

TEHNIČNO POROČILO

1. SPLOŠNO

Sistem zaščite pred delovanjem strele je narejen za objekt Center kulture Španski borci, Ljubljana :

V načrtu je obdelan el.del naslednjih naprav na območju objekta :

- ozemljitve, izenačitve potenciala
- prenapetostna zaščita
- zaščita pred delovanjem strele

Načrt je izdelan na podlagi :

- arhitekture
- upoštevanja obstoječega stanja
- razgovorov z investitorjem

Načrt je narejen na podlagi Pravilnika o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v zgradbah (UL RS 41/2009), Pravilniku o zaščiti stavb pred delovanjem strele (UL RS 28/2009, Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (UL RS 52/2010) in pripadajočih Tehničnih smernicah : TSG-1-001:2010 (Požarna varnost v stavbah), TSG-N-002:2013 (Nizkonapetostne električne inštalacije), TSG-N-003:2013 (Zaščita pred delovanjem strele), TSG-1-004:2010 (Učinkovita raba energije).

Načrt je izdelan na podlagi Tehnične smernice TSG-N-002:2013 (Nizkonapetostne električne inštalacije) in ne na podlagi 8.člena Pravilnika o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v zgradbah (UL RS 41/2009).

Načrt je izdelan na podlagi Tehnične smernice TSG-N-003:2013 (Zaščita pred delovanjem strele) in ne na podlagi 11.člena Pravilnika o zahtevah za zaščito pred delovanjem strele (UL RS 28/2009).

Na podlagi Tehnične smernice TSG-N-003:2013 (Zaščita pred delovanjem strele), so bile uporabljene tri metode za vzpostavitev zaščite pred strelo :

- metoda zaščitnega kota
- metoda kotaleče krogle
- metoda mreže, ki se je uporabila na strehi objektov

Vsa vgrajena oprema in instalacijski material mora imeti ustrezen atest oz.certifikat. Pri izvedbi elektroinstalacij je treba paziti, da ne pride do poškodb na drugih sistemih in instalacijah. Če pa do poškodb le pride, jih mora izvajalec elektro del odpraviti na svoje stroške.

Pred pričetkom del mora izvajalec projekt detaljno pregledati in morebitne pripombe nemudoma posredovati projektantu.

Za vsako spremembo, dopolnilo in odstopanje od projektne dokumentacije mora pridobiti izvajalec pismeno soglasje projektanta ter soglasje investitorja in pooblaščenega nadzornega inženirja.

Po zaključku del mora izvajalec opraviti **meritve in podati naslednje izjave** :

- Izjava, da so elektroenergetske instalacije izvedene po veljavni projektni dokumentaciji in v skladu z veljavnimi predpisi, standardi in pravilniki
- Izjava o kontroli neprekinjenosti zaščitnega vodnika, glavnega in dodatnega vodnika za izenačitev potencialov
- Izjava o merjenju impedance okvarnih zank električnih tokokrogov

- Izjava o kontroli zaščite pred prevelikimi toki
- Izjava o merjenju izolacijske upornosti električne instalacije
- Izjava o merjenju upornosti ozemljila
- Izjava o merjenju upornosti galvanskih povezav glavne izenačitve potenciala in dodatne izenačitve potencialov
- Izjava o preverjanju s pregledom
- Merilni list v katerem so opisani njihovi rezultati meritev

Po zaključku del in uspešnem tehničnem pregledu mora izvajalec predati investitorju sledečo **tehnično dokumentacijo** :

- Projekt izvedenih del (PID)
- Vse potrebne listine, ateste, garancijske liste, certifikate za pripadajoče instalacije, opreme oz.sisteme
- Navodila za delovanje in vzdrževanje sistema zaščite pred delovanjem strele
- Garancijo za morebitna popravila in odpravo napak v času poskusnega obratovanja

2. ZAŠČITA PRED ELEKTRIČNIM UDAROM

Zaščito pred električnim udarom obravnava standard SIST HD 60364-4-41.

TN-S sistem

Sistem napajanja je TN-S. Zaščita pred neposrednim dotikom je izvedena z izoliranjem vodnikov in s postavitvijo elementov električne instalacije v ohišja.

Zaščita pred posrednim dotikom ob kratkem stiku med faznim vodnikom in zaščitnim vodnikom ali izpostavljenimi prevodnimi deli, povezanimi z zaščitnim vodnikom, je izvedena s samodejnim odklopom napajanja, ki izklopi okvarjeni del instalacije v predpisanem času. Ta čas je 5 sek oziroma 0.2-0.4 sek. Izvedena je z zaščitnimi napravami pred prevelikim tokom (varovalke, instalacijski odklopniki, zaščitna stikala itd.).

