

## PRAVILNIK

### O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA UZEMLJENJA ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA NAZIVNOG NAPONA IZNAD 1000 V

("Sl. list SRJ", br. 61/95)

## I OPŠTE ODREDBE

### Član 1

Ovim pravilnikom propisuju se tehnički normativi za dimenzionisanje sistema uzemljenja i oblikovanje i izvođenje uzemljivača, zemljovoda i zaštitnog uzemljenja opreme i metalnih masa, zahtevi u pogledu iznošenja potencijala, dodatne mere zaštite sekundarnih kola, zahtevi u pogledu uzemljenja stubova i opreme na stubovima i za uzemljenje pokretnih transformatorskih postrojenja, za povremeno uzemljivanje i kratko spajanje, za uzemljenje gromobranske instalacije postrojenja, kao i zahtevi u pogledu merenja, kontrole i pregleda sistema uzemljenja.

Odredbe ovog pravilnika primenjuju se na elektroenergetska postrojenja nazivnog napona iznad 1000 V.

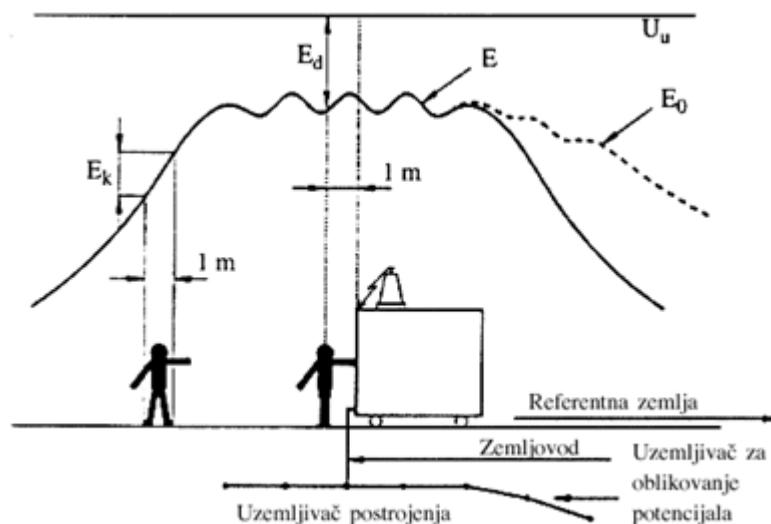
### Član 2

Odredbe ovog pravilnika ne primenjuju se na elektroenergetska postrojenja u podzemnim rudnicima, u elektrohemijskoj industriji, na nadzemna mesta ugrožena od eksplozivnih smeša, kao i na elektroenergetska postrojenja za posebne namene, kao što su postrojenja na planinskim vrhovima, postrojenja elektrofiltera i sl.

### Član 3

Navedeni izrazi, u smislu ovog pravilnika, imaju sledeća značenja:

- 1) zemlja je zemlja kao fizički objekat (površina zemlje, referentna zemlja);
- 2) tlo je zemlja kao materija (višeslojno tlo, stenovito tlo), kao i vrsta zemlje (humus, ilovača i sl.);
- 3) referentna (neutralna) zemlja je deo zemlje dovoljno udaljen od uzemljivačkog sistema tako da se pri odvođenju struje sa uzemljivačkog sistema u tlo na ovom delu zemlje ne pojavljuju potencijalne razlike (slika 1);



Slika 1: Napon uzemljivača  $U_u$  i raspodela potencijala  $E$  na površini tla iznad uzemljivača,  $E_0$  je raspodela potencijala posle oblikovanja

4) uzemljivač je jedan provodnik ili više provodnika koji su položeni u tlo i s njim su u neposrednom kontaktu, ili jedan provodnik ili više provodnika koji su položeni u beton koji je po velikoj površini u dodiru sa tлом. Provodnici uzemljivača mogu biti trakasti, kružni (puni presek ili uža), cevasti i od profilisanog metala.

Uzemljivači mogu biti horizontalni, vertikalni i kosi.

Horizontalni (površinski) uzemljivač je uzemljivač sastavljen od horizontalno položenih provodnika koji su ukopani u tlo na manjoj dubini (obično 0,5 m do 1 m). Horizontalni uzemljivač može biti mrežasti, zrakasti, u vidu prstenova i kao kombinacija tih oblika.

Vertikalni (dubinski) uzemljivač je uzemljivač sastavljen od jednog ili više štapnih uzemljivača koji su pobijeni vertikalno u tlo i međusobno povezani. Dužina štapova je obično 1 m do 5 m, a može da bude i veća kada su niži slojevi tla bolje provodni od površinskih.

Kosi uzemljivač je štapni uzemljivač koso pobijen u tlo;

5) prirodni uzemljivač je metalni deo koji je u dodiru sa tлом ili vodom neposredno ili preko betona, pa se ponaša kao uzemljivač iako mu to nije osnovna namena, na primer: metalni cevovod, armiranobetonska konstrukcija u tlu i sl.;

6) kabl kao uzemljivač je kabl položen u tlo čiji metalni plašt, električna zaštita ili armatura nisu izolovani u odnosu na tlo. Bitumenizovana juta ili tekstil se ne smatraju izolacijom u odnosu na tlo;

7) temeljni uzemljivač je uzemljivač položen u beton, koji je po velikoj površini u dodiru sa tлом, ili armiranobetonska konstrukcija u tlu;

8) uzemljivač za oblikovanje potencijala je uzemljivač ili deo uzemljivača koji je oblikovan tako da smanji potencijalne razlike dodira i koraka kod uzemljenog objekta (slika 1);

9) zemljovod je provodnik koji spaja uređaj koji treba uzemljiti sa uzemljivačem ili sa sabirnim zemljovodom. Ako je na vezi sa uzemljivačem ili sabirnim zemljovodom ugrađena spojnica,

rastavljač i dr., zemljovod je samo deo provodnika od mesta ugradnje tog elementa do uzemljivača ili sabirnog zemljovoda;

10) sabirni zemljovod je provodnik na koji je priključeno više zemljovoda. Sabirni zemljovod se na više mesta povezuje sa uzemljivačem;

11) uzemljivanje je galvansko povezivanje provodnih delova (električno kolo, kućište aparata, metalna konstrukcija) sa uzemljivačem, a izuzetno i sa drugim delovima uzemljivačkog sistema, ako nije drukčije određeno;

12) uzemljenje je sveukupnost mera i sredstava u vezi sa uzemljivanjem;

13) sistem uzemljenja (uzemljivački sistem) je sistem koji čine međusobno galvanski povezani uzemljivači, temeljni uzemljivači, zaštitni provodnici nadzemnih vodova, plaštovi kablova i druge metalne instalacije koje su u kontaktu sa tlom (na primer: cevovodi);

14) specifična električna otpornost ( $r$ ) je električna otpornost 1 m<sup>3</sup> tla do dubine jednake osmini linearne prostorne mere horizontalnog uzemljivača (obim mrežastog uzemljivača, dužina jednog provodnika zrakastog uzemljivača), odnosno do dubine prodiranja vertikalnih uzemljivača. Kod kombinovanih uzemljivača merodavna je veća od dve prethodno navedene dubine.

U tabeli 1 date su srednje vrednosti specifične električne otpornosti tla koje se usvajaju pri projektovanju sistema uzemljenja postrojenja nazivnog napona do 110 kV;

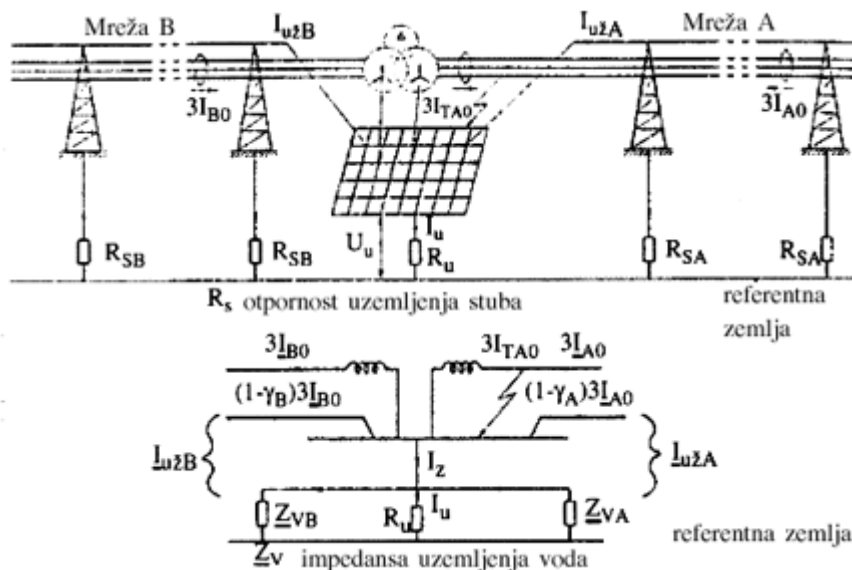
Tabela 1: Vrednosti specifične električne otpornosti tla ( $r$ )

