ELEKTRIČNE STRUJE U OBJEKTIMA NAMENJENIM ZA RAD, RADNIM PROSTORIJAMA I NA RADILIŠTIMA ("Sl. glasnik SRS" br.21/89)
15. SRPS IEC 60364-7-712 - Električne instalacije niskog napona; deo 7-712: Zahtevi za specijalne instalacije ili lokacije - Solarni fotonaponski sistemi za napajanje
16. TEHNIČKE PREPORUKE (Direkcija za distribuciju)
17. SRPS i IEC standardi

Po završetku svih radova, nadzorni organ investitora i izvođač radova su dužni da, ukoliko je došlo do izmena u odnosu na usvojeni projekat, iste unesu u projekat izvedenog stanja i predaju ga, preko investitora, organu koji će eksploatisati objekat.

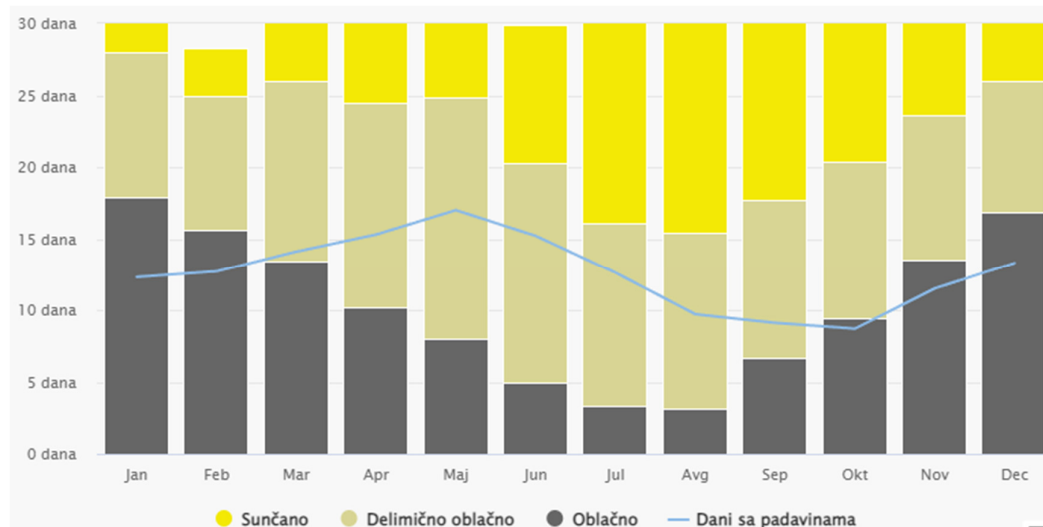
4.5.4. TEHNIČKI OPIS

Namena ovog SFNP je da iskoristi prisutne solarne potencijale predela u kome se gradi (na nadmorskoj visini od 212 m, mesto Jablanica, grad Kruševac) i svu proizvedenu električnu energiju (izuzev sopstvene potrošnje) utiskuje u distributivni sistem električne energije prema izdatim uslovima nadležne Elektrodistribucije. Godišnji prosek dnevne energije globalnog sunčevog zračenja na horizontalnu površinu iznosi od 3,8 - 4,0 kWh/m² a na površinu pod uglom od 30⁰ orijentisanu prema jugu 4,2-4,6 kWh/m² (podatak preuzet sa solarne karte Srbije, sl.1).



Slika 1

Dijagram mesečnih vrednosti sunčanih dana (sl.2) za Jablanicu baziran je na 30-o godišnjim satnim meteorološkim modelima.



Slika 2

Tehnički podaci

Objekat:	SFNP BON
Lokacija:	KP br.296/4, K.O.Jablanica, grad Kruševac
Način montaže:	na zemlji
Nagib konstrukcije za nošenje panele:	35°
Geografski položaj:	N: 43° 27' 57.92" E: 21° 15' 59.75"
Nadmorska visina:	212 m
Nazivni napon SE:	0.4 kV
Nominalna struja SE:	77.6 A
Broj FNP:	118 kom.
Broj invertera:	1 kom.
Režim rada SE:	automatski, paralelno sa DSEE
Priključenje na DEES:	preko NN izvoda u TS 10/0,4 kV "Jablanica 2"
Nazivni napon mreže na koju se priključuje:	0,4 kV
Procenjena godišnja proizvodnja:	65452.33 kWh
Tip i presek provodnika priključnog voda:	PP00-A 4x150 mm ² , 1kV
Dužina trase priključnog voda:	284,90 m
Priključne tačke kabela:	NN izvod u TS 10/0,4 kV "Jablanica 2" i nova KPK u sklopu GRO na KP br.296/4

Orto foto snimak lokacije na kojoj se gradi SFNP dat je na slici 3.

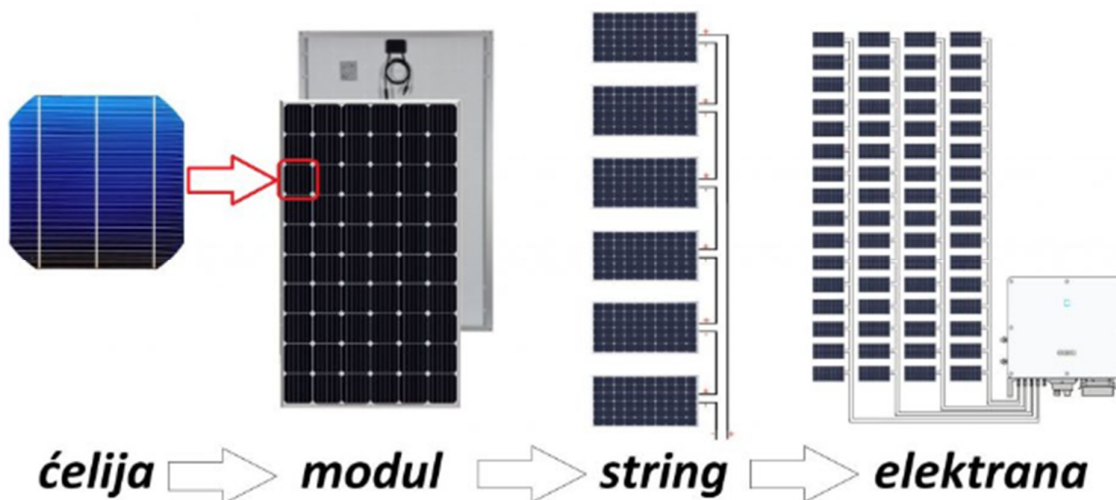


Slika 3

Princip rada SFNP

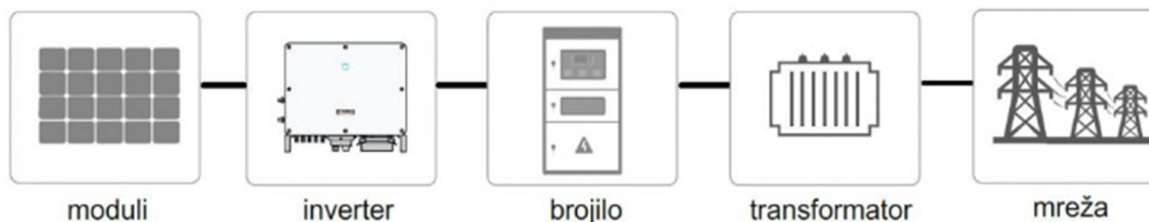
Izgradnja solarnog fotonaponskog postrojenja (solarne elektrane) planirana je na KP br.296/4, K.O. Jablanica, raspoređivanjem modula po tlu parcele.

SFNP čini 118 monokristalnih modula povezanih redno u stringove i povezanih na jedan inverter (princip rada sl.4).



Slika 4

Fotogalvanski moduli (solarne ćelije) pretvaraju solarnu energiju u elektricitet. Konverzija jednosmerne električne energije koju je proizveo fotogalvanski modul u naizmeničnu se ostvaruje trofaznim inverterom koji automatski kontroliše ceo sistem.



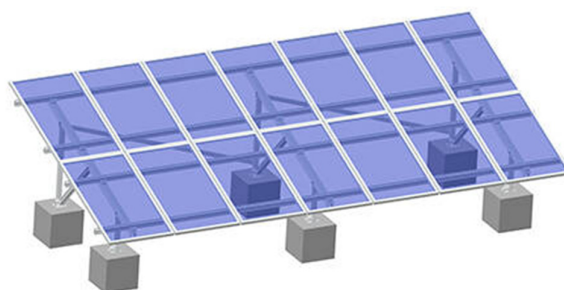
Slika 5

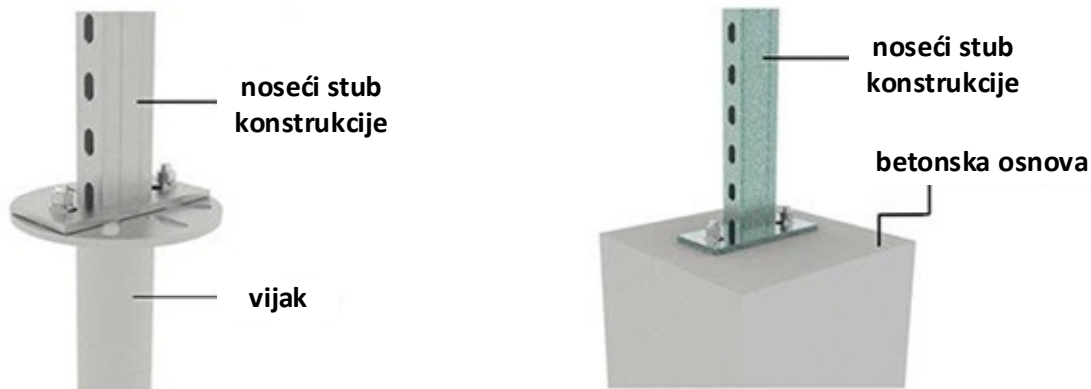
Noseća konstrukcija modula

Moduli (paneli) se postavljaju na noseću konstrukciju (tipa NOLEKO ili sl.) formiranu od univerzalnih čeličnih delova zaštićenih od korozije toplim cinkovanjem. Predviđena je primena slobodnostojeće konstrukcije za dva reda vertikalno postavljenih modula (sl.6), pod uglom od 35° u odnosu na tlo i zaokrenutih prema jugu (najoptimalni položaj u pogledu proizvodnje električne energije). Noseći stubovi konstrukcije se mogu pobijati direktno u tlo, bez posebnog temeljenja, što smanjuje troškove investicije., ali se takođe mogu postaviti i na betonske temelje (sl.7). Takođe, ovaj način konstrukcije ima veliku otpornost na opterećenje vetrom (55-60 m/s) i snegom, i omogućava raspoređivanje grupe modula u skladu sa konfiguracijom tla. Prefabrikovan oblik kanala, formiran unutar profila, omogućava lako i brzo pričvršćivanje FN modula za profil korišćenjem specijalnih držača.



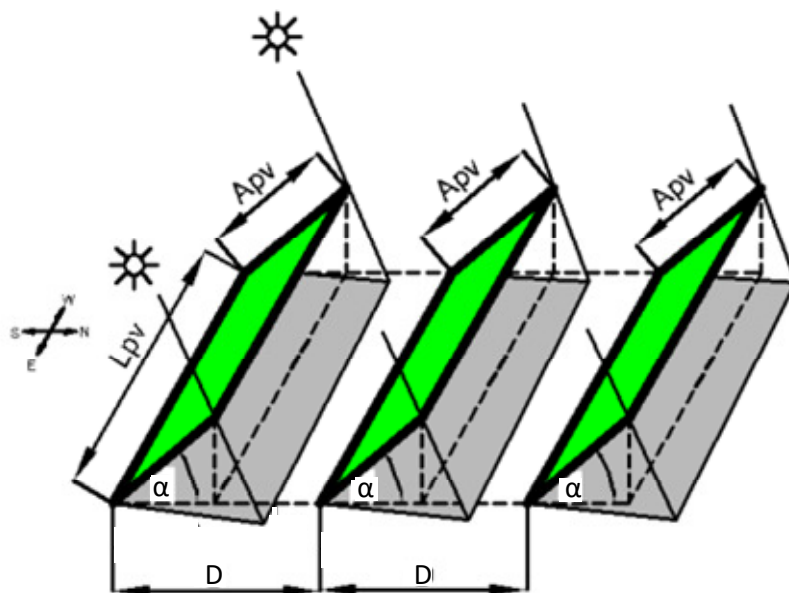
Slika 6





Slika 7

FN elektrane velike snage instalisane na zemlji se tipično sastoje od više redova čija je dužina značajno veća od širine FN modula kao i rastojanja između FN redova. Dužina i širina FN redova zavise od veličine parcele na kojoj se planira gradnja razmatrane elektrane. Uticajni parametri na tehno-ekonomske indikatore FN elektrane su: rastojanje između FN redova, nagibni i azimutni ugao FN redova. Na slici 8 prikazan je tipičan dizajn nekoliko FN redova velike mFN ili bFN elektrane koja je orijentisana ka jugu.



Slika 8

Pored visine i širine FN redova, azimutnog i ugla visine Sunca, rastojanje između FN redova je veoma bitan faktor koji utiče na gubitke usled samozasenčenja. (Kod FN elektrana gdje je dužina FN redova (L_{pv}) mnogo duža od širine FN redova (A_{pv}) uticaj dužine redova na gubitke usled samozasenčenja se može zanemariti.)

Proračun minimalnog rastojanja između redova (zasenčeni deo) se izvodi pomoću formule:

$$D = A_{pv} \cdot \cos \alpha + A_{pv} \cdot \frac{\sin \alpha}{\tan \delta}$$

gde je:

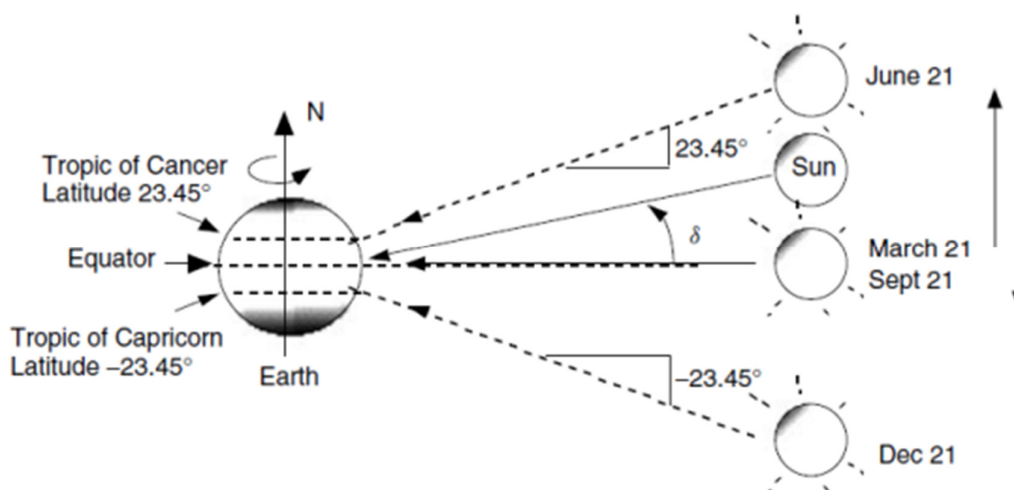
D - širina zasenčenog dela između redova (minimalno rastojanje između redova)

A_{pv} - širina FN redova

- α - nagivni ugao FN redova
 δ - ugao deklinacije Sunca

Optimalni azimutni ugao za FN elektrane je 0° , odnosno moduli su orijentisani ka južnoj strani. Pod optimalnom vrednošću nagibnog ugla FN redova podrazumeva se ona vrednost pri kojem se ima najveća godišnja proizvodnja ili najmanji troškovi proizvodnje električne energije ili najveći profit u toku životnog veka FN elektrane. U konkretnom slučaju, za lokaciju N: $43^\circ 27' 57.92''$ E: $21^\circ 15' 59.75''$, nadmorske visine 212 m, optimalna vrednost nagibnog ugla FN redova je 35° (softverski optimizovane vrednosti).

Ugao deklinacije δ se menja u toku godine zbog nagiba ose rotacije Zemlje (sl.9). Osa je nagnuta 23.45° i ugao deklinacije se menja plus ili minus ovaj ugao ($\delta = 0$ samo za prolećnu i jesenju ravnodnevicu). Maksimalna dužina senke između FN redova je 21. decembra, kada je visina Sunca najmanja.



Slika 9

Za proizvoljan dan u godini n solarna deklinacija se može izračunati prema sledećoj aproksimativnoj jednačini koja stavlja prolećnu ravnodnevnicu na dan $n=81$:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left[\frac{360}{365} \cdot (n - 81) \right]$$

Iz svega neavedenog sledi da optimalni razmak između redova, potreban za pouzdan i bezbedan rad modula (uključujući i senčenja) iznosi min 3,3 m.

Sistem za nošenje modula je tipski, sastavljen od prefabrikovanih elemenata i mora biti sertifikovan u skladu sa Eurokodovima 1, 3 i 9. Isporučuje se sa atestima.

Fotonaponski moduli

Solarni generator postrojenja je sastavljen od 118 jedinica fotonaponskih (FN) modula (panela), svaki nominalne snage 455 Wp, što daje ukupnu instalisanu snagu od 53,69 kWp. Stvarna snaga zavisiće od neizbežnih gubitaka koji se javljaju zbog odstupanja od standardnih uslova rada kao i od stepena korisnosti invertera DC/AC koji se ugrađuju. Moduli se formiraju u redove i razmeštaju po tlu po crtežu datom u grafičkoj dokumentaciji ovog projekta.

Fotonaponski moduli, predviđeni za ugradnju, su monokristalni polućelijski dvoslojni stakleni solarni moduli proizvođača LONGI tipa LR4-72HPP-455M.