Uspešno delovanje zaščite je zagotovljeno s kratkostično zanko tako majhne impedance, da lahko ob okvari steče kratkostični tok, večji od toka pri katerem deluje zaščita v predpisanem času :

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_s} = \frac{U_0}{\sqrt{(R^2 + X^2)}}$$

kjer pomeni:

- I_a tok delovanja zaščite v predpisanem času (A)
 U_0 fazna napetost (V)
 Z_s impedanca celotne kratkostične zanke (Ω)
 R celotna ohmska upornost kratkostične zanke (Ω)
 X celotna reaktanca kratkostične zanke (Ω)

El.omare so s stopnjo zaščite IP 43 in je pri zaprtih vratih slučajen dotik z deli pod napetostjo nemogoč.

Najdaljši odklopni čas v omrežju TN za končne tokokroge, ki napajajo vtičnice ali prenosne ročne aparate I. razreda, ki se med uporabo premikajo ročno:

U₀ (V)	t (s)
od 50 do 120	0.8
od 121 do 230	0.4
od 231 do 400	0.2
nad 400, Ex	0.1

3. SISTEM NAPAJANJA IN IZENAČITVE POTENCIALA

V objektu je uporabljen TN-S sistem napajanja in ozemljitve električnega sistema. To pomeni:

- zaščitni vodnik PE poteka ločeno od nevtralnega vodnika N
- izpostavljeni prevodni deli so povezani z zaščitnim vodnikom

Glavna izenačitev potenciala

Za osnovno izenačitev potencialov v objektu je uporabljena glavna ozemljitvena zbiralnica, ki je nameščena v omari GIP. Nanjo je povezano naslednje :

- glavni zaščitni vodnik PE
- glavni ozemljitveni vodnik
- glavni vodnik za izenačevanje potenciala, ki povezuje glavne cevi vodovoda, plina, centralne kurjave, kanalizacije in druge kovinske elemente objekta
- strelovodne inštalacije

Glavni ozemljitveni vodnik povezuje glavno ozemljitveno zbiralnico z ozemljilom objekta, ki je izvedena kot skupna zaščitna, obratovalna in strelovodna ozemljitev.

Prerez glavnega vodnika za izenačitev potencialov ustreza določilom iz standarda SIST HD 384.5.54 :

- prerez ne sme biti manjši od polovice prereza največjega zaščitnega vodnika v instalaciji, vendar najmanj 6 mm²
- prerez je lahko omejen, če je vodnik bakren

prerez faznega vodnika (mm ²)	min. prerez zaščitnega vodnika (mm ²)	ozemljitveni sistem
$S \leq 10$ $S > 10$	S 10	Sistem IT z izklopom pri pojavu prve okvare
$S \leq 16$ $16 < S \leq 35$ $S > 35$	S 16 S/2	Ostali sistemi

Dopolnilna izenačitev potenciala

V vlažnih prostorih, strojnicah, je urejena dopolnilna izenačitev potencialov. V takih prostorih so IP omarice s Cu zbiralnico. Z zbiralnico so povezane vse kovinske mase v prostoru. Spoji s prirobnicami so premoščeni in galvansko povezani. Prerezi dodatnih vodnikov za izenačitev potenciala zadoščajo naslednjim zahtevam :

- če povezujejo dva prevodna dela ne smejo biti manjši od prereza najmanjšega zaščitnega vodnika vezanega na te prevodne dele,
- če vodnik povezuje prevodni del in nek tuj prevodni del ne sme biti njegov prerez manjši od polovice prereza zaščitnega vodnika vezanega na ta prevodni del.

Prerez dodatnega vodnika za izenačitev potencialov izpolnjuje določila po standardu SIST HD 384.5.54, SIST IEC 60364-7-701.

4. OZEMLJITEV IN SISTEM ZAŠČITE PRED STRELO (LPS)

Splošno

Objekt ima izvedeno strelovodno zaščito v skladu s Pravilnikom o zaščiti stavb pred delovanjem strele UL RS 28/2009, Tehnične smernice TSG-N-003:2013 in SIST EN 62305.

Izbira primerne zaščite pred delovanjem strele temelji na izbiri zaščitnega nivoja. Za vsak zaščitni nivo so definirani največji in najmanjši parametri toka strele, prikazani v tabeli 1, Tehnične smernice TSG-N-003:2013, oziroma tabeli 5 v SIST EN 62305-1.

Vzroki poškodb, vrste poškodb in vrste izgub glede na točko udara strele so prikazani v tabeli 2, Tehnične smernice TSG-N-003:2013.

