

ТЕХНИЧКА ПРЕПОРУКА број 9

**ИЗВОЂЕЊЕ УЗЕМЉЕЊА СТУБОВА
ЕЛЕКТРОДИСТРИБУТИВНИХ НАДЗЕМНИХ ВОДОВА
1 kV, 10 kV, 20 kV, 35 kV И 110 kV**

**III издање
јануар 2010.**

Овим престаје да важи II издање ТП–9 од децембра 2000.

Издавач:	ЈП ЕПС – ДИРЕКЦИЈА ЗА ДИСТРИБУЦИЈУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ БЕОГРАД, Војводе Степе 412
Техничко уређење:	Томислав Бојковић и Ђорђе Глишић
Коректура:	Томислав Бојковић и Ђорђе Глишић
Рачунарска обрада цртежа:	Биљана Стојановић и Владимир Крстић

Напомене уз III издање ТП – 9:

III издање ТП – 9 се разликује од II издања по томе што је као алтернатива допунском уземљивачу стуба додат темељни уземљивач. У том смислу је допуњен и припадајући Додатак ове препоруке.

Радна група за израду ТП – 9

јануар 2010.

Из архиве:

На основу предлога радне групе и Комисија за пројектовање, Комисија за техничка питања Пословне заједнице ЕД Србије је, на 82. састанку који је одржан 22. маја 1979. у Нишу, донла одлуку: **усваја се**

ТЕХНИЧКА ПРЕПОРУКА број 9**ИЗВОЂЕЊЕ УЗЕМЉЕЊА И УЗЕМЉИВАЧА СТУБОВА
ДИСТРИБУТИВНИХ НАДЗЕМНИХ ВОДОВА
1 kV, 10 kV, 20 kV, 35 kV и 110 kV****I издање**

Предложена решења уважавају специфичне техничке услове рада мреже и економске могућности електродистрибуција.

Чланови Комисије за техничка питања:

- 1 Јован Милић, Председник Комисије, "Електродистрибуција – Београд"
- 2 мр Драгутин Станојевић, "Електродистрибуција – Београд"
- 3 Милорад Петровић, "Електродистрибуција" Ниш
- 4 Драгољуб Младеновић, "Електротимок" Зајечар
- 5 Драган Цветковић, "Електродистрибуција" Лесковац
- 6 Бранко Танасијевић, "Електросрбија" Краљево
- 7 Влајко Муњас, "Електроморава" Смедерево
- 8 Миодраг Миљковић, "Електродистрибуција" Врање
- 9 мр Ахмедо Черкези, "Електрокосмет" Приштина
- 10 Борислав Јефтић, "Електровојводина" Нови Сад
- 11 Благоје Миљковић, "Електрошумадија" Крагујевац
- 12 Милоје Јездимировић, "Електродистрибуција" Титово Ужице
- 13 Томислав Бојковић, Пословна заједница ЕД Србије
- 14 Милош Стефановић, Пословна заједница ЕД Србије
- 15 Крсто Жижих, Пословна заједница ЕД Србије.

Чланови Радне групе:

- 1 Владимир Балковој, "Електровојводина - Пројектовање" Нови Сад
- 2 мр Нешо Мијушковић, "Електродистрибуција" Београд
- 3 Родољуб Марковић, "Електросрбија" Краљево
- 4 Томислав Бојковић, Пословна заједница ЕД Србије.

Стручни консултант:

проф. др Јован Нахман, ЕТФ Београд

Мај / новембар 1979.

Из архиве:

На основу предлога радне групе Технички савет ЕПС – Дирекције за дистрибуцију електричне енергије је, на 161. састанку који је одржан 12. децембра 2000. у Аранђеловцу, донео одлуку: **усваја се**

ТЕХНИЧКА ПРЕПОРУКА број 9**ИЗВОЂЕЊЕ УЗЕМЉЕЊА И УЗЕМЉИВАЧА СТУБОВА
ДИСТРИБУТИВНИХ НАДЗЕМНИХ ВОДОВА
1 kV, 10 kV, 20 kV, 35 kV и 110 kV****II издање**

Предложена решења су у складу са важећим прописима и стандардима и задовољавају захтеве сигурности, функционалности и економичности.

Чланови Техничког савета:

- 1 мр Миладин Танасковић, Председник Техничког савета, "Електродистрибуција – Београд"
- 2 мр Зоран Ристановић, "Електровојводина" Нови Сад
- 3 др Јосиф Спирић, "Електродистрибуција" Лесковац
- 4 Драган Балкоски, ЕПС Београд
- 5 Милоје Јездимировић, "Електродистрибуција" Ужице
- 6 Милосав Филиповић, "Електросрбија" Краљево
- 7 Миодраг Павковић, "Електротимок" Зајечар
- 8 Миодраг Миљковић, "Електродистрибуција" Врање
- 9 Миодраг Анђелковић, "Електрокомет" Приштина
- 10 Миодраг Ристић, "Електроморава" Пожаревац
- 11 Митар Алексић, "Електрошумадија" Крагујевац
- 12 Драгољуб Здравковић, "Електродистрибуција" Ниш
- 13 Светозар Гламочлија, ЕП Републике Српске Бања Лука
- 14 Жарко Мићин, "Електровојводина" Нови Сад
- 15 Александар Петровић, "Електросрбија" Ваљево
- 16 Федора Лончаревић, ЕПС – Дирекција за дистрибуцију Београд
- 17 Слободан Кујовић, ЕПС – Дирекција за дистрибуцију Београд.

Чланови Радне групе:

- 1 Ђорђе Глишић, "Електродистрибуција" Београд
- 2 Станисав Минић, "Електросрбија" Краљево
- 3 Бранислав Стевановић, "Електросрбија" Јагодина
- 4 Томислав Бојковић, ЕПС – Дирекција за дистрибуцију.

Децембар 2000.

На основу предлога радне групе Технички савет ЕПС – Дирекције за дистрибуцију електричне енергије је, на 191. састанку који је одржан 28. јануара 2010. у Београду, донео одлуку: **усваја се**

ТЕХНИЧКА ПРЕПОРУКА број 9

ИЗВОЂЕЊЕ УЗЕМЉЕЊА СТУБОВА ДИСТРИБУТИВНИХ НАДЗЕМНИХ ВОДОВА

1 kV, 10 kV, 20 kV, 35 kV и 110 kV

III издање

Предложена решења су у складу са важећим прописима и стандардима и задовољавају захтеве сигурности, функционалности и економичности.

Чланови Техничког савета:

- 1 Мирослав Босанчић, председник, "Електродистрибуцији – Београд"
- 2 Жарко Мићин, замена члана, "Електровојводина" Нови Сад
- 3 Саша Стефановић, "Електросрбија" Краљево
- 4 мр Малиша Божић, ЕД "Југосток" Ниш
- 5 мр Мидраг Ристић, ЕД "Центар" Крагујевац
- 6 Никола Гашић, ЕПС – Дирекција за ДЕЕ
- 7 Слободан Кујовић, ЕПС – Дирекција за ДЕЕ

Чланови Радне групе:

- 1 Ђорђе Глишић, "Електродистрибуција – Београд"
- 2 Томислав Бојковић, пензионер – сарадник ЕПС.

Јануар 2010.

1 ОПСЕГ ВАЖЕЊА И НАМЕНА

1.1 Ова препорука се односи на извођење уземљења стубова дистрибутивних надземних водова 1 kV, 10 kV, 20 kV, 35 kV и 110 kV који се користе у електродистрибутивним мрежама Србије, или се прикључују на ове мреже. Препорука је усаглашена са важећим техничким прописима и стандардима.

1.2 Ова препорука има циљ да:

- утврди основне критеријуме за димензионисање уземљења стубова надземних водова у складу са важећим прописима и дистрибутивном праксом;
- утврди основне захтеве за извођење темељног и допунског уземљивача стуба;
- препоручи материјале и пресеке уземљивача и земљовода;
- препоручи конкретна решења за извођење уземљивача стубова надземних водова 1 kV до 110 kV;
- утврди техничке карактеристике и примену заштитног проводника;
- препоручи начин мерења отпорности уземљења стубова.

2 БЕЗА СА ОСТАЛИМ ДОКУМЕНТИМА

Код пројектовања и извођења радова на уземљењу и уземљивачу стубова дистрибутивних надземних водова за потребе електродистрибутивних предузећа треба поштовати захтеве ове препоруке, правилнике и стандарде који се односе на ову област, а посебно:

- Правилник о техничким нормативима за изградњу нисконапонских надземних водова ("Сл. лист СФРЈ", бр. 6/92);
- Правилник о техничким нормативима за изградњу средњенапонских надземних водова самоносећим кабловским снопом ("Сл. лист СРЈ", бр. 20/92);
- Правилник о техничким нормативима за изградњу надземних електроенергетских водова називног напона од 1 kV до 400 kV ("Сл. лист СФРЈ", бр. 65/88 и "Сл. лист СРЈ", бр. 18/92);
- Правилник о техничким нормативима за заштиту нисконапонских мрежа и припадајућих трансформаторских станица, ("Сл. лист СФРЈ", бр. 13/78 и "Сл. лист СФРЈ" бр. 37/95);
- Правилник о техничким нормативима за електроенергетска постројења називног напона изнад 1 000 V, ("Сл. лист СФРЈ", бр. 4/74 и "Сл. лист СФРЈ", бр. 13/78);
- Правилник о техничким нормативима за заштиту електроенергетских постројења од пренапона, ("Сл. лист СФРЈ", бр. 7/71 и "Сл. лист СФРЈ", бр. 44/76);
- Правилник о техничким нормативима за уземљење електроенергетских постројења називног напона изнад 1 000 V, ("Сл. лист СРЈ", бр. 61/95);
- Правилник о техничким нормативима за заштиту објеката од атмосферског пражњења, ("Сл. лист СРЈ", бр. 11/96).
- IEC 60071-2:1996, Координација изолације – Део 2: Упутство за примену
- IEC TS 60479-1:2005, Ефекти дејства струје при проласку кроз човечије тело и домаће животиње – Део 1: Општи аспекти

- SRPS N.A0.826:1986, Електричне инсталације у зградама – Термини и дефиниције
- SRPS N.B2.730:1984, Електричне инсталације у зградама – Опште карактеристике и класификација
- SRPS N.B2.741:1989, Електричне инсталације ниског напона – Захтеви за безбедност – Заштита од електричног удара
- SRPS N.B4.901:1971, Громобрани – Водови – Материјал и упутства о употреби

3 ТЕРМИНИ И ДЕФИНИЦИЈЕ

- 3.1 **Уземљивач стуба:** метална арматура која је преко бетона или директно у додиру са земљом (арматура стабла, темељни уземљивач стуба, допунски уземљивач стуба).
- 3.2 **Темељни уземљивач стуба:** метална арматура темеља стуба и арматура стабла, који су преко бетона у додиру са земљом.
- 3.3 **Допунски уземљивач стуба:** проводник који је неизоловано положен у земљу и повезан са арматуром стабла.
- 3.4 **Земљовод:** вод који преко стезалке за уземљење на стубу спаја сабирни земљовод са уземљивачем стуба, као и вод који спаја арматуру стуба и металне елементе на стубу (конзоле, носачи изолатора, одводници пренапона, заштитни проводник итд.) са сабирним земљоводом.
- 3.5 **Сабирни земљовод:** вод на који је прикључено више земљовода.
- 3.6 **Отпорност распростирања уземљивача:** отпорност земље између уземљивача и референтне земље.
- 3.7 **Импеданса уземљења стуба:** укупна импеданса уземљивача стуба и заштитног проводника (ужета) ако постоји.
- 3.8 **Ударна отпорност уземљења:** отпорност уземљења стуба при проласку ударне струје грома.
- 3.9 **Напон додира:** пад напона у човечјем телу када човек, стојећи на око 1 m од стуба, додирује стуб у тренутку земљоспоја на стубу.
- 3.10 **Напон пре додира (потенцијална разлика додира):** разлика потенцијала на коме се налази стуб и потенцијала тла на око 1 m од стуба, у тренутку земљоспоја на стубу.
- 3.11 **Електрична отпорност човечјег тела (R_{ζ}):** отпорност која зависи од успостављеног напона додира и износи: $R_{\zeta} = 1\ 000\ \Omega$.

4 ТЕХНИЧКИ ПОДАЦИ И ПОГОНСКИ УСЛОВИ

4.1 Уземљења неутралних тачака дистрибутивних мрежа 1 kV, 10 kV, 20 kV, 35 kV и 110 kV изводе се према ТП – 6:

а) Неутрална тачка мреже 10 kV и 20 kV је изолована или уземљена преко нискоомске импедансе.

