

Električne instalacije i osvjetljenje Projekat I

Odsjek: Energetika i automatika

Semestar: V

Broj časova: 1(predavanja) + 0 + 0 + 2(izrada projekta)

Nastavnik: Doc. dr Milovan Radulović

Saradnici: Mr Tanja Stanković, Martin Čalasan MSc

Literatura:

Milan S. Jovanović: ELEKTRIČNE INSTALACIJE I

Miomir Kostić: TEORIJA I PRAKSA PROJEKTOVANJA
ELEKTRIČNIH INSTALACIJA

1

ZAŠTITA OBJEKATA NA ZEMLJI OD

ATMOSFERSKOG PRAŽNJENJA

Atmosferski elektricitet se javlja kao posledica međusobnog trenja djelova atmosfere koji se nalaze u stalnom kretanju.

Probojna čvrstoća vazduha 30 kV/cm.

Pražnjenje prema zemlji se sastoji od nekoliko uzastopnih pražnjenja. Najčešće ih ima 3-5. Svako od njih trasira put glavnom pražnjenju.

Tek kada "lider" stigne na oko 100m od zemlje postaje određena tačka prema kojoj se prazni.

Maksimalna struja pražnjenja nije ista na svim geografskim širinama i kreće se od nekoliko desetina do nekoliko stotina kA

2

ZANIMLJIVOSTI U BROJKAMA



- Šansa da vas udari munja su 576.000 :1, da vas ubije su 2.320.000 :1. U aktuelnom sistemu lota postoji čak 15 miliona kombinacija.
- U trenutku udara munje stvara se temperatura od 20.000 stepeni Celzijusovih, dok je temperatura na površini Sunca između šest i sedam hiljada stepeni.
- Svake sekunde u svijetu dolazi do 100 udara munje, što za jedan sat iznosi 360.000 udara munje u planetu Zemlju.



Najveći broj udara ima selo Kifuka u Kongu, gde se svake godine po kvadratnom kilometru isprazni čak 150 udara.

Nikolu Teslu zvali su i Gospodar Munja. Sasvim zaslužen je jer je 1899. godine u Kolorado Springsu stvorio najdužu vještački izazvanu munju. Bila je duga 41 metar.

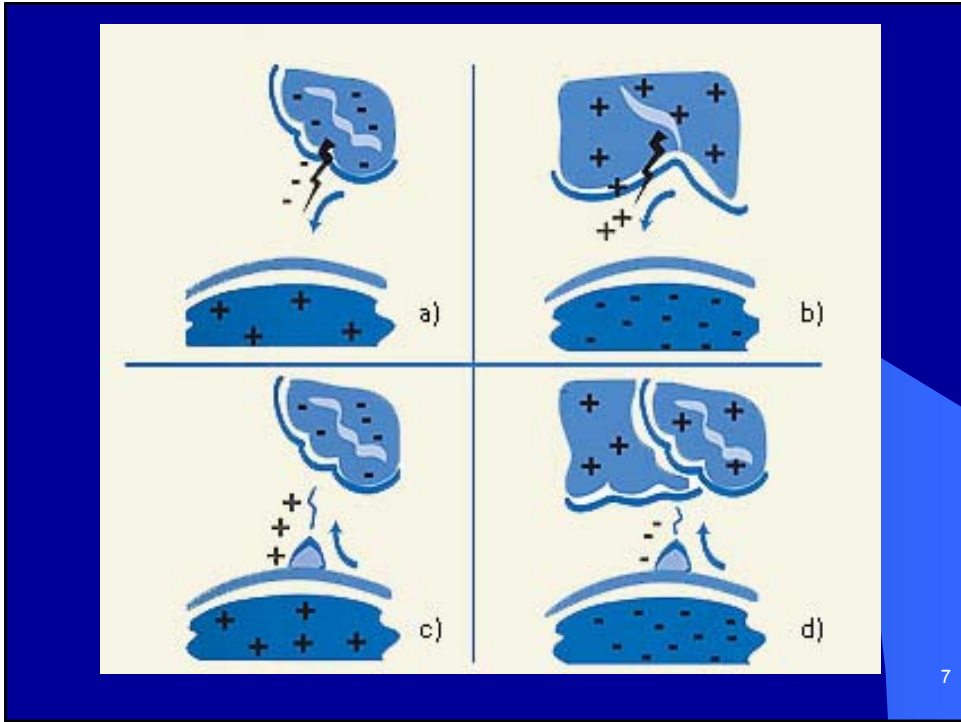
- **Grom je zvučni efekt koji nastaje prilikom udara munje.**
- **Temperatura vazduha u okolini munje dostiže 20.000 °C što proizvodi naglo širenje vazduha. Grom je zvučni talas nastao ovim širenjem vazduha**