Električne karakteristike modula u standardnim uslovima ispitivanja (Standard Test Conditions - STC:) / nominalna temperatura rada ćelije (Nominal Operating Cell Temperature - NOCT):

Maksimalna snaga - Pmax [W]	455/341.8
Napon pri maksimalnoj snazi - Ump [V]	41.67/ 38.8
Struja pri maksimalnoj snazi - Imp [A]	10.92 / 8.81
Napon praznog hoda - Uoc [V]	49.5/46.5
Struja kratkog spoja - Isc [A]	11.66/9.46
Efikasnost modula STC [%]	20.9

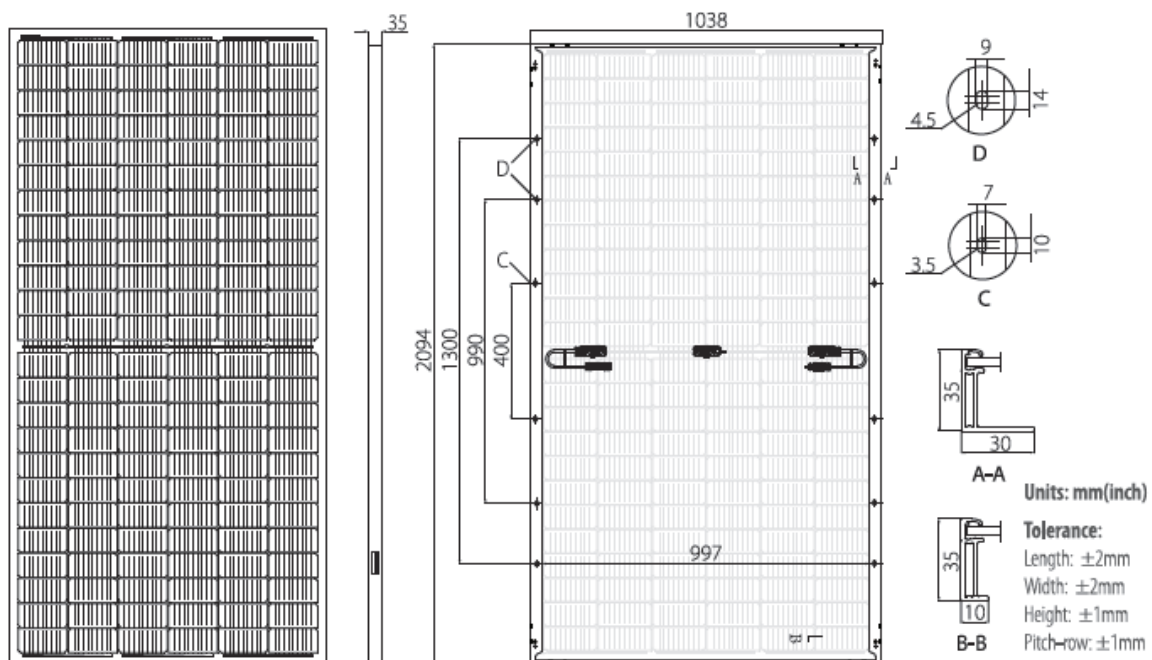
STC - standardni uslovi testiranja su:

- modul je čist (bez prašine i drugih nečistoća koje se javljaju u realnim uslovima)
- temperatura panela je 25 °C
- solarna iradijacija na površini modula je 1000 W/m²
- solarni spektar odgovara vazdušnoj masi AM=1.5

NOCT - nominalna temperatura rada ćelije je:

- temperatura ambijenta je 20°C
- solarna iradijacija na površini modula je 800 W/m²
- solarni spektar odgovara vazdušnoj masi AM=1.5
- brzina vetra je 1 m/s

Dimenzije panela:



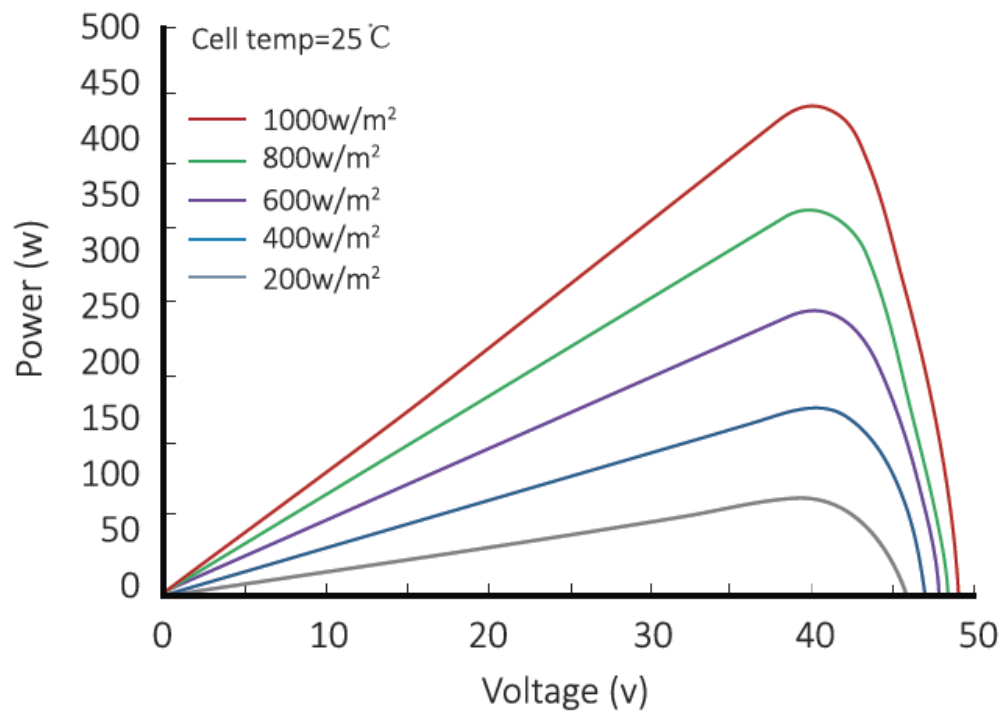
Mehaničke karakteristike modula:

Tip ćelije	Mono-crystalline
Broj ćelija	144 (6×24)
Dimenzije	2094×1038×35mm
Težina	24.3 kg
Staklo	3.2mm, glazirano polukaljeno staklo
Okvir	anodizirana legura aluminijuma
Razvodna kutija	IP68, tri diode
Izlazni kablovi	1×4.0mm ²

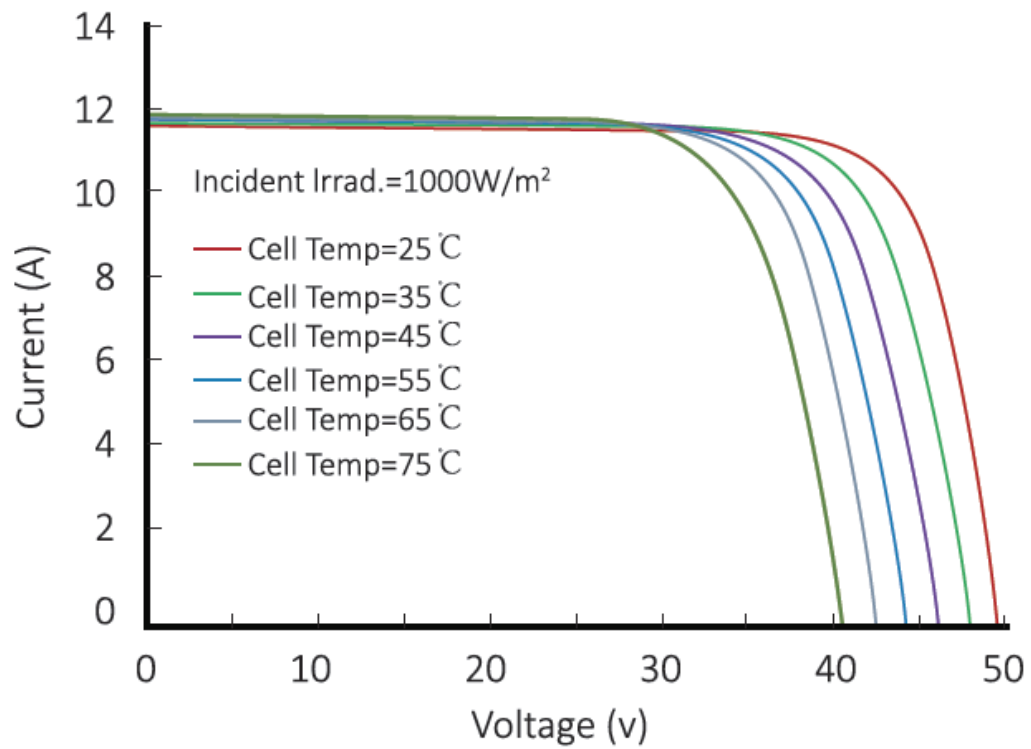
Radni parametri modula:

Tolerancija snage	0 ~ +3%	Radna temperatura (°C)	-40°C ~ +85°C
Temperaturni koeficijent za Pmax	-0.340%/°C	Maksimalni napon sistema	DC1500V
Temperaturni koeficijent za Uoc	-0.265%/°C	Maksimalna snaga osigurača	20A
Temperaturni koeficijent za Isc	0.050%/°C	Nominalna radna temperatura ćelije	45±2°C
Max statičko opterećenje prednje strane	5400 Pa	Max statičko opterećenje zadnje strane	2400 Pa

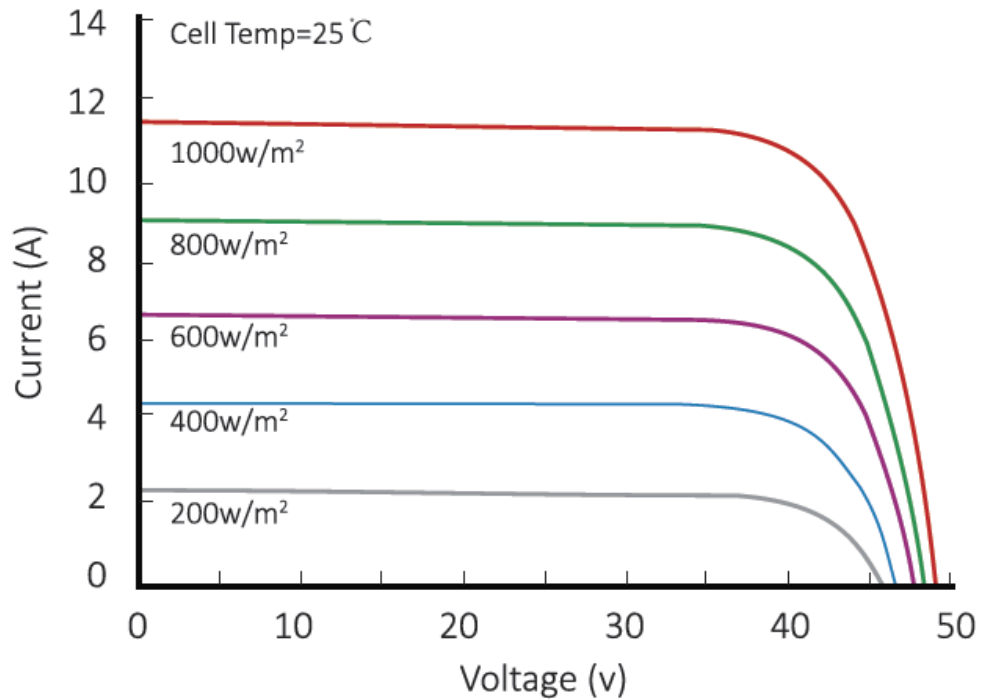
Kriva snaga - napon u zavisnosti od zračenja:



Kriva struja - napon u zavisnosti od radne temperature:



Kriva struja - napon u zavisnosti od zračenja:



Iz fotonaponskih modula se fotonaponskom konverzijom dobija jednosmerna električna energija. Da bi se formirao dovoljno visok jednosmerni napon za konverziju u naizmenični, fotonaponski moduli se međusobno vezuju redno, formirajući tzv. stringove pomoću DC kablova preseka 6 mm². Crveni kabl se vodi za (+) a crni kabl za (-) polaritet.

Konverzija jednosmerne električne energije u naizmeničnu se ostvaruje upotrebom trofaznog invertera, na koji se vezuju stringovi sa određenim brojem redno vezanih modula.

Gubici

SFNP prilikom eksploatacije ima gubitke koji su neizbežni. Ovi gubici se javljaju zbog odstupanja od standardnih uslova rada i čine ih:

- gubici zbog neusklađenosti provodnika kojima su vršena povezivanja
- gubici zbog refleksije
- gubici zbog odstupanja od standardnih uslova rada
- gubici jednosmerne struje
- gubici prilikom inverzije DC/AC (gubici na inverterima)

Jednosmerni razvod u SFNP

Jednosmerni razvod čini nekoliko elementarnih delova:

1. FN moduli
2. FN kablovi
3. FN inverteri - ulazna strana
4. Niskonaponski ormari, po potrebi

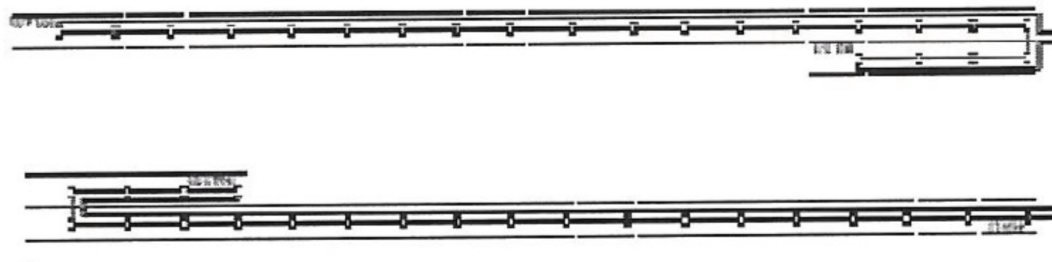
FN kablovi

Izabrani su PV solarni kablovi proizvođača FKS Jagodina *tipa* S-Flex01, 6mm² (sl.10).



Slika 10

Nakon međusobnog povezivanja odgovarajućeg broja FN modula u string, posebna pažnja se skreće na način vođenja završnih krajnjih kablova do pripadajućeg invertera. Zbog smanjenja efekta indukovanja napona koje može nastati kao posledica atmosferskog pražnjenja u objekat ili u njegovoj blizini, veoma je bitno pravilno izvesti vođenje ovih kablova. Na sl.11 je dat prikaz povezivanja FN modula i pravilnog vođenja DC kablova. Povratni DC kablovi, od krajnjeg FN modula u nizu, vode se pored kablova koji međusobno spajaju FN module tako da je stvorena površina koji ovi kablovi formiraju što manja.



Slika 11

Parovi kablova od FN panela (plus i minus pol) se na adekvatan način (kablovskim vezicama) učvršćuju na montažnu konstrukciju.

Kako je predviđeno da se inverter postavlja u objektu, kablovi se sa krova do invertera postavljaju u vertikalne lestvičaste nosače kablova čime se obezbeđuje njihovo mehaničko rasterećenje uz istovremeno pregledan razvod.

Po postavljanju DC kablova, svaki par plus - minus mora biti označen u skladu sa stringom kome pripada. Takođe, na kablove mora biti postavljen konvertor, i to onog tipa koji odgovara ulazu u inverter.

Hronološki red povezivanja FN panela u stringove i kablova za njihovo povezivanje na inverter, mora biti strogo poštovan kako bi se izbeglo povređivanje ljudi od strujnog udara ili pada.

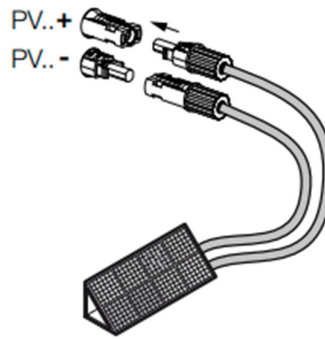
Hronološki red povezivanja je sledeći:

1. polaganje kablova od invertera do krajnjih FN modula
2. postavljanje konektora na kablove do krajnjih FN modula
3. kratko spajanje konektora na kablovima do krajnjih FN modula na strani invertera
4. postavljanje konektora na kablovima do krajnjih FN modula na strani krajnjeg FN modula
5. povezivanje FN modula u string

Fotonaponski generator

Postizanje zadovoljavajućeg radnog napona na jednosmernoj strani invertera ostvaruje se formiranjem stringova koje čini skup modula električno povezanih u nizove. Moduli koji sačinjavaju string mogu biti različitih rangova. Gde god je moguće, FN moduli se redno povezuju korišćenjem već montiranih konektora na postojećim kablovima (modul se isporučuje sa premontiranim kablovima u dužini od 1,1 m na čijim krajevima se nalazi muški, odnosno ženski konektor). Konektori su prikazani na sl.12. (Plan povezivanja FN modula i stringova i plan postavljanja i označavanja FN modula dati su grafičkoj dokumentaciji ovog projekta.)





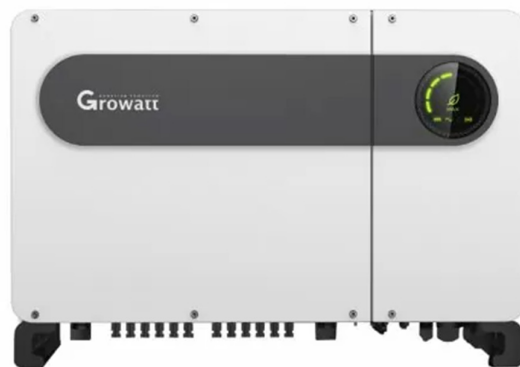
Slika 12

Fotonaponski generator je podeljen na blokove. Blok čini određen broj redno vezanih panela sa ciljem postizanja odgovarajućeg opsega ulaznog napona za rad invertera. Više paralelno vezanih blokova čini jedno fotonaponsko polje. (Način međusobnog povezivanja modula i blokova sa inverterom dat je u grafičkoj dokumentaciji ovog projekta.)

Inverter

Konverzija jednosmerne električne energije u naizmeničnu se ostvaruje upotrebom trofaznog invertera.

Projektom, a u skladu sa uslovima nadležne Elektrodistribucije, izabran je inverter proizvođača Growatt tipa MAX 80KTL3 LV (sl.13), efikasnosti 98,5%.



Slika 13



Karakteristike invertera:

DC

Maksimalni dozvoljeni ulazni napon - U_{DC} [V]	1100
Maksimalna struja po MPPT [A]	26
Maksimalna struja kratkog spoja po MPPT [A]	32
Polazni napon [V]	250
Nominalni napon [V]	600
Operativni MPPT opseg napona [V]	200-1000
Broj ulaza	7

AC

Nazivna aktivna snaga [kW]	80
Maksimalna prividna snaga [kVA]	88,8
Nazivni izlazni napon [V]	3N~, 230/400
Nazivna frekvencija [Hz]	50/60
Maksimalna izlazna struja [A]	128,8
Podesivi opseg faktora snage	0,8 ind ... 0,8 cap
Faktor snage za nominalnu snagu	1
Maksimalna ukupna distorzija harmonika [%]	< 3

Ugrađeni sistemi zaštite:

- zaštita od ostrvskog rada
- uređaj za isključenje sa ulazne strane
- prekostrujna zaštita AC
- zaštita od obrnutog polariteta -DC
- nadgledanje greške u stringu
- zaštita od prenapona
- zaštita od luka

Razvodni ormar invertera se montira na nosačima modula. Na inverter se vezuje 7 stringova: šest sa po 17 i jed a sa 16 redno vezanih modula.

Niskonaponski naizmjenični razvod u FN postrojenju

Naizmjenični razvod čini nekoliko elementarnih delova:

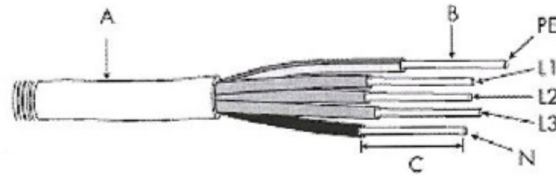
1. FN inverteri - izlazna strana
2. razvodni AC ormar
3. kablovi za naizmjeničnu struju
4. naizmjenični izvod do RO u TS

Naizmjenični razvod se izvodi jednim inverterom koji se vezuje na AC ormar.

Izvođač radova je u obavezi da se, pre povezivanja naizmjenične strane invertera, detaljno upozna sa uputstvom proizvođača koji opisuje ovaj segment instalacije, dok je ovde dat sažet prikaz osnovnih manipulativnih radnji.

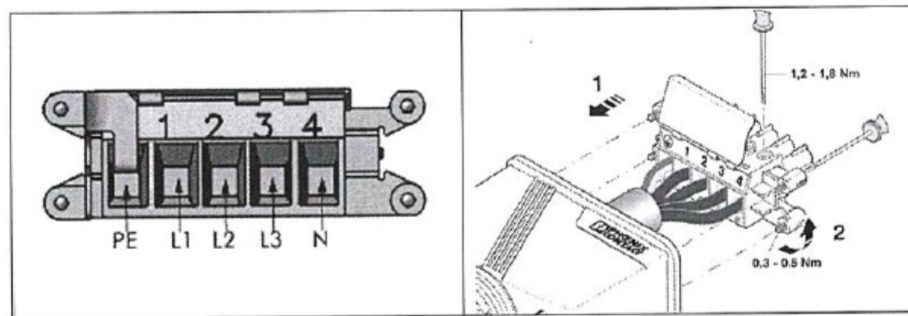
Povezivanje invertera je u TN-S sistemu razvoda. Iz istog razloga povezivanje invertera se izvodi pomoću petožilnog kabla oznake PP00 1x6 mm². Presek kabla je izbran u skladu sa dozvoljenim padom napona (< 1%), prema nazivnoj struji invertera i u skladu sa realnim uslovima polaganje.

Povezivanje invertera na naizmjeničnu mrežu (sl.14) se fizički izvodi u kablovskoj priključnoj kutiji. Kako bi se postigla definisana IP zaštita, uvod kablova unutar invertera se izvodi pomoću kablovske uvodnice koja se isporučuje uz inverter.

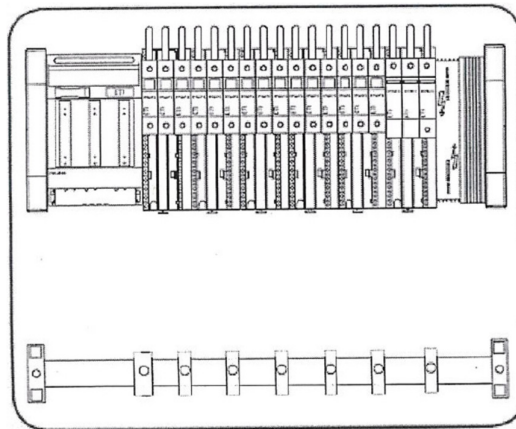


Position	Description	Value
A	Cable diameter	14 mm to 25 mm
B	Conductor cross-section	1.5 mm ² to 16 mm ² , with bootlace ferrule maximum 10 mm ²
C	Stripping length	approximately 12 mm

The PE wire must be 5 mm longer than the L and N wires.



Slika 14



Slika 15

Veza razvodnog AC ormara sa izmeštenim mernim mestom je direktna, novim NN kablom tipa i preseka PP00-A 4x150 mm². Trasa novoprojektovanog kabla data je u grafičkoj dokumentaciji ovog projekta.

Kao zaštitna komponenta za obezbeđenje kablovskih vodova od preopterećenja i kratkog spoja projektovani su NVO topljivi osigurači odgovarajuće nazivne struje.

Dispozicija opreme razvodnog AC ormara data je na sl.16.

Projektom se predviđa postavljanje poliesterskog slobodnostojećeg razvodnog ormara AC. Ormar se izrađuje od samogasivog materijala (poliester ojačan staklenim vlaknima), otpornog na atmosferske uticaje

u IP54 izradi. Ormar se isporučuje sa neophodnim elementima (unutrašnja montažna ploča, brava, ručka, pregrada za dokumentaciju, kablovske uvodnice, zaptivke...).