б) Неутрална тачка мреже 35 kV је уземљена преко нискоомске импедансе.

Типска вредност струје земљоспоја у уземљеним мрежама 10 kV, 20 kV и 35 kV је 300 А. У мрежи 20 kV и 35 kV струја земљоспоја може да буде и већа од 300 А, али највише 1 000 А.

в) Неутралне тачке мрежа 1 kV и 110 kV су директно уземљене.

4.2 Време трајања земљоспоја (t_z), према ТП – 4 а, износи:

а) у изолованим мрежама 10 kV и 20 kV:

– $t_z \leq 3$ s ако вредност укупне капацитивне струје земљоспоја прелази 10 А;

– $t_z \leq 2$ сата ако вредност укупне капацитивне струје земљоспоја не прелази 10 А;

б) у уземљеним мрежама 10 kV, 20 kV и 35 kV:

– $t_z \leq 1$ s у мрежи 10 kV и 20 kV;

– $t_z \leq 2$ s у мрежи 35 kV.

в) у директно уземљеној мрежи 110 kV: $t_z \leq 0,5$ s.

5 ИЗВОЂЕЊЕ УЗЕМЉЕЊА СТУБОВА ВИСОКОНАПОНСКИХ НАДЗЕМНИХ ВОДОВА

5.1 **Метални или армиранобетонски стуб треба да се уземљи.**

Уземљење се изводи преко темељног уземљивача стуба (тачка 5.3), а у случају коришћења неармираног темеља или код темељења директним укопавањем обавезно се користи допунски уземљивач (тачка 5.4).

Допунски уземљивач се не изводи:

– код стуба вода изведеног самоносећим кабловским снопом (СКС) или слабоизолованим проводником (СИП) – изузетак су стубови из тачке 6.10;

– код стуба на терену са великом специфичном отпорношћу тла (нпр: каменито тло и сл.).

5.2 **Стуб од дрвета или неког другог изолационог материјала се не уземљује**, нити се уземљују металне конзоле и носачи изолатора на стубу. Међутим, **за стуб од дрвета или неког другог изолационог материјала се изводи темељни и/или допунски уземљивач ако се на стубу налази:**

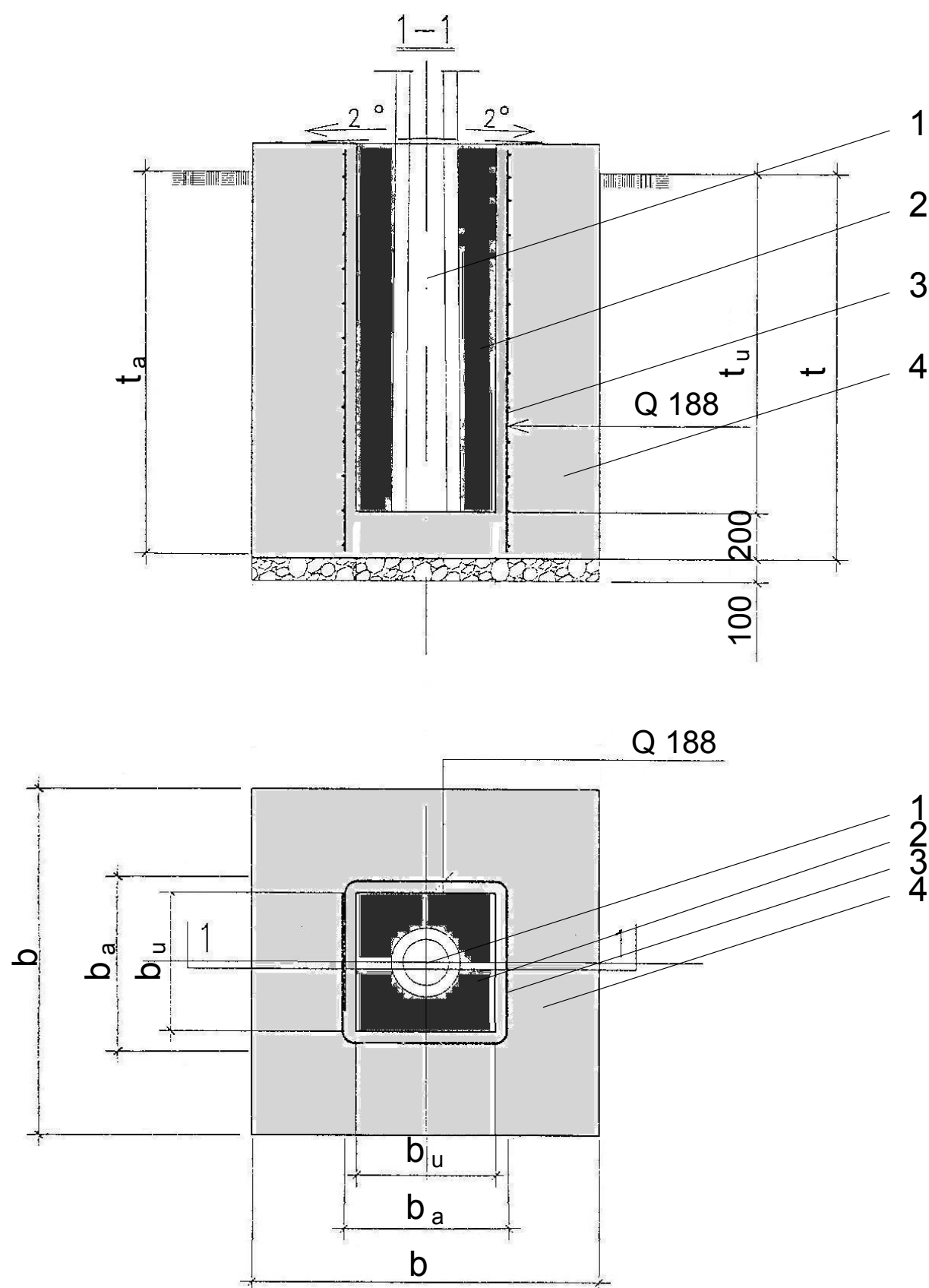
– заштитни проводник или метална трака за заштиту од удара грома,
– расклопни апарат (линијски растављач или склопка растављач),
– одводници пренапона,

– високонапонска кабловска завршница,
и тада се преко сабирног земљовода остварује галванска веза између металних делова на стубу и уземљивача стуба.

Изузетно, носачи изолатора који се директно уврћу у дрво не морају да се прикључе на сабирни земљовод.

5.3 Темелјни уземљивач стуба сачињава (слика 5.3):

- венац (мрежа) галвански повезаних арматурних шипки које се уграђују у темелј, на пример: "арматурни кош" или слично;
- арматура стабла металног или армиранобетонског стуба у темелјној чашици, која се галвански повезује са арматуром у темелју стуба, слика 5.9.



1 стабло; 2 темелјна чашица; 3 арматура темелја; 4 тело темелја.

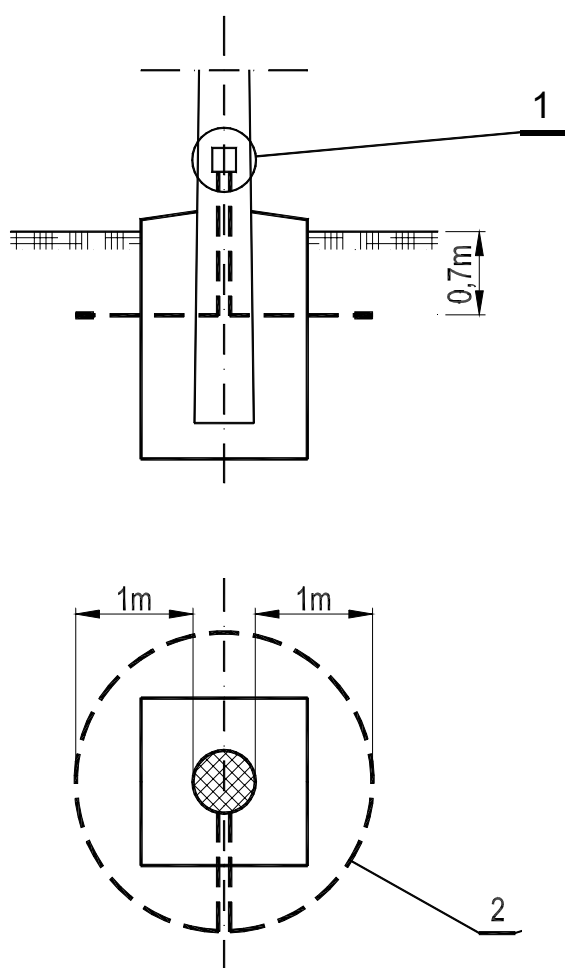
Слика 5.3 Темелјни уземљивач стуба изведен на лицу места

Код префабрикованог темеља који у сваком елементу има мрежасту арматуру није потребно галванско повезивање мрежастих арматура суседних елемената јер се та веза успоставља начином монтаже елемената и преко бетона, док се галванска веза арматуре стабла стуба са арматуром у темељу остварује преко прикључка горњег елемента префабрикованог темеља (слика 4.10 и тачка 5.11 у ТП – 10 г).

5.4 Допунски уземљивач стуба се изводи у виду прстена (препорука), а изузетно и у виду зрака:

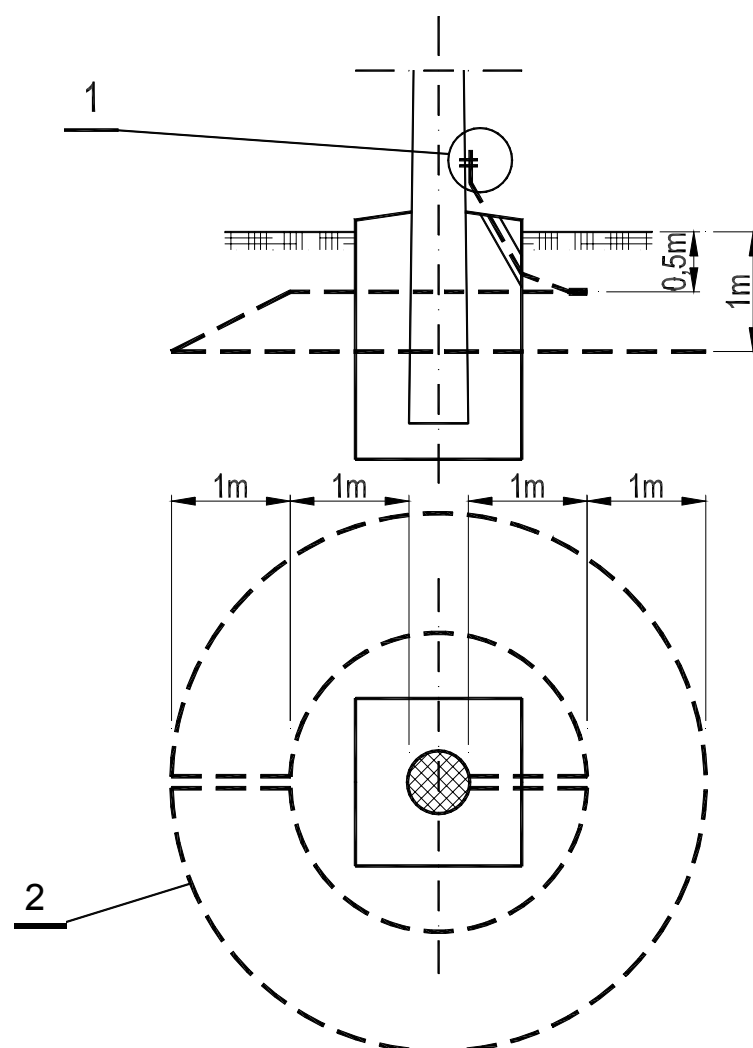
5.4.1 Прстенасти уземљивач се изводи са једним прстеном (слика 5.4.1.а), који се полаже на дубину 0,7 м до 0,8 м.

Изузетно, на местима поштрених захтева у погледу испуњења услова безбедности од напона додира (тачка 6.5.а) може да се користи допунски уземљивач са два прстена: први прстен се поставља на дубину од 0,5 м и на удаљење 1 м од ивице стуба, док се други прстен поставља на дубину 0,8 м до 1 м и на удаљење најмање 2 м од стуба (слика 5.4.1.б).