S pomočjo programa SIRAC (Simplified IEC Risk Assessment Calculator), ki je priloga k SIST EN 62305-2:2006 je izračunan skupni riziko, ki mora biti manjši od dopustenga (tolerančnega) RT. Pri tem so upoštevani vsi tehnični in ekonomski učinki različnih zaščitnih ukrepov po standardu SIST EN 62305-2. Pri izračunu je upoštevana največja gostota strel, podana v prilogi 2, Pravilnika o zaščiti stavb pred delovanjem strele.

Za zaščito pred udarom strele je na podlagi izračuna rizika in podatkov iz Tehnične smernice TSG-N-003:2013, uporabljen **neizoliran sistem zaščitnega nivoja IV**.

Strelovodna instalacija je narejena le z elementi, predvidenimi po veljavnih predpisih. Ozemljitveni vodniki se polagajo v čim bolj ravni linijah tako, da se izognejo ostrim zavojem ter nepotrebnim prekinitev. Največja dopustna sprememba smeri je 90°, krivinski radij pa 20 cm.

Stiki so izvedeni s trajnim spojem, z vijačenjem z vijaki M10. Vsa instalacija je dobro zaščitena pred korozijo, posebno pa še stiki in uvodi v zemljo. Križanja z električnimi kablji so izvedena pod pravim kotom in kabel do ozemljila je uvlečen v plastično cev 3 m levo in desno od mesta križanja. Betonska armatura objekta je na večjih mestih povezana z ozemljitvijo.

Po končani montaži strelovodne naprave se izvršijo meritve. Če vgrajena ozemljitev ni zadovoljiva, je potrebno zakopati dodatno ozemljitev v obliki krakov na mestih, kjer so priključeni odvodi na ozemljilo. Pregled strelovodne naprave se izvrši :

- po končani montaži strelovodne naprave
- po vsakem udaru strele v napeljavo ali objekt
- enkrat letno pri kritičnih objektih
- enkrat letno pri objektih s potencialno eksplozivno atmosfera, vizualni pa vsakih 6 mesecev
- vsaki 2 leti pri zaščitnih nivojih I in II
- vsaka 4 leta pri zaščitnih nivojih III in IV

O vsakem pregledu je potrebno sestaviti zapisnik in vanj vpisati vrednosti, ki so bile ugotovljene z meritvami. Iz njega mora biti razvidno ali je strelovodna naprava brezhibna in kakšna morebitna popravila so na njej potrebna.

Izvedba strelovodne instalacije

Strelovodna instalacija je izvedena tako, da tvori zaprto kletko okrog varovanega objekta. To kletko sestavljajo :

- lovilci, odvodi
- merilni in vezni stiki
- zemljevodni, ozemljilo

Lovilci

Za lovilne vodnike strelovodne inštalacije je uporabljen vodnik Φ 8 mm.

Zaščita kovinskih ohišij strojnih in ostalih naprav na strehi, je izvedena s postavitvijo zavihkov in lovilnih strelovodnih palic ob napravah.

Odvodi

Odvodi povezujejo lovilce z merilnimi sponkami. Izbrani so po tabeli glede na uporabljeni material. Odvodi so nameščeni po obodu fasade, v razdalji, ki jo določa zaščitni nivo. Kot pomožni odvodi lahko služijo odtočne cevi meteorne vode. Odvodi potekajo od strehe do tal v betonu pod fasado. Z odvodi so povezane kovinske mase na fasadi, na pr. : kovinski okvirji oken, kovinske obloge, cevovodi itd.

Merilni stiki

Merilni stiki služijo za kontrolo ozemljitve in povezavo med odvodom in zemljevodom. Vse kovinske mase na fasadi so priključene na strelovodno instalacijo nad merilnimi stiki.

Zemljevodi

Zemljevodi povezujejo merilne stike z ozemljitvijo. Izbrani so po tabeli glede na uporabljeni material.

Ozemljilo

Ozemljitev je izvedena z ozemljitvenim vodnikom, položenim v beton v temeljih.

Z ozemljitvijo so povezane vse kovinske mase v zemlji kot so cevovodi itd., ki so od ozemljitve oddaljeni manj kot 3 m. Prav tako so z ozemljitvijo povezane vse ozemljitve sosednjih objektov.

Določitev strelovodnih in ozemljilnih vodnikov

Materiali, oblike in minimalni preseki strelovodnih vodnikov lovilne mreže in odvodov so podani v Tehnični smernici TSG-N-003:2013, tabela 10.

Materiali, oblike in minimalne mere ozemljilnih vodnikov so podani v Tehnični smernici TSG-N-003:2013, tabela 11.

