



Универзитет у Нишу
Факултет заштите на раду у Нишу



Радоје Б. Јевтић

**Заштита од пожара и провале применом
нетипичних електричних водова**

- докторска дисертација -

Ниш, 2013.



University in Niš
Faculty of occupational safety in Niš



Radoje B. Jevtić

Fire and burglary protection using atypical electric lines

- PhD thesis -

Niš, 2013.

Ментор:

**Проф. др Милан Благојевић, Факултет заштите на раду, Универзитет у
Нишу**

Чланови комисије:

- 1. Проф. др Властимир Павловић, Електронски факултет у Нишу,
Универзитет у Нишу**
- 2. Проф. др Дејан Петковић, Факултет заштите на раду у Нишу,
Универзитет у Нишу**
- 3. Проф. др Милан Благојевић, Факултет заштите на раду у Нишу,
Универзитет у Нишу**

- 4.** _____

- 5.** _____

Датум одбране: _____

Овај рад посвећујем Душанки, Милану, Драгани, Владимиру и мојим родитељима. Посебно се захваљујем свом ментору, проф. др Милану Благојевићу на драгоцену помоћу и корисним саветима које ми је пружио током израде овог рада.

Заштита од пожара и провале применом нетипичних електричних водова

Резиме

Типични или нетипични електрични водови се у системима за заштиту од пожара и провале користе углавном за пренос електричне енергије, док су као детектори пожара и провале мање заступљени. За успешну примену нетипичних електричних водова у системима за заштиту од пожара и провале потребно је познавати многе параметре, као што су специфична отпорност, топлотна проводност, подужна капацитивност, карактеристична импеданса, итд., као и механизам промене и зависност тих параметара услед неког одређеног поремећаја. Коришћењем типичних и нетипичних електричних водова могуће је решити проблем раног откривања и одређивања места поремећаја чији је узрок пожар или провала.

Ова докторска дисертација се састоји из осам глава.

Прва глава представља увод у коме су дати основни појмови везани за заштиту од пожара и провале. Приказана су савремена решења која се односе на употребу типичних и нетипичних електричних водова у системима за заштиту од пожара и провале.

Друга глава садржи основне теоријске принципе, технике и методе који су примењени у експериментима и који би могли бити примењени у неким будућим истраживањима и експериментима.

У трећој глави изложени су резултати добијени на основу експеримената. Резултати представљају решења везана за правовремену реакцију у системима за заштиту од пожара и провале као и одређивање места на коме је дошло до одговарајућег поремећаја употребом типичних и нетипичних електричних водова. Резултати су конципирани тако да имају своју теоријску поставку, експериментални део, а неки и симулацију у одговарајућем софтверу.

Анализа реализованих резултата, везаних за примену нетипичних електричних водова у системима за заштиту од пожара и провале, представљена је у четвртој глави. Дати су основни разлози и предности на основу којих се може оправдати употреба оваквих водова у одређеним системима за заштиту од пожара и провале.

Пета глава је закључак у коме су приказани остварени резултати у поступку реализације постављених циљева у раду.

У шестој глави дат је приказ коришћене литературе који обухвата: књиге, часописе, радове из часописа и зборника радова, радове са конференција и симпозијума, WEB странице, стандарде, прописе и правилнике.

Кратка биографија аутора дата је у седмој глави.

Изјаве аутора о ауторству; истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације и коришћењу дате су у осмој глави.

Кључне речи: нетипични електрични вод, коаксијални кабл, мерење, експеримент, симулација

Научна област: Заштита од пожара

Ужа научна област: Алармни системи

УДК број: 614.84:654.924

Fire and burglary protection using atypical electric lines

Summary

Typical or atypical electrical lines in the fire and burglary protection systems were mostly used for the electric power transmission, while they were less frequently used as the fire and burglary detectors. For the successful use of typical and atypical electrical lines in fire and burglary protection systems, it is necessary to know lot of parameters, such as specific resistance, thermal conductivity, linear capacity, characteristic impedance etc., as well as change mechanism and parameters dependence due to some determinate disturbance.

Using typical and atypical power lines can solve the problem of early detection and determination of disorders caused by a fire or burglary.

This PhD thesis consists of eight chapters.

The first chapter is an introductory part where the basic terms of the fire and burglary protection were presented. The modern solutions related to the use of typical and atypical power lines in the fire protection and burglary protection systems were presented.

The second chapter contains the basic theoretical principles, techniques and methods in the experiments that were applied, and that could be applied in future research and experiments.

The third chapter presents results based of experiments .The results represent solutions related to right time reaction in the fire and burglary protection systems, as well as the determination of the location on typical and atypical power lines where disorders occurred. The results are designed to have a theoretical assumption, experimental part, results comparison, and some of them simulation in the appropriate software.

The analyze results of typical and atypical electrical lines in the fire and burglary protection systems are presented in fourth chapter. The main reasons and advantages for which the use of these lines in the fire and burglary protection systems can be justified were given.

The fifth chapter is conclusion where the realized results of the realization procedure of the given goals of this paper were presented.

The sixth chapter consists of a literature used review: books, journals, papers from journals and conference proceedings, papers from conferences and symposiums, web sites, standards, rules and regulations.

The brief biography of candidate is presented in the seventh chapter.

The author's statements about the authorship; identity of printed and electronic version of doctoral dissertation and the terms of the use are presented in the eighth chapter.

Key words: atypical electrical line, coaxial cable, measurement, experiment, simulation

Scientific area: Fire protection

Special scientific area: Alarm systems

UDK number: 614.84:654.924

Садржај:

1. Увод.....	1
1.1. Системи за заштиту објеката	2
1.2. Пожар и системи за дојаву пожара	6
1.3. Провала и системи за заштиту од провале	12
1.4. Примена електричних и неелектричних водова у системима за заштиту од пожара	16
1.5. Примена електричних водова у системима за заштиту од провале.....	21
1.6. Електрични нетипични водови у системима за заштиту од пожара и провале	28
2. Теоријски оквири истраживања	30
2.1. Електрични водови	31
2.2. Мерни мостови	38
2.3. Импулсна рефлектометрија	44
3. Експериментални део	48
3.1. Резултати одређивања места провале импулсним рефлектометром TX6000	49
3.2. Резултати одређивања места пожара импулсним рефлектометром TX6000	58
3.3. Примена промене капацитивности коаксијалног кабла у системима за заштиту од провале	63
3.4. Одређивање места пожара помоћу коаксијалних каблова.....	69
3.5. Примена нетипичног електричног вода у системима за заштиту од провале	74
3.6. Примена уравнотежених и неуравнотежених електричних мостова у системима за заштиту од пожара	80
3.7. Одређивање места пожара помоћу нетипичног електричног вода	93
3.8. Одређивање места провале помоћу нетипичног електричног вода са уравнотеженим и неуравнотеженим електричним мостом	99
4. Анализа резултата	103
4.1. Анализа резултата примене типичних и нетипичних електричних водова који се односе на заштиту од пожара	104
4.2. Анализа резултата примене типичних и нетипичних електричних водова који се односе на заштиту од провале	107

5. Закључак	109
6. Литература.....	112
6.1. Књиге; часописи; радови из часописа и зборника радова; радови са конференција и симпозијума.....	113
6.2. WEB странице	119
6.3. Стандарди, прописи и правилници	124
7. Биографија аутора	126
8. Изјаве аутора	128

1. Увод

Системи за заштиту од пожара и провале представљају веома важан део техничке компоненте система безбедности лица, имовине, радног процеса и укупног пословања. Њихова основна улога је откривање и сигнализација појаве у најранијој фази, која за последицу може имати развој нежељеног догађаја и изазивање штете по здравље људи, материјалних добара или радног процеса. У овој глави дати су основни појмови везани за заштиту од пожара и провале као и основне примене типичних водова у овим системима.

1.1. Системи за заштиту објеката

Заштита објеката од разних утицаја је веома комплексан задатак и увек актуелан и отворен проблем. Врсте објеката и њихове намене могу бити различите, могу се налазити на различитим локацијама, обављати различите функције и у њима се могу обављати различити технолошки процеси, па од свега тога и зависи на који начин ће се и од чега штитити одговарајући објекат. На пример, складиште горива као примарни елемент заштите има заштиту од пожара а онда следе све друге заштите, као што су заштита од крађе и томе слично. Системи за вентилацију и проток гасова на прво место стављају заштиту од штетних гасова. Системи безбедности саобраћаја на железници на прво место стављају заштиту од упада животиња, појаве пожара сл. Планинарски објекти на прво место стављају заштиту од грома и електричних пражњења. Хладњаче на прво место стављају заштиту од повећања одређене температуре. Такође, веома битан фактор представља и однос укупне цене заштите објекта у односу на његову материјалну, друштвену, историјску, хуману или неке друге вредности.

Многи објекти у зависности од своје намене често захтевају комбиновани вид заштите. Код објеката великих димензија најчешће је корисна физичка заштита. Осигуравање таквих објеката чисто физичком заштитом захтева бројније особље. То је с једне стране релативно скупо, а са друге стране постоји могућност пропуста због људског фактора. У наведеним случајевима идеално решење представља комбинована физичко-техничка заштита. Могућност комбинације техничке и физичке заштите представља значајну предност и у многим ситуацијама незамењиви вид заштите.

Начин функционисања комбиноване заштите може се објаснити на једном примеру. У једној просторији унутар објекта формира се надзорни центар са централом за заштиту од провале и дојаву пожара и видео надзором, из којег надзорник надгледа комплетан објекат. Простор око објекта осигурава се системом камера или одговарајућим системом спољашње заштите, који аутоматски јавља недозвољени улазак уштићени простор. Системом за заштиту од провале и системом за заштиту од пожара штити се унутрашњост објекта. У том је случају за заштиту целог објекта потребна једна или две специјално обучене особе. У случају потребе особље може у сваком тренутку у реалном времену радио везом позвати интервентне екипе. Повезивањем наведених система техничке

заштите на централни дојавни систем остварује се додатна контрола заштите објекта. Централни дојавни систем подразумева непрекидно дежурство, надзор, интервенцију и обавештење о евентуалној штети насталој на штићеном објекту а састоји се из две компоненте: алармног дојавног центра и видео дојавног центра (слика 1.1.1). Могућности повезивања на овај систем су различите: телефонска линија, интернет веза, GSM итд. На тај се начин, уз помоћ одговарајућег система техничке заштите, остварује квалитетна заштита целог објекта са најнужнијим особљем. Поузданост техничке заштите и економска исплативост услед ангажовања минималног броја надзорника чине комбиновану физичко-техничку заштиту најбољим начином заштите великих објеката и објеката вишег степена угрожености.



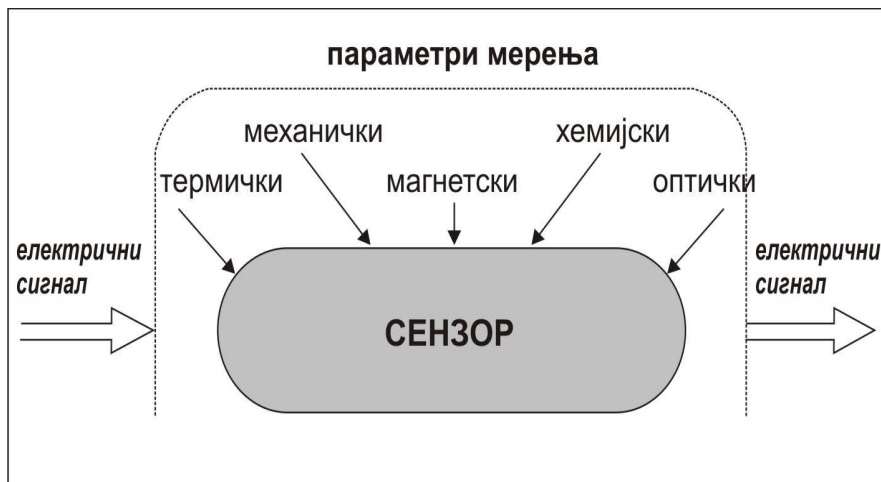
Слика 1.1.1. Алармни дојавни центар (лево) и видео дојавни центар (десно)

(слике преузете са: <https://www.http://arsenal-ivezic.hr/centralni-dojavni-sustav/>)

Системи за заштиту објеката су сами по себи веома комплексни. Њиховом анализом могу се дефинисати различити елементи који представљају њихове саставне делове или целине. Један од најбитнијих елемената система за заштиту објеката су детектори. Детектор (јављач) је основни градивни елемент сваког система за прикупљење података који припада класи мерно - информационих система.

