

3. UREĐAJI ZA PRENAPONSKU ZAŠTITU

Propisanim stupnjem izolacije opreme definira se njezina dielektrična čvrstoća. Naponi koje mora izdržati oprema bira se tako da se proboj izolacije odnosno preskok, rijetka pojava koja se može tolerirati sa stanovišta pogonske sigurnosti. Treba težiti rješenju koje je tehnički dobro a ekonomski prihvatljivo.

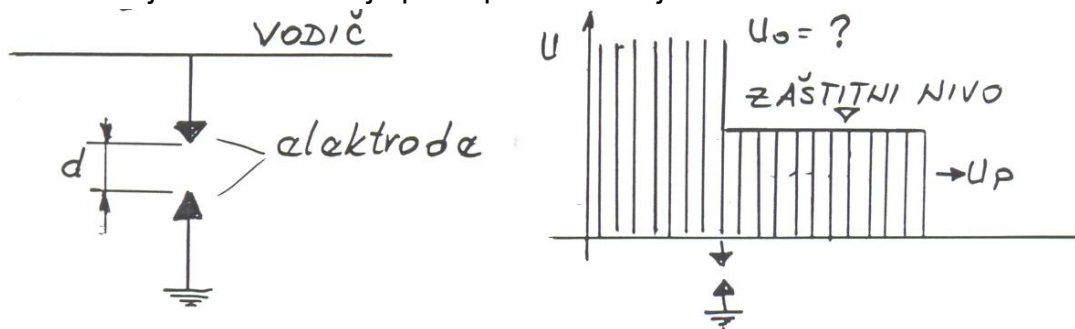
Optimalno rješenje postiže se visokim izolacijskim razinama opreme, kombinacijom izolacije i zaštite uređaja.

Uređaji za zaštitu od prenapona čine iskrišta i odvodnici prenapona.

3.1. ISKRIŠTA

Iskrište čine metalne elektrode određenog oblika i dimenzija sa određenim međusobnim razmakom. Postavljaju se paralelno izolaciji koja se štiti.

Pri nailasku prenaponskog vala koji je viši od proradnog napona iskrišta, dolazi do proboja između elektroda, odnosno preko uspostavljenog luka do spoja faznog vodiča sa zemljom te odvođenja prenapona u zemlju.



Bitne karakteristike iskrišta su: Zaštitna razina, koeficijent zaštite i udarna karakteristika iskrišta:

- Zaštitna razina je određena najvišim tjemnim vrijednostima udarnog prenapona, koji ne smije biti prekoračen na šticenoj izolaciji.
- Udarna karakteristika predstavlja odnos tjemene vrijednosti preskočnog udarnog napona i proteklog vremena od početka dizanja napona do prorade iskrišta.
- Koeficijent zaštite (sigurnost) predstavlja odnos između podnosivog udarnog napona izolacije koja se štiti i zaštitne razine iskrišta.

Iskrište ima neke dobre ali i dosta loših osobina radi kojih se koristi uglavnom samo kao tzv. sekundarna zaštita.

Dobra osobina iskrišta je što se radi o jednostavnom i jeftinom uređaju. Glavni mu je nedostatak što poslije odvođenja prenapona ne dolazi do gašenja luka čije gorenje podržava pogonski napon. Tako svaka prorada iskrišta izaziva trajni spoj sa zemljom, dakle kvar kojega zaštita isključuje, pa svaka prorada iskrišta predstavlja prekid pogona.

Na visinu proradnog napona, osim razmaka elektroda, utječu i atmosferske prilike, tlak, temperatura i vlažnost zraka.

S obzorom na namjenu, razlikujemo tri vrste iskrišta:

1. Zaštitno iskrište
2. Iskrište za određivanje stupnja izolacije
3. Iskrište za lokalizaciju električnog luka

3.1.1 ZAŠTITNO ISKRIŠTE

Zaštitno iskrište se obično koristi:

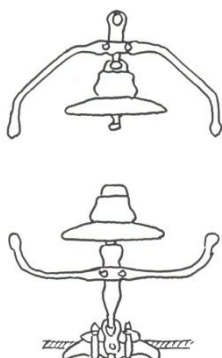
- Kao osnovni zaštitni uređaj
 - a) Na području s niskom kerauničkom razinom (keraunis grč. Grom)
 - b) Ako se radi o opremi manje vrijednosti
- Kao sekundarni zaštitni uređaj
 - a) Kao osnovnu zaštitu predstavlja odvodnik prenapona

3.1.2 ISKRIŠTE ZA UTVRĐIVABJE STUPNJA IZOLACIJE

Obično se postavljaju na izolatorske lance sa pojačanom izolacijom zbog vanjskih utjecaja (onečišćenja, sol, magla i sl.) kao i zbog privremenog pogona voda sa nižim stupnjem izolacije (npr. 35 kV vod koji je prije bio u pogonu pod naponom 10 (20) kV)

3.1.3. ISKRIŠTA ZA LOKALIZACIJU ELEKTRIČNOG LUKA

Ova se iskrišta najčešće koriste na izolatorskim lancima nadzemnih vodova.



