

Plokščiųjų stogų apsauga

PRAMONĖS IR ADMINISTRACINIŲ PASTATŲ PLOKŠČIŲJŲ STOGŲ IR ANTSTATŲ APSAUGOS NUO ŽAIBO ĮRENGIMO YPATUMAI

Pramoninių ir administracinių pastatų stogai pastaruoju metu vis dažniau tampa sudėtinga inžinerine sistema. Ant stogų didėja elektros pavaromis ir automatika valdomų įrenginių, įvairios funkcinės paskirties įrenginių, įtaisų ir prietaisų. Tokių objektų pagrindinis taisyklingos ir efektyviai dirbančios žaibosaugos kriterijus – išvengti žaibo srovės impulsų patekimo į pastato vidų pavojaus ir užtikrinti pastate esančių elektros ir elektronikos įrenginių normalų darbą ir žmonių saugą perkūnijos metu. Be to, žaibosaugos įrenginiai turi būti estetiški ir derėti prie objektų, pastatytų iš įvairių medžiagų.

Šiame straipsnyje aprašomi bendrieji žaibo priėmiklių ant plokščiųjų stogų įrengimo principai ir pateikiami pavyzdžiai, kaip apsaugoti įvairios paskirties antstatus.

Bendrieji žaibo priėmiklių ant plokščiųjų stogų įrengimo principai

Tiesioginis žaibo smūgis į stogo paviršių gali sugadinti:

- patį antstatą ir jo viduje esančius elektros ir elektronikos įrenginius;
- statinio vidaus įrenginius.

Ant plokščiųjų stogų įrengta žaibosauga turi maksimaliai sumažinti žaibo išlydžio terminį, mechaninį (griaunamąjį) ir elektrinį poveikius, pašalinti kibirkščiavimo



tarp elektrai laidžių elementų atsiradimo galimybę, užtikrinti elektrosaugos sąlygas tiek pastato viduje, tiek išorėje, pašalinti pavojingo potencialų skirtumo tarp elektrai laidžių elementų ant stogo ir objekto viduje susidarymo galimybę, užtikrinti elektros ir informacinių technologinių įrenginių apsaugą nuo elektromagnetinio žaibo poveikio. Dalį pateiktų reikalavimų galima įvykdyti ant statinio stogo esantiems įrenginiams sukuriant reikalingas apsaugos zonas, t. y. įrengiant horizontalių ir vertikalinių žaibo priėmiklių sistemas. Gerai ir tinkamai įrengta išorinė apsauga nuo žaibo smūgio sumažina vidinės apsaugos nuo žaibo priemonių kiekį. Tačiau tai nereiškia, kad objekte galima ignoruoti vidinės žaibosaugos klausimus.

Plokščiųjų paviršių be antstatų apsau-

gai naudojami žemi horizontalieji žaibo priėmikliai, kurie sudaro tinklą ant statinio stogo. Tinklo akies dydžio priklausomybė nuo apsaugos klasės nurodyta 1 lentelėje.

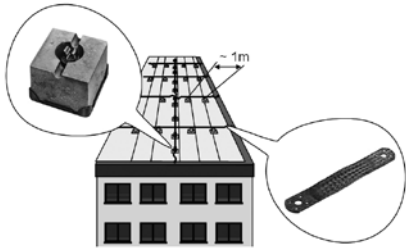
Sudarant žaibo priėmiklių tinklą, jo sujungimui naudojami įvairios paskirties elementai, pati priėmiklių vieta tvirtinama ant stogų specialiuose laikikliuose. Priklausomai nuo stogo medžiagos, naudojami įvairių konstrukcijų laikikliai.

