

ISPITIVANJE SUSTAVA ZAŠTITE OD MUNJE STAMBENO POSLOVNE ZGRADE

Tomašić-Martinić, Danijel

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:818846>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-22**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu

Odjel Sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Danijel Tomašić-Martinić

**ISPITIVANJE SUSTAVA ZAŠTITE OD
MUNJE STAMBENO POSLOVNE
GRAĐEVINE**

DIPLOMSKI RAD

Karlovac, 2020.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional graduate study of Safety and Protection

Danijel Tomašić-Martinić

**TESTING OF LIGHTNING PROTECTION
SYSTEM FOR RESIDENTIAL AND
BUSINESS BUILDING**

Final paper

Karlovac, 2020.

Veleučilište u Karlovcu

Odjel Sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Danijel Tomašić-Martinić

**ISPITIVANJE SUSTAVA ZAŠTITE OD
MUNJE STAMBENO POSLOVNE
GRAĐEVINE**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: dr. sc. Vladimir Tudić, prof. v. š.

Karlovac, 2020.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Trg J.J.Strossmayera 9
HR-47000, Karlovac, Croatia
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Specijalistički diplomski stručni studij sigurnost i zaštita

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, studeni 2020.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Danijel Tomašić-Martinić

Matični broj: 0422418031

Naslov: Ispitivanje sustava zaštite od munje stambeno poslovne građevine

Opis zadatka: Za potrebe Završnog rada potrebno je opisati sustav zaštite od munje sukladno zahtjevima sigurnosti i relevantnim normama. U teorijskom dijelu rada opisati dijelove sustava i funkciju rada elemenata sustava. U eksperimentalnom dijelu rada opisati način održavanja i postupak kontrolnih pregleda sustava. Također treba naznačiti dokumente i protokole koje se koriste u naznačenim postupcima. Rad izraditi sukladno Pravilniku Vuka i tijekom izrade rada redovito se konzultirati s mentorom.

Zadatak zadan:
obrane:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum

.....

.....

.....

Mentor:
dr. sc. Vladimir Tudić, prof. v. š.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

PREDGOVOR

Ovaj rad nastao je kao rezultat stručne prakse koju sam odrađivao u tvrtki ZAGREB INSPEKT d.o.o. Provođenjem stručne prakse imao sam priliku upoznati se s ispitivanjima sustava za zaštitu od munje te ispitivanjima električnih instalacija te sam stekao uvid u opasnosti i ozljede uzrokovane neispravnim projektiranjem ili izvođenjem sustava električne energije. Također, radeći na stručnoj praksi susreo sam se sa edukacijom, uputstvima i smjericama zaposlenika o načinu ispravnog projektiranja, izvođenja i ispitivanja sustava sa električnom energijom.

Zahvaljujem se mentoru dr. sc. Vladimiru Tudiću i svim kolegama iz tvrtke Zagrebinspekt PJ 28 na pruženoj pomoći, susretljivosti i strpljenju prilikom izrade rada.

Hvala Vam!

SAŽETAK

Ne postoje uređaji niti metode koje mogu izmijeniti tijekom prirodnih vremenskih pojava u toj mjeri da bi se moglo spriječiti izbijanje munja. Udari munja u građevine ili pokraj njih opasni su za ljude i za same građevine, njihov sadržaj i instalacije zbog protjecanja vrlo velike struje munje.

Sustav zaštite od munje je skup međusobno spojene opreme na građevini. Koristi se za smanjenje fizičkih šteta zbog udara munje u nju, a sastoji se od vanjskog i unutarnjeg sustava. Vanjski sustav zaštite od munja sastoji se od sustava hvataljki, sustava odvoda i sustava uzemljivača, a unutarnji sustav sastoji se od sustava za izjednačavanje potencijala.

Svaki sustav zaštite od munja mora u toku postavljanja i nakon završetka, a prije predaje korisniku, biti pregledan i ispitan. Pri odabiru sustava zaštite i ugradnji opreme sustava, trebaju se odrediti sljedeće značajke instalacije: svrha, vanjski utjecaji kojima je izložena, usklađenost njezine opreme te mogućnost održavanja.

Oprema koja se ugrađuje mora biti međusobno usklađena posebno glede međusobno štetnih utjecaja nastalih zbog protjecanja struje munje kroz nju. Oprema sustava mora se postaviti tako da se može lako provjeravati i održavati te da se može lako prilaziti i kontrolirati otpor temeljnog uzemljivača na mjernim spojevima prilikom eksploatacije građevine.

Važno je primijeniti sve djelatnosti kako bi se mogla izvesti periodična provjera, ispitivanja, popravci, osigurati uspješnost zaštitnih mjera, kao i pouzdanost opreme tijekom predviđenog vijeka trajanja.

Ključne riječi : munja, ispitivanje, uzemljivač, sustav zaštite od munje, građevine.

ABSTRACT

There are no devices or methods that can alter the course of natural weather events to the extent that lightning strikes can be prevented. Lightning strikes in or near buildings are dangerous for people and for the buildings themselves, their contents and installations due to the flow of very large lightning currents.

A lightning protection system is a set of interconnected equipment on a building. It is used to reduce physical damage due to lightning strikes in it, and consists of an external and an internal system. The external lightning protection system consists of a clamp system, a drainage system and a grounding system, and the internal system consists of a potential equalization system.

Each lightning protection system must be inspected and tested during installation and after completion, and before delivery to the user. When selecting a protection system and installing system equipment, the following installation characteristics should be determined: purpose, external influences to which it is exposed, conformity of its equipment and possibility of maintenance.

The equipment to be installed must be mutually compatible, especially with regard to the mutually harmful effects caused by the flow of lightning current through it. The system equipment must be installed in such a way that it can be easily checked and maintained and that the resistance of the grounding conductor at the measuring connections during operation of the building can be easily approached and controlled.

It is important to apply all activities in order to be able to perform periodic inspections, tests, repairs, ensure the effectiveness of protective measures, as well as the reliability of the equipment during its intended life.

Keywords: lightning, testing, earthing, lightning protection system, buildings.

SADRŽAJ :

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	I
PREDGOVOR	II
SAŽETAK	III
1. UVOD	1
1.1. Predmet i cilj rada	3
1.2. Izvor podataka i metode prikupljanja.....	4
2. TEORIJSKI DIO	5
2.1. Nastanak munje i pražnjenje	5
2.2. Vrste gubitaka koje prouzroče udari munja	9
2.3. Zaštita građevina	11
2.4. Vanjski sustav zaštite od munje	12
2.4.1. Sustav hvataljki	13
2.4.2. Sustav odvoda	16
2.4.3. Sustav uzemljivača	18
2.4.4 Polaganje uzemljivača.....	21
2.5. Unutarnji sustav zaštite od munje	24
2.5.1. Izjednačavanje potencijala	26
3. EKSPERIMENTALNI DIO	28
3.1 Održavanje i pregled sustava zaštite od munje	28
3.2. Postupak i sadržaj pregleda	29
3.2.1. Postupak pregleda	29
3.2.2. Provjera tehničke dokumentacije	29
3.2.3. Vizualni pregled	29
3.2.4. Ispitivanje	31
3.2.5. Ispitna dokumentacija	32
3.3. Mjerne metode.....	35

3.3.1. U-I metoda.....	36
3.3.2. 3-polno/4-polno mjerenje otpora uzemljenja	37
3.3.3. Selektivno mjerenje otpora uzemljenja primjenom strujnih kliješta i dvije sonde	38
3.3.4. Mjerenje otpora uzemljenja primjenom jednog para strujnih kliješta.....	39
3.3.5. Mjerenje otpora uzemljenja primjenom sondi	39
3.3.6. Ispitivanje neprekinutosti vodiča za izjednačavanje potencijala.....	40
4. ZAKLJUČAK	43
LITERATURA.....	45
POPIS SLIKA	46
POPIS TABLICA.....	47

1. UVOD

Budući da se razvojem civilizacije sve više zaplićemo u gustu mrežu podzemnih, nadzemnih, zidnih, stropnih i podnih kablova, udar munje u djeliću sekunde može uništiti instalaciju u nekoliko kuća istodobno i nanijeti veliku materijalnu štetu, te može biti uzrok požara i stradavanja osoba zatečenih u objektu.

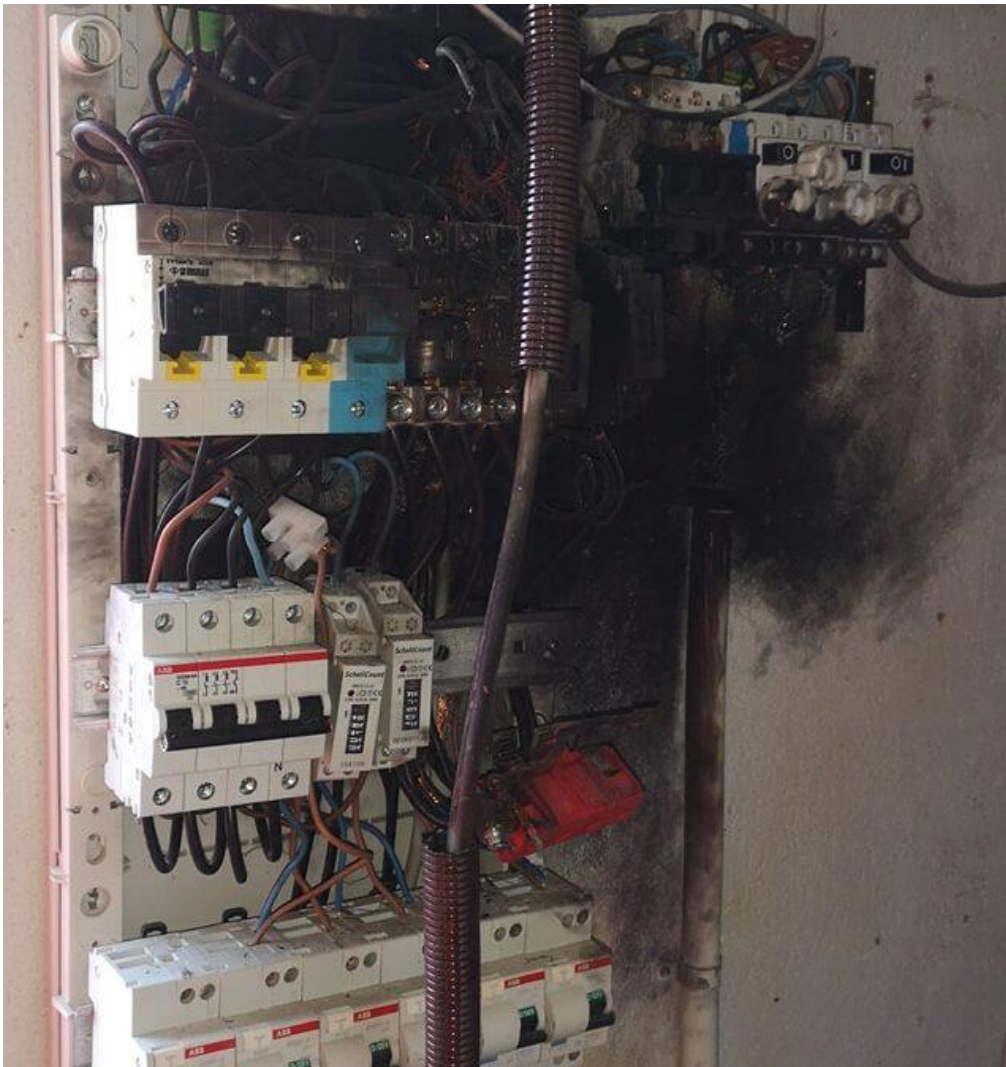
Štete prouzročene udarom munje rastu iz godine u godinu, pa samo u Europi iznose milijune eura. Statistički, svaki četvorni kilometar zemljine površine godišnje pogode bar tri munje. Munje su vrlo podcijenjena prirodna pojava i ne tako rijetka kao što se smatra. Istraživanja su pokazala da se većina udara munja sa žrtvama ne događa za vrijeme vrhunca oluja već prije i poslije, što pokazuje da ljudi nisu svjesni opasnosti od udara munje. Od prirodnih katastrofa uzrokovanih atmosferskim pojavama, samo poplave nanesu više materijalne štete i ubiju više ljudi.

Munja je kratki spoj između oblaka i zemlje, a električno pražnjenje obavi se brzinom od oko 100 000 km/s (slika 1) . Pražnjenje traje tek 10 mikrosekundi, oslobađa napon od nekoliko stotina milijuna volti, a istosmjerna struja koja u tom trenutku poteče iznosi do 300 000 A.



Slika 1. Predodžba munja iznad naseljenog mjesta [15]

U loše šticećenim objektima udar munje može u djeliću sekunde uništiti električnu instalaciju pa čak i u okolnim objektima (slika 2). Električne instalacije, računala, el. oprema i uređaji mogu pretrpjeti nepopravljiva oštećenja. Najopasnije je vrlo jako magnetno polje koje se koncentrično širi oko munje i točke udara, pa u metalnim predmetima i strujnim vodovima izaziva snažan indukcijski učinak.



Slika 2. Predodžba uništen razvodni ormar [16]

Mjere zaštite, koje se poduzimaju radi udovoljavanja određenim zahtjevima zaštite od požara i stradavanja osoba uslijed udara munje, služe kao preventivne i tehničke mjere zaštite.

Preventivne mjere zaštite kao što je projektiranje i izvođenje sustava zaštite od munje poduzimaju se prije nego što se građevine stave u pogon. Svrha tih mjera je da se udovolji zahtjevima sigurnosti prije nego što se započne sa eksploatacijom građevine i sredstava rada.

Tijekom vremena potrebno je održavati postignuti stupanj zaštite od požara i u tu svrhu provoditi odgovarajuće preglede, ispitivanja i nadzor te provedbe. Uočene nedostatke potrebno je otklanjati i uspostavljati dosegnuti stupanj sigurnosti.

Veliki dio suvremenih tehnoloških dostignuća bio bi nemoguć bez uporabe električne energije, koja je zbog svojih prednosti, kao što su laka transformacija u druge oblike energije te jednostavna distribucija i opskrba potrošača, pronašla svoju primjenu u gotovo svim granama ljudske djelatnosti. No od samog početka njezine uporabe pa sve do danas javlja se problem efikasne zaštite električne opreme od prenapona uzrokovanih atmosferskim pražnjenjem – udarom munje.