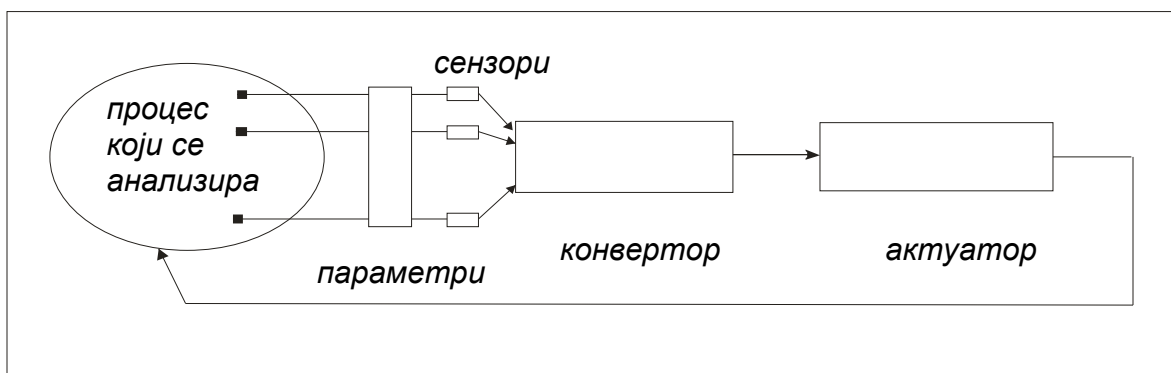
Развојем полупроводничке технологије, сензори као елементи чија је улога да открију материјалне и енергетске промене различитог типа у окружењу, постају уређаји код којих промена параметра у окружењу која се надгледа, резултује променом, тј. модулацијом електричног сигнала на улазу (слика 1.1.2). У мањем броју случајева, полупроводнички сензори не захтевају извор енергије за рад, као на пример детектори са

фотодиодама који генеришу електрични сигнал у зависности од количине примљене светлости. Такође, сензори могу да функционишу и на индиректан начин у односу на појаву, на пример, температура може да се мери преко напонско струјне карактеристике диоде, или мерењем промене механичких карактеристика (ширења) траке која се састоји од два или више слојева различитих метала (биметали, итд.). Дакле, приступ коришћења сензора у системима за прикупљање података није јединствен и зависи не само од типа појаве из окружења која се прати, већ и од економских чинилаца.



Слика 1.1.2. Сензор у полупроводничкој технологији

С обзиром на чињеницу да било која појава или материјални објекат могу да буду мерени, место сензора у систему за прикупљање података може да буде у оквиру објекта надгледања или ван њега (слика 1.1.3).



Слика 1.1.3. Систем за прикупљање података и место сензора у њему

Данашњи системи за прикупљање података се све више базирају на дистрибуираном приступу у обради података, где систем чине велики број “чворова” који су повезани у

одговарајућу мрежу. Таква конфигурација захтева да сензори осим прикупљања информација добијају и функцију одлучивања у мањој или већој мери. Укупне перформансе система са оваквим, дистрибуираним одлучивањем, у том случају највише зависе од перформанси између чворова у мрежи. Растојање између чворова, брзина комуникације, време одзива, брзина преноса података, грешке у преносу и сви остали параметри треба да буду узети у обзир приликом избора система за конкретну примену. У таквим системима се користе интелигентни сензори, тако да се такве мреже често називају и сензорским мрежама. У том контексту интелигентни сензор је представљен низом аналогних и дигиталних блокова који извршавају специфичне функције.

1.2. Пожар и системи за дојаву пожара

Пожар је процес неконтролисаног сагоревања који наноси материјалну штету и угрожава људске животе. За успешно пројектовање и реализацију система за заштиту од пожара потребно је познавати много различитих фактора од којих пожар зависи. Сигурно је да ће системи за заштиту од пожара на аеродрому, у рафинерији нафте, у индустрији вештачког ђубрива, болници, школи и другим објектима и установама морати да се разликују због својих специфичности, намене објекта или установе, димензија, геолокације, могућности откривања и дојаве настанка пожара, као и многих других фактора.

Један од основних појмова везаних за пожар је сагоревање. Сагоревање представља серију хемијских реакција између гориве материје и кисеоника (обично из околног ваздуха), при чему долази до ослобађања топлоте, дима и светлости. Да би дошло до процеса сагоревања потребно је присуство свих "страна" тзв. *пожарног троугла*: гориве материје, извора топлоте и кисеоника, што значи да се уклањањем било које од ових компоненти прекида процес сагоревања. Ако до сагоревања долази без иницирања неким спољним извором топлоте, онда се тај процес може дефинисати као процес спонтаног сагоревања, односно процес самопаљења.

Процес сагоревања подразумева стварање и преношење топлоте. Топлота као мера загрејаности масе је једини параметар који може да произведе сигнал који се не мора појачавати, што је веома важно за јављаче који детектују топлоту. Стални пораст ослобађања топлотне енергије је карактеристичан за рану фазу развоја пожара која је праћена повећањем температуре у просторији. Услед ослобађања топлоте настаје температурна разлика између гасова у зони сагоревања и околне средине, што изазива разлике у густинама и убрзано струјање загрејаних гасова навише. Постоје три основна механизма преношења топлоте, а то су су провођење (кондукција), струјање (конвекција) и зрачење (радијација), и сва три механизма карактеришу пожаре у објекту. Провођење је начин преноса топлоте између чврстих тела, мада је присутно и код течности и гасова. Струјање подразумева кретање честица које преносе топлоту, тако да је уобичајено код течности и гасова. Зрачење је облик преноса топлоте који не захтева учешће честица у преносу између извора топлоте и пријемника топлоте. Ништа мање нису битни ни остали

продукти сагоревања и њихово понашање током пожара у зависности од димензија објекта, просторија у објекту, отвора и вентилације. При пројектовању система за дојаву пожара треба имати у виду да дим формира слој испод таванице и да присуство таванице или плафона и зидова има непосредан утицај на механизам преноса топлоте зрачењем. Очигледно је да избор типа детектора који ће бити постављен у просторији зависи од очекиваног развоја пожара.



Слика 1.2.1. Пламен (лево) и дим (десно) као неизбежни продукти процеса сагоревања
(слике преузете са: <https://www.google.rs>)

Процес сагоревања такође подразумева и стварање дима (слика 1.2.1 десно). Дим представља суспензију течних, чврстих и гасовитих честица. У зависности од материјала који гори и услова горења, сваки пожар је праћен ослобађањем одговарајућих продуката сагоревања, што је нашло многобројну примену у детекцији пожара. Структура честица дима зависи од материје која гори и услова сагоревања. Због веома малих димензија честица ($1 \text{ nm} - 10 \text{ }\mu\text{m}$), односно проблема њиховог испитивања, јављачи који користе дим као параметар за детекцију базирају свој рад на испитивању оптичких карактеристика дима. Оптичке особине честица дима зависе од њиховог састава и димензија, али независно од ових особина, битне су и појаве расејавања и апсорпције светлости, које се и користе за детекцију. Због тога што се развија већ на почетку ране фазе развоја већине пожара, дим је најчешће коришћена пожарна величина за детекцију пожара.

Пламен такође представља важан продукт сагоревања (слика 1.2.1 лево). Пламен представља гасовиту средину у којој се одигравају физичко-хемијске реакције реактаната учесника. Независно од класификације, сваки пламен карактеришу две битне

карактеристике: поседовање изражене високо температурске области (зоне сагоревања) и одговарајуће гасне струје којом се остварује пренос масе и ослобођене топлоте. Са аспекта детекције најбитнија су емисиона својства пламена. Опсег електромагнетног зрачења пламена који се користи за детекцију почиње од ултраљубичастог подручја ($\lambda \leq 300 \text{ nm}$) у којем је зрачење екстремно мало, преко видљивог подручја ($300 \text{ nm} \leq \lambda \leq 800 \text{ nm}$) и приближно инфрацрвеног ($800 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1.3 \text{ }\mu\text{m}$) до инфрацрвеног ($1.3 \text{ }\mu\text{m} \leq \lambda \leq 10 \text{ }\mu\text{m}$).

Од настанка па до потпуног гашења, пожар се може сагледати кроз три фазе: фаза развоја пожара, фаза потпуно развијеног пожара и фаза смиривања пожара-догоревање. Ове фазе зависе од више фактора, најчешће од количине горивног материјала и вентилације у просторији. Са аспекта откривања и дојаве пожара рана фаза развоја пожара се одвија кроз четири фазе. У самом почетку жариште пожара је мало и продукти сагоревања су невидљиви и то је тзв. “почетна” или “првобитна” фаза. Појавом дима настаје “фаза тињања” која распламсавањем прелази у “фазу горења” при чему се брзина развоја пожара нагло повећава. Најзад, даљим развојем пожара настаје “топлотна фаза”. Брзина којом пожар пролази кроз наведене фазе после настанка зависи од материјала који гори. Пролазак кроз све четири фазе може да се деси у делићу секунде, кад је у питању експлозија, или је потребно да прође неколико дана у тињању док не дође до распламсавања. Без обзира на време развоја, продукти сагоревања који се стварају у наведеним фазама су основа за детекцију и дојаву.

На основу свега наведеног може се закључити да се пожар као процес неконтролисаног сагоревања одликује великим бројем параметара, чије се особине и специфичности могу употребити за успешну детекцију и неутралисање.

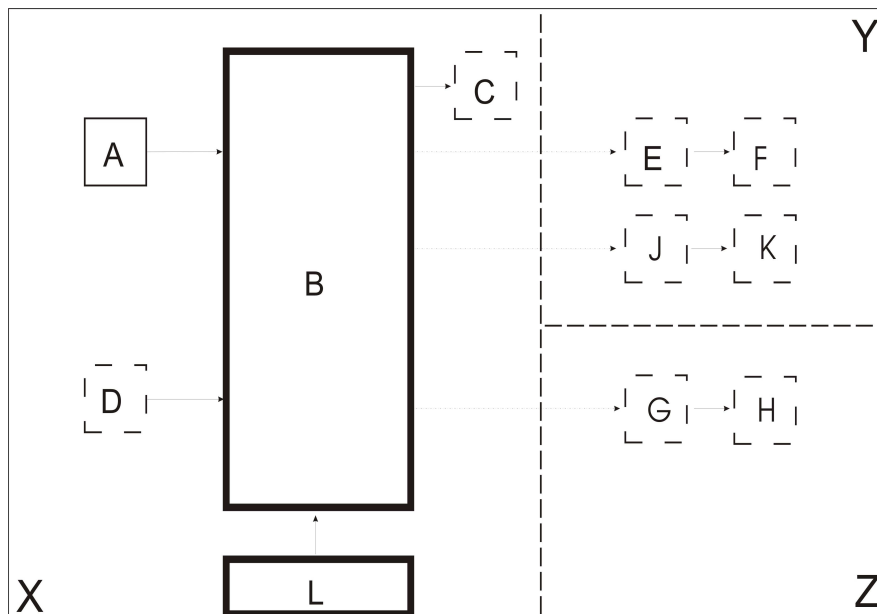
Системи за откривање и дојаву пожара (системи за детекцију пожара, против - пожарни системи, енг. *Fire Detection System, Fire Alarm System*, рус. *Системы пожарной сигнализации*) су системи који раде у реалном времену и припадају класи мерно - информационах система. Ови системи су само један део укупног система за заштиту од пожара, који обухвата скуп мера и активности за планирање, финансирање, организовање, спровођење и контролу мера и радњи заштите од пожара, за спречавање избијања и ширења пожара, откривање и гашење пожара, спасавање људи и имовине, заштиту животне средине, утврђивање и отклањање узрока пожара, као и за пружање помоћи код отклањања последица насталих због пожара.

