3.3 T.1 TEHNIČNO POROČILO

T.1.1 SPLOŠNI OPIS IN LOKACIJA

Predmet načrta je izdelava Cestne razsvetljave v sklopu izgradnje pločnika v naselju Pondor ob regionalni cesti R3-732/8215 Pondor-Tabor od km 0+080 do km 1+890.

Osnova za izdelavo načrta so:
- projektna naloga,
- tehnični predpisi, normativi in standardi
- načrt prometne ureditve in gradbenih konstrukcij Pronig d.o.o., št.: 895/2022
- posnetek obstoječega stanja

Pri izdelavi načrta so upoštevani predpisi in standardi, ki urejajo področje Cestne razsvetljave in NN omrežij:

- Gradbeni zakon (GZ-1: Ur. l. RS, št. 199/2021)
- Zakon o urejanju prostora (ZUreP-2: Ur. l. RS, št. 61/17)
- Zakon o arhitekturni in inženirski dejavnosti (ZAID: Ur. l. RS, št. 61/17)
- Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1: Ur. l. RS, št. 43/2011)
- Zakon o varstvu pred požarom (ZVPoz-UPB1: Ur. l. RS, št. 3/2007, ZVPoz-C: Ur. l. RS, št. 9/2011, ZVPoz-D: Ur. l. RS, št. 83/2012);
- Zakona o varnosti cestnega prometa (Ur. l. RS št. 56/08), 3.odstavek 7.člena
- Zakon o javnih cestah
- Slovenski standard SIST EN 13201:2015 – Cestna razsvetljava
- Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja (Ur.l. RS, št. 81/2007, 109/2007, 62/2010, 46/2013)
- Pravilnik o podrobnejši vsebini dokumentacije in obrazcih povezanih z graditvijo objektov (Ur. l. RS, št. 36/18)
- Pravilnik o projektiranju cest (Ur. l. RS št. 91/05), 59.člen
- Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka (Ur. l. RS, št. 29/1992);
- Klasifikacijski načrt za projektno dokumentacijo, Navodilo NA0012 (Ministrstvo za infrastrukturo, Direkcija RS za infrastrukturo, dopolnitev februar 2019, r4.0)
- Tehnična smernica TSG-N-002:2021, nizkonapetostne električna instalacije
- Tehnična smernica TSG-N-003:2021, Zaščita pred delovanjem strele

Obstoječe stanje

V naselju Pondor sta obstoječi dve svetilki cestne razsvetljave v km 0+487 in 0+601. Svetilke so nameščene na elektro drogovih. Povezave so izvedene z zračnimi SKS vodi. Napajanje je izvedeno od obstoječega prižigališča cestne razsvetljave, ki se nahaja v obstoječi transformatorski postaji TP Pondor.

TEHNIČNE REŠITVE

Skladno z naročilom investitorja, je predvidena izgradnja nove cestne razsvetljave v celotnem območju izgradnje hodnika za pešce. Na celotnem področju obdelave se predvidi namestitev novih svetilk v LED izvedbi. Predvidene so svetilke za direktni natik na drog, aluminij ohišje, mehanska zaščita IK 09, zaščitni razred I, zaščitna stopnja IP66 z prenapetostno zaščito 10kV, barvne temperature 2700ºK in avtonomno redukcijo. Svetilke morajo imeti ENEC certifikat in CLO ali CLO2 funkcijo.

Nove svetilke bodo nameščene na vroče cinkane drogove cestne razsvetljave, za postavitev na sidrno ploščo. Drogovi bodo locirani ob robu hodnika za pešce 0,25m za vrtnarskim robnikom. Drogovi višine h=6m, se pritrdijo na sidrne plošče vgrajene v temelje izdelane iz BC Φ600/1000. Na mestih odcepov in pred vsakim drogom, se postavi kabelske jaške izdelane iz BC Φ600/1000 z betonsko podlago in litoželeznim pokrovom razreda B (125 kN). Za povezave med jaški se uporabi dvoslojne (znotraj gladka zunaj rebrasta) gibljive PEHD cevi v kolutih ϕ110 mm, rdeče barve. Za povezave od jaška do temeljev drogov, se predvidi uporabo dvoslojnih (znotraj gladka zunaj rebrasta) gibljivih PEHD cevi v kolutih 2xϕ63 mm, rdeče barve. Instalacije v drogovih bodo izvedene z vodniki NYY-J 5x1,5 mm^2 in uporabo priključnega seta (npr. PVE-4/16) v priključni omarici droga.