Pojava atmosferskog pražnjenja može biti uzrok kvara na dijelovima električne instalacije, strojevima, te uređajima na električni pogon. Krajnja posljedica udara munje može biti i smrt. Ispravnost sustava zaštite od udara munje vrlo je važan faktor u sprečavanju pojave prenapona.

1.1. Predmet i cilj rada

U ovom diplomskom radu prikazati će se sustave zaštite od munja i vrste ispitivanja istih te zakonske rokove u kojima se oni obavljaju a sve u cilju postizanja zadovoljavajuće razine kvalitete i pouzdanosti tijekom određenog vremena njezine uporabe.

U svrhu zaštite života, ljudi i imovine uzrokovanih pojavom atmosferskog pražnjenja, poduzimaju se preventivne mjere i radnje za smanjenje šteta i mogućnosti nastanka požara na građevini i njenim instalacijama.

Da bi učinkovito zaštitili građevinu od udara munje potrebno je izvesti adekvatan sustav zaštite od munje sa vanjskim i unutarnjim sustavom. Svaki sustav zaštite od munja mora u toku postavljanja i nakon završetka, a prije predaje korisniku, biti pregledan i ispitan.

Cilj diplomskog rada je utvrđivanje metodologije rada prilikom ispitivanja potrebne za postizanje zadovoljavajuće razine kvalitete ispitivanja sustava zaštite od munja na građevinama.

Zadaci diplomskog rada su prikaz vrsta ispitivanja, mjernih metoda i potrebnih mjernih instrumenata i prijedlog izgleda zapisnika o obavljenim ispitivanjima sustava zaštite od munja na građevinama.

1.2. Izvor podataka i metode prikupljanja

U izradi diplomskog rada primijenjene su sljedeće metode:

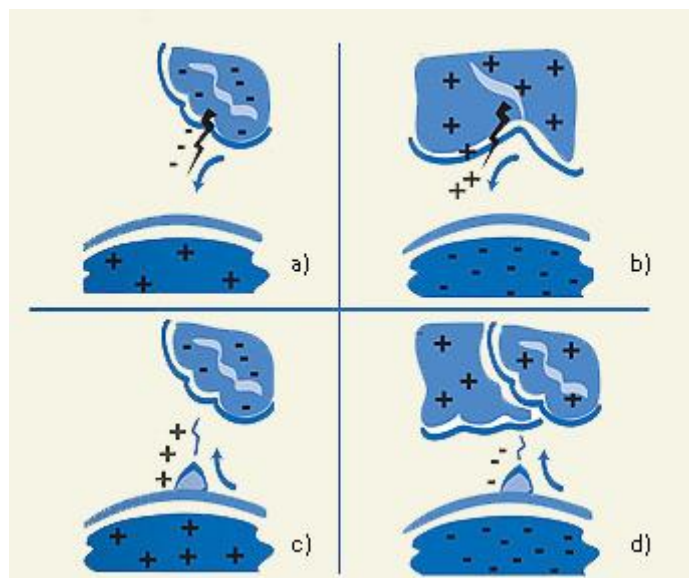
- deskriptivne metode
- metode zapažanja
- metode snimanja stanja i prikupljanja podataka zbog utvrđivanja činjenica koje se odnose na ispitivanja sustava zaštite od munja na građevinama,

Za izvor podataka koristila se radna dokumentacija, korištena u svakodnevnim poslovnim aktivnostima, te zakoni, norme i pravilnici koji se trenutno primjenjuju.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Nastanak munje i pražnjenje

Stvaranje munje počinje razdvajanjem naboja unutar oblaka i stvaranjem električnog polja. Munja je vidljivo pražnjenje atmosferskog elektriciteta do kojeg dolazi kad određeno područje atmosfere postane električki nabijeno ili se pojavi razlika potencijala dovoljna da svlada otpor zraka. Tijekom oluje munja se može pojaviti u oblaku, između oblaka i zraka te između oblaka i tla (slika 3). Nama je najpoznatija munja oblak-tlo, ujedno je i najčešća.



Slika 3. Predodžba vrste pražnjenja [17]

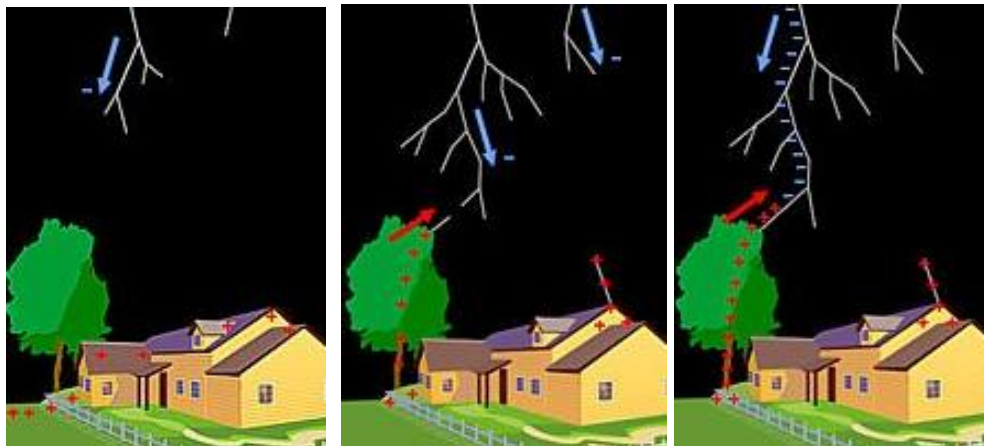
Negativno pražnjenje kreće silaznim kanalom od oblaka koji se u koracima po 50 m približava zemlji i umanjuje negativni naboj i time napon oblaka prema zemlji (slika a). Ta nevidljiva lavina elektrona se naziva predvodnik ili lider. Na svom putu prema zemlji predvodnik se grana i u sebi nosi napon od čak 100 milijuna volti.

Munja koja nastaje usred pozitivnog pražnjenja (slika b) kreće silaznim kanalom od oblaka prema zemlji iz ćelije pozitivnog naboja oblaka. Ovaj tip munje javlja se u samo malom broju slučajeva od ukupnog broja električnih udara oblak-zemlja. Električna pražnjenja od zemlje prema oblaku (slika c i d) su relativno rijetka i većinom se uočavaju iznad visokih tornjeva, visokih građevina i iznad planinskih vrhova.

Atmosfersko pražnjenje odvija se u odvojenim uzastopnim udarima. Ti udari groma dolaze jedan za drugim u vremenskim razmacima od nekoliko stotina milisekundi i svaki udar ide istim kanalom koji je ioniziran prvim udarom.

Broj uzastopnih udara u jednoj munji može iznositi i preko 20, a najčešći broj udara je od 3 do 5. Cijeli proces se odvija u vrlo kratkom vremenu od oko 10 mikrosekundi, a ponekad traje i čitavu sekundu.

Svaki udar groma ima svoje prethodno pražnjenje - predvodnik. Prvo uvodno pražnjenje je stepenasto. Iskra krene iz oblaka, prođe dio puta i zastane. Iza toga nastavlja put prelazeći udaljenost od 50 do 100 m tražeći najpogodniji put za glavno pražnjenje, te od tuda i njen krivolinijski i izlomljeni oblik. Točka udara munje nije unaprijed određena već se određuje kada se lider približi zemlji na oko 100 m (slika 4.). Ta udaljenost se naziva „udarna udaljenost“ i ovisi o količini elektriciteta u kanalu predvodnika, odnosno od amplitude struje groma.



Slika 4. Predodžba pražnjenja [25]

Kada se predvodnik približi zemlji na udarnu udaljenost, nastaje glavno pražnjenje odnosno lavina elektrona iz oblaka, električni potencijal spojen je sa tlom i elektroni počnu teći prema tlu. Struja pozitivnih čestica koja poteče prema oblaku se naziva povratni udar i postupno se od tla prema objektu prazni probojni stup ispunjen elektronima te kanal svijetli. Taj povratni udar pozitivnih naboja izaziva 99 % munja. Udar ustvari putuje od tla prema oblaku, a budući da se događa vrlo brzo izgleda kao da ide od oblaka prema tlu (slika 5.) . Nakon što povratni udar dosegne tok prema oblaku slijedi stanica od 20 do 50 milisekundi, a nakon toga ako ima još dovoljno naboja u oblaku, novi predvodnik pun negativnih naboja kreće prema tlu. Po završetku

drugog pražnjenja dolazi treće i ostala pražnjenja u jednoj munji. Svako od ponovnih pražnjenja ima također po dvije etape, uvodno i glavno pražnjenje.

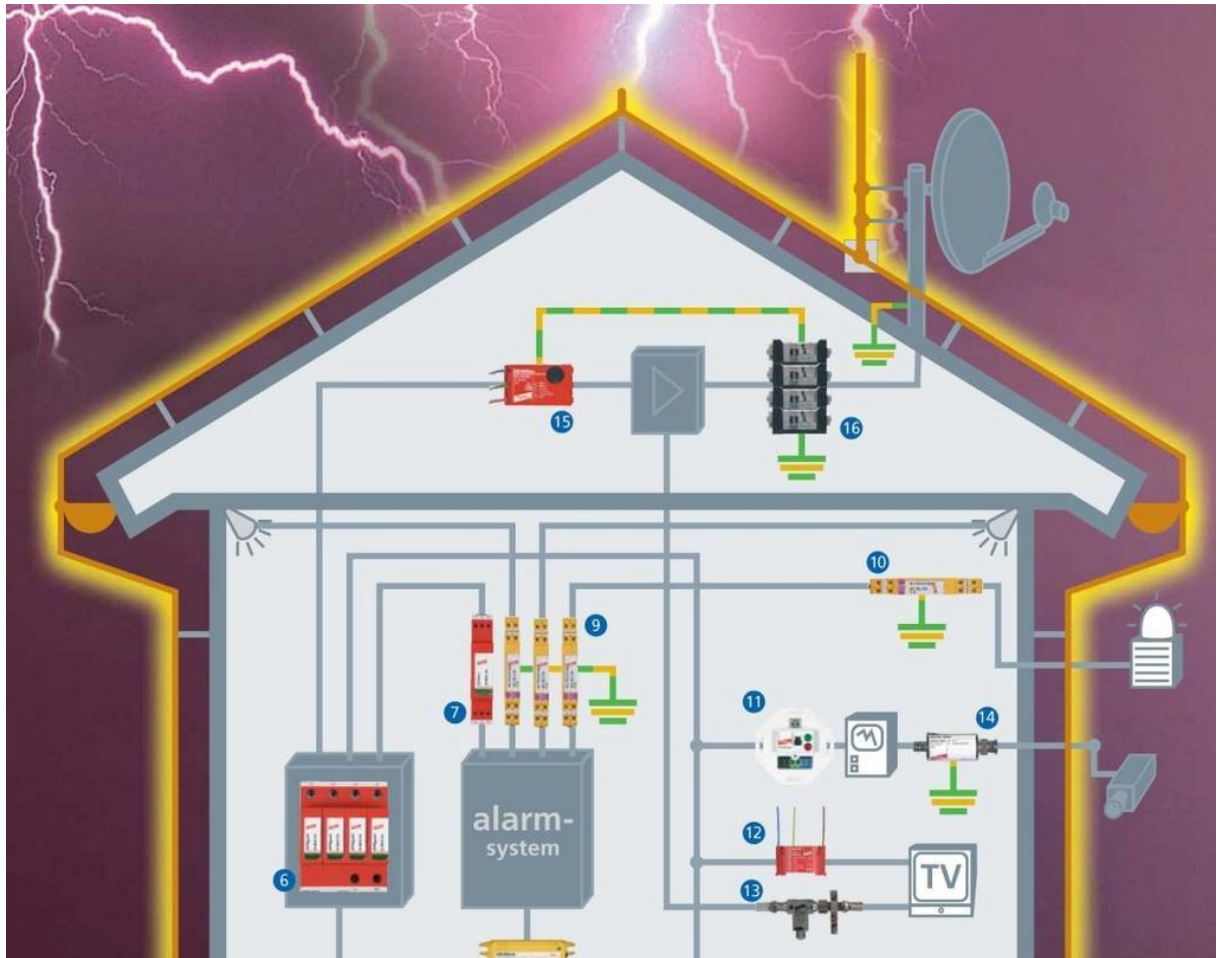


Slika 5. Predodžba pražnjenja [25]

Pouzdanost i ispravnost sustava zaštite od munje važni su čimbenici prilikom korištenja predmetne građevine. Sve djelatnosti koje se primjenjuju da bi se izvedba sigurnih i pouzdanih sustava zaštite od munja iskazuju se u dva osnovna oblika: prvi put prilikom procesa izvedbe sustava, a drugi put odvijanjem kao trajnim nastojanjem da se postignuti stupanj kvalitete, pouzdanosti i sigurnosti instalacije sačuva za cijelo vrijeme njezine uporabe.

Tehnička svojstva sustava moraju biti takva sa tijekom trajanja građevine na kojoj je sustav ugrađen, uz propisno održavanje, građevina podnese sve utjecaje uobičajene upotrebe i utjecaja okoliša (slika 6.), tako da tijekom uporabe predvidiva djelovanja na građevinu ne prouzroče:

- nerazmjerno velika oštećenja građevine ili samog sustava uslijed djelovanja munje,
- požar i/ili eksploziju građevine odnosno njenog dijela na propisanoj razini zaštite,
- opasnost, smetnje ili oštećenja tijekom uporabe građevine,
- električni udar i druge ozljede korisnika građevine.



Slika 6. Predodžba pražnjenje u građevinu [18]

S odgovarajućim sustavom pregleda i ispitivanja moguće je uvelike očuvati dostignuti stupanj pouzdanosti i sigurnosti sustava zaštite od munja. Ispitivanjem sustava utvrđuje se usklađenost opreme sa zahtjevima sigurnosti i normama, ispravnost odabira i montaže opreme, a utvrđuju se i eventualna oštećenja i vidljive greške nastale montažom ili u tijeku korištenja.