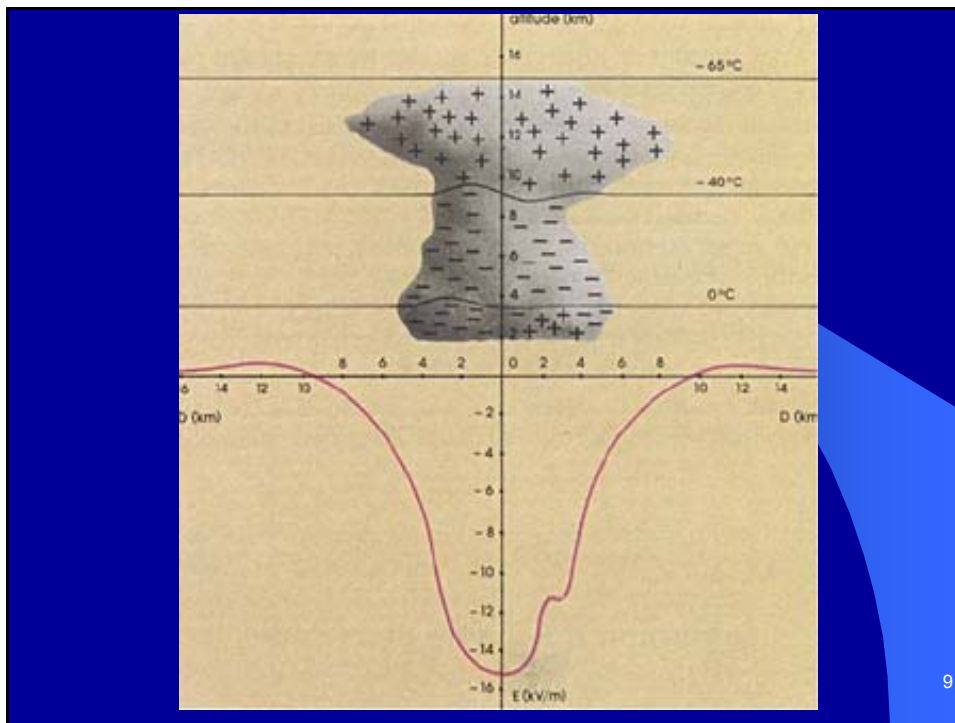


5

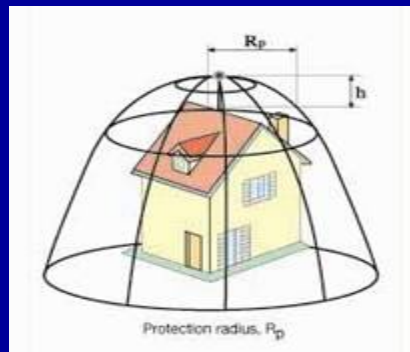


6





9



GROMOBRAVNA ZAŠTITA

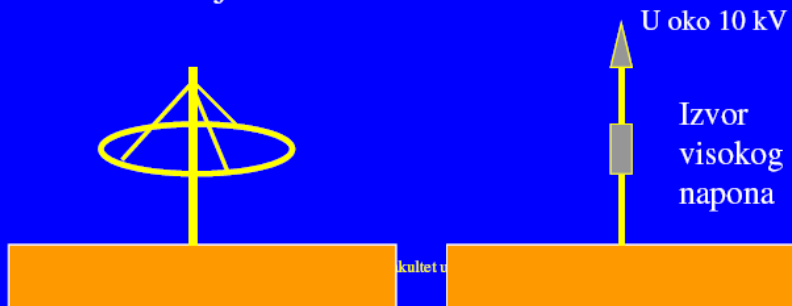
Gromobranska zaštita podijeljena je na dva odvojena dela:
 - spoljašnja gromobranska zaštita i
 - unutrašnja gromobranska zaštita.

Postoje 3 metode spoljašnje gromobranske zaštite i to:

1. Klasičan šiljak;
2. klasična zaštita – Faradejev kavez;
3. Gromobrani sa uređajem za rano startovanje (ESE – Early Streamer Emission)

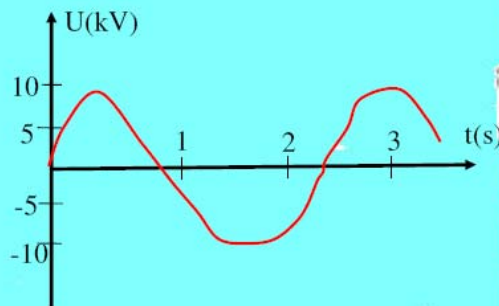
Štapne hvataljke sa pojačanim dejstvom

- Štapna hvataljka sa kružnim prstenom
- Štapna hvataljka sa uređajem za rano startovanje



11

Princip rada gromobrana sa ranim startovanjem sa piezokristalom kao izvorom visokog napona



Visoki napon se proizvodi njihanjem štapa usled vetra. Postoje vremenski periodi u kojima napon na vrhu štapa prolazi kroz nulu kada nema jonizacije