Svetilke bodo programirane/reducirane v času od 20h do 5h na -30% pod nivo razreda M6.

Svetilke s cestno optiko moči 15W, 2075lm, se reducira na 10,5W, 1453lm.

Svetilke na prehodu za pešce z desno optiko za prehode moči 24W, 3320lm, se reducira na 16,8W, 2324lm.

Podana je okvirna vrednost nastavitve preklopnih točk za vklop razsvetljave, ko se dnevna svetloba zmanjša na 40 lx.

Pri pridobivanju soglasja za priključitev, smo s strani Elektro Celje dobili odgovor, da novo prižigališče ni potrebno. Na sestanku z predstavniki Elektro Celje, je bil sprejet sklep, da se za priklop CR uporabi obstoječe prižigališče, ki se nahaja v obstoječi TP Pondor. Potrebna bo samo prestavitev prižigališča izven TP. Novo soglasje za priključitev ni potrebno. Za potrebe prestavitve prižigališča je v načrtu predvidena nova prostostoječa omarica PCR. Lokacija se predvidi ob robu hodnika za pešce med profiloma P24 in P25 desno, gledano v smeri stacionaže (lokacija razvidna iz situacijske risbe).

Napajanje prestavljenega prižigališča PCR, se predvidi od obstoječe TP Pondor v NN razvodu pri betonskem elektro drogu, lociranem v profilu P27 levo, gledano v smeri stacionaže.
Pri projektirani cestni razsvetljavi je uporabljen obstoječ sistem zaščite v TN-C razdelilnem sistemu napajanja 3x230/400V, 50 Hz v zanki transformatorskih postaj TP:

- združena ozemljitev
- srednjenapetostna nevtralna točka izolirana.

Vsi potrebni detajli montaže so razvidni iz priloženih risb.

IZBIRA OPREME

- Svetilke za direktni natik na drog v LED izvedbi, aluminij ohišje, mehanska zaščita IK 09, zaščitni razred I, zaščitna stopnja IP66 z prenapetostno zaščito 10kV. Svetilke morajo imeti ENEC certifikat in CLO ali CLO2 funkcijo.

Svetilke po spodnjem popisu:

- Svetilka **cestna optika**, moč svetilke 15W, svetlobni tok 2075 lm, barvne temperature 2700ºK z avtonomno redukcijo. *(kot npr.: Lumenia - S1S.T.SA.12.030.220.2770 (1x LED))*
- Svetilka **optika prehodi za pešce**, moč svetilke 24W, svetlobni tok 3320 lm, barvne temperature 2700ºK z avtonomno redukcijo. *(kot npr.: Lumenia - S1S.T.SA.12.030.111.2770 (1x LED))*

- Svetilke ob hodniku za pešce, se montirajo na vroče cinkane drogove razsvetljave s sidrno ploščo, višine h=6m (stopničasto reducirani drog). Drogovi dimenzionirani za vetrovne pogoje Cone 1 (projektna hitrost 20 m/s), z direktno nasaditvijo svetilke na drog, naklon $\alpha = 0°$ (drogovi po slovenskem standardu SIT EN40 in SIST EN-ISO 1461)
- Temelji iz BC ϕ 600/1000
- Jaški izdelani iz BC ϕ 600/1000, izdelava zgornje nosilne AB plošče, komplet s pokrovom razreda C.
- Prostostoječa priključno merilna omarica dim.:1100/320/1050 (š/g/v)) iz umetne mase, opremljena s ključavnicami in napisi na tipskem temelju, komplet z vgrajeno opremo.
- uporabljeni kabli: → NA2XY-J/ 4x70 +1,5 mm^2 → dovod do PCR
  → NAYY-J 5x16 mm^2 → razvod med svetilkami
  → NYY-J 5x1,5 mm^2 → povezava v drogu

  (Razvod fazno/žilno razdeljen tako, da je vsaka tretja svetilka na isti fazi/žili, ne glede na odjem v R-DES).
- ozemljitve v funkciji strelovodne zaščite → pocinkani valjanec FeZn 25x4 mm v celotni dolžini trase s povezavo na obstoječo ozemljitev
- mehanska zaščita:
  → dvoslojne (znotraj gladka zunaj rebrasta) gibljive PEHD cevi v kolutih ϕ110 mm, rdeče barve *(kot npr.: Mapitel ali Stigmafleks)*
  → dvoslojne (znotraj gladka zunaj rebrasta) gibljive PEHD cevi v kolutih ϕ63 mm, rdeče barve *(kot npr.: Mapitel ali Stigmafleks)*

T.1.4 SVETLOBNO TEHNIČNI IZRAČUNI

Izbira svetlobno tehničnega razreda

Na cesti R3-732/8215 Pondor-Tabor je PLDP po publikaciji »Promet 2020« 520 vozil.

