



PRO-ELEKT d.o.o.

Projektiranje električnih inštalacij,
inženiring in tehnično svetovanje
Staničeva 41, 1000 Ljubljana
Tel: 0590-15-612

NASLOVNA STRAN NAČRTA

PODATKI O GRADNJI

naziv gradnje	PRENOVA POSLOVNIH PROSTOROV V OBJEKTU 1A IN 1B, LJUBLJANA
kratek opis gradnje	Investitor namerava v sklopu vzdrževalno investicijskih del ter manjše rekonstrukcije izvesti prenovo objekta na Voijkovi 1A v Ljubljani. Predmetni objekt se stika z objektom 1B. Predvidena je energetska sanacija, ki v osnovi zajema notranjo prenovo z zamenjavo vseh elektroinstalacij ter strojnih instalacij, zamenjavo oken (razen delov, kjer so prenovljena) ter toplotno izolacijo fasadnega ovoja (razen tal). Predvidena je tudi statična sanacija v sklopu manjše rekonstrukcije- statične ojačitve posameznega oz. več posameznih konstrukcijskih elementov. Prav tako je Predvidena menjava notranje opreme ter označevanje prostorov. Na strehi objekta je predvidena sončna elektrarna.
vrste gradnje	VZDRŽEVALNO INVESTICIJSKA DELA MANJŠA REKONSTRUKCIJA

PODATKI O PROJEKTNI DOKUMENTACIJI

vrsta dokumentacije	PZI (projektna dokumentacija za izvedbo gradnje)
številka projekta	435122

PODATKI O NAČRTU

strokovno področje načrta	3/V NAČRT ELEKTROTEHNIKE – fotonapetostna elektrarna
številka načrta	E352/23-76
datum izdelave	JULIJ 2024

PODATKI O PROJEKTANTU NAČRTA

projektant (naziv družbe)	PRO-ELEKT d.o.o.
naslov	Staničeva ulica 41, 1000 Ljubljana
odgovorna oseba projektanta	BOJAN KRALJ, dipl. or. man.
podpis odgovorne osebe projektanta načrta	

PRO
elekt
PRO-ELEKT d.o.o.

PODATKI O IZDELOVALCU NAČRTA

ime in priimek pooblaščenega arhitekta, pooblaščenega inženirja	JANEZ TOMŠE, dipl. inž. el.
identifikacijska številka	IZS E-1959
podpis pooblaščenega arhitekta, pooblaščenega inženirja	

JANEZ TOMŠE
dipl.inž.el.
IZS E-1959



PRO-ELEKT d.o.o.

Projektiranje električnih inštalacij,
inženiring in tehnično svetovanje
Staničeva 41, 1000 Ljubljana
Tel: 0590-15-612

**IZJAVA PROJEKTANTA NAČRTA
IN POOBLAŠČENEGA STROKOVNJAKA,
KI JE IZDELAL NAČRT V PZI IN PID**

PROJEKTANT NAČRTA

projektant načrta (naziv družbe)	PRO-ELEKT d.o.o.
naslov	Staničeva ulica 41, 1000 Ljubljana
odgovorna oseba projektanta načrta	BOJAN KRALJ, dipl. or. man.

IN POOBLAŠČENI STROKOVNJAK, KI JE IZDELAL NAČRT

pooblaščen strokovnjak	JANEZ TOMŠE, dipl. inž. el.
------------------------	-----------------------------

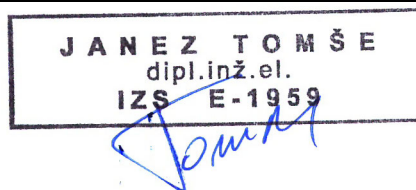
IZJAVLJAVA:

da načrt

vrsta dokumentacije	PZI
strokovno področje načrta	PODROČJE ELEKTROTEHNIKE
naziv načrta	3/V NAČRT ELEKTROTEHNIKE – fotonapetostna elektrarna
številka načrta	E352/23-76
datum izdelave	JULIJ 2024

upošteva relevantne predpise in druge normativne dokumente ter da so upoštewane ustrezne bistvene in druge zahteve.

pooblaščen strokovnjak	JANEZ TOMŠE, dipl. inž. el.
identifikacijska številka	IZS E-1959
podpis pooblaščenega strokovnjaka	



odgovorna oseba projektanta načrta	BOJAN KRALJ, dipl. or. man.
podpis odgovorne osebe projektanta načrta	