Izračun ozemljila

Določi se na podlagi standarda SIST HD 384.5.54 in Tehnične smernice TSG-N-003:2013.

Ponikalna upornost tračnega ozemljila R_t

$$R_t = (1/2 \cdot \pi) \cdot (\rho/l) \cdot \ln(l^2/H \cdot dt) = 0.159 \cdot (\rho/l) \cdot \ln(l^2/H \cdot dt) \quad (\Omega)$$

oz. poenostavljeno

$$R_t = 2 \cdot (\rho/l) \quad (\Omega)$$

Po standardu SIST HD 384.5.54, tabela 6.09, so specifične upornosti tal

vrsta tal	ρ (Ω m)
močvirnata tla	do 30
naplavina	20 do 100
humus	10 do 150
vlažna šota	5 do 100
mehka ilovica	50
lapor in gosta ilovica	100 do 200
jurski lapor	30 do 40
ilovnat prod	50 do 500
kremenčev pesek	200 do 3000
kamena gruda	1500 do 3000
kamena gruda, pokrita s trato	300 do 500
drobljiv, krhek apnenec	100 do 300
kompaktni apnenec	1000 do 5000
drobljeni apnenec	500 do 1000
škrljavec	50 do 300
sljudin škrljavec	800
granit in peščenjak	1500 do 10000
granit in zelo spreminjajoč se peščenjak	100 do 600
beton 1/3 (cement/pesek)	150
beton 1/5 (cement/pesek)	400
beton 1/7 (cement/pesek)	500

k korekcijski faktor za izračun udarne vrednosti ponikalne upornosti ozemljila

dolžina ozemljila l (m)	specifična upornost zemlje ρ (Ω)				
	50	100	150	200	≥ 250
do 20	2.0	1.0	*	*	*
20 do 30	3.0	1.5	1.0	*	*
30 do 40	4.0	2.0	1.3	1.0	*
40 do 50	5.0	2.5	1.7	1.3	1.0

* dolžina ne zadošča

Udarne ponikalna upornost ozemljila

Pri izračunu udarne ponikalne upornosti ozemljila upoštevamo le delovno dolžino ozemljila, ki znaša največ 20 m, odvisno od specifične ohmske upornosti zemlje.

$$R_u = k \cdot R_{sk} \quad (\Omega)$$

kjer pomenijo :

R_t ponikalna upornost tračnega ozemljila (Ω)

R_{sk} skupna ponikalna upornost ozemljila (Ω)

ρ specifična ohmska upornost zemlje (Ω m)

l dolžina tračnega ozemljila (m)

H globina vkopa (m)

d_t premer vodnika (m) pri čemer je $d = 1/2$ širine traku

r_k redukcijski faktor zaradi vpliva kablovskega omrežja

r_c civilizacijski faktor zaradi doprinosa kovinskih instalacij v naseljenih področjih

R_{sk} skupna ponikalna ozemljitvena upornost z upoštevanjem redukcijskega faktorja (Ω)

k korekcijski faktor iz tabele

Ponikalna upornost obroča Rt1 (Ω) je podana v spodnji tabeli v odvisnosti od ρ (Ωm) in l_t (m)

$$H = 0.5 \text{ m}$$

	l_t (m)								
ρ (Ωm)	100 m	150 m	200 m	250 m	300 m	350 m	400 m	500 m	600 m
200	4.5	3.1	2.5	2.1	1.7	1.5	1.4	1.1	1.0
250	5.6	3.9	3.1	2.6	2.1	1.9	1.7	1.4	1.2
300	6.8	4.7	3.8	3.1	2.6	2.3	2.1	1.7	1.5
350	7.9	5.5	4.4	3.6	3.0	2.7	2.4	2.0	1.7
400	9.0	6.3	5.0	4.1	3.4	3.1	2.7	2.3	1.9
450	10.2	7.1	5.7	4.6	3.9	3.5	3.1	2.6	2.2
500	11.3	7.9	6.3	5.1	4.3	3.9	3.4	2.9	2.4
1000	22.6	15.7	12.6	10.3	8.6	7.7	6.9	5.7	4.9
3000	67.7	47.1	37.7	30.9	25.7	23.1	20.6	17.1	14.6