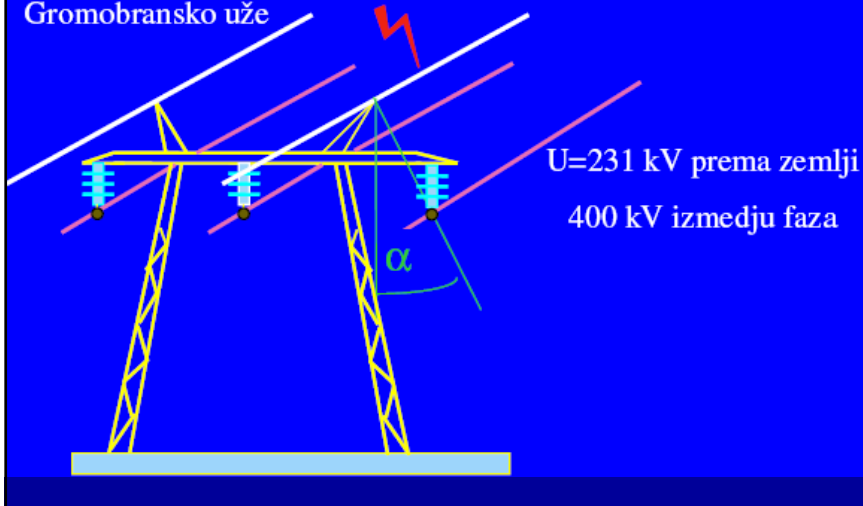
Elektronski fakultet u Beogradu

23

12

Pražnjenje mimo zaštitnog užeta

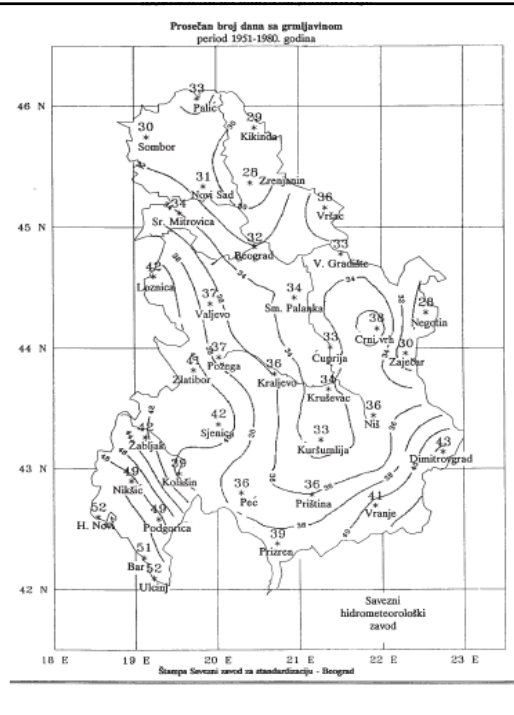
Gromobransko užje

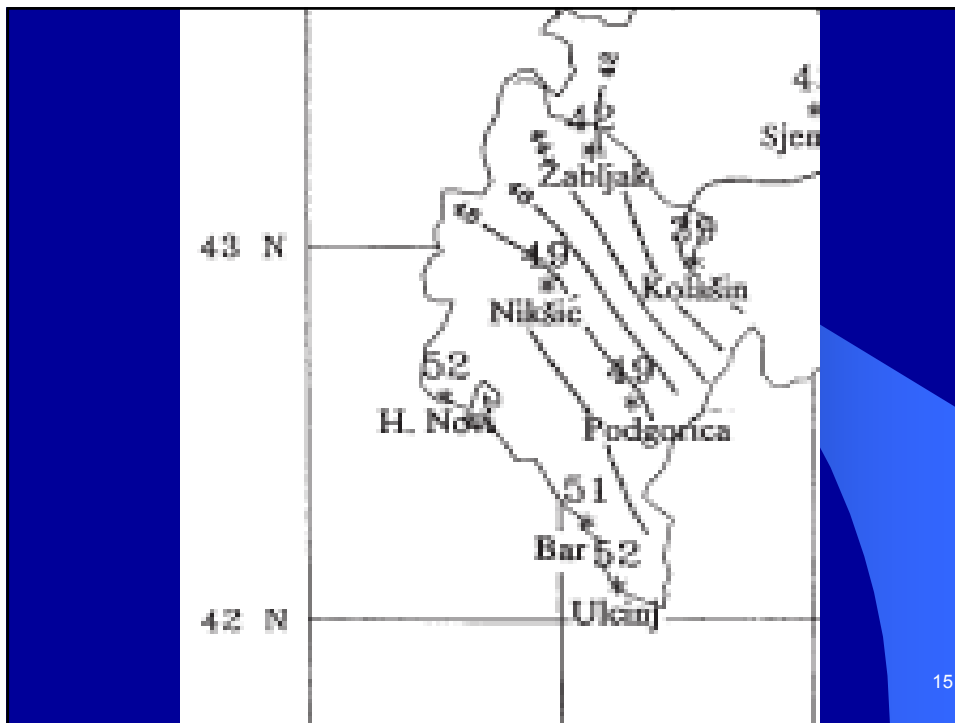


Izokeraunička karta

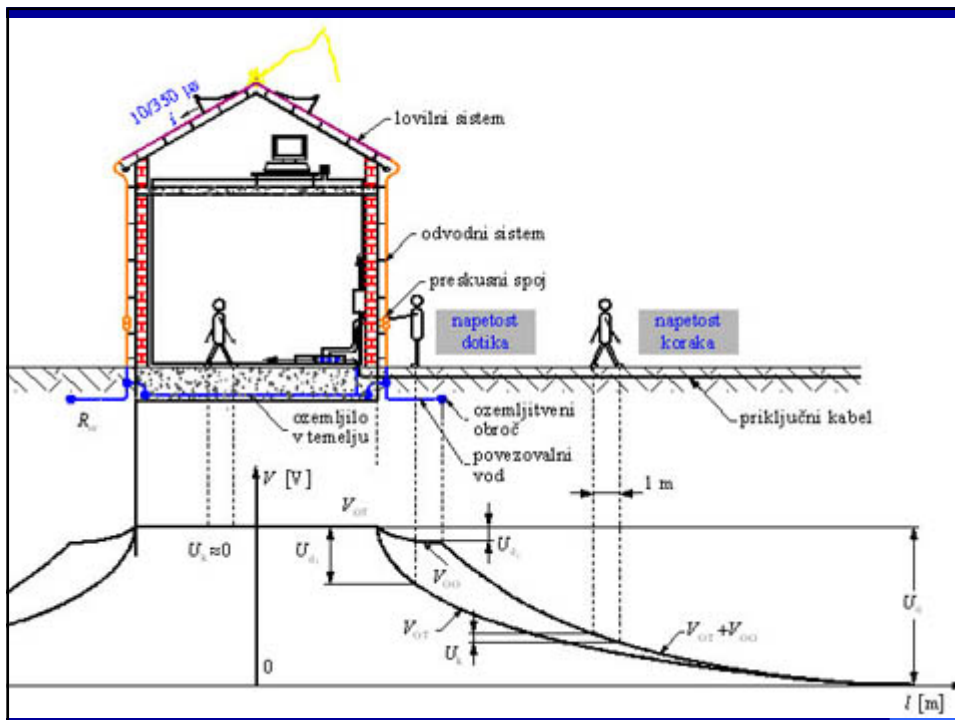
Izokerauničke linije -

linije koje međusobno povezuju mjesta sa jednakim brojem grmljavinskih dana





15



PRORAČUN NIVOA ZAŠTITE OBJEKATA NA ZEMLJI OD ATMOSFERSKOG PRAŽNJENJA

OPŠTI USLOVI

Ova instalacija štiti objekte i ljude od direktnih i indirektnih atmosferskih pražnjenja prihvatajući direktna pražnjenja, bezbjedno i brzo odvedeći u zemlju struju pražnjenja.

Takođe sprečava pojavu štetnih sekundanih efekata stvarajući svojom zaštitnom zonom određeni stepen sigurnosti u objektu.

17

Važeći propisi JUS N.B4 800 su indetični sa IEC-1024-1 koje je uradila IEC komisija. Ovaj standard se ne odnosi na :

- . objekte više od 60 m.
- . željeznicka postrojenja i instalacije van objekta
- . elektroenergetska postrojenja i mreže izvan objekta
- . instalacije telekomunikacija izvan objekta
- . vozila, brodove, vazduhoplove i instalacije platformi na moru.

18

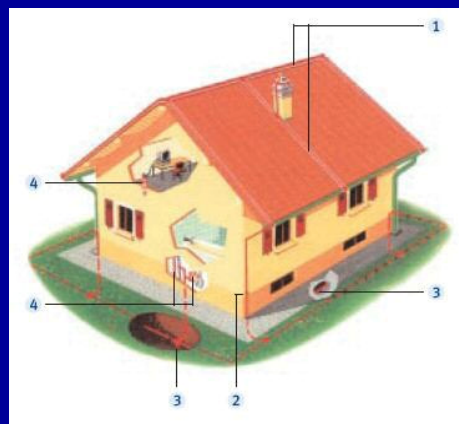
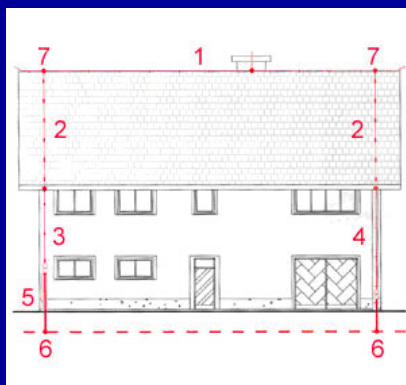
Novim propisima instalacije zaštite od atmosferskih pražnjenja sastoji se od:

- . spoljašnje zaštitne instalacije od atmosferskog pražnjenja i
- . unutrašnje zaštitne instalacije od atmosferskog pražnjenja.

Osnovni djelovi spoljašnje zaštitne instalacije su:

- . prihvatni sistem
- . spusni sistem
- . sistem uzemljenja.

19



1. Prihvatni sistem
2. Spusni provodnici
3. Sistem uzemljenja
4. Sistem za izjednačavanje potencijala

20

Prihvatni sistem čine djelovi spoljašnje zaštitne instalacije namijenjeni za prihvatanje atmosferskog pražnjenja. Mogu biti u obliku štapne hvataljke (Franklinova hvataljka), vodovi na krovu (krovni vodovi) ili metalni djelovi krova uopšte.

U slučaju metalnog krova koji igra ulogu prihvatnog sistema za atmosfersko pražnjenje metalna konstrukcija se može smatrati prirodnim prihvatnim sistemom pod uslovom:

21

- . da je ostavarena trajna električna neprekidnost između različitih djelova,
- . da debljina lima nije manja od vrijednosti **d** data u **Tabeli I**
- . da nije obložena izolacionim materijalom
- . da su nemetalni materijali na metalnim limovima ili iznad njih izvan šticeenog prostora.