Компоненте система за откривање и дојаву пожара дефинисане су међународним стандардима, пре свега стандардима ISO 7240-1, *Fire Detection and Alarm systems - Part 1: General and Definitions* и EN 54-1, *Fire detection and fire alarm systems - Part 1: Introduction*, одакле су и преузете дефиниције у важећем националном стандарду СРПС Н.С6.200. Овај стандард дефинише само опште појмове и даје дефиниције елемената система, али не и начин на који се елементи система постављају и користе. Стандардом су обухваћени елементи система за аутоматско откривање и дојаву пожара који су намењени за примену у зградама, а стандард може да послужи и као основа за одређивање елемената система који се налазе у другим објектима (на пример, рудници, бродови, итд.).

Систем за откривање и дојаву пожара обухвата:

- уређаје за надзор и управљање (уређаји за одимљавање, гашење, противпожарна врата итд.),
- елементе за сигнализацију пожара и алармирање (интерна - светлосна и звучна индикација, спољна - позив ватрогасној бригади, полицији итд.),
- јављаче (детектори) пожарних величина (ручни и аутоматски) и
- помоћне уређаје.

Повезивање наведених елемената у систем за дојаву пожара је приказано на слици 1.2.2.



Слика 1.2.2. Функционалне групе система за дојаву пожара (XYZ компоненте система за дојаву пожара)

Елементи система на слици (дефиниција позната као “XYZ компоненте система”) имају следеће значење:

- A** - аутоматски детектор (јављач) пожара;
- B** - уређај за надзор и управљање. Служи за: пријем сигнала од јављача и сигнализацију, прослеђивање сигнала пожара преко предајног уређаја даљинске сигнализације или преко уређаја за управљање аутоматском противпожарном заштитом, врши контролу правилног рада система;
- C** - елемент за сигнализацију и/или алармирање - изван елемента **B**, у случају пожара даје звучне и/или светлосне сигнале;
- D** - ручни јављач пожара. Уређај за ручно активирање аларма;
- E** - предајни уређај даљинске сигнализације о пожару;
- F** - пријемни уређај даљинске сигнализације о пожару;
- G** - уређај за управљање аутоматском противпожарном заштитом;
- H** - уређај за аутоматску противпожарну заштиту;
- J** - предајни уређај за даљинску сигнализацију неисправности,
- K** - пријемни уређај за даљинску сигнализацију неисправности,
- L** - извор напајања.

Иако стандард као обавезне елементе наводи само X компоненту са елементима **A**, **B**, **C**, **D**, и **L**, за минимум који треба да поседује систем за откривање и дојаву пожара, већина данашњих система поседује све или готово све елементе приказане на слици 1.2.2.

Основна намена система за откривање и дојаву пожара јесте да кориснику што раније обезбеди поуздано упозорење о настанку пожара да би се избегле људске жртве и сачувала имовина. Пројектовање ових система представља неизбежни компромис између захтеване осетљивости (времена одзива) система, поузданости (времена безотказног рада), склоности ка давању лажних аларма, расположиве технологије и свакако, цене система. У системима заштите од пожара, као и у већини система техничке заштите, човек има улогу контролора техничких средстава, а тек у моменту дојаве настанка нежељеног догађаја, он постаје активан чинилац у њеном сузбијању.

Непосредне штете настале од пожара експоненцијално расту са повећавањем времена за дојаву тако да систем за дојаву пожара мора да обезбеди што раније откривање

и дојаву, а самим тим и ранији почетак евакуације и гашења. Анализа штета од пожара на Западу показује да двоструко скраћивање времена алармирања умањује за око 30% висину насталих штета код објеката који поседују систем за дојаву пожара.

Основа за избор система за дојаву пожара за неки објекат је величина пожарног ризика тог објекта који највише зависи од материја и материјала - садржаја објекта. Управо због таквих разлога пројектовање система за дојаву пожара треба да обухвати познавање великог броја чињеница које се односе на објекат, као и на могући развој пожара у објекту на основу којих се долази до система за откривање пожара одмах по његовом настанку. Добро пројектовани систем за заштиту од пожара подразумева правилан избор детектора и јављача пожара, као и њихов положај и међусобни размештај у објекту.

1.3. Провала и системи за заштиту од провале

Провала је веома широк појам у данашње време и може се са одговарајућом коректношћу дефинисати као неовлашћени, противзаконити улазак у неки облик структуре туђе својине или приватности (објекат, просторија, локација, рачунар, возило, систем итд.). Сам неовлашћени улазак представља кривично дело које најчешће имплицира друга кривична дела, од крађе имовине, добара, података па све до бруталних кривичних дела као што су убиства. Штете које могу настати од провале могу бити непроцењиве како за материјална добра, тако и за људске животе.

Сви нежељени догађаји који су предмет откривања у систему за заштиту од провале су нераскидиво повезани за човека, почев од крађе преко подметања пожара до најразличитијих облика диверзије. Због тога је улога техничких средстава и уређаја у заштити од провале неопходна, имајући у виду да би само физичко обезбеђивање захтевало ангажовање великог броја људи, а у неким случајевима би било и неизводљиво. Са друге стране, пошто је суштина нежељеног догађаја упад провалника у простор или објекат, постоје три групе мера које могу да се примене да се то спречи:

- мере којима се спречава или открива нежељени улаз у простор или у објекат,
- мере којима се после уласка лица открива кретање у простору или објекту и
- мере којима се врши легитимисање или идентификација лица.

Без обзира на то што наведене мере могу да се реализују помоћу физичких баријера, препрека и ангажовањем обезбеђења, поуздана реализација наведених мера је готово немогућа без употребе техничких уређаја и средстава-система за заштиту од провале и система за контролу приступа.

Узимајући у обзир чињеницу да је немогуће предвидети са које стране простора или објекта ће доћи до уласка и кретања у простору који се штити, добра организација заштите од провале подразумева одбрану у концентричним круговима, тако да савлађивање сваког наредног одбрамбеног „прстена“ захтева више напора и времена. По правилу, како се иде од спољашњег према унутрашњим круговима заштите, садржај је вреднији и самим тим и средства заштите су концентрисанија, а са друге стране се надзирани простор смањује па је заштита поузданија. За овакав приступ се у литератури често користи термин „златни

број седам“ чиме се указује на то да треба успоставити седам одбрамбених „прстенова“ да би се постигао највиши ниво безбедности. Тих седам линија одбране чине:

1. линија периметра (са или без физичких баријера),
2. простор између периметра и објеката у комплексу,
3. граница објекта (зидови),
4. отвори на објекту (врата, прозори, разни отвори),
5. унутрашње преграде,
6. непосредна околина циља,
7. циљ - разлог неовлашћеног уласка (крајња тачка прилаза).

Овакав приступ заштити од провале није само логичан већ и рационалан. Наиме, техничким средствима за заштиту од провале могуће је реализовати заштиту максималног нивоа безбедности већ на самој линији штићеног простора и непосредно иза ње, међутим то економски није оправдано с обзиром на дужину граничне линије и површину простора који се штити.

Реализација заштите од провале коришћењем концентричних одбрамбених прстенова има још једну велику предност која се састоји у подешавању жељеног нивоа заштите у складу са променом садржаја и намене објекта. Дефинисање нивоа заштите представља питање које увек изазива дилему због критеријума и препорука на основу којих се врши градација нивоа. Наиме, садржај или материјална вредност као критеријум за дефинисање заштите је веома релативан фактор зато што на пример, информација која је садржана у предмету може да има много већу вредност од самог предмета (подаци на хард диску рачунара више вреде од самог рачунара). Због тога је погодније да се нивои заштите дефинишу у складу са ефектима који се њима постижу у смислу одвраћања и спречавања неовлашћеног уласка у поједини одбрамбени прстен. У складу са таквим приступом, дефинишу се пет нивоа заштите:

1. Минимална заштита је најнижи ниво заштите у материјалном погледу. Неовлашћени приступ се спречава физичким баријерама, оградама, вратима и прозорима од стандардног материјала и са обичним бравама. Ово је најчешћи ниво заштите који се примењује код стамбених зграда и на јавним објектима.

2. Низак ниво заштите је први ниво заштите који укључује детекцију и локално алармирање коришћењем једноставних алармних система, са или без комуникације са

вишим нивоом надзора (полиција, службе обезбеђења). Механичка заштита укључује врата и прозоре са ојачањима, решеткама и слично. Овај ниво заштите се најчешће примењује у приватним кућама, мањим трговинским радњама, експозитурама банака, итд.

3. Средњи ниво заштите користи једноставније алармне системе чија је улога детекција неовлашћеног приступа на граничној линији заштите и делимично и у унутрашњости зоне која се штити. Овај ниво укључује обавезно даљинско алармирање, тј. комуникацију са вишим нивоом надзора и постојање службе физичког обезбеђења. Овај ниво заштите се најчешће примењује код заштите банака, музеја, великих трговина и слично.

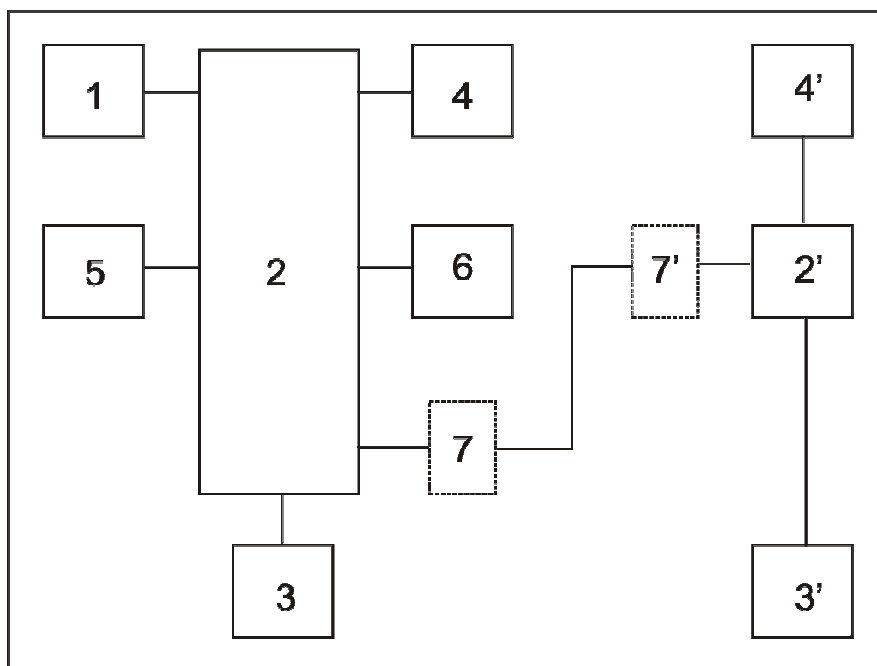
4. Висок ниво заштите омогућава спречавање, откривање и процену неовлашћеног приступа на линији периметра, у унутрашњем простору и у самим објектима. Осим примене компоненти које постоје на нивоу три у већем обиму, укључује и систем за контролу приступа (идентификационе картице, систем биометрије и сл.), систем затвореног видео надзора (CCTV) и добро организовану и обучену сопствену службу физичког обезбеђења. Овај ниво заштите се примењује за заштиту објеката од великог значаја - материјалног, друштвеног, производног, итд.