Vrsta tla	$r$ (Wm)
morska voda	0,2
rečna voda	50
treset	20
humus	20
baštenska zemlja	40
ilovača	40
glinasta zemlja	100
peskulja	300
pesak	500
krečnjak	700
šljunkovita zemlja	3000
kamenito tlo	10000

15) Otpornost rasprostiranja uzemljivača ( $R_u$ ) je otpornost koju tlo suprotstavlja odvođenju struje sa uzemljivača. Ova otpornost ima praktično aktivni karakter. Određuje se kao odnos potencijala uzemljivača pri odvođenju struje ka referentnoj zemlji i te struje;

16) impedansa uzemljenja ( $Z_U$ ) je impedansa koju pri učestanosti 50 Hz sistem uzemljenja suprotstavlja odvođenju struje ka referentnoj zemlji. Ova impedansa se izračunava kao paralelna veza otpornosti rasprostiranja uzemljivača i impedansi uzemljenja nadzemnih i kablovskih vodova (slika 2). Impedansom uzemljenja obuhvataju se i prirodni uzemljivači koji se nalaze van teritorije uzemljivača ili su prostorno odvojeni od uzemljivača (cevovodi, armiranobetonske

konstrukcije zgrade, brane i dr.) ako su uključeni u sistem uzemljenja, kao i uzemljivači susednih postrojenja ili objekata ako sa tim uzemljivačima postoji galvanska veza (na primer: veza preko električne zaštite kablova, veza preko neutralnog provodnika niskonaponske mreže i sl.).



Slika 2: Raspodela struja u sistemu uzemljenja

Impedansa uzemljenja  $Z_u$  je jednaka:

$$Z_u = \frac{1}{\left( \frac{1}{R_u} + \sum_i \frac{1}{Z_{vi}} + \sum_k \frac{1}{Z_{vk}} \right)}$$

Indeksi "i" obuhvataju sve nadzemne vodove koji polaze iz postrojenja i imaju zaštitni provodnik. Indeksi "k" obuhvataju sve kablovske vodove koji polaze iz postrojenja i ponašaju se kao uzemljivači;

17) impedansa uzemljenja vodova ( $Z_v$ ) je odnos napona u tački vezivanja zaštitnog provodnika ili plašta kablova za uzemljivač prema referentnoj zemlji i struje koja se usled ovog napona odvodi u tlo preko zaštitnog provodnika ili plašta kablova. Napon u tački vezivanja jednak je naponu uzemljivača;

18) udarna otpornost uzemljenja je otpornost koju uzemljenje suprotstavlja odvođenju struje atmosferskog pražnjenja ka referentnoj zemlji na mestu upada talasa struje atmosferskog pražnjenja u sistem uzemljenja;

19) zaštitno uzemljenje je uzemljenje metalnih delova koji ne pripadaju strujnim kolima niti su posredno u električnom kontaktu sa njima, ali u slučaju kvara mogu da dođu pod napon. Zaštitno uzemljenje smanjuje ovaj napon, kao i potencijalne razlike dodira i koraka kojima mogu da budu izloženi ljudi, i na taj način ih štiti;

20) radno (pogonsko) uzemljenje je uzemljenje dela strujnog kola kojim se obezbeđuje željena funkcija i/ili radne karakteristike tog kola.

Radno uzemljenje može da bude direktno i indirektno.

Direktno uzemljenje se izvodi neposrednim vezivanjem za sistem uzemljenja.

Indirektno uzemljenje se izvodi vezivanjem za sistem uzemljenja preko neke impedanse (aktivne otpornosti, induktivnosti, kapaciteta ili njihove kombinacije);

21) gromobransko uzemljenje je uzemljenje gromobranske instalacije, koje služi za odvođenje struje atmosferskog pražnjenja u tlo. Gromobransko uzemljenje treba da ograniči napon na koji dolazi gromobranska instalacija, kako bi se sprečili naknadni ("povratni") preskoci na pogonska električna kola i metalne objekte;

22) mreža sa izolovanom neutralnom tačkom je mreža kod koje su neutralne tačke svih generatora i energetskih transformatora izolovane prema zemlji ili su sa uzemljivačkim sistemom povezane preko mernih zaštitnih kola sa velikom impedansom;

23) mreža sa kompenzacijom struje zemljospoja je mreža kod koje je neutralna tačka jednog ili više generatora ili energetskih transformatora vezana za uzemljivač preko induktivne otpornosti koja je podešena tako da bude približno u rezonansi sa kapacitetima mreže prema zemlji, kako bi se bitno smanjila struja zemljospoja na mestu kvara. Kompenzacija struje zemljospoja može da se ostvari i preko transformatora za uzemljenje;

24) mreža uzemljenja preko impedanse je mreža kod koje je neutralna tačka jednog ili više generatora i/ili energetskih transformatora vezana za uzemljivač preko aktivne otpornosti, reaktanse ili impedanse tako da je struja jednofaznog zemljospoja bar dva puta veća od kapacitivne komponente struje zemljospoja mreže. Zemljospojevi u mreži isključuju se automatski delovanjem zaštite;

25) direktno uzemljena mreža je mreža kod koje je neutralna tačka jednog ili više generatora i/ili energetskih transformatora neposredno vezana za uzemljivač. Zemljospojevi u mreži isključuju se automatski delovanjem zaštite;

26) napon uzemljivača ( $U_u$ ) je razlika potencijala uzemljivača i referentne zemlje (slika 1);

27) potencijal ( $E$ ) na površini zemlje je potencijal u odnosu na referentnu zemlju;

28) potencijalna razlika dodira ( $E_d$ ) je potencijalna razlika koja postoji između uzemljenih uređaja i stajališta, a koja može da se premosti dodirrom. Pri dodiru, strujno kolo se zatvara preko ruke (ruku) i stopala čoveka (slika 1), pri čemu su čovekova stopala udaljena 1 m od uzemljenog uređaja;

29) napon dodira ( $U_d$ ) je deo potencijalne razlike dodira kome je izložen čovek pri dodiru. Napon dodira manji je od potencijalne razlike dodira za pad napona na prelaznoj otpornosti kontakta stopala-tlo, i proračunava se prema izrazu:

$$U_d = \frac{E_d}{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot r_r}$$

gde je  $r_r$  specifična električna otpornost površinskog sloja tla izražena u  $\Omega \cdot m$ ;

30) potencijalna razlika koraka ( $E_k$ ) je potencijalna razlika koja na površini zemlje može da se premosti korakom dužine 1 m (slika 1);

31) napon koraka ( $U_k$ ) je deo potencijalne razlike koraka kome je izložen čovek kada prekorači potencijalnu razliku. Napon koraka manji je od potencijalne razlike koraka za padove napona prelaznih otpornosti stopala-tlo i proračunava se prema izrazu:

$$U_k = \frac{E_k}{1 + 6 \cdot 10^{-3} \cdot r_r}$$

gde je  $r_r$  specifična električna otpornost površinskog sloja tla izražena u  $\Omega \cdot m$ ;

32) oblikovanje potencijala je podešavanje raspodele potencijala radi smanjenja potencijalnih razlika dodira i koraka, koje se izvodi polaganjem dodatnih provodnika uzemljivača (slika 1);

33) zemljospoj je spoj jedne faze ili više faza sa zemljom ili uzemljenim uređajima.

Zemljospoj može biti jednofazni, dvofazni, dvostruki i višestruki.

Jednofazni zemljospoj je spoj jedne faze sa zemljom ili uzemljenim uređajem.

Dvofazni zemljospoj je spoj dve faze sa zemljom na istom mestu ili sa uzemljenim uređajem, odnosno spoj dva uređaja koji su uzemljeni preko istog sistema uzemljenja.

Dvostruki zemljospoj je spoj dve faze sa zemljom na različitim mestima ili sa uređajima koji nisu uzemljeni preko istog sistema uzemljenja.

Višestruki zemljospoj je spoj sve tri faze sa zemljom na različitim mestima ili sa uređajima koji nisu uzemljeni preko istog sistema uzemljenja;

34) struje merodavne za proračun uzemljenja su trostruke nulte komponente struja koje u tranzijentnom periodu teku u trofaznim elementima elektroenergetskog sistema (generatori, energetske transformatori, vodovi) pri zemljospoju u postrojenju. Međutim, ako je trostruka nulta komponenta struje koja u mesto kvara dotiče sa strane energetske transformatora bar 1,5 puta veća od zbira trostrukih nultih komponenti struja koje dotiču u postrojenje po vodovima (slika 2), računa se i raspodela struja u sistemu uzemljenja za zemljospoj na vodu van postrojenja, a za proračun je merodavan zemljospoj koji daje veće napone uzemljenja;

35) očekivane vrednosti struje kvara su struje kvara u elementima elektroenergetskog sistema s obzirom na moguća uklopna stanja sistema i njihovo relativno trajanje. Uzimaju se perspektivne vrednosti struje kvara od 10 godina za nove objekte, odnosno pet godina u toku eksploatacije objekata. Očekivana vrednost struje kvara za svaki element elektroenergetskog sistema računa se pomoću izraza:

$$I_0 = m \cdot I_{00}$$

gde su:

$I_{00}$  - očekivane vrednosti nulte komponente struje;

$I_0$  - najveća vrednost nulte komponente struje koja može da se pojavi u predviđenim uklopnim stanjima elektroenergetskog sistema;

$m$  - faktor očekivanja.