2. KAZALO VSEBINE NAČRTA

1. Naslovna stran načrta
2. Kazalo vsebine načrta
3. Tehnično poročilo
4. Risbe

Št.strani	Oznaka risbe	Merilo
L1	Blok shema sončne elektrarne	-
L2	Tipska shema priklopa sončne elektrarne	-
L3	Enopolna shema priklopa	-
L4	Vezalna shema merilno ločilnega mesta	-
L5	Shema priklopa zaščite	-
L6	Tripolna shema razdelilnika R-DC	-
L7	Tloris strehe – postavitve MFE	M 1:200

TEHNIČNO POROČILO

I. ELEKTRIČNE INŠTALACIJE

1. Splošno

Projekt je izdelan skladno z:

- Gradbenim zakonom (GZ-1, Ur.List RS, št. 199/2021)
- Pravilnikom o podrobnejši vsebini projektne dokumentacije (Ur.list RS št. 36/2018)
- Pravilnika o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Ur.l.RS št. 140/21) ter pripadajoče tehnične smernice **TSG-N-002:2021**
- Pravilnika o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Ur.list RS št. 140/21) ter pripadajoče tehnične smernice **TSG-N-003:2021**
- SZVP 512: Smernica o požarni varnosti sončnih elektrarn
- Sistemska obratovalna navodila za distribucijski sistem električne energije (SONDSEE)

Kot zaščita pred udarom napetosti na AC strani je uporabljen TN-S sistem

2. Zasnova foto napetostne elektrarne

Fotonapetostni generator je sestavljen iz fotonapetostnih modulov, kateri svetlobno energijo sončnega obsevanja s pomočjo fotoefekta direktno pretvorijo v enosmerno električno napetost in tok. Razsmerniki pretvorijo enosmerno napetost in tok v izmenično hkrati opravlja sinhronizacijo z javnim NN električnim omrežjem.

Na strehi objekta je predvidena foto napetostna elektrarna za lastno rabo – mešano, viški v omrežje.

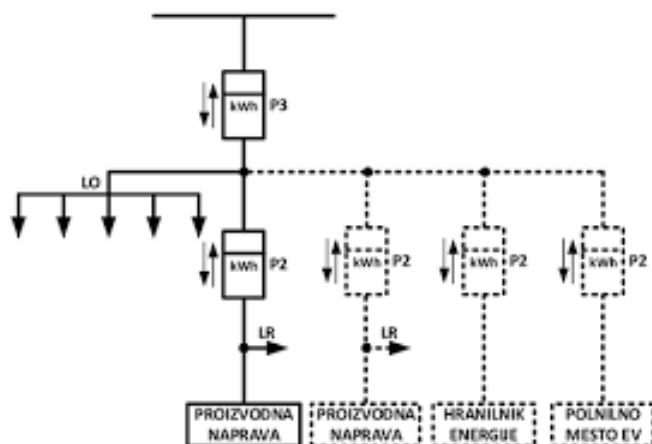
Na objektu je predvidenih 154 foto napetostnih modulov moči 430W. Skupna inštalirana moč modulov znaša 66,22 kW.

Osnovni podatki o elektrarni:

- | | |
|------------------------------------|----------------------------|
| • Naziv sončne elektrarne: | MFE ARSO |
| • Inštalirana moč elektrarne: | 66,22 kW |
| • Predvidena ocenjena proizvodnja: | 70 MWh/leto |
| • Lokacija elektrarne: | Na strehi objekta |
| • Tip fotonapetostnega modula: | monokristalni modul, 430 W |
| • Število modulov: | 154 kosov |
| • Tip in število razsmernikov: | SolarEdge SE66.6K - 1 kos |
| • Tip in število optimizatorjev: | SolarEdge P950 - 77 kos |

2. Priklop foto napetostne elektrarne

MFE se vključi v NN omrežje po shemi PS.2.



Slika: Tipska shema PS.2

Elektrarna se v NN omrežje priključi preko internega glavnega razdelilnika RNN, ki se nahaja v tehničnem prostoru v kleti objekta. Za elektrarno je predvideno svoje ločilno merilno mesto. Za potrebe priključitve MFE v NN omrežje, je v glavnem razdelilniku R-NN predviden rezervni odcep št. 9.

3. Merilno ločilno mesto

Meritve oddane in prejete energije se bo izvajala na NN nivoju (števec P3 – ni predmet tega projekta). Meritev proizvedene energije se bo izvajala na NN nivoju (števec P2).

Merilno ločilno mesto, na katero se priključi elektrarna, se namesti v novo razdelilno omaro ob fasadi stopniščnega jedra 1B na nivoju terasne etaže. V omaro LMO se namesti dvosmerni števec energije, frekvenčno napetostna zaščita, merilna garnitura ter stikalo 1/0.