1 прикључак за уземљење; 2 жица од челика Ø 10 mm

Слика 5.4.1.а Допунски уземљивач са једним прстеном



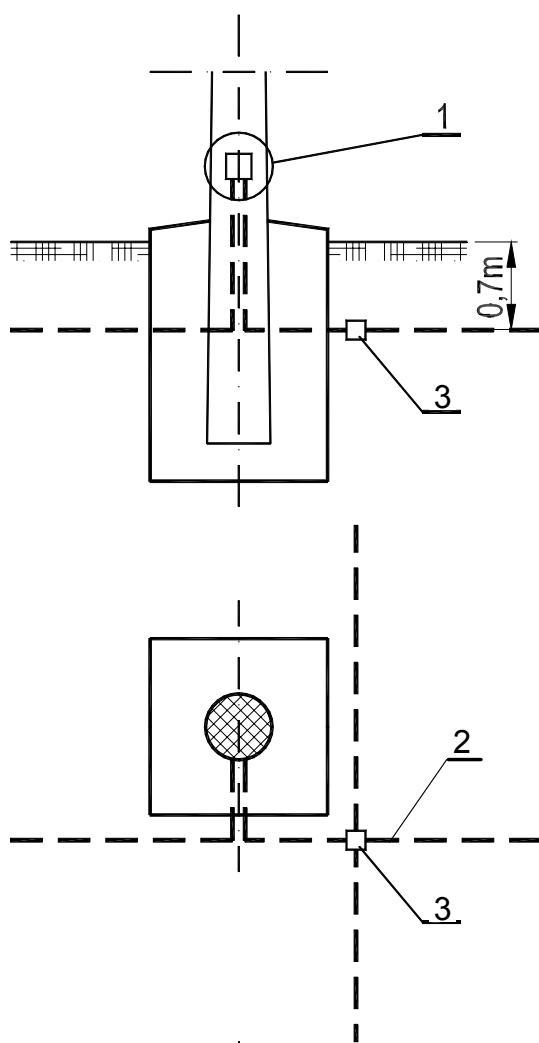
1 прикључак за уземљење; 2 жица од челика $\varnothing 10\text{ mm}$

Слика 5.4.1.б Допунски уземљивач са два прстена

5.4.2 **Зракасти уземљивач**, који се полаже на дубину 0,7 m до 0,8 m, изводи се са четири крака (слика 5.4.2.а).

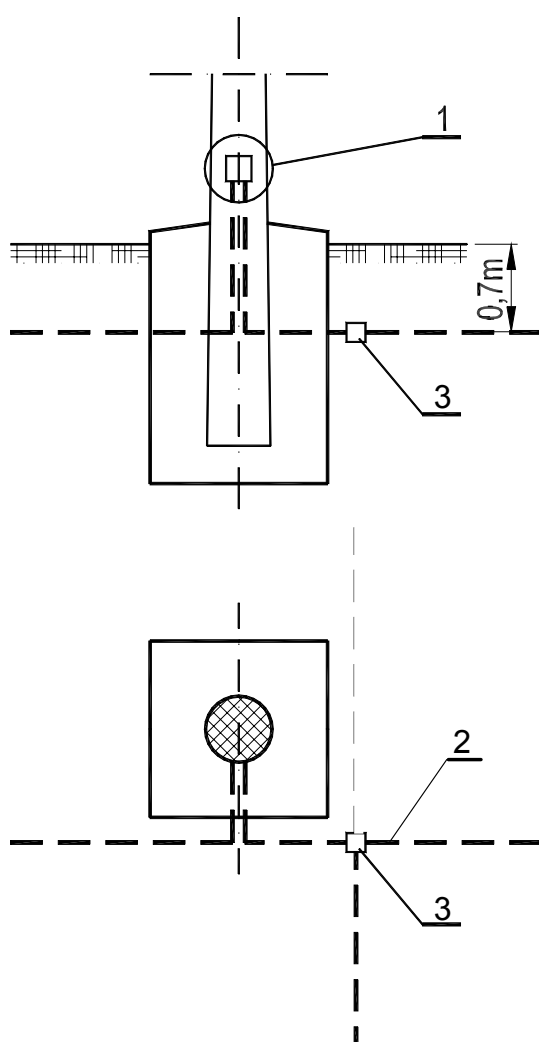
Изузетно, на местима ограниченог простора (поред путева, река, објеката и сл.) може да се користи уземљивач са три крака (слика 5.4.2.б) односно са два крака (слика 5.4.2.в) ако физички није могуће да се изведе уземљивач са четири или три крака.

Зракасти уземљивач може да се користи на воду који се налази на теренима са јаким и учесталим атмосферским пражњењима, или за уземљење одводника пренапона који се налазе на стубу.



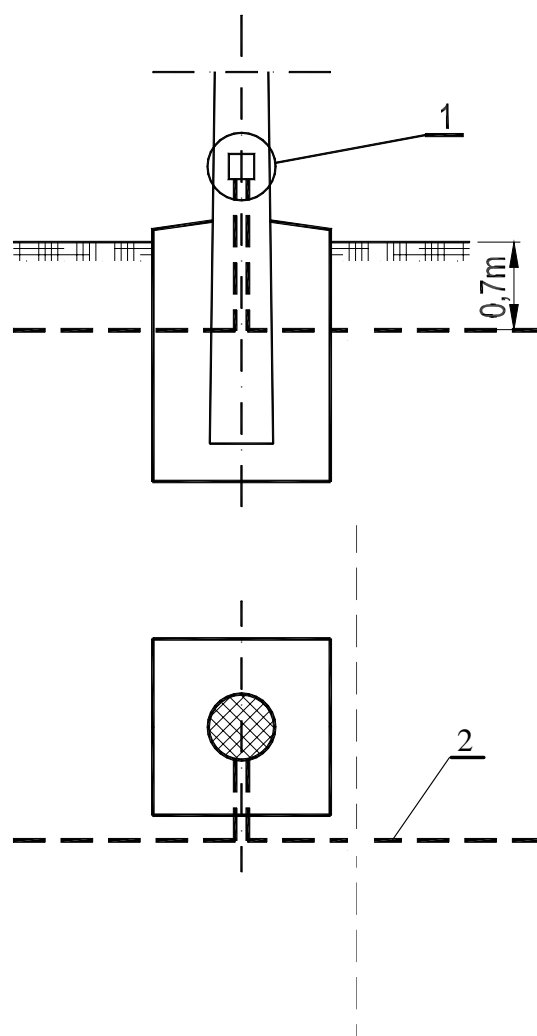
1 прикључак за уземљење; 2 жица од челика $\varnothing 10\text{ mm}$;
3 укрсни комад "жица – жица"

Слика 5.4.2.а Зракасти уземљивач са 4 крака



1 прикључак за уземљење; 2 жица од челика $\varnothing 10\text{ mm}$;
3 укрсни комад "жица – жица"

Слика 5.4.2.б Зракасти уземљивач са 3 крака



1 прикључак за уземљење; 2 жица од челика $\varnothing 10 \text{ mm}$

Слика 5.4.2.в Зракасти уземљивач са 2 крака

5.5 **Као материјал за извођење допунског уземљивача** користи се округла челична поцинкована жица пречника 10 mm (О 10 љ SRPS N.B4.901).

За директно полагање уземљивача у тло не препоручује се примена тракастих челичних поцинкованих уземљивача.

За сабирни земљовод код дрвеног стуба (тачка 5.8) може да се користи и поцинкована челична трака пресека најмање 100 mm^2 и дебљине најмање 4 mm.

Слој цинка за уземљивач или земљовод је дебљине **најмање 70 μm .**

5.6 **Допунски уземљивач** треба да буде у добром контакту са тлом у које се полаже.

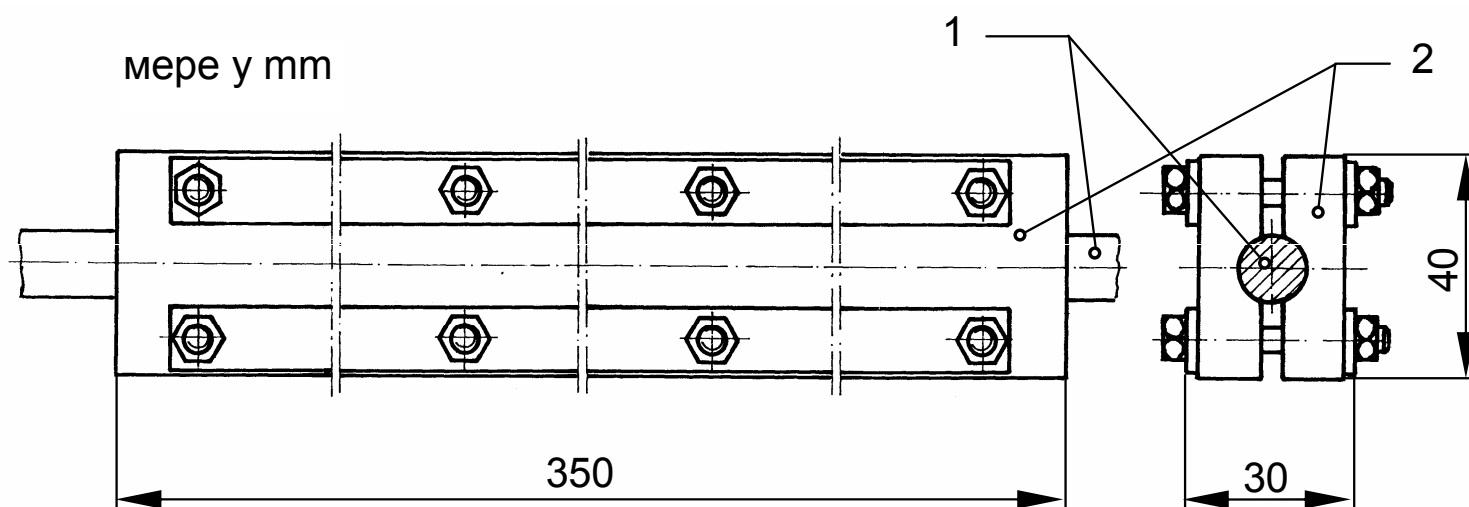
Није дозвољено настављање допунског уземљивача.

Препоручује се да се прстенасти уземљивачи изводе без спојних места у тлу према сликама 5.4.1.а и 5.4.1.б, док се краци зракастих уземљивача везују помоћу стандардних укрсних комада или спојница према сликама 5.4.2.а, 5.4.2.б и 5.4.2.в.

Подземни спојеви треба да буду заштићени од продора влаге, на пример заливањем битуменом.

На слици 5.6 дат је пример извођења анодне заштите уземљивача.

Анодна заштита уземљивача се препоручује за стубове код којих се користе неармирани темељи, а захтева се испуњење услова безбедности од напона додиром према тачки 6.6.а.