Ako se ne raspolože potrebnim podacima, za proračun faktora očekivanja usvaja se  $m = 1$ ;

36) redukcionni faktor voda je deo trostruke nulte komponente struje voda koji se odvodi u tlo, izražen relativno u odnosu na ukupnu trostruku nultu komponentu struje voda. Redukcionim faktorom se obuhvata uticaj magnetne sprege faznih i zaštitnih provodnika nadzemnog voda, odnosno magnetne sprege faznih provodnika i metalnog plašta ili električne zaštite kablovskog voda. Redukcionni faktor se računa pomoću izraza:

$$r = 1 - \frac{Z_m}{Z_z}$$

gde su:

$Z_m$  - međusobna impedansa zaštitnog i faznih provodnika nadzemnog voda;

$Z_z$  - impedansa zaštitnog provodnika.

Kod kablovskog voda u izraz se uvrštavaju odgovarajući parametri za metalni plašt ili električnu zaštitu kabela.

## II DIMENZIONISANJE SISTEMA UZEMLJENJA

### Član 4

Sistem uzemljenja dimenzioniše se prema toplotnim opterećenjima i naponima koji se javljaju u sistemu uzemljenja.

### Član 5

Kod dimenzionisanja sistema uzemljenja računa se sa normalnim radom postojećih zaštitnih uređaja i prekidača.

### Član 6

U postrojenju sa mrežama različitih nazivnih napona, koje ima jedinstveni sistem uzemljenja, sistem uzemljenja dimenzioniše se tako da zadovolji potrebne uslove kod zemljospoja u bilo kojoj od tih mreža, pri čemu se ne uzima u obzir mogućnost jednovremenih zemljospojeva u više mreža.

Izbor materijala i preseka uzemljivača

### Član 7

Kao materijal za uzemljivače u tlu koriste se pocinkovani čelik sa slojem cinka bar 70  $\mu\text{m}$  i bakar bez ili sa spoljašnjim slojem cinka, kalaja ili olova, ili drugi materijali sa odgovarajućim toplotnim, mehaničkim i hemijskim karakteristikama.

### Član 8

Najmanji dozvoljeni preseoci provodnika s obzirom na mehanička naprezanja i koroziju za provodnike od pocinkovanog čelika i bakra dati su u tabeli 2.

Tabela 2: Najmanje mere i obavezni uslovi za uzemljivače

Materijal	Provodnik uzemljivača	Najmanji presek mm <sup>2</sup>	Najmanja debljina mm	Ostali obavezni uslovi
toplo pocinkovan čelik	traka	100	4	
	okrugli puni	78 (□10 mm)		kod nastavljenih vertikalnih provodnika najmanji prečnik 20 mm
	cev			najmanji prečnik 25 mm; najmanja debljina 2 mm
	profilisani čelik		4	
čelik presvučen bakrom	okrugli puni	za čelik 50 za bakar 30		kod nastavljenih vertikalnih provodnika najmanji prečnik 15 mm
bakar	traka	50	2	
	uže	35		najmanji prečnik žice 1,8 mm
	okrugli puni	35		
	cev			najmanji prečnik 20 mm; najmanja debljina 2 mm

#### Član 9

Najmanji dozvoljeni preseci zemljovoda su 50 mm<sup>2</sup> za pocinkovani čelik u 16 mm<sup>2</sup> za bakar.

Dimenzionisanje sistema uzemljenja prema toplotnim opterećenjima

#### Član 10

Najveće trajno dozvoljene struje provodnika u sistemu uzemljenja date su u tabeli 3. Ako ne postoji opasnost od požara, vrednosti struja iz tabele 3 smeju da se povećaju za 20%.

Tabela 3: Najveće trajno dozvoljene struje provodnika u sistemu uzemljenja

Presek mm <sup>2</sup>	Najveća trajno dozvoljena struja (A)	
	čelik	bakar
16		150
25		200
35		280
50	150	480
70	180	590
100	240	780
200	420	1380

#### Član 11

Najmanji dozvoljeni presek provodnika u sistemu uzemljenja ( $q_{min}$ ) pri kratkotrajnom zagrevanju određuje se pomoću izraza:



$$q_{min} = k \cdot I \cdot \sqrt{t}$$

gde su:

$q_{min}$  - najmanji dozvoljeni presek provodnika za struju  $I$ , u  $mm^2$  ;

$I$  - struja merodavna za toplotni proračun, u kA;

$t$  - trajanje struje  $I$ , u s;

$k$  - sačinilac koji zavisi od vrste materijala provodnika, u  $mm^2 \cdot (kA)^{-1} \cdot s^{-1/2}$  , čije su vrednosti date u tabeli 4.

Tabela 4: Sačinilac  $k$

Materijal	Čelik	Bakar
$k$	15,0	6,25

Ako se struja zemljospoja menja u vremenu s obzirom na delovanje zaštite i automatskog ponovnog uključenja, najmanji dozvoljeni presek provodnika određuje se pomoću izraza:

$$q_{min} = k \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^n I_j^2 \cdot t_j}$$

gde su:

$I_j$  - struja kroz provodnik u vremenskom intervalu  $j$ , u kA;

$t_j$  - trajanje vremenskog intervala  $j$ , u s;

$n$  - broj vremenskih intervala.

Kod provodnika uzemljivača i zemljovoda koji su na dva kraja povezani sa uzemljivačem, za struju  $I$  (struje  $I_j$ ) u navedenim izrazima uvrštava se polovina vrednosti struje merodavne za toplotni proračun.

Struje merodavne za toplotni proračun sistema uzemljenja

## Član 12

U mreži sa izolovanom neutralnom tačkom provodnici uzemljivača ne proveravaju se na toplotna naprežanja kod kvarova. Ako se jednofazni zemljospoj u mreži isključuje u vremenu koje nije duže od 2h, sabirni zemljovod i zemljovodi se ne proveravaju na toplotna naprežanja. Ako se jednofazni zemljospoj u mreži isključuje u vremenu koje je duže od 2h, sabirni zemljovod i zemljovodi dimenzionišu se:

1) prema tranzijentnoj struji dvofaznog zemljospoja u postrojenju, koja se računa prema izrazu:

$$I_2 = 0,85 I_3$$

gde je  $I_3$  tranzijentna struja trofaznog kratkog spoja za kvar u postrojenju;

2) prema struji jednofaznog zemljospoja kao trajnoj struji.

U mrežama sa kompenzacijom struje zemljospoja provodnici uzemljivača ne proveravaju se na toplotna naprezanja kod kvarova. Sabirni zemljovod i zemljovodi se proveravaju na struju  $I_2$ . U postrojenjima sa prigušnicama za kompenzaciju struje zemljospoja sabirni zemljovod se proverava i na trajnu struju:

$$I_k = \sqrt{I_P^2 + I_G^2}$$

gde su:

$I_P$  - nazivna struja prigušnica u postrojenju;

$I_G$  - aktivna komponenta struje jednofaznog zemljospoja mreže, koja je jednaka najviše 10% kapacitivne struje jednofaznog zemljospoja mreže.

U mreži sa neutralnom tačkom koja je uzemljena direktno ili preko impedanse, sabirni zemljovod i zemljovodi dimenzionišu se prema tranzijentnoj struji jednofaznog zemljospoja.

Dimenzionisanje sistema uzemljenja prema dozvoljenim naponima dodira i koraka

### Član 13

Dozvoljeni naponi ( $U_{doz}$ ) dodira i koraka, u zavisnosti od vremena ( $t$ ) trajanja zemljospoja (kvara), računaju se prema sledećim izrazima:

$$U_{doz} = 1000 \text{ V za } t < 0,075 \text{ s}$$

$$U_{doz} = \frac{75}{t} \text{ V za } 0,075 \text{ s} < t < 1,153 \text{ s}$$

$$U_{doz} = 65 \text{ V za } t > 1,153 \text{ s}$$

Vreme trajanja zemljospoja  $t$  u sekundama određuje se za uslove normalnog delovanja zaštitnih uređaja i prekidača. U slučaju uzastopnog uspostavljanja struje zemljospoja (na primer: zbog automatskog ponovnog uključanja), vreme  $t$  se dobija kao zbir pojedinačnih vremena trajanja zemljospoja ako pauze između ponovnih uspostavljanja struje nisu duže od 0,5 s. Ako su te pauze duže od 0,5 s, uzima se vreme trajanja  $t$  jednog zemljospoja.

Ako postrojenje neposredno napaja javnu (distributivnu) niskonaponsku mrežu, pri kvaru u postrojenju naponi dodira koji se javljaju u toj niskonaponskoj mreži i instalacijama potrošača (na primer: iznošenjem potencijala preko neutralnog provodnika niskonaponske mreže) ne smeju da budu veći od dozvoljenih napona dodira iz stava 1 ovog člana.