Elektrarna mora ustrezati zahtevam delovanja hitrega avtomatskega ponovnega vklopa v distribucijsko omrežje. Vsak izpad napetosti v javnem omrežju mora povzročiti zanesljiv izklop odklopnika na ločilnem mestu. Ko so izpolnjeni parametri se elektrarna lahko samodejno priključi na distribucijski sistem. Odklop iz omrežja je preko odklopnika z vgrajenim motornim pogonom. Ločilno mesto se opremi s preklopke blokade vklopa (stikalo). Preklopka deluje preko zaščitnega releja Schrack URNA 0345 na izklopni mehanizem odklopnika.

Elektrarna se avtomatsko odklopi od javnega električnega omrežja s posredovanjem napetostne-frekvenčne zaščite URNA 0345 v skladu z **Uf-B** v primeru:

- prenapetostne zaščite (stopnja 2) v 0,2s pri $U_n+15\%$
- prenapetostne zaščite (stopnja 1) v 2s pri $U_n+11\%$
- podnapetostne zaščite (stopnja1) v 2s pri $U_n-15\%$

- podnapetostne zaščite (stopnja2) v 0,2s pri Un-30%
- nadfrekvenčna zaščita v 0,2s 52Hz
- podferkvenčna zaščita 0,2s 47Hz
- izpad omrežja v 0,5s 5Hz/s

Frekvenčna zaščita pri nadfrekvenci in podferkvenci mora biti sposobna delovati vsaj v območju, ki ga določajo maksimalne nastavitve delovanja napetostnih zaščit.

Zaščita pred izpadom omrežja (kot so na primer skok kolesnega kota, df/dt , sprememba impedance omrežja) ni potrebna. Če jo lastnik PN-ja vseeno nastavi, jo je potrebno nastaviti na navedeno vrednost.

Merilni tokokrogi napetostno frekvenčnih električnih zaščit ločilnega mesta morajo biti obvezno opremljeni z varovalkami.

Dovoljene tolerance zaščit:

Napetost $\pm 1\%$

Frekvenca $\pm 0,5$ od nastavitve

Čas izpada $\pm 10\%$ od nastavitve

Zaščite morajo obvezno meriti vse fazne napetosti (UL-N) za NN omrežje oziroma za SN omrežje odvisno od izvedbe zaščite in meritve vse fazne napetosti (UL-N) ali vse medfazne napetosti (UL-L) na katere je proizvodna naprava priključena.

4. Nosilna konstrukcija modulov

Predvidena je tipska pod-konstrukcija modulov. Načrt postavitve podkonstrukcije izdelava izbrani dobavitelj.

5. Moduli

Moduli so namenjeni za namestitvev na prostem. Navadno so moduli obdani z okvirjem, ki omogoča enostavno montažo na nosilno konstrukcijo in hkrati mehansko ščiti steklene robove. Okvir je običajno izdelan iz aluminija, redkeje tudi iz nerjavečega jekla in plastike. Predvidena življenjska doba fotonapetostnih sistemov je najmanj 25 let. Fotonapetostni generator kot glavna komponenta mora vzdržati tako dolgo tudi pod ekstremnimi vremenskimi pogoji, kot so npr. ekstremne temperature, nevihte in toča. Vso življenjsko dobo mora biti zagotovljena popolna električna varnost, prav tako mora fotonapetostni generator do konca nominalne življenjske dobe obdržati svojo nominalno moč. Da bi zadostili opisanim strogim zahtevam, morajo biti fotonapetostni moduli zelo skrbno načrtovani in izdelani. Vsak tip modula mora pred uporabo prestatiti zahtevne tipske teste. V ta namen so bili izdelani standardni testni postopki, ki so jih v glavnem razvili v raziskovalnem centru Evropske unije v Ispri v Italiji in se zato imenujejo ISPRA testi. Sprejeti so bili tudi kot standard (IEC 61215 / IEC 61646).

ISPRA testi vključujejo:

- Vizualni pregled osnovnega sestava, okvirja in tehnike medsebojnega povezovanja,
- Določitev nominalne moči,
- Določitev temperaturnih koeficientov,

- Dolgotrajni test vročih točk,
- Električno izolacijski test in test prevajanja toka v vlagi,
- Test statične obremenitve,
- Upogibni test,
- Test na točo s 25-milimeterskimi ledenimi kroglicami s hitrostjo 23 m/s,
- Test na termično cikliranje,
- Test vzdržljivosti v pari,
- Test na vlago in mraz.

Poleg ISPRA testa so moduli lahko izdelani tudi v skladu z II. Zaščitnim razredom, ki zahteva dvojno izolirane in ojačene povezovalne vode znotraj modulov. Testiranje mora biti izvedeno v skladu z IEC 61215 / IEC 61646. Posamezni moduli v polju so povezani zaporedno v vejo (string) moči.

Za pridobivanje električne energije so predvideni fotonapetostni moduli s tehničnimi karakteristikam, ki so spodaj navedene.