5. Максимална заштита подразумева комплетну заштиту споља и унутра применом свих компоненти које има ниво четири, с тим што је систем најчешће део интегрисаног система заштите са локалним и даљинским надзором помоћу комуникационих мрежа различите природе (Интранет, Интернет, сопствена рачунарска мрежа са сателитским линком и слично). Овај ниво заштите је најређи у пракси и примењује се код комплекса који су од посебног стратешког и друштвеног значаја.

Развој технологије, пре свега електронике, је значајно изменио карактеристике и могућности система за заштиту од провале, пре свега у смислу пројектовања система за заштиту од провале према специфичним потребама и наменама. Кључне компоненте система се нису промениле у смислу да систем мора да садржи детекторе провале, централну јединицу (алармну централу) која обрађује податке добијене од сензора и генерише сигнал аларма, као и комуникациону структуру која омогућава пренос алармних информација вишим нивоима надзора и управљања, али су природа и поузданост наведених компоненти значајно побољшане. На другој страни, сви системи заштите

укључују и људство (службу физичког обезбеђења), и поступке и процедуре које имају ако не већу, бар исту важност као и сам систем.

Глобална структура система за заштиту од провале која је дефинисана међународним стандардом (IEC 60839-1-1 Alarm systems: *General requirements, Section One - General.*) приказана је на слици 1.3.1. Структура система на слици је веома слична структури система за дојаву пожара која је дата у облику „XYZ компоненти система“.



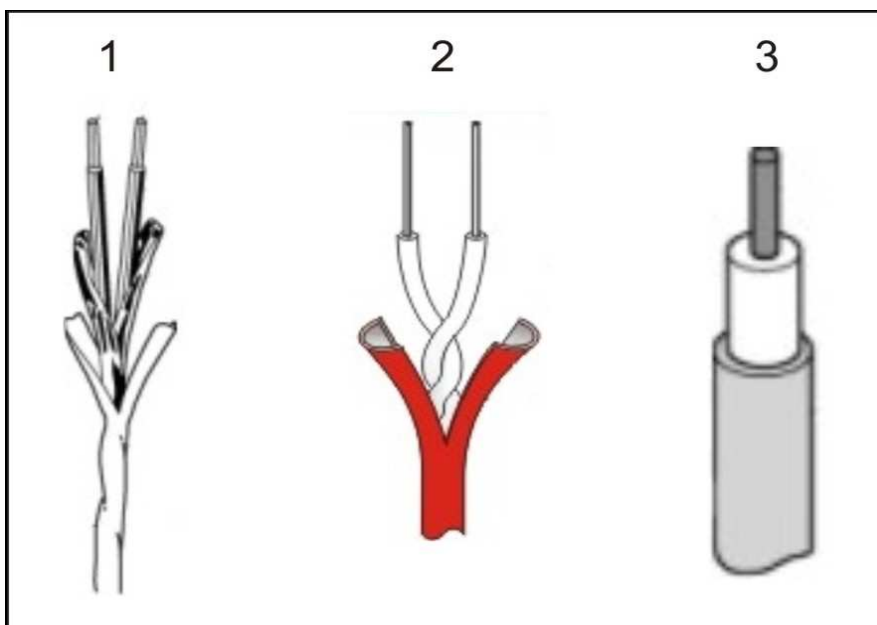
Слика 1.3.1. Структура система за заштиту од провале

Компоненте обележене бројевима од 1 до 7 на слици су следеће: 1 – детектор, 2 - контролна опрема (централа), 3 – напајање, 4 - опрема за визуелну и/или звучну сигнализацију, 5 - извршни уређаји које активира централа, 6 - програмабилни улазни уређај, 7 - уређај или интерфејс за даљинску сигнализацију (модем и слично).

1.4. Примена електричних и неелектричних водова у системима за заштиту од пожара

Електрични и неелектрични водови се веома често примењују у системима за заштиту од пожара. Јављају се углавном као линијски јављачи и налазе примену у тунелима свих врста, хангарима, магацинима, паркинзима и слично. Реализују се помоћу двожичних водова, оптичких каблова, мрежа капиларних цеви или неког другог вида електричних и неелектричних водова. Линијски термомаксимални детектори на слици 1.4.1 (тип 1 и 2) користе пар паралелних (упредених) проводника у нормално отвореном колу. Између проводника је лако топива изолација, тако да под дејством топлоте долази до контакта између проводника и до иницирања аларма.

Сличан принцип је искоришћен у примеру десно на слици 1.4.1 (тип 3). Челична капиларна цев садржи коаксијални кабли који је полупроводничким материјалом одвојен од цеви. У нормалним условима амбијента тече мала струја која је испод алармног прага. Повећањем температуре, отпор полупроводника опада, повећава се струја и сигнализира аларм. На тај начин, овај линијски детектор фиксне температуре може да се понаша и као термодиференцијални.



Слика 1.4.1. Линијски детектори топлоте
(слика преузета из: Алармни системи, М. Ђ. Благојевић)

Топлотно осетљиви каблови представљају први (од 1980. год.), и до данас, најкоришћенији начин линеарне детекције пожара, нарочито у тунелима. Међутим, због спорости одзива и немогућности прецизне локације места пожара, све више се замењују савременијим типовима линијских детектора као што су, на пример, линијски детектори са полупроводничким сензорима. Уколико се употребљавају овакви детектори, тада се примењује тзв. вишетачкасти систем за детекцију који садржи сензоре који се постављају на растојању од 1 до 20 m (7 – 8 m према EN 54) са тачношћу мерења од 0.5 °C. Дужина кабла је до 2000 m, а брзина детекције (одзива система) зависи од дужине кабла. Теоријски је могуће одредити место пожара, зависно од брзине вентилације. Често се као обавезни делови оваквих система користе и одговарајући електрични мостови, уравнотежени или неуравнотежени. Као сензори се могу употребити разне компоненте: биметални контакти, фотоотпорници, фотодиоде, РТС и NTC отпорници, променљиви кондензатори и разне друге компоненте.

Савремена технолошка решења линеарне детекције топлоте користе за реализацију оптичке каблове дужине до 4 km. Иако ови водови не спадају у електричне водове, због својих карактеристика и предности све се више примењују у разним системима заштите. Оптичка влакна не само да су добра за пренос информација већ се могу користити и као сензори код пожара. Физичке величине као што су температура, притисак и истезање утичу на оптичке каблове и мењају карактеристике оптичког преноса кабла. Такође, мерењем се може лоцирати место догађаја. Детекција топлоте се базира на чињеници да светлост скреће под утицајем промена у кристалној решетки које су последице повећања температуре. Кад светлост наиђе на молекуле који су термички побуђени долази до интеракције између фотона и електрона. Ова интеракција има за последицу скретање светлости у оптичком каблу које је познато као *Ramanova* дифракција. Расута светлост садржи три различите спектралне компоненте. Да би се извело мерење на каблу, мора се користити опрема која садржи генератор фреквенције, извор усмерене светлости (ласер), оптички модул, пријемник и одговарајућу микропроцесорску јединицу. Нека од ових решења приказана су на слици 1.4.2.

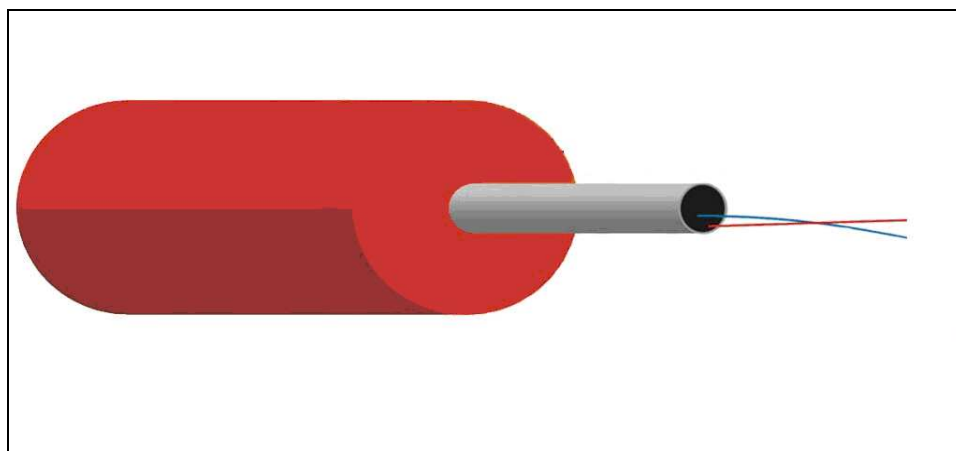


Слика 1.4.2. Технолошка решења у виду типичних и нетипичних каблова новијег датума
(слика лево доле преузета са: *Prezentacija Securiton IMP.pdf*)

Несреће у тунелима широм Европе као нпр. несрећа у тунелу Фрејус на граници Италије и Француске у којој је смртно страдало двоје људи или несрећа у тунелу Монт Бланк 1999. године у којој је смртно страдало 39 људи, показују колико је важна озбиљност и одговорност у пројектовању и инсталацији линијских детектора у објектима као што су тунели, хангари и други објекти посебне намене код којих је једна димензија знатно већа од друге (нпр. дужина у односу на ширину). Тунели и други подземни саобраћајни системи одувек су представљали критичан сегмент саобраћајних токова. Хиљаде путника и тоне терета пролазе кроз њих, па било какав инцидент, несрећа или пожар може имати катастрофалне последице. Брзо ширење пожара, развијање високих температура и могућност тровања гасовима захтева низ мера превенције таквих ситуација и низ мера за смањење угрожености људи заробљених у тунелу. Једна од најбитнијих, ако не и најбитнија мера је поуздана, прецизна и правовремена детекција пожара, на коју не сме утицати најчешће велика брзина струјања ваздуха у тунелу као и потпуна контрола система вентилације у таквом случају. Ова мера је веома комплексна и поред наведеног подразумева тренутно активирање тимова за превенцију, као и активирање система за гашење пожара. Једно од веома добрих конкретних савремених решења јесте употреба тзв.

„Fibro Laser II“ система. Овај систем представља линеарни систем детекције пожара у тунелима на бази оптичког кабла (слика 1.4.3).

Одликује га изузетно линеарна функција детекције дуж читаве области надгледања, а база система је софистицирана управљачка електроника са пулсним ласерским извором и веома робусна сензорска технологија. Систем ради на принципу осветљавања оптичког кабла модулисаном ласерском светлошћу из главног контролера (OTS). Услед загревања оптичког кабла долази до повећања вибрација кристалне решетке у полупроводничкој структури кристала кварца (SiO_2). Када светлост падне на термички побуђену решетку, долази до интеракције између фотона ласера и електрона у атомима. Резултат тога је расејање светлости у оптичком каблу. Фреквенција расејане светлости је померена у односу на фреквенцију упадне светлости у износу једнаком резонантној фреквенцији вибрација решетке. Ова појава омогућава пре свега одређивање локалне температуре оптичког сензора, мада је мерењем времена пропације између послатог и примљеног светлосног импулса могуће одредити тачну удаљеност места на коме је дошло до загревања оптичког сензора.