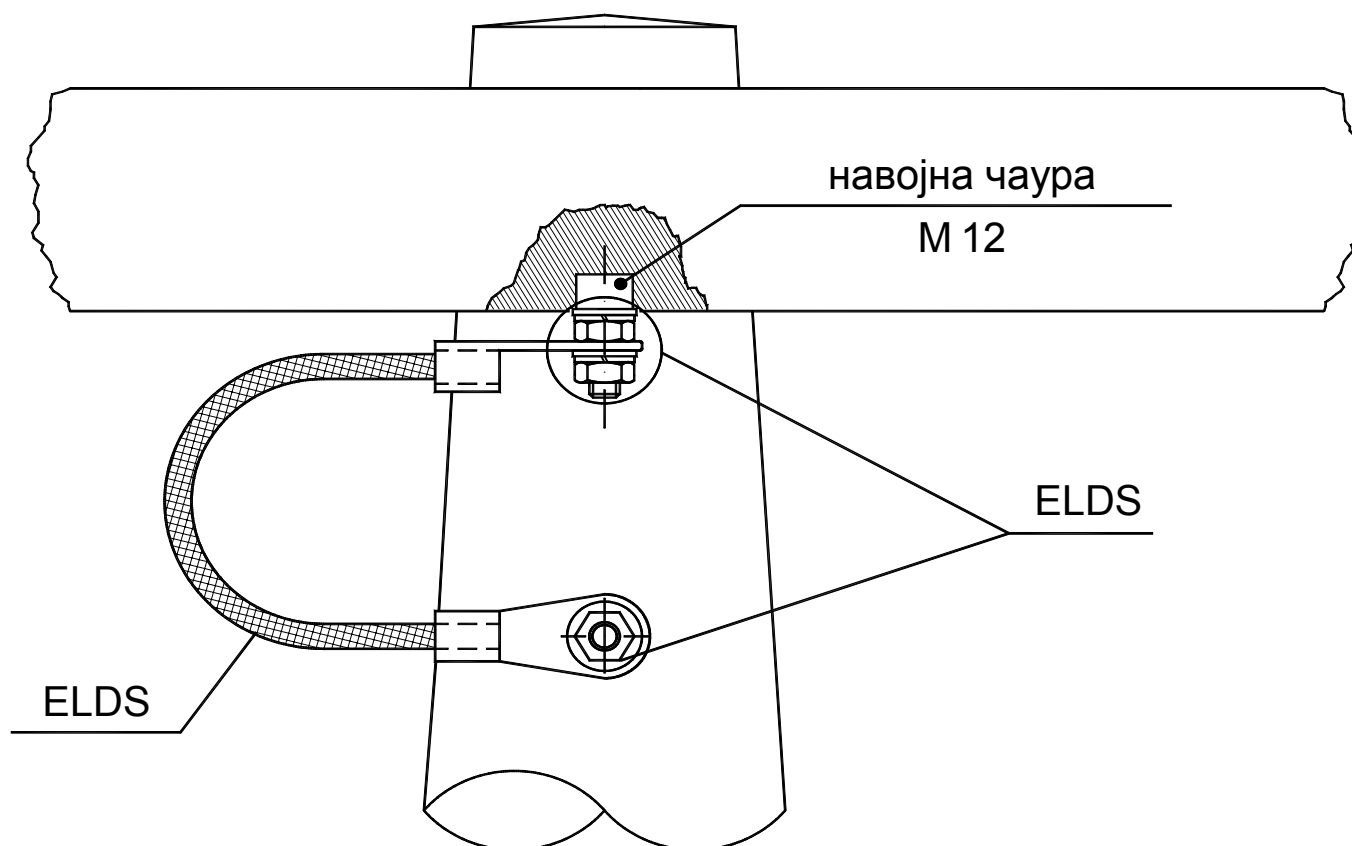


1 жица од челика $\varnothing 10$ mm; 2 анодна заштита уземљивача

Слика 5.6 Анодна заштита уземљивача

5.7 **Земљовод** на стубу служи да се обезбеди поуздана галванска веза конзола од метала и бетона, носача изолатора на њима, постоља од метала и полуге за руковање линијског растављача, као и заштитног проводника, са сабирним земљоводом.

За повезивање навојне чауре конзоле од бетона према ТП – 10 а и навојне чауре стабла од бетона према ТП – 10 а треба да се користи спољашњи део сабирног земљовода према слици 5.7 израђен од Uže 12 JUS C.H1.074–ЏJU–g1570 zZ–npr са прикључним папучицама од нерђајућег челика са силом свлачења са ужета од 1 000 daN.



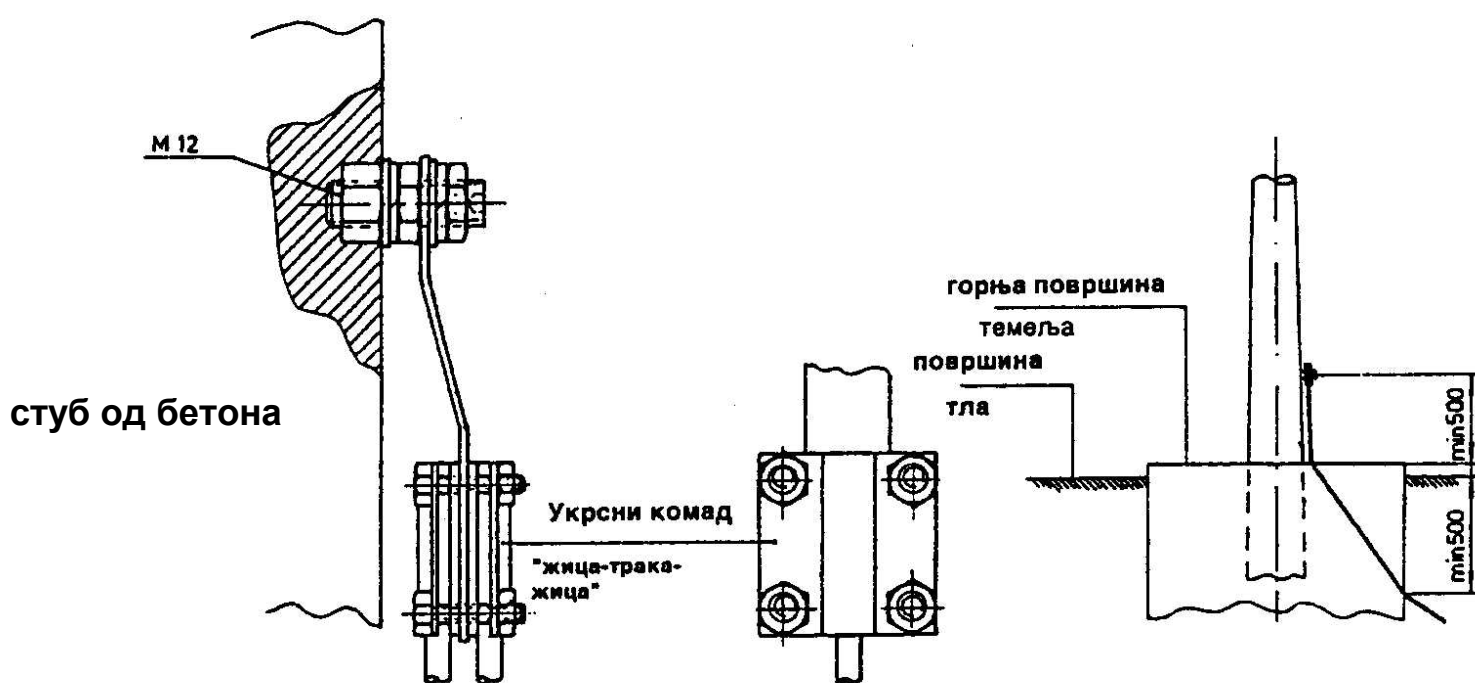
Слика 5.7 Спољашњи део сабирног земљовода за повезивање навојне чауре стабла од бетона и конзоле од бетона

5.8 На сваком стубу који се уземљује мора да постоји најмање један **прикључак за уземљење** – испитна спојница, преко које се остварује галванска веза сабирног земљовода и уземљивача. Прикључак за уземљење треба да буде постављен тако да након укопавања стабла буде најмање 0,3 m изнад нивоа темеља, односно за стабла која се директно укопавају у тло најмање 0,3 m изнад нивоа тла.

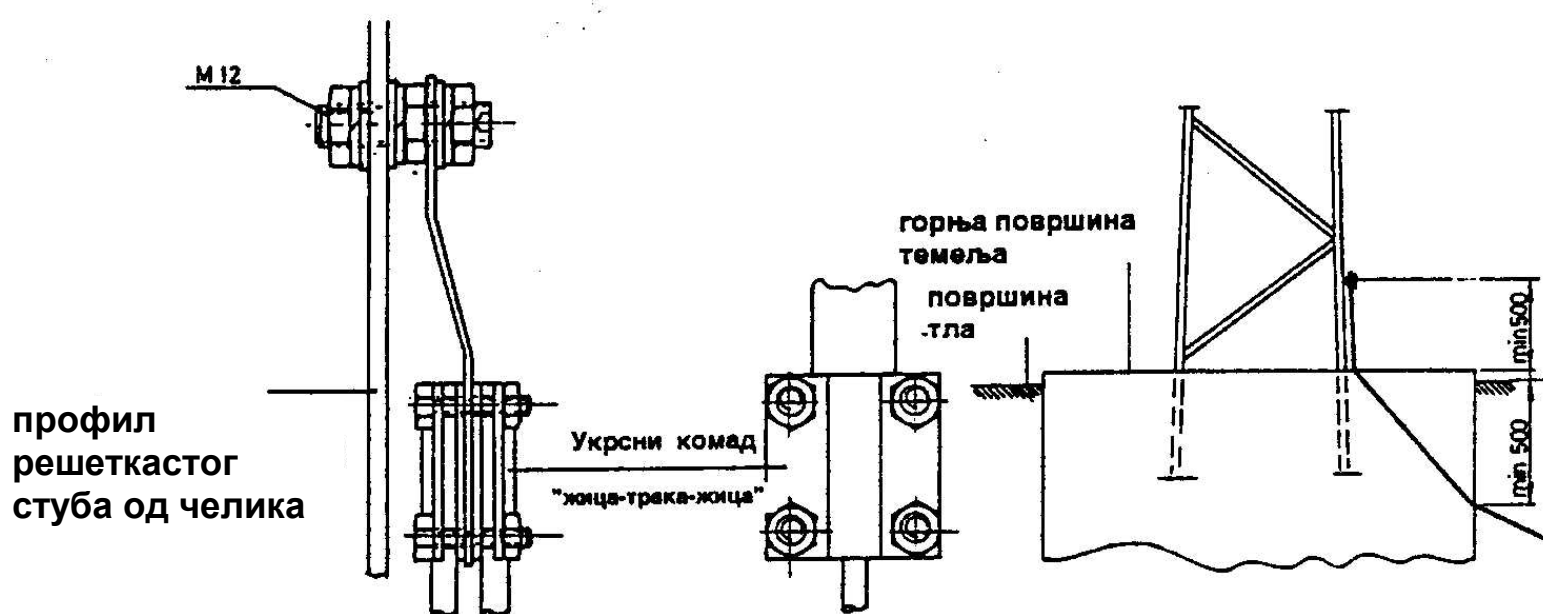
Извођење прикључка за уземљење стуба од бетона је према слици 5.8.а.

Извођење прикључка за уземљење решеткастог стуба од челика је према слици 5.8.б. Бушење рупе $\varnothing 13,5$ mm мора да се изведе пре заштите од корозије поступком топлог цинковања.

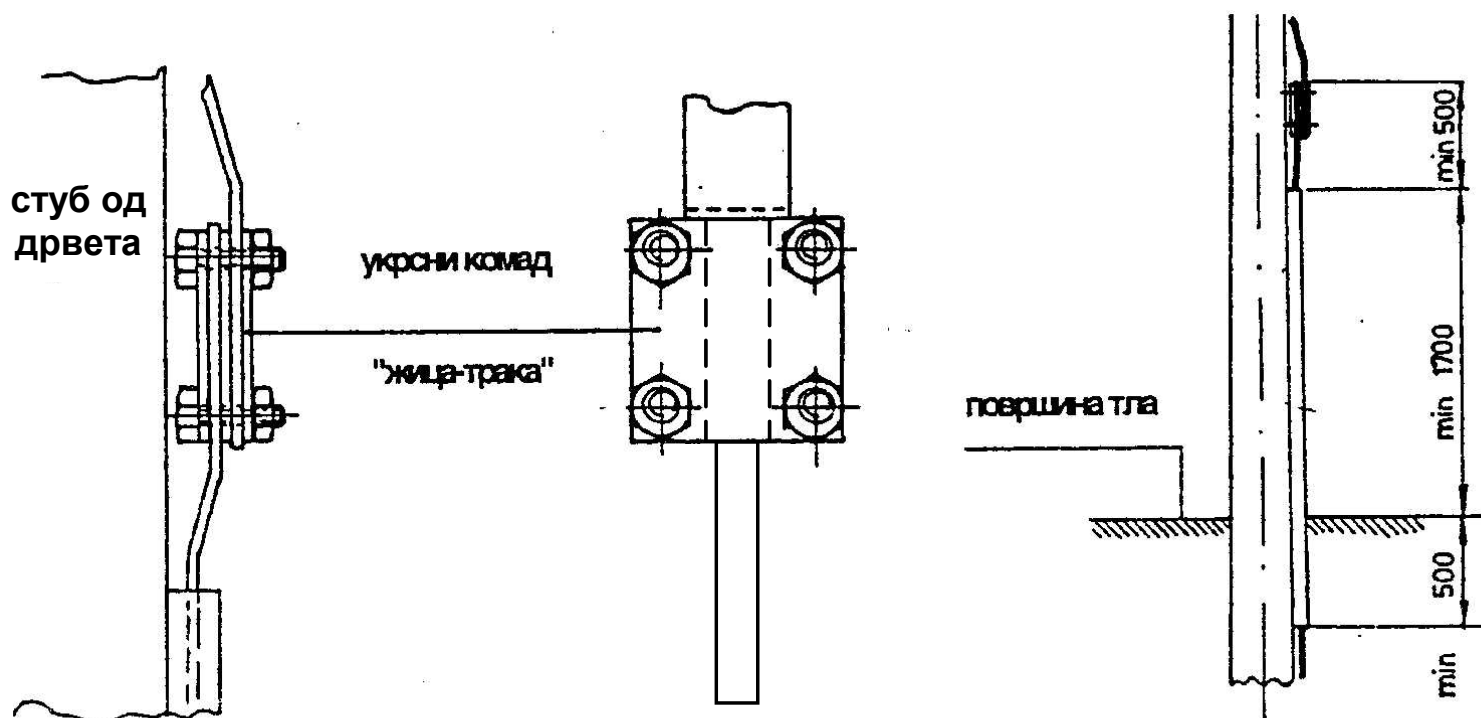
Извођење прикључка за уземљење стуба од дрвета је према слици 5.8.в.