Verifikacija propisanih svojstava i karakteristika sustava zaštite od munja mora se provesti:

- nakon izvedbe (prvo ispitivanje),
- poslije rekonstrukcije instalacije,
- prilikom proširenja instalacije,
- nakon atmosferskog pražnjenja.

Za svaku instalaciju mora se procijeniti učestalost i obim održavanja, s gledišta učestalosti i obimu održavanja moraju se uzeti u obzir:

- svi periodički pregledi, ispitivanja, održavanja, popravci, i za koje se pretpostavlja da će biti potrebni u toku predviđene trajnosti, a koji se mogu lako obaviti
- efikasnost zaštitnih mjera za sigurnost u toku predviđene trajnosti
- pouzdanost opreme kojom se ostvaruje ispravan rad instalacije utvrđen trajnošću.

Određivanje rokova za periodičke preglede i ispitivanja nije jednostavno, pogotovo uzimajući u obzir utjecaj okoline (učestalost atmosferskih pražnjenja, stupanj rizika i dr.)

Često ispitivanje uzrokuje nepotrebne troškove i poskupljuje održavanje građevine, a predugi rokovi povećavaju rizik od oštećenja opreme i instalacije, požara, zastoja rada i ozljeda ljudi.

2.2. Vrste gubitaka koje prouzroče udari munja

Udari munje u građevinu mogu prouzročiti:

- neposredne mehaničke štete, požar i/ili eksplozije zbog pojave vrućeg plazmatskog električnog luka pri ohmskom zagrijavanju zbog prolaza struje,
- požar i/ili eksploziju pokrenutu iskrenjem zbog prenapona koji nastaju zbog galvanske i induktivne veze kao i prolaza dijela struje munje (slika 7.),
- povrede ljudi zbog dodirnog napona i napona koraka zbog galvanske i induktivne veze,
- kvarove ili krivo djelovanje unutarnjih sustava

Sveukupno udar munje može prouzročiti tri osnovne vrste štete:

- D1: povrede živih bića,
- D2: fizičke štete (požar, eksploziju, mehaničko razaranje) zbog učinka struje munje, uključujući iskrenje
- D3: kvarove unutarnjih sustava

Svaka vrsta štete, sama ili u kombinaciji s drugim vrstama, uzrokovana udarom munje, može proizvesti razne gubitke na objektu koji treba zaštititi. Vrsta gubitaka koja se može pojaviti o značajkama samog objekta.

Gubitci koji se mogu pojaviti na građevini nakon udara munje jesu:

- L1 : gubitak ljudskih života,
- L2: gubitak javne opskrbe,
- L3: gubitak kulturnog naslijeđa
- L4: gubitak gospodarskih vrijednosti (građevina i njen sadržaj, opskrba i gubitak aktivnosti)

Vrsta gubitaka L1, L2 i L3 može se razmatrati kao gubitak društvenih vrijednosti, dok se vrsta gubitka L4 može uzeti kao čisti gospodarski gubitak.



Slika 7. Predodžba požar uslijed udara munje [19]

2.3. Zaštita građevina

S obzirom na razinu zaštite od djelovanja munje, sustav može biti:

- razine zaštite I, s vjerojatnošću štete najviše 0,02,
- razine zaštite II, s vjerojatnošću štete najviše 0,05,
- razine zaštite III, s vjerojatnošću štete najviše 0,1,
- razine zaštite IV, s vjerojatnošću štete najviše 0,2, [6]

Da bi zaštitili građevinu od udara munje ona mora biti unutar zone zaštite od munja što se postiže postavljanjem sustava za zaštitu od munje (LPS). Sustav zaštite od munje sastoji se od vanjskog i unutarnjeg sustava zaštite(slika 8.).

Funkcije vanjskog sustava zaštite su:

- da prihvati udar munje u građevinu (uz pomoć sustava hvataljki),
- da sigurno odvede struju munje prema zemlji (uz pomoć sustava odvoda),
- da rasprši struju munje u zemlji (uz pomoć sustava uzemljivača).

Uloga unutarnjeg sustava zaštite je spriječiti opasna iskrenja unutar građevine uz pomoć izjednačavanja potencijala ili udaljšavanja na sigurnosne razmake između sastavnica sustava zaštite i drugih vodljivih dijelova unutar građevine.

Normom su određene četiri vrste sustava zaštite (LPS I, LPS II, LPS III i LPS IV) kao cjeloviti sklopovi koji imaju svoja pravila konstrukcije na osnovi odgovarajućih razina zaštite. [11] Svaka vrsta zaštite ima svoja pravila projektiranja ovisno o razini zaštite.

Na mjestima gdje površinski otpor tla izvan građevine ili otpor poda unutar građevine nisu dovoljno visoki, mora se smanjiti opasnost za život zbog pojave dodirnog napona i napona koraka:

- izvan građevine – izoliranjem istaknutih vodljivih dijelova, izjednačavanjem potencijala uz pomoć mrežastog sustava uzemljivača
- unutar građevine izjednačavanjem potencijala opskrbnih vodova na mjestu ulaza u građevinu



Slika 8. Predodžba vanjski i unutarnji sustav zaštite [20]

2.4. Vanjski sustav zaštite od munje

Vanjski LPS (slika 9.) namijenjen je prihvaćanju izravnih udara munja u građevinu, uključujući udare munja u stranu građevinu, a zatim odvođenje struje munje od točke udara u zemlju. Vanjski LPS je također namijenjen raspršivanju struje munje u zemlji, ne izazivajući toplinske i mehaničke štete niti opasna iskrenja koja bi mogla biti uzrok požara i/ili eksplozije. Vanjski sustav zaštite od munje sastoji se od sustava hvataljki, sustava odvoda, sustava uzemljivača i dopunskog pribora. Mora biti izveden tako da pri odvođenju struje munje ne dođe do preskoka.



Slika 9. Predodžba vanjski sustav [21]

2.4.1. Sustav hvataljki

Hvataljke su metalni štapovi, vodovi na krovu, kao i metalni dijelovi krova uopće, čiji je zadatak da prihvate struju munje. Moraju biti postavljene na onim stranama odnosno dijelovima objekta na kojima postoji najveća vjerojatnost da će doći do udara munje.

Vjerojatnost prodora struje munje u građevinu znakovito opada ako je ugrađen odgovarajuće projektiran sustav hvataljka.

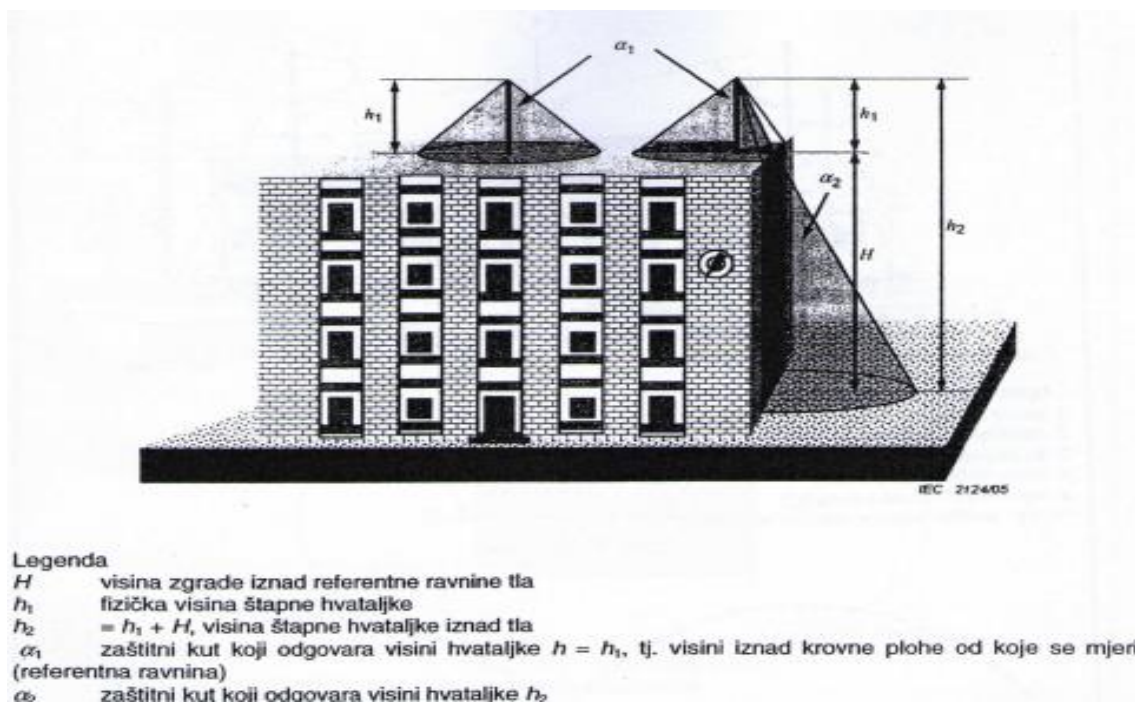
Sustav hvataljka može biti sastavljen od bilo koje kombinacije slijedećih dijelova:

- štapovi,
- ovješeni vodiči,
- umreženi vodiči

Pojedini štapovi hvataljke moraju se međusobno spojiti na razini krova da se osigura razdioba struje munje.

Sastavnice hvataljka na građevini treba smjestiti na kutovima, izloženim točkama i rubovima (posebno na višim dijelovima njihovih pročelja) prema jednoj ili više slijedećih metoda:

- metoda zaštitnog kuta (upotreblijiva za građevine jednostavnog oblika, slika 10.),
- metoda kotrljajuće kugle (pogodna za upotrebu u svim slučajevima),
- metoda mreže (slika 11.).



Slika 10. Predodžba metoda zaštitnog kuta [14]



Slika 11. Metoda mreže [14]

Tablica 1. Gromobranska mreža na krovu

Razina zaštite	Polumjer kugle (m)	Širina oka mreže (mm)
I	20	5x5
II	30	10x10
III	45	15x15
IV	60	20x20

Tablica 2. Minimalan presjek gromobranski elemenata

Gradivo	Hvataljka (mm ²)	Odvod (mm ²)	Uzemljivač (mm ²)
Cu	35	16	50
Al	70	25	-
Fe	50	50	80

Tablica 3. Razine zaštite

Razina zaštite	Učinkovitost
I	98
II	95
III	90
IV	80

Hvataljke sustava mogu se postaviti na slijedeće načine:

- ako je krov načinjen od nezapaljivog materijala, vodiči hvataljke mogu se postaviti na površini krova,
- ako je krov napravljen od lako zapaljivog materijala, treba obratiti pozornost na udaljenosti između vodiča hvataljke i materijala (obavezni razmak >0,1 m)
- lako zapaljivi dijelovi građevine ne smiju doći u izravan dodir sa sastavnicama vanjskog LPS.

Dijelove građevine koje treba smatrati prirodnim sastavnicama hvataljka i dijelkom LPS-a:

- a) metalne limove koji pokrivaju građevinu koju treba zaštititi uz uvjet da:
 - imaju trajno izvedenu električnu neprekidnost između raznih dijelova lima (uz pomoć lemljenja, zavarivanja, preklopnih i vijčanih spojeva)
 - debljina metalnog lima ne smije biti manja od vrijednosti danih u tablici 4,
 - nisu obloženi izolacijskim gradivom

Tablica 4. Najmanja debljina metalnog lima ili metalnih cijevi u sustavu hvataljka

Vrsta LPS	Gradivo	Debljina ^a t (mm)	Debljina ^b t (mm)
I do IV	Olovo	-	2
	Željezo (FeZn)	4	0,5
	Bakar	5	0,5
	Aluminij	7	0,6

^a t – ako treba spriječiti probijanje lima ili stijenke

^b t – u situacijama kada nije važno sprječavanje proboja

- b) metalne sastavnice konstrukcije krova ispod nemetalnog krova, uz uvjet da se te sastavnice mogu odvojiti od građevine koju treba zaštititi,

- c) metalne dijelove kao što su ukrasi, ograde, cijevi, opšavi parapeta
- d) metalne cijevi i spremnici na krovu, uz uvjet da su načinjeni od gradiva čija debljina i presjek odgovaraju vrijednostima navedenim u tablici 4.

2.4.2. Sustav odvoda

Odvodi su dio sustava koji spajaju sustav hvataljki sa sustavom uzemljivača odnosno zemljovidima, a sastoji se od metalnog voda ili metalnih masa zaštićene građevine. Odvodi se dijele na glavne i pomoćne ovisno o materijalu i dimenzijama (tablica 4).

Odvodi moraju uspostaviti najkraću moguću vezu sa uzemljivačem radi skraćanja puta struje munje, po mogućnosti vertikalno, bez promjene pravca (opasnost od preskoka). Moraju biti što kraći i razmješteni prvenstveno blizu rubova građevine i što dalje od prozora, vrata, električnih instalacija i onih metalnih masa koje nisu priključene na LPS.

Sustav zaštite od munja mora imati najmanje dva odvoda koja se moraju rasporediti oko oboda građevine koju treba zaštititi (preporučeno ih je postaviti na jednaki razmak oko oboda).

Tablica 5. Razmak između odvoda

Razina zaštite	Prosječni razmak (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

Tablica 6. Tipične vrijednosti razmaka između vodiča odvoda

Vrsta LPS	Tipični razmaci (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20

Odvodi moraju biti postavljeni tako da, koliko je to prikladno, budu u izravnom nastavku vodiča sustava hvataljki. Moraju biti postavljeni ravno i okomito tako da se osigura najkraći i najizravniji put prema zemlji. Petlje vodiča moraju se izbjegavati, ali tamo gdje to nije moguće moraju imati odgovarajući razmak prema normi IEC 62305-3.

Odvodi se ne smije postavljati u žljebovima i odvodima za kišnicu čak i kad su izolirani (vlaga u žljebovima uzrokuje jako hrđanje odvoda).