Po uvodu preko odgovarajuće uvodnice, fazne žile napojnog kabla PP00-A 4x150 mm² se vode na stezaljke teretne sklopke Q1 (stezaljke 1, 3, 5) a PEN vod na PEN bakarnu sabirnicu u donjem delu ormara. U ormaru se promena sistema razvoda iz TN-C u TN-S vrši kratkim spajanjem sabirnice PEN (koja u TN-S sistemu postaje PE) i N. U ormar se ugrađuje rastavljač sa osiguračima HVL nazivne struje drišera od 160/125 A i glavnim prekidačem, četvoropltnim, od 160A.

U ormar sa se ugrađuje relejna zaštita za obezbeđenje sistemske zaštite, naponske i frekventne. Predviđa se ugradnja releja za podnaponsku i nadnaponsku zaštitu i releja za podfrekventnu i nadfrekventnu zaštitu. Naponska i frekventna zaštita mogu biti integrisane u jedan rele. Rele deluje kao kontaktor za isključenje fotonaponskog postrojenja. Kontaktor je od 100A. Sam dovod iz invertora je štićen preko i FID sklopke od 125A

Dalji razvod u ormaru se vrši sabirničkim razvodom preko bakarnih sabirnica 25x4 mm/fazi, koje se postavljaju u donjoj zoni ormara. Odavde se vjicima ili na adekvatan način vrši "skidanje" potencijala za svaki od trolnih automatskih instalacionih prekidača (F.1-F.5). Trolni instalacioni prekidači su međusobno različiti nazivne struje 6A, prekidne moći dok se neutralni (N) i zaštitni (PE) vod priključuju direktno na sabirnice. Prenaponska zaštita invertera na naizmeničnoj strani je obezbeđena postavljanjem odvodnika prenapona karakteristike C (IEC kategorija II), $U_c = 275 \text{ V AC}$, $I_n (8/20\mu s) = 25 \text{ kA}$. Izvod za povezivanje odvodnika prenapona je obezbeđen postavljanjem topljivog osigurača karakteristike gL, nazivne struje umetka 16 A.

Zaštita solarnog generatora i priključnog voda MSE kada se ista priključuje DEES

Obuhvaćene su sledeće zaštite:

- sistemska zaštita
- zaštita priključnog voda

Delovanjem ovih zaštita na spojnom prekidaču se automatski prekida paralelan rad MSE sa DSEE i vrši havarijsko zaustavljanje MSE (brzo razbuđivanje i brzo zaustavljanje). Nije predviđen ostrvski rad MSE.

Sistemska zaštita, koja reaguje na poremećaj ravnoteže između proizvodnje i potrošnje reaktivne energije, se sastoji od:

- naponske zaštite
- frekventne zaštite

Naponska zaštita se sastoji od:

- nadnaponske zaštite ($U >$) koju čini trofazni naponski rele najmanjeg opsega podešavanja $(0,9 \div 1,2)U_{ng}$ i koja reaguje sa vremenskom zadržkom najmanjeg opsega podešavanja $(0,2 \div 3)s$
- podnaponske zaštite ($U <$) koju čini trofazni naponski rele najmanjeg opsega podešavanja $(1,0 \div 0,7)U_{ng}$ i koja reaguje sa vremenskom zadržkom najmanjeg opsega podešavanja $(0,2 \div 3)s$

Frekventna zaštita se sastoji od:

- nadfrekventne zaštite ($f >$) koju čini monofazni frekventni rele najmanjeg opsega podešavanja $(49 \div 52)Hz$ sa vremenskom zadržkom opsega podešavanja $(0,2 \div 3)s$
- podfrekventna zaštite ($f <$) koju čini monofazni frekventni rele najmanjeg opsega podešavanja $(51 \div 48)Hz$ sa vremenskom zadržkom opsega podešavanja $(0,2 \div 3)s$

Zaštita NN priključnog voda je prekostrujna i zemljospojna, izvedena prema TP-4a1 Direkcije za distribuciju električne energije.

Prekostrujna zaštita je trofazna maksimalna struja i vremenski nezavisna zaštita koja reaguje:

- sa vremenskom zadržkom pri strujnim opterećenjima koja prelaze vrednosti dozvoljenih struja opterećenja priključnog voda - prekostrujna zaštita I>
- trenutno pri bliskim kratkim spojevima - kratkospojna zaštita I>>

Merni relei prekostrujne zaštite su za naznačenu struju od 5A i najmanji opseg podešavanja za prekostrujnu zaštitu $(3\div 9)A$ i za kratkospojnu zaštitu $(20\div 50)A$ a najmanji opseg podešavanja vremenske zadržke prekostrujne zaštite treba da bude $(0,2\div 3)s$.

Zemljospojna zaštita je homopolarna zaštita čije izvođenje zavisi od načina uzemljenja neutralne tačke SN mreže (TP-6 Direkcije za distribuciju električne energije).

Gromobranska instalacija

Kako su fotonaposni paneli (moduli) montirani na metalno - rešetkastu noseću konstrukciju koja zauzima veću površinu, povećana je verovatnoća od udara groma (atmosferskih prenapona), zbog čega je predviđena zaštita od atmosferskih pražnjenja i indukovanih prenapona usled udara groma. Ove mere zaštite su realizovane prilikom izgradnje SFNP. Posledice udara groma u fotonaponske panele osetiće se i na drugoj električnoj opremi i uređajima zbog međusobnih električnih veza.

Zaštita SFNP od atmosferskih pražnjenja i indukovanih prenapona je u skladu sa *Pravilnikom o tehničkim normativima za zaštitu objekata od atmosferskih pražnjenja* ("Sl.list SRJ" br.11/96) i srpskim standardima za gromobranske instalacije (SRPS EN 62305-3:2013, SRPS EN 62305-1:2013, SRPS N.B4.803:2017), kao i grupom evropskih standarda za SFNP:

SRPS HD 60364-7-712:2023 (električna instalacija fotonaponskih modula)

IEC 60364-7-712:2017 ED3 (električna instalacija fotonaponskih modula)

SRPS EN 62305-1:2016/AC:2017 (zaštita od atmosferskog pražnjenja)

EN 62305-2:2017 (zaštita od atmosferskog pražnjenja)

Gromobransku instalaciju čine tri bitna elementa u zaštiti od atmosferskih pražnjenja: prihvatni, spustni i sistem uzemljenja. Prihvatni sistem je najistureniji deo i njegov zadatak je da na sebe privuče i preuzme udar groma i tako zaštititi objekat ispod sebe. U konkretnom slučaju, za prihvatni sistem predviđa se postavljanje rano startujuće hvataljke (tipa PREVECTRON) sa prednjačenjem od $25\mu s$, metalnog stuba i trke FeZn 25×4 mm na odgovarajućim potporama.

Prevectron®2
TS2.25



Centralni deo hvataljke je masivna elektroda od bakra visoke provodnosti, zašiljena na vrhu. Ostale elektrode su od nerđajućeg čelika. Oklop sadržine hvataljke je od materijala koji podnosi sve klimatske ekstremne vrednosti vlažnosti i temperature.

Hvataljka sa uređajem za rano startovanje postavlja se na vrhu metalnog jarbola visine 5 m, tako da je hvataljka bar 2 m iznad najviše štice tačke. Visina jarbola je min 5 m da bi hvataljka bila "zarivena" u jako električno polje pred udar groma, kako bi prikupila dovoljno energije za svoje delovanje.

Spusni provodnici su predviđeni trakom FeZn 25mm x 4mm postavljenom u betonski temelj novougrađenog metalnog stuba visine 5m iznad zemlje kao jedan izvod a drugi treba izvesti pocinkovanom trakom FeZn trake 25x4 mm na udaljenosti od desetak metara od stuba sa izvedenim prstenovima i sondama dužine 2m i precnika 3" na njegovim temenima.

Na mestima spojeva spusnih provodnika sa izvodima uzemljivača postavljaju se ispitni spojevi koji se izvode ukrsnim komadima i smeštaju se u kutiju za ispitne spojeve (SRPS EN 62561-1:2017).

Pre puštanja u rad potrebno je izmeriti prelazni otpor temeljnog uzemljivača i neprekidnost spusnih vodova. Obavezan je i tipski atest proizvođača.

Otpornost uzemljivača bi trebalo da bude manja od 10Ω . Za terene sa lošim specifičnim otporom trebalo bi konsultovati tačku 2.3.2 standarda SRPS EN 62305-3:2013.

Spusni vodovi mogu biti od bakra, aluminijuma ili pocinkovanog gvožđa. Ako je korišćen bakar, minimalni persek bakarnog profila mora biti 16mm^2 , ako je izveden od aluminijuma 25mm^2 , donosno od pocinkovanog gvožđa 50mm^2 .

Zemni uvodnici i uzemljivači mogu biti izrađeni samo od bakra ili pocinkovanog gvožđa, preseka minimum 50mm^2 ako su od bakra, odnosno minimum 80mm^2 ako su od pocinkovanog gvožđa.

Gromobransku instalaciju bi trebalo izvesti od jedinstvenog materijala, dakle koristeći samo bakar ili samo pocinkovano gvožđe, kako bi se izbegla brza degradacija materijala zbog pojave elektrohemijske odnosno galvanske korozije. Bakar je najdugovečniji i najpouzdaniji materijal za izvođenje jedne gromobranske instalacije.

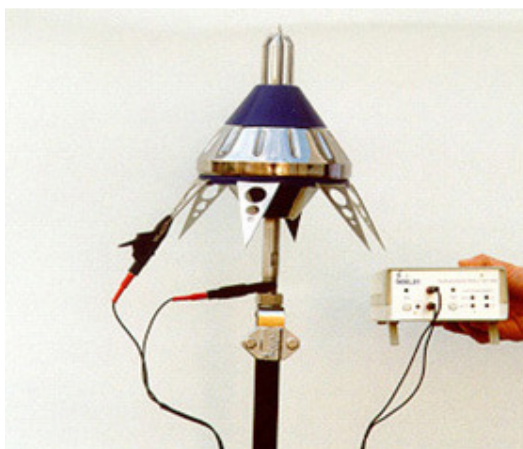
Standardom SRPS EN 62305-3:2013, predviđena su prva i periodična ispitivanja gromobranskih instalacija, "naročito kontinuiteta za one delove gromobranske instalacije koji nisu vidljivi za kontrolu i to na početku montaže i koji kasnije neće biti vidljivi".

Prva ispitivanja hvataljki nakon izlaska iz laboratorije proizvođača, odnosno ispitivanja odmah nakon ugradnje hvataljke, treba vršiti kako bi se proverilo da li hvataljka, od ispitnog stola u laboratoriji proizvođača, do svog konačnog postavljanja, nije izgubila svoje deklarisanе karakteristike, oštećivanjem u transportu, prilikom montaže ili na neki drugi način.

Nivo zaštite	Interval između kontrola (godine)
I	2
II	4
III, IV	6

Tabela 2

Istim ovim ispitivanjima hvataljka mora biti podvrgnuta u rokovima datim u tabeli 2 (SRPS N.B4.802), koji su vezani za nivo zaštite koji ova hvataljka obezbeđuje šticećenim objektima, odnosno nakon direktnog pražnjenja groma u instalaciju, kao i u slučaju promene, tj. eventualnog fizičkog proširenja šticećenih objekata.



Slika 16

Na slici 16 je prikazan uređaj za proveru ispravnosti hvataljke koji je snabdeven jednim mikropcesorom da bi kod hvataljke tipa PREVECTRON bilo omogućeno izvesti sledeće dve provere:

- test kratkog spoja preko donjih elektroda, odnosno proveru dobre električne pripremljenosti hvataljke za reagovanje na porast električnog polja ambijenta i dobre funkcionalnosti uređaja za startovanje hvataljke
- test dobrog rada transformatora preko gornjih elektroda

Izjednačavanje potencijala

Izjednačavanje potencijala je galvansko povezivanje svih metalnih masa (metalno - provodnih delova koji se mogu naći pod naponom) u SFNP na sistem uzemljenja. Provodnik za izjednačenje potencijala povezuje sve metalne delove SFNP na uzemljivač.

Kao dopunska mera zaštite mora se sprovesti izjednačavanje potencijala. Prema SRPS IEC 60050-826:2008 izjednačavanje potencijala je električni spoj kojim se razni izloženi provodni delovi dovode na isti potencijal. Izjednačavanje potencijala se postiže galvanskim povezivanjem metalnih "neelektričnih" instalacija kao i ostalih metalnih delova objekta i u objektu sa uzemljivačem, u skladu sa SRPS HD 60364-5-54:2012.

Najmanji presek provodnika za izjednačenje potencijala, za bakar, je 4 mm².

Sistem uzemljenja

Da bi se obezbedilo odvođenje struje atmosferskog pražnjenja u zemlju bez stvaranja opasnih prenapona, oblik i dimenzije sistema uzemljenja važniji su od specifične vrednosti otpornosti uzemljivača.

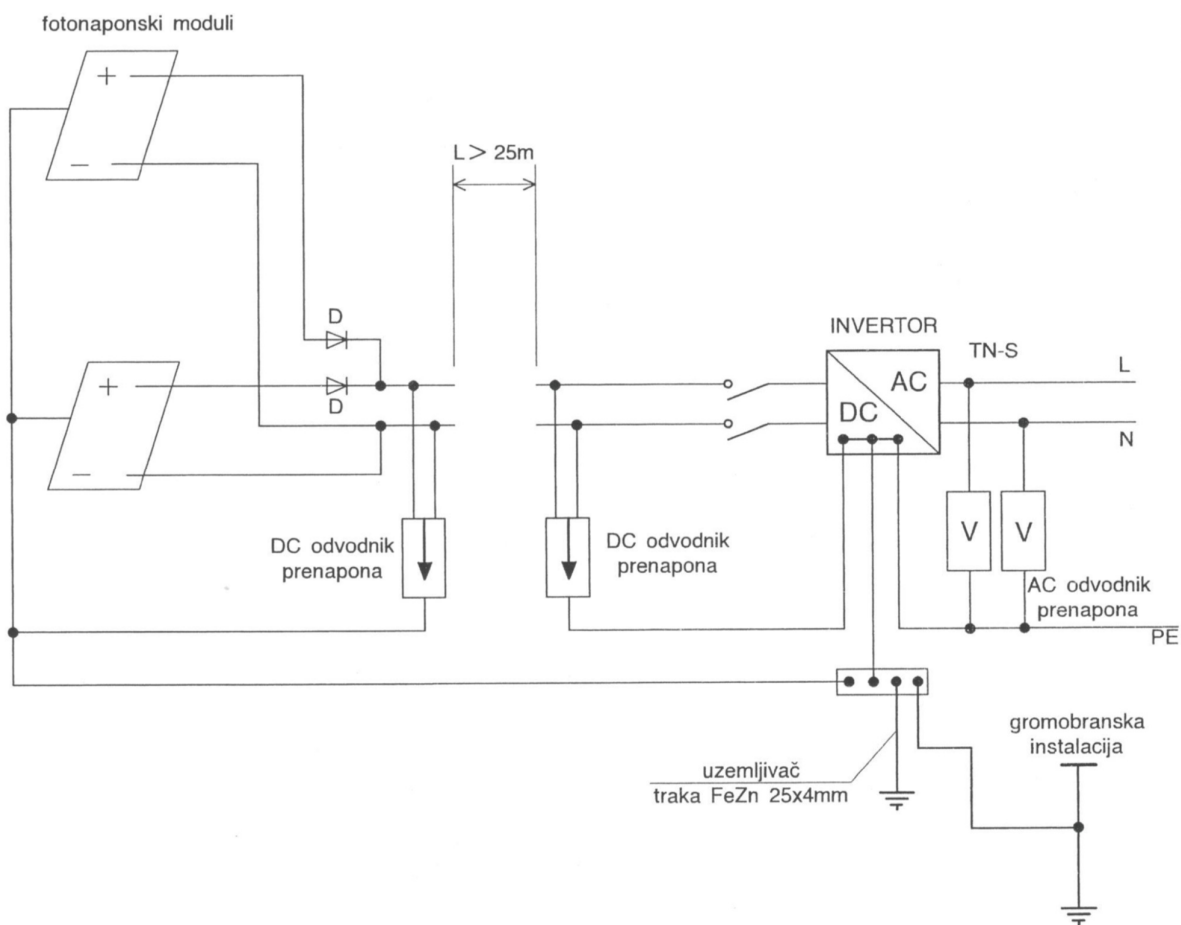
Fotonaponski moduli se testiraju na otpornost u za to ovlašćenoj laboratoriji a postavljaju se na noseću metalnu konstrukciju pomoću zaključavajućih zavrtnja. Spoj sa konstrukcijom se ostvaruje pomoću podloge u direktnom kontaktu sa okvirom modula koji je uramljen u noseću konstrukciju. Svi metalni delovi konstrukcije su povezani na sistem uzemljenja koji je izveden FeZn trakom 25x4 mmxmm. Takođe su i svi metalni provodni delovi u postrojenju koji se mogu naći pod naponom, povezani na uzemljivač. Dakle, potrebno je izvesti vezivanje svih metalnih masa. U cilju ekvipotencijalizacije, na sistem uzemljenja povezane su metalne montažne konstrukcije, metalni montažni ram invertera, PNK regala.

Investitor je u obavezi da, pre puštanja SFNP u rad, ispita ispravnost sistema uzemljenja.

Odvodnici prenapona

Prenapon se javlja u slučaju udara groma u objekat SFNP. Odvodnici prenapona predstavljaju zaštitu od atmosferskog pražnjenja na invertre i imaju zadatak da svaki prenapon koji se javi odvedu na uzemljivač.

Ako je udaljenost između priključno - sabirničkog polja fotonaponskih panela i invertera veća od 25 m preporučuje se ugradnja dva odvodnika prenapona umesto jednog (sl.17).



Slika 17

4.5.5. PRILOG O POTREBNIM I PRIMENJENIM MERAMA BEZBEDNOSTI I ZAŠTITE ZDRAVLJA NA RADU

Ovaj prilog izrađen je shodno Zakonu o bezbednosti i zdravlju na radu ("Sl. glasnik RS" broj 35/23), kojim je predviđeno da projektanti investicionih objekata izrade poseban prilog uz investiciono - tehničku dokumentaciju sa naznakom svih opasnosti i štetnosti, kao i predviđenim merama za njihovo otklanjanje.

Prilog je izrađen na pretpostavci:

- da je osoblje zaduženo za izgradnju i eksploataciju MSE odgovarajućih stručnih kvalifikacija i psihofizičkih sposobnosti, kao i da je izvršeno obučavanje radnika iz materije zaštite na radu te da je obavljena provera sposobnosti radnika za samostalan i bezbedan rad bezopasnim metodama
- da za objekat postoji uredna i sređena tehnička dokumentacija koja odgovara stvarno izvedenom stanju
- da postoji dobra organizacija rada
- da postoji propisna zaštitna oprema

Kod izgradnje instalacija mogu se javiti sledeće opasnosti:

- pad sa lestvi ili skele
- ozlede alatima za rad, prašinom, stranim telima, itd.
- udar električne struje zbog neispravnosti oruđa za rad
- pad usled klizavog terena
- povrede usled pada nekog predmeta sa visine

Prilikom izrade instalacija radnik se mora pridržavati sledećeg:

- korišćenje sredstava lične zaštite
- oruđa za rad moraju biti u ispravnom stanju
- u blizini drugih instalacija (struja, voda, isl.) ne smeju se koristiti automatska sredstva za rad (bušilice, kopačice i sl.)
- rukovodilac radova mora upoznati radnika sa mesima ukrštanja instalacije na kojoj se izvode radovi sa ostalim instalacijama na gradilištu
- radnik mora koristiti ispravne lestve i iste moraju biti postavljene na podlogu koja onemogućava proklizavanje; ukoliko ipak postoji takva mogućnost, lestve mora pridržavati drugi radnik
- radnici koji rade na izgradnji instalacija u blizini druge električne instalacije, moraju imati propisnu odeću (odelo i zaštitne rukavice) i obuću

Za primenu mera zaštite u procesu rada odgovorni su rukovodilac radova i sâm radnik.

Rukovodilac radova i radnici moraju biti obučeni za pružanje prve pomoći.

Zaštita od slučajnog dodira delova pod naponom predviđena je primenom:

- postrojenja zatvorenog tipa
- zatvorenog razvoda niskog napona i zaštitne pregače na izvodima
- zaštitnih kućišta i limenih poklopaca
- odgovarajućih rastojanja postavljanja opreme
- odgovarajućih visina vešanja opreme

Opasnost od previsokog (opasnog) napona dodira u novoj spoljnoj elektroenergetskoj mreži i novim unutrašnjim električnim instalacijama, otklonjena je primenom nulovanja (TN-C-S sistem, odnosno sistem TN-C i TN-S respektivno).