Podatki:

- Projektirana hitrost ali hitrostna omejitev: ***nizka (v ≤ 40 km/h)***
- Obseg prometa: ***nizek < 2.000***
- Sestava prometa: glavni udeleženci: ***MTK (motorni promet, počasni promet, kolesarji)***
  ostali udeleženci: **P (pešci)**
- Ločena smerna vozišča: **ne**
- Gostota križišč: **≤ 3**
- Parkirana vozila: **niso prisotna**
- Svetlost okolice: **zmerna**

Svetlobno tehnični razred izberemo v skladu s standardom SIST EN 13201 s pomočjo tabele.

Parameter	Možnosti	Opis		Utežni faktor	Določitev razreda M
Projektirana hitrost ali hitrostna omejitev	Zelo visoka	v ≥ 100 km/h		2	
	Visoka	70 km/h < v < 100 km/h		1	
	Zmerna	40 km/h < v ≤ 70 km/h		-1	
	Nizka	v ≤ 40 km/h		-2	-2
Obseg prometa		Avtoceste, večpasovnice	Dvopasovnice		
	Visok	>65% maksimalne kapacitete	>45% maksimalne kapacitete	1	
	Zmeren	35-65% maksimalne kapacitete	15-45% maksimalne kapacitete	0	0
	Nizek	<35% maksimalne kapacitete	<15% maksimalne kapacitete	-1	
Sestava prometa	Mešana z visokim deležem ostalih vozil			2	
	Mešana			1	1
	Samo motorna vozila			0	
Ločena smerna vozišča	Ne			1	1
	Da			0	
Gostota križišč		križišča/km	nivojska križišča, razdalja med mostovi, km		
	Visoka	>3	<3	1	
	Zmerna	≤3	≥3	0	0
Parkirana vozila	So prisotna			1	
	Niso prisotna			0	0
Svetlost okolice	Visoka	Izložbena okna, osvetljeni reklamni panoji, športna igrišča, bencinski servisi, skladišča		1	
	Zmerna	običajne razmere		0	0
	Nizka			-1	
Zahtevnost navigacije	Zelo zahtevna			2	
	Zahtevna			1	
	Enostavna			0	0
Seštevek					0
Svetlobno tehnnični razred				M	6

Iz tabele odčitamo, da je ustrezni razred **M6 *(Lsr* = 0,30 cd/m^2, Uo = 0,40**). Za primer konfliktnega področja (prehodi za pešce,...), izberemo svetlobno tehnični razred C. Uporabimo enak ali razred višji razred kot za cesto. V našem primeru je to ***C5 (Esr* = 7,5 lx, Uo = 0,4**).

Glede na izračunane vrednosti je razvidno, da izbrane svetilke in njihova lokacija ustreza zahtevanim svetlobno-tehničnim kriterijem. Izračuni so arhivirani na sedežu projektanta!

NAPAJANJE, KRMILJENJE

Za prižiganje razsvetljave na hodniku za pešce, je predvidena postavitev nove prostostoječe omarice v katero se prestavi oprema iz obstoječega prižigališča cestne razsvetljave.

Prižigališče (PCR

Prižigališče (PCR) bo v lasti in upravljanju Občine Tabor.

Prostostoječa omarica PCR bo locirana v cestnem pasu ob robu hodnika za pešce med profiloma P24 in P25 desno, gledano v smeri stacionaže (lokacija razvidna iz situacijske risbe). Omarica PCR je sestavljena iz priključno merilnega dela PMO in krmilnega dela R-CR.