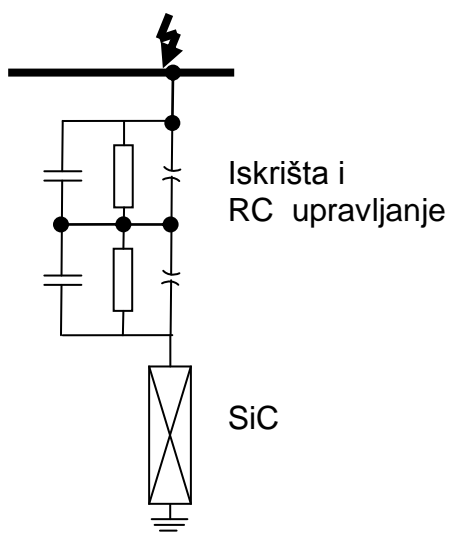
Zadatak im je da električni luk udalje od izolatora i tako spriječe ili smanje njegovo oštećenje.

3.2. ODVODNICI PRENAPONA

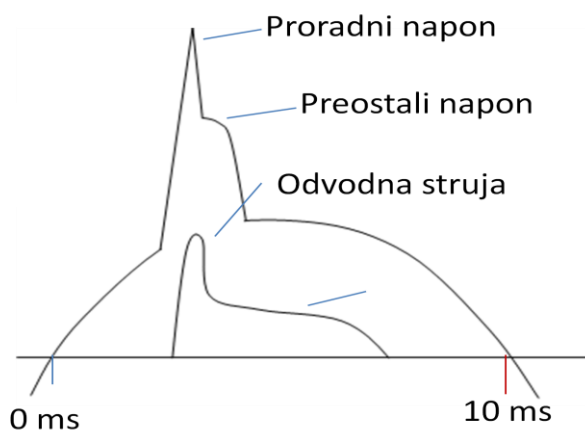
Osnovni uređaji za zaštitu od atmosferskih prenapona koji se koriste u našim elektroenergetskim mrežama su:

- Ventilni odvodnici prenapona (SiC)
- Metal oksidni odvodnici prenapona (MO)

3.2.1. VENTILNI (SiC) ODVODNIK PRENAPONA



SiC odvodnik



Proradni napon

Sastoji se od iskrišta kojima su u seriju spojeni nelinearni otpornički blokovi od silicijeva karbida (SiC). Otpornici i kondenzatori, spojeni su paralelno iskrištima, služe da bi se postigle što manje visine rasipanja proradnog napona.

Kod pojave prenapona, odvodnik počinje djelovati kad napon na odvodniku prijeđe vrijednost proradnog napona. Tada dolazi do proboja na iskrištima. Kroz odvodnik poteče odvodna struja kojom je određen preostali napon odvodnika.

Nakon odvođenja, djelovanjem pogonskog napona, kroz odvodnik teče prateća struja koja će teći sve do prvog prolaza "kroz nulu".

Za izbor ventilnog odvodnika: važna su dva parametra:

- Nazivni napon
- Nazivna odvodna struja

Nazivni napon se bira tako da se zadovolje dva uvjeta:

1. Donja granica nazivnog napona – najmanje jednaka ili veća od maksimalnog napona koji se može pojaviti na mjestu ugradnje odvodnika.
2. Gornja granica – bira se na osnovu koeficijenta zaštite „k“

$$k = \frac{U_i}{U_{zn}}$$

U_i – podnosivi udarni napon izolacije

U_{zn} – udarna zaštitna razina odvodnika

Mreža 35 (kV)

U ovoj mreži sa uzemljenim zvjezdištem, fazni naponi ne prelaze vrijednosti:

$$U_f \leq 1,1\sqrt{3} U_{nf}$$

U_f – nazivni napon odvodnika u faznim vodičima mreže

U_{nf} – Nazivni fazni napon

Uz malu rezervu, treba odabrati odvodnik nazivnog napona $U_n \geq 39 \text{ kV}$