Слика 5.8.а Прикључак за уземљење стуба од бетона

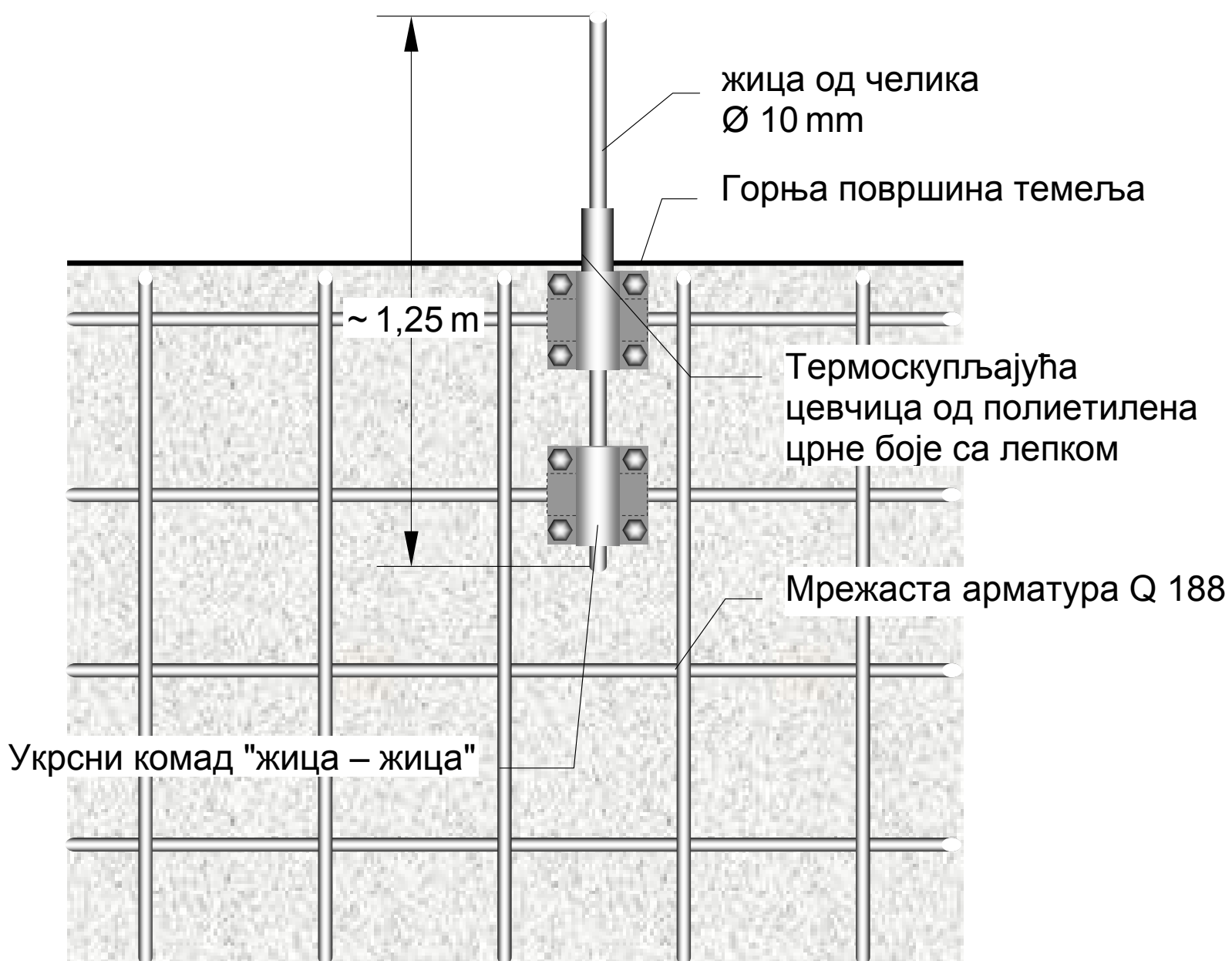


Слика 5.8.б Прикључак за уземљење решеткастог стуба од челика



Слика 5.8.в Прикључак за уземљење стуба од дрвета

5.9 Прикључак за галванско повезивање темељног уземљивача и земљовода стабла је приказан на слици 5.9 према ТП – 10 г.



Слика 5.9 Прикључак за галванско повезивање арматуре блок темеља са сабирним земљоводом

5.10 Као **сабирни земљовод** користи се

- код металних стубова: конструкција стуба;
- код армиранобетонских стубова: најмање једна арматурна шипка пречника најмање 10 mm, која се протеже од врха до дна стуба;
- код дрвених стубова: жица од челика Ø 10 mm заштићена од корозије поступком топлог цинковања или трака од челика пресека најмање 100 mm² и дебљине најмање 4 mm заштићена од корозије поступком топлог цинковања.

6 КРИТЕРИЈУМИ ЗА ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ УЗЕМЉЕЊА СТУБОВА ВИСОКОНАПОНСКИХ ВОДОВА

6.1 Основни критеријуми за димензионисање уземљења стубова водова са голим алучеличним проводницима, у смислу сада важећих прописа, су:

- заштита од повратних прескока при удару грома у стуб или заштитни проводник;
- заштита од напона додиром – испуњење услова безбедности.

Ови критеријуми нису меродавни за стубове надземних водова изведених самоносећим кабловским снопом, код којих се проблем уземљења решава према тачки 6.10 (погледати и ТП – 8), нити ако су изведени слабоизолованим проводником (ТП – 10 в).

6.2 Повратни прескок са стуба на проводнике није вероватан ако вредност ударне отпорности уземљења стуба испуњава услов (погледати и Додатак ТП – 9):

$$R_u \leq \frac{U_i}{I_u}$$

где је:

R_u – ударна отпорност уземљења стуба без галванске везе са заштитним проводником [Ω];

U_i – подносиви ударни напон изолатора вода на сувом [kV];

I_u – темена вредност ударне струје грома [kA].

6.3 За одабрани степен изолације вода, при димензионисању отпорности уземљења стуба треба узети у обзир учесталост и темену вредност ударних струја грома у подручју трасе, сигурност вода и број кварова на воду с обзиром на важност вода, као и трошкове за израду уземљивача стуба.

На основу дугогодишње праксе у експлоатацији електродистрибутивних мрежа и за просечне услове на територији Србије, **сматра се да је постигнут задовољавајући ниво заштите од повратних прескока ако ударна отпорност уземљења стуба R_u износи:**

- $R_u \leq 15 \Omega$ за водове називног напона 10 kV, 20 kV и 35 kV;
- $R_u \leq 10 \Omega$ за вод називног напона 110 kV, као и за поједине стубове водова називног напона до 35 kV који треба да имају виши ниво заштите од атмосферских пражњења, као: прва два-три стуба до ТС X/10(20) kV на коју је прикључен вод, стуб са одводницима пренапона итд.

Захтеване вредности ударне отпорности уземљења од 15 Ω или 10 Ω треба да се постигну без утицаја заштитног проводника. **Ако се ове вредности отпорности уземљења стуба могу да постигну помоћу темељног уземљивача стуба, у том случају није неопходна уградња допунског уземљивача** (погледати Додатак ТП-9).

Ако се код појединих стубова вредност ударне отпорности уземљења из тачке 6.3 не може да постигне на економичан начин (случај специфичне отпорности тла ρ_{15} [Ωm] изнад дозвољених вредности датих у табели 8.2), толерише се вредност отпорности уземљења стуба до 25 Ω за вод 20 kV и до 34 Ω за вод 35 kV. Долази у обзир и примена појачане изолације на стубу (на пример: примена штапних изолатора од порцелана типа А, додавање нових јединица изолаторског низа (чланака) у изолаторском ланцу итд.), или на том воду треба очекивати повећан број кварова.

- 6.4 **Ударна отпорност уземљења стуба R_u** разликује се од отпорности уземљења R_s која се добија мерењем уређајима чија је радна фреквенција до 150 Hz. Међутим, за уобичајене димензије уземљивача који се користе у дистрибутивној мрежи, искључујући утицај заштитног проводника вода на импедансу уземљења (тачка 12.3), важи однос:

$$R_u \approx R_s.$$

- 6.5 **Услови безбедности од напона додира треба да буду задовољени у следећим случајевима:**

- а) код стуба од метала и армираног бетона који се налази на терену где борави много људи без обуће, као што су: јавно купалиште, камп, поред игралишта, поред терена за рекреацију и слично, без обзира на напонски ниво вода и начин уземљења неутралне тачке;
- б) код стуба (од дрвета, метала и армираног бетона) на коме се налази расклопни апарат (линијски растављач или склопка-растављач), без обзира на напонски ниво вода и начин уземљења неутралне тачке;

- в) код стуба од метала и армираног бетона у мрежи са изолованом неутралном тачком, у случајевима када није испуњен ни један од услова из тачке 6.6, у колико се стуб налази:
- на обрадивој површини (окућница), или
 - на удаљености мањој од 15 m од прометног пута или стамбене зграде, или
 - у ограђеном дворишту, у парку или на шеталишту.

6.6 Услови безбедности од напона додира код стуба из тачке 6.5.в су задовољени ако је испуњен бар један од следећих услова:

- а) **ако код стуба не може да се појави трајан напон додира већи од 65 V**, што се доказује прорачуном, тачка 8.4, или
- б) **ако се примењују допунске мере заштите обликовањем потенцијала или допунским изоловањем тла** према тачки 6.7, којима се и без посебне провере или мерења сматра да су услови безбедности задовољени, или
- в) **ако се земљоспој искључује** деловањем брзе земљоспојне заштите у времену од најкасније 3 s, или
- г) **ако се земљоспој искључује најкасније за 2 сата, под условом да појава земљоспоја на стубу није вероватна** – овај услов је испуњен ако се примене штапни изолатори од порцелана типа А, линијски потпорни изолатори од порцелана типа А или капасти изолатори од стакла.

6.7 Примена допунске мере заштите обликовањем потенцијала или допунским изоловањем тла је обавезна код стубова из тачке 6.5.а и 6.5.б.

- а) **Обликовање потенцијала** се постиже коришћењем два прстена око стабла стуба, и то:
- **код примене неармираних темеља**: према тачки 5.4.1 и слици 5.4.1.б;
 - **код примене армираних темеља**: прва контура (прстен) је темељни уземљивач стуба (тачка 5.3), док је друга контура на 0,5 m до 1 m од темеља и на дубини од 0,8 m до 1 m.
- б) **Допунско изоловање тла** се постиже асфалтирањем стајалишта на простору најмање 1,25 m **око стуба**, дебљине слоја асфалта бар 2 cm.

6.8 Напон корака се не прорачунава, нити је потребан доказ мерењем, без обзира на место уградње стуба, врсту и напон вода, као и начин уземљења неутралне тачке.

6.9 Уземљивач првог стуба надземног вода до ТС треба да буде галвански повезан са системом уземљења ТС на коју је прикључен вод:

- преко заштитног проводника (ако постоји), тачка 11.6;
- преко плашта или електричне заштите кабла, ако се на стубу налази кабловска завршница прикључка из ТС на надземни вод.

Дозвољено је и директно повезивање уземљивача стуба са уземљивачем ТС, ако се налазе на блиском растојању.

6.10 За стубове вода 10 kV, 20 kV и 35 kV изведеног СН самоносећим кабловским снопом (ТП – 8) или слабоизолованим проводником (ТП – 10 в) не раде се допунски уземљивачи нити се предузимају неке посебне мере заштите од индиректног додира.