Priključno merilni del (PMO)

V PCR omarici bodo v ločenem polju (PMO) izvedene meritve porabe električne energije. Odjemno mesto je obstoječe in se prestavi izven TP v novo prostostoječo omarico.
Polje se zaklepa s tipsko ključavnico elektrodistribucije. Objekt bo na distribucijsko omrežje priključen od obstoječe TP Pondor v NN razvodu pri betonskem elektro drogu. NN vod je obstoječ in napaja okoliške objekte.
Skladno s *»Tipizacijo energetskih kablov - Zemeljski kabli nazivne napetosti 0,6/1 kV«*, je za dovod *(povezava do PCR)*, predviden kabel tipa NA2XY-J/ 4x70 +1,5 mm^2. Kabel bo položen v dvoslojne (znotraj gladka zunaj rebrasta) gibljive PEHD cevi v kolutih Φ110 mm rdeče barve, do nove omarice v dolžini cca 64m. Skupna dolžina priključnega kabla je cca 75m.

Krmilni del (R-CR)

Prižiganje vej razsvetljave, je izvedeno s krmilno garnituro - svetlobni avtomat s fotocelico nameščeno na zadnji strani omarice! Delovanje razsvetljave je možno ročno vključiti ali izključiti (servisiranje) s preklopnim stikalom v R-CR. Vsa oprema je nameščena v ločenem polju omarice R-CR in se zaklepa s ključavnico upravljavca.

T.1.6 DIMENZIONIRANJE IN KONTROLA:

6.1. TOK V DOVODNEM KABLU ZA RAZDELILEC PCR

- instalirana moč razdelilca	P_{inst}	= 1,0 kW
- faktor istočasnosti	f_i	= 1
- konična moč razdelilca	P_{kon}	= 1,0 kW
- napetost v omrežju	U	= 230 V
- faktor delavnosti	cos φ	= 0.95
- konični tok	I_{kon}	= 1,14A

Za NN dovod do razdelilca PCR se položi nov kabel NA2XY-J/ 4x70 +1,5 mm^2.
Glavne varovalke (obračunske) za razdelilec PCR so obstoječe 1x16A. Varovalke so nameščene v polju PMO. V R-CR je izvod za posamezne linije varovan z varovalnimi elementi 10A.

IZRAČUN PADCA NAPETOSTI:

3.1. člen TSG-N-002:2021, predpisuje dovoljeni padec napetosti od napajalne točke, do katerekoli točke električne inštalacije, če je napajanje izvedeno iz javnega distribucijskega omrežja :

- za tokokroge razsvetljave 3 %
- za ostale tokokroge 5 %

Padci napetosti so računsko kontrolirani po formulah:

$$\Delta U = \frac{200 \cdot \sum P.l}{\lambda \cdot s \cdot U^2} \cdot ki\ (\%)$$

Padci napetosti so računsko kontrolirani, in podani v shematskih risbah.

Padci napetosti so v dopustnih mejah in ne prekoračujejo dovoljene vrednosti 3%.

KONTROLA UČINKOVITOSTI ZAŠČITNEGA UKREPA:

(Izračun najmanjšega toka enopolnega kratkega stika)

Impedanca dovodnega kabla do razdelilca PCR :

$$Z_{sk} = Z_v + Z_{v1}$$

kjer pomenijo: Z_{sk} - skupna impedanca okvarne zanke(Ω),
Z_V - impedanca okvarne zanke voda na priključnem mestu (Ω),
Z_{v1}- impedanca okvarne zanke voda od TP do razdelilca PCR
Z_V - impedanca okvarne zanke voda na priključnem mestu (Ω) :
Z_V = 0,05 Ω (podatek Elektro Celje d.d.).

Z_{VK1} znaša za vodnik NA2XY-J/ 4x70 +1,5 mm^2 0,557 Ω/km (upoštevana je ohmska upornost kabla pri temperaturi 80 ºC in induktivna upornost kabla).

$Z_{V1} = 2 * l_{R1} * z_{VK1} = 2 * 0,13 * 0,557 = 0,145\ \Omega$
$Z_{sk} = Z_v + Z_{v1}$
$Z_{sk} = 0,05 + 0,145 = 0,150\Omega$

Kratkostični tok znaša:

$$I_k = \frac{0,95 \cdot U_f}{Z_{sk}} = \frac{0,95 \cdot 230}{0,150} = 1456A$$

kjer je:
I_k - najmanjši tok enopolnega kratkega stika,
0,95 - faktor, ki upošteva vpliv zanemarjenih impedanc (zbiralk, sponk, varovalk, stikal...),
Z_{sk} - skupna impedanca okvarne zanke

