

ПРЕГЛЕД И ИСПИТИВАЊЕ ГРОМОБРАНСКИХ ИНСТАЛАЦИЈА**INSPECTION OF LIGHTNING PROTECTION SYSTEMS**

Боривој Јовановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – У раду су презентовани основни елементи који чине једну громобранску инсталацију, као и важност редовне контроле истих. Приказане су неке од најчешћих метода мерења отпора распостирања уземљивача, са својим предностима и мананама, као и начини на који се могу избећи нетачни резултати мерења. У једном примеру дати су резултати мерења отпорности уземљивача, са тумачењем добијених вредности и предлогом мера за отклањање наведених недостатака.

Кључне речи: Громобранска инсталација, испитивање, отпорност уземљивача

Abstract – This Study presents the key elements that form a lightning protection system, as well as importance of its regular inspection. Some of the most common earthing resistance measurement methods are shown, with their advantages and disadvantages, including the ways of avoiding wrong measuring results. With one example, earthing resistance measuring results are given along with their interpretation and suggested set of actions to improve the system condition.

Keywords: Lightning protection system, inspection, earthing resistance

1. УВОД

За заштиту зграда и других објеката од удара грома користи се громобран односно громобранска инсталација. Громобранска инсталација изведена у складу са стандардом, не може пружити апсолутне гаранције за заштиту објеката, људи или предмета, међутим, њено постојање знатно смањује ризик оштећења изазваних ударом грома уштићени објекат [1].

Улога громобрана јесте да заштити објекат од директног удара грома прихватајући га и што безбедније га спроводећи у земљу преко прихватног система, спусних проводника и уземљивача, чиме се умањује или потпуно елиминише потенцијална штета настала од директног удара грома у објекат.

Објекат са лоше изведеном, оштећеном, односно нефункционалном громобранском инсталацијом може бити у већој опасности него објекат који громобранску инсталацију и не поседује.

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био др Дарко Марчетић, ред. проф.

Из овога произилази важност контроле громобранских инсталација, од момента извођења првих грађевинских радова на објекту, увидом у елементе инсталације који касније неће бити видљиви и приступачни, затим након измена на громобранској инсталацији, удара грома у исту, и периодично, ради утврђивања општег стања у ком се громобранска инсталација налази.

Приликом испитивања, елементарну важност представља правилно спровођење изабране методе мерења, као и исправно тумачење добијених резултата, из ког ће проистећи коначна оцена стања громобранске инсталације.

2. ЕЛЕМЕНТИ ГРОМОБРАНСКЕ ИНСТАЛАЦИЈЕ

Заштитни систем објекта који треба да омогући заштиту од директног атмосферског пражњења састоји се од:

- Прихватног система (који треба да прихвати атмосферско пражњење),
- Спусних проводника (који треба да спроведу струју грома ка земљи у уземљивач),
- Система уземљења (уземљивача),
- Система изједначења потенцијала и заштите од пренапона.

Прве три набројане компоненте громобранске инсталације припадају спољашњој громобранској инсталацији, док четврта (систем изједначења потенцијала и заштите од пренапона) припада унутрашњој громобранској инсталацији. У одређеним случајевима, могуће је постојање само спољашње, односно само унутрашње громобранске инсталације.

Прихватни систем громобранске инсталације може бити једна од, или комбинација следећих изведби:

- Штапна хваталка,
- Мрежа проводника (Фарадејев кавез),
- Разапете жице,
- „Природна компонента“ (конструктивни елемент објекта, нпр. метални кровни покривач).

Спусни проводници су делови спољашње громобранске инсталације намењени за провођење струје атмосферског пражњења од прихватног система до система уземљења [2].

Да би се смањиле опасности од појаве опасних прескока, спусни проводници морају бити постављени тако да од места удара грома до земље односно уземљивача:

- Постоји неколико паралелних струјних стаза и
- Дужине струјних стаза буду што краће.

Спусни проводници се најчешће изводе од трака од поцинкованог челика (FeZn), алуминијумских округлих проводника или помоћу „природних компоненти“.

Број спусних проводника громобранске инсталације не треба бити мањи од два и треба бити равномерно распоређен по обиму објекта, у границама могућности.

Уземљивачи су галвански повезане металне електроде, укопане у тло или положене у темељ објекта, које треба да омогуће безбедно одвођење струје атмосферског пражњења у тло.

Распоред типа А. Овај начин распоређивања подразумева радијалне или вертикалне уземљиваче. Сваки од спусних проводника мора се повезати бар на један одвојени уземљивач, који чине један радијални или вертикални (искошени) уземљивач [4].