Изузетно, **допунски уземљивачи се изводе** у следећим случајевима:

- на стубу на коме се налазе одводници пренапона;
- на стубу на коме се уземљује носеће уже СН СКС;
- на стубу на коме се СН СКС или СИП јавља неизоловано.

7 УЗЕМЉЕЊЕ СТУБОВА ВОДОВА НИСКОГ НАПОНА (1 kV)

7.1 За стубове од метала и армираног бетона нисконапонских (НН) водова, укључујући и стубове за јавно осветљење, не изводе се посебни уземљивачи, нити се предузимају посебне заштитне мере у погледу испуњења услова безбедности од напона додира. Исто важи и за кабловске завршнице на тим стубовима.

Изузетно, када се ови стубови за НН водове са голим проводницима од алучелика налазе на теренима где борави много људи без обуће, као што су: јавна купалишта, кампови, поред дечјих игралишта и слично, примењује се једна од следеће две заштитне мере:

- а) обликовање потенцијала**, полагањем прстенастог уземљивача око стуба на удаљењу од 1 m и на дубини од 0,5 m, или
- б) допунско изоловање тла** асфалтирањем стајалишта на простору најмање 1,25 m око стуба, дебљине слоја асфалта бар 2 cm.

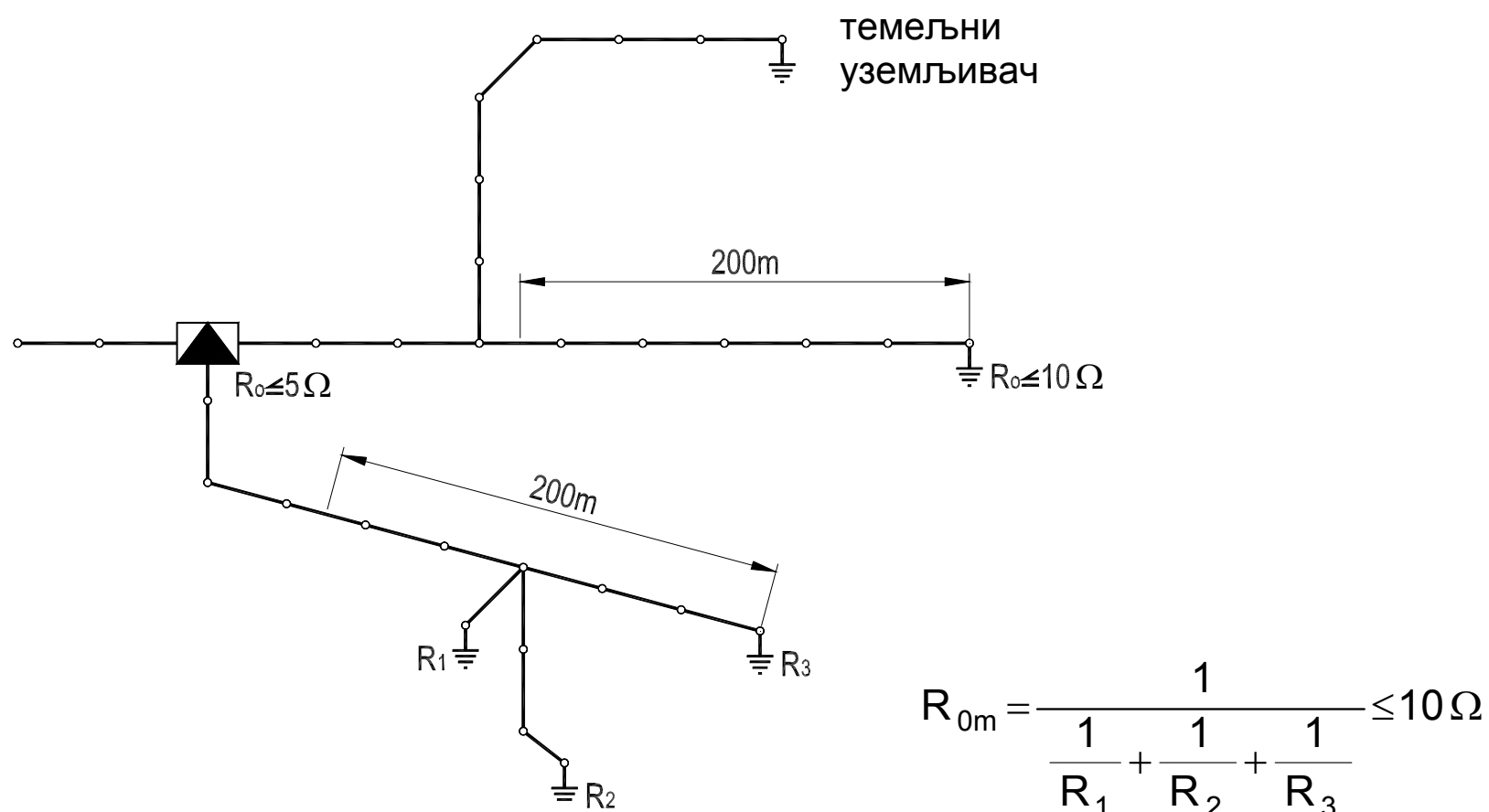
7.2 Ако се у НН мрежи и инсталацијама потрошача примењује заштита аутоматским искључењем напајања у TN систему напајања, стубови НН водова не прикључују се на неутрални проводник вода. Изузетак су стубови код којих се изводе уземљивачи за смањење отпорности уземљења неутралног проводника, када се поступа на следећи начин:

- неутрални проводник се прикључује на сабирни земљовод, који се изводи према тачки 5.10;
- уземљивач стуба се изводи у виду прстена (слика 5.4.1.а).

7.3 Уземљење неутралног проводника према тачки 7.2 изводи се на сваком радијалном огранку НН мреже дужем од 200 m помоћу једног уземљивача који се поставља код крајњег стуба огранка, или помоћу више уземљивача распоређених код стубова који се налазе на удаљењу највише 200 m од крајњег стуба огранка (слика 7.3). При

томе укупна отпорност уземљења неутралног проводника, мерено код крајњег стуба огранка заједно са уземљивачима стубова, не сме да пређе вредност од $R_{0m} \leq 10 \Omega$ (погледати Додатак препоруке), осим у случају да се на крају огранка налази неки објект (зграда) у којем је изведен темељни уземљивач и спроведена мера изједначења потенцијала.

Уземљење неутралног проводника на крају дужег радијалног огранка НН мреже може да се изведе и у ТТ систему напајања, на пример: због симетрирања напона, смањења губитака, смањења индукованих атмосферских пренапона итд.



Слика 7.3 Уземљење неутралног проводника надземне НН мреже у ТН систему

7.4 Одводници пренапона везују се преко сабирног земљовода за уземљивач стуба. Користи се прстенасти уземљивач полупречника $L = 1 \text{ m}$ или зракасти уземљивач са четири крака (слика 5.4.2.а) дужине једног крака: $L = 1 \text{ m}$.

У НН мрежи у којој се користи ТН систем напајања одводници пренапона могу да се уземље преко неутралног проводника.

8 УЗЕМЉЕЊЕ СТУБОВА ВОДОВА 10 kV И 20 kV

8.1 **Уземљивач стуба вода 10 kV или 20 kV** се изводи помоћу:

- темељног уземљивача, тачка 5.3;
- допунског уземљивача у виду једног прстена око стуба, а изузетно у виду зрака, слика 5.4.

8.2 **Ударна отпорност уземљења темељног уземљивача стуба R_u [Ω]**, која је приближно једнака отпорности распростирања R_s [Ω] истог уземљивача, може да се прорачуна помоћу израза (погледати Пример број 1.б Додатка ТП – 9):

$$R_u \approx R_s = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L_{ae}} \times \ln \frac{4 \times L_{ae}}{D_e}$$

где је:

D_e – еквивалентни пречник "арматурног коша" [m];

L_{ae} – ефективна (рачунска) дужина штапа "арматурног коша" [m];

ρ – специфична електрична отпорност тла [Ωm].

У табели 8.2 дате су отпорности уземљења стандардних темељних уземљивача стубова СН надземних водова при $\rho = 100 \Omega m$, као и дозвољене вредности специфичне отпорности тла ρ_{15} [Ωm] да се постигне отпорност уземљења стуба: $R_s = 15 \Omega$ (погледати Прилог).

8.3 **Ударна отпорност распростирања допунског уземљивача стуба R_u [Ω]**, која је приближно једнака отпорности распростирања R_s [Ω] истог уземљивача, рачуна се помоћу израза:

$$R_u \approx R_s = r \times \rho$$

где је:

r – релативна отпорност распростирања [$\Omega/\Omega m$] допунског уземљивача стуба, заједно са арматуром стабла стуба испод нивоа тла, и добија се са слика 8.3;

ρ – специфична електрична отпорност тла [Ωm].

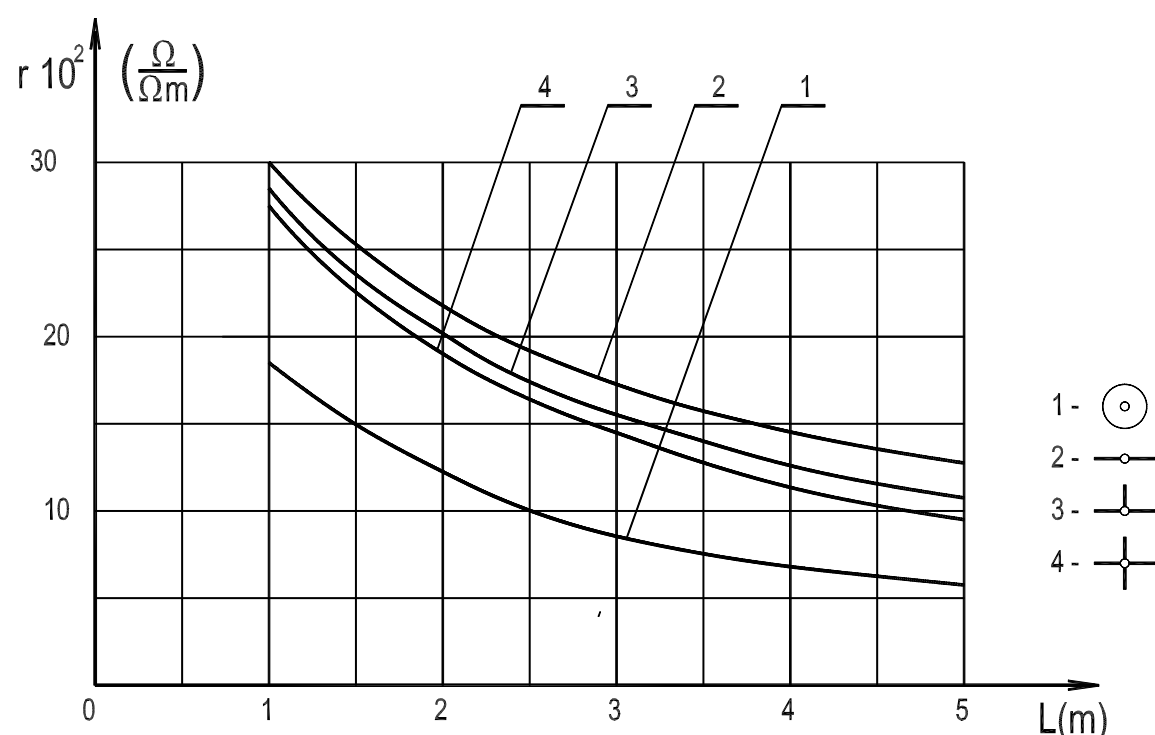
Критеријум заштите од атмосферских пражњења је задовољен за вод 10 kV или 20 kV ако је испуњен услов из тачке 6.3.

За различите вредности специфичне отпорности тла ρ на коме се налази стуб, коришћењем израза и дијаграма у овој тачки могу да се прорачунају димензије допунског уземљивача одабране конфигурације (прстен, зрак).