Tip PV modula	LONGI SOLAR LR5-54HTH-430M
Maksimalna moč (Pmax)	430 W
Toleranca moči	0 - 3 %
Napetost pri maksimalni moči (Vmp)	32,84 V
Tok pri maksimalni moči (Imp)	13,10 A
Napetost odprtih sponk (Voc)	39,13 V
Kratkostični tok (Isc)	14,15 A
Maksimalna sistemska napetost	1000/1500 V DC (IEC)
Dolžina x širina x debelina	1722 x 1134 x 30 mm
Teža	20,8 kg

Ozemljitev fotonapetostnega generatorja izvedemo tako, da vsak segment konstrukcije povežemo z ozemljitvenim vodnikom ter spojimo na ozemljitev. Spojna mesta vodnika s konstrukcijo in novo ozemljitvijo je potrebno izvesti s standardnimi spojnimi elementi. Ozemljitveno povezavo izvesti z bakrenim vodnikom s PVC izolacijo, ru/ze barve, oznake min. H07V-K 1x35 mm². Ozemljevanje se izvede vsaj na dveh skrajnih legah podkonstrukcije po posameznih segmentih.

Pred montažo modulov je potrebna statična presoja nosilnosti strešne konstrukcije, ki jo izdela pooblaščen strokovnjak gradbene stroke.

6. Razsmerniki

Namestitev razsmernikov je predvidena na fasadi na zunanji steni skladiščnega objekta. Predvidena sta dva razsmernika moči 100kW. Razsmerniki so predvideni trifazne izvedbe. Razsmernik ima na izmenični strani vgrajeno zaščito proti otočenju, katero sestavljajo:

- podnapetostna
- nadnapetostna
- podfrekvenčna
- nadfrekvenčna
- impendančna

Za zaščito pred električnim udarom je vgrajena zaščita na diferenčni tok. Na enosmerni strani je vgrajena prenapetostna zaščita fotonapetostnega generatorja ter zemljostična zaščita. Izmenična stran razsmernika se priključi na internem merilnem mestu v internem električnem omrežju.

Delovanje razsmernika je popolnoma avtomatizirano. Takoj, ko PV moduli generirajo dovolj moči za paralelno delovanje z omrežjem, kontrolna enota razsmernika sproži sinhronizacijo z omrežjem in pošiljanje energije vanj. Razsmernik med delovanjem stalno sledi točki največje moči PV generatorja (MPPT – Maximum Power Point Tracking). Ko ob mraku ni več zadostne moči PV generatorja, se razsmernik avtomatično odklopi od omrežja in se ugasne. Kontrolna enota razsmernika se napaja direktno iz PV generatorja, zato ponoči ne porablja nobene energije za delovanje.

Pri polni obremenitvi razsmernika se le- ta lahko začne pregrevati. V tem primeru razsmernik avtomatično zmanjša izhodno moč, da prepreči prekomerno pregrevanje. Razsmerniki so opremljeni z ESS stikalom (Electronic Solar Switch), ki zagotavlja varen odklop PV generatorja v normalnem obratovanju in v primeru motenj. ESS preprečuje iskrenje v primeru odklopa PV generatorja pod obremenitvijo in tako varuje uporabnika pred električnim udarom. Istočasno preprečuje tudi poškodbe na MC konektorjih.

Razsmernik se avtomatsko odklopi od javnega električnega omrežja v primeru:

- Previsoke ali prenizke napetosti omrežja: napetost javnega električnega omrežja mora biti v mejah med 198 in 253 V. Če napetost ni v teh mejah, se razsmernik izključi v 0,2s.
- Previsoke ali prenizke frekvence omrežja: nazivna frekvenca omrežja 50 Hz mora biti v mejah od 49,8 do 50,2 Hz. Če ni v mejah, se razsmernik avtomatsko izključi v 0,2s.
- Spremembe impedance omrežja: če je impedanca omrežja Z_{ac} večja od dovoljene, razsmernik ne začne oddajati energije v omrežje. Pri hitrih spremembah impedance za več kot 1Ω , se razsmernik izključi v 5 s. Vrednosti impedance so nastavljive.
- Prevelik diferenčni tok: razsmernik se avtomatsko izklopi v 0,3 s, ko DC ali AC komponenta diferenčnega toka preseže 30 mA.

- Injiciranje enosmernega toka v omrežje: če teče v omrežje enosmerni tok, večji od 1A, se razsmernik izklopi v 0,2 s.

Zaščitne funkcije so vgrajene v razsmerniku.

Razsmerniki so izdelani v skladu z veljavnimi standardi in temu primerno označeni (oznaka CE).