Tabela I Minimalna debljina metalnog lima krovnih pokrivača

Nivo zaštite	Materijal	Debljina d [mm]
I do IV	čelik	4
	bakar	5
	aluminijum	7

22

Spusni provodnici su djelovi spoljasnje gromobanske instalacije namijenjeni za provod struje atmosferskog praznjenja od prihvatnog sistema do sistema uzemljenja. Spusni provodnici na objektu se izvode sa FeZn 2Ox3 mm trakom. Neophodno rastojanje spusnih provodnika mora zadovoljavati vrijednosti date u Tabeli II.

Tabela 2 Srednje rastojanje spusnih provodnika

NIVO ZAŠTITE	SREDNJE RASTOJANJE (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

Nezavisno od rastojanja u Tabeli 2 za bilo koji prihvatni sistem potrebno je postaviti najmanje dva spusna voda. Da bi se izbjegla opasnost od "preskoka" potrebno je instalaciju izvesti sa više spusnih vodova sto kraće dužine. Kao spusni vodovi mogu se koristiti prirodne komponente objekata kao: metalne konstrukcije i čelična armatura u stubovima.

23

Sistem za uzemljenje ima funkciju da obezbjedi dovodenje struje direktnog atmosferskog praznjenja u zemlju bez stvaranja opasnih prenapona na području uzemljivača.

Vazno je napomenuti da oblik i dimenzija sistema za uzemljenje igraju važniju ulogu i od otpornosti uzemljivača.

Sledeći uzemljivači se mogu upotrijebiti:

- jedan ili više prstenastih uzemljivača,
- vertikalni uzemljivači,
- radijalni uzemljivači i
- temeljni uzemljivači.

U saglasnosti sa dokumentom „Gromobranske instalacije – postupci pri projektovanju, izvođenju, održavanju, pregledima i verifikacijama“, JUS N.B4.802 otpornost uzemljenja svakog od uzemljivača sa kojima su povezani spusni provodnici mora da bude manja od 10 Ω.

24



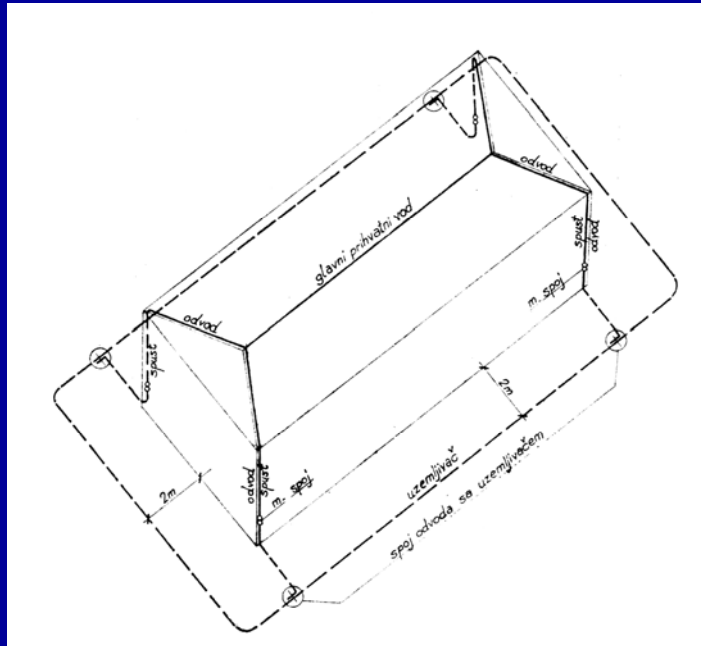
- U našem slučaju koristićemo temeljni uzemljivač **FeZn 3x30 mm**, ugrađenu u betonski temelj šticeenog objekta.
- Metalnu armaturu je neophodno povezati varenjem sa temeljnim uzemljivačem odnosno sa cjelokupnom zaštitnom instalacijom.
- Rastojanje između spojeva ne smije biti veće od 5m.
- Svi spojevi, bilo vareni ili preko ukrasnih komada treba da su zaštićeni antikorozivnim premazom (prajmerom) prije betoniranja.

Tabela III Minimalni presjeci materijala gromobranske instalacije

Nivo zaštite	Materijal	Prihvatni sistem mm ²	Spusni provodnici mm ²	Sistem uzemljenja mm ²
I do IV	Cu	35	16	50
	Al	70	25	-
	Fe	50	50	80