Izuzetno je dozvoljen rad na opremi pod naponom ako napon ne prelazi 250 V prema zemlji i uz primen odgovarajućih zaštitnih mera.

Zaštita od struje kratkog spoja u niskonaponskoj mreži rešena je upotrebom odgovarajući i pravilno odabranih osigurača na početku svakog strujnog kola, kao i pravilnim dimenzionisanjem odgovarajuće opreme.

Oprema i konstrukcija koji su predmet ovog projekta, izrađeni su tako da obezbeđuju statičku i dinamičku čvrstoću da izdrže naprezanja koja se mogu pojaviti usled udarne struje kratkog spoja.

Zaštita od preopterećenja obuhvaćena je sistemom zaštite od kratkog spoja.

Opasnost od mehaničkog naprezanja i oštećenje provodnika otklonjena je pravilnim izborom tipa, trase i načina polaganja istih.

Opasnost od nedozvoljenog pada napona u niskonaponskoj mreži otklonjena je pravilnim izborom preseka provodnika u zavisnosti od opterećenja po izvodu i pravilnim izborom granica napajanja u mreži koja ima mogućnost dvostrukog napajanja.

Sva oprema u postrojenju je dimenzionisana prema maksimalnim strujama koje se mogu pojaviti u NN mreži. Sva oprema je dimenzionisana preko proračunatih vrednosti snage kratkog spoja, pa samim tim može sigurno izdržati sva dinamička i termička naprezanja u režimu kratkog spoja, što je potrebno dokumentovati od strane isporučiooca opreme.

Zaštita telekomunikacionih vodova od uticaja elektroenergetskih postrojenja i vodova je po važećim propisima.

Oprema i svi vodovi su dimenzionisani tako da se pri nazivnom opterećenju neće zagrevati iznad dozvoljene temperature za odabrane preseke provodnika i vrstu opreme.

Rad na visokonaponskoj opremi smatra se opasnim i kada ova nije pod naponom, zbog uticaja susednih visokonaponskih aparata ili zbog mogućnosti da greškom dođe pod napon.

Prema srpskim propisima, rad na opremi pod naponom je zabranjen!

Pre početka radova na izgradnji, održavanju i eksploataciji elektroenergetskog voda, osiguranje mesta rada od prodora napona sprovodi primenom pet pravila (**z l a t n a p r a v i l a**) za rad u beznaponskom stanju i to:

1. - ISKLJUČENJE - VIDLJIV PREKID
2. - SPREČAVANJE SLUČAJNOG PONOVOG UKLJUČENJA
3. - UTVRĐIVANJE BEZNAPONSKOG STANJA
4. - UZEMLJENJE I KRATKO SPAJANJE
5. - OGRAĐIVANJE OD DELOVA POD NAPONOM

Ova pravila se sprovode u okviru osnovnih i dopunskih mera zaštite na radu.

4.5.6. UPRAVLJANJE OTPADOM I ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE

U skladu sa Zakonom o upravljanju otpadom ("Sl. glasnik RS", br. 36/2009, 88/2010, 14/2016, 95/2018 - dr.zakon i 35/2023) plan upravljanja otpadom je dokument kojim se daju smernice, uputstva i postupci za pravilno prikupljanje i skladištenje nastalog otpada tokom izvođenja radova na građenju objekata.

Upravljanje otpadom od građenja je skup aktivnosti i mera koje obuhvataju odvojeno sakupljanje, razvrstavanje, transport, skladištenje, pripremu za ponovnu upotrebu, ponovno iskorišćenje i/ili odlaganje građevinskog otpada.

Cilj mera koje se planiraju za upravljanje otpadom je da se:

- uspostavi efikasan sistem za upravljanje otpadom
- utvrde podaci o vrstama, količinama i tokovima otpada
- smanji količine generisanog otpada i njegovih opasnih karakteristika
- maksimalno iskoristi otpad čiji nastanak ne može da se spreči
- u skladu sa nacionalnim zakonodavstvom i na ekonomski isplativ način odložiti otpad koji ne može ponovo da se koristi
- ostvari saradnje sa predstavnicima nadležnih organa

Prema *Zakonu o upravljanju otpadom*, upravljanje otpadom vrši se na način kojim se obezbeđuje najmanji rizik po ugrožavanje života i zdravlja ljudi i životne sredine, kontrolom i merama smanjenja:

- zagađenja voda, vazduha i zemljišta
- opasnosti po biljni i životinjski svet
- opasnosti od nastajanja udesa, eksplozija ili požara
- negativnih uticaja na predele i prirodna dobra posebnih vrednosti
- nivoa buke i neprijatnih mirisa

Prema *Uredbi o načinu i postupku upravljanja otpadom od građenja i rušenja* ("Sl. glasnik RS", br. 93/23 i 94/23 ispr.), mere za upravljanje otpadom od građenja i rušenja su:

- izdvajanje korisnih komponenti iz i sa objekta pre započinjanja građevinskih i drugih radova, koje se ne smatraju otpadom u skladu sa zakonom kojim se propisuje upravljanje otpadom i koje mogu ponovo da se upotrebe u istu svrhu za koju su proizvedeni (opeka, crep i sl.)
- sprečavanje mešanja opasnog i neopasnog otpada od građenja i rušenja i mešanja različitih vrsta otpada
- sprečavanje raznošenja, razlivanja, isticanja opasnog otpada u zemljište, površinske i podzemne vode i vazduh
- određivanje mesta za privremeno skladištenje otpada od građenja i rušenja na mestu nastanka, odnosno na gradilištu
- ispitivanje i klasifikacija otpada od građenja i rušenja
- izvođenje radova na način da se sprečava nastajanje otpada
- podsticanje ponovne upotrebe i ponovnog iskorišćenja otpada od građenja i rušenja
- vođenje evidencije i izveštavanje o količini i vrsti generisanog otpada od građenja i rušenja, kao i o tretmanu kom je podvrgnut

Otpad, koji nastaje pri izgradnji SFNP i podzemnih elektroenergetski vodova, spada u neopasni čvrsti otpad i nema karakteristike opasnog otpada.

Faze upravljanja ovim otpadom su transport i odlaganje čvrstog otpada, što podrazumeva sakupljanje otpada u vozilo i transport na predviđenu lokaciju deponovanja gde se vozilo prazni.

Radovi, predviđeni projektom izgradnje predmetnog SFNP, su isključivo propisane prirode klasičnog izvođenja građevinskih radova. Pre postavljanja konstrukcije za nošenje modula, planirano je izjednačavanje kota terena na koji je predviđena izgradnja SFNP. Kako se noseća konstrukcija pobija direktno u zemlju, ne postoji višak zemlje koji bi trebalo ukloniti.

Eventualni višak elektroopreme izvođač radova odvozi u skladište koje je za to odredio investitor/finansijer.

Osnovne prednosti solarnih fotonaponskih sistema i njegovih elemenata su što predstavljaju tzv. čistu energiju. Fotonaponski uređaji tokom rada ne proizvode emisiju štetnih materija i ne proizvode buku, zbog čega su veoma pogodni kao izvor električne energije u urbanim sredinama. Fotonaponski sistemi rade uz minimalno održavanje, servisiranje i bez snabdevanja gorivom.

Tokom rada fotonaponske solarne ćelije ne opterećuju okolinu u prevelikoj meri niti predstavljaju izvor zagađenja u smislu emisije štetnih materija, buke i slično. U određenom smislu imaju posredan povoljan uticaj ako je proizvedena električna energija zamena za električnu energiju koja bi se morala proizvesti na konvencionalni način uz upotrebu nekog fosilnog goriva. Međutim, upotreba fotonaponske tehnologije opterećuje okolinu na posredan način. Proizvodnja fotonaponskih ćelija, uglavnom zasnovanih na silicijumu, veoma je energetska zahtevna, pa se u obzir mora uzeti takozvano vreme povrata uložene energije u proizvodnju. Upotreba drugačijih, manje energetski zahtevnih tehnologija kao što je tehnologija tankog filma svakako će umanjiti ovu vrstu uticaja.

Pored toga u proizvodnom procesu se koriste toksični materijali poput kadmijuma, olova i žive, a instaliranje fotonaponskih solarnih ćelija zahteva relativno veliku površinu po jedinici proizvedene električne energije. Ukoliko je reč o instalacijama na tlu, treba imati na umu da se zauzeta površina ne može koristiti za poljoprivredu.

Posljednih par desetina godina proizvodnja fotonaponskih modula se naglo povećala. Većina PV modula koji su trenutno u upotrebi zasnovani su na solarnim ćelijama, vaferima (engl. wafers) na bazi kristala silicijuma. Iako je vek trajanja fotonaponskog modula oko trideset godina, nakon čega se očekuje povlačenje iz pogona, već danas se ukazala potreba za zbrinjavanjem velikog broja modula zbog pogreški u proizvodnji ili kvarova kao što su lom stakla, ili drugih razloga koji su onemogućili funkcionisanje.

Prvobitna praksa je bila da se najveći broj modula tretira kao obični industrijski otpad iz kojeg se recikliraju staklo i metal, ali ne i solarne ćelije. Zbog velike potražnje za silicijumom visokog kvaliteta potrebnog za izradu solarnih ćelija, odbacivanje starih ćelija postalo je neprihvatljivo.

Većina solarnih ćelija iz odbačenih PV modula su još uvijek funkcionalne pa su se počele razvijati metode za njihovo recikliranje, odnosno obnavljanje i upotreba u novim fotonaponskim modulima.

Moduli, koji su ugrađuju u predmetno SFNP, imaju procenjeni vek trajanja od najmanje 25 godina, nakon čega se može očekivati odbacivanje PV modula. Prema trenutno važećem *Zakonu o upravljanju otpadom*, radi utvrđivanja sastava i opasnih karakteristika otpada vlasnik ili držalac otpada dužan je da izvrši ispitivanje opasnog otpada, kao i otpada koji prema poreklu, sastavu i karakteristikama može biti opasan otpad. Kada proizvođač ili vlasnik otpada pribavi Izveštaj o ispitivanju otpada koji izdaju ovlašćene laboratorije za ispitivanje otpada može predati otpad operateru koji poseduje dozvolu za sakupljanje, transport, skladištenje, tretman ili ponovno iskorišćenje ili odlaganje otpada.

4.6. NUMERIČKA DOKUMENTACIJA

4.6.1.	Proračuni
4.6.2.	Predračunska vrednost objekta

4.6.1. PRORAČUNI

Snaga SFNP

U skladu sa članom 5 *Uredbe o kriterijumima, uslovima i načinu obračuna potraživanja i obaveza između kupca - proizvođača i snabdevača* ("Sl. glasnik RS", br. 83/21 i 74/22), instalisana snaga SFNP je:

- instalisana snaga invertera, u kW, pri $\cos \phi = 1$, kada je nazivna snaga invertera manja ili jednaka zbiru instalisanih snaga fotonaponskih modula, iči
- zbir instalisanih snaga fotonaponskih modula, kada je nazivna snaga invertera veća od zbira instalisanih snaga fotonaponskih modula

Predviđena je montaža i povezivanje ukupno 118 panela snage po 455 W. Paneli se povezuju na red u stringove (nizove) a tako formirani nizovi se vezuju inverter snage od 80 kW.

Instalisana snaga elektrane na jednosmernoj strani jednaka je proizvodu nazivne snage panela i ukupnog broja panela:

$$P_{DC,STC} = n \cdot P_n = 118 \cdot 455 \text{ W} = 53,69 \text{ kW}$$

Broj PV modula i snaga SFNP po inverterima pri standardnim uslovima testiranja:

redni br. invertera	broj panela	instalirana snaga [kW]	dozvoljena snaga [kW]
1	118	53,69	80

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

- modul je čist (bez prašine i drugih nečistoća koje se javljaju u realnim uslovima)
- temperatura modula je 25 °C
- solarna iradijacija na površini panela je 1000 W/m²
- solarni spektar odgovara vazdušnoj masi AM=1.5

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

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

$$P_{AC} = P_{DC} \cdot \eta_Z \cdot \eta_N \cdot \eta_T \cdot \eta_I$$

gde je:

- P_{AC} - izlazna snaga invertera
- η_Z - gubici usled zaprljanosti panela (0,96)
- η_N - gubici usled neuparenosti karakteristika panela (0,97)
- η_T - temperaturni gubici (0,92)
- η_I - gubici u inverteru (0,985)

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

Pored temeprature, na efikasnost modula utiču i neuparenost karakteristika modula, zaprljanost aktivne površine modula, kao i gubici u inverteru. Gubici usled zaprljanosti modula mogu se proceniti na oko 4 %, dok gubici usled neuparenosti modula ne prelaze 3 %. Gubici u inverteru su definisani u specifikaciji invertera i uzima se podatak o ponderisanoj efikasnosti koja za inverter Growatt MAX 80KTL3 LV iznosi 98,5%.

Maksimalna izlazna snaga projektovanog SFNP biće $P_{AC} = 45,31 \text{ kW}$

Proračuni kriterijuma potrebnih za bezbedan paralelan rad SFNP snage 75 kW sa DEES

Provera osnovnih kriterijuma potrebnih za bezbedan paralelan rad SFNP snage 75 kW sa DEES vrši se u skladu sa *Pravilima o radu elektrodistributivnog sistema i Tehničkom preporukom br.16* Direkcije za distribuciju električne energije, kao i prema *Uslovima za projektovanje i priključenje* izdatim od strane nadležne elektrodistribucije.

Za priključenje i bezbedan paralelan rad male elektrane sa distributivnim sistemom, moraju biti zadovoljeni sledeći kriterijumi:

- kriterijum maksimalno dozvoljene snage generatora u elektrani
- kriterijum dozvoljenih vrednosti napona u stacionarnom režimu (proveru vrši nadležna elektrodistribucija)
- kriterijum dozvoljenog strujnog opterećenja elemenata distributivne mreže (proveru vrši nadležna elektrodistribucija)
- kriterijum flikera
- kriterijum dozvoljenih struja viših harmonika i interharmonika
- kriterijum snage kratkog spoja (proverava se samo za elektrane snage preko 1 MVA)

Kriterijum maksimalno dozvoljene snage generatora u elektrani

Mala elektrana neće delovati štetno na DEES ukoliko je zadovoljen kriterijum dozvoljene snage kojim se garantuje da, pri uključenju generatora na DEES, u tački priključenja neće doći do promene napona (naponskog udara) većeg od 2% na SN, odnosno 3% na NN.

Kriterijum dozvoljene snage je zadovoljen ukoliko je, za priključenje elektrane na NN, ispunjen uslov:

$$S_{ngm} \leq \frac{S_{ks}}{33,3 \cdot k}$$

gde je

- | | |
|-------------------|---|
| S_{ngm} [MVA] - | maksimalno dozvoljena prividna snaga generatora u elektrani |
| S_{ks} [MVA] - | snaga trofaznog kratkog spoja (stvarna vrednost) u tački priključenja na DEES bez uticaja predmetne elektrane |
| k - | količnik polazne (struje uključenja) i naznačene struje generatora
(k=1 za sinhronne generatore i invertore) |

Stvarna struja trofaznog kratkog spoja sa strane DSEE na mestu priključenja elektrane na DSEE, u subtranzijentnom periodu je $I_{ks} = 6,91 \text{ kA}$ a odnos $R/X = 0,63$. Snaga trofaznog kratkog spoja na mestu priključenja na DSEE:

$$S_{ks} = \sqrt{3} \cdot I_{ks} \cdot U = 4.78 \text{ MVA}$$

Najveća dozvoljena vrednost snage male elektrane koja se može priključiti na NN sabirnice U TS 10/0,4 kV iznosi:

$$S_{ngm} \leq \frac{S_{ks}}{33,3 \cdot k} = 0.227 \text{ MVA} > 0,08 \text{ MVA}$$

Iz izvedenog proračuna sledi da predmetna SE sa inverterom od 80 kW zadovoljava kriterijum maksimalno dozvoljene snage u elektrani.

Kriterijum flikera

Kriterijum flikera je zadovoljen ako faktor smetnji A_{lt} male elektrane, izazvanih flikerom dugog trajanja (preko dva sata), ima vrednost:

$$A_{lt} \leq 0,1$$

Mala elektrana se može priključiti na DEES ako je isunjen uslov:

$$A_{lt} = \left(c_{f_{mel}} \cdot \frac{S_{mel}}{S_{ks}} \right)^3 = \left(\frac{c_{f1}}{\sqrt{n}} \cdot \frac{S_{mel}}{S_{ks}} \right)^3 \leq 0,1$$

$$c_{f_{mel}} \leq \frac{\sqrt[3]{0,1} \cdot S_{ks}}{S_{mel}}$$

gde je:

S_{mel} [MVA] -	ukupna instalisana snaga male elektrane
S_{ng} [MVA] -	snaga jednog generatora
S_{ks} [MVA] -	snaga trofaznog kratkog spoja (stvarna vrednost) na mestu priključenja na DSEE
n -	broj generatora u maloj elektrani
$c_{f_{mel}}$ -	koeficijent flikera elektrane sa n generatora
c_{f1} -	koeficijent flikera male elektrane sa jednim generatorom

Koeficijent flikera c_f označava osobinu male elektrane da proizvodi flikere. Vrednost ovog koeficijenta daje proizvođač male elektrane, odnosno nezavisna ovlašćena institucija, posebno za svaki generator i elektranu kao celinu, na osnovu atesta o tipskom ispitivanju male elektrane koja ima iste ili slične karakteristike kao mala elektrana koja se gradi. nakon završene gradnje male elektrane i priključenja na DSEE, merenjem se mora potvrditi da koeficijent flikera c_{f1} (pojedinačno za svaki generator) i $c_{f_{mel}}$ (za celu elektranu) ne prelaze vrednosti koje su garantovane atestom o ispitivanju tipa. Merenje se vrši u realnim pogonskim uslovima, tako da se ne uzimaju u obzir prelazne pojave.

Kriterijum flikera je zadovoljen ako je $c_{f_{mel}} \leq 20$. S obzirom na to da je kod solranih elektrana $c_{f_{mel}} > 20$, a može da ima vrednost i do 40, obavezan je dokaz (atest) da MSE zadovoljava kriterijum flikera dugog trajanja: $A_{lt} \leq 0,1$, odnosno dokaz da priključenje MSE na DS neće proizvesti štetno delovanje.

Zamenom vrednosti za konkretno SFNP, faktor smetnji A_{lt} male elektrane:

$$A_{lt} = 0.001 \leq 0,1$$

Kako je ispunjen uslov flikera dugog trajanja, zaključujemo da MSE neće proizvesti štetno delovanje na mestu priključenja u distributivni sistem.

Kriterijum dozvoljenih struja viših harmonika i interharmonika

Kriterijum dozvoljenih struja viših harmonika i interharmonika se proverava izrazom:

$$I_{vhg} \leq I_{vhdoz} = I_{vhs,\vartheta,\mu} \cdot S_{ks}$$

gde je:

- I_{vhg} [A] - stvarna vrednost struje višeg harmonika/interharmonika koju generator injektira u DEES, svedena na mesto priključenja
 I_{vhdoz} [A] - dozvoljena vrednost struje višeg harmonika/interharmonika na mestu priključenja
 $I_{vhg,v,\mu}$ [A/MVA]- vrednost struje višeg harmonika/interharmonika koja je svedena na jediničnu snagu kratkog spoja na mestu priključenja na DEES

Dozvoljene vrednosti struje v -tog harmonika i μ -tog interharmonika svedene na snagu kratkog spoja u tački priključenja elektrane na DS (TP-16) dati su u tabeli 3.

Ukoliko nisu ispunjeni uslovi, vlasnik MSE treba da obezbedi atest o tipskom ispitivanju nekog drugog generatora koji ispunjava prethodno navedene kriterijume i koji ima iste ili slične karakteristike kao generator koji će se ugraditi u MSE, ili da preduzme posebne zaštitene mere, i to:

- ugradnja filtera za odgovarajući red višeg harmonika
- priključenje MSE u tački sa većom vrednošću snage kratkog spoja (priključenje na viši naponski nivo).