Za delovanje sončne elektrarne je predviden en razsmernik, kot npr.: tip SolarEdge SE66.6K s tehničnimi podatki:

- SolarEdge SE66.6K

Vhodna stran razsmernika (DC):

Nominalna napetost (U_{pv} , nom)	680-1000 V
Max. DC napetost (U_{dc} , max)	1000 V
Max. vhodni tok (I_{vp} , max)	48,25 A
Zagonska napetost	680 V

Izhodna stran razsmernika (AC):

AC moč, nominalna (P_{ac} , nom)	66,6 kW
AC moč, maksimalna (P_{ac} , max)	66,6 kW
Max. izhodni tok (I_{ac} , max)	96,5 A
Nominalna AC napetost (U_{ac} , nom)	3 x 400Vac
Nominalna AC frekvenca (f_{ac} , nom)	50 Hz

Izhodna napetost razsmernika je 400 V, 50 Hz in je primerna za priključitev v nizkonapetostno električno omrežje za oddajanje električne energije.

7. Potek AC kablov od glavnega razdelilnika do razsmernikov

Povezava AC med razsmerniki in RNN se predvidi s kabli ustreznih tipov in dimenzij. Povezave se predvidi po obstoječi, deloma novi kabelski trasah. Preboje je potrebno ustrezno zatesniti. V projektu izrisane trase kabelskih povezav je potrebno prilagoditi dejanskemu stanju na terenu.

8. Potek DC kablov od razsmernikov do modulov

Povezava med moduli in DC delom razdelilne omare R-DC, se izvede z DC vodniki tip H1Z2Z2-K 1x6mm². Vodniki potekajo delno pod PV moduli ter delno po novih kabelskih policah, ki se namestijo po strehi in fasadi objekta.

9. Zajem in prenos podatkov

Za namen zajemanja in prenosa podatkov bo razsmernik povezan z datalogger-jem na internetno povezavo ali opsijsko preko Smart Dongle. Podatki se bodo iz razsmernika preko te povezave pošiljali na spletni portal, na katerem bo možno podatke spremljati preko računalnika, tablice ali pametnega telefona. Dovod podatkovne linije do razsmernikov je predviden iz obstoječega komunikacijskega vozlišča. Dovod je predviden s podatkovnim kablom UTP Cat.6a.

Možno je spremljati sledeče podatke:

- trenutna moč sončne elektrarne (W)
- dnevna proizvodnja električne energije (kWh)
- mesečna proizvodnja električne energije (kWh)

- vsa doslej proizvedena energija (kWh)
- prihranek izpusta CO₂ (€)

Podatki se prikazujejo v obliki številk, tabel in diagramov.

II. STRELOVODNA INŠTALACIJA

OPOMBA:

Strelovodna inštalacija za zaščito fotonapetostne elektrarne je obdelana v načrtih električnih inštalacij za prenovo in energetska sanacijo predmetnega objekta.

SISTEM NAPAJANJA ELEKTRIČNE INŠTALACIJE

Do objekta je predviden TN-C sistem električne inštalacije kar pomeni:

-Nevtralna točka sistema električnega napajanja je direktno ozemljena v trafo postaji. V isti točki so s pomočjo zaščitnih vodnikov PEN (rumeno zelene barve) ozemljeni tudi vsi izpostavljeni prevodni deli (ohišja električnih naprav, zaščitni kontakti vtičnic itd.) .

-Vsi zaščitni vodniki so dodatno ozemljeni pri vhodu električne inštalacije v zgradbo (glavno izenačenje potencialov).

Za inštalacije v objektu je predviden TN - S sistem električne inštalacije, kar pomeni:

-Zaščitni vodnik PE poteka vedno ločeno od nevtralnega vodnika N.

Izračun koničnih moči in dovodnih kablov

Pri izračunu koničnih moči in koničnih tokov razdelilnika upoštevamo vrsto inštaliranih moči vseh tokokrogov in ocenjene faktorje istočasnosti, obremenitve ter izkoristka motorjev. Pri napajalnih razdelilnikih pa upoštevamo vsoto končnih moči napajanih razdelilnikov in ocenjeni faktor prekrivanja:

$$P_k = \frac{P_i * f_i * f_o}{\eta}$$

$$P_{kk} = f_p * \sum P_k$$

$$I_k = \frac{P_k * 1000}{U * \cos \phi * \sqrt{3}}$$

P_k (kw) konična (nazivna) moč razdelilnika ali napajalnega razdelilnika

P_i (kw) inštalirana moč

f_i faktor istočasnosti

f_o faktor obremenitve

η izkoristek motorjev

f_p faktor prekrivanja

I_k (A) konični tok

$\cos \phi$ faktor moči

U (V) nazivna napetost

Velikost izklopne naprave, ki varuje kabel pred preobremenitvijo in kratkim stikom, je določen glede na konični tok in selektivnost varovanja.