$$H = 0.8 \text{ m}$$

	l_t (m)								
ρ (Ωm)	100 m	150 m	200 m	250 m	300 m	350 m	400 m	500 m	600 m
200	4.3	3.0	2.4	2.0	1.7	1.5	1.3	1.1	0.9
250	5.4	3.8	3.0	2.5	2.1	1.9	1.6	1.4	1.1
300	6.5	4.5	3.6	3.0	2.5	2.2	2.0	1.6	1.4
350	7.6	5.3	4.2	3.5	2.9	2.6	2.3	1.9	1.6
400	8.7	6.1	4.8	4.0	3.3	3.0	2.6	2.2	1.8
450	9.8	6.8	5.4	4.5	3.7	3.3	3.0	2.4	2.1
500	10.8	7.6	6.0	5.0	4.1	3.7	3.3	2.7	2.3
1000	21.7	15.1	12.0	10.0	8.3	7.4	6.6	5.4	4.6
3000	65.1	45.4	36.0	30.0	24.9	22.3	19.7	16.3	13.7

$$H = 1.0 \text{ m}$$

	l_t (m)								
ρ (Ωm)	100 m	150 m	200 m	250 m	300 m	350 m	400 m	500 m	600 m
200	4.3	3.0	2.3	1.9	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8
250	5.4	3.7	2.9	2.4	2.0	1.8	1.5	1.3	1.0
300	6.4	4.5	3.5	2.9	2.4	2.1	1.9	1.5	1.3
350	7.5	5.2	4.1	3.4	2.9	2.5	2.2	1.8	1.5
400	8.6	5.9	4.7	3.9	3.3	2.9	2.5	2.1	1.7
450	9.6	6.7	5.3	4.4	3.7	3.2	2.8	2.3	1.9
500	10.7	7.4	5.9	4.9	4.1	3.6	3.1	2.6	2.1
1000	21.4	14.9	11.7	9.7	8.3	7.1	6.3	5.1	4.3
3000	64.3	44.6	35.1	29.1	24.9	21.4	18.9	15.4	12.9

Izračun temeljskega ozemljila

Pri izračunu ponikalne upornosti temeljskega ozemljila upoštevamo standard SIST HD 384.5.54., s celotno dolžino ozemljila

$$R_{pt} = \rho / (\pi \cdot D) \quad (\Omega)$$

$$D = 1.57 \cdot (\sqrt{V})$$

kjer pomenijo :

R_{pt} ponikalna upornost temeljskega ozemljila (Ω)

ρ specifična ohmska upornost zemlje ($\Omega \text{ m}$)

V volumen temeljev (m^3)

D računski premer ozemljila (m)

Določitev koeficienta $D = f(V)$ (preseki temeljev $S=0.5 \text{ m}^2$)

velikost objekta	obseg (m)	V (m ³)	D (m)
20x10 m	60	30	8.6
50x30 m	160	80	14.0
80x40 m	240	120	17.2
100x50 m	300	150	19.2
150x70 m	440	240	24.3
200x100 m	600	300	27.2
		500	35.1
		1000	49.6
		2000	70.2
		3000	86.0
		5000	111.0

Ponikalna upornost temeljskega ozemljila R_{pt} (Ω) je podana v spodnji tabeli v odvisnosti od ρ ($\Omega \text{ m}$) in V (m^3)

	V (m ³)										
$\rho(\Omega \text{ m})$	30	80	120	150	240	300	500	1000	2000	3000	5000
200	7.4	4.5	3.7	3.3	2.6	2.3	1.8	1.3	0.9	0.7	0.6
250	9.3	5.7	4.6	4.1	3.3	2.9	2.3	1.6	1.1	0.9	0.7
300	11.1	6.8	5.6	5.0	3.9	3.5	2.7	1.9	1.4	1.1	0.9
350	13.0	7.9	6.5	5.8	4.6	4.1	3.2	2.2	1.6	1.3	1.0
400	14.8	9.1	7.4	6.6	5.2	4.7	3.6	2.6	1.8	1.5	1.1
450	16.7	10.2	8.3	7.5	5.9	5.3	4.1	2.9	2.0	1.7	1.3
500	18.5	11.3	9.3	8.3	6.5	5.9	4.5	3.2	2.3	1.9	1.4
1000	37.0	22.7	18.5	16.6	13.1	11.7	9.1	6.4	4.5	3.7	2.9
3000	111.1	68.0	55.6	49.7	39.3	35.1	27.2	19.2	13.6	11.1	8.6

Ločilna razdalja med kovinskimi deli in LPS

Električna izolacija med lovilno mrežo, odvodi in kovinskimi deli, se lahko v danih primerih doseže z vzpostavitvijo ločilne razdalje med kovinskimi deli v objektu in sistemom LPS. Ločilna razdalja mora biti večja kot varnostna razdalja **s**. Določi se po Tehnični smernici TSG-N-002:2009.