Način postavljanja odvoda na građevinu koju treba zaštititi:

- ako je zid izveden od nezapaljivog materijala, odvodi se mogu položiti po površini zida ili u zidu,
- ako je zid izveden od zapaljivog materijala, a porast temperature odvoda nije opasan za materijal, odvodi se mogu položiti na površinu zida,
- ako je zid izveden od zapaljivog materijala, a porast temperature odvoda je opasan, odvodi se moraju položiti tako da razmak između njih i zida uvijek bude veći od 0,1 m.
- montažni nosači mogu biti u dodiru sa zidom.

U slučaju kada se ne može osigurati dovoljan razmak vodiča odvoda od zapaljivog materijala zida, presjek vodiča odvoda ne smije biti manji od 100 mm^2 .

Radi sprečavanja preskoka ne smiju se izvoditi koljena s polumjerom manjim od 200 mm, a promjena pravca voda ne smije biti veća od 90° .

Dijelovi građevine koji se mogu smatrati prirodnim odvodima:

- a) metalne instalacije uz uvjet da:
 - je izvedena trajna električna neprekidnost između pojedinih dijelova
 - su njihove dimenzije najmanje jednake navedenim u tablici 7 za standardne vodiče odvoda.
- b) metalna ili električki neprekidna armirano-betonska konstrukcija građevine
- c) međusobno spojeni armaturni čelik u betonu građevine
- d) dijelovi pročelja, ograde i metalni dijelovi konstrukcije pročelja

Na spoju odvoda sa uzemljivačem mora se postaviti mjerni spoj na svaki odvod, osim u primjeru prirodnog odvoda u kombinaciji sa temeljnim uzemljivačem. Prilikom mjerenja spoj se uz upotrebu odgovarajućeg ručnog alata mora moći otvoriti i odspojiti. Nakon mjerenja spoj

se mora ponovno zatvoriti. Sve metalne mase dulje od 2 m ili površine veće od 2 m² moraju se spojiti na LPS.

Tablica 7. Gradivo, profili i najmanje površine presjeka hvataljki i odvoda

Gradivo	Profil	Najmanja površina presjeka, mm ²	Napomena
Bakar	puna traka	50	2 mm – najmanje debljine
	puni okrugli ⁷⁾	50	8 mm – promjer
	sukani (od više žica)	50	1,7 mm - najm. promjer svake žice
	puni okrugli ^{3), 4)}	200	16 mm diameter
Bakar pokositreni ¹⁾	puna traka	50	2 mm – najmanje debljine
	puni okrugli ⁷⁾	50	8 mm – promjer
	sukani	50	1,7 mm - najm. promjer svake žice
Aluminij	puna traka	70	3 mm – najmanje debljine
	puni okrugli	50	8 mm – promjer
	sukani	50	1,7 mm - najm. promjer svake žice
Aluminijeva legura	puna traka	50	2,5 mm – najmanje debljine
	puni okrugli	50	8 mm – promjer
	sukani	50	1,7 mm - najm. promjer svake žice
	puni okrugli ³⁾	200	16 mm – promjer
Čeljezo vruće pocinčano ²⁾	puna traka	50	2,5 mm – najmanje debljine
	puni okrugli	50	8 mm – promjer
	sukani	50	1,7 mm - najm. promjer svake žice
	puni okrugli ^{3), 4)}	200	16 mm – promjer
Nehrđajući čelik ⁵⁾	puna traka ⁶⁾	50	2 mm – najmanje debljine
	puni okrugli ⁶⁾	50	8 mm – promjer
	sukani	70	1,7 mm - najm. promjer svake žice
	puni okrugli ^{3), 4)}	200	16 mm – promjer

2.4.3. Sustav uzemljivača

Uzemljivači su u zemlju ukopani metalni dijelovi koji su sa njom u provodnoj vezi. Dijelovi dovoda do uzemljivača, koji leže neizolirano u zemlji također se smatraju dijelovima uzemljivača.

Da bi se struja munje što bolje raspršila u zemlji vrlo je bitan oblik i dimenzije sustava uzemljivača sa što manjim otporom uzemljenja (niži od 10 Ω).

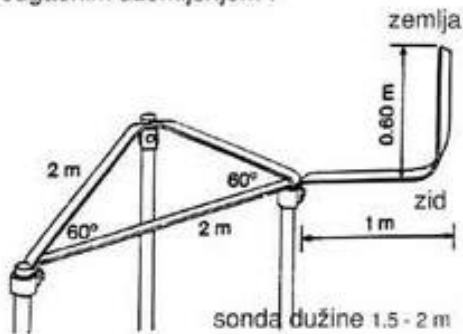
Kod izvođenja uzemljivača preporučuje se jednostavan zajednički sustav uzemljivača koji je pogodan za sve namjene (zaštitu od munje, uzemljenje elektroenergetskog i telekomunikacijskog sustava). Obavezno je spajanje sustava za izjednačavanje potencijala na uzemljivač.

Za sustave uzemljivača koriste se dvije osnovne vrste:

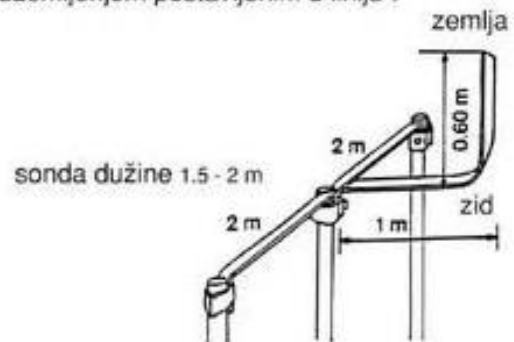
- vrsta A uzemljivača (slika 12.)
- vrsta B uzemljivača (slika 13.)

A - uzemljivači su vodoravni ili okomiti uzemljivači koji se spajaju na pojedini odvod. Ukupan broj uzemljivača vrste A ne smije biti manji od dva uzemljivača. Potrebna duljina uzemljivača je u zavisnosti o otporu tla.

Gromobranski provodnik sa trougaonim uzemljenjem :



Gromobranski provodnik sa uzemljenjem postavljenim u liniju :



Slika 12. Predodžba A uzemljivači [22]

B uzemljivači su uzemljivači u obliku prstena izvan građevine u dodiru sa tlom na najmanje 80 % svoje ukupne duljine ili temeljni uzemljivači. Takvi uzemljivači također mogu biti mrežasti. Za prstenasti ili temeljni uzemljivač srednji polumjer r_e ekvivalentnog kruga obuhvaćenog uzemljivačem ne smije biti manji od vrijednosti l_1 :

$$r_e \geq l_1$$

gdje je l_1 duljina uzemljivača ovisno o vrsti LPS.

Kada je zahtijevana vrijednost l_1 veća od odgovarajuće vrijednosti r_e moraju se ugraditi dodatni vodoravni ili okomiti uzemljivači.

Preporučuje se da broj uzemljivača ne bude manji od broja odvoda, a najmanje dva.

Dodatni uzemljivači smiju biti spojeni na prstenasti uzemljivač jedino na mjestima spoja odvoda s prstenastim uzemljivačem.



Slika 13. Predodžba B uzemljivač [23]

- 1 križna spojnica,
- 2 plosnati vodič,
- 3 okrugli vodič,
- 4 traka za zaštitu od korozije,
- 5 sonda za uzemljenje

Uzemljivači najčešće dolaze u slijedećim izvedbama:

- *trakasti* - u obliku metalne trake koja se polaže u zemlju (najčešće je od pocinčanog čelika)
- *štapni* - u obliku metalne šipke ili cijevi koja se ukopa okomito u zemlju,
- *temeljni* - metalni vodiči koji se postavljaju u temelje objekta i preko velike površine betona dolaze u kontakt s okolnom zemljom.

Temeljni uzemljivači polažu se u beton temelja. Njihova je prednost u tome da su relativno dobro zaštićeni od korozije ako je beton odgovarajuće konstruiran i pokriva temeljni uzemljivač slojem od najmanje 50 mm.

2.4.4 Polaganje uzemljivača

Preporuča se da vanjski prstenasti uzemljivači (vrste B) budu položeni u zemlju na dubinu od najmanje 0,5 m i raspoređeni što je više moguće jednoliko, da bi se na najmanju mjeru smanjili učinci električnog međudjelovanja.

Uzemljivači A moraju biti položeni izvan građevine koju treba štititi na dubini većoj od 0,5 m i raspoređeni koliko je više moguće jednoliko, da bi se na najmanju moguću mjeru smanjili učinci električnog međudjelovanja.

Uzemljivači se moraju polagati tako da se tijekom izvedbe može obavljati nadzor.

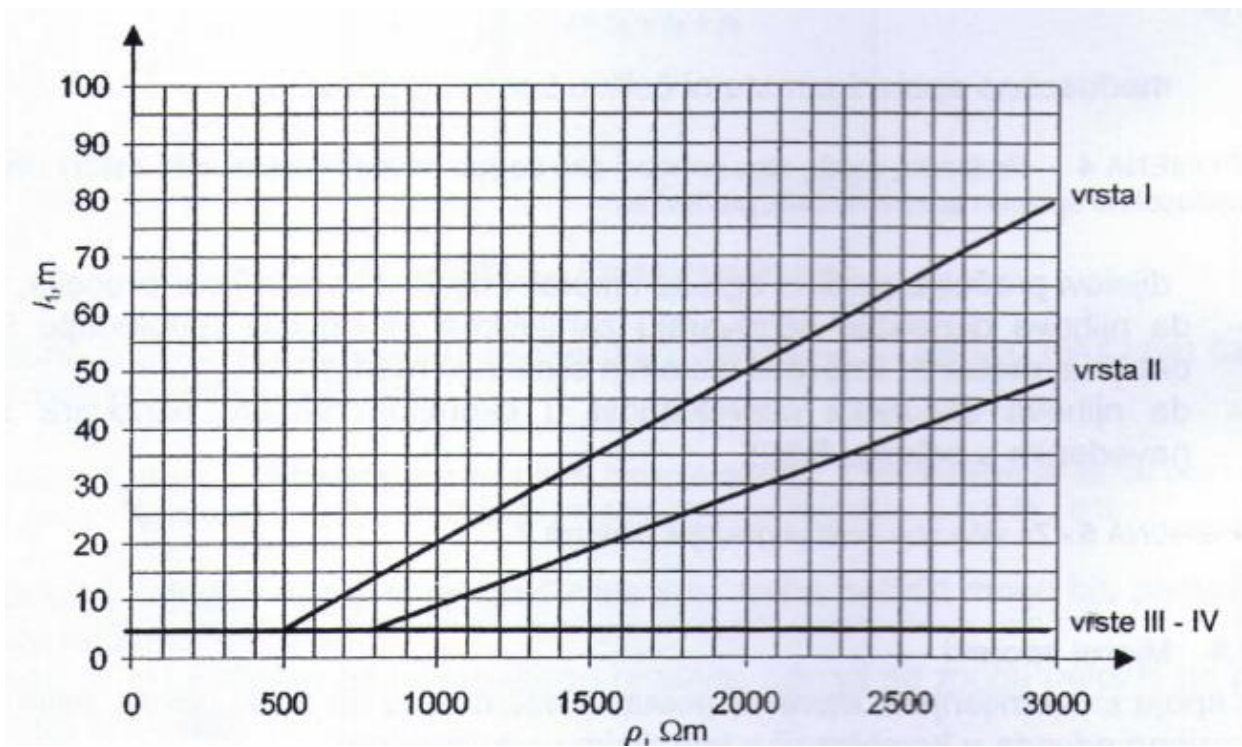
Dubina polaganja i vrsta uzemljivača moraju biti takvi da se na najmanju mjeru svede korozije, isušivanje tla i smrzavanje, čime se stabilizira obični otpor uzemljenja.

Za stjenovito tlo i građevine s većim elektroničkim sustavima ili građevine s visokim rizikom od požara preporučaju se samo uzemljivači vrste B.

Karakteristika zemljišta bitna je za izvedbu uzemljivača. Odnosi specifičnih otpora tla prikazani su u tablici 8.

Tablica 8. Karakteristike tla

Vrsta materijala	Specifični otpor tla(Ωm)
Močvarno zemljište	90-150
Oranice	90-150
Vlažni sitni pijesak	90-150
Vlažni krupni pijesak	500
Kamenito tlo	100-3000
Beton	150-500



Slika 14. Predodžba najmanja duljina l1 pojedinog uzemljivača ovisno o vrsti [14]

Gradivo	Upotreba			Hrđanje		
	u otvorenom zraku	u zemlji	u betonu	otpor	povećano zbog	može biti uništeno u galvanskom spoju s
Bakar	puni sukani	puni sukani presvlaka	puni sukani presvlaka	povoljan u mnogim sredinama	sumpornih spojeva organskih tvari	-
Vruće pocinčano željezo	puno sukano	puno	puno sukano	prihvatljivo u zraku, u betonu i u neutralnim tlima	velikog sadržaja klorida	bakrom
Nehrđajući čelik	puni sukani	puni sukani	puni sukani	povoljan u mnogim sredinama	velikog sadržaja klorida	-
Aluminij	puni usukani	nije pogodan	nije pogodan	dobar u atmosferi koja sadrži niske koncentracije sumpora i klorida	lužnatih otopina	bakrom
Olovo	puno kao presvlaka	puno kao presvlaka	nije pogodno	dobro u atmosferi koja sadrži niske koncentracije sumpora	kiselih tala	bakrom nehrđajućim čelikom

NAPOMENA 1 - Ova tablica daje samo opće upute. U posebnim okolnostima moraju se uzeti u obzir dodatne mjere zaštite od hrđanja (pogledajte Dodatak E).

NAPOMENA 2 - Sukani vodiči osjetljiviji su na hrđanje od punih vodiča. Sukani su vodiči također osjetljiviji na hrđanje na mjestima ulaza ili izlaza iz zemlje/betona. To je razlog zašto sukani pocinčani vodiči nisu preporučivi za polaganje u zemlju.

NAPOMENA 3 - Pocinčano željezo može pohrdati u ilovačastom ili vlažnom tlu.

NAPOMENA 4 - Pocinčano željezo u betonu ne smije prelaziti u tlo baš zbog mogućeg hrđanja željeza na mjestima izvan betona.

NAPOMENA 5 - Pocinčano željezo u dodiru sa čelikom armature u betonu može pod određenim okolnostima prouzročiti štetu na betonu.