Toks žaibo priėmiklio įrengimas yra pakankamai geras, nes tinklas nėra paslėptas kažkur po nedegiu termoizoliacijos arba hidroizoliacijos sluoksniu, jis matomas ir jį galima vizualiai kontroliuoti, be to, esant tiesioginiam žaibo smūgiui, nėra pavojaus, kad pradegs stogo dangą. Šiuolaikinių medžiagų ir komplektuoja-

1 lentelė. Horizontalių žaibo priėmiklių tinklo skyrelių dydis

Apsaugos klasė	Žaibo priėmiklio tinklo akies matmenys, m	Mažiausi žaibo priėmiklių laidžių elementų skerspjūviai
IV	20x20	cinkuotas plienas – 50 kv. mm
III	15x15	aliuminis – 70 kv. mm
II	10x10	varis – 50 kv. mm
I	5x5	

mųjų detalių naudojimas leidžia išsaugoti architektūrinį pastatų pavidalą, nekeisti jų estetikos. Keblumų susidaro valant sniegą arba ledą. Galimo žaibo priėmiklių tinklo ant plokščiojo stogo įrengimo pavyzdys pateiktas 1 paveiksle.

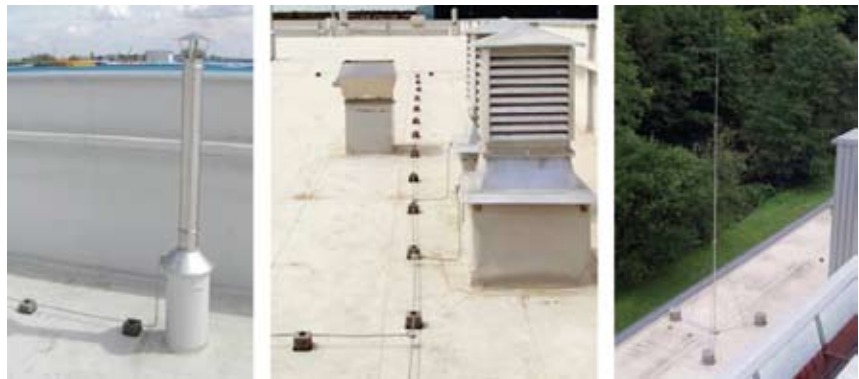


1 pav. Tinklo žaibo priėmiklio konstrukcija

Išsikišantys virš stogo elementai, pvz., vamzdžiai su nesprogiais arba nedegiais mišiniais, įvairios paskirties grotos, dūmtraukiai, architektūros bokštai, ventiliacijos angos, vėtrungės, reklaminiai skydai, antenų laikikliai ir pan., jeigu jie pagaminti iš metalo, turėtų būti naudojami kaip žaibo priėmiklio elementai arba kaip kitų elementų jungiamieji laidininkai su žaibo priėmikliais ant stogo, o išsikišantys nemetaliniai elementai turėtų būti papildomai apsaugoti nuo žaibo vertikaliųjų priėmiklių (2 pav.).

Nereikalaujama, kad į žaibo priėmikliais apsaugotą erdvę patektų šie antstato elementai:

- metaliniai antstatai, ne aukštesni kaip 1 m ir užimantys 1 kv. m bendro ploto;
- nelaidūs elektros srovei antstato elementai, išskylantys ne daugiau kaip 1 m virš žaibo priėmiklių sukurto saugos paviršiaus.



2 pav. Žaibo priėmikliai

Kondicionavimo, ventiliacijos, fotogalvaniniai, elektros ir informaciniai įrenginiai bei sistemos paprastai turi elektros srovei laidžias jungtis pastato vidinėje erdmėje ir neturi jungčių su žaibo priėmikliais. Žaibo išlydžio pavojus tarp tokio antstato ir jį saugančio vertikalojo žaibo priėmiklio, jei įmanoma, šalinamas didinant atstumą tarp jų. Šis atstumas vadinamas skiriamuoju atstumu. Metalinių elementų tiesioginis sąlytis leidžiamas tik tada, kai įsitikinama, kad tarp šių elementų ir elektros armatūros arba įžemintų pastato dalių nėra srovei laidžių jungčių.

Esančių ant plokščiųjų objektų stogų įrenginių apsaugos principų apibendrinimas pateiktas 2 lentelėje.

Apsauga nuo tiesioginio žaibo smūgio rekomenduojama elektronika valdomų dujomis arba mazutu kūrenamų katilų kaminams. Apsauga realizuojama vienu vertikaliuoju arba keliais vertikaliaisiais žaibo priėmikliais, kurie turi būti išdėstyti tokiu atstumu, kad neleistų atsirasti kibirkštiniam išlydžiui (3 lentelė).