Слика 1.4.3. *Линијски детектор пожара на бази оптичког влакна Fibro Laser II*

(слика преузета са:

http://www.tehnomobil-protech.rs/detekcija_pozara/download/detekcija_pozara_u_tunelima.pdf)

За разлику од оптичког кабла који се користи у телекомуникацијама, где постоји потреба за високом отпорношћу на све спољашње утицаје, у системима за детекцију пожара конструкција кабла је решена с циљем да се што боље пренесу температурне промене надзираног простора на само оптичко влакно. То се конструкцијски решава смештањем оптичких влакана у посебну металну цевчицу, која се налази унутар плашта

отпорног на агресивну атмосферу у тунелу (издувни гасови...) и коришћењем нових материјала за израду плашта који добро проводе топлоту.



Слика 1.4.4. Типични примери примене линијског детектора на бази оптичког кабла

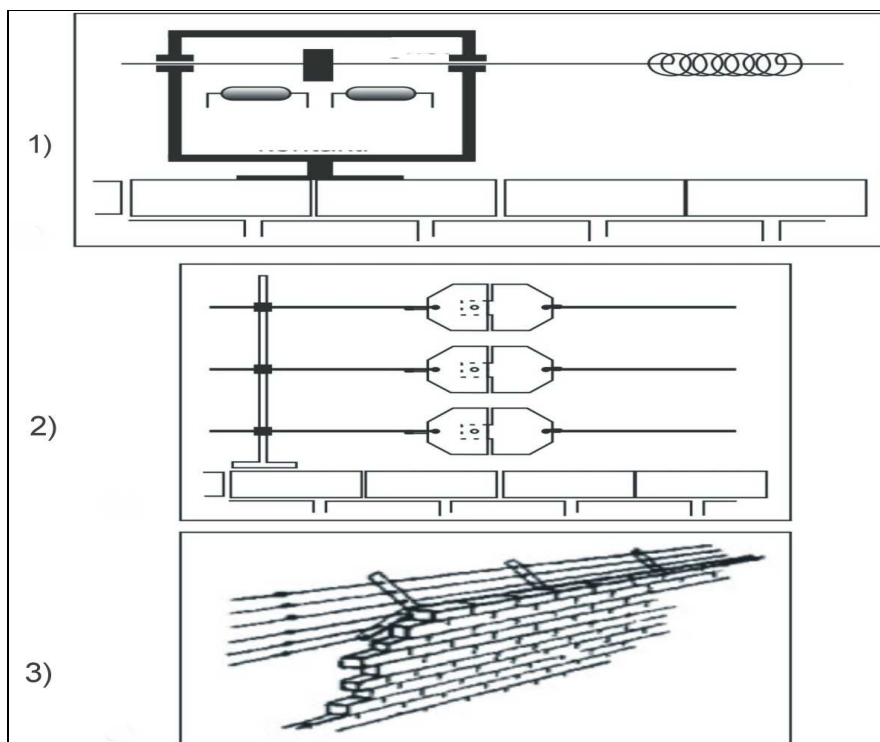
(слике преузете са

http://www.tehnomobil-protech.rs/detekcija_pozara/download/detekcija_pozara_u_tunelima.pdf и из документа *Prezentacija Securiton IMP.pdf*)

Врло важна карактеристика оваквих и сличних система на бази оптичких каблова је рана детекција пожара на просторној резолуцији од 3-4 метра чак и у условима јаког струјања ваздуха. Оптички кабл мора имати веома висок имунитет на друге врсте спољашњих утицаја као што су: влага, издувни гасови, разне врсте уља, мазива, нафтних деривата, корозија и друго, па је његова употреба могућа и у железничким тунелима где могу бити присутна велика електромагнетна пражњења. Такође, овакви системи детекције и дојаве пожара на бази оптичког кабла се користе и за надзор кабловских траса у индустрији и надзор температуре резервоара запаљивих супстанци у нафтној или хемијској индустрији. Многи објекти у нашој земљи и окружењу користе линијске детекторе за детекцију пожара у раној фази. Најпознатији су тунели Стражевица код Београда, Мала Капела у Хрватској, сушара угља Вреоци итд. (слика 1.4.4).

1.5. Примена електричних водова у системима за заштиту од провале

Електрични и неелектрични водови се веома често употребљавају и у системима за заштиту од провале. Ове примене су најчешће у виду разних врста каблова приликом заштите периметра.



Слика 1.5.1. Заштита периметра помоћу напрегнуте алармне оградe
(слика преузета из: *Алармни системи*, М. Ђ. Благојевић)

Најједноставнији облици заштите периметра у форми физичке баријере (оградe) који се користе су тзв. напрегнути кабови. Овај принцип заштите се базира на жичаној оградe коју чине једна или више натегнутих жица које у исто време формирају и алармну “петљу” која региструје напрезање, прекидање или било који други облик деформације. На слици 1.5.1. приказане су две варијанте оградe која има улогу алармне петље и у исто време представља физичку баријеру. У првој варијанти, на слици 1), користе се магнетни контакти који се иначе користе и за заштиту врата и прозора на објекту, док су у другој варијанти, на слици 2), жице које пролазе кроз жбуње и шипражје пренапрегнуте пре постављања. Свака од жица које чине оградe су спојене на одређеном размаку посебном везом од меког метала, који се ломи приликом покушаја пењања или проласка, тако да

долази до прекидања затворене петље. На слици 3) је приказан могући начин примене овог типа заштите периметра. Напегнуте жице које чине ограду могу детектовати сва механичка деловања која прате улазак у штићени простор (савијање, сечење и слично).

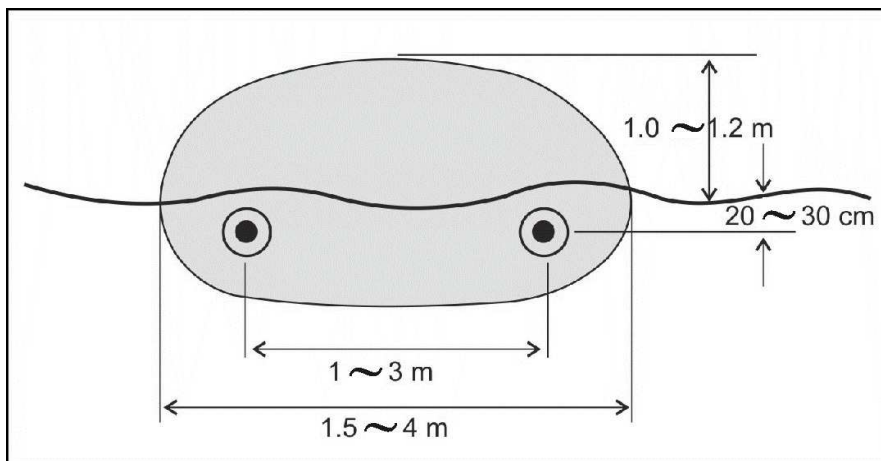
Металне ограде око простора који се штити се често користе за заштиту периметра детекцијом вибрација које настају насилним уласком. Обично се користе два метода: детекција вибрација помоћу сензора вибрација који се иначе користе у објектима и детекција помоћу каблова осетљивих на вибрације који се налазе уз жице које чине ограду. Детектори са сензорима који су осетљиви на вибрације се примењују на исти начин као и у објекту, с том разликом што се постављају на стубовима у кућиштима са одговарајућом заштитом од атмосферских утицаја. Жице које чине ограду морају бити под напрезањем, тако да вибрације могу да се пренесу на метално кућиште у коме се налази детектор, а преко кућишта и на сам детектор вибрација. Када се примењује овакав начин заштите, линија периметра се дели у секције са највише 30 детектора који су повезани на централну јединицу која прима сигнал аларма и дефинише секцију у којој је настала вибрација. Ако се уместо ограде штићени простор ограђује зидом, детектори вибрација могу да се уграде на зид, с тим што треба водити рачуна о томе у којој мери материјал који се користи за израду зида око периметра преноси вибрације. Саобраћај у близини граница простора који се штити - друмски, авионски, кретање машина, итд. могу значајно да смање поузданост дојаве аларма. Ако се детектори вибрација постављају на зид, растојање између детектора обично износи око 3 m. За детекцију вибрација се користе детектори са пиезоелектричним елементом као сензором или детектори са електромеханичким или магнетним контактима. Заштита периметра помоћу каблова који су осетљиви на вибрације, помоћу тзв. линијских “шок” детектора, може да се реализује и посебним типовима коаксијалних каблова који мењају своје електричне карактеристике под утицајем вибрација.

Неки типови каблова користе мерење капацитивности између унутрашњег и спољног проводника, и под стабилним напоном када кабл вибрира долази до малих промена капацитивности која се мери на крају кабла. Добијени сигнал на крају кабла се обрађује у смислу да промене чији су интензитет, учестаност и трајање већи од стандардних промена под утицајем окружења, генеришу алармну ситуацију. У системима оваквог типа, обрада сигнала се обавља на сваких 200 до 300 m сензорског кабла. Системи

са капацитивни кабловима су осетљиви на влагу која може да уђе у каблове као последица оштећења спољног омотача. Такође је потребно да се јединице које обрађују сигнал налазе близу крајева кабла што захтева заштиту од атмосферских утицаја. Пошто су ово системи са високом импедансом, могући су проблеми који могу да настану под утицајем електростатичких поља других система у близини. Проблеми који су присутни у системима који користе капацитивне каблове је могуће решити употребом каблова од магнетног материјала. Два проводника су чврсто фиксирана, док се са стране налазе и два покретна проводника који се померају под утицајем вибрација у оквиру еластичног омотача. Кретање каблова у постојећем магнетном пољу изазива мале промене напона на основу којих се генерише сигнал аларма. Коришћењем два сета проводника смањује се утицај електростатичке и електромагнетне интерференце. Овај тип кабла је мање осетљив од капацитивног на вибрације изазване атмосферским утицајима као што су ветар, киша, град и слично, и има излазни сигнал који је два до три пута јачи. Пошто има малу импедансу, веза до централне јединице за обраду која може бити удаљена се остварује нормалним коаксијалним каблом. Стандардна дужина овог кабла је до 1000 m. И један и други тип кабла се везују на жице које чине ограду на растојању од 20 cm. Наведени типови система за заштиту периметра са кабловима имају високу стопу лажних аларма због разних фактора из окружења који могу да изазову вибрације, као што су птице, животиње, јаки ветрови, падавине, итд., па због тога сигнал аларма који они генеришу треба схватити као упозорење, односно неку врсту предалармног стања које треба проверити другим системима заштите, пре свега преко система видео надзора или директним обиласком од стране припадника службе физичког обезбеђења комплекса.

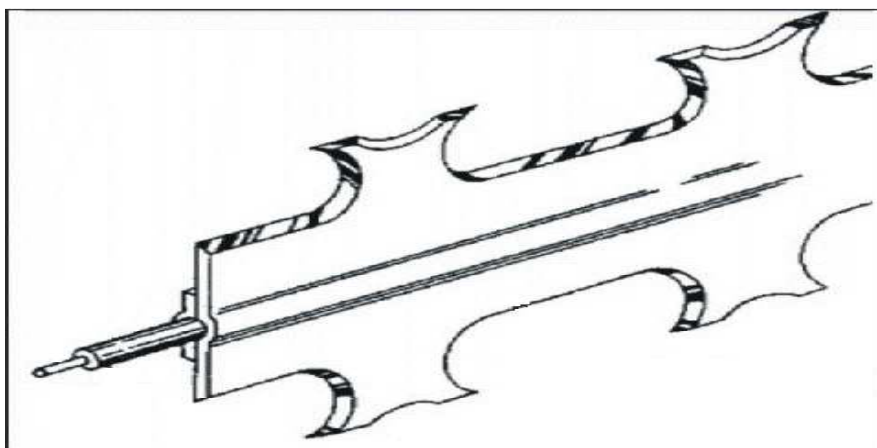
За подземну заштиту периметра могуће је употребити и коаксијалне каблове посебног типа који имају мале отворе који су блиско распоређени на спољном омотачу. Отвори омогућавају простирање електромагнетног зрачења у близини проводника чиме се формира електрично поље у близини проводника. Предност оваквог типа заштите периметра је вишеструка: каблови су невидљиви и тешки за откривање, постављени су да прате конфигурацију тла, а сама форма путање може да се постави произвољно. Коаксијални каблови се постављају паралелно испод нивоа земље на растојању од око 1.5 m. Електрично поље које се формира између проводника се мења услед уласка „уљеза“ у поље. Постоје два типа заштите периметра са коаксијалним кабловима: са пулсним и

континуалним RF таласима. У обе варијанте сензорских каблова предајник се налази на почетку једног кабла, док се пријемник налази на крају другог кабла и надгледа промене (сметње) које настају у електромагнетном пољу (слика 1.5.2).