Табела 8.2 Отпорности уземљења стандардних темелјних уземљивача стубова СН надземних водова

ПРИЗМАТИЧНИ ТЕМЕЉ								
Тип	Димензије темелја		Димензије темелјне чашице		Рачунске димензије арматуре		Карактеристике темелјног уземљивача	
	t [m]	b [m]	t _u [m]	b _u [m]	L _{ae} [m]	D _e [m]	R _{s100} [Ω]	ρ ₁₅ [Ωm]
ТПК 11	2,0	0,8	1,8	0,6	1,65	0,79	20,5	73
ТПК 13		1,0						
ТПК 14		1,2						
ТПК 16		1,4						
ТПК 17	2,2	0,8	2,0	0,6	1,85	0,79	19,3	78
ТПК 18		0,9						
ТПК 19		1,1		0,8		1,02		
ТПК 20		1,2						
ТПК 23		1,7						
ТПК 24	2,4	1,1	2,0	0,8	1,85	1,02	17,1	88
ТПК 25		1,2						
ТПК 29		2,0						
ВАЉКАСТИ ТЕМЕЉ								
Тип	Димензије темелја		Димензије темелјне чашице		Рачунске димензије арматуре		Карактеристике темелјног уземљивача	
	t [m]	d [m]	t _u [m]	d _u [m]	L _{ae} [m]	D _e [m]	R _{s100} [Ω]	ρ ₁₅ [Ωm]
ТВ 12	2,0	0,6	1,8	0,4	1,65	0,5	25,0	60
ТВ 13		0,9		0,6		0,7		
ТВ 16		1,4						
ТВ 18		1,6						
ТВ 19	2,2	0,6	2,0	0,4	1,85	0,5	23,2	65
ТВ 20		0,9		0,6		0,7		
ТВ 21		1,0						
ТВ 22		1,3		0,8		0,9		
ТВ 23		1,4						
ТВ 26		1,9						

t [m] – дубина уколавања темелја;
t_u [m] – дужина укљештења стабла;
b [m] – дужина квадратне основе темелја;
d [m] – пречник кружне основе темелја;
b_u [m] – дужина квадратне основе темелјне чашице призматичног темелја;
d_u [m] – пречник кружне основе темелјне чашице ваљкастог темелја;
L_{ae} [m] – ефективна дужина штапног уземљивача: $L_{ae} = t_u - 0,15$;
D_e [m] – пречник еквивалентног штапног уземљивача "арматурног коша";
 $D_e = 1,128 \times (b_u + 0,1)$ за призматични и $D_e = d_u + 0,1$ за ваљкасти темелј;
R_{s100} [Ω] – отпорност распрострања темелјног уземљивача за $\rho = 100 \Omega m$;
ρ₁₅ [Ωm] – дозвољена вредност специфичне отпорности тла за $R_s = 15 \Omega m$.



Слика 8.3 Релативна отпорност распростирања уземљивача стуба

8.4 Критеријум заштите од напона додира је испуњен:

- код стубова из тачке 6.5.а и 6.5.б: обавезна је примена допунске заштитне мере обликовања потенцијала према тачки 6.7.а или допунским изоловањем тла према тачки 6.7.б;
- код стубова из тачке 6.5.в: мора да буде испуњен бар један од четири услова датих у тачки 6.6.

Ако се критеријум заштите од напона додира проверава преко услова из тачке 6.6.а тако да код стуба не може да се појави трајан напон додира U_d већи од 65 V, ова провера се врши помоћу израза:

$$U_d = k_s \times E_d = k_s \times k_d \times \rho \times I_z \leq 65 \text{ V}$$

где је:

U_d – напон додира код стуба [V];

E_d – напон пре додира код стуба [V];

k_s – коефицијент којим се уважава утицај прелазне отпорности човечјих стопала на тлу код стуба, без утицаја обуће;

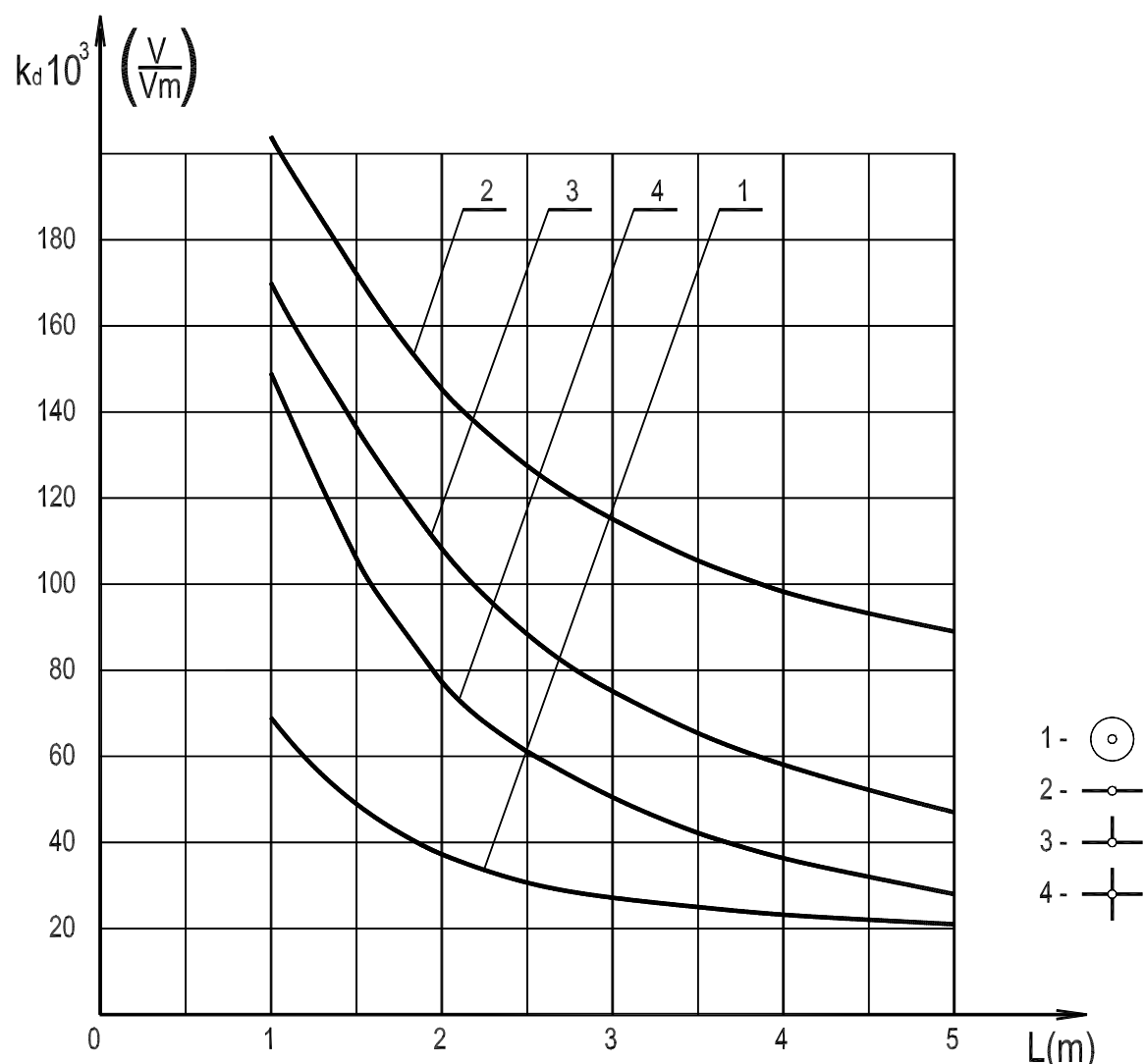
k_d – коефицијент напона пре додира – потенцијална разлика додира и зависи од распореда (геометрије) уземљивача [V/Vm];

I_z – укупна капацитивна струја земљоспоја мреже са изолованом неутралном тачком [A].

8.5 За различите вредности специфичне отпорности тла ρ [Ωm] и вредности електричне отпорности човечјег тела: $R_{\zeta} = 1\,000 \Omega$, коефицијент k_s из израза 8.4 се прорачунава помоћу израза:

$$k_s = \frac{1}{1 + 1,5 \times 10^{-3} \times \rho}$$

8.6 Код допунских уземљивача, за различите вредности полупречника L [m] уземљивача са једним прстеном, односно за различите вредности дужине L [m] једног крака зракастих уземљивача, коефицијент k_d из израза 8.4 има вредности које се добијају са дијаграма на слици 8.6.



Слика 8.6 Коефицијент напона пре додира стуба

8.7 **Критеријум заштите од напона додира у изолованој мрежи 10 kV или 20 kV се проверава за струју земљоспоја $I_z \leq 10$ А**, јер када струја земљоспоја у изолованој мрежи пређе 10 А обавезно се користи усмерена земљоспојна заштита са брзим искључењем земљоспоја (погледати тачке 4.2 ове ТП и 1.4 ТП – 4 а 1), и тада у смислу прописа не постоје ограничења у погледу вредности отпорности уземљења стуба с обзиром на услове безбедности од напона додира.

Изузетак су стубови који се налазе на теренима као што су: јавна купалишта, кампови, поред дечјих игралишта и слично, код којих се примењују допунске мере заштите обликовањем потенцијала или допунским изоловањем тла, тачка 6.7.

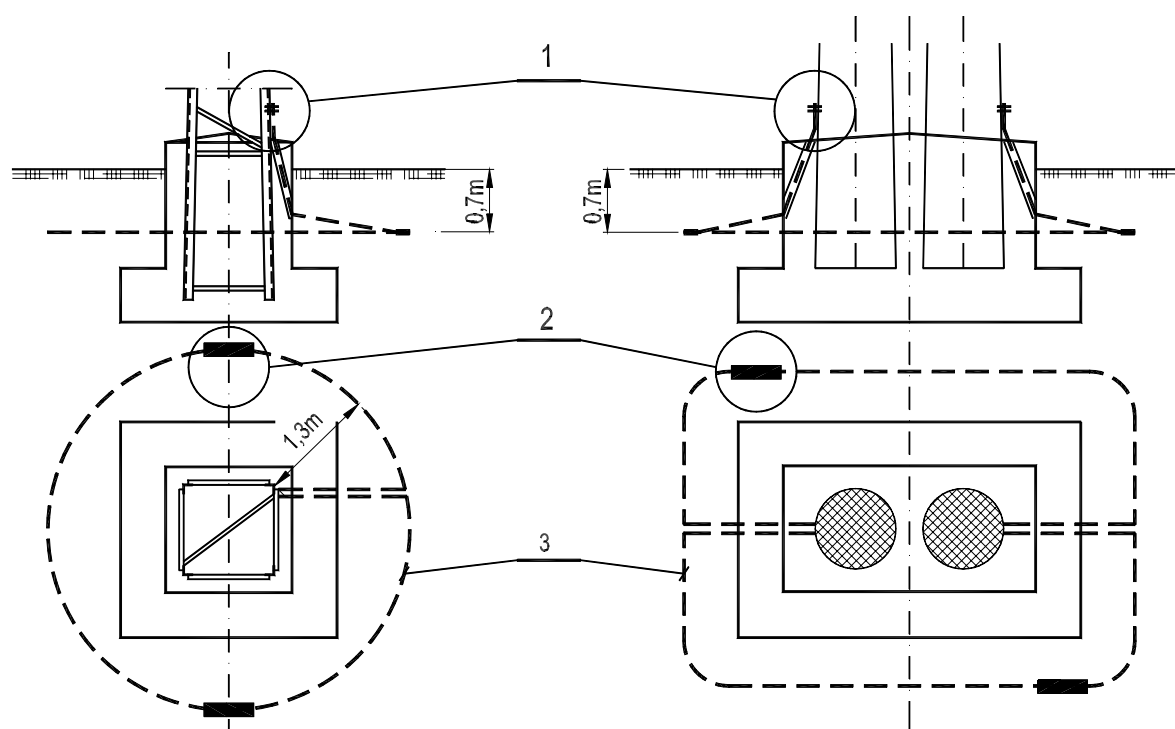
8.8 **Ако је неутрална тачка мреже 10 kV или 20 kV уземљена преко нискоомске импедансе**, сваки земљоспој се искључује деловањем брзе земљоспојне заштите, па није потребно димензионисање уземљивача стубова према критеријуму заштите од напона додира, нити је потребно доказивање мерењем напона додира код стуба.

Изузетак су стубови који се налазе на теренима као што су: јавна купалишта, кампови, поред дечјих игралишта и слично, код којих се примењују допунске мере заштите обликовањем потенцијала или допунским изоловањем тла, тачка 6.7.