Žaibosaugos nuo tiesioginio žaibo smūgio srovės poveikio sistema turi apimti ir objektus, išdėstytus ant statinio sienų.

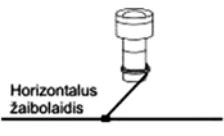
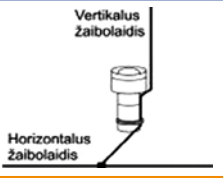
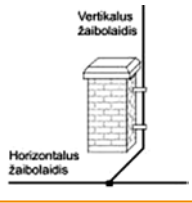
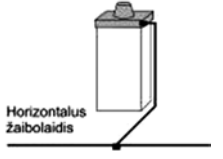
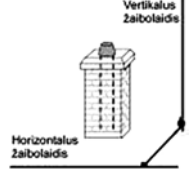
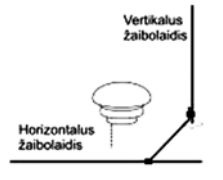
Žaibo priėmiklių saugos zonos, skiriamieji atstumai, įrengimo pavyzdžiai

Kelių metrų aukščio pavienio žaibo priėmiklio arba priėmiklių sistemos naudojimas yra vienas iš dažniausių sprendimų nedidelių antstatų ir įrenginių ant plokščiųjų objektų stogų apsaugai. Apsaugos sistema yra paprasta ir lengvai įgyvendinama. Tipinis vertikalusis žaibo priėmiklis būna nuo 1 m iki 3 m aukščio ir padarytas iš 10–16 mm skersmens metalinio strypo, pritvirtinto prie betoninės atramos. Strypas sujungiamas su artimiausiu žaibosaugos instaliacijos įrenginio elementu. Žaibo priėmiklis apibūdinamas jo apsaugos zona, t. y. erdve aplink žaibo priėmiklį, į kurią pataikyti žaibas turi minimalią tikimybę. Vieno vertikalojo žaibo priėmiklio apsaugos zona turi kūgio formą, apibūdinamą apsaugos kampų α (3 pav.). Aukštis h skai-

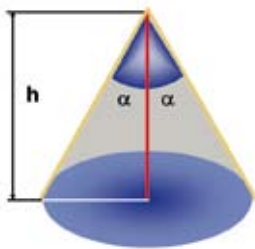
2 lentelė. Žaibosaugos įrenginių sistemos išdėstymas ant objekto stogo [4]

Aprašymas	Bendras vaizdas
Antstatų metaliniai korpusai sujungti su žaibosaugos įrenginio elementais. Sprendimas rekomenduojamas nedideliems įrenginiams, antstatams, nesujungtiems su objekto vidaus instaliacijomis, kai srovė nepatenka į objektą arba yra nepavojinga. Jeigu būtina apsauga nuo tiesioginio žaibo smūgio, reikia naudoti, pvz., vertikaliuosius žaibo priėmiklius.	
Įrenginiui prijungta objekto vidaus instaliacija. Negalima leisti, kad žaibo srovė patektų į įrenginį, paskui į objekto vidų. Apsaugą užtikrina žaibo priėmiklių sistema ir įrenginių išdėstymas jų apsaugos zonoje.	

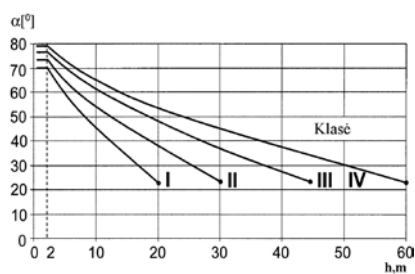
3 lentelė. Įvairių tipų kaminų apsauga nuo žaibo