Слика 1.5.2. *Заштита периметра укопаним коаксијалним кабловима*
(слика преузета из: *Алармни системи, М. Ђ. Благојевић*)

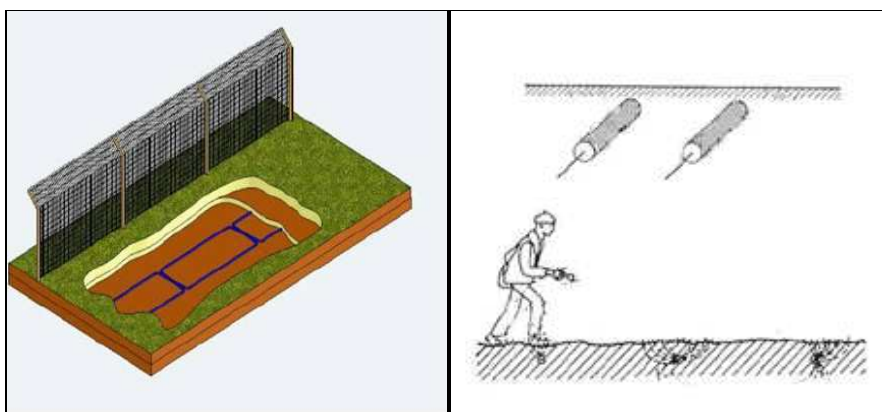
Каблови који користе пулсне таласе могу да покрију растојање и до 3 km, док каблови са континуалним таласима покривају растојање од 100 до 150 m. Приликом постављања каблова треба избегавати постављање линијом испод металне ограде која окружује простор, а ако то не може да се избегне, минимално растојање између ограде и каблова треба да буде од 2 до 3 m. Укрштање са другим кабловима или цевима треба да буде на минималном растојању од 1 m. Наравно, обиласком или премошћавањем (прескакањем), детекција се може избећи.



Слика 1.5.3. *Оптички кабл уграђен у структуру заштитне ограде*
(слика преузета из: *Алармни системи, М. Ђ. Благојевић*)

Последњих година све више се користе оптички каблови, посебно у применама у којима се захтева висок ниво безбедности. Оптички каблови у заштити периметра се користе на два начина: за детекцију прекида сигнала, као код стандардне алармне петље, и за детекцију промена параметара сигнала који се простире кроз кабл. Код првог начина примене, оптички кабл се фабрички уграђује у ограду или структуру која чини ограду: мрежу, зид, улазну капију, врата, делове крова, итд. На слици 1.5.3 је приказан пример где је оптички кабл саставни део бодљикаве ограде.

Овакав начин заштите се поставља као елемент од кога се формира заштитна ограда или на врх зида који служи као физичка препрека за улаз уштићени простор. Други начин коришћења оптичког кабла у заштити периметра је детекција промена оптичких карактеристика кабла које настају када је кабл под утицајем спољашњег притиска. Код оваквог начина заштите оптички кабл може бити уграђен у ограду или зид, или што је веома чест случај, укопан испод границе периметра (слика 1.5.4).



Слика 1.5.4. Начин укопавања оптичких каблова (лево) и принцип функционисања укопаног оптичког кабла у заштити периметра (десно)

(слике преузете са:

http://www.veleri.hr/files/datoteke/nastavni_materijali/k_sigurnost_3/sigurnosni_sustavi_03.pdf)

Код овог начина заштите, “нит” оптичког кабла дужине до 500 m и затворена у PVC цев се укопава око 60 mm испод нивоа тла, затим се петља враћа назад на растојању од 75 cm од претходне путање, укупно четири пута. На тај начин се покрива заштитни “појас” дужине 125 m и ширине 3m. Посебна погодност је у томе што облик контуре која се укопава може бити произвољан. У нормалним условима рада ИС сигнал (0.7 μm) који се емитује са једног краја кабла се у непромењеном облику прима на другом крају, док било

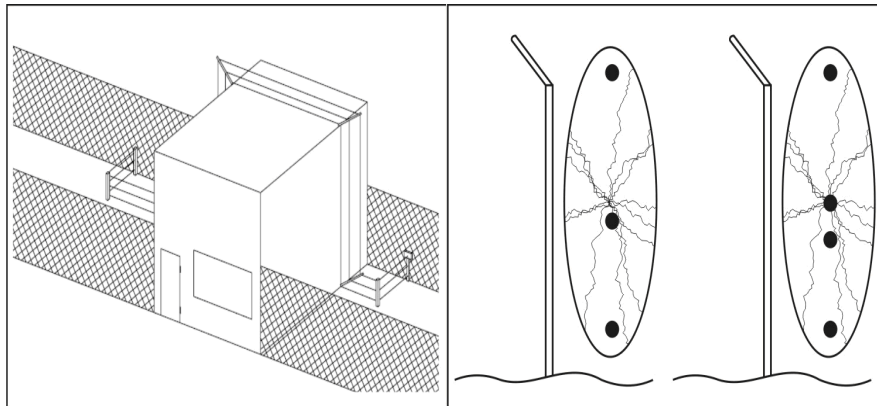
какав притисак који се са тла пренесе на кабл изазива промене у квалитету примљеног сигнала. Системи овог типа су значајно скупљи од осталих типова система са кабловима, али су имуни на већину сметњи и веома поуздани.

За детекцију нежељеног присуства у близини предмета у објекту, могуће је користити као детекторе електричне водове код којих долази до промене електричне капацитивности. Детектори најчешће користе извор наизменичне струје која изазива сталну промену поларитета на плочама кондензатора. Електротехнички гледано, капацитивност кондензатора је директно пропорционална површинама електрода (плоча) кондензатора и диелектричној константи диелектрика између њих, а обрнуто пропорционална растојању између електрода. Принцип рада оваквог типа детектора се заснива на мерењу промене електричне капацитивности између објекта који се штити и земље, мада може и другачије. До промене капацитивности долази када се улез налази у близини предмета који се штити. На овакав начин се могу заштитити ормани, сефови, касе итд. Предмети који нису од метала превлаче се металном фолијом. Иако је овај тип детектора пројектован да буде осетљив на присуство лица у непосредној близини предмета који се штити, он се најчешће тестира на додир иако се у документацији даје и близина која изазива промену а којом се дефинише зона детекције.

У западној литератури се дефинишу два типа капацитивних детектора. Први тип капацитивног детектора су детектори који генеришу сигнал аларма када се лице налази у непосредној близини предмета који се штити. Опсег капацитивности која се мери овим типом детектора је између 10 и 50 nF а детектори реагују на минималну промену од 20 pF. Други тип капацитивног детектора су детектори који генеришу сигнал аларма када лице уђе или се креће у простору који се штити. Без обзира на то који се тип капацитивних детектора користи, обично се као услов алармирања у зони детекције наводи да лице тежине од 40 до 80 kg које се креће брзином од 0.3 до 0.6 m/s, треба да прође пут од 2 m. Овај услов зависи од врсте опреме (од произвођача), али се у већини случајева као најпоузданија зона детекције наводи растојање између лица и предмета од 1 m.

Промена капацитивности се користи и за реализацију линијских капацитивних детектора за заштиту периметра, при чему се, за ту намену, користи кабл од три проводника који се налазе на малом растојању у каблу који је уплетен у ограду и изолован од ње. Око кабла се формира електрично поље, тако да приближавање или додиривање

ограде изазива промену капацитивности која активира аларм. Овакав тип капацитивног детектора обично покрива удаљеност од 300 m, а лажна алармирања могу бити изазвана јаким вибрацијама ограде у коју је уплетен сензорски кабл или кретањем вегетације у близини ограде (слика 1.5.5).



Слика 1.5.5. Примена промене капацитивности за реализацију заштите периметра
(слика преузета из: Алармни системи, М. Ђ. Благојевић)

1.6. Електрични нетипични водови у системима за заштиту од пожара и провале

Садашњи научно-технолошки развој омогућио је, поред развоја и унапређивања многих система, њихову интеграцију и имплементирање. Тако је и са системима за заштиту од пожара и провале. Све чешће се ови системи, интегрисани са другим системима примењују као оптимална решења у комплетном обезбеђењу објекта. То подразумева већи утрошак финансијских средстава, али је тај утрошак оправдан вредношћу онога што се обезбеђује, као и евентуалним последицама које могу узети невиђене размере. То значи да један комплетан, комплексан систем, који ради у реалном времену може пружити веома поуздану и сигурну заштиту објекта у смислу заштите од пожара, заштите од провала, контроле приступа, заштите од поплава, заштите од опасних гасова, видео надзора објекта и појединих његових делова и слично.

Под нетипичним електричним водовима који се могу применити у системима за заштиту од пожара и провале могу се подразумевати обични електрични водови у комбинацији са одговарајућим хардвером или инструментом, или електрични водови посебно конструисани код којих се променом одређене величине, електричне или неелектричне, изазива промена одговарајуће електричне величине (напона, струје, снаге и сл.) на основу које се добија одговарајућа информација.

Електрични водови који се користе у системима за заштиту од пожара и провале углавном служе као детектори који дају информацију да се одговарајући поремећај догодио, али не и то где се одговарајући поремећај догодио. Дobar пример за то су коаксијални каблови чијом се променом капацитивности услед одговарајућег поремећаја иницира одговарајућа акција, али се са сигурношћу не може одредити где је дошло до поремећаја.

Основни циљ ове докторске дисертације је да покаже да се одговарајући типични електрични водови у комбинацији са одговарајућим хардвером, који подразумева мерни инструмент или неку електронску конфигурацију као што је на пример електрични мост, могу употребити, са одређеном тачношћу, за одређивање даљине одговарајућег поремећаја. То је од изузетне важности када су у питању објекти код којих је једна димензија знатно већа од друге, као што су хангари, тунели, силоси итд. На основу таквих

сазнања, могу се конструисати одговарајући нетипични електрични водови, који поред одређивања локације поремећаја треба да испуњавају још неке веома битне захтеве, као што су лака монтажа, лака инсталација, ниска цена, мобилност, могућност имплементације у оквиру других система заштите итд. Решења до којих се дошло у овој докторској дисертацији у виду примене типичних и нетипичних електричних водова у системима за заштиту од пожара и провале показала су ове особине и свакако оставила простор за нове могућности. Једна до тих могућности би могла бити, на пример, интелигентни објекат или интелигентна зграда. Ову и сличну проблематику разматрали су многи концерни и фирме широм света, а сматра се да је најдаље у томе отишао немачки Сименс. У интелигентне зграде постављају се камере за потпуно надгледање објекта као и мреже сензора који прате сва могућа дешавања у згради, од паркинг простора па до пожарних аларма. Такође, ове зграде би требало да садрже различите врсте комуникационих мрежа које би у случају пожара, путем разних сензора и видео камера, слале информације као што су распоред спратова, лифтова, податке о температури, податке о осветљењу, податке о диму и др. директно до дежурних служби. Основни циљ је да се што већа количина релевантних информација што брже пошаљу до одговарајућих надлежних служби. Објекат може сам да обавести ватрогасну станицу о узбуни и изврши лоцирање угрожених. Ватрогасци, полиција и остале службе прве помоћи могу у реалном времену да добију све потребне податке о ванредној ситуацији што омогућава правовремену и тачну акцију без непотребног губитка драгоценог времена. Помоћу одговарајућег софтвера који је такође имплементиран у систем могуће је предвидети кретање пожара пре него што се стигне на лице места.