### Član 14

Uslovi za dimenzionisanje uzemljenja postrojenja prema naponima dodira određeni su vrstom uzemljenja neutralne tačke mreže i vrstom primenjene zemljospojne zaštite. Uzemljivač se dimenzioniše tako da naponi dodira ne prelaze dozvoljene vrednosti, što se dokazuje proračunom i merenjima na izvedenom postrojenju pre puštanja u pogon.

Ako su ispunjeni posebni uslovi (P) iz člana 16 ovog pravilnika ili kada su, zavisno od tih posebnih uslova, primenjene dodatne zaštitne mere (D) iz člana 17 ovog pravilnika, smatra se da naponi dodira ne prelaze dozvoljene vrednosti, pa proračun i merenja nisu obavezni.

#### Član 15

U tabeli 5, u četvrtoj koloni, utvrđeni su slučajevi u kojima su proračun i merenje napona dodira obavezni i slučajevi u kojima proračun i merenja nisu obavezni. Postrojenja se razvrstavaju prema načinu uzemljenja neutralne tačke mreže kojoj pripadaju i posebnim uslovima koje zadovoljavaju. Na osnovu ova dva podatka utvrđuje se koji red u tabeli 5 odgovara posmatranom postrojenju. U trećoj koloni utvrđene su dodatne zaštitne mere koje moraju da se preduzmu kod postrojenja. Sa A) i sa B) označena su dozvoljena alternativna rešenja. Kada je u redu tabele 5 nabrojeno više posebnih uslova ili više dodatnih zaštitnih mera, svi nabrojani uslovi moraju da budu ispunjeni i sve nabrojane dodatne zaštitne mere moraju da se preduzmu.

Tabela 5: Uslovi izvođenja sistema uzemljenja

Neutralna tačka mreže kojoj pripada postrojenje	Posebni uslovi	Dodatne zaštitne mere	Proračun i merenje napona dodira
Izolovana ili sa kompenzacijom struje zemljospoja	P1	ne	ne
	P2	ne	ne
	P4	A) D1, D2, D3, D4.a) B) D1, D2, D3, D4.b)	ne
	ne	D1, D2, D3, D4.b)	da
	P6	D1, D3, D4.a)	ne
Uzemljena direktno ili preko impedanse	P1	ne	ne
	P 3, P 4, P 5	ne	ne
	P 3	A) D1, D3, D4.b) B) D2, D3, D4.b)	ne
	P 5	A) D1, D3, D4.b) B) D2, D3, D4.b)	da
	P 6	D1, D3, D4.a)	ne

#### Član 16

Posebni uslovi (P) iz tabele 5 su sledeći:

1) P 1 - napon uzemljivača nije veći od dvostruke vrednosti dozvoljenog napona dodira prema članu 13 ovog pravilnika. Vreme isključenja zemljospoja ne prelazi 3 s;

2) P 2 - na postrojenje su priključena najmanje dva kabla koji deluju kao uzemljivači, pri čemu nijedan nije kraći od 1 km. Ugao koji zaklapaju trase ovih kablova mora da bude u granicama 90o do 270o . Kablovi mogu da pripadaju mrežama različitih nazivnih napona. Pri određivanju

dužina trasa kablova uzimaju se u obzir i kablovi priključeni na prolazna postrojenja ako su plaštevski kablova, odnosno uzemljivači položeni uz kablove međusobno galvanski povezani. Struja zemljospoja mreže i zbirna nazivna struja kompenzacionih prigušnica ne prelazi 100 A, a vreme isključenja zemljospoja ne prelazi 2h.

Ako postrojenje neposredno napaja javnu (distributivnu) niskonaponsku mrežu preko koje se napajaju zgrade u čijim električnim instalacijama je primenjen TN sistem, svaka zgrada ima izveden temeljni uzemljivač i sprovedene mere izjednačavanja potencijala prema propisu za električne instalacije niskog napona;

3) P 3 - na postrojenje su priključena najmanje dva kabla koji deluju kao uzemljivači, pri čemu nijedan nije kraći od 1 km. Ugao koji zaklapaju trase ovih kablova mora da bude u granicama 90° do 270°. Kablovi mogu da pripadaju mrežama različitih nazivnih napona. Pri određivanju dužina trasa kablova uzimaju se u obzir i kablovi priključeni na prolazna postrojenja ako su plaštevski kablova, odnosno uzemljivači položeni uz kablove međusobno galvanski povezani.

Struja zemljospoja mreže ne prelazi 1000 A, a vreme isključenja zemljospoja ne prelazi 3 s.

Ako postrojenje neposredno napaja javnu (distributivnu) niskonaponsku mrežu preko koje se napajaju zgrade u čijim električnim instalacijama je primenjen TN sistem, svaka zgrada ima izveden temeljni uzemljivač i sprovedene mere izjednačavanja potencijala prema propisu za električne instalacije niskog napona;

4) P 4 - napon uzemljivača nije veći od trostruke vrednosti dozvoljenog napona dodira prema članu 13 ovog pravilnika.

Ako postrojenje neposredno napaja javnu (distributivnu) niskonaponsku mrežu preko koje se napajaju zgrade u čijim električnim instalacijama je primenjen TN sistem, svaka zgrada ima izveden temeljni uzemljivač i sprovedene mere izjednačavanja potencijala prema propisu za električne instalacije niskog napona;

5) P 5 - vreme isključenja zemljospoja ne prelazi 0,5 s. U slučaju primene automatskog ponovnog uključenja, beznaponska pauza prelazi 0,5 s.

Ako postrojenje neposredno napaja javnu (distributivnu) niskonaponsku mrežu preko koje se napajaju zgrade u čijim električnim instalacijama je primenjen TN sistem, svaka zgrada ima izveden temeljni uzemljivač i sprovedene mere izjednačavanja potencijala prema propisu za električne instalacije niskog napona;

6) P 6 - postrojenje neposredno napaja javnu (distributivnu) niskonaponsku mrežu, a radno i zaštitno uzemljenje kod tog postrojenja izvedeni posebno i razdvojeno, saglasno odredbama propisa o tehničkim normativima za zaštitu niskonaponskih mreža i pripadajućih transformatorskih stanica.

Napon zaštitnog uzemljivača kod zemljospoja na visokonaponskoj strani ne prelazi 1200 V.

## Član 17

Dodatne zaštitne mere (D) iz tabele 5 su sledeće:

1) D 1 - dodatna zaštitna mera sa spoljašnje strane postrojenja u zgradi sprovedena je ako je primenjena bar jedna od mera pod a), b) ili v);

a) upotreba električno neprovodnih materijala za spoljašnje zidove, uz sprečavanje mogućnosti dodira uzemljenih metalnih delova;

b) oblikovanje potencijala pomoću površinskog uzemljivača spojenog sa uzemljenjem. Površinski uzemljivač polaže se u tlo na rastojanju 1 m od zida i na dubini od 0,5 m;

v) izolovanje stajališta pomoću izolacionih slojeva koji su tako raspoređeni da onemogućavaju dodir metalnih delova rukom sa mesta stajanja van izolacionih slojeva. Stajalište je izolovano ako je kao izolacioni sloj upotrebljen sloj šljunka ili krupno tucanog kamena debljine najmanje 10 cm ili sloj asfalta debljine najmanje 1 cm;

2) D 2 - dodatna zaštitna mera sa spoljašnje strane postrojenja na otvorenom sprovedena je ako je primenjena zaštitna mera pod g) i bar jedna od mera pod a), b) ili v);

a) upotreba ograda od električno neprovodnih materijala, ili od mreže sa plastificiranom žicom i sa stubovima koji su obloženi plastičnom masom ili sa stubovima betona;

b) oblikovanje potencijala pomoću površinskog uzemljivača koji je položen sa spoljašnje strane ograde na rastojanju 1 m i na dubinu od 0,5 m;

v) izolovanje stajališta pomoću izolacionih slojeva koji su tako raspoređeni da onemogućavaju dodir metalnih delova rukom sa mesta stajanja van izolacionih slojeva. Stajalište je izolovano ako je kao izolacioni sloj upotrebljen sloj šljunka ili krupno tucanog kamena debljine najmanje 10 cm ili sloj asfalta debljine najmanje 1 cm;

g) ako su vrata u spoljašnjoj ogradi spojena sa uzemljivačkim sistemom postrojenja preko zaštitnih provodnika niskonaponskih kablova, metalnih plaštova kablova, PTT instalacija ili na drugi način, na području okretanja vrata oblikuje se potencijal ili izoluje stajalište. Stajalište je izolovano ako je kao izolacioni sloj upotrebljen sloj šljunka ili krupno tucanog kamena debljine najmanje 10 cm ili sloj asfalta debljine najmanje 1 cm;