Aprašymas	Bendras vaizdas
Apsauga naudojama tuo atveju, kai yra leistinas žaibo srovės patekimas į kaminą, arba per kaminą (ventiliaciją) į pastato vidų, ir kai tai nesukelia įrenginiams grėsmės. Metaliniai kaminai ant stogo sujungti su žaibo priėmikliais. Apsaugai nuo tiesioginio srovės poveikio galima panaudoti vertikaliuosius žaibo priėmiklius.	 
Pagamintus iš nelaidžių medžiagų kaminus galima apsaugoti vertikaliaisiais žaibo priėmikliais. Metaliniai kaminų elementai sujungiami su horizontaliaisiais žaibo priėmikliais.	 
Kaminas yra vertikaliųjų žaibo priėmiklių saugos zonoje. Sprendimas taikomas, jeigu esančius kamine įrenginius būtina apsaugoti nuo tiesioginio žaibo srovės poveikio.	 

čiuojamas nuo plokščio stogo paviršiaus. Apsaugos kampas randamas pasitelkus 4 pav. pateiktas kreives. Apsaugos zonos kūgis turi dengti visą saugomą antstatą arba įrenginį.



3 pav. Vertikaliojo žaibo priėmiklio apsaugos zona

4 pav. Apsaugos kampo α priklausomybė nuo žaibo priėmiklio aukščio h

Dviejų vertikaliųjų žaibo priėmiklių apsaugos zonos išoriniai matmenys nustatomi kaip ir vieno stiebo priėmikliams. Vidiniai zonos matmenys yra žaibo zonos apskaičiavimo rutulio spindulys R ir apsaugos zonos įlankis p tarp abiejų vertikaliųjų žaibo priėmiklių (5 pav.). Priklausomai nuo apsaugos klasės, R yra: I klasei – 20 m, II klasei – 30 m, III klasei – 45 m, IV klasei – 60 m.

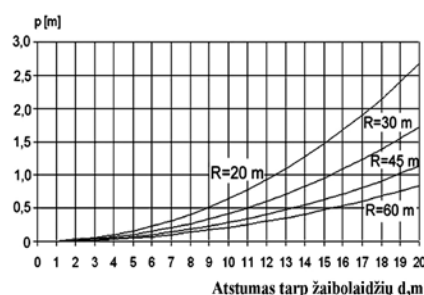
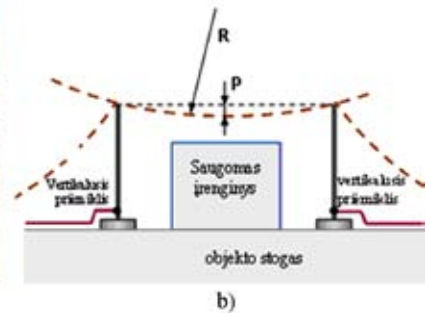
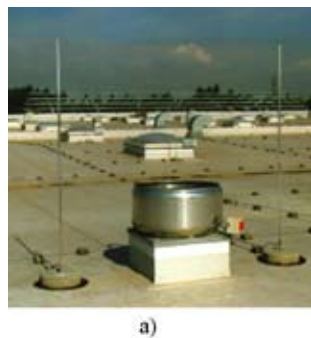
Apsaugos zonos įlankis p apskaičiuojamas pagal formulę:

$$p = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

čia d – atstumas tarp dviejų žaibo priėmiklių.

Reikšmės p kitimas nuo atstumo d tarp žaibo priėmiklių ir apsaugos klasės pateiktas 6 paveiksle.

Atstumas tarp žaibolaidžių d , m

6 pav. Apsaugos zonos įlankio p reikšmių priklausomybė nuo atstumo tarp žaibolaidžių d ir apsaugos klasės

5 pav. Vertikalieji žaibo priėmikliai ant pastato stogo: a) priėmiklių bendras vaizdas; b) dviejų žaibo priėmiklių sistemos apsaugos zona

Didesnių matmenų stogo antstato apsaugai nuo tiesioginių žaibo išlydžių gali prireikti naudoti žaibosaugos sistemą, sudarytą iš daugiau kaip dviejų vertikaliųjų žaibo priėmiklių.

Jeigu pavienio priėmiklio ar vertikaliųjų priėmiklių sistemos iki 3 m aukščio naudojimas netenkina saugomos erdvės reikalavimų arba sunku juos realizuoti, reikia išnagrinėti aukštesnių priėmiklių, kuriems reikės sunkesnių ir sudėtingesnės konstrukcijos atramų, dažnai ir papildomų atotampų naudojimo galimybę.