$$S = k_i \cdot (k_c / km) \cdot l = k \cdot l \quad (m)$$

kjer pomeni :

- k_i koeficient odvisen od izbrane vrste LPS (tabela 14)
 k_c koeficient odvisen od toka strele, ki teče po odvodu (tabela 15)
 km koeficient odvisen od električnega izolacijskega materiala (tabela 16)
 l vertikalna razdalja kovinske mase od ozemljila (m)

tabela : varnostna razdalja $S = f(k, l)$

vrsta LPS	l (m)	zrak			beton, opeka		
		število odvodov			število odvodov		
		1	2	4 ali več	1	2	4 ali več
I	5	0.4	0.2	0.1	0.8	0.4	0.2
	10	0.8	0.4	0.2	1.6	0.8	0.4
	15	1.2	0.6	0.3	2.4	1.2	0.6
	20	1.6	0.8	0.4	3.2	1.6	0.8
	25	2.0	1.0	0.5	4.0	2.0	1.0
	30	2.4	1.2	0.6	4.8	2.4	1.2
II	5	0.3	0.15	0.075	0.6	0.3	0.15
	10	0.6	0.3	0.15	1.2	0.6	0.3
	15	0.9	0.45	0.23	1.8	0.9	0.45
	20	1.2	0.6	0.3	2.4	1.2	0.6
	25	1.5	0.75	0.38	3.0	1.5	0.75
	30	1.8	0.9	0.45	3.6	1.8	0.9
III in IV	5	0.2	0.1	0.05	0.4	0.2	0.1
	10	0.4	0.2	0.1	0.8	0.4	0.2
	15	0.6	0.3	0.15	1.2	0.6	0.3
	20	0.8	0.4	0.2	1.6	0.8	0.4
	25	1.0	0.5	0.25	2.0	1.0	0.5
	30	1.2	0.6	0.3	2.4	1.2	0.6

V danem primeru je :

vrsta LPS : IV
l (m) : 20
s (m) : > 0.4

Vse kovinske mase v objektu, ki so oddaljene od strelovodne instalacije za razdaljo **s** ali manj, je potrebno povezati z njo.

SKUPNA PONIKALNA UPORNOST

Skupna ponikalna upornost ozemljil in temeljskega ozemljila je

$$R_{sk} = \frac{R_t * R_{pt}}{R_t + R_{pt}} * (r_k * r_c) \quad (\Omega)$$

$$R_{sk} \leq 10 \Omega$$

Zaradi odvodnikov prenapetosti je pogoj, da je skupna ponikalna upornost manjša od 10 (Ω). Pogoj za strelovono instalacijo je udarna ponikalna upornost manjša od 10 (Ω). Kadar je specifična upornost tal večja od 250 (Ω), mora biti $R_u < 0.08 * \rho$.

OZEMLJITEV : temeljsko ozemljilo

$$\begin{aligned}\rho &= 350 \Omega m \\ r &= 0.42 \\ r_k &= 0.7 \\ r_c &= 0.6 \\ d_t &= 0.0125 m \\ H_1 &= 0.5 m\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V &= 156 m^3 && \text{temeljsko ozemljilo} \\ D &= 19.2 m \\ R_{pt} &= 5.8 \Omega\end{aligned}$$

$$R_{sk} = 5.8 \Omega \quad \text{temeljsko ozemljilo}$$

$$R_{sk} = 5.8 \Omega \leq R_p = 10 \Omega \quad \text{ozemljitev zadovoljuje !}$$

Kontrola strelovoda

$$R_{sku} = 5.8 \Omega < 10 \Omega$$

Določitev višine zavihkov (lovilnih palic)

Pri metodi s kotalečo kroglo, se virtualna krogla ne sme dotakniti ščitenega elementa na strehi. Virtualna krogla nasede na zavihke (lovilne palice) in se ne more poglobiti do ščitenega dela strehe. Tabela je narejena za parametre določene z zaščitnim nivojem (I, II, III, IV) in glede na nagib strehe. Pri izračunu uporabimo formule za krogelni odsek.

$$a = \sqrt{h \cdot (2R - h)} \quad (\text{m})$$

h ... višina zavihka (lovilne palice) (m)

2a... razdalja med zavihki (m)

d..... diagonala med zavihki (m)

α kot nagiba strehe ($^{\circ}$)

Na diagonali d se virtualna krogla najbolj poglobi, zato za izračun zavihka (lovilne palice) uporabimo namesto razdalje 2.a, razdaljo d.

zašč.nivo	R (m)	2.a (m)	d (m)
I	20	5x5	7.1
II	30	10x10	14.1
III	45	15x15	21.2
IV	60	20x20	28.3