3) D3 - dodatna zaštitna mera u postrojenju u zgradi sprovedena je ako je primenjena bar jedna od mera pod a), b) ili v):

a) oblikovanje potencijala polaganjem metalnih mrežastih konstrukcija u sve podne konstrukcije zgrade (na primer: mreže od trakastog ili okruglog čelika preseka najmanje 50 mm<sup>2</sup> i veličine okca 10 m x 10 m ili mreže od građevinskog čelika) i njihovo spajanje sa uzemljivačem postrojenje na najmanje dva prostorno odvojena mesta. Ako se upotrebe mreže od građevinskog čelika, svi izdvojeni delovi ove mreže moraju da se povežu najmanje na jednom mestu, a sa uzemljivačem postrojenja najmanje na dva mesta;

b) izrada mesta posluživanja u obliku metalne rešetke ili ploče koja je spojena sa uzemljenim metalnim delovima koji mogu da se dodirnu sa mesta posluživanja;

v) izolovanje mesta posluživanja za napon uzemljivača. Radi izjednačavanja potencijala, metalni delovi koji mogu istovremeno da se dodirnu sa mesta posluživanja moraju da budu galvanski povezani;

4) D4 - dodatna zaštitna mera u postrojenjima na otvorenom sprovedena je ako su primenjene sledeće zaštitne mere:

a) na mestu posluživanja primenjuje se najmanje jedna od sledećih zaštitnih mera:

a1) oblikovanje potencijala pomoću površinskih uzemljivača koji se polažu u tlo na rastojanju 1 m od dela koji se poslužuje i na dubini od 0,5 m, pri čemu se površinski uzemljivač spaja sa svim uzemljenim metalnim delovima koji mogu da se dodirnu sa mesta posluživanja;

a2) izrada mesta posluživanja u obliku metalne rešetke ili ploče koja je spojena sa uzemljenim metalnim delovima koji mogu da se dodirnu sa mesta posluživanja;

a3) izolovanje stajališta prema dodatnoj meri D1v). Radi izjednačavanja potencijala, metalni delovi koji mogu istovremeno da se dodirnu sa mesta posluživanja moraju da budu galvanski povezani;

b) polaganje površinskog uzemljivača u obliku horizontalne mreže koja pokriva površinu postrojenja, a ima okca pravougaonog (kvadratnog) oblika sa dimenzijama koje nisu veće od 10 m x 50 m.

## Član 18

Kod postrojenja nazivnog napona 110 kV i višeg, koje je u mreži sa neutralnom tačkom koja je uzemljena direktno ili preko impedanse, mora da se dokaže da naponi koraka van postrojenja ne prelaze dozvoljene vrednosti prema članu 13 ovog pravilnika.

Ako je ispunjen najmanje jedan od uslova P1 do P4 prema članu 16 ovog pravilnika, smatra se da su naponi koraka u dozvoljenim granicama.

Oblikovanje i izvođenje uzemljivača

## Član 19

Uzemljivač se oblikuje tako da se, u zavisnosti od raspoloživog prostora, rasporeda opreme i drugih uređaja koji se uzemljuju, kao i od vrste tla, postignu povoljne vrednosti otpornosti rasprostiranja uzemljenja i napona dodira i koraka.

## Član 20

Ako se uzemljivač izvodi u obliku mreže horizontalno položenih provodnika, sve uzemljene metalne mase na području uzemljivača moraju da se nalaze unutar spoljašnjeg okvira uzemljivačke konture i da budu udaljene najmanje 1 m od ovog okvira u horizontalnom pravcu.

## Član 21

Horizontalni uzemljivači polažu se u tlo na dubini od 0,5 m do 1 m. Štapni uzemljivači nabijaju se u zemlju vertikalno. Njihova primena je opravdana kada niži slojevi tla u koje prodiru imaju specifičnu električnu otpornost koja je manja od specifične električne otpornosti višeg sloja. Ako se uzemljivač sastoji od više štapnih uzemljivača, oni treba da budu međusobno razmaknuti najmanje onoliko koliko iznosi njihova dvostruka dužina.

## Član 22

Uzemljivač mora da bude u dobrom kontaktu sa tlom u koje se polaže. Kod kamenitog ili šljunkovitog tla u rov za polaganje uzemljivača nasipa se dobro provodna zemlja ili neki drugi dobro provodni materijali (na primer: bentonit, crveni mulj i dr.), tako da provodnik uzemljivača leži u toj zemlji ili tom materijalu.

## Član 23

Uzemljivači moraju da budu galvanski spojeni međusobno i sa zemljovodima zavarivanjem, pomoću vijaka ili pomoću stezaljki. Ako je spajanje izvedeno samo jednim vijkom, taj vijak mora da bude najmanje M10. Kod užadi se koriste kompresioni spojevi. Svi podzemni spojevi moraju da se zaštite od prodora vlage i korozije, na primer zalivanjem bitumenom preko vijaka ili stezaljki.

## Izvođenje zemljovoda

## Član 24

Metalne mase u postrojenju povezuju se sa uzemljivačem direktno preko provodnika uzemljivača koji se bez prekidanja izvodi iz tla, galvanski spaja za metalnu masu i ponovo vraća u tlo.

## Član 25

Zemljovodi i delovi provodnika koji se koriste kao zemljovodi prema članu 24 ovog pravilnika polažu se tako da budu vidljivi, a ako se pokrivaju moraju da budu pristupačni i zaštićeni od mehaničkih i hemijskih oštećenja.

Pri vođenju kroz tavanicu i zidove zemljovodi se polažu slobodno, bez uzidičivanja.

Dozvoljeno je polaganje zemljovoda u beton.

## Član 26

Ugrađivanje u zemljovod prekidača, osigurača, rastavljača i sličnih električnih naprava kojima može da se prekine zemljovod bez upotrebe alata nije dozvoljeno.

## Član 27

Zemljovodi i sabirni zemljovodi moraju da budu galvanski spojeni međusobno i sa drugim metalnim masama u postrojenju zavarivanjem, pomoću vijaka ili pomoću stezaljki. Ako je spajanje izvedeno samo jednim vijkom, taj vijak mora da bude najmanje M10. Kod užadi se koriste kompresioni spojevi. Svi podzemni spojevi moraju da se zaštite od prodora vlage i korozije, na primer zalivanjem bitumenom preko vijaka ili stezaljki.

## Član 28

Metalne mase u postrojenju moraju da se priključe na uzemljivač neposredno ili preko zemljovoda i sabirnog zemljovoda. Metalne mase koje su čvrsto i galvanski spojene sa uzemljenim konstrukcijama temelja ili sa uzemljenim čeličnim konstrukcijama ne moraju posebno da se uzemlje.

## Član 29

Čelične noseće konstrukcije mogu da se koriste za uzemljenje delova koji su pričvršćeni za njih ili ugrađeni u njih ako su:

1) noseće konstrukcije uzemljene u skladu sa odredbama ovog pravilnika;

- 2) provodni preseći nosećih konstrukcija u skladu sa odredbama ovog pravilnika;
- 3) spojna mesta nosećih konstrukcija galvanski spojena zavarivanjem ili pomoću vijaka;
- 4) noseće konstrukcije uzemljene i posle demontaže pojedinih delova konstrukcije;
- 5) noseće konstrukcije duže od 10 m povezane sa uzemljivačem najmanje na dva mesta.

#### Član 30

Delovi noseće konstrukcije koji se koriste kao sabirni zemljovod moraju po celoj dužni da se označe posebnim premazom u boji ako pri demontaži dela konstrukcije može da dođe do prekida sabirnog zemljovoda. Za premaz se koristi žutozelena boja.

#### Član 31

Nije dozvoljeno korišćenje plašta, armature ili električne zaštite kabla kao zemljovoda ili sabirnog zemljovoda.

#### Član 32

Zemljovodi armiranobetonskih nosećih konstrukcija i armiranobetonskih stubova moraju da se polažu po površini konstrukcije, odnosno stuba, tako da mogu jasno da se vide, ili neposredno u beton. Zemljovodi položeni u beton moraju da imaju lako pristupačne priključke, zaštićene od korozije. Armatura konstrukcije može da se koristi kao zemljovod ako je po celoj dužni zavarena na spojevima i ako preseći provodnih delova ispunjavaju zahteve ovog pravilnika.

Izvođenje zaštitnog uzemljenja električne opreme i metalnih masa

#### Član 33

Na uzemljivač postrojenja moraju da se vežu svi metalni delovi opreme i aparata koji ne pripadaju strujnim kolima, kao i svi drugi metalni delovi koji u slučaju kvara mogu da dođu pod napon, kao: ograde i mreže oko aparata u postrojenju, konstrukcije protivpožarne zaštite, cevovodi, kotlovi, cisterne, armature armiranobetonskih konstrukcija i sl.

#### Član 34

Na uzemljivač postrojenja moraju da se vežu sve metalne mase u tlu postrojenja, metalni plaševi, električne zaštite i armature kablova, zaštitni i neutralni provodnici niskonaponske mreže sopstvene potrošnje, zaštitni provodnici vodova koji ulaze u postrojenje, zemljovodi gromobrani i dr.