Redni broj višeg harmonika	$I_{vhs,v,u}$ [A/MVA]			
	Niski napon	10 kV	20 kV	35 kV
2	1,5	0,058	0,029	0,0163
3	3	/	/	/
4	0,47	0,019	0,009	0,005
5	1,5	0,058	0,029	0,0163
6	0,58	0,023	0,012	0,007
7	1	0,082	0,041	0,0231
8	0,2	0,008	0,004	0,002
9	0,7	/	/	/
10	0,36	0,014	0,007	0,004
11	0,5	0,052	0,026	0,0146
12	0,27	0,011	0,005	0,002
13	0,4	0,038	0,019	0,0111
14	0,17	0,007	0,003	0,002
16	0,15	0,006	0,003	0,002
17	0,3	0,022	0,011	0,0600
18	0,12	0,005	0,002	0,001
19	0,25	0,018	0,009	0,0051
23	0,3	0,012	0,006	0,0034
25	0,25	0,010	0,005	0,0026
25 < v < 40*	0,15-25/v	0,01 x 25/v	0,005 x 25/v	0,0026 x 25/v
v = paran 18 < v	1,5/v	0,06/v	0,03/v	0,0171/v
u < 40	1,5/v	0,06/μ	0,03/μ	0,0171/μ
u > 40**	4,5/v	0,18/μ	0,09/μ	0,0514/μ
* neparan broj harmonika				
** za opseg modulacije pri frekvenciji od 200 Hz; mereno u skladu sa SRPS EN 61000-4-7:2008 EN 61000-4-7, Anex B i SRPS EN 61000-4-7:2008/A1:2010.				

Tabela 3

Kriterijum snage kratkog spoja

Prema Pravilniku o radu distributivnog sistema, proverava se ukupna vrednost struje (snage) trofaznog kratkog spoja na mestu priključenja elektrane u pogonu. Vrednost struje (snage) ne sme preći maksimalne dozvoljene vrednosti struja (snaga) kratkog spoja na koje je dimenzionisana oprema u DSEE.

Prema izdatim UPP, stvarna struja trofaznog kratkog spoja na mestu priključenja elektrane na DSEE u subtranzijentnom periodu iznosi $I_{ks} = 6.91 \text{ kA}$, pa je snaga trofaznog kratkog spoja na mestu priključenja:

$$S_{ks} = \sqrt{3} \cdot I_{ks} \cdot U_n = 4,78 \text{ MVA} < 18 \text{ MVA}$$

Na osnovu proračuna se može zaključiti da je kriterijum snage kratkog spoja zadovoljen jer je dobijena vrednost snage kratkog spoja na mestu priključenja elektrane na DSEE manja od maksimalno dozvoljene vrednosti za koju je dimenzionisana oprema na 0,4 kV naponu.

Takođe, prema TP br.16 Direkcije za distribuciju električne energije (Osnovni tehnički zahtevi za priključenje malih elektrana na distributivni sistem), tačka 5.8., elektrane snage do 1 MVA ne mogu znatnije da povećaju snagu kratkog spoja u distributivnom sistemu pa je provera kriterijuma snage kratkog spoja obavezna samo za elektrane snage veće od 1 MVA.

Procena proizvodnje solarne električne enrgije

Lokacija: 43° 27' 57.92" N, 21° 15' 59.75" E, nadmorska visina 212 m (softverski optimizovane vrednosti)

Korišćena baza podataka o sunčevom zračenju: PVGIS-CMSAF

Instalisana snaga PV sistema: 53,69 kWp (crystalline silicon)

Procenjeni gubici usled temperature i slabe iradijacije: -7.44 % (koristeći lokalnu temperaturu vazduha)

Procenjeni gubici usled efekata ugaone refleksije: -2.82 %

Gubici usled spektralnog efekta: 1,13 %

Ukupni gubici PV sistema: -21,77 %

Em - Prosečna mesečna proizvodnja električne energije iz datog sistema [kWh]

Hm - Prosečna mesečna suma globalnog zračenja po kvadratnom metru primljena od strane modula datog sistema [kWh/m²]

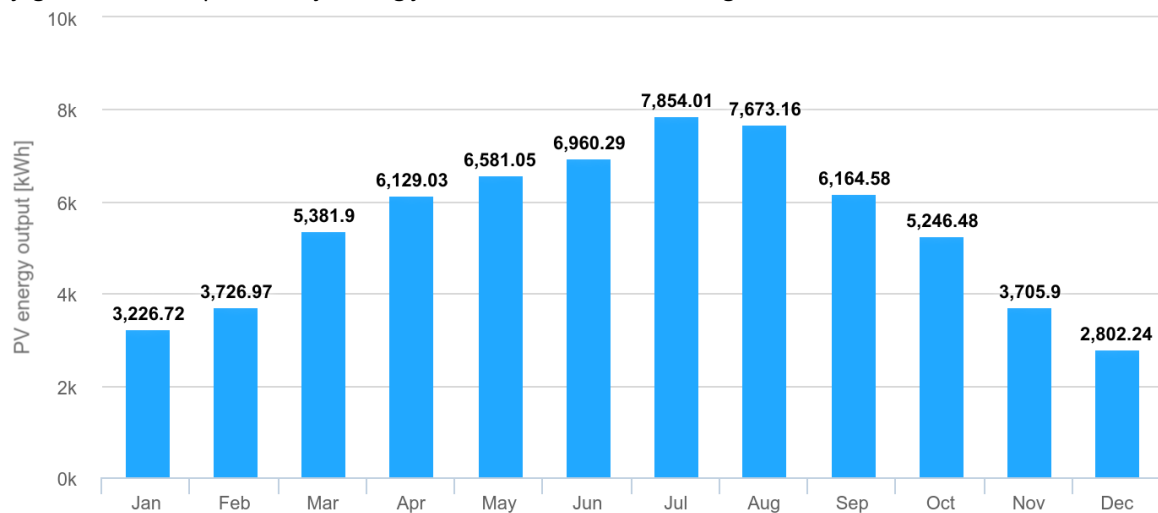
SDm - Standardno odstupanje mesečne proizvodnje električne energije usled promena tokom godine [kWh]

Mesečna PV energije i solarno zračenje (program PVGIS):

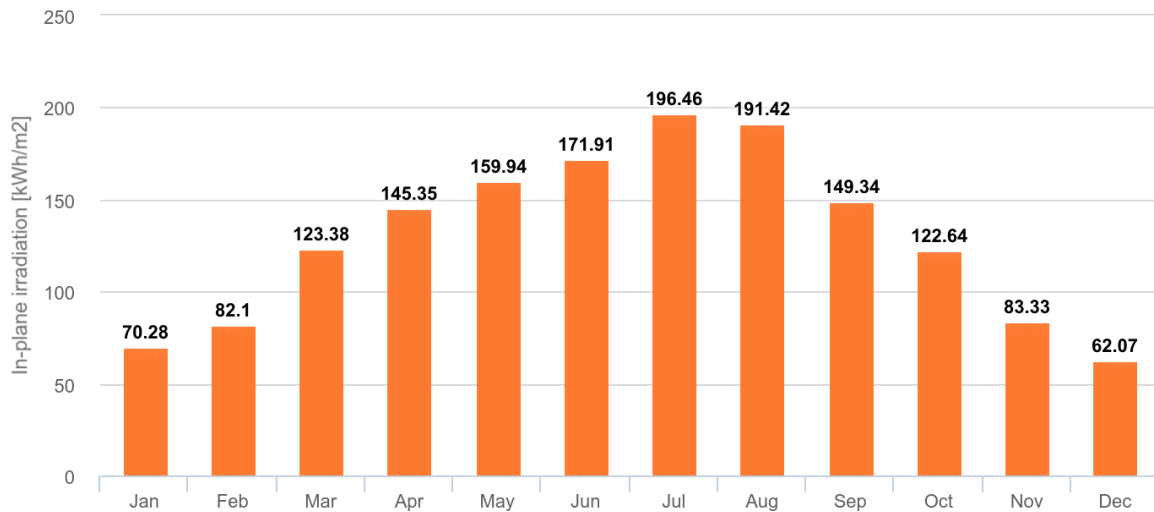
Fiksni sistem: nagib modula = 35°, azimut = 0°			
Mesec	E_m [kWh]	H_m [kWh/m ²]	SD_m [kWh]
Januar	3226,72	70,28	698,4
Februar	3726,97	82,1	818,1
Mart	5381,9	123,38	897,1
April	6129,03	145,35	963,9
Maj	6581,05	159,94	848,6
Jun	6960,29	171,91	778,1
Jul	7854,01	196,46	607,5
Avgust	7673,16	191,42	628,3
Septembar	6164,58	149,34	799,4
Oktobar	5246,48	122,64	1089,2
Novembar	3705,9	83,33	719,1
Decembar	2802,24	62,07	716,9
Ukupno godišnje			

Mesečna PV energije i solarno zračenje (program PVGIS):

Dijagram mesečne proizvodnje energije iz PV sistema sa fiksnim uglom:



Dijagram mesečnog zračenja u ravni za fiksni ugao:



Razvod jednosmerne električne energije u SFNP

Za određivanje potrebnog broja modula u FN nizu (stringu), proračun maksimalnog ulaznog napona u inverter, proračun strujnog opterećenja kabla koji spaja fotonaponske module i inverter (DC kabl), odnosno proračun poprečnog preseka DC kabla, koriste se parametri fotonaponskog modula, i to napon pri maksimalnoj snazi U_{mpp} , struja pri maksimalnoj snazi I_{mpp} , napon praznog hoda U_{oc} i temperaturni koeficijent $\alpha_{U_{oc}}$.

Vrednosti parametara korišćenih fotonaponskih modula LONGI tipa LR4-72HPH-455M su:

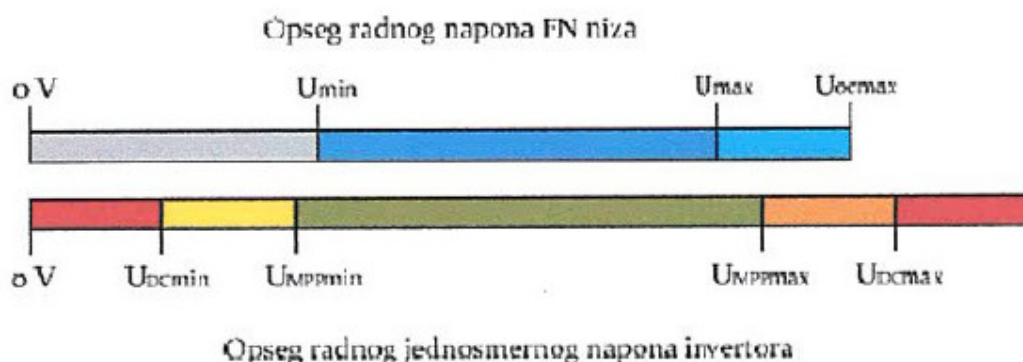
- maksimalna snaga $P_{max} = 455 \text{ W}$
- napon praznog hoda $U_{oc} = 49.5 \text{ V}$
- struja kratkog spoja $I_{sc} = 11.66 \text{ A}$
- napon u tački maksimalne snage $U_{mpp} = 41,7 \text{ V}$
- struja u tački maksimalne snage $I_{mpp} = 10,92 \text{ A}$
- efikasnost ćelije (modula) $\mu_m = 20,9 \%$

Izlazni napon fotonaponskog modula pa tako i napon na kraju fotonaponskog niza, koji se formira od redno vezanih modula (fotonaponski niz ili string), zavisi od sunčevog zračenja i temperature okoline, odnosno temperature modula. Proračun naponskih nivoa na krajevima fotonaponskog niza se određuje za najnepovoljnije uslove, a to su letnji period sa visokim temperaturama, kada se dobija najniži jednosmerni napon i zimski period sa niskim temperaturama, kada se javlja najviši jednosmerni napon na izlaznom kraju fotonaponskog niza. Ova provera je potrebna da ne bi došlo do oštećenja invertora, odnosno da bi on optimalno radio u definisanim granicama.

Pošto je napon fotonaponskog modula veoma zavistan od temperature, strogo treba voditi računa da pri najnepovoljnijim uslovima izlazni napon modula zadovolji opseg ulaznih naponskih nivoa invertora. Za geografska područja sa umerenom klimom preporučuje se proveravanje naponskih nivoa fotonaponskog niza u temperaturnom opsegu od -10°C do $+70^{\circ}\text{C}$. Iz ovoga proizilazi da treba proveriti minimalni i maksimalni radni napon fotonaponskog niza kao i maksimalni napon praznog hoda niza. Ove naponske nivoe fotonaponskog niza treba uskladiti sa minimalnim i maksimalnim ulaznim naponom invertora. Pored spomenutih naponskih nivoa treba voditi računa o naponskom opsegu invertora pri kom radi u režimu maksimalne iskorišćenosti snage fotonaponskog niza. Inverter ima najveći stepen korisnog dejstva u pomenutom režimu.

Na slici 18 dat je opšti prikaz međusobnog odnosa naponskih nivoa fotonaponskog niza i invertera, gde je:

- U_{min} - napon u tački maksimalne snage FN niza pri najvišoj radnoj temperaturi fotonaponskog modula koja se dostiže na lokaciji elektrane
- U_{max} - napon u tački maksimalne snage FN niza pri najnižoj radnoj temperaturi fotonaponskog modula koja se dostiže na lokaciji elektrane
- U_{ocmax} - napon praznog hoda FN niza pri najnižoj radnoj temperaturi fotonaponskog modula koja se dostiže na lokaciji elektrane
- U_{DCmin} - minimalni jednosmerni napon potreban za rad invertera
- U_{MPPmin} - minimalni jednosmerni napon potreban za rad invertera u tački maksimalne snage
- U_{MPPmax} - maksimalni jednosmerni napon potreban za rad invertera u tački maksimalne snage
- U_{DCmax} - maksimalni jednosmerni napon koji izdržava inverter



Slika 18

Uslovi koje treba zadovoljiti u pogledu naponskih nivoa fotonaponskog niza i invertera su sledeći:

Maksimalni napon praznog hoda fotonaponskog niza $U_{ocmax} >$ pri najmanjoj mogućoj temperaturi niza ni u kom trenutku ne sme biti veći od maksimalno dozvoljenog ulaznog jednosmernog napona invertera:

$$U_{oc\ max} \leq U_{DCmax}$$

Za ispravan rad sklopa u inverteru koji radnu tačku "drži" u tački maksimalne snage (MPPT algoritam) potrebno je ispuniti sledeća dva uslova:

$$\begin{aligned} U_{min} &\geq U_{MPPmin} \\ U_{max} &\leq U_{MPPmax} \end{aligned}$$

Minimalni napon fotonaponskog niza U_{min} treba da je veći od napona invertora U_{ocmin} jer se u suprotno inverter tada isključuje:

$$U_{min} > U_{DCmin}$$

Limit apsolutno maksimalnog ulaznog napona u inverter se računa za zimske uslove rada. Maksimalni napon na fotonaponskom nizu se postiže pri najnižim temperaturama, u praznom hodu. Ova situacija se može desiti pri sunčanom zimskom danu kada se inverter isključuje (slučaj nestanka mrežnog napona).

Sa padom temperature raste izlazni napon fotonaponskog modula, odnosno niza. Za područja sa umerenom klimom preporuka je da se proračun vrši pri temperaturi od -10°C .

Minimalna temperatura za proračun maksimalnog napona praznog hoda fotonaponskog niza U_{ocmax} iznosiće -20°C .

Da bi se odredio maksimalni napon praznog hoda niza prvo treba odrediti maksimalni broj fotonaponskih modula u nizu. Formula za određivanje maksimalnog broja modula ima sledeći oblik:

$$n_{max} = \frac{U_{DCmax}}{U_{oc(modul)}}$$

Podatak o maksimalnom ulaznom naponu invertera U_{DCmax} daje proizvođač invertera, dok se napon praznog hoda modula pri nekoj temperaturi $U_{oc(modul)}$ proračunava za minimalnu očekivanu temperaturu modula.

Maksimalni napon praznog hoda fotonaponskog modula $U_{oc(modul)}$, pri nekoj negativnoj temperaturi, se računa po sledećoj formuli:

$$U_{oc(modul)} = \left[1 - (25 - T)^{\circ}\text{C} \cdot \frac{\alpha_{oc}}{100} \right] \cdot U_{oc(STC)}$$

gde je:

$U_{oc(modul)}$ -	maksimalni napon praznog hoda jednog fotonaponskog modula
T_{min} -	najniža očekivana temperatura ambijenta (-20°C)
α_{oc} -	temperaturni koeficijent napona otvorenog kola FNP ($-0,265\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)

Temperaturni koeficijent napona praznog hoda α i napon praznog hoda pri STC $U_{oc(STC)}$ daje proizvođač fotonaponskog modula u tehničkim karakteristikama, α je dato u $\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ sa negativnim predznakom. Za predložen modul temperaturni koeficijent je $-0,265\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, a napon praznog hoda $49,5\text{ V}$.

Napon praznog hoda fotonaponskog panela pri temperaturi od -20°C iznosi:

$$U_{oc(modulT^{\circ}\text{C})} = 55.4\text{ V}$$

Za odabrani inverter maksimalni ulazni napon U_{DCmax} po katalogskom podatku proizvođača iznosi 1100 V . Iz ovoga proizilazi da je maksimalni broj fotonaponskih modula u stringu:

$$n_{max} = 19$$

U FN nizu broj FN modula mora biti jednak ili veći od neke minimalne vrednosti da bi i pri najvišim temperaturama FN modula napon niza bio veći od minimalnog jednosmernog napona potrebnog za rad invertera u tački maksimalne snage.

$$n_{min} = \frac{U_{min}}{U_{MPP(modul)}}$$

Podatak o minimalnom ulaznom naponu invertera U_{MPPmin} daje proizvođač invertera (200 V za primenjeni inverter), dok se napon FN modula pri maksimalnoj snazi $U_{MPPmodulTmax}$ proračunava za maksimalnu očekivanu temperaturu FN modula:

$$U_{MPP(modul)} = \left[1 + (T + T_{add} - 25)^{\circ}\text{C} \cdot \frac{\alpha_1}{100} \right] \cdot U_{MPP(STC)}$$

Temperaturni koeficijent napona α_1 pri MPP i napon u tački maksimalne snage MPP(STC) daje proizvođač fotonaponskog modula u tehničkim karakteristikama. α_1 je dato u $\%/^{\circ}\text{C}$ sa negativnim predznakom i iznosi $0,34\%/^{\circ}\text{C}$ za primenjene module.

Po preporuci $U_{MPP\text{modul}T_{max}}$, odnosno minimalno potreban broj FN modula u stringu se računa za najvišu očekivanu temperaturu ambijenta (usvojena je od 45°C) i temperaturu fotonaponskih modula u zavisnosti od načina ugradnje (T_{add}).

Vrednost T_{add} :

- na krovu objekta, paralelno, nagib $<6^{\circ}$: 35°C
- na krovu objekta, sa nosačima, nagib $>6^{\circ}$: 30°C
- na zemlji: 25°C

Iz navedenog sledi da je minimalni jednosmerni napon fotonaponskih modula $35,32\text{ V}$.

Kako, prema podacima proizvođača invertera, optimalni ulazni jednosmerni napon koji omogućava rad MPPT regulatora na inverterima iznosi $200\text{V} - 1100\text{V}$, nizovi panela povezanih paralelno na ulaze invertera mogu biti sastavljeni od najmanje:

$$n_{min} = 5$$

Broj fotonaponskih modula u nizu se kreće između n_{min} i n_{max} , a treba da bude što je moguće veći da bi se postigao što veći stepen korisnog dejstva invertera za određeni niz.

Maksimalan broj paralelno vezanih FN stringova koji se mogu priključiti na jedan MPPT ulaz invertera se računa prema izrazu:

$$n_{nizmax} = \frac{I_{max\text{inv}}}{I_{string\text{max}}}$$

Maksimalna struja kratkog spoja jednog fotonaponskog modula 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_{scmax} - maksimalna struja jednog fotonaponskog modula pri najvećoj očekivanoj temperaturi [A]

I_{sc} - struja kratkog spoja jednog fotonaponskog modula [11,66 A]

T_{max} - najviša očekivana temperatura ambijenta (usvojeno $+45^{\circ}\text{C}$)

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

T_{KISC} - temperaturni koeficijent struje kratkog spoja fotonaponskog modula [$0,05\%/^{\circ}\text{C}$].

Iz navedenog sledi:

$$I_{scmax} = 11,78\text{ A}$$

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

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

pa je odabran osigurač nominalne struje od 20 A .

Maksimalna struja stringa $I_{stringmax}$ je jednaka sa strujom FN modula koju razvija pri maksimalnoj snazi pri najvišoj temperaturi FN modula i jednaka je 11,78 A.

Maksimalna ulazna struja odabranog invertera iznosi I_{maxinv} iznosi 26 A. Prema tome, na jedan MPPT ulaz ovog invertera se mogu paralelno vezati najviše po 2 stringa.

Izbor provodnika jednosmernog razvoda

Prilikom izbora provodnika u jednosmernom razvodu MSE potrebno je voditi računa o:

- nazivnom naponu
- trjno podnosivoj struji
- padu napona

Nazivni deklarirani napon (daje proizvođač) mora biti veći od napona koji se može pojaviti u FN sistemu.