Įrengiant žaibo priėmiklius su skiriamuoju atstumu (7 pav.) reikia atsižvelgti į žaibo srovės parametrus, srovės pasiskirstymą objekte, izoliuojamųjų elementų medžiagą, priėmiklio prijungimo prie žaibosaugos įrenginio atstumą.

Saugus atstumas

$$s \geq k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} L$$

čia k_i – 0,1, 0,075, ir 0,05, atitinkantys I, II, III ir IV apsaugos klasę,

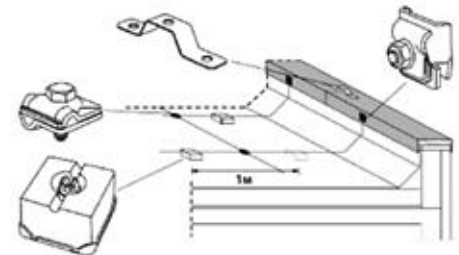
k_m – 1 (ore) arba 0,5 (kietame dielektrike),

k_c – koeficientas, priklausantis nuo srovės pasiskirstymo objekte,

L – žaibo priėmiklio ilgis išilgai priėmiklio iki artimiausio prijungimo prie potencialų suvienodinimo taško.



7 pav. Tinkamai išlaikytas atstumas tarp žaibo priėmiklio ir palydovinės antenos



8 pav. Žaibo priėmiklių tinklo įrengimas ant parapeto

Žaibo kirčio tikimybė į pastato atiką yra gana didelė, todėl plokščiojo stogo parapeto arba bordiūro apskardinimas praktikoje dažnai įtraukiamas į žaibosaugos sistemą kaip žaibo priėmiklis. Atskirų skardos lakštų sandūros papildomai turi būti sujungtos laidininkais, pati skarda turi būti reikiamo storio (per 0,5 mm). Tačiau norint kad žaibo kirtis nepradegintų arba neišlydytų skardos lakštų, jų storis turi būti ne mažesnis kaip 4 mm (varinių – 5 mm, aliumininių – 7 mm). Praktikoje skardos storis siekia 0,7–1,0 mm, todėl prie skardos lakštų sandūros vietos ant apkabų tvirtinami iki 50 cm ilgio vertikalieji žaibo priėmikliai. Sujungti

apkabomis arba lankščiais laidininkais ne visuomet galima nepažeidus stogo. Šiuo atveju įrengiami atskirai stovintys iki 1 m aukščio žaibo priėmikliai. Jie įrengiami ir tuomet, kai parapeto plotis yra didelis ir neužtikrinama reikalinga apsaugos zona.



9 pav. Tinklo priėmiklio apsaugos zona

Horizontalaus tinklo priėmiklio apsaugos zona – visa tai, virš ko jie yra įrengti. Pavyzdžiui, jeigu statinio aukštis yra 10 m (9 pav.) ir pastatas yra III klasės, tai priėmiklio apsaugos kampas pagal kreives, pateiktas 4 pav., bus lygus 60°.

Kiti reikalavimai stogų žaibosaugos sistemoms

Atskiri žaibosaugos elementai turi būti patikimai sujungti suvirinant, susukant varžtais arba sujungiant specialiais gnybtais, apkabomis, sujungiant kniedėmis, sulituojant arba supresuojant. Suvirinti galima elektros lanku, dujomis arba naudojant egzoterminį suvirinimą. Jungtys turi būti apsaugotos nuo korozijos ir mechaninių sužalojimų. Visais atvejais reikia vadovautis galiojančiomis normomis.

Taip jungiant (10 pav.) išvengiama kibirkščiavimo, galinčio sugadinti objekto konstrukcijas.

Jei stogo plotas didelis, reikia atsižvelgti į laidininkų ilgių pakitimus, atsirandančius dėl temperatūros svyravimų.