Na uzemljivač postrojenja moraju da se vežu i sva radna uzemljenja, izuzev radnog uzemljenja javnih (distributivnih) niskonaponskih mreža ako radno uzemljenje mora da bude odvojeno od zaštitnog uzemljenja.

#### Član 35

Pokretne metalne konstrukcije, zaštitne mreže i ploče, kao i mreže i ploče koje se skidaju moraju da se uzemlje ako nisu galvanski povezane sa uzemljenim delovima.



## Član 36

Zgrade na teritoriji postrojenja na otvorenom moraju da imaju temeljni uzemljivač koji je na više mesta povezan sa uzemljivačem postrojenja ili uzemljivač u vidu prstena, na udaljenju 1 m od temelja zgrade i na dubini od 0,5 m.

## Član 37

Metalni ručni tokovi, poluge i ručice na aparatima ne uzemljuju se posebno ako su u dobrom električnom spoju sa uzemljenim aparatom ili metalnom konstrukcijom. Uzemljenje je obavezno ako je spoj izveden preko vratila, zupčanika ili lanca. Kao dodatna zaštita koristi se izolacija.

## Član 38

Prirubnice provodnih izolatora koje su postavljene na ploče od izolacionog materijala moraju da se uzemlje. Uzemljuju se i kuke za pričvršćenje zateznih izolatora i podnožja potpornih izolatora ako nisu u dobrom električnom spoju sa uzemljenim delovima konstrukcije. Vijci za pričvršćenje smatraju se dobrim električnim spojevima ako su kontaktne površine pre spajanja neobojene. Metalni okviri izolacionih ploča kroz koje se provode provodnici takođe se uzemljuju.

## Član 39

Sekundarna strujna kola mernih transformatora moraju da se uzemlje na jednoj od priključnih stezaljki. Ako se sekundarna kola više transformatora međusobno povezuju, uzemljuju se na jednom mestu. Provodnik za uzemljenje između priključne stezaljke sekundarnog kola transformatora i priključnog vijka za zaštitno uzemljenje mora da bude od bakra, preseka 4 mm<sup>2</sup> ili više.

## Član 40

Odvodnici prenapona moraju da se uzemlje što je moguće kraćim zemljovodom. Kao zemljovod ne može da se koristi noseća metalna konstrukcija.

Dozvoljena je ugradnja brojača u zemljovod.

## Član 41

Uzemljenje izvlačivih prekidača izvodi se tako da se pri izvlačenju prekidača veza sa uzemljenjem prekida tek pošto su prekinuta radna i pomoćna strujna kola prekidača. Pri uvlačenju prekidača prvo se uspostavlja veza sa uzemljenjem, a zatim se uspostavljaju i veze radnih i pomoćnih strujnih kola prekidača.

## Član 42

Kod oklopljenih postrojenja izolovanih gasom mora da se obezbedi međusobna galvanska veza metalnih masa oklopa. Oklop mora da bude povezan na više mesta sa uzemljivačem postrojenja, a razmak između zemljovoda ne sme da bude veći od 10 m.

## Član 43

Metalni plaštovi energetskih, telekomunikacionih, signalnih i komandnih kablova moraju da se uzemlje na krajevima, a električne zaštite energetskih kablova uzemljuju se najmanje na jednom

kraju. Provodnici za uzemljenje moraju da budu toplotno dimenzionisani kao plašt, odnosno električna zaštita kablova.

#### Član 44

Uzemljenje neutralne tačke energetskog transformatora izvodi se preko zemljovoda koji se priključuje na uzemljivač na mestu ukrštanja provodnika uzemljivačke mreže. Kod energetskog transformatora nazivnog napona višeg od 110 kV ovaj priključak se izvodi u posebnom oknu koje omogućuje vizuelnu kontrolu spoja.

#### Član 45

Metalne vodovodne cevi u postrojenju moraju da se vežu na uzemljivač postrojenja. Ako je uzemljivač postrojenja izveden u obliku mreže sa provodnicima od bakra, moraju da se preduzmu mere za sprečavanje elektrolitičke korozije, na primer uvlačenjem provodnika ili vodovodne cevi u plastičnu cev na mestu ukrštanja.

#### Član 46

Metalni stubovi spoljašnjih ograda napravljenih od neprovodnih materijala moraju da se uzemlje vezivanjem za zajednički uzemljivač za oblikovanje potencijala, koji se polaže duž ograde sa spoljašnje strane na udaljenju 1 m i na dubini 0,5 m ili vezivanjem za pojedinačne uzemljivače za oblikovanje potencijala, koji se izvode oko svakog stuba na udaljenju 1 m i na dubini 0,5 m. Zajednički uzemljivač može da bude odvojen od sistema uzemljenja postrojenja. Pojedinačni uzemljivači se ne vezuju za uzemljivač postrojenja.

#### Član 47

Delovi metalnih spoljašnjih ograda postrojenja moraju da imaju međusobnu galvansku vezu. Ograde se uzemljuju preko horizontalnih uzemljivača ili preko pojedinačnih štapnih uzemljivača koji se postavljaju duž ograde u razmacima od najviše 50 m. Štapni uzemljivači moraju da budu dugački najmanje 1,5 m. Ograde postrojenja mogu da se uzemlje i uzemljivačem za oblikovanje potencijala koji se polažu duž ograde sa spoljašnje strane na udaljenju 1 m i na dubini 0,5 m.

#### Član 48

Dozvoljeno je da uzemljenje metalne spoljašnje ograde bude odvojeno od sistema uzemljenja postrojenja, radi smanjenja napona dodira. Ako se ograde postrojenja povezuje sa uzemljivačem postrojenja, to povezivanje se izvodi duž ograde u razmacima od najviše 50 m.

#### Član 49

Unutrašnje metalne ograde i metalni stubovi unutrašnjih ograda napravljenih od neprovodnog materijala uzemljuju se vezivanjem za uzemljivač postrojenja. Ako spoljašnja ograde postrojenja nije povezana sa uzemljivačem postrojenja, unutrašnje ograde se galvanski ne povezuju sa spoljašnjom ogradom. Sigurno galvansko odvajanje spoljašnje ograde postiže se ugradnjom delova ograde od neprovodnog materijala u unutrašnje ograde na mestima spajanja sa spoljašnjom ogradom. Ugrađeni izolacioni delovi moraju da budu dugački najmanje 2 m.

Iznošenje potencijala iz postrojenja

#### Član 50

Koloseci koji ulaze u postrojenje moraju da se povežu sa uzemljivačem postrojenja. Izuzetno, koloseci železnice na jednosmernu struju moraju da se izoluju od uzemljivača postrojenja i uzemlje posebnim uzemljivačem.

#### Član 51

Ako je napon uzemljivača postrojenja veći od vrednosti dozvoljenog napona dodira prema članu 13 ovog pravilnika, mora da se dokaže da naponi dodira na mestima posluživanja duž pruga na rastojanju od 200 m od postrojenja nisu veći od dozvoljenih. Ovaj uslov je ispunjen ako je na mestima posluživanja stajalište izolovano slojem šljunka ili krupno tucanog kamena debljine najmanje 10 cm, ili slojem asfalta debljine najmanje 1 cm.

#### Član 52

U koloseke neelektrificirane železnice koji ulaze u postrojenja, na više mesta moraju da se ugrade izolacioni umeci, tako da se spreči premošćenje razdvojenih delova koloseka vagonima ili drugom opremom.

#### Član 53

Ako je napon uzemljivača postrojenja više od 1,5 puta veći od vrednosti dozvoljenog napona dodira prema članu 13 ovog pravilnika, metalne vodovodne cevi koje ulaze u postrojenje moraju da se razdvoje od uzemljivača postrojenja umetanjem cevi od izolacionog materijala. Delovi cevi razdvajaju se van postrojenja, na mestu ulaska cevovoda u postrojenje. Kod cevovoda kod kojih je takvo razdvajanje neizvodljivo zbog konstrukcije, prečnika i namene, uslovi bezbednosti od opasnih napona dodira duž cevovoda postižu se uzemljenjem cevovoda na više mesta duž trase, izolovanjem cevovoda na delovima izloženim dodiru ili oblikovanjem potencijala.

#### Član 54

Ako je napon uzemljivača postrojenja više od 1,5 puta veći od vrednosti dozvoljenog napona dodira prema članu 13 ovog pravilnika, za svetiljke koje se napajaju iz postrojenja, a nalaze se van ograde postrojenja, koriste se stubovi od izolacionih materijala ili se preduzimaju sledeće mere:

- 1) priključak napojnog kabla izvodi se preko transformatora za galvansko razdvajanje. Napojni kabl mora da ima plašt od izolacionog materijala. Neutralni provodnik napojnog kabla mora da se poveže sa masom stuba;
- 2) oko stuba sa svetiljkama polaže se uzemljivač za oblikovanje potencijala na udaljenju 1 m i na dubinu od 0,5 m. Uzemljivač se povezuje sa masom stuba.

Odredbe ovog člana ne primenjuju se na svetiljke koje se napajaju preko javnih (distributivnih) niskonaponskih mreža.