Presek vodnika je določen po **SIST HD 60364-5-52** v odvisnosti od tipa električne inštalacije in od korekcijskih faktorjev vzporednega polaganja ter temperature okolice.

Skladno s **SIST HD 60364-4-43** pa kontroliramo izbrane vodnike še z ozirom na zaščito pred prevelikimi tokovi, ki navaja pogoje:

$$Ik \leq In \leq Iz$$

in

$$I2 \leq Iz * 1.45$$

oziroma

$$In \leq \frac{1.45 * Iz}{k}$$

kjer pomeni:

In (A) nazivni tok zaščitne naprave

Iz (A) trajno zdržni tok kabla po standardu

I2 (A) pogojni stalilni (preizkusni) tok

k faktor varovalke

Vrednost za k po standardu znašajo:

k = 2,1 za varovalke 2 in 4 A

k = 1.9 za varovalke 6 in 10 A

k = 1.6 za varovalke 16 A in več

k = 1.45 za inštalacijske odklopnike

Izračuni koničnih moči in dovodnih kablov so prikazani v priloženih tabelah.

TABELA MOČI IN DOVODOV			LMO		R-AC	
RAZDELILNIK						
oznaka tokokroga	-	V	W0		W1	
napetost tokokroga	U	m	400		400	
dolžina tokokroga	L		85		5	
sistem el. instalacije	-		TN-C-S		TN-C-S	
skupna instalirana moč	Pi	kW	66,60		66,60	
faktor istočasnosti	fi		1		1	
izkoristek	η		1,00		1,00	
faktor obremenitve	fo		1,00		1,00	
faktor prekrivanja	fp		1,00		1,00	
faktor moči	cosφ		0,95		0,95	
konična delovna moč	Pk	kW	67		67	
konična navidezna moč	S	kVA	70		70	
konični tok	Ik	A	101		101	
zaščitna naprava	In	A	NVgL /	160	NVgl- /	125
tip el. instalacije	-		E-J		E-J	
faktor okolne temp.	fT		0,89		1,06	
faktor skupine kablov	fs		1		1	
obremen. kabla: In/fT/fs	-	A	180		118	
zdržni tok kabla	Iz	A	250		250	
tip in presek kabla	mm²		1 x N2XY Y		1 x N2XY Y	
			4 x 70		4 x 70	
kontrola preobremenitve:						
Ik < In < Iz	-	A	USTREZA		USTREZA	
In * k < 1,45 * Iz	-	A	USTREZA		USTREZA	
padec napetosti	u	%	1,01%		0,06	
napajanje razdelilnikov:			R-AC			
OPOMBA:						

ZAŠČITA PRED ELEKTRIČNIM UDAROM IN PADEC NAPETOSTI

Skladno s **SIST HD 60364-5-51** so predvideni naslednji zaščitni ukrepi:

1. Zaščita pred neposrednim dotikom
2. Zaščita pred posrednim dotikom

Ad.1) Zaščita pred neposrednim dotikom je izvedena z izoliranjem vodnikov in s postavitvijo elementov električne inštalacije v ohišja.

Ad.2) Zaščita pred posrednim dotikom pa obsega naslednje ukrepe:

- a) zaščita s samodejnim odklopom napajanja
- b) izenačitev potencialov

Ad.2.a) Zaščitni ukrep s samodejnim odklopom napajanja v primeru okvare, mora preprečiti vzdrževanje napetosti dotika v takšnem trajanju, da bi postalo nevarno. Zaščitna naprava (v našem primeru inštal.odklopniki in taljive varovalne patrone) mora samodejno odklopiti napajanje tistega dela inštalacije, ki ga naprava ščiti.

Zato morajo biti tako zaščitna naprava kot vodniki v inštalaciji izbrani tako, da se samodejni odklop izvrši v času, ki ustreza v spodnji tabeli navedenim vrednostim, če se na kateremkoli delu inštalacije ali v sami napravi pojavi kratek stik med faznim in zaščitnim vodnikom ali izpostavljenimi deli.