Морају се поставити најмање два уземљивача овог типа.

Најмања дужина сваког уземљивача мора бити једнака:

- $1l$ ако се ради о радијалном хоризонталном уземљивачу,
- $0,5l$ ако се ради о вертикалном (искошеном) уземљивачу,

где је l_1 минимална дужина радијалног уземљивача приказана на слици 1 у функцији нивоа заштите и специфичне отпорности тла ρ .

У случају тла мале специфичне отпорности, може се одступити од минималних дужина приказаних на слици 1 уколико је отпорност распрострања уземљивача мања од 10Ω .

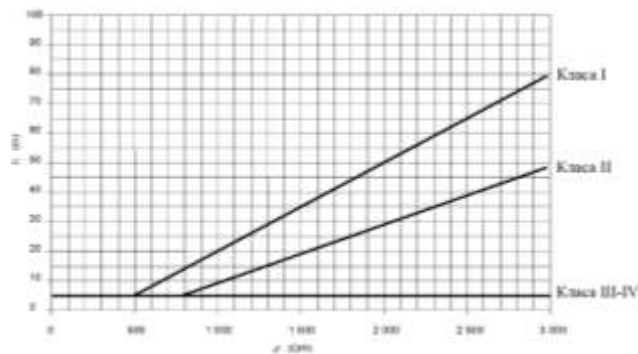
Распоред типа Б. За прстенасти (или темељни) уземљивач средњи геометријски полупречник r прстенастог уземљивача не сме бити мањи од вредности l_1 , приказане на слици 1.

Ако је захтевана вредност l_1 већа од усвојене вредности ρ , додају се радијални или вертикални уземљивачи. Дужине l_h (за хоризонталне) и l_v (за вертикалне) добијају се уз помоћ следећих формула:

$$l_h = l_1 - r \quad (1)$$

и

$$l_v = \frac{l_1 - r}{2} \quad (2)$$



Слика 1. Минималне дужине уземљивача у зависности од специфичне отпорности тла [4]

Унутрашња громобранска инсталација има улогу да спречи појаву опасних прескока напона унутар штићеног објекта услед протицања струје пражњења кроз елементе спољашње громобранске инсталације или других проводних делова објекта. Унутрашња громобранска инсталација састоји се од система за изједначење потенцијала и правилно инсталираних уређаја за заштиту од пренапона.

Ефикасност громобранске инсталације изражава се њеним нивоом заштите, сврстаног у 4 зоне: I, II, III и IV, при чему је највиши ниво заштите I [3].

3. ПРЕГЛЕД И ИСПИТИВАЊЕ ГРОМОБРАНСКИХ ИНСТАЛАЦИЈА

Циљ испитивања громобранске инсталације је провера да њени елементи у потпуности одговарају пројекту и пројектованој намени заштите објеката и то у погледу електричних карактеристика и у погледу физичке очуваности прихватног система, спусних водова и уземљивача [1].

Контролисање и испитивање система громобранске заштите обухвата визуелне контроле употпуњене следећим активностима [4]:

- Испитивање непрекидности, нарочито непрекидности оних делова громобранске инсталације који нису били видљиви за преглед приликом инсталације, а касније неће бити приступачни за визуелни преглед,
- Испитивањем отпорности уземљења система уземљења.

Постоје различите методе мерења отпора распрострања постојећег уземљивача.

Метода трополног мерења, која захтева употребу две додатне сонде (ако уземљивач рачунамо као посебну сонду), како би се инјектирала струја у мерно коло и обезбедио референтни нулти потенцијал. Позиционирање две додатне сонде у односу на мерени уземљивач је од посебне важности.

Да би се остварило прецизно мерење, „нулта“ сонда мора бити постављена тако, да не упада у зоне утицаја изазване протицањем испитне струје кроз предметни уземљивач и другу додатну сонду.

Мерење се обавља тако што инструмент мери струју која се пропушта кроз коло које укључује предметни уземљивач и другу (крајњу) додатну сонду, а напон се мери између уземљивача и средишње сонде која се налази на нултом потенцијалу, ван зоне утицаја уземљивача и друге сонде.

Метода мерења отпорности петље посебно је погодна тамо где је постављање додатних сонди отежано мањком расположивог простора (урбана подручја), и примењена је за потребе мерења у овом раду, употребом инструмента „GOSSEN METRAWATT – PROFITEST 0100S-II“.