#### Član 55

Ako se pri zemljospoju u postrojenju na koje su vezana postrojenja za neposredno napajanje javnih (distributivnih) niskonaponskih mreža, preko plaštova, armatura ili električnih zaštita napojnih kablova iznose potencijali koji u napajanim postrojenjima i dalje u niskonaponskim mrežama i instalacijama potrošača mogu da izazovu napone dodira veće od dozvoljenih napona dodira prema članu 13 ovog pravilnika, moraju da se preduzmu mere za ograničavanje napona

dodira na dozvoljene vrednosti. Naponi dodira manji su od dozvoljenih napona dodira ako naponi uzemljenja u postrojenjima za neposredno napajanje javnih (distributivnih) niskonaponskih mreža ne prelaze dvostruku vrednost dozvoljenih napona dodira. U suprotnom, primenjuje se jedna, ili kombinacija više sledećih mera:

- 1) smanjenje napona uzemljivača postrojenja iz koga se iznosi potencijal (smanjenje struje zemljospoja, impedanse uzemljenja postrojenja, redukcionih faktora vodova preko kojih se napaja postrojenje i sl.);
- 2) preduzimanje dodatnih zaštitnih mera u niskonaponskoj mreži i instalacijama potrošača (izjednačavanje potencijala kod potrošača i drugih ugroženih objekata niskonaponske mreže, zaštitno izolovanje i sl.);
- 3) skraćenje vremena trajanja zemljospoja u postrojenju iz koga se iznosi potencijal, što se postiže odgovarajućim izborom i podešavanjem uređaja relejne zaštite;
- 4) izolovanje jednog kraja električne zaštite kabla koji ima izolovani plašt.

Dodatne mere zaštite sekundarnih kola

#### Član 56

U postrojenjima nazivnog napona višeg od 110 kV moraju da se primene dodatne mere zaštite sekundarnih strujnih kola od elektromagnetne indukcije.

#### Član 57

Svi provodnici uzemljivačke mreže polažu se na istu dubinu. Zemljovodi moraju da budu što je moguće kraći. Ako se aparati uzemljuju direktno preko provodnika uzemljivačke mreže prema članu 24 ovog pravilnika, petlja koju ovaj provodnik gradi kratko se spaja u ravni uzemljivača.

#### Član 58

Kablovi sekundarnih kola polažu se, gde god je to moguće, paralelno sa provodnicima uzemljivačke mreže. Ako kablovi prave petlje, moraju da se polože u istu ravan sa uzemljivačkom mrežom.

#### Član 59

Slobodne žile i metalni plaševi kablova sekundarnih veza moraju da se uzemlje na oba kraja.

#### Član 60

Zemljovodi u relejnim kućicama moraju na više mesta da se vežu za metalne delove konstrukcije kućišta. Na zidove relejne kućice postavljaju se sabirni zemljovodi na visini polaganja kablova sekundarnih kola.

#### Član 61

Komandna tabla na koju se vezuju kablovi sekundarnih kola mora da se veže za uzemljivač postrojenja posebnim provodnikom uzemljivača koji prati kablove.

## Uzemljenje stubova i opreme na stubovima

### Član 62

Stubovi se uzemljuju saglasno odredbama propisa o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova i prema ovom pravilniku.

### Član 63

Zaštitni provodnici nadzemnih elektroenergetskih vodova moraju da se vežu za uzemljivač postrojenja u koje ulaze.

### Član 64

Noseće konstrukcije rastavljača na drvenim stubovima ne moraju galvanski da se povežu sa uzemljivačem stuba, u kom slučaju se u poluge za rukovanje ugrađuju izolatori koji imaju dovoljnu mehaničku čvrstoću i izolacioni nivo koji nije manji od nivoa koji obezbeđuju izolatori faznih provodnika voda, pri čemu deo poluge ispod izolatora mora galvanski da se poveže sa uzemljivačem stuba.

Uzemljivač stuba mora da se izvede nezavisno od terenskih uslova.

### Član 65

Noseća konstrukcija i poluge rastavljača na metalnom ili armiranobetonskom stubu, kao i na drvenom stubu čiji su metalni delovi međusobno povezani moraju da se vežu za uzemljivač stuba.

Uzemljivač stuba mora da se izvede nezavisno od terenskih uslova.

### Član 66

Metalni plaštovi, armature i električna zaštita završnica energetskih kablova na stubovima moraju da se uzemlje vezivanjem za uzemljivač stuba.

Uzemljivač stuba mora da se izvede nezavisno od terenskih uslova.

### Član 67

Konstrukcija stuba transformatorskog postrojenja na stubu treba da omogući jednostavnu i pouzdanu galvansku vezu svih metalnih delova koji nisu pod naponom sa uzemljivačem stuba, preko sabirnog zemljovoda. Na sabirni zemljovod priključuju se: kućište energetskog transformatora, kućište kondenzatora, uzemljenje odvodnika prenapona, uzemljenje sekundarnih kola mernih transformatora i metalni delovi ostalih visokonaponskih i niskonaponskih naprava na stubu koji nisu pod naponom.

Kao sabirni zemljovod može da se koristi metalna konstrukcija stuba, odnosno najmanje jedna armaturna šipka armiranobetonskog stuba prečnika najmanje 10 mm, koja se proteže od vrha do dna stuba.

Pokretna transformatorska postrojenja

## Član 68

Zaštitno uzemljenje pokretnih transformatorskih postrojenja mora da ispunjava uslove predviđene odredbama ovog pravilnika koji se odnose na dimenzionisanje uzemljenja.

## Član 69

Pokretna transformatorska postrojenja na vozilima ograđuju se tako da se spreči slučajni dodir delova vozila, priključnog stuba i zemljovoda. Vozilo mora da ima izolovano stajalište za osoblje.

## Član 70

Uzemljenje pokretnog transformatorskog postrojenja koje služi za napajanje mreže niskog napona izvodi se prema odredbama propisa o tehničkim normativima za zaštitu niskonaponskih mreža i pripadajućih transformatorskih stanica.

Povremeno uzemljivanje i kratko spajanje

## Član 71

Pre izvođenja radova na vodu, vod se isključuje, kratko se spaja i uzemljuje najmanje na jednom kraju.

## Član 72

Zemljospojnici (rastavljači za uzemljenje) moraju da ispunjavaju uslove predviđene važećim jugoslovenskim standardima.

## Član 73

Kontakti prenosnih naprava za uzemljivanje moraju da budu dimenzionisani za trajnu struju od najmanje 200 A. Za uzemljivanje se koriste savitljiva bakarna užad preseka najmanje 25 mm<sup>2</sup>. Kontakti i užad dimenzionišu se tako da mogu da izdrže struju zemljospoja najmanje 1 s. Preseci užadi biraju se prema čl. 10 i 11 ovog pravilnika.

## Član 74

Uklopna klešta i uklopne merne motke ne smeju da se uzemlje, a kada su van upotrebe, moraju da budu zaštićene od vlage.

Uzemljenje gromobranske instalacije postrojenja

## Član 75

Gromobranska instalacija postrojenja galvanski se povezuje sa uzemljivačem postrojenja što je moguće kraćim zemljovodima.

Zemljovodi koji su postavljeni van ograde postrojenja moraju da se zaštite od dodira.

III MERENJA, KONTROLE I PREGLEDI SISTEMA UZEMLJENJA

Podela objekata i vrste merenja, kontrole i pregleda sistema uzemljenja

#### Član 76

Prema karakteristikama, uzemljeni objekti se razvrstavaju u sledeće grupe:

- 1) OB1 - postrojenja čiji najviši nazivni napon iznosi 110 kV i više, a koja se razvrstavaju u sledeće grupe:
  - a) OB1.1. - postrojenja čije je uzemljivač izrađen od pocinkovanog čelika;
  - b) OB1.2 - postrojenja čiji je uzemljivač izrađen od bakarnih provodnika ili provodnika od drugih metala presvučenih bakrom;
  - v) OB1.3 - postrojenja koja se nalaze u zgradi sa temeljnim uzemljivačem, a iz postrojenja polaze najmanje dva kabla koji deluju kao uzemljivači i čija je ukupna otpornost rasprostiranja najmanje dva puta manja od otpornosti rasprostiranja uzemljivača postrojenja;
- 2) OB2 - postrojenja čiji je najviši nazivni napon niži od 110 kV, osim postrojenja koja neposredno napajaju javnu (distributivnu) niskonaponsku mrežu, a koja se razvrstavaju u sledeće grupe:
  - a) OB2.1 - postrojenja čiji je uzemljivač izrađen od pocinkovanog čelika;
  - b) OB2.2. - postrojenja čiji je uzemljivač izrađen od bakarnih provodnika ili provodnika od drugih metala presvučenih bakrom;
  - v) OB2.3 - postrojenja koja se nalaze u zgradi sa temeljnim uzemljivačem, a iz postrojenja polaze najmanje dva kabla koji deluju kao uzemljivači i čija je ukupna otpornost rasprostiranja najmanje dva puta manja od otpornosti rasprostiranja uzemljivača postrojenja;
- 3) OB3 - postrojenja koja neposredno napajaju javne (distributivne) niskonaponske mreže;
- 4) OB4 - tehnološki kompleks (elektrane, železare, industrijski kombinati i sl.), koji obuhvata više elektroenergetskih postrojenja i ima mrežu kablova i drugih metalnih instalacija u tlu koje su povezane međusobno i sa temeljnim uzemljivačima zgrada ili armaturom temelja zgrade. Kompleks je ograđen i pokriva površinu od najmanje 160 000 m<sup>2</sup> ;
- 5) OB5 - podstanice električne vuče.