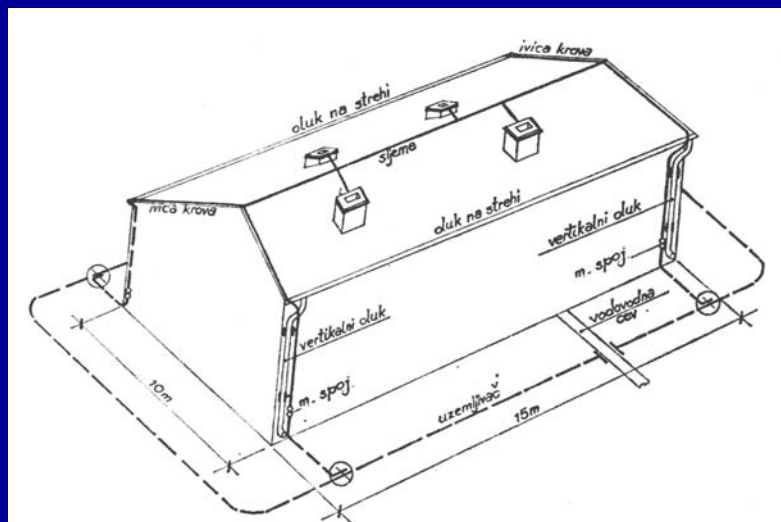
26

ZAŠTITA OBJEKATA NA ZEMLJI OD ATMOSFERSKOG PRAŽNENJA



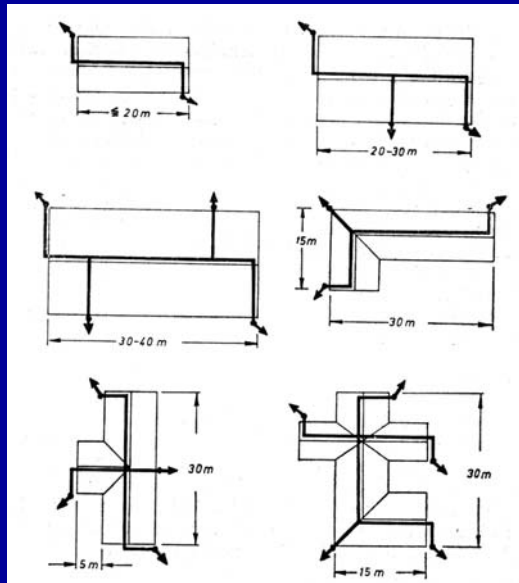
27

ZAŠTITA OBJEKATA NA ZEMLJI OD ATMOSFERSKOG PRAŽNENJA



28

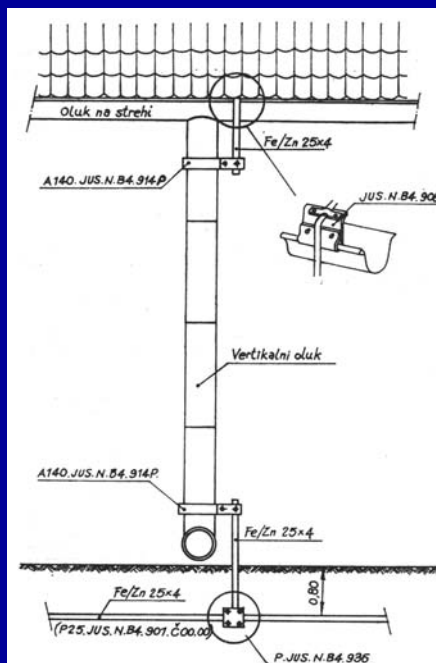
ZAŠTITA OBJEKATA NA ZEMLJI OD ATMOSFERSKOG PRAŽNENJA



zavisnost broja odvoda od izvedbe krova

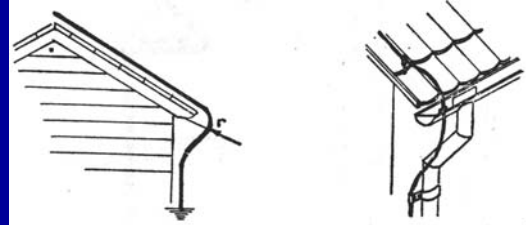
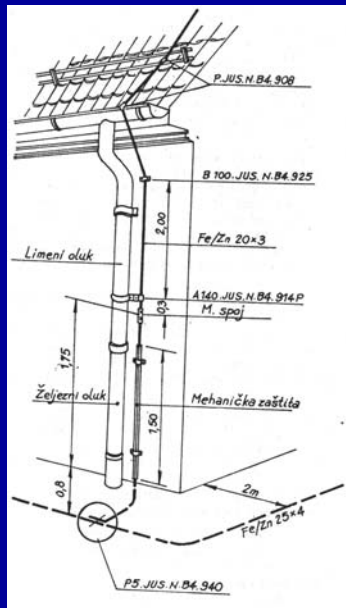
29

ZAŠTITA OBJEKATA NA ZEMLJI OD ATMOSFERSKOG PRAŽNENJA



30

ZAŠTITA OBJEKATA NA ZEMLJI OD ATMOSFERSKOG PRAŽNENJA



detalj prelaza odvoda sa krova, preko vodoravnog i vertikalnog oluka na vertikalni odvod prema uzemljivaču (max. R zakrivljenosti odvoda 200 mm !)

31

PRORAČUN INSTALACIJE

Proračun je urađen na osnovu sledećih ulaznih podataka:

- prosječan broj dana sa grmljavinom u Podgorici je 49,
- objekat je orijentacionih dimenzija $a \times b \times h$ (m)
- objekat je miješane konstrukcije,
- objekat je bez uticaja (posledica) na okolinu.

Neophodno je odrediti zahtijevani nivo zaštite odnosno stepen efikasnosti zaštite.

Nivo Zaštite	Efikasnost E	Rastojanje pražnjenja	Prva struja povratnog pražnjenja I(kA)
Nivo I sa dodatnim mjerama	$E > 0.98$		
Nivo I	$0.98 > E > 0.95$	20	2.8
Nivo II	$0.95 > E > 0.90$	30	5,2
Nivo III	$0.90 > E > 0.80$	45	9,5
Nivo IV	$0.80 > E > 0$	60	14,7

32

PRORAČUN ZAŠTITE OD ATMOSFERSKOG PRAŽNENJA

1. Osnovni zadatak kod projektovanja gromobranske zaštite jeste prethodni izbor tj. određivanje nivoa zaštite, odnosno stepena efikasnosti te zaštite, koja će svojim kvalitetima opasnosti i štete od eventualnog direktnog atmosferskog pražnjenja šticenog objekta zadržati u zahtijevanim granicama. Objekte koje bi trebalo štiti od atmosferskih pražnjenja, ali i gromobranske instalacije tih objekata, JUS N.B4.801 je podijelio u skladu sa sledećom tablicom

Nivo Zaštite	Efikasnost E	Rastojanje pražnjenja	Prva struja povratnog pražnjenja I(kA)
Nivo I sa dodatnim mjerama	$E > 0,98$		
Nivo I	$0,98 > E > 0,95$	20	2,8
Nivo II	$0,95 > E > 0,90$	30	5,2
Nivo III	$0,90 > E > 0,80$	45	9,5
Nivo IV	$0,80 > E > 0$	60	14,7

33

Efikasnost gromobranske instalacije je data relacijom:

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d} \quad (1)$$

gdje su:

N_c - usvojena učestanost udara groma u šticeeni objekat, odnosno maksimalni usvojeni srednji godišnji broj udara groma koji može prouzrokovati oštećenje objekta.

N_d - učestanost direktnog udara groma u objekat, odnosno srednji godišnji broj direktnih udara groma koji prouzrokuju oštećenje objekta.

Učestanost udara groma je :

$$N_c = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{C} \quad (2)$$

34

gdje je $C = C1 C2 C3 C4$ (3)

a $C1, C2, C3, C4$ su dati sledećim tabelama:

C1-tip konstrukcije objekta			
Krov Konst. objekta	Metalni	Kombinovani	Zapaljiv
Metalna konstrukcija	0,5	1	2
Kombinovana	1	1	2,5
Zapaljiva	2,0	2,5	3

C2-sadržaj objekta	
Bez vrijednosti i nezapaljiv	0,5
Mala vrijednost ili uglavnom zapaljiv	1
Veća vrijednost ili naročito zapaljiv	2
Izvanredno velika vrijednost, nenadoknadive štete, vrlo zapaljiv ili eksplozivan	3

35

C3-namjena objekta	
nezaposjednut	0,5
uglavnom nezaposjednut	1
teška evakuacija ili opasnost od panike	3

C4- posledice od udara groma u objekat	
Nije obavezna neprekidnost pogona i bez uticaja (posledica) na okolinu	1
Obavezna neprekidnost pogona, ali bez uticaja (posledica) na okolinu	5
Uticaj (posledice) na okolinu	10

36

Učestanost direktnog udara groma u objekat je:

$$N_d = 1,1 \cdot N_g \cdot C_o \cdot A_e \cdot 10^{-6} \quad (4)$$

gdje su:

N_g -prosječna godišnja učestanost udara groma po km^2

C_o -koeficijent okruženja

A_e -ekvivalentna površina štice objekta

Prosječna godišnja učestanost udara groma po km^2 je:

$$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25} \quad (5)$$

gdje je T_d -broj grmljavinskih dana u toku godine.