NAPOMENA 6 - Upotreba olova u zemlji često se zabranjuje ili ograničuje zbog očuvanja okoliša.

Slika 15. Predložba materijali za LPS i uvjeti njihove upotrebe [14]

Građivo	Profil	Najmanje dimenzije			Napomene
		Štapni uzemljivač Ø mm	Vodoravni uzemljivač	Pločasti uzemljivač mm	
Bakar	sukani ³⁾		50 mm ²		1,7 mm – najmanja promjer svake žice 8 mm - promjer 2 mm – najmanja debljina 2 mm – najmanja debljina stijenke 2 mm – najmanja debljina presjek 25 mm x mm; najmanja dužina rešetke: 4,8 m.
	puni okrugli ⁴⁾		50 mm ²		
	puna traka ³⁾	15 ⁴⁾	50 mm ²		
	puni okrugli cijev	20			
	puna ploča rešetkasta ploča			500 x 500 mm 600 x 600	
Željezo	pocinčano puno okruglo ^{3), 4)}	16 ⁴⁾	10 mm Ø		2 mm – najmanja debljina stijenke 3 mm – najmanja debljina 3 mm – najmanja debljina 30 mm x 3 mm presjek 250 µm – najmanja radijalna debljina bakrene presvlake od 99,9 % bakra 3 mm najm. debljina 1,7 mm – najmanja debljina svake žice
	pocinčana cijev ^{3), 4)}	25			
	pocinčana puna traka ¹⁾		90 mm ²		
	pocinčana puna ploča ¹⁾			500 x 500 mm	
	pocinčana rešetkasta ploča ¹⁾			600 x 600	
	puni okrugli presvučen bakrom ⁴⁾	14	10 mm Ø		
	goli puni okrugli ⁴⁾		75 mm ²		
	gola ili pocinčana puna traka ^{3), 4)}				
	pocinčano sukano ^{3), 4)}	50 x 50 x 3	70 mm ²		
	pocinč. križni profil ¹⁾				
nehrđajući čelik ¹⁾	puni okrugli	15 ⁴⁾	10 mm Ø		2 mm – najmanja debljina
	puna traka		100 mm ²		

Slika 16. Predodžba materijali, oblici i najmanje dimenzije uzemljivača [14]

2.5. Unutarnji sustav zaštite od munje

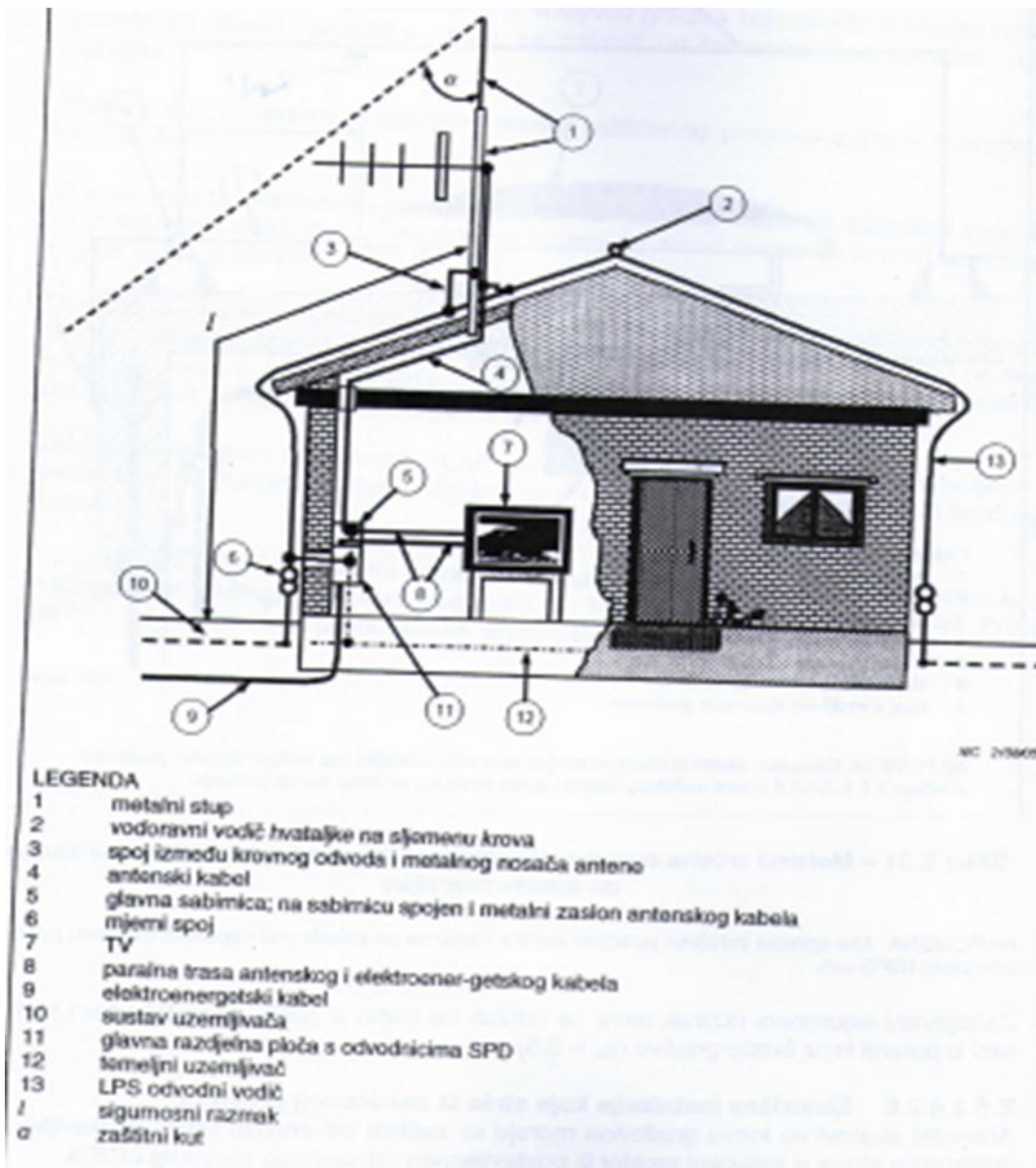
Unutarnji LPS (slika 17.) namijenjen je sprječavanju pojave opasnih iskrenja unutar građevine koju treba zaštititi zbog protjecanja struje munje kroz vanjski LPS ili kroz vodljive dijelove same građevine.

Opasno iskrenje može se pojaviti između vanjskog LPS i drugih sastavnica kao što su:

- metalne instalacije,
- unutarnji sustavi,
- vanjski vodljivi dijelovi i vodovi spojeni s građevinom.

Opasno iskrenje između raznih dijelova može se izbjeći:

- izjednačavanjem potencijala,
- postavljanjem električne izolacije između raznih dijelova



Slika 17. Predodžba LPS stambene kuće [14]

2.5.1. Izjednačavanje potencijala

Izjednačavanje potencijala postiže se spajanjem LPS-a sa:

- metalnim dijelovima građevine,
- metalnim instalacijama,
- unutarnjim sustavima,
- vanjskim vodljivim dijelovima i vodovima spojenim sa građevinom.

Ako je ispunjen uvjet izjednačavanja potencijala LPS sa unutarnjim sustavima, dio struje munje može proteći tim sustavima.

Izjednačavanje potencijala može se obaviti:

- spajanjem vodičima, na mjestima gdje se ne može osigurati električna neprekidnost putem prirodnih sastavnica,
- odvodnicima prenapona i struje munje.

Izjednačavanje potencijala potrebno je obaviti u:

- u podrumu ili razizemlju. Vodiči za izjednačavanje potencijala moraju biti spojeni na sabirnicu za izjednačavanje potencijala, koja mora biti spojena na sustav uzemljivača.
- na mjestima gdje nisu ispunjeni uvjeti izoliranosti.

Tablica 9. Najmanji presjeci vodiča za spajanje sabirnice za izjednačavanje potencijala sa sustavom uzemljivača

Vrsta LPS	Gradivo	Površina presjeka (mm ²)
I do IV	Bakar	14
	Aluminij	22
	Željezo	50

Tablica 10. Najmanji presjeci vodiča za spajanje unutarnjih metalnih instalacija na sabirnicu za izjednačavanje potencijala

Vrsta LPS	Gradivo	Površina presjeka (mm ²)
I do IV	Bakar	5
	Aluminij	8
	Željezo	16

Vodovodne i plinovodne cijevi, uz suglasnost distributera, moraju se premostiti odvodnicima struje munje i prenapona (SPD) projektiranih za takav način rada (slika 18.).

Ako vodiči unutarnjih sustava nisu položeni u metalnim uzemljenim kanalima mora ih se spojiti putem odvodnika prenapona. U TN sustavima, PE i PEN vodiči moraju se spojiti direktno sa LPS-om ili preko SPD-a.

Svi vodiči svih vodova moraju se spojiti direktno ili preko SPD-a. Vodiči pod naponom spajaju se na sabirnice za izjednačavanje potencijala uz pomoć SPD.

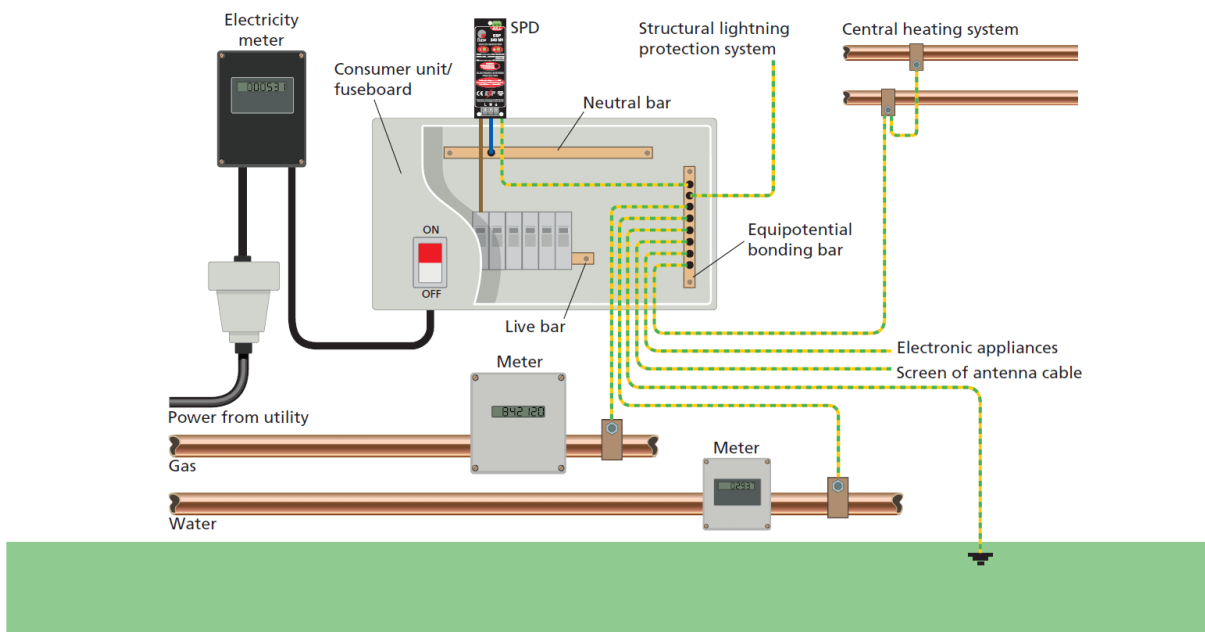


Figure 21: Example of main equipotential bonding

Slika 18. Predodžba izjednačavanje potencijala [24]

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1 Održavanje i pregled sustava zaštite od munje

Svaki sustav zaštite od munje mora se u toku postavljanja odnosno izvedbe, ali prije predaje korisniku pregledati i ispitati kao i u toku trajanja građevine.

Održavanje sustava podrazumijeva:

- redovite preglede sustava, u vremenskim razmacima i na način određen projektom građevine i propisom,
- izvanredne preglede sustava nakon kakvog izvanrednog događaja ili po zahtjevu inspekcije,
- izvođenje radova kojima se sustav zadržava ili vraća u stanje određeno elektrotehničkim projektom građevine u skladu s kojim je sustav izveden.

Ispunjavanje propisanih uvjeta održavanja sustava dokumentira se u skladu s projektom građevine te:

- izvješćima o pregledima i ispitivanjima sustava
- zapisnicima o radovima održavanja,
- na drugi prikladan način.

Za održavanje sustava dopušteno je rabiti samo one proizvode za koje je izdana isprava o sukladnosti.

Održavanjem građevine ili zamjenom dijelova sustava mora se provesti na način da se tim radovima ne smiju se ugroziti tehnička svojstva i ispunjavanje propisanih zahtjeva za sustav.

3.2. Postupak i sadržaj pregleda

Pregled sustava zaštite od munje potrebno je obaviti:

- tijekom gradnje građevine (provjera ugrađenih uzemljivača),
- nakon ugradnje LPS,
- periodički u razmacima koji su određeni svojstvima građevine koju treba zaštititi odnosno o vrsti LPS (tablica)

3.2.1. Postupak pregleda

Pregled obuhvaća provjeru tehničke dokumentacije, vizualni pregled, ispitivanje i izradu zapisnika o pregledu.

3.2.2. Provjera tehničke dokumentacije

Provjerava se da li je tehnička dokumentacija potpuna, odgovara li važećim normama i propisima i njena sukladnost sa izvedenim stanjem.

3.2.3. Vizualni pregled

Vizualni pregled provodi se da bi se utvrdilo:

- da projekt odgovara normi i propisu,
- da je LPS u dobrom stanju,
- da nema labavih spojeva i prekida vodiča i spojeva LPS,
- da nijedan element sustava nije oslabljen zbog korozije (slika 19.), posebno pri tlu,
- da su spojevi sa uzemljenjem u prvotnom stanju,
- da su svi vodiči i sastavnice sustava pričvršćene na odgovarajuće površine,
- da nije bilo dodataka ili izmjena na štíćenoj građevini koje bi zahtijevalo dodatno proširenje LPS,
- da nema naznake šteta na LPS i SPD

- da je izvedeno pravilno izjednačavanje potencijala za bilo koji novi opskrbeni vod,
- da postoje i da su u prvotnom stanju vodiči i spojevi za izjednačavanje potencijala u građevini,
- da su vodiči za izjednačavanje potencijala, spojevi, naprave za uklapanje, kabelski kanali i SPD provjereni i ispitani.