Što se tiče nazivne odvodne struje, za ovaj nazivni napon, treba koristiti odvodnike sa: $U_n = 10 \text{ kA}$

Mreža 10 (20) kV

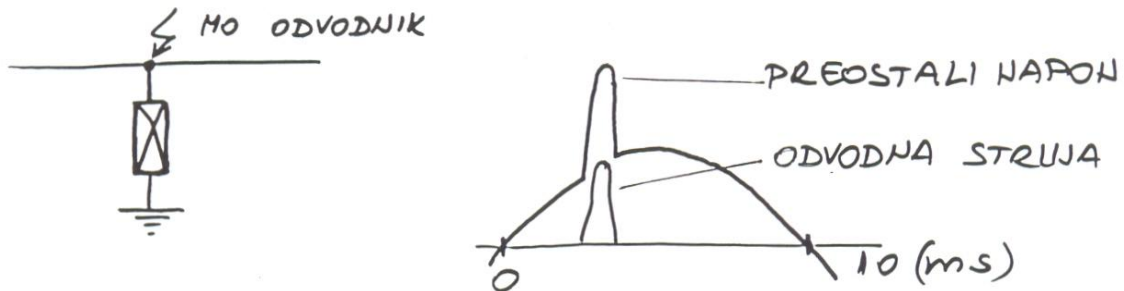
Nazivni napon odvodnika se bira kao u mreži 35 kV, pa isti treba iznositi:

- U mrežama 20 kV $U_n \geq 24 \text{ kV}$
- U mrežama 10 kV $U_n \geq 12 \text{ kV}$

3.2.2. „MO“ ODVODNICI PRENAPONA

3.2.2.1. IZVEDBA I PRINCIP DJELOVANJA

„MO“ odvodnik je izveden od metal-oksidnih blokova za vrlo velikim koeficijentom nelinearnosti.



Za razliku od "SiC" kod "MO" odvodnika proces odvođenja počinje pojavom prenapona i traje samo za vrijeme trajanja prenapona, a zbog visokog koeficijenta nelinearnosti, za gašenje struje nisu potrebna iskrišta. MO nema izolaciju vrlo neugodnih špica napona, te problema povratne struje

Zbog ovakve izvedbe, proizlaze i druge prednosti „MO“ odvodnika u odnosu na klasične, a to su:

- Bolja zaštitna karakteristika (niža zaštitna razina)
- Znatno bolja energetska karakteristika. Ovi odvodnici imaju 3-5 puta veću sposobnost apsorpcije energije od SiC odvodnika .



Na slici je prikazan jedan metal – oksidni odvodnik prenapona

Kod klasičnih odvodnika, ovi prenaponi na mjestu ugradnje odvodnika, ne smiju prekoračiti nazivni napon odvodnika jer u tom slučaju ne bi došlo do gašenja povratne struje što bi imalo za posljedicu uništenje odvodnika. MO odvodnik može zbog svojih karakteristika, zavisno od dužine trajanja prenapona, uspješno štiti od prenapona čije amplitude prelaze nazivni napon odvodnika.

Zaštitna karakteristika mu se tijekom vremena uporabe ne mijenja, već ostaje stabilna, što nije slučaj kod SiC odvodnika.

Ima veću zaštitnu zonu u području atmosferskih prenapona.

Mogućnost paralelnog rada kod ograničenja sklopnih prenapona, gdje svu energiju odvođenja ne preuzima odvodnik koji prvi proradi kao kod SiC odvodnika, već odvođenje na sebe preuzimaju ostali odvodnici ugrađeni u blizini.

Konstrukcija

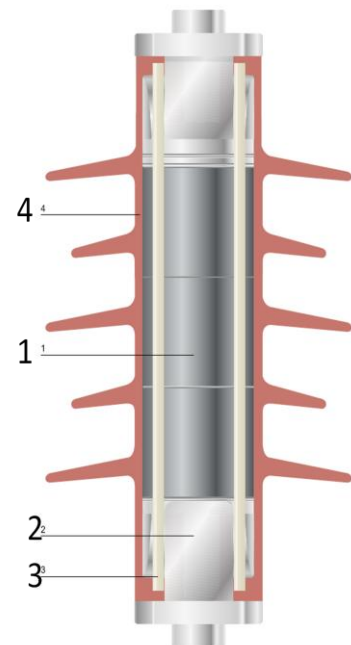
Raychemovog odvodnika prenapona

1 Metaloksidni otpornici (varistori)

2 Elektrode

3 Povezna ovojnica od staklenih vlakana

4 Polimerno kućište otporno na puzne staze



Djelovanje naprave za odvajanje i identifikaciju



Normalni uvjeti pogona



Kvar – odvodnik odvojen od mreže



Ugradnja odvodnika na nadzemnom neizoliranom vodu.