Za Podgoricu $T_d=49$

37

Okruženje štice objekta	C_o
Štice objekat se nalazi u prostoru sa istim ili višim objektima	0,25
Objekat okružen nižim objektima	0,5
Usamljen objekat na 3 H	1
Štice objekat sam na uzvišenju	2

Ekvivalentna prihvatna površina štice objekta:

$$A_e = a \cdot b + 6h(a+b) + 9\pi h^2 \quad (6)$$

Na osnovu sračunate vrijednosti zahtijevane efikasnosti instalacija od atmosferskog pražnjenja, određujemo međusobno rastojanje spušnih vodova kao i elemenata prihvatnog sistema.

38

Ekvivalentna prihvatna površina šticenog objekta	$A_e = a \cdot b + 6h(a+b) + 9\pi h^2$	
Okruženje šticenog objekta	C_0	
Broj grmljavinskih dana u toku godine	T_d	
Prosječna godišnja učestanost udara groma po km^2	$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25}$	
N_d - učestanost direktnog udara groma u objekat, odnosno srednji godišnji broj direktnih udara groma koji prouzrokuju oštećenje objekta;	$N_d = 1,1 \cdot N_g \cdot C_0 \cdot A_e \cdot 10^{-6}$	
C1-tip konstrukcije objekta	C1	
C2-sadržaj objekta	C2	
C3-namjena objekta	C3	
C4- posledice od udara groma u objekat	C4	
	$C = C1 \cdot C2 \cdot C3 \cdot C4$	
N_c - usvojena učestanost udara groma u šticeni objekat, odnosno maksimalni usvojeni srednji godišnji broj udara groma. koji može prouzrokovati oštećenje objekta;	$N_c = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{C}$	
Efikasnost gromobranske instalacije	$E = 1 - \frac{N_d}{N_c}$	39

Tabela računске efikasnosti nivoa zaštite gromobranske instalacije

Udarno rastojanje pražnjenja R(m)	Odgovarajući nivo zaštite	Računska efikasnost
	Nivo I sa dodatnim mjerama	$E_r > 0,98$
20	Nivo I	$0,98 \geq E_r > 0,95$
30	Nivo II	$0,95 \geq E_r > 0,90$
45	Nivo III	$0,90 \geq E_r > 0,80$
60	Nivo IV	$0,80 \geq E_r > 0$

Tabela maksimalne vrijednosti prosječnog rastojanja između susjednih spušnih provodnika

Nivo zaštite	Prosječno rastojanje (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

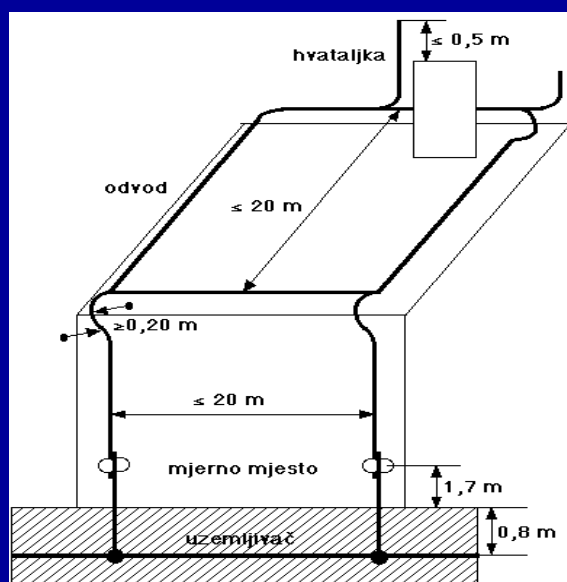
40

Tabela prihvatnog sistema u funkciji nivoa zaštite

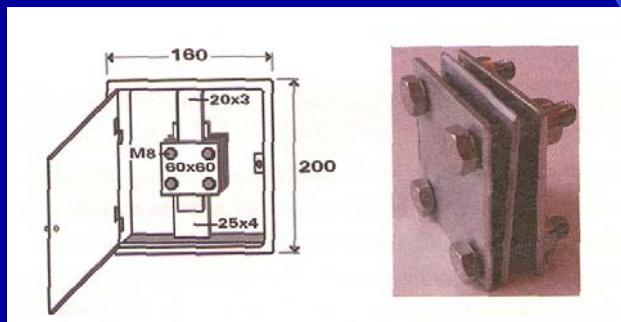
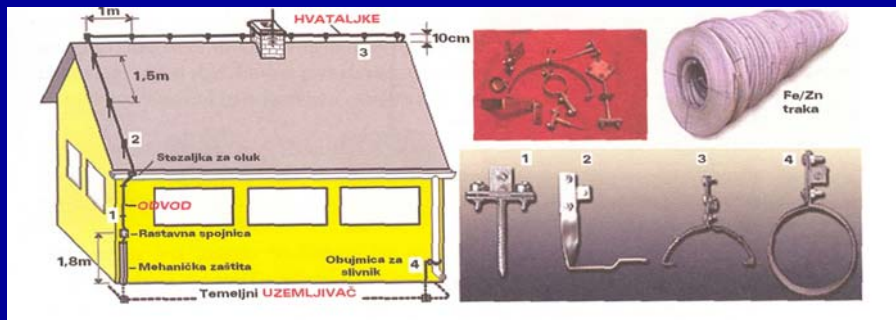
Nivo zaštite	h(m)		R(m)				Širina okca mreže (m)
	20	30	45	60	60		
I	20	25	/	/	/	5	
II	30	35	25	/	/	10	
II	45	45	35	25	/	10	
IV	60	55	45	35	25	20	

- Za štapnu hvataljku je definisan štitićeni prostor u obliku kupe (ugla alfa) koji je funkcija visine hvataljke h i udarnog rastojanja R.