Vizualni pregled se sastoji od utvrđivanja sukladnosti izrade sustava sa odgovarajućim projektom, pravilnikom i normama. Provjeravanje se sastoji od utvrđivanja da li ugrađena oprema odgovara propisanim normama. Vizualni pregled obavezno prethodi mjerenju. Tijekom periodičkih pregleda nije nužno obavljati neke od prethodno navedenih pregleda, ako se nije mijenjala oprema.



Slika 19. Predodžba oksidirani odvod gromobrana [25]

3.2.4. Ispitivanje

Pregled i ispitivanje LPS uključuje vizualni pregled koji mora sadržavati sljedeće radnje:

- a) Ispitivanje neprekidnosti, posebno onih dijelova LPS koji nisu bili vidljivi za pregled tijekom početka izvedbe,
- b) Mjerenje otpora uzemljenja svakog pojedinog uzemljivača (A vrsta) i otpora cijelog sustava uzemljivača (B vrsta) (slika 20.). Otpor uzemljenja svakog pojedinog uzemljivača mora se mjeriti odvojeno s mjernom točkom između odvoda i odvojenog uzemljivača,
- c) Izrade ispitne dokumentacije.

Tablica 11. Rokovi redovitih pregleda i ispitivanja sustava

Razina sustav zaštite	Razdoblje između pregleda	Razdoblje između ispitivanja i mjerenja	Razdoblje između pregleda kritičkih dijelova
I	1 godina	2 godine	1 godina
II	1 godina	4 godine	2 godina
III, IV	2 godina	6 godine	3 godina



Slika 20. Predodžba ispitivanje otpora uzemljenja [14]

3.2.5. Ispitna dokumentacija

Izveštaj o pregledu LPS mora sadržavati slijedeće podatke:

- podatke od primijenjenim propisima i normama (slika 21.)
- opće stanje vodiča i drugih sastavnica hvataljke (slika 22.)
- opće stanje korozije i zaštite od korozije
- stanje unutarnjeg LPS
- sigurnost spojeva vodiča i ostalih sastavnica LPS
- rezultate mjerenja otpora rasprostiranja uzemljenja
- rezultate ispitivanja stanja uzemljivača
- rezultate mjerenja otpora skrivenih spojeva
- rezultate mjerenja električne povezanosti metalnih instalacija u građevini
- odstupanja od zahtjeva norme
- dokumentaciju o svim promjenama i proširenjima LPS i svim promjenama na građevini

- podatke o stručnoj ustanovi i osobi koja je obavila ispitivanje
- mjerenu metodu
- instrument i broj ovjernice kojim je obavljeno ispitivanje
- zaključna ocjena vizualnog pregleda
- zaključna ocjena ispitivanja sustava

2. PODACI O REFERENTNIM DOKUMENTIMA					
<p>2.A. Podaci o odobrenom elektrotehničkom projektu u skladu s posebnim propisima, uključivo pripadni program osiguranja i kontrole kvalitete: - Glavni elektrotehnički projekt, MAPA IV, T.D. 83/15, ZOP: 01_07_15 izrađen od strane INTERKONZALTING d.o.o.</p>					
<p>2.B. Podaci o primijenjenim odredbama Tehničkog propisa za sustave zaštite od djelovanja munje na građevinama: - poglavlje III (Građevni proizvodi za ugradnju u sustav zaštite od munje) - poglavlje VI (Održavanje sustava zaštite od munje) - Prilog C. (Izvođenje i održavanje sustava)</p>					
<p>2.C. Podaci o primijenjenim normama (označiti sa X):</p>					
HRN EN 62 305:	-1 <input checked="" type="checkbox"/> , - 2 <input type="checkbox"/> , - 3 <input checked="" type="checkbox"/> , - 4 <input checked="" type="checkbox"/>				
HRN EN 50164:	-1 <input checked="" type="checkbox"/> , - 2 <input checked="" type="checkbox"/> , - 3 <input checked="" type="checkbox"/>				
HRN IEC 61 643:	-12 <input checked="" type="checkbox"/>				
HRN CLC/TS 61 643:	-22 <input type="checkbox"/>				
HRN EN 61 663:	-1 <input checked="" type="checkbox"/> , - 2 <input checked="" type="checkbox"/>				
<p>Ostale norme:</p>					
<p>2.D. Podaci od proizvođača za sastavnice sustava: prilikom pregleda/ispitivanja predložene su slijedeće isprave za ugrađene materijale/sastavnice: -</p>					
<p>Potvrda na glavni projekt / građevinska dozvola: -</p>					
Uporabna dozvola:	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>- da</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>- ne (ispitivanje obavljeno prije tehničkog pregleda)</td> </tr> </table>		- da	<input checked="" type="checkbox"/>	- ne (ispitivanje obavljeno prije tehničkog pregleda)
	- da				
<input checked="" type="checkbox"/>	- ne (ispitivanje obavljeno prije tehničkog pregleda)				
<p>Pregled i ispitivanje obavio/obavili: Boris Nikolov mag.ing.el.</p>					
<p>Ime odgovorne osobe za pregled i ispitivanje sustava: Boris Nikolov mag.ing.el.</p>					
<p>Broj uvjerenja odgovorne osobe o položenom stručnom ispitu u graditeljstvu: Klasa: EL 0156, kl. 133-04/09-03/68</p>					

Slika 21. Ispitna dokumentacija [14]

3. PODACI O OBAVLJENOM PREGLEDU	
3.A. Stanje vanjskog sustava zaštite od munje	
Vrsta sustava zaštite (razina zaštite): <input type="checkbox"/> - I <input type="checkbox"/> - II <input type="checkbox"/> - III <input checked="" type="checkbox"/> - IV	
U skladu s projektom: <input checked="" type="checkbox"/> - da <input type="checkbox"/> - ne <input type="checkbox"/> _____	
Vrsta hvataljki:	<input type="checkbox"/> - mreža vodiča <input checked="" type="checkbox"/> - štapne hvataljke <input type="checkbox"/> - odvojeni vanjski sustav <input type="checkbox"/> - ostalo: _____
U skladu s projektom: <input checked="" type="checkbox"/> - da <input type="checkbox"/> - ne <input type="checkbox"/> _____	
Gradivo hvataljke: <input type="checkbox"/> - FeZn <input type="checkbox"/> - Cu <input checked="" type="checkbox"/> - Al	
Presjek vodiča sustava hvataljki:	
<input checked="" type="checkbox"/> okrugli – puni: \varnothing 8 mm	
<input type="checkbox"/> okrugli – sukani od više žica: _____ mm ²	
<input type="checkbox"/> traka: _____ mm	
Stanje vodiča:	<input checked="" type="checkbox"/> - u redu <input type="checkbox"/> - nije u redu: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> - vodič na mjestu _____ prekinut <input type="checkbox"/> - vodič na mjestu _____ pohrđan <input type="checkbox"/> - vodič na mjestu _____ olabavljen
Stanje spojeva:	<input checked="" type="checkbox"/> - u redu <input type="checkbox"/> - nije u redu: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> - na mjestu _____ olabavljen <input type="checkbox"/> - na mjestu _____ pohrđan <input type="checkbox"/> - ostalo: _____
U skladu s projektom: <input checked="" type="checkbox"/> - da <input type="checkbox"/> - ne <input type="checkbox"/> _____	

Slika 22. Predodžba ispitna dokumentacija [14]

Gradivo odvoda: <input checked="" type="checkbox"/> - FeZn <input type="checkbox"/> - Cu <input type="checkbox"/> - Al	
Presjek vodiča odvoda:	
<input type="checkbox"/> okrugli – puni: _____ mm	
<input type="checkbox"/> okrugli – sukani od više žica: _____ mm ²	
<input checked="" type="checkbox"/> traka: 30X4 _____ mm	
Stanje vodiča:	
<input checked="" type="checkbox"/> - u redu	
<input type="checkbox"/> - nije u redu:	
<input type="checkbox"/> - vodič na mjestu _____ prekinut	
<input type="checkbox"/> - vodič na mjestu _____ pohrđan	
<input type="checkbox"/> - vodič na mjestu _____ olabavljen	
Ostale primjedbe:	
U skladu s projektom: <input checked="" type="checkbox"/> - da <input type="checkbox"/> - ne	
<input type="checkbox"/>	
Stanje mjernih spojeva:	
<input checked="" type="checkbox"/> - u redu	
<input type="checkbox"/> - nije u redu na odvodu:	
<input type="checkbox"/> - ostale primjedbe:	
U skladu s projektom: <input checked="" type="checkbox"/> - da <input type="checkbox"/> - ne	
<input type="checkbox"/>	
Ima li dogradnji / preinaka koje zahtijevaju proširenje vanjskog sustava:	
<input type="checkbox"/> da	
<input checked="" type="checkbox"/> ne	
3.B. Stanje unutarnjeg sustava zaštite od munje	
Stanje odvodnika struje munje i prenapona:	
- na elektroenergetskom kabelu / nadzemnom vodu:	
- oštećen ili proradio: <input type="checkbox"/> - da <input checked="" type="checkbox"/> - ne	
- osigurač pregorio: <input type="checkbox"/> - da <input checked="" type="checkbox"/> - ne	
- na telekomunikacijskom kabelu / nadzemnom vodu:	
- oštećen ili proradio: <input type="checkbox"/> - da <input checked="" type="checkbox"/> - ne	
- osigurač pregorio: <input type="checkbox"/> - da <input checked="" type="checkbox"/> - ne	
Odvodnici su ugrađeni u razdjelnim elektro ormarima:	
- proizvođač:	
- tip:	
- teh. podaci:	
- ostale primjedbe:	

Slika 23. Predodžba ispitna dokumentacija [14]

3.3. Mjerne metode

Otpor cijelog sustava uzemljenja treba biti što manji, da bi neželjene struje generirale što manje padove napona u mreži. Idealno bi bilo da je taj otpor 0 Ω, ali to realno nije moguće ostvariti. Generalno, dobro je ono uzemljenje, koje u danim uvjetima osigurava najmanji mogući otpor

neželjenim strujama. Temelj dobrog sustava uzemljenja je odabir terena, tj. ispitivanje tla, koje okružuje taj sustav.

To se postiže mjerenjem četiri osnovne veličine:

- a) električnog otpora elektrode (metalne sonde, trake, mreže, ploče),
- b) otpora kontakata kabel-elektroda,
- c) otpora kontakata elektroda-zemlja,
- d) otpora zemlje tj. tla koje okružuje elektrodu.

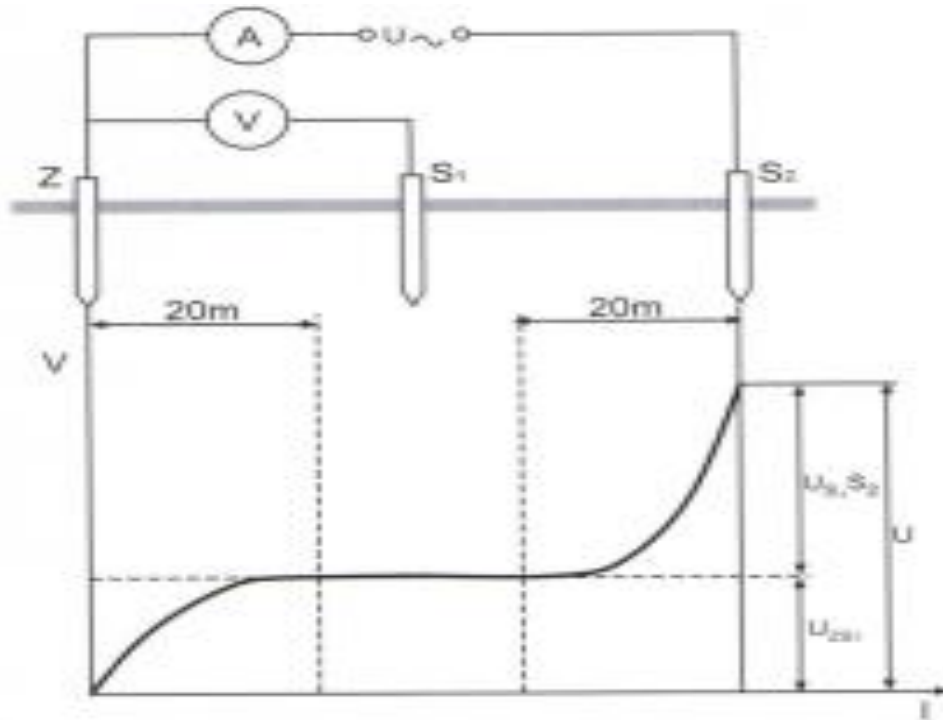
Za mjerenje otpora uzemljenja koristimo neku od slijedećih metoda:

- a) mjerenje struje i napona U-I metodom,
- b) mosna metoda,
- c) kompenzacijska metoda,
- d) metoda usporedbe,
- e) mjerenje otpora petlje (u posebnim slučajevima).

3.3.1. U-I metoda

Opis mjerenja:

Kroz uzemljivač se propusti određena izmjenična struja i izmjeri pad napona, koji ona izaziva na otporu uzemljivača. Za tu svrhu potrebno je zabiti u zemlju na odgovarajućoj udaljenosti pomoćnu sondu S_2 te između mjernog uzemljivača i sonde S_2 priključiti izmjenični napon U . Gustoća struje u zemlji bit će najveća u blizini uzemljivača Z i sonde S_2 . Napon izmjeničnog izvora neće se trošiti samo na otporu uzemljenja ispitivanog uzemljivača Z , već i na otporu uzemljenja sonde S_2 , pa je potrebno zabiti između njih još jednu pomoćnu sondu S_1 . Voltmetar dovoljno velikog unutarnjeg otpora, priključen između Z i S_1 mjeriti će pad napona na otporu ispitivanog uzemljivača Z . Pri tome treba paziti da sonda S_1 bude dovoljno daleko od uzemljivača Z i sonde S_2 (slika 24.).