- 8.9 **Код стуба (дрвени, метални и армиранобетонски) вода 10 kV или 20 kV на коме се налази расклопни апарат (линијски растављач или склопка-растављач) обавезно се изводи допунски уземљивач стуба.** Постоље и полуга за руковање расклопног апарата од метала морају преко сабирног земљовода да буду у галванској вези са уземљивачем стуба. Користи се уземљивач према тачки 6.7.а.
- 8.10 **Одводници пренапона** везују се преко сабирног земљовода за темељни или допунски уземљивач стуба.
Метална конзола на коју су монтирани одводници пренапона може да се користи као део земљовода до сабирног земљовода.
Димензије уземљивача треба одабрати према критеријуму заштите од повратних прескока (обавезно: $R_u \leq 15 \Omega$, препорука: $R_u \leq 10 \Omega$), а у случају извођења двоконтурног уземљивача, тачка 6.7.а, прорачун се не изводи.
- 8.11 Ако се у току рада вода утврди да су поједини стубови посебно подложни кваровима услед атмосферских пражњења, треба побољшати уземљиваче таквих стубова или појачати изолацију на њима, или применити обе ове мере.

9 УЗЕМЉЕЊЕ СТУБОВА ВОДОВА 35 kV

- 9.1 **Уземљивач стуба вода 35 kV се изводи помоћу:**
- темељног уземљивача;
 - допунског уземљивача у виду једне контуре (прстена) око стуба на удаљењу 1,3 m од ивице стуба.
- Изузетно се уземљивач изводи са две контуре, при чему прва контура може да буде темељни уземљивач.
- На слици 9.1.а је дат пример извођења допунског уземљивача решеткастог стуба од челика, а на слици 9.1.б стуба од армираногбетона.
- 9.2 Извођењем уземљивача према тачки 9.1 сматра се да је задовољен критеријум заштите од повратних прескока, па посебан прорачун није потребан.
- 9.3 **Неутрална тачка мреже 35 kV уземљена је преко нискоомске импедансе, па се сваки земљоспој искључује брзим деловањем земљоспојне заштите.** Зато није потребно димензионисање уземљивача стуба према критеријуму заштите од напона додира, нити је потребно доказивање мерењем напона додира.
- Изузетак су стубови који се налазе на теренима као што су: јавна купалишта, кампови, поред дечјих игралишта и слично, код којих се примењују допунске мере заштите обликовањем потенцијала или допунским изоловањем тла, тачка 6.7.



а) решеткасти стуба од челика б) стуб од армираногбетона

1 стезаљка за уземљење; 2 анодна заштита уземљивача;
3 округла жица од челика $\varnothing 10$ mm заштићена од корозије поступком толог цинковања

Слика 9.1 Извођење допунског уземљења стубова водова 35 kV

9.4 **Одводници пренапона** везују се преко сабирног земљовода за темељни или допунски уземљивач стуба.

Метална конзола на коју су монтирани одводници пренапона може да се користи као део земљовода до сабирног земљовода.

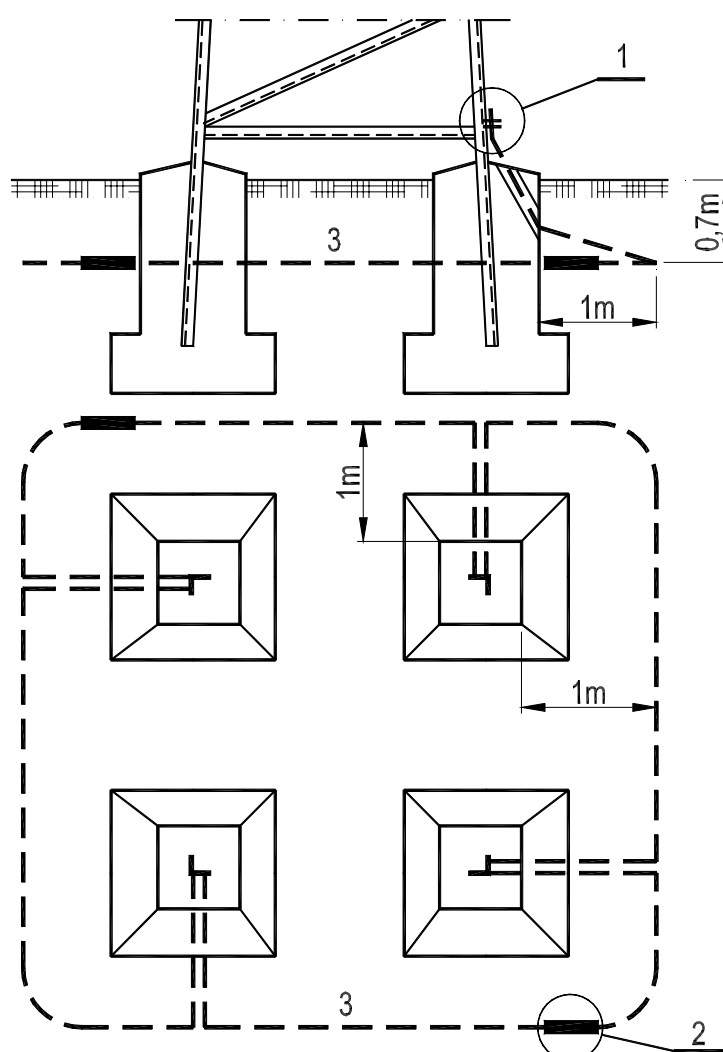
Димензије уземљивача треба одабрати према критеријуму заштите од повратних прескока (преорука: $R_u \leq 10 \Omega$), а у случају извођења двоконтурног уземљивача, тачка 6.7.а, прорачун се не изводи.

9.5 Ако се у току рада вода утврди да су поједини стубови посебно подложни кваровима услед атмосферских пражњења, треба побољшати уземљиваче таквих стубова или појачати изолацију на њима, или применити обе мере.

10 УЗЕМЉЕЊЕ СТУБОВА ВОДОВА 110 kV

10.1 **Уземљивач стуба вода 110 kV** изводи се у виду једне контуре на удаљењу 1 m од ивице темеља стуба, на дубини 0,7 m до 0,8 m. Уземљивач се на два места везује за конструкцију стуба, док се код стубова са четири темеља препоручује да сваки крак стуба има свој прикључак на уземљивач.

На слици 10.1 приказан је пример извођења уземљивача стуба вода 110 kV са четири темеља.



1 стезаљка за уземљење; 2 анодна заштита уземљивача;
3 округла жица од челика $\varnothing 10$ mm заштићена од корозије поступком толог цинковања

Слика 10.1 Извођење уземљења стуба вода 110 kV

- 10.2 Извођењем уземљивача према тачки 10.1 сматра се да је задовољен критеријум заштите од повратних прескока, па посебан прорачун није потребан.
- 10.3 Неутрална тачка мреже 110 kV је директно уземљена, па се сваки земљоспој искључује брзим деловањем заштите. Зато није потребно димензионисање уземљивача стуба према критеријуму заштите од напона додир, нити је потребно доказивање мерењем напона додир.
- Изузетак су стубови који се налазе на теренима као што су: јавна купалишта, кампови, поред дечјих игралишта и слично, код којих се уземљивач стуба обавезно изводи у виду две контуре: прва контура се изводи према тачки 10.1, а друга се поставља на удаљење 1 m од прве контуре и на дубину од 1 m.
- 10.4 Ако се у току рада вода утврди да су поједини стубови посебно изложени кваровима услед атмосферских пражњења, треба побољшати уземљиваче таквих стубова или појачати изолацију на њима, или применити обе мере.

11 ПРИМЕНА ЗАШТИТНОГ ПРОВОДНИКА

- 11.1 **Заштитни проводник (заштитно уже)** служи за заштиту вода од директног удара грома. Заштитни проводник се поставља довољно високо изнад фазних проводника, тако да се обезбеди заштитни угао од највише 30° .
- 11.2 **Вод 110 kV се целом дужином гради са заштитним проводником.**
- 11.3 **Вод 35 kV се гради са заштитним проводником у дужини најмање 1 km испред постројења на које се директно прикључује надземни вод. Примена заштитног проводника није потребна ако се на расклопно постројење изводи кабловски прикључак надземног вода 35 kV.**
- 11.4 **Водови 10 kV и 20 kV се граде без заштитног проводника.**
Изузетно, заштитни проводник се поставља:
– на вод где је кераунички ниво изнад 40, осим ако индиректно није заштићен неким високим објектима (дрвеће, зграде итд.);
– на вод који напаја важне објекте посебне намене, као: складишта, водовод, важни војни објекти, ТВ предајници итд.
- 11.5 **Заштитни проводник се не поставља на СН СИП и СКС водове и на НН водове.**
- 11.6 **Заштитни проводник мора да има галванску везу:**
– са сабирним земљоводом на стубу;
– са заштитним уземљењем постројења на које се прикључује вод.
- 11.7 **За водове 110 kV се препоручује коришћење заштитног проводника од неког добро проводног материјала (Al/ч, E-AlMgSi итд.), и то најмање на 5 распона од постројења на које је прикључен вод, док се на преосталом делу вода 110 kV, као и на водовима нижих напона, могу да користе и челична ужад.**
Примена добро проводних материјала утиче на смањење импедансе уземљења стуба, на смањење негативног утицаја на ПТТ водове, на смањење дела ударне струје грома који иде кроз стуб, као и на смањење редуционог фактора вода, чиме се олакшава испуњење услова безбедности у постројењима на које се прикључују водови.
У заштитни проводник може да буде интегрисан и оптички кабл.
- 11.8 **Уземљење заштитног проводника** који се налази на стубовима од дрвета треба да се изведе по могућству на сваком стубу, али најмање на сваких 300 m.

12 МЕРЕЊЕ ОТПОРНОСТИ УЗЕМЉЕЊА СТУБОВА

12.1 **Мерење укупне отпорности уземљења стуба** (импеданса уземљења стуба) врши се пре активирања високонапонског вода. Мерење се врши без одвајања уземљивача стуба од конструкције стуба и заједно са заштитним проводником ако постоји. **Мерење се врши:**

а) **за вод без заштитног проводника:** преносним мерним уређајем са сопственим извором наизменичне струје фреквенције до 150 Hz;

б) **за вод са заштитним проводником:** високофреквентним мерним уређајем, тако да се добију вредности отпорности уземљења стуба као да је заштитни проводник одвојен од стуба.

Мерење укупне отпорности уземљења стуба врши се и сваке пете године експлоатације вода ако се у систему уземљења стуба користи допунски уземљивач. Мерење се врши преносним мерним уређајем са сопственим извором наизменичне струје фреквенције до 150 Hz.

Измерене вредности треба да задовоље захтеве из тачке 6.3 ове препоруке.

12.2 **Мерење напона додир и напона корака код стубова се не врши ако су уземљивачи и остале мере изведене према овој ТП.**

12.3 **Специфична електрична отпорност тла ρ [Ωm] се не мери.**

За прорачуне могу да се користе подаци о просечним вредностима специфичне отпорности тла измерене на теренима где пролази вод. Ако таквих података нема, могу да се усвоје вредности из прописа о уземљењима електро-енергетских постројења изнад 1000 V, табела 12.3.

Табела 12.3 Вредности специфичне електричне отпорности тла ρ

Врста тла	ρ [Ωm]
тресет	20
хумус	20
баштенска земља	40
иловача	40
речна вода	50
глинаста земља	100
пескуља	300
песак	500
кречњак	700
шљунковита земља	3 000
каменито тло	10 000

13 ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ј. Нахман: "Уземљење неутралне тачке дистрибутивне мреже", 1980.
- [2] Правилник о техничким нормативима за изградњу надземних електроенергетских водова називног напона од 1 kV до 400 kV ("Сл. лист СФРЈ", бр. 65/88).
- [3] Правилник о техничким нормативима за уземљења електроенергетских постројења називног напона изнад 1 000 V ("Сл. лист СРЈ", бр. 61/95).
- [4] М. Савић и З. Стојковић: "Техника високог напона – Атмосферски пренапони", 1996.
- [5] Ј. Нахман и П. Вукелја: "Студија о уземљењу стубова надземних водова од 10 kV до 110 kV", 2004.
- [6] М. Танасковић, Т. Бојковић и Д. Перић: "Дистрибуција електричне енергије", Академска мисао, март 2007.

САДРЖАЈ

Поглавље број		Страна
1	Опсег важења и намена	1
2	Веза са осталим документима	1
3	Термини и дефиниције	2
4	Технички подаци и погонски услови	3
5	Извођење уземљења стубова високонапонских водова	3
6	Критеријуми за димензионисање уземљење стубова нисконапонских водова	12
7	Уземљење стубова водова ниског напона (1 kV)	15
8	Уземљење стубова водова 10 kV и 20 kV	17
9	Уземљење стубова водова 35 kV	21
10	Уземљење стубова водова 110 kV	22
11	Примена заштитног проводника	24
12	Мерење отпорности уземљења стубова	25
13	Литература	26