41



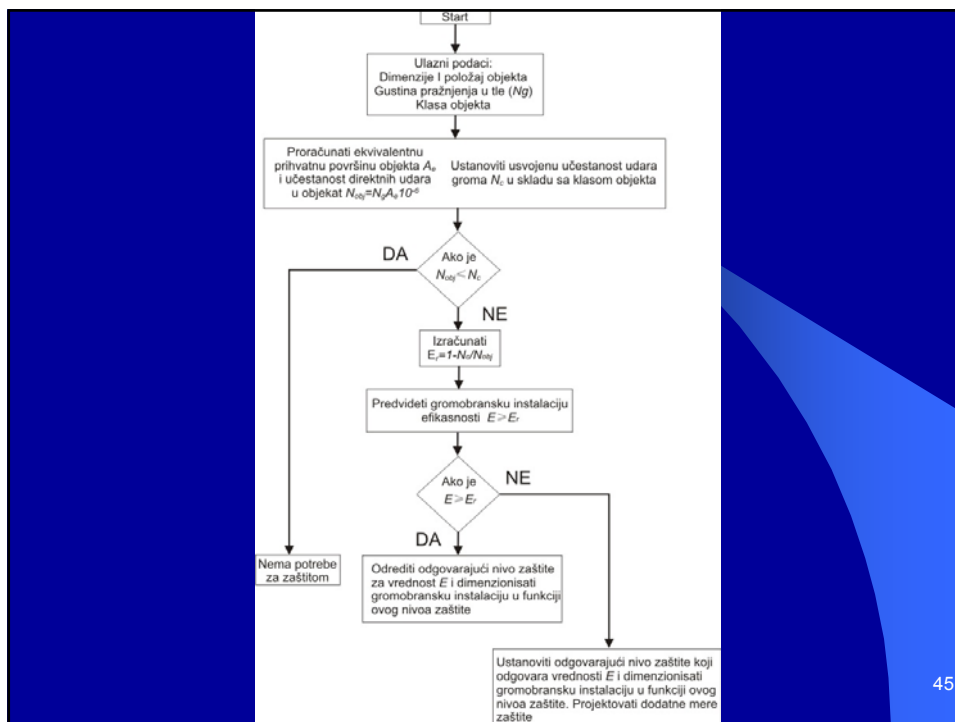
42



43



44



45

UNUTRAŠNJE GROMOBANSKE INSTALACIJE

štite opremu i ljude od prenapona u objektima na kojima je postavljena spoljašnja gromobranska instalacija. Posebno se unutrašnjom gromobranskom instalacijom štite osjetljivi elektronski uređaji.

Potpuna zaštita unutrašnjosti objekta od spoljašnjeg uticaja direktnih atmosferskih pražnjenja nije moguća.

Mjere koje se često koriste su:

- . izjednačavanje potencijala
- . poboljšanje spoljašnje zaštite instalacije od atmosferskog pražnjenja
- . višestruko povezivanje elemenata sistema uzemljenja
- . ugradnja katodnih odvodnika
- . korišćenje prirodnih elemenata u spusnom sistemu.

46

- **Unutrašnja gromobranska instalacija**

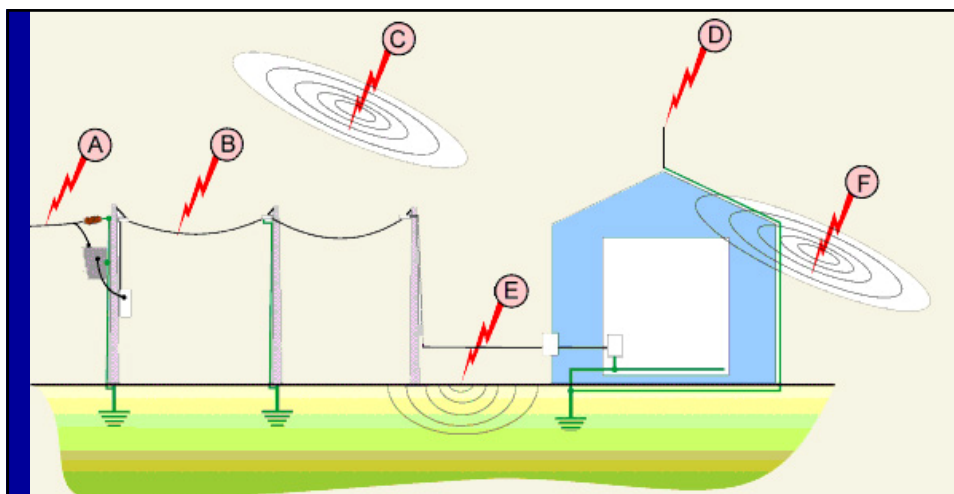
Unutrašnju gromobransku instalaciju treba obavezno izvesti da bi se spriječilo sekundarno dejstvo direktnih atmosferskih pražnjenja i eliminisali uticaji komutacionih unutrašnjih prenapona. Unutrašnja gromobranska instalacija štiti osjetljivu elektronsku opremu i komponente od uticaja elektromagnetnih polja pri direktnom atmosferskom pražnjenju i ljude od strujnog udara i varničnih preskoka između nepovezanih metalnih masa unutar objekata. Unutrašnja gromobranska zaštita je obavezna u svim primjerima u kojima se efikasnost gromobranske zaštite zahtijeva $E > 0.98$ i u slučajevima kada to investitor izričito zahtijeva.

47

- **Zaštita od prenapona**

Pri direktnim atmosferskim pražnjenjima u spoljašnju gromobransku instalaciju koja je postavljena na objektima sa osjetljivom opremom, u određenim slučajevima se mogu pojaviti indukovani prenaponi, koji često mogu biti toliko visoki da ugrožavaju osjetljivu opremu, komponente i sve instalacije za upravljanje i komunikaciju. Osim ovih prijetnji zbog uticaja elektromagnetnih polja usled direktnih atmosferskih pražnjenja, po vodovima koji povezuju dvije strukture mogu se prenositi prenaponski talasi praznog hoda i strujni talasi kratkog spoja (tranzitni talasi).

48



- A,B: Direktni udar groma u nadzemne vodove
- C: Uticaj magnetnog polja na vodove
- D: Direktni udar groma
- E: Raspodjela potencijala oko mesta udara groma
- F: Uticaj magnetnog polja na unutrašnje instalacije i opremu

49

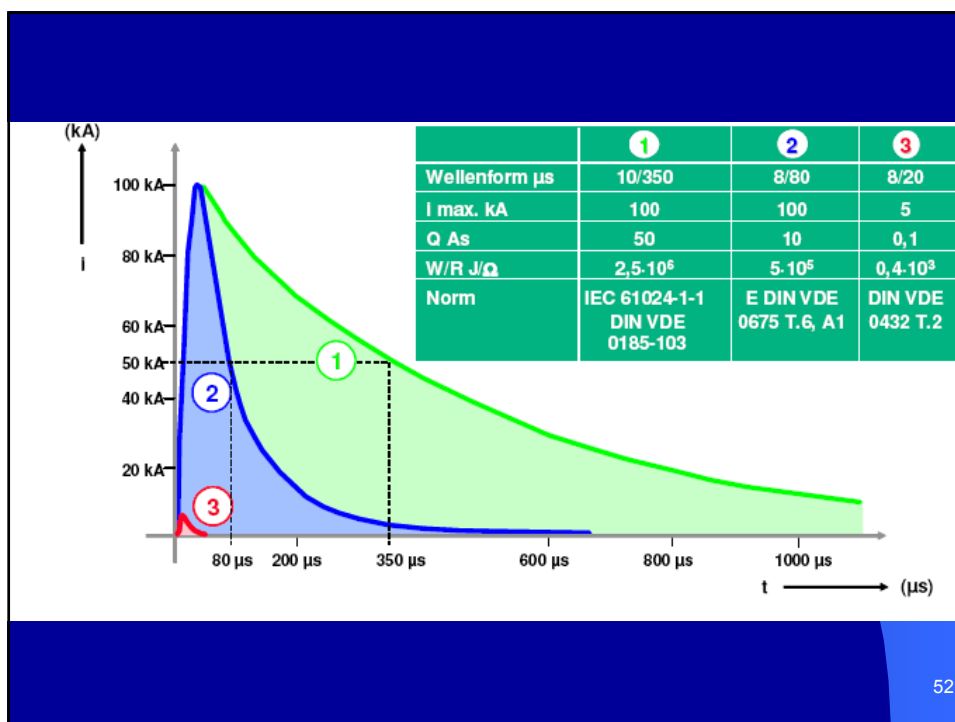
Direktne štete koje često iznose više desetina hiljada eura, zanemarljivo su male u odnosu na indirektnu štetu upada prenapona zbog uništenja podataka sadržanih u računarima, kao i štete zbog prestanka rada tehnoloških instalacija. Svi indukovani prenaponi i svi transportovani prenaponski talasi i talasi struja kratkog spoja predstavljaju primarnu prijetnju izolaciji niskonaponskih prijemnika, niskonaponske opreme, instalacije i opreme malog napona kao i osjetljive elektronske opreme za upravljanje i komunikaciju. Ovi prenaponi u objekte mogu "doputovati" elektroenergetskom mrežom ili PTT vodovima. Mogu nastati i indukcijom zbog direktnog atmosferskog pražnjenja u objekat ili prežnjenja neposredno u susjedstvu. Radi toga je zakonodavac i cio tehnički razvijeni svijet, zaštitu skupocjenih i nezamjenjivih instalacija i opreme od prodora prenapona u njih, riješio na odgovarajući način: postavljanjem dovoljnog broja i odgovarajućih vrsta odvodnika prenapona na ulaze instalacije.