Безбедност људских живота и материјалних добара је ставка која увек заузима прво место на листи приоритета приликом пројектовања, извођења и изградње разних објеката и система. Зато преглед и праћење најновијих научно-технолошких достигнућа из разних сфера представља нужност и неопходност. Системи за заштиту од пожара и провале морају се синхронизовано развијати у складу са наменом објеката и условима експлоатације.

2. Теоријски оквири истраживања

Електрични водови, типични или нетипични се у системима за заштиту од пожара и провале користе углавном као медијуми за пренос енергије. Да би се објаснила могућност примене нетипичних електричних водова у системима за заштиту од пожара и провале у једној новој улози, потребно је познавати метод простирања електромагнетног поља око водова, вредности карактеристичних параметара водова као и механизам промене и зависност тих параметара услед неког одређеног поремећаја. Такође, потребно је познавати и принцип рада електричних мостова, уравнотежених и неуравнотежених, као и принцип рада импулсне рефлектометрије. У овој глави приказани су основни теоријски појмови везани за електричне водове, електричне мостове и импулсну рефлектометрију.

2.1. Електрични водови

Електрични водови се могу представити као кола чији сваки део садржи одговарајућу отпорност, капацитивност и индуктивност. Отпорник, калем и кондензатор представљају двополе. Двопол је елемент који поседује један пар крајева. Двополи се могу поделити на различите начине. Они могу бити пасивни и активни, линеарни и нелинеарни, временски променљиви или непроменљиви итд. Различитим начинима везивања основних двопола добијају се одговарајућа *RLC* серијска или паралелна осцилаторна кола, која представљају саставни део већине савремених уређаја. Уколико се двополи међусобно повезују на тај начин да формирају електричну мрежу са два пара крајева добија се тзв. четворопол. За сваки четворопол је веома битно познавање зависности између његових улазних и излазних величина, које одређују параметре самог четворопола. Електрични водови су били први медијум преко којих су остварене прве савремене телекомуникације. То се догодило 1844. године када је Семјуел Морзе реализовао телеграфску линију између Вашингтона и Балтимора. Нешто касније пронађен је телефон, а почетком двадестог века и радио, што је иницирало појаву многих других електронских уређаја. Радио и слични уређаји су у знатној мери умањили значај жичних водова. Међутим, проналаском оптичког вода и наглom експанзијом Интернета таква ситуација се променила.

Осцилаторна кола и филтри, као и друга електронска кола као што су појачавачи, осцилатори, исправљачи, стабилизатори итд. реализују се у четворополима са концентрисаним параметрима. Сваки електрични проводник, као што је жичани вод, линија на штампаној плочи и сл. има своје одређене параметре, као што су одређена отпорност и индуктивност, док два проводника заједно образују кондензатор одређене капацитивности. Ове капацитивности, а нарочито отпорности и индуктивности занемарљиво су мале у односу на капацитивности кондензатора, отпорности отпорника и индуктивности калемова и других пасивних електронских елемената који се користе у колу. Зато се за кола састављена од отпорности, индуктивности и капацитивности каже да су кола са концентрисаним параметрима. Постоје и кола код којих параметри нису концентрисани. Типичан пример таквих кола су водови, код којих сваки део има одређену отпорност, индуктивност или капацитивност.

Први водови који су се појавили коришћени су у телеграфске сврхе. Тада је утврђено да се две паралелне бакарне жиле, чија је дужина истог реда величине као и таласна дужина сигнала који се преносе, не понашају као два обична проводника која спајају извор (предајник) и потрошач (пријемник), већ као један систем у коме се јавља простирање таласа. Касније, када су водови почели да се користе и у телефонији, утврђено је да простирање, са свим ефектима који ту појаву прате, настаје у водовима чија је дужина већа од приближно једне десетине таласне дужине сигнала који се преноси. Данас се водови, осим у телефонији и телеграфији, примењују и у многим другим областима телекомуникација у којима се користе сигнали много већих фреквенција. Таласна дужина сигнала чија је фреквенција 100 MHz је $\lambda=3$ m па се два проводника, преко којих се овај сигнал води од извора до потрошача, понашају као вод већ при дужини већој од 30 cm. Да би се два проводника понашала као вод, њихово међусобно растојање и дебљина проводника морају бити много пута мањи од таласне дужине таласа који се простира.

На основу тога се може закључити да се под електричним водом подразумевају два електрична проводника чија је дужина већа од десетог дела таласне дужине, а дебљина проводника и растојање између њих много пута мање од таласне дужине сигнала који се преноси. Водови који се користе за пренос VF сигнала понекад се називају дугачки водови, за разлику од кратких водова, чија је дужина много пута мања од таласне дужине. У том смислу, вод дужине 1 m је дугачак вод за сигнале фреквенције 100 MHz, а кратак за сигнале чије су фреквенције мање од 30 MHz. Дужина вода се обично изражава таласном дужином, као на пример $\lambda/4$, $\lambda/2$, λ , 2λ , 5λ итд. Када се укупна капацитивност вода C , индуктивност вода L , отпорност R и проводност G вода коначне дужине поделе дужином вода, добијају се, капацитивност по јединици дужине C' , индуктивност по јединици дужине L' , отпорност по јединици дужине R' и проводност по јединици дужине G' , респективно. Ове величине су познате као примарни параметри вода. При анализи водова врло је погодно посматрати бесконачно дугачак вод. Такав један вод се састоји од бесконачног броја ћелија које су каскадно повезане. Свака ћелија садржи један кондензатор, један калем, један отпорник и једну проводност. На улаз вода прикључен је генератор наизменичног напона, тако да између улазних тачака постоји напон максималне вредности U и кружне фреквенције ω . У тренутку укључења сви кондензатори су празни док је напон на њима једнак нули тако да се они понашају као кратки спојеви. Као кратак спој понаша

се и први кондензатор тако да је очигледно да струја почиње да тече само кроз први калем. Пошто напон на првом кондензатору расте, он се понаша као генератор чији се напон повећава и ствара струју кроз други калем и пуни други кондензатор. Затим, почиње да се, кроз трећи калем, пуни трећи кондензатор, па четврти и тако даље. Свако пуњење кондензатора захтева одређено време, тако да је јасно да ће напон на појединим кондензаторима достићи максималну вредност U после одређеног времена, што зависи од удаљености од почетка вода. Уколико би се у једном тренутку овај процес простирања напона од почетка до краја вода зауставио, па затим редом измерили сви напони на кондензаторима, утврдило би се да су они различити. Брзина простирања таласа кроз вод се може представити као:

$$v = \frac{3 \cdot 10^8}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]. \quad (2.1.1)$$

У претходној једначини, ϵ_r представља релативну диелектричну константу, док μ_r представља релативну магнетну пермеабилност. За случај ваздушног вода, $\epsilon_r=1$ и $\mu_r=1$, тако да је брзина простирања једнака брзини светлости. Брзину простирања не треба поистовећивати са брзином електрона који се крећу приликом простирања таласа..

Уколико се на улаз бесконачног вода доведе наизменични напон, у воду се јављају талас напона и талас струје. У том случају однос напона и струје на било ком растојању од почетка вода је исти као и однос улазног напона и улазне струје. Та величина, карактеристична за сваки вод, назива се карактеристична импеданса. При константном улазном напону, струја коју генератор ствара у воду ће бити утолико већа уколико су индуктивност и отпорност вода мањи, односно уколико су капацитивност и проводност већи, па се зависност карактеристичне импедансе од параметара вода може представити у облику :

$$Z_c = \frac{\sqrt{R' + j\omega L'}}{\sqrt{G' + j\omega C'}}. \quad (2.1.2)$$

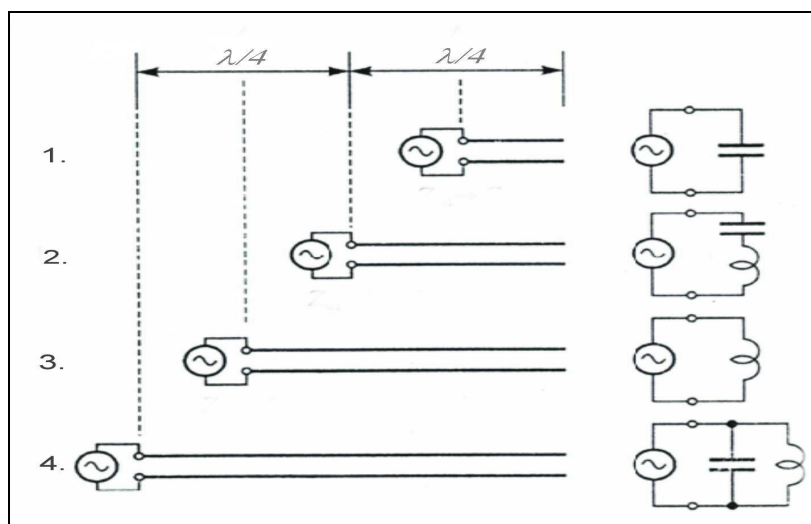
У опсегу радио фреквенција, $R' \ll X_L'$ тако да R' може да се занемари у односу на X_L' а G' у односу на X_C' . Тада се израз за карактеристичну импедансу може представити као :

$$Z_c = \sqrt{\frac{L'}{C'}}. \quad (2.1.3)$$

Претходна релација важи само на високим фреквенцијама. На нижим фреквенцијама, R' и G' нису занемарљиви па је тада обавезно коришћење комплетног обрасца за карактеристичну импедансу. Вредност карактеристичне импедансе водова који су састављени од два једнака паралелна проводника је обично неколико стотина ома. Повећање пречника проводника као и смањење растојања између проводника доводи до повећања капацитивности C и смањења индуктивности L , па се тада смањује и величина карактеристичне импедансе. Уколико се на излаз стварног вода прикључи потрошач чија је отпорност једнака карактеристичној импеданси, сва снага коју кроз вод носи талас биће апсорбована од оптерећења и неће бити никаквог враћања енергије према генератору. Пошто талас одлази од извора ка потрошачу, а ништа се не враћа ка генератору, очигледно је да се вод затворен својом карактеристичном импедансом понаша као бесконачно дуг вод. Улазна отпорност вода је величина од које зависи колику ће снагу генератор предати воду. Улазна отпорност вода затвореног карактеристичном импедансом једнака је карактеристичној импеданси. Снага коју неки генератор предаје потрошачу зависи од величине отпорности потрошача и унутрашње отпорности генератора. Та снага је максимална када су ове две отпорности једнаке и тада се каже да је остварено прилагођење по снази. Због одређених губитака енергије карактеристичних за све водове, амплитуде напона и струје постају све мање при повећању растојања од генератора. То значи да талас постаје ослабљен дуж вода. Губици енергије у воду могу настати због грејања проводника под дејством струје, грејања изолатора између проводника под дејством променљивог електричног поља, емитовања одређене количине енергије у облику електромагнетних таласа итд. Губици енергије у добро конструисаним водовима у којима нема рефлексије су врло мали, чак и у релативно дугим водовима они су у границама од 5 до 20 %.