Merenja, kontrole i pregledi sistema uzemljenja

#### Član 77

U tabeli 6 date su vrste obaveznih merenja, kontrole i pregleda koji se vrše kod različitih uzemljenih objekata.

Ako je uzemljivač postrojenja izveden delom od pocinkovanog čelika, a delom od bakra, primenjuju se vrste merenja, kontrole i pregleda predviđene za uzemljivače od pocinkovanog čelika.

Tabela 6: Obavezna merenja, kontrole i pregledi

Pri projektovanju		Pre puštanja u pogon ili posle radova na sistemu uzemljenja					U toku eksploatacije objekta					
Objekat	r	Vp	Kgp	<u>Zu</u>	Ud	Uk	Vp	Kgp	<u>Zu</u>	Ud	Uk	T (god.)
OB1.1	+	+	+	+	+1)	+2)	+	+	+	+1)	+2)	5
OB1.2	+	+	+	+	+1)	+2)	+	+	+	+1)	+2)	10
OB1.3	+	+	+	+	+1)	+2)	+	+	+	-	-	5
OB2.1	-	+	-	+	+1)	-	+	-	+	+1)	-	5
OB2.2	-	+	-	+	+1)	-	+	-	+	+1)	-	10
OB2.3	-	+	-	+	+1)	-	+	-	+	-	-	5
OB3	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-	10
OB4	-	+	+	+	+1)	-	+	+	+	-	-	5
OB5	+	+	+	+	+1)	+2)	+	+	+	+	+2)	2

Oznake u tabeli 6 imaju sledeća značenja:

+ obavezno;

- nije obavezno;

+1) obavezno samo u slučajevima predviđenim tabelom 5;

+2) obavezno samo u slučajevima predviđenim članom 18 ovog pravilnika;

r specifična električna otpornost tla;

Vp vizuelni pregled;

Kgp kontrola galvanske povezanosti opreme i metalnih masa postrojenja;

Zu impedansa sistema uzemljenja;

Ud napon dodira;

Uk napon koraka;

T periodičnost merenja, kontrole i pregleda.

Član 78

Kvalitet spojeva i stanja zaštite od korozije sistema uzemljenja ocenjuje se vizuelnim pregledom (Vp), koji obuhvata:

- 1) pregled spojeva zemljovoda sa kućištima uzemljenih uređaja;
- 2) pregled veza za međusobno povezivanje metalnih konstrukcija;
- 3) pregled veza i spojeva za izjednačavanje potencijala;
- 4) pregled veza za uzemljenje neutralne tačke energetskog transformatora;



5) pregled svih ostalih vidljivih delova sistema uzemljenja.

#### Član 79

Za merenje specifične elastične otpornosti tla ( $r$ ) primenjuje se metoda sa četiri sonde ili metoda sa pobijanjem probnog štapa, zavisno od terenskih uslova i dimenzija uzemljivača.

#### Član 80

Otpornost rasprostiranja uzemljivača ( $R_u$ ) meri se naizmničnom strujom čija učestanost nije manja od 16 2/3 Hz niti veća od 150 Hz. Kod uzemljivača koji pokrivaju površinu koja nije veća od 100 m<sup>2</sup> koriste se kompenzacione (mosne) metode ili metode sa merenjem struje i napona. Kod ostalih uzemljivača koristi se samo metoda sa merenjem struje i napona.

Impedansa sistema uzemljenja ( $Z_{uz}$ ) za postrojenja čiji najviši nazivni napon iznosi 110 kV i više meri se naizmničnom strujom 50 Hz pomoću metode sa merenjem struje i napona.

#### Član 81

Kontrola galvanske povezanosti ( $K_{gp}$ ) delova opreme i metalnih masa postrojenja sa uzemljivačem i međusobno vrši se propuštanjem ispitne struje jačine najmanje 15 A, bez odvajanja na spojnim mestima.

#### Član 82

Merna šema za metodu sa merenjem struje i napona prikazana je na slici 3. Zaštitni provodnici nadzemnih vodova, metalni plaševi i električna zaštita kablova ne smeju pri merenju da se razdvajaju od sistema uzemljenja. Priključenjem izvora naizmničnog napona 50 Hz između uzemljivača objekta i pomoćnog uzemljivača uspostavlja se merna struja  $I_m$ . Napon na uzemljivaču po uspostavljanju merne struje određuje se merenjem raspodele potencijala po površini tla na pravcu koji se bira tako da se izbegne uticaj magnetnog polja od uspostavljenog strujnog kola. Impedanca uzemljenja jednaka je:

$$Z_u = \frac{U_m}{r \cdot I_m}$$

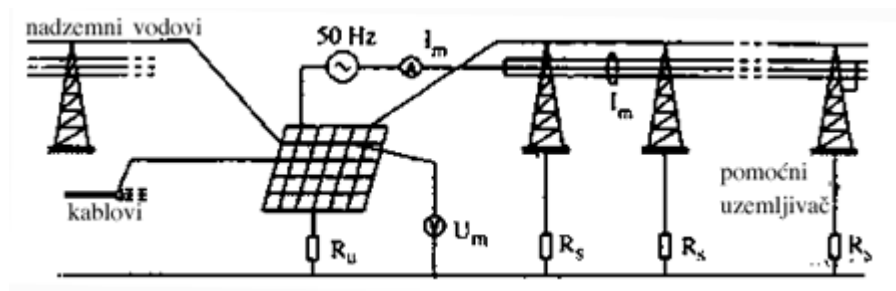
gde su:

$U_m$  - izmereni napon uzemljivača;

$I_m$  - uspostavljena merna struja;

$r$  - redukcionni faktor voda koji se koristi pri merenju.

Merna struja mora da bude dovoljno velika da bi se odstranio uticaj smetnji na izmerene napone. Za otklanjanje uticaja lutajućih struja koristi se metoda promene polariteta, ili neka druga metoda, u zavisnosti od opreme koja se koristi i drugih uslova.



Slika 3: Merenje impedancije uzemljenja, napona dodira i napona koraka

#### Član 83

Napon dodira ( $U_d$ ) meri se između uzemljenih metalnih masa i mogućih stajališta na tlu koja su na rastojanju 1 m od uzemljenih masa. Napon dodira meri se direktno primenom odgovarajuće opreme koja uključuje otpornost čovekovog tela od 1000 W i površinu kontakta stopala i tla od 200 cm<sup>2</sup> za svako stopalo. Elektrode preko kojih se ostvaruje kontakt sa tлом na stajalištu treba da se opterete silom od 500 N.

Napon dodira može da se odredi i proračunom na osnovu izmerene potencijalne razlike dodira, primenom izraza iz člana 3 tačka 29 ovog pravilnika.

#### Član 84

Napon koraka ( $U_k$ ) meri se na površini tla između mogućih stajališta na tlu koja su na rastojanju 1 m. Napon koraka meri se direktno primenom odgovarajuće opreme koja uključuje otpornost čovekovog tela od 1000 W i površinu kontakta stopala i tla od 200 cm<sup>2</sup> za svako stopalo. Elektrode preko kojih se ostvaruje kontakt sa tлом na stajalištu treba da se opterete silom od 500 N.

Napon koraka može da se odredi i proračunom na osnovu izmerene potencijalne razlike koraka, primenom izraza iz člana 3 tačka 31 ovog pravilnika.

#### Član 85

Izvršilac radova na merenju i kontroli na uzemljenju podnosi izveštaj koji sadrži:

- 1) datum merenja;
- 2) temperaturu i vlažnost tla;
- 3) opis metode merenja;
- 4) popis merne opreme;
- 5) nacrt uzemljenja, mernu šemu i prostorni raspored merne opreme;
- 6) rezultat merenja i proračuna;
- 7) dozvoljene vrednosti mernih veličina;
- 8) ocenu uzemljenja;

9) zapažanja;

10) naziv firme i imena lica koji su vršili merenje.

#### IV PRELAZNE I ZAVRŠNE ODREDBE

##### Član 86

Danom stupanja na snagu ovog pravilnika prestaju da važe član 2 tač. 14 do 40 i čl. 66 do 158 Pravilnika o tehničkim normativima za elektroenergetska postrojenja nazivnog napona iznad 1000 V ("Službeni list SFRJ", br. 4/74).

##### Član 87

Ovaj pravilnik stupa na snagu osmog dana od dana objavljivanja u "Službenom listu SRJ".