Ta zahteva je izpolnjena, ko je izpolnjen pogoj:

$$Z_s * I_a < U_o$$

kjer pomeni:

- Z_simpedanca okvarne zanke
- I_atok delovanja naprave za samodejni odklop v času, ki ustreza podatkom iz spodnje tabele
- U_onazivna fazna napetost

Impedanco izračunamo po formuli:

$$Z_s = \frac{l}{56 * S_f} + \frac{L}{56 * S_o}$$

kjer pomeni:

- $l(m)$dolžina kabla
- $S_f(mm^2)$prerez faznega vodnika
- $S_o(mm^2)$prerez ničnega (zaščitnega) vodnika
- $Z_s(\Omega)$impedanca okvarne zanke

Tabela najdaljših dovoljenih časov trajanja napetosti dotika

Najdaljši dovoljeni odklopni čas (s)	Najvišja pričakovana napetost dotika UI (V) (efektivna vrednost izmenične napetosti)
neskončno	≤50
5	50
0.8	120
0.4	230 ali 220
0.4	277
0.2	400 ali 380
0.1	nad 400

Za tokokroge z vtičnicami do 63A, na katere se lahko priključijo prenosni aparati, je maksimalni dovoljeni izklopni čas 400 ms. Za napajalne tokokroge je dovoljeni izklopni čas do 5 sekund. Kot dopolnilna zaščita pa je v nekaterih tokokrogih -predvsem v kopalnicah - predvidena zaščitna naprava na diferenčni tok KZS 68.

Zaščita pri kratkostičnem toku

Skladno s **SIST HD 60364-4-43** kontroliramo delovanje zaščite pri kratkem stiku. Izračun kratkega stika se izdelava za primer tripolnega ali enopolnega kratkega stika kateri se pojavi računsko na koncu kabla.

Kratkostični tok računamo po enačbi

$$I_{ks} = \frac{1.1 * U_n}{\sqrt{3} * Z_k}$$

kjer pomeni:

- I_{ks} (A).....impedanca okvarne zanke
- U_n (V).....nazivna napetost
- Z_k(Ω).....impedanca kratkostične zanke

Pri vodnikih prereza nad 6 mm² preverimo, če je odklopni čas zaščitne naprave manjši od časa v katerem se vodniki segrejejo do dopustne mejne temperature vodnika.

Za kratke stike kateri trajajo do 5s se čas v katerem dani kratkostični tok segreje vodnike do dopustne mejne temperature, izračuna približno po formuli:

$$\sqrt{t} = k * \frac{S}{I}$$

kjer pomeni:

- S(mm²).....prerez
- t(s).....trajanje
- I (A).....efektivna vrednost dejanskega kratkostičnega toka
- k 115 za Cu vodnike s PVC izolacijo
- 76 za Al vodnike s PVC izolacijo

Za čase krajše od 0,1s mora biti izpolnjen pogoj

$$k^2 * S^2 > I^2 * t$$

kjer je

$$I^2 * t(A^2 s)$$

vrednosti prepuščene energije, ki jo poda proizvajalec zaščitne naprave.

Kontrola min. preseka se izvede po standardu **SIST HD 60364-4-43** in sicer po formuli

$$S_{\min} = \frac{1}{k} * I_A * \sqrt{t}$$

kjer pomeni:

k..... faktor določen v standardu

t(s).....izklopni čas zaščitne naprave

(izklopna karakteristika zaščitne naprave)

Za vodnike manjše od 10mm² kontrole S_{min} ne izvajamo. Kontrola preseka zaščitnih vodov se izvede po standardu **SIST HD 60364-5-54** kateri določa da mora biti presek zaščitnega vodnika

- enak preseku faznega vodnika do preseka 16mm²
- 16mm² če je fazni vodnik od 16mm² do 35mm²
- polovični presek faznega vodnika če je ta > 35mm²

V primeru da zaščitni vodnik ni del kabla mora biti po **SIST HD 60364-5-54**

- 2,5mm² za Cu ali 4mm² za Al če je vodnik mehansko zaščiten
- 4mm² za Cu če ni mehansko zaščiten
- 50mm² za FeZn

Odklopni časi zaščitnih naprav, pri danem kratkem stiku, so vzeti iz diagramov I-t proizvajalca. Izračunani časi, so prikazani v tabeli zaščite.

Tabela: izklopni tokovi, ki zagotavljajo delovanje naprave za samodejni odklop napajanja v času. Ki je še dovoljen s predpisi in zgornje vrednosti dopustnih impedanc (Z_s) oz. upornosti (R_s) okvarnih zank, pri nazivni napetosti $U_0=230V$, pri uporabi taljivih vložkov gG.
(po Ivan Ravnika Električne inštalacije zgradb skladno z družino standardov SIST HD 60364)