Метода се заснива на мерењу отпорности петље која укључује отпорности фазног проводника, предметног уземљивача и уземљивача дистрибутивног трансформатора.

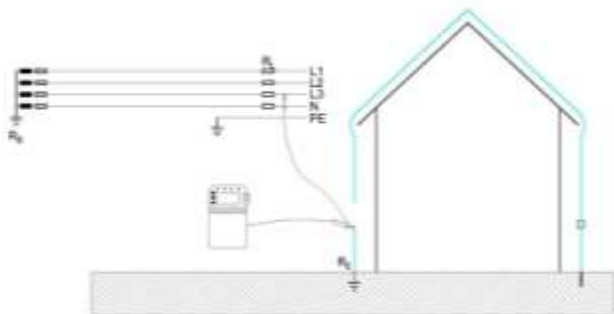
Ако се подразумева да је површински пресек фазног и нултог проводника (L и N) једнак, отпорност фазног проводника је тачно половина импедансе напајања. Импеданса напајања се може мерити помоћу функције инструмента Z_{LOOP} , тако што једну сонду двополног мерног адаптера прикључимо на фазни проводник, а другу на нулти.

Отпорност уземљења може се добити из следеће једначине:

$$R_E = R_{LOOP} - \frac{1}{2}R_L - R_B \quad (3)$$

Вредност отпорности радног/здруженог уземљења дистрибутивног трансформатора R_B мора се занемарити у рачуну отпорности уземљења, зато што је најчешће непозната. На овај начин израчуната отпорност уземљења у себи укључује и отпорност радног уземљивача као безбедносни фактор [5].

Приликом мерења, од кључне важности је одспојити главну сабирницу за изједначење потенцијала од испитиваног уземљивача. Уколико се мерење обавља у TN систему, а заштитни вод је галвански спојен на исту сабирницу као и уземљивач, приликом мерења добићемо ништа друго него вредност отпора петље квара L-PE, а не отпорност уземљивача.



Слика 2. Принцип мерења отпорности уземљења методом отпора петље

Метода мерења клештима за мерење отпорности петље, своди се на обухватање спусног проводника струјним клештима, без претходног растављања проводника. Клешта при том мере струју која протиче кроз спусни проводник.

Струјна клешта се састоје од два намотаја [6]:

- Генераторски намотај који генерише наизменични напон (EMS) константне вредности, услед ког кроз проводник протиче електрична струја јачине $I=E/R$,
- Пријемни (мерни) намотај који мери јачину електричне струје која протиче кроз спусни проводник.

Предност ове методе је што се релативно лако спроводи, али је зато ограничена на примену код система уземљења који се састоје од више паралелно везаних уземљивача.

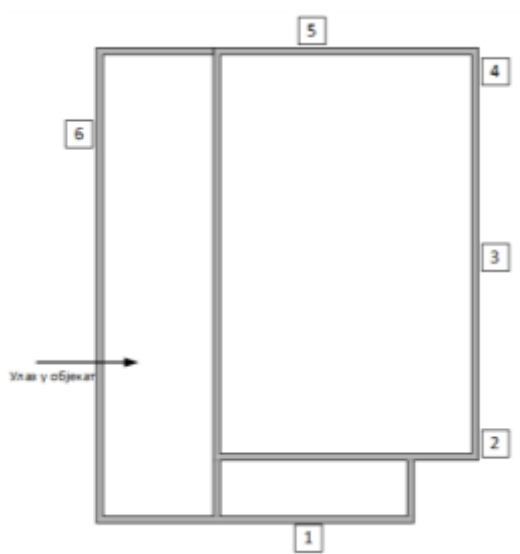
4. ПРИМЕР ТУМАЧЕЊА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА

За пример узет је објекат Дома Културе у Новим Бановцима.

У овом примеру стављен је фокус само на испитивање отпорности распрострања уземљивача, као битног дела целокупног испитивања громобранске инсталације.

Пројектна документација громобранске заштите предметног објекта не постоји/није дата на увид, што у многе отежава преглед инсталација.

На слици 3 дата је скица распореда мерних места (мерно раставних спојева) на којима је вршено мерење.



Слика 3. Скица распореда мерних места

Визуелним прегледом установљено је да је прихватни систем громобранске инсталације изведен „природном компонентом“, односно металним кровним покривачем објекта, целом својом површином. Спусни проводници изведени су траком од поцинкованог челика, димензија $25 \times 4 \text{ mm}^2$. Одређени број спусних проводника води се кроз фасаду објекта и самим тим нема изведене мерне спојеве на којима би се вршило мерење. Остали спусни проводници воде се површином фасаде објекта, и причвршћени су за исту.