Kako se za jednosmerni razvod u FN sistemima često praktikuje upotreba kablova namenjenih za upotrebu u naizmjeničnim sistemima, neophodno je da "naizmjenične" karakteristike kabla budu takve da zadovolje uslov:

$$U \geq 1,5 \cdot U_{DCmax}$$

gde je:

U - nazivni linijski napon kabla koji se upotrebljava u naizmjeničnim sistemima

U_{DCmax} - maksimalni napon koji se može pojaviti u toku normalne eksploatacije u jednosmernom razvodu FN sistema

Kablovi jednosmernog razvoda moraju biti u mogućnosti da nose najveću struju koja se može pojaviti u FN nizu, a to je struja kratkog spoja cele grupe FN stringa umanjena za struju kratkog spoja posmatranog stringa:

$$I_{max} = I_{SCFN} - I_{SCSTRING}$$

Kablovi jednosmernog razvoda se biraju tako da mogu biti trajno opterećeni 1,25 puta većom strujom od struje kratkog spoja FN modula (SRPS IEC 60364-712):

$$I_{max} = 1,25 \cdot I_{SC}$$

U konkretnom slučaju je:

$$I_{max} = 1,25 \cdot 11,66 \text{ A} = 14.575 \text{ A}$$

Strujno opterećenje zavisi od načina polaganja kabla i vrste kabla. Temperatura kabla usled izloženosti sunčevom zračenju može imati vrednost i do 70°C. Bira se tip razvoda B1. Zbog navedenih razloga, struja kojom se opterećuje DC kabal, računa se prema obrascu.

$$I_n = \frac{I_{max}}{k_\theta \cdot k_\lambda \cdot k_n}$$

Usvojen je poprečni presek DC kabla od 6 mm² tipa S-Flex01 proizvođača FKS Jagodina. Njegova strujna opteretivost iznosi 51 A. S obzirom da je opterećenje kabla ispod 30 % njegove nosivosti, može se

zanemariti uticaj paralelno vođenih kablova. Prema SRPS IEC 60364-5-523 usvaja se $k_0 = 0,58$ za 70°C za provodnike sa XLPE izolacijom, pa je nominalna struja DC kabla $I_n = 18,95\text{ A}$.

Zaključak: izabrani kabl zadovoljava na strujno opterećenje.

Pad napona u stringu ne sme preći vrednost od 1 % u odnosu na radni napon niza. Minimalni presek kabla mora iznositi:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{mpp}}{0,01 \cdot U_{niz} \cdot k}$$

gde je:

L - max dužina DC kabla

S - poprečni presek kabla

I_{mpp} - struja stringa

U_{niz} - min napon stringa

k - električna provodnost (konduktivnost) kabla

Kako je $L = 50\text{ m}$; $k = 56$ (za bakar), $I_{mpp} = 11,78\text{ A}$; najmanji napon FN niza $U_{niz} = 618,2\text{ V}$ sledi da minimalni potrebni presek kabla treba iznositi $S = 4\text{ mm}^2$. Izabran je kabl preseka $S = 6\text{ mm}^2$.

Proračun pada napona se izvodi prema obrascu:

$$\Delta u = R \cdot I_{mpp} = \frac{1}{k} \cdot \frac{L}{S} \cdot I_{mpp}$$

Pad napona za najudaljeniji string iznosi: $u = 1,75\text{ V}$. Procentualni pad napona najudaljenijeg stringa je $\Delta u = 0,28\%$.

Zaključak: izabrani kabl zadovoljava u pogledu pada napona.

Kritična dužina DC kabla pri kojoj bi pad napona dostigao dozvoljenih 1 %, iznosi približno 176 m.

Prema uslovima standarda IEC 60364-712, kablove jednosmernog razvoda u FN sistemima nije neophodno štititi od preopterećenja ukoliko je ispunjen uslov:

$$I_z \geq 1,25 \cdot I_{sc}$$

gde je:

I_z - stvarna trajno dozvoljena struja kabla

To praktično znači da se zaštita od preopterećenja sprovodi isključivo pravilnim izborom tipa i preseka kabla, a bez upotrebe zaštitnih komponenti.

(Napomena: Provera kablova koji se isporučuju kao sastavni deo panela a služe za redno povezivanje FN panela, nije predmet ovog projekta. Podrazumeva se da su FN paneli koji se ugrađuju u MSE urađeni po odredbama IEC 61215.)

Kako na ulazu invertera postoji zaštitna komponenta, za izabrani kabl nije potrebna dodatna zaštita.

Zaštita napojnih kablova od kratkih spojeva u FN sistemima ostvaruje se upotrebom prekidača i topljivih osigurača specijalno konstruisanih za ovakve aplikacije. U zavisnosti od načina povezivanja panela, centralizacije jednosmerne generisane električne energije i načina povezivanja jednosmernog razvoda na ulaze invertorskih jedinica, vrši se procena vrednosti struja kratkih spojeva, a potom i izbor zaštitnih jedinica.

Tehnologija FN modula ograničava struju I_{SC1} na $1,25 \cdot I_{sc}$ (kataloški podatak). S obzirom na način vezivanja, nije moguće dodatno štititi kablove od struja kratkog spoja, pa je ova zaštita izvedena izborom kabla i ugrađenom zaštitom unutar invertora.

Prema IEC 60364-712, u PV sistemima čiji napon u jednosmernom kolu prelazi 120VDC, predviđa se korišćenje opreme sa dvostrukom ili pojačanom izolacijom kao zaštitnom merom od indirektnog dodira.

Činjenica da je struja kratkog spoja u FN sistemima mala, onemogućava zaštitne mere automatskim isključenjem napajanja koji se koriste u naizmeničnim sistemima.

Prema navedenom standardu, uzemljenje jednog od polova FN panela, odnosno jednosmernog razvoda, može imati samo svrhu funkcionalnosti ali ne i zaštite.

Zaštita FN modula od inverznih struja obezbeđena je pravilnim izborom osigurača u FN stringu. Ukoliko dođe do uslova za uspostavljanje inverzne struje (razlog je razlika u generisanom naponu stringa u kvaru od generisanih napona ostalih stringova), doći će do reagovanja zaštitnog osigurača koji se nalazi unutar invertera na ulazu stringa.

Niskonaponski naizmenični razvod u SFNP

Izbor NN kablova 0,4 kV vrši se na osnovu:

- proračuna opterećenja kablova
- provere zaštite kablova od preopterećenja
- proračuna pada napona na kablovima
- proračuna opterećenja kablova 0.4kV

Proračun struja kratkih spojeva radi se prema SRPS IEC 60909. Dimenzionisanje opreme vrši se prema maksimalnoj struji trofaznog kratkog spoja. Svi proračuni, provera elemenata i izbor opreme vrše se u skladu sa važećim standardima i propisima.

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

Maksimalna jednovremena struja za trofazne potrošače:

$$I_B = I_j = \frac{P_j}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi} [A]$$

Maksimalna jednovremena struja za monofazne potrošače:

$$I_B = I_j = \frac{P_j}{\sqrt{3} \cdot U_f \cdot \cos \varphi} [A]$$

P_j - maksimalno jednovremeno opterećenje, 75000 W

U_l - linijski napon, 400 V

U_f - fazni napon, 230 V

$\cos\phi$ - faktor snage, 1

Izbor provodnika prema trajno dozvoljenim strujama vrši se prema IEC 60364-5-523:

$$I_z = K \cdot I_{trdoz}$$

gde je : $K = k_\theta \cdot k_\lambda \cdot k_n$

k_θ - korekcionni faktor za temperaturu okoline

k_λ - korekcionni faktor za termičku otpornost tla

k_n - korekcionni faktor za grupna strujna kola

I_z - stvarna trajno dozvoljena struja kabla [A]

I_{trdoz} - trajno dozvoljena struja kabla prema tablici proizvođača [A]

Da bi izbor provodnika zadovoljio uslov trajno dozvoljenih struja, potrebno je da bude:

$$I_B < I_z, \text{ odnosno } I_B \leq I_n \leq I_z$$

gde je:

I_n - nazivna struja zaštitnog uređaja

Zaštitni uređaji moraju biti predviđeni da prekidaju svaku struju preopterećenja koja protiče provodnicima pre nego što prouzrokuju povišenje temperature štetno po izolaciju, spojeve, stezaljke i okolinu.

Struja provodnika pri normalnim uslovima rada električne instalacije mora biti manja od nazivne struje osigurača ili nazivne vrednosti struje delovanja uređaja za zaštitu od preopterećenja strujnog kola provodnika.

Radna karakteristika uređaja koji štiti električni vod od preopterećenja mora da ispuni sledeće uslove:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_z \leq 1,45 \cdot I_z$$

gde je:

I_B - struja za koju je strujno kolo projektovano

I_n - nazivna struja zaštitnog uređaja

I_z - stvarna trajno dozvoljena struja kabla

I_2 - struja reagovanja zaštitnog uređaja ($I_2 = k \cdot I_n$)

Rezultati proračuna i ispunjenost uslova prikazani su u tabeli 4.

Trasa kabla	Broj kabla	Tip kabla	Broj žila	Presek [mm ²]	P_s [kW]	$\cos\phi$	Broj faza	k_θ	k_λ	k_n
GRO – MRO	1	PP00-A	4	150	75	0,9	3	0,95	1,05	1
Inv - GRO	1	PP00-A	4	70	75	0,9	3	0,95	1,05	1

Trasa kabla	I_{trdoz} [A]	I_z [A]	Vrsta zašt. uređ.	I_n [A]	I_B [A]	k	I_2 [A]	$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$	$I_B \leq I_n \leq I_z$
GRO – MRO	262	249	D	115,6	315	1,75	168	da	da
Inv - GRO	132	112	D	115,6	138	1,75	168	da	da

Tabela 4

Provera sistema zaštite TN

Propisom SRPS HD 60364-4-41:2017 su definisani zahtevi za bezbednost zaštite od električnog udara.

Sistem zaštite TN se izvodi na dva načina: kao četvoroprovodnički sistem zaštite TN-C i kao petoprovodnički sistem zaštite TN-S. Kao kombinacija ova dva sistema javlja se sistem TN-C-S. Ovaj sistem zaštite sastoji se u sledećem: u sistemu zaštite TN-C, na mestu gde se presek nultog provodnika smanji ispod granične vrednosti od 16 mm², formira se petoprovodnički sistem zaštite TN-S, odnosno, izvrši se odvajanje nultog i zaštitnog provodnika.

Karakteristika zaštitnog uređaja i impedansa strujnog kola moraju se tako izabrati da, u slučaju nastanka kvara zanemarljive impedanse između faznog i zaštitnog provodnika ili izloženog provodnog dela, bilo gde u instalaciji, nastupi automatsko isključenje napajanja u utvrđenom vremenu. Ovaj zahtev je zadovoljen ako je ispunjen uslov:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

gde je:

Z_s - imedansa petlje kvara koja obuhvata izvor, provodnik pod naponom do tačke kvara i zaštitni provodnik između tačke kvara i izvora

I_a - struja koja obezbeđuje delovanje zaštitnog uređaja za automatsko isključenje napajanja u vremenu utvrđenom u tabeli 5

U_0 - nazivni napon prema zemlji

Najveća dozvoljena vremena isključenja

U_0 [V]	t [s]
120	0,8
230 ili 220*	0,4
277	0,4
400 ili 380*	0,2
iznad 400	0,1
*Vrednosti napona 220V i 380V nisu navedene u IEC 64:1988	

Tabela 5

Smatra se da najveća vremenska isključenja navedena u tabeli 3 zadovoljavaju krajnja strujna kola koja napajaju priključnice i direktno, bez priključnice, aparate I klase ili prenosive aparate koji se pomeraju rukom tokom upotrebe.

Duže vreme isključenja, koje ne prelazi konvencionalnu vrednost od 5 sec, dozvoljava se za:

- napojan strujan kola
- krajnja strujna kola koja napajaju samo prenosivu opremu, kada su priključena na rasklopni blok na koji nisu spojena kola za koja se zahtevaju vremena isključenja prema tabeli 3
- krajnja strujna kola koja napajaju samo neprenosivu opremu, kada su priključena na rasklopni blok na koji nisu spojena kola za koja se zahtevaju vremena isključenja prema tabeli 3, pod uslovom da postoji dopunsko izjednačenje potencijala na nivou rasklopnog bloka koje sadrži iste tipove stranih provodnih delova kao glavno izjednačenje potencijala

Dopunsko izjednačenje potencijala se ne zahteva ako je ispunjen uslov:

$$R_{PE} = \frac{50 \cdot Z_s}{U_0}$$

gde je:

- R_{PE} - otpornost zaštitnog provodnika između razvodne table i glavnog izjednačenja potencijala
 Z_S - impedansa petlje kvara
 U_0 - nazivni napon prema zemlji

Polazeći od osnovnog uslova i dodatne sigurnosti da je napon 10 % niži od nominalnog i da je otpor petlje kvara uvećan za 10 % usled prelaznih otpora, dobija se:

$$I_d = \frac{0,9 \cdot U_0}{1,1 \cdot Z_z}$$

$$I_a \leq I_d$$

gde je:

- I_d - struja greške
 I_a - struja definisana posle uslova $Z_S \cdot I_a \leq U_0$, očitana sa dijagrama vreme-struja za odgovarajući uređaj za automatsko isključenje napajanja (nominalne struje I_n)

Impedansa petlje kvara Z_S se može proračunati samo ako su svi elementi petlje, uključujući i izvor, poznati. U proračunu je uzeto da je poprečni presek faznog voda isti sa poprečnim presekom zaštitnog voda.

$$Z_S = \sqrt{R_e^2 + X_e^2}$$

$$R_e = (R_T + 2\Sigma R_i)$$

$$X_e = (X_T + 2\Sigma X_i)$$

$$R_i = r_i \cdot L_i$$

$$X_i = x_i \cdot L_i$$

gde je:

- Z_S - impedansa petlje kvara [Ω]
 R_e - omski otpor petlje kvara [Ω]
 X_e - induktivni otpor petlje kvara [Ω]
 R_T - omski otpor transformatora [Ω]
 X_T - induktivni otpor transformatora [Ω]
 L_i - dužina deonice [km]
 r_i - podužni omski otpor deonice voda [Ω/km]
 x_i - podužni induktivni otpor deonice voda [Ω/km]

Rezultati proračuna i ispunjenosti uslova prikazani su u tabeli 6.

Trasa kabla	Broj kabla	Tip kabla	Broj žila	Presek [mm ²]	L [m]	r [Ω/km]	x [Ω/km]
GRO-MRO	1	PP00-A	4	150	285	0,206	0,080
Inv - GRO	1	PP00-A	4	70	5	0,443	0,082

Trasa kabla	R _i [Ω]	X _i [Ω]	R _e [Ω]	X _e [Ω]	Vrst a zašt. uređaja	I _n [A]	I _a [A]	I _d [A]	uslo v I _a ≤ I _d	stvarno vreme reagovanja zaštite t [s]
GRO-MRO	0,006	0,0003	0,254	0,001	D	115,6	168	315	da	< 0,4
Inv - GRO	0,002	0,0003	0,380	0,0012	D	115,6	168	180	da	< 0,4

Tabela 6

Proračun pada napona

Dozvojeni pad napona između tačke napajanja električne instalacije i bilo koje druge tačke ne sme biti veći od sledećih vrednosti u odnosu na nazivni napon električne instalacije:

- za strujno kolo osvetljenja 3 % a za strujno kolo ostalih potrošača 5 % ako se električna instalacija napaja iz niskonaponske mreže
- za strujno kolo osvetljenja 5 % a za strujno kolo ostalih potrošača 8 % ako se električna instalacija napaja iz trafostanice koja je priključena na srednji napon
- za električnu instalaciju, čija je dužina veća od 100 m, dozvoljeni pad napona se povećava za 0,005 % po dužnom metru ali ne više od 0,5 %

Za fotonaponske sisteme, da bi se ostvarila velika efikasnost sistema, dozvoljeni pad napona ne sme biti veći od sledećih vrednosti (prema DIN VDE 0100-712):

- za strujno kolo na naizmjeničnoj (AC) strani 1 %
- za strujno kolo na jednosmernoj (DC) strani 1 %

Pad napona se računa prema sledećim obrascima:

- za potrošače sa faktorom snage $\cos\phi = 1$, za jednofazni izvod

$$\Delta u = \frac{200 \cdot l \cdot P}{\gamma \cdot S \cdot U_f^2}$$

- za potrošače sa faktorom snage $\cos\phi = 1$, za trofazni izvod

$$\Delta u = \frac{100 \cdot l \cdot P}{\gamma \cdot S \cdot U_i^2}$$

- za potrošače sa faktorom snage $\cos\phi < 1$, za jednofazni izvod

$$\Delta u = \frac{200 \cdot l \cdot P}{U_f^2} (r + x \cdot \tan\phi)$$

- za potrošače sa faktorom snage $\cos\phi < 1$, za trofazni izvod

$$\Delta u = \frac{100 \cdot l \cdot P}{U_l^2} (r + x \cdot \tan\phi)$$

gde je:

Δu - pad napona [%]
 l - dužina voda [m]
 P - snaga [W]
 γ - specifična provodnost voda [Sm/mm²]
 S - presek voda [mm²]
 U_f - fazni napon (230 V)
 U_l - linijski napon (400 V)
 r - podužni omski otpor voda [Ω /km]
 x - podužni induktivni otpor voda [Ω /km]
 $\gamma_{Cu} = 56 \text{ Sm/mm}^2$ - specifična provodnost bakra
 $\gamma_{Al} = 34 \text{ Sm/mm}^2$ - specifična provodnost aluminijuma

Rezultati proračuna i ispunjenosti uslova da ti su tabeli 7.

Trasa kabla	Broj kabla	Tip kabla	Broj žila	Presek [mm ²]	L [m]	r [Ω /km]	x [Ω /km]
GRO-MRO	1	PP00-A	4	150	285	0,206	0,080
Inv - GRO	1	PP00-A	4	70	5	0,641	0,083

Trasa kabla	P _s [kW]	Broj faza	cos ϕ	Δu [%]	Dozvoljeni Δu [%]	Uslov $\Delta u < \Delta u_d$ [%]
GRO-MRO	80	3	1	2,35	8	da
Inv - GRO	80	3	1	0,75	8	da

Tabela 7

INSTALACIJE GROMOBRANSKE ZAŠTITE MSE

Proračun i provera gromobranske instalacije izvršena je saglasno *Pravilniku o tehničkim normativima za zaštitu objekta od atmosferskih pražnjenja* (Sl.list SRJ 3/1996), kao i standardima SRPS EN 62305-3:2013, SRPS N.B4.803:2017 i SRPS N.B4.810:1996.

Izbor nivoa gromobranske zaštite

Gromobranske instalacije objekta koji treba štiti od atmosferskih pražnjenja, prema SRPS IEC 1024-1-1 podeljene su u četiri nivoa zaštite.

Izvor nivoa zaštite vrši se na osnovu zahteva efikasnosti gromobranske zaštite i izračunava se iz izraza:

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d}$$

gde je :

N_c – usvojena učestanost udara groma u štice objekta

N_d – učestanost direktnog udara groma u objekat

Učestanost udara groma N_c se procenjuje i usvaja na bazi opasnosti od štete koja bi nastala udarom groma u objekat zbog:

C1 - karakteristike konstrukcije objekta

C2 - sadržaja objekta

C3 - namene objekta

C4 - posledica od udara groma u objekat

Navedeni koeficijenti se biraju iz tabela B1 do B4 SRPS EN 62305-1:2013.

Koeficijent C se izračunava iz relacije:

$$C = C1 \cdot C2 \cdot C3 \cdot C4$$

pa je

$$N_c = \frac{3}{C \cdot 10^3}$$

Učestanost direktnog udara groma u objekat određuje se izrazom:

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6}$$

gde je:

N_g – prosečna godišnja učestanost udara groma po km^2 za regiju u kojoj se nalazi štice objekta.

A_e – ekvivalentna prihvatna površina štice objekta u m^2

Prosečna godišnja učestanost udara groma može se odrediti na osnovu jednačine:

$$N_g = 0.04 \cdot T_d^{1.25}$$

gde je:

T_d – broj grmljavinskih dana u toku godine koji se bira iz izokrauničke karte prema standardu SRPS N.B4.803.

Ekvivalentna prihvatna površina usamljenog štice objekta izračunava se iz obrasca :

$$A_e = a \cdot b + 6 \cdot h_e \cdot (a + b) + 9 \cdot \pi \cdot h_e^2$$

gde je :

h_e – ekvivalentna visina objekta

a i b – dimenzije objekta

Ekvivalentna prihvatna površina štice objekta kada se uzima u obzir uticaj susednih objekata vrši se grafičkom metodom.

Na osnovu izračunate efikasnosti i tabele 8 (tabela 3 SRPS IEC 1024-1-1) bira se nivo zaštite.