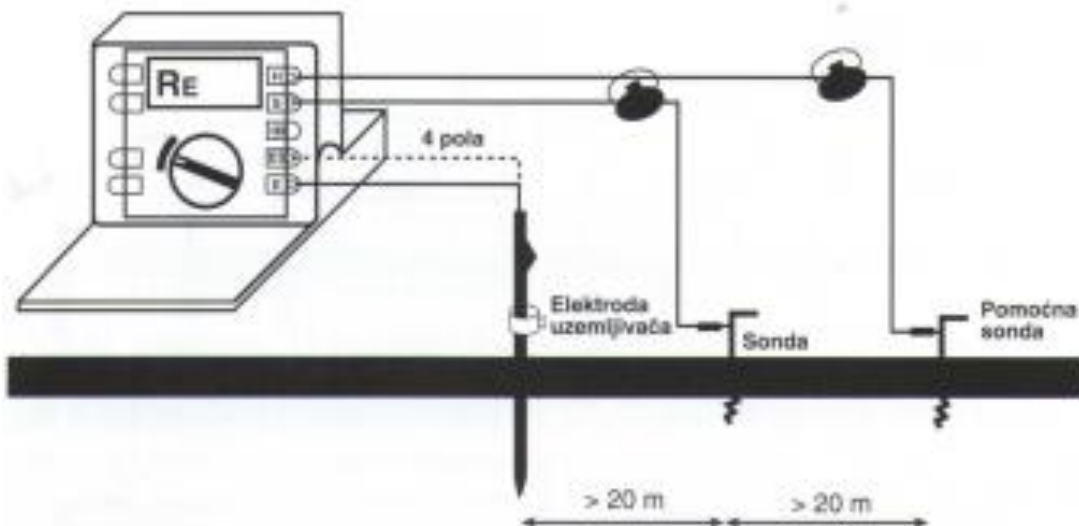


Slika 24. Predodžba raspored potencijal oko uzemljivača i pomoćne sonde [14]

3.3.2. 3-polno/4-polno mjerenje otpora uzemljenja

Primjenom mjerne funkcije 3-polno/4-polno mjerenje, mjeri se otpor uzemljenja uzemljivača, glavne sonde i pomoćne sonde, te specifični otpor tla.

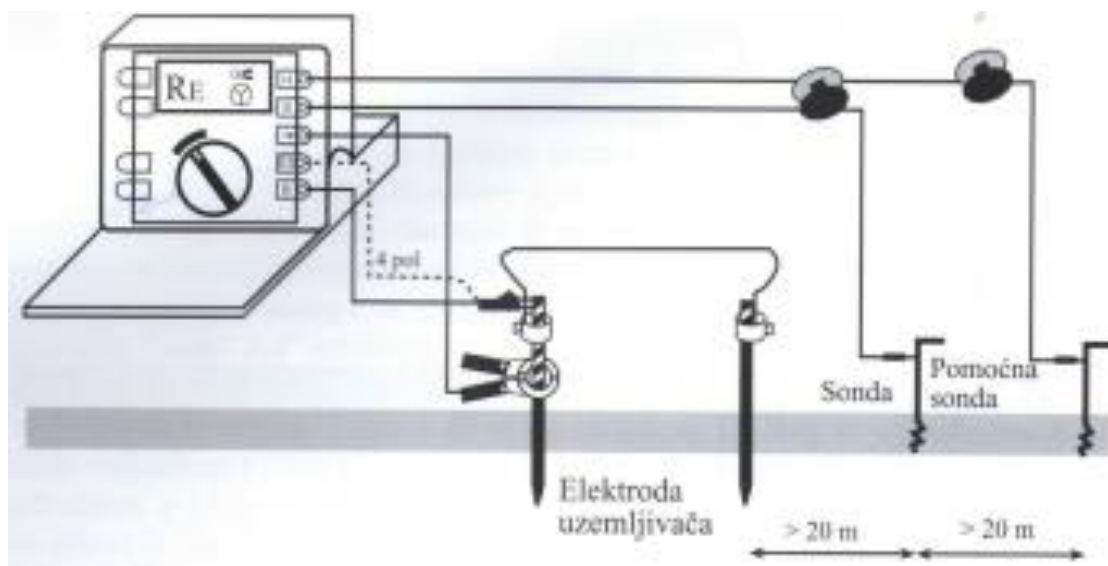
Nakon postavljanja svih mjernih elemenata kao na slici 25. pristupa se mjerenju mjernim uređajem. Bitno je pripaziti na propisani razmak između sonde i uzemljivača (zbog potencijala uzemljivača).



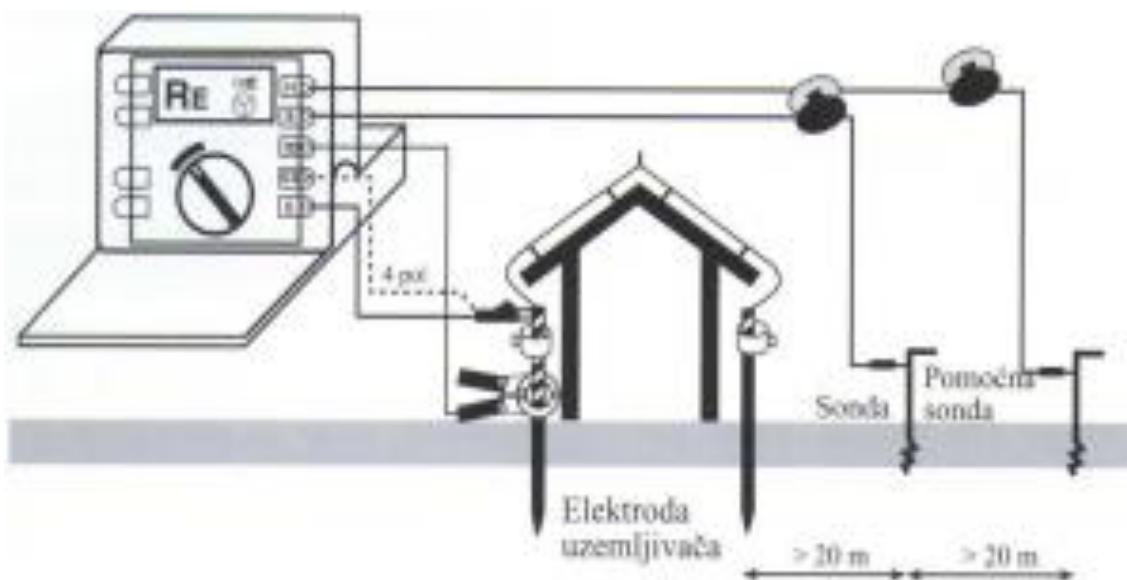
Slika 25. Predodžba 3-polno/4-polno mjerenje otpora uzemljenja [14]

3.3.3. Selektivno mjerenje otpora uzemljenja primjenom strujnih kliješta i dvije sonde

Ova metoda se koristi kada je potrebno mjeriti otpor uzemljenja nekog uzemljivača, a postoji više takvih uzemljivača u paraleli, a ne želi se odvajati promatrani uzemljivač od sustava. Koriste se strujna kliješta (slika 26.,27.), koja stvore tok struje kroz promatrani uzemljivač, a da se pritom ne intervenira na konstrukciju samog uzemljivača, niti se isključuje mrežni napon bilo koje razine.



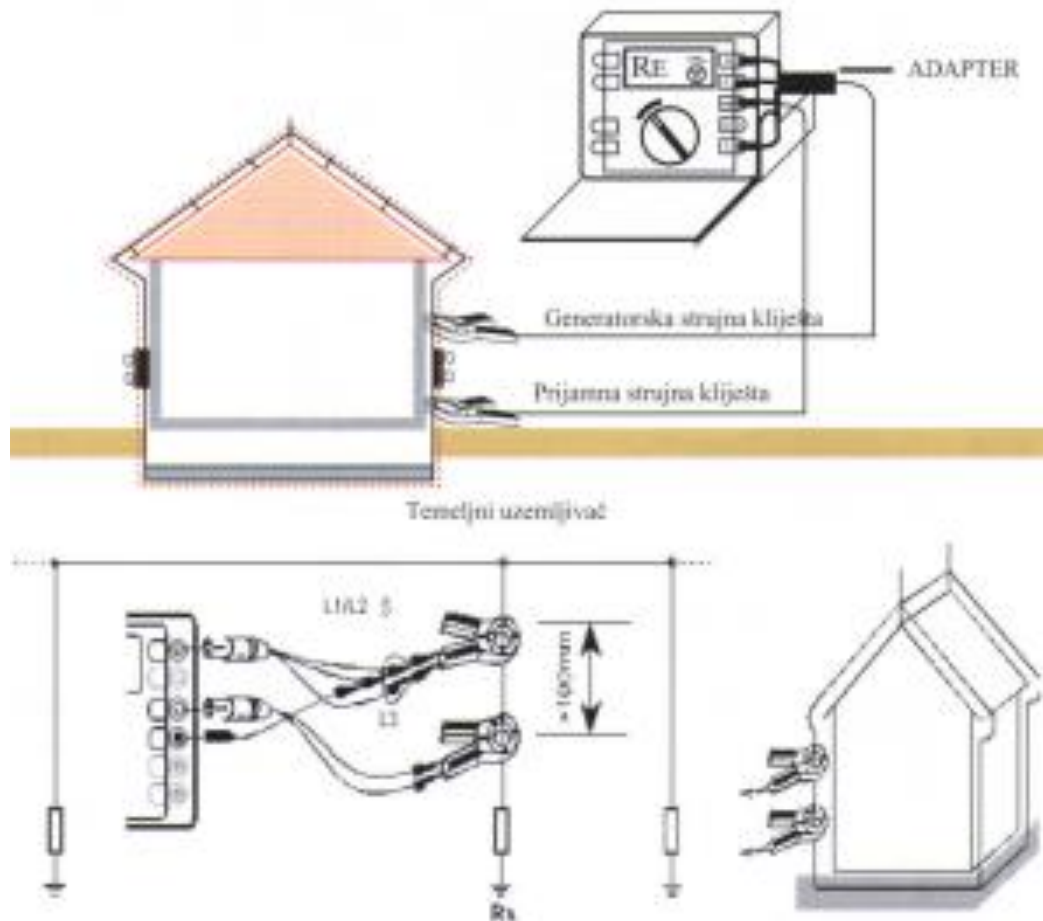
Slika 26. Predodžba mjerenje otpora uzemljenja pomoću strujnih kliješta i sonda [14]



Slika 27. Predodžba mjerenje otpora uzemljenja pomoću strujnih kliješta i sonda [14]

3.3.4. Mjerenje otpora uzemljenja primjenom jednog para strujnih kliješta

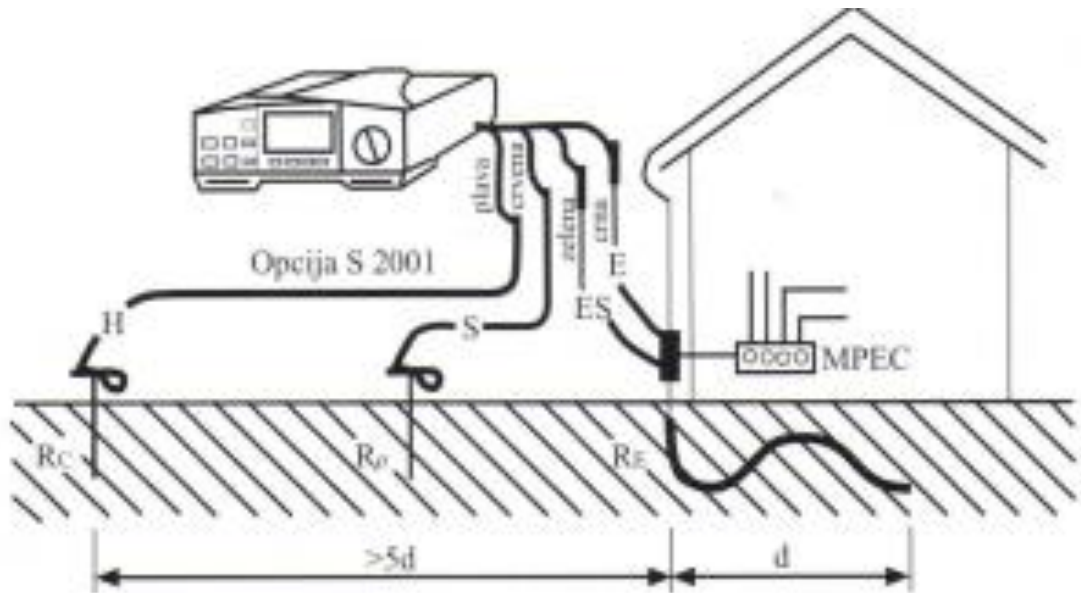
Ova metoda se koristi kada je potrebno mjeriti otpor uzemljenja nekog uzemljivača, a postoji više takvih uzemljivača u paraleli, a ne želi se odvajati promatrani uzemljivač od sustava, te se ne žele rabiti pomoćne sonde ili oko građevine nema tla za korištenje sonde (slika 28.).



Slika 28. Predodžba mjerenje otpora uzemljenja pomoću strujnih kliješta [14]

3.3.5. Mjerenje otpora uzemljenja primjenom sonde

Ova metoda se koristi kada je potrebno mjeriti otpor uzemljenja nekog uzemljivača, a postoji više takvih uzemljivača u paraleli. Za potrebe mjerenja potrebno je odspojiti mjerne spojeve i na odgovarajućim razmacima zabiti sonde u tlo i povezati ih vodičima sa kontaktima instrumenata (slika 29.).



Slika 29. Predodžba mjerenje otpora uzemljenja pomoću dviju sondi [14]

3.3.6. Ispitivanje neprekinutosti vodiča za izjednačavanje potencijala

Ispitivanjem neprekinutosti vodiča za izjednačavanje potencijala treba utvrditi i pouzdanost galvanskog spoja sa zaštitnim kontaktima, sabirnicama zaštitnog vodiča.

Ispitivanje će biti ispravno samo u onom slučaju ako kroz spojeno mjesto protječe dovoljno jaka struja, a to se postiže strujama većim od 0,2 A. Ispitivanja se mogu izvoditi izmjeničnom ili istosmjernom strujom.