Po "NV" karakteristiki varovalnih elementov iz proizvodnega programa ELEKTROELEMENT IZLAKE bo 16 A varovalka pregorela v času 0,1 sek kar je manj od t dop = 5 sek. Po končani montaži je potrebno z meritvami preveriti učinkovitost zaščite proti nevarni napetosti dotika.
Termična kontrola vodnika pri enofaznem kratkem stiku in času izklopa varovalnega elementa

0,7 sek:

$I^2*t<k^2*S^2$ $1456^2*0,7 < 74^2*70^2$

$1.038.768 < 26.832.400$

kjer je:
S - presek vodnika (mm^2),
I^2*t - energija potrebna za stalitev varovalke ("joulovi integrali" - poda proizvajalec varovalnega elementa
k - faktor za PVC izolacijo vodnikov (Al=74, Cu=115)

Pogoj je izpolnjen zato izbrani vodnik ustreza.

Impedanca dovodnega kabla do zadnjega kandelabra v (najbolj neugodni primer):

$$Z_{sk} = Z_v + Z_{v1}$$

kjer pomenijo: Z_{sk} - skupna impedanca okvarne zanke(Ω),
Z_V - impedanca okvarne zanke voda na priključnem mestu (Ω),
Z_{v1} - impedanca okvarne zanke voda od razdelilca PCR do zadnjega droga

Z_V - impedanca okvarne zanke voda na priključnem mestu v PCR (Ω) :

$Z_V = 0,150\ \Omega$

Z_{VK1} znaša za kabel NAYY-J 5x16mm^2 2,326 Ω/km (upoštevana je ohmska upornost kabla pri temperaturi 80 ºC in induktivna upornost kabla).

$Z_{V1} = 2 * l_{R1} * z_{V1} = 2 * 0,192 * 2,326 = 0,89\ \Omega$

$Z_{sk} = Z_v + Z_{v1}$

$Z_{sk} = 0,150 + 0,89 = 1,04\ \Omega$

Kratkostični tok znaša:

$$I_k = \frac{0,95 \cdot U_f}{Z_{sk}} = \frac{0,95 \cdot 230}{1,04} = 210A$$

kjer je:
I_k - najmanjši tok enopolnega kratkega stika,
0,95 - faktor, ki upošteva vpliv zanemarjenih impedanc (zbiralk, sponk, varovalk, stikal...),
Z_{sk} - skupna impedanca okvarne zanke

Po "gL" karakteristiki varovalnih elementov iz proizvodnega programa ELEKTROELEMENT IZLAKE bo 10A varovalka pregorela v času 0,1 sek, kar je manj od t dop = 5 sek. Po končani montaži je potrebno z meritvami preveriti učinkovitost zaščite proti nevarni napetosti dotika.

Termična kontrola vodnika pri enofaznem kratkem stiku in času izklopa varovalnega elementa krajšem od 0,1 sek:

$I^2*t<k^2*S^2$ $4.410 < 1.401.856$

kjer je:
S - presek vodnika (mm^2),
I^2*t - energija potrebna za stalitev varovalke ("joulovi integrali" - poda proizvajalec varovalnega elementa
k - faktor za PVC izolacijo vodnikov (Al=74, Cu=115)

Pogoj je izpolnjen zato izbrani vodnik ustreza.

IZRAČUN OZEMLJITVE

Pocinkani valjanec FeZn 25x4mm je položen po trasi razsvetljave in se naveže na kandelabre kot je razvidno iz načrta blok sheme cestne razsvetljave. Spoj na valjanec je v zemlji izveden s križno sponko, spoj na kovinsko konstrukcijo kandelabra je izveden z vijačenjem.
Pri ocenitvi specifične upornosti tal 150**Ω**m in položenem valjancu v minimalni dolžini 100m bo ponikalna upornost pri PCR znašala:

$$R_p = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln\left(\frac{l^2}{h \cdot d}\right) \qquad R_p = \frac{150}{2 \cdot \pi \cdot 100} \cdot \ln\left(\frac{100^2}{0{,}8 \cdot 0{,}0125}\right) = 3{,}31\ \Omega$$

ρ - specifična upornost tal (**Ω**m),
l - dolžina pocinkanega valjanca (m),
h - globina polaganja pocinkanega valjanca (m),
d - računski polmer pocinkanega valjanca (m)

Izračunana ponikalna upornost izpolnjuje pogoje zaščite pred posrednim dotikom v TN sistemu napajanja, tehnični smernici za strelovode TSG-N-003:2021, ki predpisuje največjo upornost ozemljila prenapetostnega odvodnika 5 **Ω**-ov.