NIVO ZAŠTITE	EFIKASNOST
Nivo sa dodatnim merama zaštite	$E > 0.98$
Nivo I	$0.98 \geq E > 0.95$
Nivo II	$0.95 \geq E > 0.90$
Nivo III	$0.90 \geq E > 0.80$
Nivo IV	$0.80 \geq E > 0$

Tabela 8

Za predmetni objekat:

C1=1

C2=1

C3=1

C4=1

$$\gg C = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$N_c = 3 \cdot \frac{10^{-3}}{C} = 3 \cdot \frac{10^{-3}}{1} = 0.003$$

Učestanost direktnih udara u objekat (N_d) je :

$$N_d = N_g \cdot A_g \cdot 10^{-6}$$

gde je

$$N_g = 0.04 \cdot T^{1.25}$$

T – je konstanta područja i za područje Kruševca je T = 34

$$N_g = 0.04 \cdot 34^{1.25} = 0.04 \cdot 82.1 = 3.28$$

h = 2 m

a = 30 m

b = 40 m

$$A_e = 30 \cdot 40 + 6 \cdot 2 \cdot (30 + 40) + 9 \cdot 3,14 \cdot 2^2 = 2153$$

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6} = 3,28 \cdot 2153 \cdot 10^{-6} = 0,007$$

Vrednost nivoa zaštite biće :

$$E > 1 - N_c / N_d = 1 - 0.003 / 0.007 = 1 - 0.43 = 0.57$$

gde je:

E – efikasnost gromobranske zaštite

Kako je $0.80 \geq E > 0$ zaštita je nivoa IV.

Zaštita od atmosferskog pražnjenja je predviđena uređajem za rano startovanje sa prednjačenjem od 25μs na novougrađenom metalnom stubu (prikazano u grafičkoj dokumentaciji ovog projekta) i sa dodavanjem visine od 1,5 m samog sklopa ranostartujućeg gromobrana. Prioritet u zaštiti je SFNP.

Poluprečnik zaštite (r'_{max}) zavisi od većeg broja činilaca, u prvom redu od nivoa zaštite (I, II, III ili IV), tipa i modela hvataljke, tj. vremena prednjačenja (Δt), visine jarbola (h) koji nosi hvataljku.

Poluprečnik kruga (r'_{max}) koji bi fiktivna sfera opisala rotirajući oko štapa visine h , dobiće se po Pitagorinoj teoremi:

$$r'_{max} = \sqrt{(R + \Delta R)^2 - (R - h)^2} = \sqrt{h(2R - h) + \Delta R(2R + \Delta R)}$$

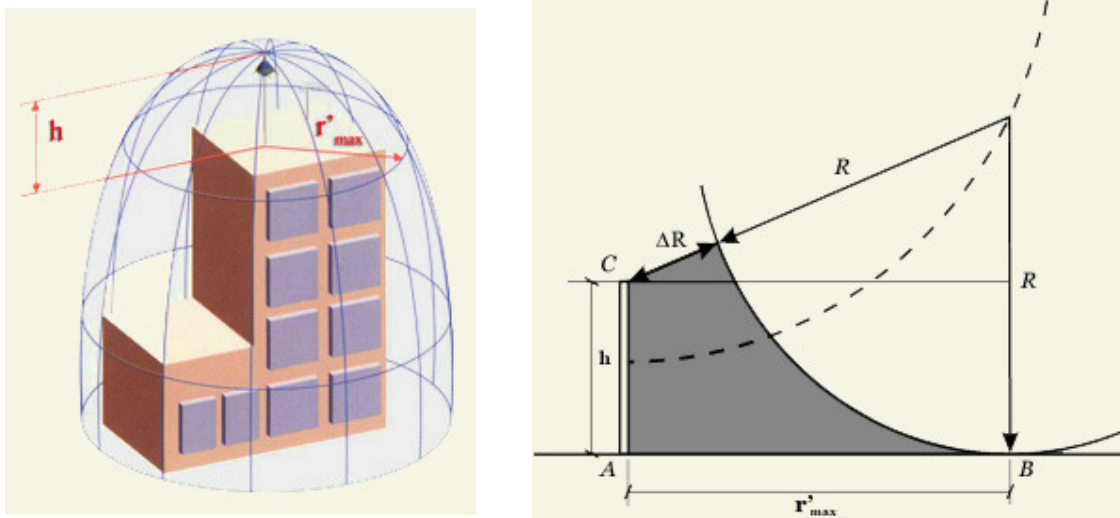
gde je (sl.19):

r'_{max} - poluprečnik zaštite [m]

R - poluprečnik fiktivne sfere na vrhu silaznog trasera [m]

ΔR - pređeni put usponskog trasera iz hvataljke sa uređajem za rano startovanje [m]

h - vertikalno rastojanje od vrha hvataljke do nivoa štice površine [m]



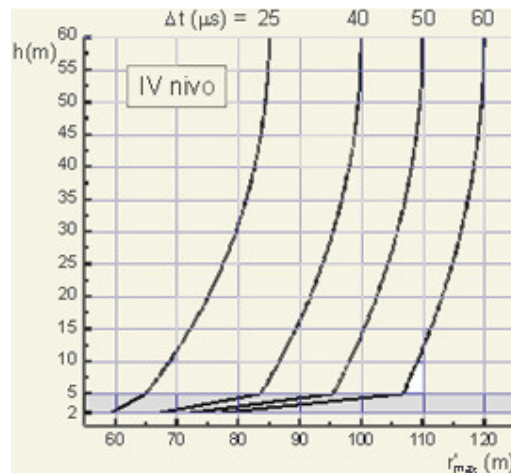
Slika 19

ČETVRTI NIVO ZAŠTITE

Tip	Δt (μs)	$h=2m$	$h=5m$	$h=10m$	$h=20m$	$h=30m$	$h=45m$	$h=60m$
S.6.60	60	43	107	109	113	116	119	120
S4.50	50	38	95	98	102	105	109	110
S3.40	40	33	84	87	92	95	99	100
TS3.40	40	33	84	87	92	95	99	100
TS2.25	25	26	65	69	75	80	84	85
TS2.10	10	17	43	49	57	#	#	#

Tabela 9

Koristeći gornju jednačinu, na sl.20 ucrtni su dijagrami familija grafika za primere vremena prednjačenja hvataljke sa uređajem za rano startovanje od $\Delta t = 25, 40, 50$ i $60 \mu s$ za četvrti nivo zaštite. Za visinu nosećeg jarbola hvataljke od $h=0$ m, trebalo bi očekivati (r'_{max}) = 0 m, što iz gornje jednačine za određivanje maksimalnog rastojanja štice tačke od hvataljke, neće biti slučaj. Trebalo bi, dakle, odrediti vrednost za h od koje će se račun "odlepiti" od krive dobijene citiranom jednačinom i krivu skrenuti prema nuli. Francuske norme NF C 17 102 su se od krive "odlepile" kod $h = 5$ m i usmerile prema nuli.



Slika 20

Pređeni put usponskog trasera iz hvataljke sa uređajem za rano startovanje, za vreme u kome ni jedna druga istaknuta tačka na šticeuom objektu nije reagovala svojim usponskim traserom, dobiće se iz relacije:

$$\Delta R = v \cdot \Delta t$$

gde je:

v - brzina napredovanja usponskog trasera, čija je minimalna vrednost $1\text{m}/\mu\text{s}$

Δt - vreme prednjačenja hvataljke sa uređajem za rano startovanje $[\mu\text{s}]$ koje zavisi od vrste gromobrana

Zaštićena zona na nivou koji je za h [m] niži od gromobranske hvataljke sa uređajem za rano startovanje, biće krug u čijem je centru hvataljka a dobiće se iz relacije:

$$S = \pi[h(2R - h) + \Delta R(2R + \Delta R)] \quad [\text{m}^2]$$

$$\Delta R = 1 \frac{\text{m}}{\mu\text{s}} \cdot 25\mu\text{s} = 25 \text{ m}$$

$$R = 64,80 \text{ m}$$

$$S = 65940 \text{ m}^2$$

S obzirom na izračunati poluprečnik zaštićene zone i nivo zaštite, izabrani gromobran sa ranim startovanjem zadovoljava uslove ugradnje.

Uzemljivač

Projektovana varijanta uzemljivača je temeljni uzemljivač izveden trkom Fe-Zn 25mmx4mm i položen u temelj stuba sa ostavljanjem posebnih izvoda za gromobrane i SIP.

Temeljni uzemljivač se ugrađuje u temelj stuba u obliku zatvorene konture (prstena). Na mestu zatvaranja konture vrši se preklapanje uzemljivača u dužini od najmanje 1 m, a zatim se traka, bez prekida, polaže do glavnog priključka za uzemljenje. Treba izbegavati nastavljanje uzemljivača. Tamo gde je nastavljanje uzemljivača nemoguće izbeći, treba koristiti zavarivanje ili standardni spojni materijal.

Temeljni uzemljivač mora da ima direktan kontakt (preko betona) sa tlom. Zato između temeljnog uzemljivača i tla ne sme da bude izolacija objekta od vlage. Temeljni uzemljivač se ugrađuje u sloj betona

tako da između uzemljivača i tla ovaj sloj bude debljine najmanje 10 cm što se obezbeđuje korišćenjem posebnih nosača ili polaganjem uzemljivača pri vrhu temeljne konstrukcije. Traka se mora postaviti nasatice ("na kant") i zaliti u donji sloj betona .

Zbog malih dimenzija temelja i malog postignutog prelaznog otpora potrebno je uraditi drugi prsten (dato u grafičkoj dokumentaciji ovog projekta) na minimalnom rastojanju jedan metar od prvog prstena, sa pobijanjem sonde dužine 2m i precnika 3" na svakom uglu.

Sa temeljnog uzemljivača treba blagovremeno izvesti priključke za vezu sa gromobranskom instalacijom (spusnim provodnicima).

Vrednost prelaznog otpora uzemljenja se računa prema obrascu:

$$R_{uz} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{L^2}{d \cdot H} + A \right)$$

gde je:

R_{uz} - prelazni otpor uzemljenja [Ω]

ρ - specifični otpor tla [Ωm]

L - dužina trake [m]

d - prečnik prstena [m]

H - dubina polaganja trake [m]

A - koeficijent oblika (0.87)

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 750}{3,14}} = 31m$$

$$R_{uz} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 100} \cdot \left(\ln \frac{120^2}{31 \cdot 0,8} + 0,87 \right) = 1,4\Omega$$

4.6.2. PREDRAČUNSKA VREDNOST**ZA IZGRADNJU SFNP
snage 75 kW**

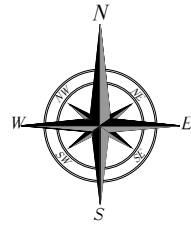
Procenjena predračunska vrednost nabavke, isporuke i ugradnje svih potrebnih elemenata za izgradnju i puštanje u rad SE BON iznosi 7.000.000,00 din, bez PDV-a.

4.7. GRAFIČKA DOKUMENTACIJA

4.7.1.	Situacija lokacije SFNP
4.7.2.	Šema priključenja SE na DSEE
4.7.3.	Blok šema SFNP
4.7.4.	Jednopolna šema DC razvoda
4.7.5.	Jednopolna šema SFNP
4.7.6.	Izgled gromobranske hvataljke sa ranim startom
4.7.7.	Temelj stuba

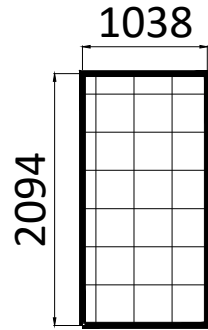
4
813
585

Republika Srbija
Grad Kruševac
K.O. Jablanica



550

dimenzije panela sa
međuprostorom



INVERTER - 80 kW

- string 1
- string 2
- string 3
- string 4
- string 5
- string 6
- string 7

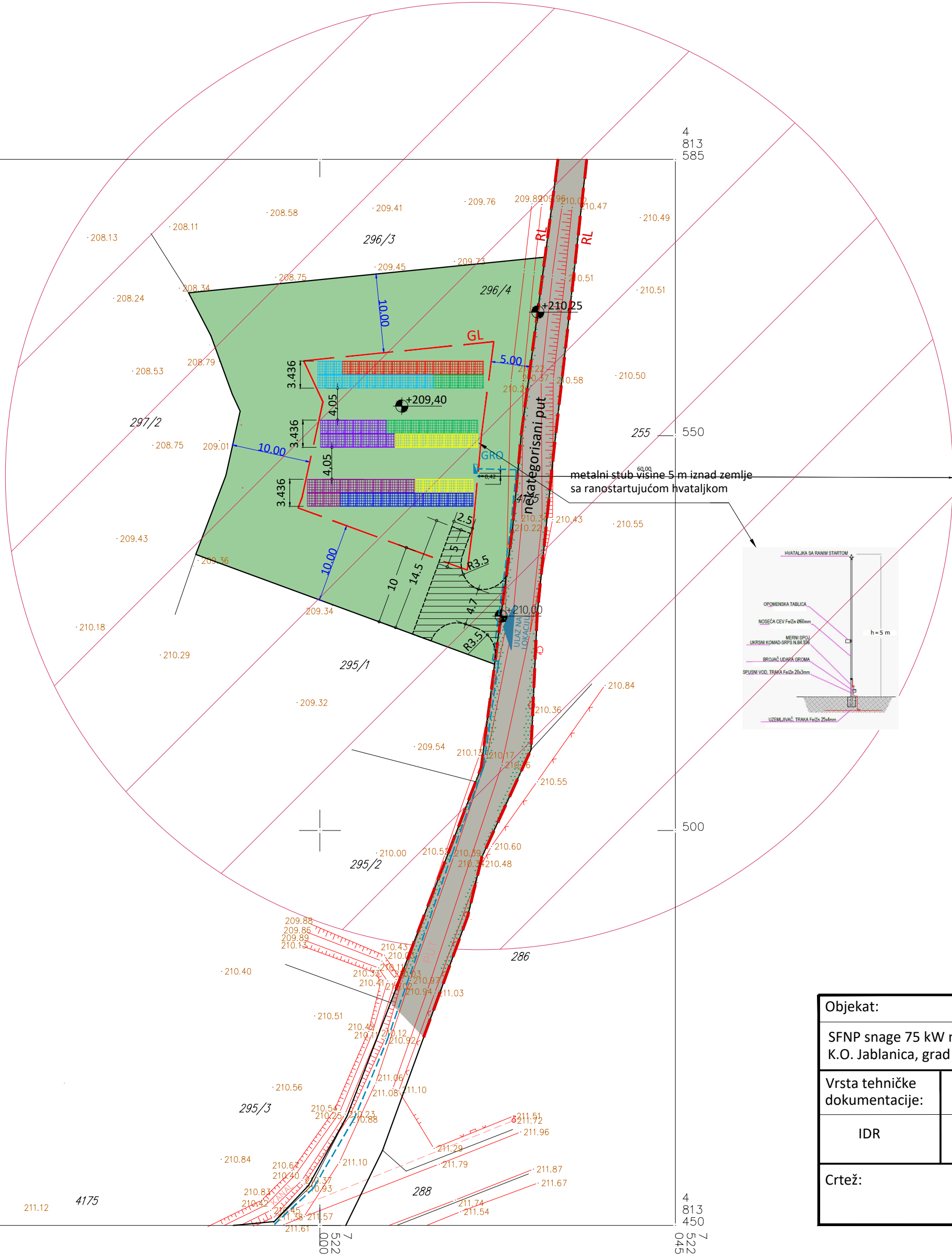
500

4
813
450

7
521
885

900

950



LEGENDA:

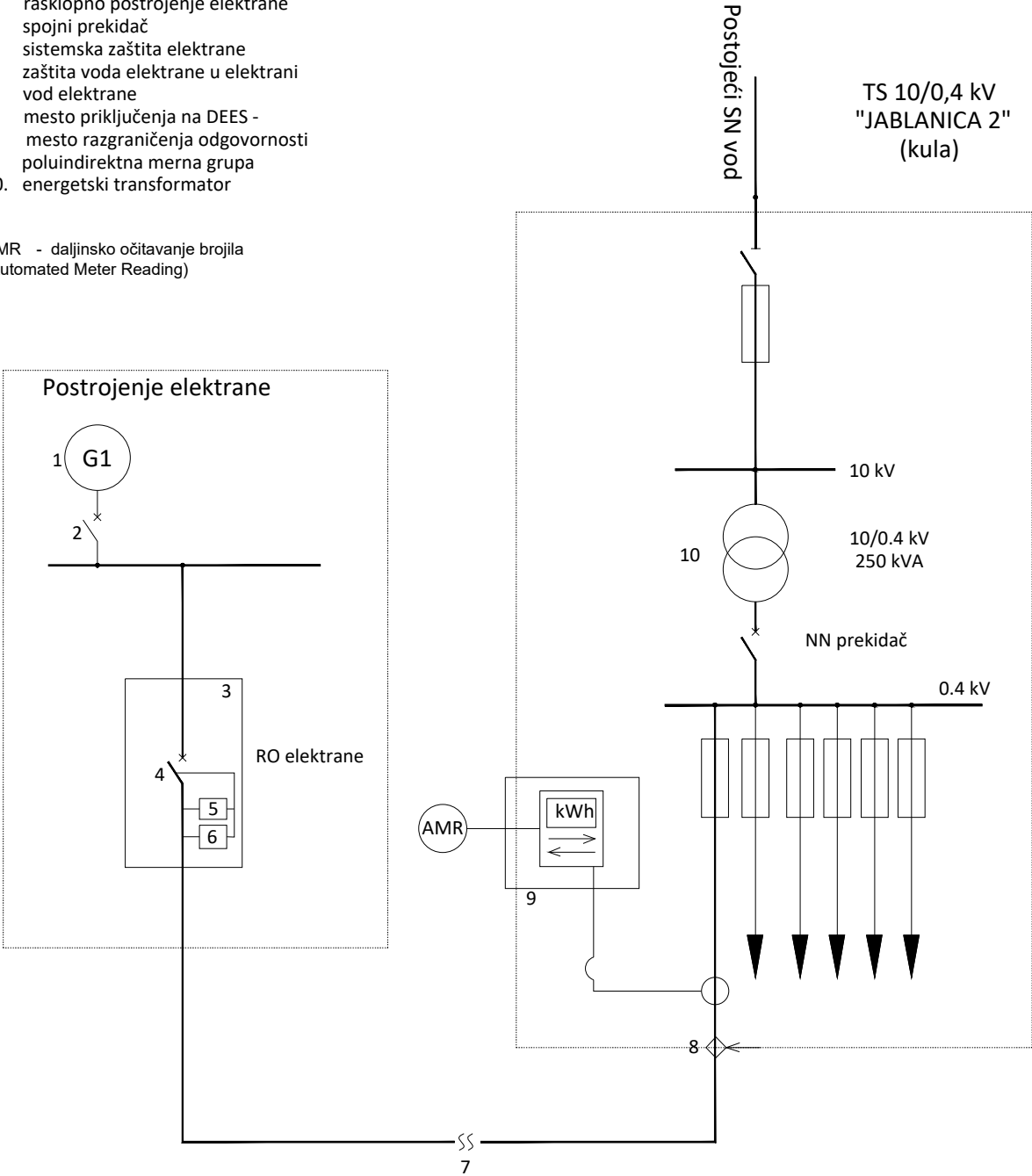
- katastarsko stanje
- faktičko stanje
- zelene travnate površine
- javna površina - pristupna saobraćajnica
(nekategorisani put)
- ulaz/izlaz na lokaciju
- regulaciona linija
- građevinska linija
- visinske kote
- priključni KV 1 kV
PP00-A 4x150 mm²
- zona štićena gromobranom

Objekat:			Investitor:	
SFNP snage 75 kW na KP br.296/4, K.O. Jablanica, grad Kruševac			"BON KŠ 15" d.o.o. Kruševac ul. Vidovdanska br.129, Kruševac	
Vrsta tehničke dokumentacije:	Oznaka projekta:	Projektant:	Odgovorni projektant:	
IDR	4 - el.energ. instalacije	"Đašić-elektro" Kruševac	Nebojša Đašić, dipl.inž.el. licenca IKS br.350 7069 04	
Crtež:	Situacija lokacije SFNP	Razmera:	Datum izrade	Broj crteža:
			1:500	dec. 2024.