Ravna streha, $\alpha = 0^{\circ}$, $\cos \alpha = 1$

	R=60 (m)		R=45 (m)		R = 30 (m)		R = 20 (m)	
h (m)	2.a (m)	d (m)	2.a (m)	d (m)	2.a (m)	d (m)	2.a (m)	d (m)
0.1	7.9	11.2	6.0	8.5	4.9	6.9	4.0	5.7
0.2	9.8	13.6	8.5	12.0	6.9	9.8	5.6	
0.3	12.0	17.0	10.4	14.7	8.5	12.0	6.9	
0.4	13.8	19.5	12.0	17.0	9.8	13.9	8.0	
0.5	15.5	21.9	13.4	19.0	10.9	15.4	8.9	
0.6	16.9	23.9	14.6	20.6	11.9		9.7	
0.7	18.3	25.9	15.8	22.3	12.9		10.5	
0.8	19.5	27.6	16.9		13.8		11.2	
0.9	20.7	29.3	17.9		14.6		11.9	
1.0			18.9		15.4			
1.1			20.6					
1.2			22.3					
1.3								
1.4								
1.5								
1.6								
1.7								

Poševna streha, $\alpha = 30^\circ$, $\cos \alpha = 0.866$

	R=60 (m)		R=45 (m)		R = 30 (m)		R = 20 (m)	
h (m)	2.a (m)	d (m)	2.a (m)	d (m)	2.a (m)	d (m)	2.a (m)	d (m)
0.12	7.4	10.4	6.4	9.1	5.3	7.4	4.3	6.1
0.23	10.5	14.9	9.1	12.9	7.4	10.5	6.1	
0.35	12.9	18.2	11.1	15.8	9.1			
0.46	14.9	21.0	12.8		10.5			
0.58	16.6		14.4					
0.69	18.2		15.7					
0.81								
0.92								
1.04								

5. PRENAPETOSTNA ZAŠČITA

SPLOŠNO

Informacijske mreže, merilni, regulacijski in upravljalni sistemi so v industriji in gospodarstvu zelo razširjeni. Zaradi velike odvisnosti od teh sistemov, so postavljene tudi zelo visoke zahteve po zanesljivem obratovanju le-teh. Največkrat so vzroki okvar prenapetostni pojavi, povzročeni pri atmosferskih praznitvah ali povzročeni kot posledica dogajanj v elektroenergetskem omrežju (kratki stiki, ovojni stiki, stikalni manevri). Prenapetosti pa so lahko pojavijo tudi zaradi statične elektrine.

Atmosferske praznitve imajo lahko kvarni vpliv na obravnavane sisteme tudi pri oddaljenosti do 1 km od mesta praznjenja. To so inducirane prenapetosti. Razlog za tako veliko področje nevarnega vpliva je v veliki občutljivosti in v veliki razprostranjenosti obravnavanih sistemov.

Stroški okvar, ki so posledica navedenega, so mnogokrat večji od stroškov, ki so posledica okvar na hardwareu sistemov.

ZAŠČITNI UKREPI

V sistem so vgrajene zaščitne naprave, ki ščitijo pred direktnimi atmosferskimi prenapetostmi in notranjimi prenapetostmi. Zaščita pred notranjimi prenapetostmi se v osnovi izvede na zbiralnici za izenačitev potenciala v omari GIP v objektu.

Tako so z zbiralnico za izenačitev potenciala povezane vse kovinske instalacije, ki so uvedene v objekt, kot tudi kovinski plašči energetskih in informacijskih kablov in strelovodna ozemljitev. Vodniki vodov pod napetostjo so z zbiralnico povezani preko prenapetostnih odvodnikov ali preko zaščitnih iskrišč.

Kovinske instalacije, ki so uvedene v objekt in so povezane z zbiralko za izenačitev potenciala so :

- zaščitna ozemljitev
- strelovodna ozemljitev
- kovinski oklopljeni vodi
- telefonski vod
- telefonsko ozemljilo
- energetski kabli
- vodovodne cevi
- cevi centralnega ogrevanja
- plinovod
- cevi sistema za gašenje požara
- kovinske mase in vodila dvigala
- kovinske mase prezračevalnih in klimatskih naprav

Kljub izvedeni tako imenovani zunanji zaščiti, t.j. strelovodni instalaciji in izvedeni izenačitvi potenciala, lahko nastanejo na napravah, ki so priključene na različne mreže (npr. : računalniki so priključeni na mrežno napajanje in informacijski vod), inducirane napetosti. Te napetosti se inducirajo zaradi zanke, ki jo ta dva voda povzročata. V takih primerih je zaščitna naprava priključena direktno na ščiteno napravo.