T.1.7 ZAŠČITA PRED ELEKTRIČNIM UDAROM

ZAŠČITA PRED NEPOSREDNIM DOTIKOM

Zaščita pred neposrednim (direktnim) dotikom preprečuje vsak dotik z deli pod napetostjo električne instalacije.

Zaščita je v obravnavani instalaciji izvedena z:
- zaščito delov pod napetostjo z izolacijo,
- zaščito s pregradami in okrovi,

ZAŠČITA PRED POSREDNIM DOTIKOM:

Zaščitni ukrep pred posrednim dotikom je izveden s samodejnim odklopom napajanja. Zaščita s samodejnim odklopom napajanja v primeru okvare v izolaciji onemogoči, da bi na izpostavljenih prevodnih delih naprav nevarna napetost obstajala dalj časa kot to dovoljujejo predpisi.
Za pravilno delovanje zaščite s samodejnim odklopom napajanja je potrebno izpolniti naslednja temeljna načela:

a) Vse izpostavljene prevodne dele (ohišja ščitenih naprav, zaščitne kontakte vtičnic, ohišja svetilk, strojev in druge kovinske mase) je potrebno vezati z zaščitnim vodnikom z ozemljitveno točko napajalnega sistema. Ozemljitvena točka je hkrati tudi nevtralna točka sistema. Dostopni izpostavljeni prevodni deli se morajo povezati na isti ozemljitveni sistem.

b) V vsaki stavbi je potrebna glavna izenačitev potenciala.

c) Zaščitna naprava, ki zagotavlja zaščito pred posrednim dotikom tokokroga ali opreme, mora v primeru okvare v izolaciji med deli pod napetostjo in izpostavljenimi prevodnimi deli samodejno odklopiti napajanje tokokroga v predpisanem času.
Zaščitni vodniki morajo biti ozemljeni v pripadajoči transformatorski postaji in enakomerno razporejenimi razdaljami vzdolž NN omrežja zato, da v primeru okvare ostane potencial zaščitnega vodnika čim bliže potencialu zemlje.

Da se izpolni zahteva pod točko "c" mora biti izpolnjen naslednji pogoj:

$$Z_S \cdot I_a \leq U_0$$

kjer je:

Z_s -impedanca okvarne zanke (Ω), ki zajema energetski vir, fazni vodnik do mesta okvare in zaščitni vodnik med mestom okvare in energetskim virom
U_o -nazivna napetost proti zemlji (V)
I_a -izklopilni tok, ki zagotavlja delovanje zaščitne naprave za avtomatski izklop naprave v predpisanem času (A),
Najdaljši dovoljeni odklopni čas naprav za samodejni odklop v tokokrogih, ki napajajo vtičnice, ročne aparate razreda I ali aparate, ki se med uporabo premikajo ročno sme biti največ 0.4 sek pri nazivni napetosti 230 V.

Daljši odklopni čas, ki pa ne sme preseči 5 sek je dovoljen za:

- napajalne tokokroge
- končne tokokroge, ki napajajo samo neprenosno opremo, če so priključeni na razdelilnik na katerega niso priključeni tokokrogi za katere se zahteva odklopni čas 0.4sek
- končne tokokroge, ki napajajo samo neprenosno opremo, če so priključeni na razdelilnik na katerega so priključeni tokokrogi za katere se zahteva odklopni čas 0.4 sek s pogojem, da obstaja dodatna izenačitev potenciala na nivoju razdelilnika.

Dodatna izenačitev potenciala pa se ne zahteva, če je izpolnjen naslednji pogoj:

$$R_{PE} \leq \frac{50 \cdot Z_S}{U_0}$$

kjer pomenijo:

R_{PE} - upornost zaščitnega vodnika (Ω) med razdelilnikom in glavnim izenačevanjem potenciala
Z_s - impedanca okvarne zanke (Ω)
U_o - nazivna napetost proti zemlji (V)

V kolikor se zahtevani odklopni časi z uporabo nadtokovne zaščite ne morejo izpolniti, je potrebno izvesti dodatno izenačevanje potenciala ali diferenčno tokovno zaščito.

Po končani montaži je potrebno z meritvami preveriti učinkovitost zaščite proti električnemu udaru.