50

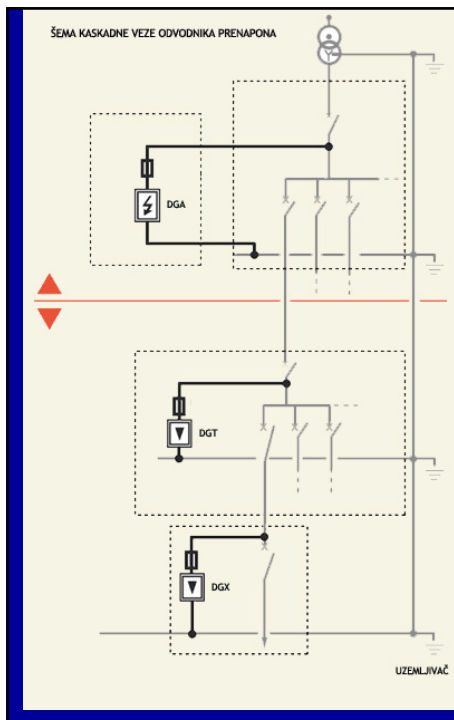
Prema Dokumentu IEC 8131 kao primarna prijetnja je pretpostavljen dio struje pražnjenja iznad 10[kA](10/350[μs]). Primarni napon je pretpostavljen kao talas maksimalne amplitude iznad 10[kV], oblika 1,2/50[μs].

Da bi se određene osjetljive strukture zaštitile od pomenutih primarnih prijetnji navedeni IEC dokument predlaže kaskadno povezivanje većeg broja odvodnika prenapona odgovarajućih karakteristika. Na čelu kaskade se nalazi obično odvodnik prenapona koji treba da izbrusi udarni talas direktnih i indirektnih atmosferskih pražnjenja, oblika 10/350 μs i da mu oduzme veliki dio njegove energije. Iza ovog katodnog odvodnika u kaskadi se postavlja odvodnik prenapona koji treba da preostale prenapone koji se kreću po instalaciji svede na nivo napona koji neće ugroziti izolaciju osjetljive elektronske opreme

51



52

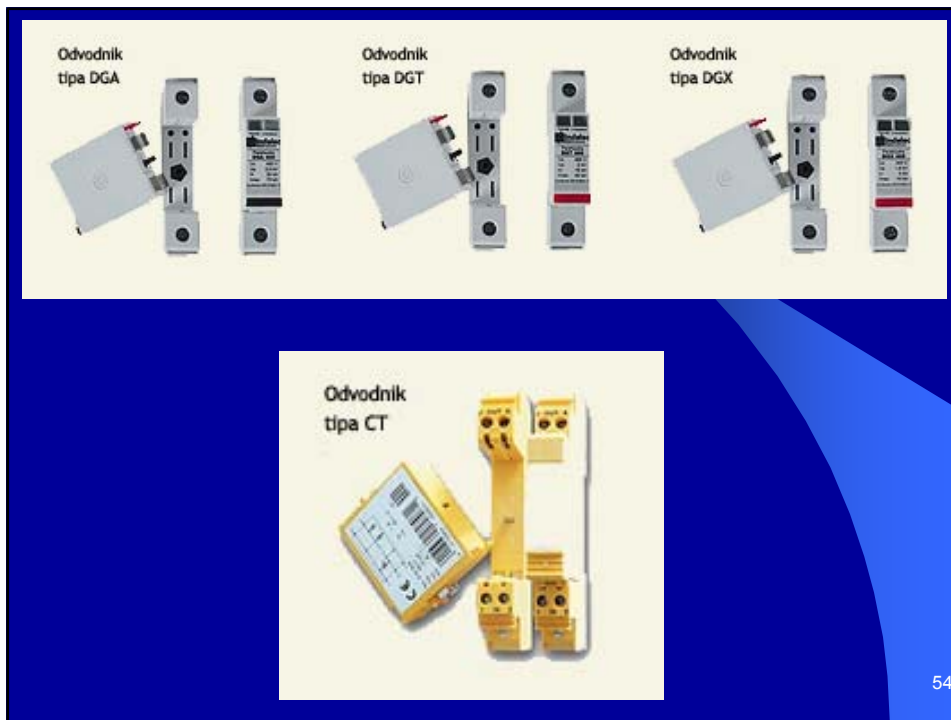


Elektroenergetske instalacije od struja direktnog atmosferskog pražnjenja oblika 10/350 μ s štite se odvodnicima za udarnu struju 65 kA (odvodnici tipa DGA) a zaštitu od tranzitnih prenapona oblika 1,2/50 μ s odvodnicima preostalog napona manjeg od 1kV, pri strujama pražnjenja do 5 kA (odvodnici tipa DGT).

Informacioni sistemi štite se od primarne ugroženosti za struje preko 1 kA oblika talasa 10/350 μ s i prenaponskog talasa oblika 1,2/50 μ s sa amplitudom preko 10 kA.

Zaštita sistema obrade podataka i telekomunikacionih priključaka od tranzitnih prenapona atmosferskog ili industrijskog porijekla izvodi se specijalno izučenom koncepcijom ugradnje odvodnika prenapona KO (SDP). Katodni odvodnici (odvodnici tipa KT) se ugrađuju na izlazu komunikacionih veza iz razvodne table telefonske centrale, tj. u razvodnom ormanu kompjutera.

53



54