NAPRAVE ZA ZAŠČITO PRED PRENAPETOSTJO

Glede na mesto vgradnje so prenapetostne zaščitne naprave razdeljene na :

- naprave za energetska postrojenja in naprave
- naprave za informacijska postrojenja in naprave
- naprave za energetska in informacijska postrojenja in naprave
- zaščitna iskrišča

PRENAPETOSTNI ODVODNIKI

Glede na mesto vgradnje delimo prenapetostne odvodnike na :

- odvodnike za vgradnjo na mestu vstopa energetskih kablov v objekt; povezani so z zbiralnico za izenačitev potenciala
- odvodnike za vgradnjo v fiksni instalaciji v objektu
- odvodnike za vgradnjo v vtičnicah
- odvodnike za vgradnjo v napravah

Karakteristike odvodnika so :

- maksimalna dopustna delovna napetost
- nazivni odvodni tok
- zaščitni nivo odvodnika

Odvodniki se izbirajo v odvisnosti od namena zaščite, torej zaščita pred direktnimi atmosferskimi prenapetostmi, zaščita pred induktivnimi prenapetostmi, statičnimi prenapetostmi, zaščita pred prenapetostmi povzročenimi znotraj energetskega omrežja in pa mesta uporabe.

Zaščitne cone

Zaščitni sistem pred prenapetostmi je predviden v okviru koncepta zaščitnih con pred delovanjem strele v skladu z IEC1312-1 v območju energetskih postrojev in naprav. V območju stalnih inštalacij v objektu so določeni odvodniki prenapetosti razreda B, C in D, ki so porazdeljeni ustrezno zahtevam ter napetostnim in tokovnim obremenitvam na mestu vgradnje.

Odvodniki prenapetosti razreda B se uporabljajo v zaščitni coni 1. S svojim delovanjem preprečijo vdor destruktivnih delnih tokov strele v elektro inštalacije. Namestijo se na meji med zaščitno cono 0 in 1.

Odvodniki prenapetosti razreda C so postavljeni v zaščitni coni 2. Ti ščitijo opremo pred prenapetostmi, ki nastopijo med aktivnimi vodniki faz L1, L2, L3 napram potencialu ozemljila. Prenapetostni odvodniki se namestijo med zaščitno cono 1 in 2.

Odvodniki prenapetosti razreda D se uporabljajo v zaščitni coni 3. Pred prenapetostmi ščitijo končne porabnike v elektro inštalacijah. Prenapetosti nastopijo v glavnem pri preklapljalni naprav. Vgradijo se na meji med zaščitno cono 2 in 3, v sami napravi.

Lokacija naprav za zaščito pred prenapetostjo

V elektro omarah, ki se napajajo iz elektro omar lastne rabe in so v zaščitni coni 2, se uporabijo prenapetostni odvodniki razreda C (15/30 kA).

Zadnji člen v zaščitnem sistemu je zaščita končne opreme. Ta se nahaja v zaščitni coni 3. Tam so uporabljeni prenapetostni odvodniki razreda D (3/6 kA).

Ločilna razdalja med kovinskimi deli in LPS

Električna izolacija med lovilno mrežo, odvodi in kovinskimi deli, se lahko v danih primerih doseže z vzpostavitvijo ločilne razdalje med kovinskimi deli v objektu in sistemom LPS. Ločilna razdalja mora biti večja kot varnostna razdalja s . Določi se po Tehnični smernici TSG-N-002:2009.

Približevanje instalacij sistemom zaščite pred delovanjem strele je obdelano v poglavju ozemljitev in sistem zaščite pred strelo (LPS)

ODPORNOST NAPRAV NA PRENAPETOSTI

Prikaz napetostni nivojev ki ne smejo biti prekoračeni :

Vezje	napetostna občutljivost (V)
VMOS	30-1800
MOS FET	100-200
Ga-As-FET	100-300
EPROM	100
JFET	140-7000
OP-AMP	190-2500
CMOS	250-3000
SCHOTTKY diode	300-2500
SVETLOBNI UPORI	300-3000
BI POLARNI TRANZ.	380-7000
SRC	680-1000

Potrebna energija uničenja

Komponenta	energija uničenja (J)
CMOS	10^{-6}
VF tranzistorji	10^{-5}
Preklopne diode, tranzistorji	10^{-4}
Signalne diode, usmerniki	10^{-3}
Z-diode	10^{-2}
Posebni usmerniki, Zener diode	10^0
Releji (toplenje kontakotv)	10^1
Močnostni tranzistorji	10^1
Močnostne diode	10^2