Bendra priklausomybė, nusakanti laidininko ΔT ilgėjimą, kylant temperatūrai, išreiškiama taip:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T ;$$

čia L – laidininko ilgis,

α – temperatūrinis linijinio pailgėjimo koeficientas,

ΔT – temperatūros pokytis.

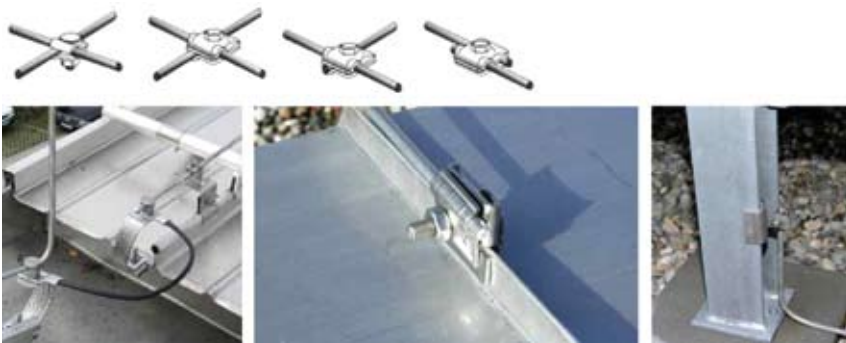
Siekiant išvengti pavojingų įtempimų,

4 lentelė. Įvairių medžiagų vielos ilgio pailgėjimas [3]

Medžiaga	Koeficientas α	Vielos pailgėjimas ΔL mm/m, kai temperatūros pokytis $\Delta T=100^\circ\text{C}$
Aliuminis	$23,5 \cdot 10^{-6}$	3,35
Varis	$17,0 \cdot 10^{-6}$	1,70
Nerūdijantis plienas	$16,0 \cdot 10^{-6}$	1,60
Paprastas plienas	$11,5 \cdot 10^{-6}$	1,15

5 lentelė. Pagrindiniai betoninių pagrindų (atramų) dydžiai, priklausomai nuo vertikalųjų priėmiklių aukščio (vėjo greitis 150 km/h) [3]

Priėmiklio aukštis	Pagrindo (atramos) skersmuo 300 mm		Pagrindo (atramos) skersmuo 350 mm	
	aukštis (cm)	svoris (kg)	aukštis (cm)	svoris (kg)
1,0 m	1,0	2,0	0,5	2,0
1,5 m	4,5	8,5	2,5	6,5
2,5 m	9,5	17,5	5,5	13,5
2,5 m	17	31	10,0	25,0
3,0 m	25,5	46	15,5	38,0



10 pav. Žaibosaugos įrenginio elementų sujungimo pavyzdžiai [3]



11 pav. Jungtys, kompensuojančios įtempimus laidinukuose dėl temperatūros pokyčių.



12 pav. Skirtingo aukščio žaibo priėmiklių tvirtinimas prie betoninių atramų [3]



13 pav. Žaibo priėmiklių tvirtinimas prie laidžių stogo paviršiaus elementų

atsirandančių dėl temperatūros pokyčių, reikia naudoti lanksčias jungtis, sujungiančias laidininkus tarpusavyje arba su laidžiais stogo konstrukcijos elementais (11 pav.).

Įrengtų ant plokščiojo stogo vertikaliųjų žaibo priėmiklių įtvirtinimo būdas parenkamas atsižvelgiant į priėmiklio aukštį, stogo dangos savybes, būtinumą išlaikyti saugius atstumus, vėjo greitį. Vienas iš labiau paplitusių sprendimų yra žaibo priėmiklių iki 3 m aukščio tvirtinimas betoniniame cilindriname pagrinde (atramoje). Išankstiniam dydžių ir betoninių atramų svorio parinkimui galima taikyti duomenis, pateiktus 5 lentelėje [3].

Vertikaliųjų žaibo priėmiklio tvirtinimo prie betoninės atramos ir žaibosaugos

įrenginio elementų pavyzdžiai pateikti 12 paveiksle.

Jeigu tam tikro aukščio žaibo priėmiklio pavienės betoninės atramos svoris mažesnis už rekomenduojamą, galima naudoti dviejų dalių krūvį. Jeigu žaibo srovės nuvedimui naudojama metalinė stogo perdanga, prie jos galima tvirtinti vertikalią priėmiklio pagrindą (13 pav.).