Ови спусни проводници спајају се са припадајућим земљоводима димензија $25 \times 4 \text{ mm}^2$ помоћу укрсног комада/мерно раставног споја. Без увида у пројектну документацију, тешко је са сигурношћу одредити тип уземљивача, али с обзиром на величину објекта, може се претпоставити да се ради о тракастом/темељном уземљивачу, односно распореду Типа Б.

У табели 1 дати су резултати мерења отпорности распростирања уземљивача.

Табела 1. Резултати мерења

Мерно место	Отпорност уземљивача $R_{uz} [\Omega]$
1	36,11
2	26,02
3	84,51
4	31,85
5	-
6	7,44

Као што се из добијених резултата мерења види, вредности већине мерених спусних проводника превазилазе захтеваних 10Ω . Разлог оваквим вредностима може бити дотрајалост уземљивача, односно оштећење спојева земљовода са уземљивачем (корозија).

Велика одступања у вредностима отпорности такође указују на пропале спојеве земљовода и уземљивача. Велика специфична отпорност тла резултовала би лошим отпорностима простирања на сваком мерном месту, тако да се та могућност одбацује.

Мерењем непрекидности система, добијају се вредности отпора у околини $1,5\Omega$. Ово указује да спусни проводници који пролазе кроз фасаду објекта, који приликом мерења нису растављени, обезбеђују добру везу са уземљивачем. Ови спусни проводници су заштићенији од утицаја влаге и корозије. На основу овога може се додатно потврдити дотрајалост веза на претходно мереним местима.

Препоруке за отклањање недостатака:

- У циљу побољшања отпорности распростирања уземљивача, препоручује се укопавање додатних вертикалних цевних уземљивача, минималне дужине $2,5\text{m}$, и повезивање са проблематичним спусним проводницима (1,2,3 и 4).
- Пожељно је, након изведених преправки обезбедити пројектну документацију изведеног стања громобранских инсталација, у ком ће се поред осталог, одредити и потребан ниво заштите громобранских инсталација,
- Након обављених измена, потребно је поновити мерења.

5. ЗАКЉУЧАК

Овим радом дат је преглед саставних елемената громобранске инсталације, са најважнијим захтевима који једна громобранска инсталација треба да

задовољи, позивајући се притом на тренутно важеће прописе и стандарде.

Приказане су најчешће методе испитивања, дајући притом предност оним најпрактичнијим за примену. Кроз пример, указано је на уобичајене грешке на громобранској инсталацији, које се правилним испитивањем могу открити и уз одговарајуће преправке на инсталацији, отклонити.

На први поглед, поступак контроле громобранских инсталација може се учинити као релативно једноставан задатак. Залазећи дубље у проблематику, наилази се на низ препрека које је потребно премостити како на терену приликом испитивања, тако и приликом израде извештаја.

Прву битну препреку представља недостатак пројектне документације код већине старијих објеката на којима се врши испитивање. Без пројекта громобранске инсталације тешко је стећи јасну слику о елементима који нису видљиви и приступачни. Следећи проблем лежи у мерењу отпорности распростирања уземљивача, односно у одабиру методе мерења и избегавању добијања погрешних резултата који би дали погрешну слику о стању уземљивача.

Неправилним мерењем отпора распростирања и добијањем нетачних вредности, лош уземљивач може се испитивачу врло лако учинити као задовољавајућ, резултујући неоправдано позитивном оценом инсталације.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Заштита објеката од атмосферских пражњења, Љубомир Герић, Милан Савић, Чедомир Вујовић, Нови Сад, 2001.
- [2] Основни принципи пројектовања у мрежама средњег и ниског напона, Страхил Ј. Гушавац, Нови Сад, 2014.
- [3] Заштита објеката од атмосферског пражњења, Драган Вићовић, Зоран Хаџић, Београд, 2008.
- [4] Српски стандард SRPS EN 62305-3, Заштита од атмосферског пражњења – Део 3: Физичко оштећење објеката и опасност по живот, Институт за стандардизацију Србије, 2017.
- [5] PROFITEST 0100S-II+ operating instructions, GOSSEN METRAWATT
- [6] Earth/Ground measurement guide, Earth/Ground resistance and soil resistivity testers, Chauvin Arnoux, 2010 – Ed.1

Кратка биографија:



Боривој Јовановић рођен је у Новом Саду 1988. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Енергетска електроника и електричне машине одбранио је 2018. год.