3.2.2.2. KONTROLA ENERGETSKE PODNOSIVOSTI

Nakon što se odabere odvodnik, potrebno je kontrolirati njegovu energetska podnosivost s obzirom na energetska naprezanja koja se mogu očekivati odvođenjem atmosferskog ili sklopnog vala.

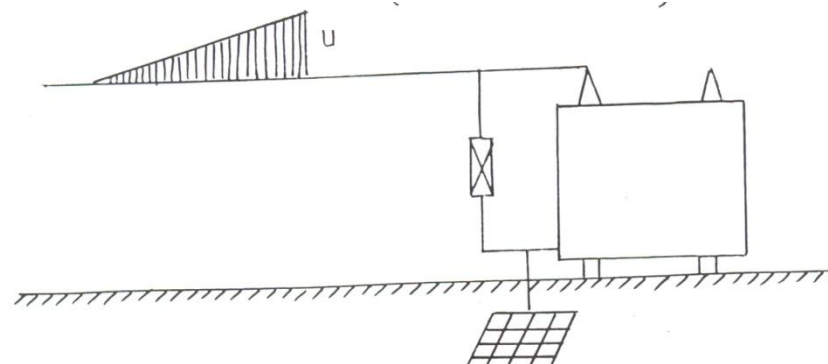
Ako se ne odabere odvodnik dovoljne energetske podnosivosti, doći će do njegovog oštećenja. Kod ovog su najopasniji sklopni prenaponi.

Za standardni val 10 kA, 80-20 μ s, kojim se može predstaviti atmosferski prenapon, apsorbirati će energiju od približno 0,44 kJ/kV. Za ove energije su odvodnici na 10 kV u pravilu redovito dobro dimenzionirani.

U praksi, kod srednjenaponskih distributivnih mreža, najopasniji sklopni prenaponi nastaju sklapanjem razgranatig kablskih mreža te kondenzatorskih baterija za kompenzaciju jalove snage. Olakšavajuća okolnost kod energetske naprezanja je već ranije spomenuto svojstvo „MO” odvodnika, da za razliku od „SiC” odvodnika, MO odvodnici kojih u pravilu u postrojenju ima više, dijele energiju koju treba apsorbirati.

3.2.2.3. UGRADNJA ODVODNIKA PRENAPONA

Osnovno je pravilo kod ugradnje odvodnika je da oni moraju biti montirani što bliže uređajima koje štite (kabelska glava, trafo ...). Najkritičniji je slučaj trafo stanica s jednim priključnim vodom (krajnja TS).



3.2.3. „MO“ ODVODNICI PRENAPONA

U mrežama srednjeg napona HEP-a se isključivo metal-oksidni (MO) odvodnici prenapona.

3.3.1. OSNOVNI TEHNIČKI PARAMETRI

„MO“ odvodnici koji se mogu koristiti u SN mreži, moraju zadovoljiti minimalno slijedeće tehničke parametre:

1. Nazivna odvodna struja 10 kA
2. Granična odvodna struja 100 kA
3. Struja kratkog spoja 20 kA
4. Koeficijenti zaštite:
 - Za mrežu $U_n=35$ kV $\geq 1,3$
 - Za mrežu $U_n=20$ kV $\geq 1,4$
 - Za mrežu $U_n=10$ kV $\geq 1,7$
5. Energetska podnosivost $\geq 2,5$ kJ/kV
6. Otpornost na pravokutni val dužine $2000 \mu s$ ≥ 250 A
7. Otpornost na dugotrajne prenapone ($t=1$ s) $\geq 1,3$
8. Kućište
 - Materijali od umjetne mase
 - Putna staza
 - o Normalni uvjeti..... ≥ 20 mm/kV (međufazno)
 - o Uvjeti intenzivnog zagađenja (zasoljenja) ... ≥ 25 mm/kV (međufazno)

3.3.2. IZBOR ODVODNIKA

U Republici Hrvatskoj nema proizvođača odvodnika prenapona. Analizirajući raspoložive podatke, prije svega o kvaliteti te pristupačnosti cijena, a zbog dobrih ranijih pokazatelja na našem tržištu, prednosti se ovog trena daje odvodnicima firmi „ABB“ i „Raychem“, koji u potpunosti zadovoljavaju prethodne kriterije.