Nazivni tok taljivega vložka I_n (A)	Taljivi vložek gG					
	la		Z_s			
	(0.2s)		(0.4s)		(5s)	
	(A)	(Ω)	(A)	(Ω)	(A)	(Ω)
2	19	12,1	16	14,3	9,2	25
4	39	5,8	32	7,1	18,5	12,4
6	57	4,0	47	4,8	28	8,2
10	97	2,3	82	2,8	48	4,7
16	135	1,7	110	2,0	68	3,3
20	175	1,3	150	1,5	85	2,7
25	220	1,0	190	1,2	110	2,0
32	315	0,7	275	0,8	160	1,4
40	380	0,6	320	0,7	190	1,2
50	550	0,4	470	0,48	265	0,86
63	675	0,34	550	0,41	325	0,70
80	970	0,23	840	0,27	450	0,51
100	1200	0,19	1020	0,22	580	0,39
125	1700	0,13	1500	0,15	750	0,3
160	2100	0,10	1700	0,13	950	0,24
200	3000	0,07	2600	0,08	1350	0,17
250	3600	0,06	3000	0,07	1600	0,14
315	4950	0,04	4100	0,05	2250	0,1
400	6500	0,03	5500	0,04	2800	0,08
500	8800	0,02	7150	0,03	3800	0,06
630	11600	0,01	9500	0,02	5100	0,04

V uporabi inštalacijskih odklopnikov B,C,D:

Nazivni tok nadtokovne zaščite I_n (A)	Inštalacijski odklopnik					
	Tip B		Tip C		Tip D	
	$5 \cdot I_n$	Z_s	$10 \cdot I_n$	Z_s	$20 \cdot I_n$	Z_s
	(A)	(Ω)	(A)	(Ω)	(A)	(Ω)
2	10	23	20	11,5	40	5,7
4	20	11,5	40	5,7	80	2,8
6	30	7,6	60	3,8	120	1,9
8	40	5,7	80	2,8	160	1,4
10	50	4,6	100	2,3	200	1,1
13	63	3,6	130	1,7	260	0,8
16	80	2,8	160	1,4	320	0,7
20	100	2,3	200	1,1	400	0,5
25	125	1,8	250	0,9	500	0,4
32	160	1,4	320	0,7	640	0,3
40	200	1,15	400	0,57	800	0,28
50	250	0,92	500	0,46	1000	0,23
63	315	0,73	630	0,36	1260	0,18

Padci napetosti

Padci napetosti po pravilniku **Ur.I.(RS) št41/09** električne inštalacije na porabniku ne smejo presegati dopustnih padcev ki znašajo

3% ... za tokokroge razsvetljave

5% ... za vse ostale tokokroge

Če se inštalacija napaja neposredno iz transformatorske postaje, priključene na srednje ali visoko napetostno omrežje, je dovoljen padec napetosti od napajalne točke do katere koli točke električne inštalacije:

5% ... za tokokroge razsvetljave

8% ... za vse ostale tokokroge

Če je dolžina električne inštalacije večja od 100m, lahko povečamo dovoljen padec napetosti za 0,05 % za vsak meter, ki presega 100m, vendar skupno največ 0,5%.

Izračuni padcev napetosti za eno in trifazni tokokrog so izvedeni po obrazcih:

enofazni

trifazni

$$\Delta u = \frac{200 * P * l}{\lambda * S * U_f^2}$$

$$\Delta u = \frac{100 * P * l}{\lambda * S * U^2}$$

kjer pomeni:

Δu (%) padec napetosti na koncu voda

P (W) priključna moč tokokroga ali konična moč razdelilnika

l (m) dolžina vodnika

S (mm²) presek vodnika

U_f (V) fazna napetost

U (V) medfazna napetost

λ (m/Ωmm²). specifična prevodnost ($\lambda_{Cu}=56$, $\lambda_{Al}=37$)

Kontrola delovanja zaščite za nekatere najbolj kritične tokokroge je prikazana v priloženih tabelah.

KONTROLA DELOVANJA ZAŠČITE		
RAZDELILNIK		LMO
trafo postaja		1 x 1000
upornost:	R (Ω)	0,0022
	X (Ω)	0,0090
kontaktne upornosti	R (Ω)	0,0028
dovod iz razdelilnika	-	TP-NN
oznaka tokokroga	-	W0
napetost tokokroga	U (V)	400
konična moč tokokroga	Pk (kW)	67
izklopna naprava	In (A)	NV-gL/ 160
dolžina tokokroga	l (m)	85
material kabla	-	Al
št. in presek L	S (mm ²)	4 x 70
vzpored. vodnikov PE	S (mm ²)	1 x 70
upornost tokokroga	R (Ω)	0,0491
	X (Ω)	0,0087
upornost celotne	Rs (Ω)	0,0540
KS zanke	Xs (Ω)	0,0177
impedanca KS zanke	Zs (Ω)	0,0569
korekcijski faktor	C (-)	1
kratkostični tok	Iks (A)	4473
izklopni tok:	Ia (A)	5s : 950
izklopni čas	ta (s)	
vrsta izolacije	-	PVC
dopustni čas KS	tk (s)	1,3
padec napetosti tokokroga	u (%)	0,40%
skupni padec napetosti	u (%)	0,40%
dopustni padec napetosti	u (%)	
opomba		