Postoje dva načina ispitivanja:

- a) propuštanjem dovoljno jake struje kroz zaštitni vodič s pouzdanom indikacijom prolaska struje,
- b) mjerenjem otpora zaštitnog vodiča.

Stanje spojeva opskrbnih vodova sa sustavom uzemljenja te sustavom za izjednačivanje potencijala (oštećenost, pohrđalost , olabavljenost i sl.): ZADOVOLJAVA		
Stanje vodiča za izjednačavanje potencijala unutar građevine (oštećenost, olabavljeni spojevi i sl.): ZADOVOLJAVA		
Stanje spojeva na sabirnicama za izjednačivanje potencijala (oštećenost, olabavljeni spojevi, kućište oštećeno i sl.): ZADOVOLJAVA		
Ima li dogradnji / preinaka koje zahtijevaju proširenje unutarnjeg sustava te izmjenu ili dopunu projekta:		
<input type="checkbox"/>	- da:	
<input checked="" type="checkbox"/>	- ne	
Ostale primjedbe:		
4. PODACI O REZULTATIMA ISPITIVANJA I MJERENJA		
4.A. Mjerenje otpora rasprostiranja uzemljenja		
Mjerno mjesto	Izmjereni otpor (Ω)	Dozvoljeni otpor (Ω)
MM1	3,85	10
MM2	3,83	10
MM3	3,86	10
MM4	3,84	10
U skladu s projektom: <input checked="" type="checkbox"/> - da <input type="checkbox"/> - ne <input type="checkbox"/> _____		
Mjerne metode:	U-I metoda sa dvije pomoćne sonde	
Korišteni instrumenti (vrsta, podaci o umjeravanju):	EUROTEST XC MI3152 Proizvođač: METREL Tv. broj: 18250842 Ovjernica br.: 056-35/18 Datum ovjere: 11.10.2018.	

Slika 30. Predodžba ispitna dokumentacija [14]

4.B. Ispitivanje stanja uzemljivača (osim temeljnog) otkopavanjem na karakterističnom mjestu			
Vrsta uzemljivača:	temeljni	Gradivo:	FeZn
Presjek uzemljivača:	40x4 mm	Pohrđan:	DA <input type="checkbox"/> NE <input checked="" type="checkbox"/>
Uzemljivač: <input checked="" type="checkbox"/> - zadovoljava <input type="checkbox"/> - uglavnom zadovoljava <input type="checkbox"/> - ne zadovoljava			
Postaviti novi uzemljivač: <input type="checkbox"/> - da <input checked="" type="checkbox"/> - ne			
4.C. Mjerenje otpora skrivenih spojeva (u betonu i sl., orijentacijska vrijednost do 1 Ω sukladno Tehničkim propisima za sustave zaštite od munje na građevinama NN 87/2008- prilog C.6)			
- na sustavu hvataljki:	< 0,1		
- na odvodima:	< 0,1		
- na vodovima za izjednačivanje potencijala:	< 0,15		
- galvanska povezanost vodljivog pokrova:			
4.D. Mjerenje električne povezanosti metalnih instalacija u građevini (dozvoljeni otpor do 2 Ω sukladno članku 8. Pravilnika o tehničkim normativima za zaštitu niskonaponskih mreža i pripadajućih trafostanica (Sl. list br. 13/78, NN53/91)			
Metalne mase:			
Red.br.	Mjesto mjerenja	Izmjereni otpor (Ω)	
1.	Instalacija grijanja	< 0,10	
2.	Plinska instalacija	< 0,10	
3.	Ograda stubišta	< 0,10	
4.	Hidrantska mreža	< 0,10	
Mjerne metode:		U-I	
Korišteni instrumenti (vrsta, podaci o umjeravanju):		EUROTEST XC MI3152 Proizvođač: METREL Tv. broj: 18250842 Ovjernica br.: 056-35/18 Datum ovjere: 11.10.2018.	

Slika 31. Predodžba ispitna dokumentacija [14]

4. ZAKLJUČAK

Zadatak završnog rada zadan je od mentora i izrađen je u konzultaciji s mentorom. Ispitivanjem sustava zaštite od munje utvrđujemo usklađenost opreme sustav sa zahtjevima sigurnosti i normama, ispravnost odabira i montaže opreme, a utvrđuju se i eventualna oštećenja i vidljive greške nastale tijekom montaže opreme.

Neispravan ili neodgovarajuće izveden sustav zaštite od munje prilikom udara munje uštićenu građevinu neće adekvatno odvesti i rasprostrti struju munje u zemlju. U loše šticećenim objektima udar munje može u djeliću sekunde uništiti električnu instalaciju i opremu, pa čak i u okolnim objektima. Električne instalacije, računala, el. oprema i uređaji mogu pretrpjeti nepopravljiva oštećenja. Udar munje može biti opasan i za korisnike građevine ako dođe do preskoka struje munje na neku od nezaštićenih metalnih masa i na čovjeka.

Udar munje u čovjeka uzrokuje visoki napon u tijelu, reda veličine 100kV i uzrokuje toplinsko (opekotine), mehaničko (razaranje tkiva), kemijsko (elektrolitičkog razaranja krvne plazme) i biološke (kontrakcije srčanog mišića, paralize disanja, treperenja srčanog tkiva) oštećenje organizma.

Pri samom projektiranju LPS potrebno je proračunskim metodama odrediti razinu zaštite sustava na temelju kojega će projektant odabrati odgovarajući vanjski i unutarnji LPS. Pri izvođenju LPS potrebna je stalna kontrola i nadzor od strane stručnih nadležnih osoba (nadzornih inženjera). Izvedeni LPS potrebno je provjeravati ispitivanjima i mjerenjima i tijekom samog izvođenja i nakon završetka radova. Zakonskom regulativom propisani su rokovi periodičnih pregleda i ispitivanja.

Ispitivanje svojstava i karakteristika LPS provodi se vizualnim pregledom, provjeravanjima i mjerenjima. Vizualni pregled prethodi provjeravanju i mjerenju, a obuhvaća postupke kojima se utvrđuje da li je instalacija izvedena sukladno projektu, normi i pravilniku. Zatim slijedi provjeravanje kojim se utvrđuje da li izbor ugrađene opreme odgovara projektu i propisanim normama, te na posljatku se provode mjerenja, čime utvrđujemo određene fizikalne veličine i svojstva koja jamče siguran i ispravan rad instalacija.

Ako se prilikom pregleda utvrdi da je koji element sustava mehanički oštećen, korodirao ili neispravan potrebno je pristupiti sanaciji sustava ili tog elementa. Ako je izmjereni otpor uzemljenja uzemljivača izvan dopuštenih granica potrebno je isti pojačati dodavanjem uzemljivača A ili B vrste ovisi o mogućnostima.

Pravilnom primjenom ovakvog propisanog sustava ispitivanja mogućnost ugrožavanja zdravlja pa i života ljudi, te nastanka šteta na materijalnim dobrima svodi se na minimum.

LITERATURA

- [1] HASSE P., WIESINGER J., ZISCHAN W.: Priručnik za zaštitu od munje i uzemljenje, Zagreb: KIGEN, 2009.
- [2] MILEUSNIĆ, E.: Ispitivanje električne instalacije niskog napona. Zagreb: IPROZ, 2013.
- [3] NOVINC, Ž.: Ispitivanje sigurnosti električnih instalacija. Zagreb: KIGEN, 2012.
- [4] PRANIČEVIĆ, D.: Sustavi zaštite od munja. Zagreb: KIGEN, 2009.
- [5] Zakon o zaštiti od požara, N.N., br. 92/10.
- [6] Tehnički propis za sustave zaštite od djelovanja munje na građevinama, br. NN 87/2008 33/10. i 153/13 .
- [7] HRN EN 50164-1:2011, Sastavnice sustava zaštite od munja – 1.dio: Zahtjevi za spojne elemente
- [8] HRN EN 50164-2:2011, Sastavnice sustava zaštite od munja – 2.dio: Zahtjevi za vodiče i uzemljivače
- [9] HRN EN 62305-1:2013, zaštita od munje, – 1.dio: Opća načela
- [10] HRN EN 62305-2:2013, zaštita od munje, – 2.dio: Upravljanje rizikom
- [11] HRN EN 62305-3:2013, zaštita od munje, – 3.dio: Materijalne štete na građevinama i opasnost za život
- [12] HRN EN 62305-4:2013, zaštita od munje, – 4.dio: Električni i elektronički sustavi unutar građevina
- [13] HRN N.B2.754, Električne instalacije u zgradama. Uzemljenje i zaštitni vodiči
- [14] Radna dokumentacija tvrtke ZAGREBINSPEKT
- [15] Predodžba munje-[https://indexnew.s3.index.hr/ef6bfb6d-ffa9-44a4-abdb-9de7af820b11-64238806_10219335340911886_5257212958701780992_n%20\(1\).jpg](https://indexnew.s3.index.hr/ef6bfb6d-ffa9-44a4-abdb-9de7af820b11-64238806_10219335340911886_5257212958701780992_n%20(1).jpg)
- [16] Predodžba razvodni ormar- <https://strikecheck.com/webinars/surge-and-lightning-damage-to-electronics/>
- [17] Predodžba vrste pražnjenja-https://www.niri.rs/images/vrsta_praznjenja_sve.jpg
- [18] Predodžba gromobranski sustav-<https://docplayer.net/docs-images/77/75667542/images/40-2.jpg>

- [19] Predodžba požar uslijed udara munje - <https://static.independent.co.uk/s3fs-public/thumbnails/image/2018/06/10/08/dunbartonshire-lightning-4332101.jpg?w968h681>
- [20] Predodžba vanjski i unutarnji sustav-https://elektricarSKI-servis.weebly.com/uploads/6/4/9/3/6493937/2498792_orig.jpg
- [21] Predodžba vanjski sustav-https://genesisbangladesh.com/wp-content/uploads/2019/04/Air-terminal-lightning-rod-lightning-arrestor-lightning-protection-system-www.genesisnagladesh.com_.gif
- [22] Predodžba A uzemljivač- <https://lightnpro.jimdofree.com/portfolio/>
- [23] Predodžba B uzemljivač-
https://obo.hr/leaflet_files/152/1528829/MVBK0EG94T9A0IKAUL47L6Q8_Systemuebersicht_Erdungs_Systeme_Ringerder_1.jpg
- [24] Predodžba izjednačavanje potencijala-<https://www.lsp-international.com/wp-content/uploads/Figure-21-Example-of-main-equipotential-bonding.png>
- [25] Predodžba korozija bakreni odvod-
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350630715300613>
- [26] Predodžba prikaz pražnjenja-<http://blog.meteo-info.hr/meteorologija/kako-nastaju-munje/>

POPIS SLIKA

Slika 1. Predodžba munja iznad naseljenog mjesta [15]	1
Slika 2. Predodžba uništen razvodni ormar [16]	2
Slika 3. Predodžba vrste pražnjenja [17].....	5
Slika 4. Predodžba pražnjenja [25].....	6
Slika 5. Predodžba pražnjenja [25].....	7
Slika 6. Predodžba pražnjenje u građevinu [18].....	8
Slika 7. Predodžba požar uslijed udara munje [19].....	10
Slika 8. Predodžba vanjski i unutarnji sustav zaštite [20]	12
Slika 9. Predodžba vanjski sustav [21].....	12
Slika 10. Predodžba metoda zaštitnog kuta [14]	13

Slika 11. Metoda mreže [14]	14
Slika 12. Predodžba A uzemljivači [14].....	19
Slika 13. Predodžba B uzemljivač [22].....	20
Slika 14. Predodžba najmanja duljina l1 pojedinog uzemljivača ovisno o vrsti [14]	22
Slika 15. Predodžba materijali za LPS i uvjeti njihove upotrebe [14]	23
Slika 16. Predodžba materijali, oblici i najmanje dimenzije uzemljivača [14].....	24
Slika 17. Predodžba LPS stambene kuće [14].....	25
Slika 18. Predodžba izjednačavanje potencijala [23].....	27
Slika 19. Predodžba oksidirani odvod gromobrana [24].....	30
Slika 20. Predodžba ispitivanje otpora uzemljenja [14].....	32
Slika 21. Ispitna dokumentacija [14].....	33
Slika 22. Predodžba ispitna dokumentacija [14].....	34
Slika 23. Predodžba ispitna dokumentacija [14].....	35
Slika 24. Predodžba raspored potencijal oko uzemljivača i pomoćne sonde [14]	37
Slika 25. Predodžba 3-polno/4-polno mjerenje otpora uzemljenja [14]	37
Slika 26. Predodžba mjerenje otpora uzemljenja pomoću strujnih kliješta i sondi [14]	38
Slika 27. Predodžba mjerenje otpora uzemljenja pomoću strujnih kliješta i sondi [14].....	38
Slika 28. Predodžba mjerenje otpora uzemljenja pomoću strujnih kliješta [14].....	39
Slika 29. Predodžba mjerenje otpora uzemljenja pomoću dviju sondi [14].....	40
Slika 30. Predodžba ispitna dokumentacija [14].....	41
Slika 31. Predodžba ispitna dokumentacija [14].....	42

POPIS TABLICA

Tablica 1. Gromobranska mreža na krovu	14
Tablica 2. Minimalan presjek gromobranski elemenata	14
Tablica 3. Razine zaštite.....	15
Tablica 4. Najmanja debljina metalnog lima ili metalnih cijevi u sustavu hvataljka.....	15
Tablica 5. Razmak između odvoda	16
Tablica 6. Tipične vrijednosti razmaka između vodiča odvoda.....	16
Tablica 7. Gradivo, profili i najmanje površine presjeka hvataljki i odvoda	18
Tablica 8. Karakteristike tla	22
Tablica 9. Najmanji presjeci vodiča za spajanje sabirnice za izjednačavanje potencijala sa sustavom uzemljivača	26

Tablica 10. Najmanji presjeci vodiča za spajanje unutarnjih metalnih instalacija na sabirnicu za izjednačavanje potencijala.....	27
Tablica 11. Rokovi redovitih pregleda i ispitivanja sustava	31