ABB (Baden – Švicarska)

a) $I_n = 10 \text{ kA}$

- MWB – kućište od porculana
- MWK – rebrasto silikonsko kućište
- MWD – kućište od silikona (bez rebara), za unutrašnju uporabu.

b) $I_n = 5 \text{ kA}$

- MWB
- MWK
- MWD

Budući da su sve električne karakteristike, svih tipova, jednake, izbor se svodi na odabir:

1. Nazivne odvodne struje
2. Kućišta

Kao što je rečeno, u tehničkim uvjetima, s obzirom na puno bolje karakteristike, a nebitno višu cijenu, odabiru se odvodnici za **$I_n = 10 \text{ kA}$** .

S obzirom na izvedbu kućišta, odabire se odvodnik sa kućištem od silikona u rebrastoj izvedbi (MWK tip).

Osnovni razlozi za izbor silikonskog, a ne porculanskog kućišta su slijedeći:

- Potpuno su vodonepropusni u svim uvjetima korištenja (toplo, hladno, preopterećenje), što kod porculanskog nije slučaj. Ova činjenica je vrlo bitna za pouzdani rad odvodnika jer je poznato da je prodor vlage kod klasičnih odvodnika, bio najčešći uzrok kvara.
- Ne postoji rizik od eksplozije u slučaju kvara (za razliku od izvedbe sa porculanskim kućištem).
- Veća otpornost na vanjska oštećenja (npr. lom od udarca), s obzirom na fleksibilnost kućišta.
- Znatno manja težina
- Nešto niža cijena
- Za iste visine odvodnika, silikonski imaju duže putne staze, dakle i veću otpornost kod rada i uvjetima zagađenja.

Pored standardne dužine kućišta, nudi se i izvedba s produženom putnom stazom. Ti odvodnici u tipu imaju dodatak „K4“. (npr. MWK 20 K4).

Za vrlo teške uvjete rada, moguća je dobava odvodnika (ABB tvornica u Švedskoj), s vrlo visokom energetsom podnosivošću (do 8 kJ/kV – tip MWA).

RAYCHEM (Minhen – Njemačka)

Firma Raichem, proizvodi odvodnike s kućištem od umjetne mase. Pri tome se koriste iskustva dobro poznate tehnike toplo skupljajućih materijala, kao kod izrade kablskih završetaka.

Iako se radi o različitim tehnologijama, osnovne karakteristike ovih kućišta, slične su naprijed iznešenim za silikonske odvodnike „ABB“.

Rade sa samo za nazivnu struju $I_n = 10$ kA.

S obzirom na izvedbu kućišta, nude se dva tipa.

- HDA – N standardna izvedba
- HDA – R veći promjer rebara (dulja puzna staza) nego Kod standardne izvedbe.

Obzirom na postojanje zagađenih područja, prije svega posolice, za naše potrebe, predviđena je uporaba oba tipa.

3.3.3. PRORAČUN KARAKTERISTIKA I IZBOR TIPOVA ODVODNIKA

U_r – nazivni napon

U_c – trajni radni napon

Proračun U_c , U_r , izbor nazivne odvodne struje te izbor odgovarajućih tipova odvodnika za srednjenaponske mreže $U_n = 35, 20, 10$ kV, prikazan je na slijedećim tablicama:

Nazivni napon mreže (kV)	35	35	35	35
Najviši napon opreme (kV)	38	38	38	38
Zvezdište max I_K (kA)	1000	700	≥ 300	izolirano
Trajanje kvara (s)	<10	<10	<10	<10
Faktor zemljospoja	1,6	1,7	1,8	1,9
Otpornost na „TOV“	1,3	1,3	1,3	1,3
U_c (kV)	22	22	22	22
U_r (kV)	35	37	40	42
I_n (kA)	10	10	10	10
Izbor tipa odvodnika	MWK 28 HDA 30	MWK 30 HDA 30	MWK 32 HDA 33	MWK 33 HDA 33