Aukštesniems kaip 3 m priėmikliams reikia sunkesnių ir sudėtingesnės konstrukcijos atramų, dažnai ir papildomų atotampų naudojimo (14 pav.).

Atotampas ir sudėtingesnės atramos leidžia įrengti iki 8 m aukščio žaibo priėmiklius. Tinkamai atliktas tvirtinimas padidina žaibo priėmiklio stabilumą ir sudaro galimybes naudoti žaibolaidį, 3–4 m aukštesnį už saugomą objektą.

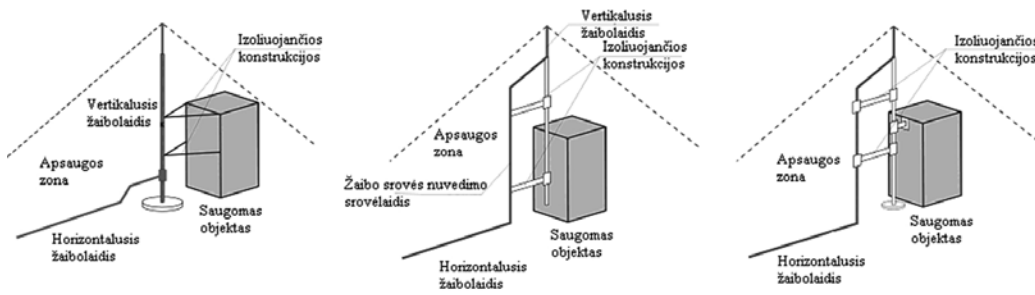
Kitas sprendimas, didinantis vertikaliųjų žaibo priėmiklių stabilumą ir nereikalaujantis sudėtingesnės konstrukcijos pasunkintų atramų naudojimo, yra žaibo priėmikliai, tvirtinami prie stogo antstato elementų. Tokius priėmiklius galima tvirtinti tiek prie stogo antstato elementų, tiek prie atskirų įrenginių. Dažniausiai naudojamos tokios sistemos sudarytos iš:

- vertikaliųjų žaibo priėmiklio, tvirtinamo prie betoninės atramos, ir izoliuojančiųjų elementų, tvirtinamų prie saugomo objekto;
- vertikaliųjų žaibo priėmiklio ir izoliuojančiųjų elementų, tvirtinamų tik prie saugomo objekto;
- vertikaliųjų žaibo priėmiklio, tvirtinamo ant izoliacinio vamzdžio, pritvirtinto prie saugomo objekto.

Pastaruoju atveju nuo žaibo priėmiklio atsišakoja išlydžio srovės nuvediklis. Skiriamąjį atstumą tarp žaibo priėmiklio ir saugomo objekto išlaikymą užtikrina



14 pav. Atskirų vertikaliųjų žaibolaidžių, kurių aukštis per 3 m, įrengimas [3]



15 pav. Atskirų vertikaliųjų žaibo priėmiklių tvirtinimas tiesiogiai prie stogo antstato elementų

tam tikro ilgio izoliacinės štangos (15 ir 16 pav.).

Apibendrinant norėtūsi pabrėžti, kad nepaisant įvairovės ir techninių problemų sudėtingumo, visada galima rasti gerą ir patogų sprendimą, naudojant žymiausių žaibosauginę produkciją gaminančių firmų šiuolaikišką įrangą.

Literatūra

1. Ist en 62305-3. Apsauga nuo žaibo. 3 dalis. Fizinė žala statiniams ir pavojus gyvybei (IEC 62305-3:2006, modifikuotas).
2. A. Sowa. Kompleksowa ochrona odgromowa i przepięciowa. Warszawa, 2005.
3. Blitz Planer®. DEHN+SÖHNE, 2005.
4. J. Pranskaitis. Apsauga nuo žaibo ir viršįtampių. UAB „Energosfera“, 2009.
5. Statybos techninis reglamentas STR 2.05.02:2008 „statinių konstrukcijos. Stogai“.