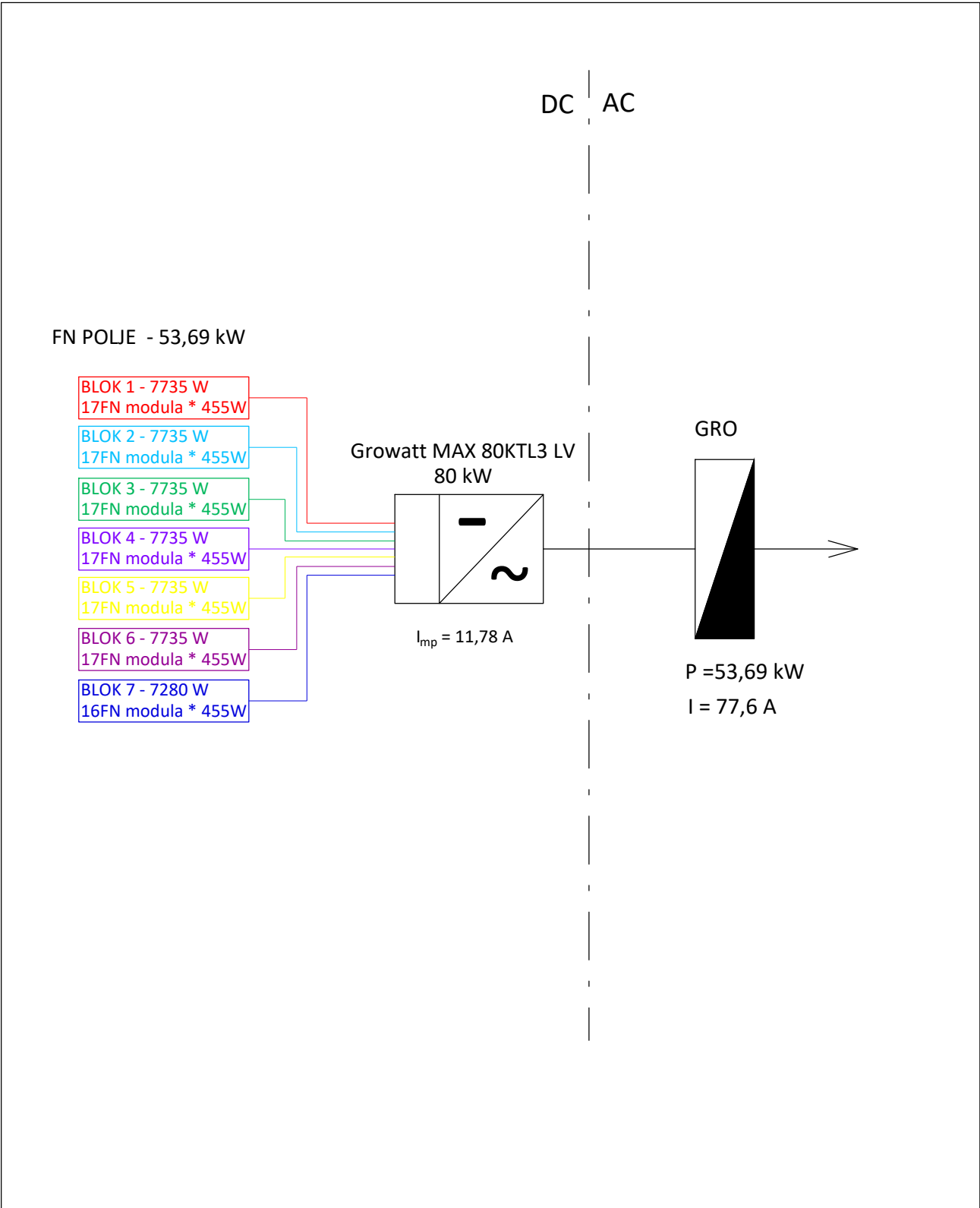
LEGENDA:

- 1. inverter
- 2. inverterski prekidač
- 3. rasklopno postrojenje elektrane
- 4. spojni prekidač
- 5. sistemska zaštita elektrane
- 6. zaštita voda elektrane u elektrani
- 7. vod elektrane
- 8. mesto priključenja na DEES - mesto razgraničenja odgovornosti
- 9. poluindirektna merna grupa
- 10. energetski transformator

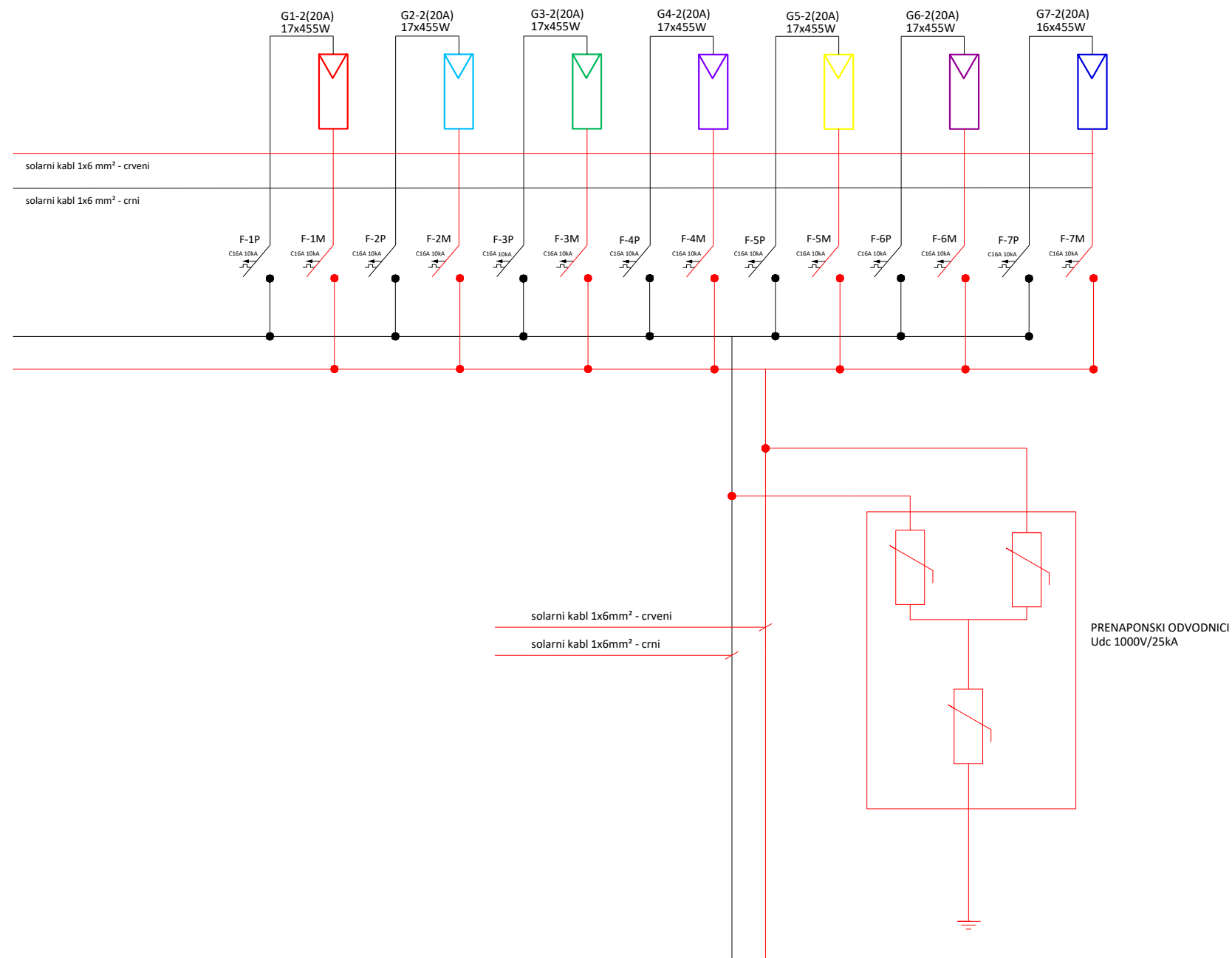
AMR - daljinsko očitavanje brojala
(Automated Meter Reading)



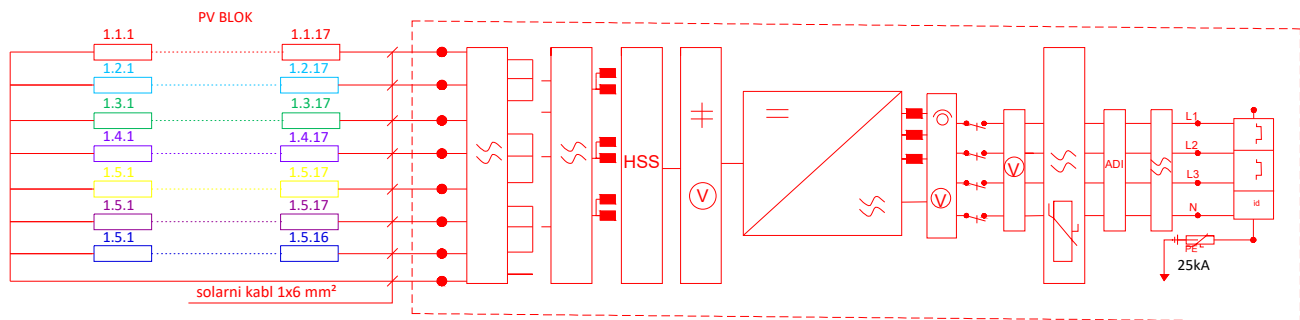
Objekat:			Investitor:		
SFPN snage 75 kW na KP br.296/4, K.O. Jablanica, grad Kruševac			"BON KŠ 15" d.o.o. Kruševac ul. Vidovdanska br.129		
Vrsta tehničke dokumentacije:	Oznaka projekta:	Projektant:	Odgovorni projektant:		
IDR	4 - el.energ. instalacije	"Đašić-elektro" Kruševac	Nebojša Đašić, dipl.inž.el. licenca IKS br.350 7069 04		
Crtež:			Razmera:	Datum izrade	Broj crteža:
Šema priključenja SE na DSEE			%	dec. 2024.	4.7.2.



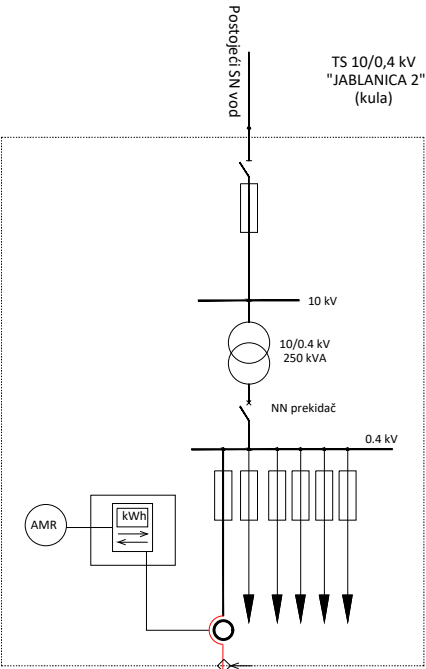
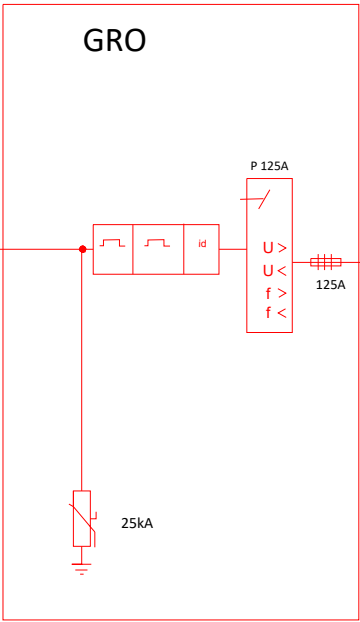
Objekat:			Investitor:		
SFNP snage 75 kW na KP br.296/4, K.O. Jablanica, grad Kruševac			"BON KŠ 15" d.o.o. Kruševac ul. Vidovdanska br.129		
Vrsta tehničke dokumentacije:	Oznaka projekta:	Projektant:		Odgovorni projektant:	
IDR	4 - el.energ. instalacije	"Đašić-elektro" Kruševac		Nebojša Đašić, dipl.inž.el. licenca IKS br.350 7069 04	
Crtež:			Razmera:	Datum izrade	Broj crteža:
Blok šema SFNP			%	dec. 2024.	4.7.3.



Objekat:			Investitor:
SFPN snage 75 kW na KP br.296/4, K.O. Jablanica, grad Kruševac			"BON KŠ 15" d.o.o. Kruševac ul. Vidovdanska br.129
Vrsta tehničke dokumentacije:	Oznaka projekta:	Projektant:	Odgovorni projektant:
IDR	4 - el.energ. instalacije	"Đašić-elektro" Kruševac	Nebojša Đašić, dipl.inž.el. licenca IKS br.350 7069 04
Crtež:	Jednopolna šema DC razvoda		Razmera: Datum izrade Broj crteža:
			% dec. 2024. 4.7.4.



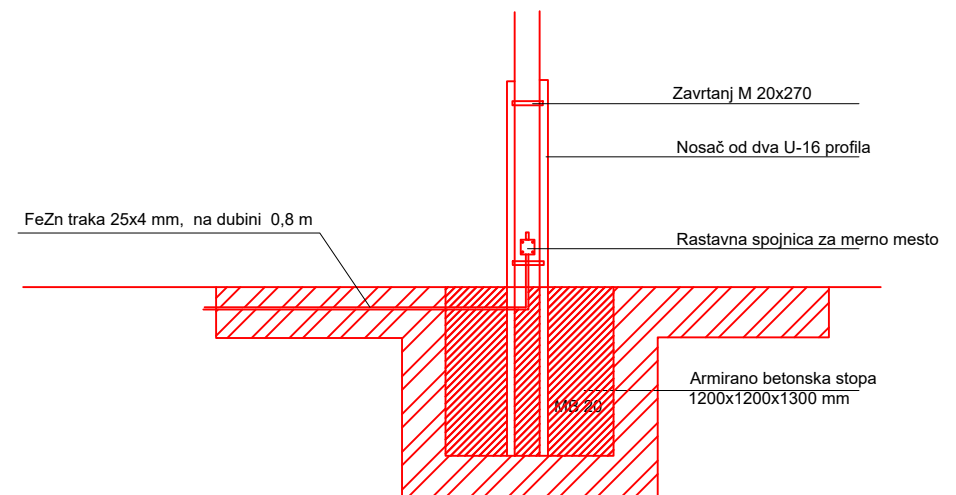
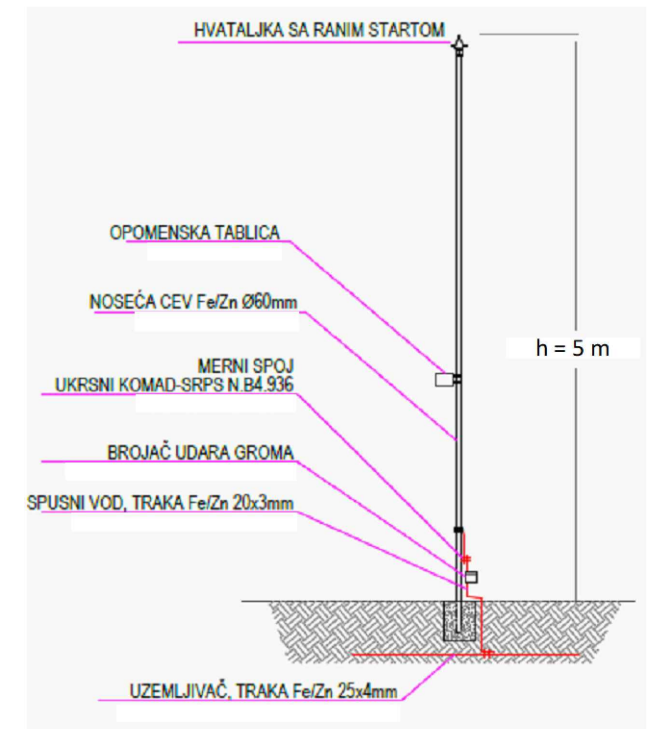
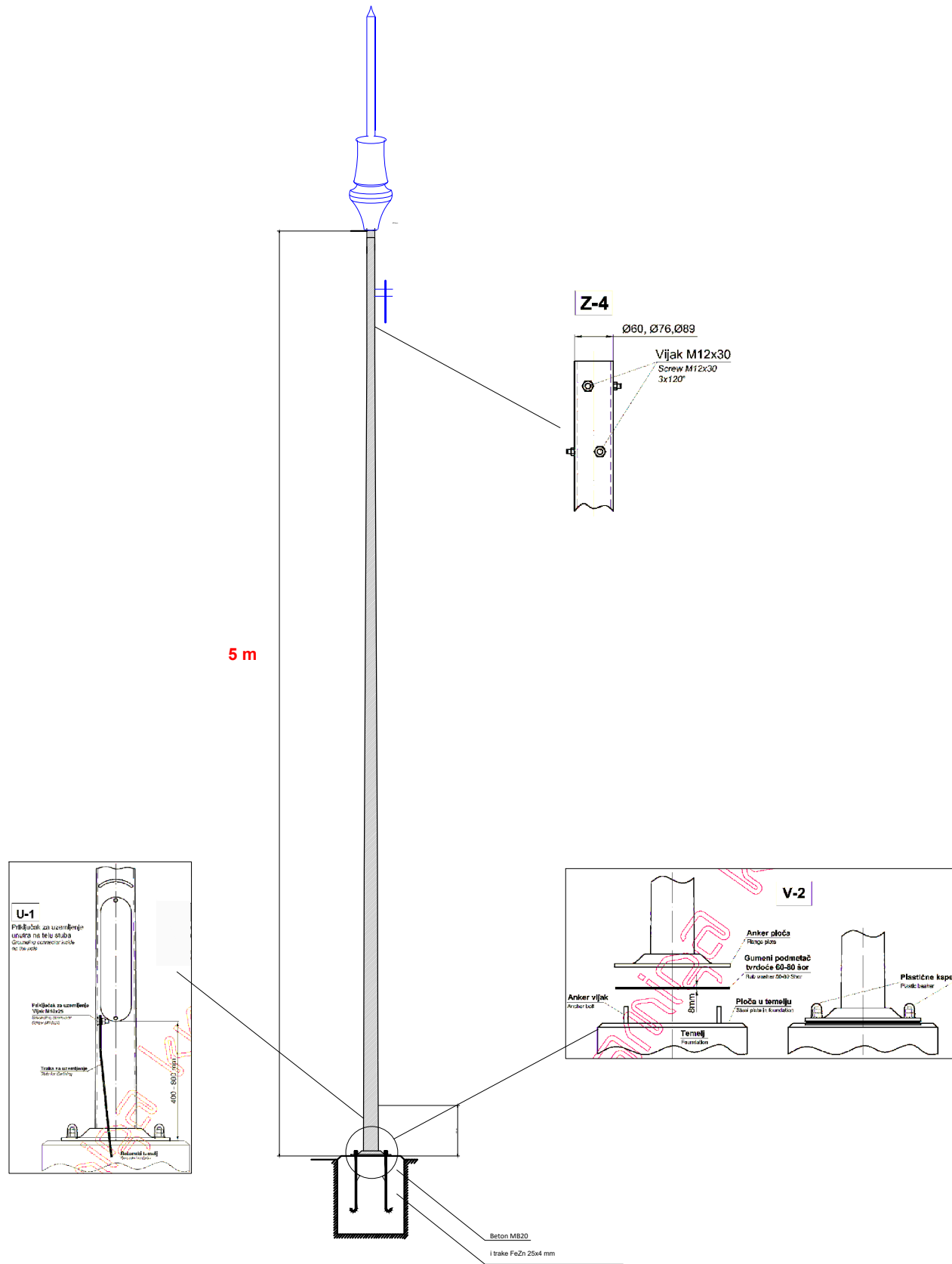
Inv



AMR - daljinsko očitavanje brojila (Automated Meter Reading)

◊← mesto razgraničenja odgovornosti

Objekat:			Investitor:		
SFPN snage 75 kW na KP br.296/4, K.O. Jablanica, grad Kruševac			"BON KŠ 15" d.o.o. Kruševac ul. Vidovdanska br.129		
Vrsta tehničke dokumentacije:	Oznaka projekta:	Projektant:	Odgovorni projektant:		
IDR	4 - el.energ. instalacije	"Đašić-elektro" Kruševac	Nebojša Đašić, dipl.inž.el. licenca IKS br.350 7069 04		
Crtež:	Jednopolna šema veza SFPN		Razmera:	Datum izrade	Broj crteža:
			%	dec. 2024.	4.7.5.



Objekat:			Investitor:		
SFNP snage 75 kW na KP br.296/4, K.O. Jablanica, grad Kruševac			"BON KŠ 15" d.o.o. Kruševac ul. Vidovdanska br.129		
Vrsta tehničke dokumentacije:	Oznaka projekta:	Projektant:	Odgovorni projektant:		
IDR	4 - el.energ. instalacije	"Đašić-elektro" Kruševac	Nebojša Đašić, dipl.inž.el. licenca IKS br.350 7069 04		
Crtež: Izgled gromobranske hvataljke sa ranim startom			Razmera:	Datum izrade	Broj crteža:
			%	dec. 2024.	4.7.6.