Kod mreže 10/12 kV

Nazivni napon mreže (kV)	10	10	10
Najviši napon opreme (kV)	12	12	12
Zvezdište max I _K (kA)	≥300	Izolirano	Izolirano
Trajanje kvara (s)	<10	<10	<10
Faktor zemljospoja	1,7	1,8	1,8
Otpornost na „TOV“	1,3	1,3	1,3
U _C (kV)	7	7	12
U _r (kV)	12	12,5	15
I _n (kA)	10	10	10
Izbor tipa odvodnika	MWK 10 HDA 10	MWK 10 HDA 10	MWK 12 HDA 12

Kod mreže 20/24 kV

Nazivni napon mreže (kV)	20	20	20
Najviši napon opreme (kV)	24	24	24
Zvezdište max I _K (kA)	≥300	Izolirano	Izolirano
Trajanje kvara (s)	<10	<10	Bez iskapčanja
Faktor zemljospoja	1,7	1,8	1,8
Otpornost na „TOV“	1,3	1,3	-
U _C (kV)	14	14	24
U _r (kV)	22	23	30
I _n (kA)	10	10	10
Izbor tipa odvodnika	MWK 20 HDA 21	MWK 20 HDA 21	MWK 24 HDA 24

Istaknuti podaci se odnose na režim rada srednjenaponske mreže „Elektroprimorja“

Trajni radni napon U_C je dozvoljena efektivna vrijednost napona pogonske frekvencije, koji može biti trajno priključen između stezaljki odvodnika.

Nazivni napon U_r definira ponašanje odvodnika kod privremenih prenapona TOV (temporary overvoltage). Naime, nazivni napon odvodnika mora biti tako odabran da pri djelovanju privremenih prenapona ne proradi.

TOV

- a) Izolirano zvezdište, t<10 (s)

$$TOV = K_Z \frac{U_m}{\sqrt{3}}$$

U_m – najviši napon opreme
K_Z – iz tablice

- b) Otporno, uzemljeno zvezdište, t<10 (s)

$$TOV = \frac{U_m}{\sqrt{3}}$$

- c) Izolirano zvezdište – TOV se smatra trajnim i uzima se U_C=U_m

3.3.4. UPUTE ZA UGRADNJU ODVODNIKA

Kod ugradnje odvodnika, bitna su za njegovo efikasno djelovanje, dva elementa:

1. Udaljenost odvodnika od šticenog uređaja
2. Uzemljenje odvodnika

Za tipizirane odvodnike uz, za distributivne mreže uobičajene vrijednosti, maksimalne udaljenosti iznose:

- a) Postrojenje 35 kV
 - MWK 32 18 m
 - HDA 33..... 17 m
- b) Postrojenje 20 kV
 - MWK 20..... 16 m
 - HDA 21..... 15 m
- c) Postrojenje 10 kV
 - MWK 10 11 m
 - HDA 10 11 m

Uzemljenje:

Odvodnike treba uvijek najkraćim putem vezati na zajednički uzemljivač. Na ovaj način se eliminira utjecaj veličine impulsne impedancije uzemljenja šticenog uređaja na efikasnost djelovanja odvodnika.

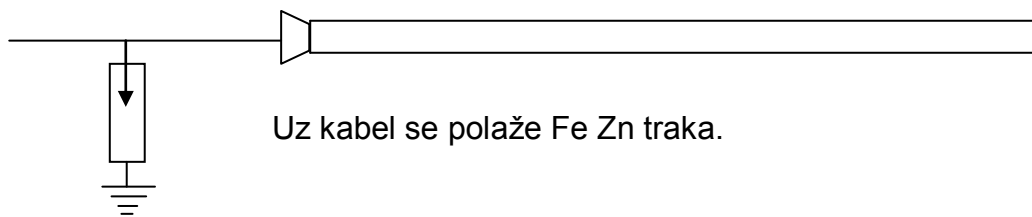
3.3. KABELSKI VODOVI

Kabelski vodovi u sklopu čisto labelske mreže, ne smatraju se ugroženim od atmosferskih prenapona pa se u takvoj mreži ne poduzimaju mjere zaštite.

Ovo ne vrijedi za kabelske vodove locirane na terenu sa visokim specifičnim otporom tla, koji su istovremeno izloženi intenzivnim atmosferskim pražnjenjima. To su specifični slučajevi koji traže i specifična rješenja.

Kabelski vodovi su ugroženi od atmosferskih prenapona ako su vezani na nadzemne vodove. U tom slučaju kabeli se štite „MO“ odvodnicima prenapona, na slijedeći način:

a) Prijelaz nadzemni vod - kabel



b) Prijelaz nadzemni vod – kabel – nadzemni vod