Простирање таласа напона и таласа струје у смеру од генератора ка потрошачу постоји само ако је активна отпорност потрошача једнака карактеристичној импеданси вода. За било коју другу вредност отпорности потрошача у воду јављају се прелазни процеси. Тако на пример, за отворени вод, пошто нема потрошача, сва енергија која стиже

до краја вода биће рефлектована јер нема на чему да се потроши а даље нема где да се простире. Тако директни талас који стиже од генератора бива одбијен и путује ка генератору, тако да у воду постоје два таласа: директни талас, који се простире од генератора ка крају вода, и рефлектовани талас, који се простире у супротном смеру, од краја вода ка генератору. Под дејством директног таласа, у крајњим тачкама проводника вода долази до акумулирања наелектрисања. Потенцијална разлика ових наелектрисања се понаша као генератор који производи нови талас који се простире од краја вода ка његовом почетку и представља рефлектовани талас. Занемаривањем губитака, енергија коју носи рефлектовани талас једнака је енергији коју носи директни талас, тако да су амплитуде директног таласа напона и одбијеног таласа напона једнаке. Исто важи и за таласе струје. Сабирањем директног и рефлектованог таласа добија се стојећи талас.



Слика 2.1.1. Зависност улазне импедансе отвореног вода од дужине вода

Улазна импеданса отвореног и кратко спојеног вода зависи од дужине вода, што је од изузетне важности за примене водова у телекомуникацијама. Зависност улазне импедансе отвореног вода од дужине вода приказана је на слици 2.1.1 .

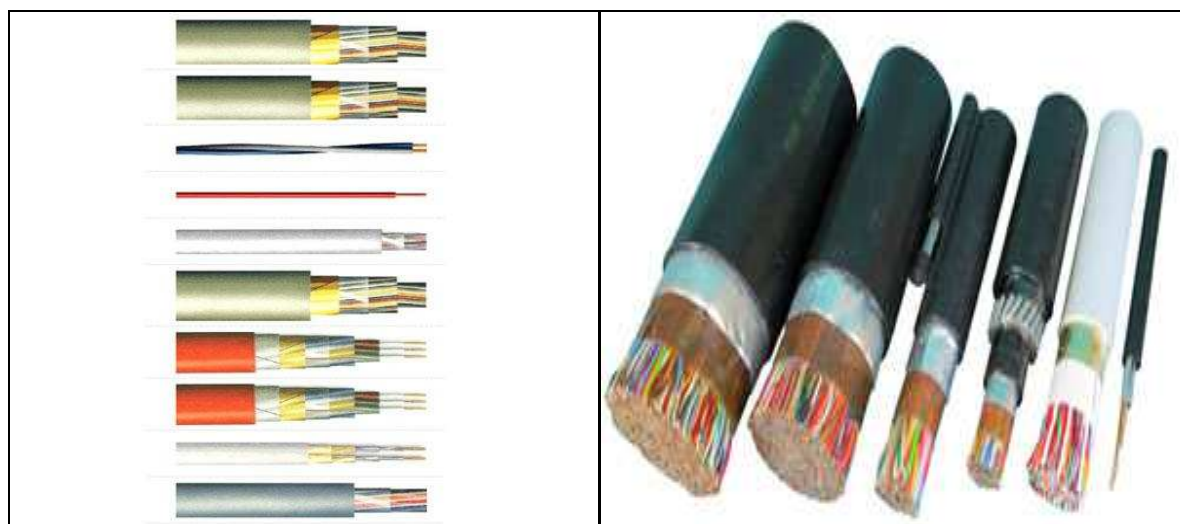
Код водова чија је дужина мања од четвртине таласне дужине сигнала из генератора, слика 2.1.1 под 1, доминантан је утицај капацитивности вода и улазна импеданса је капацитивног карактера, што значи да се вод понаша као кондензатор. Када је дужина вода једнака $\lambda/4$, добија се вод као на слици 2.1.1 под 2 који се понаша као серијско осцилаторно коло у резонанси, па му је улазна импеданса једнака нули. Тачније, улазна импеданса је минимална, јер вод свакако има губитке. На дужинама вода које су веће од

$\lambda/4$, а мање од $\lambda/2$ улазна импеданса је индуктивног карактера, као на слици 2.1.1 под 3. Полуталасни вод се понаша као паралелно осцилаторно коло, тако да му је улазна импеданса врло велика, као на слици 2.1.1 под 4. Стојећи таласи се могу јавити и код вода чији је излаз кратко спојен.

Водови се, генерално, могу поделити на више начина. Свакако најинтересантнији водови везани за примену у системима за заштиту од пожара и провале су телекомуникациони водови. Телекомуникациони вод представља систем од једног или више металних делова намењених за пренос порука помоћу електричних сигнала. Телекомуникациона линија представља скуп више телекомуникационих водова који су на одређени начин повезани у целину.

Телекомуникациони водови се деле на основу различитих критеријума:

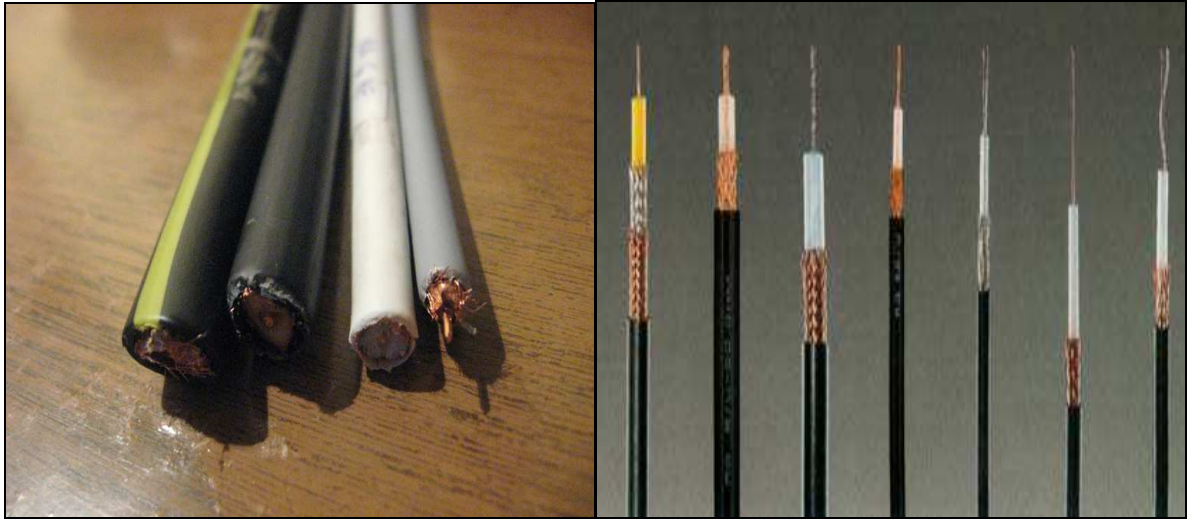
- Према систему веза које се по водовима реализују могу бити једножични, двојични и четворожични.
- Према симетрији водова у односу на земљу или масу могу бити несиметрични и симетрични.
- Према намени водова могу бити: телеграфски водови, телефонски водови, радио-водови, телевизијски водови, сигнални водови и водови за пријем података.
- Према конструкцији вода могу бити голи водови, изоловани водови и каблови.



(а)

(б)

Слика 2.1.2. Неки од примера телекомуникационих водова: телекомуникациони каблови, под (а) и (б)



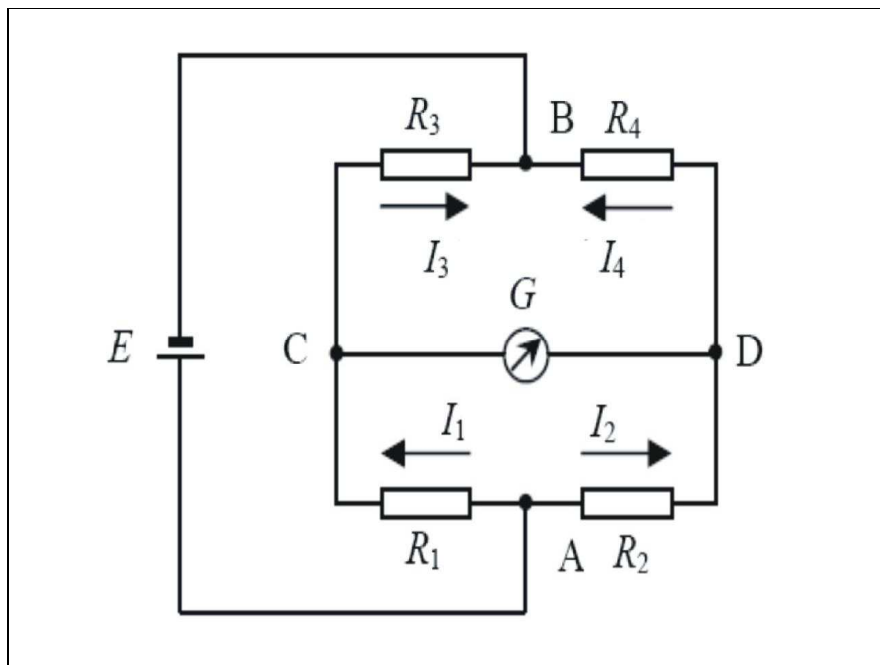
(a)

(б)

Слика 2.1.3. Неки од примера телекомуникационих водова: коаксијални каблови, под (a) и (б)

2.2. Мерни мостови

Мерни мостови представљају веома осетљива електрична кола која омогућавају непосредно поређење познатих и непознатих величина коришћењем индикатора који се доводи на нулу ручним или аутоматским подешавањем познатих величина. Мерне методе у којима се користе мерни мостови називају се мостне методе. Основни мерни мост је Витстонов мост (*Wheatstone*). Мостови могу имати једносмерно или наизменично напајање. На слици 2.2.1 представљен је основни облик једносмерног Витстоновог моста.



Слика 2.2.1. Једносмерни Витстонов мост

У четири гране моста спојена су четири различита отпорника. На дијагонали моста (AB) доводи се једносмерни напон E , док је на мерну дијагоналу моста (CD) повезан осетљив инструмент (индикатор нуле). Овај инструмент мора бити довољно осетљив и имати довољан отклон за мале промене отпорности у мосту да би ова метода мерења имала одговарајућу тачност. Напон на мерној дијагонали у којој се налази мерни инструмент у функцији вредности четири отпорника израчунава се као:

$$V_G = E \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}. \quad (2.2.1)$$

Равнотежа моста се постиже када је струја кроз грану у којој се налази индикатор једнака нули, $I_G = 0$. Тада нема пада напона на инструменту па су напони на отпорницима R_1 и R_2 једнаки, као и напони на отпорницима R_3 и R_4 , одакле се добија да је:

$$I_1 = I_4, \quad (2.2.2)$$

$$I_2 = I_3. \quad (2.2.3)$$

На основу тога, услов равнотеже моста се може представити као:

$$R_2 R_3 = R_1 R_4. \quad (2.2.4)$$

Мост је уравнотежен када су струја и напон мерне дијагонале једнаки нули. Као индикатор нуле у уравнотеженом мосту могу се користити различити инструменти, чак и они скромнијих могућности с обзиром на то да њихова унутрашња отпорност и друга конструкциона ограничења не утичу битно на тачност мерења. Уравнотежен мост има многе предности у мерењима, од којих је једна од најважнијих та да услов равнотеже моста не зависи од напона напајања, што значи да мост остаје у равнотежи и у случају да се за напајање користе батерије или акумулатори чија струја и напон временом слабе. Уравнотежени једносмерни Витстонов мост се најједноставније може добити уколико су сви отпорници у гранама моста једнаки, што је приказано у изразу 2.2.5.

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R. \quad (2.2.5)$$

Ако код неке отпорности моста дође до промене за неку малу вредност ΔR (као у 2.2.6), тада ће се напон на мерној дијагонали разликовати од нуле и из вредности овог напона се може израчунати вредност промене ове отпорности. Овакав мост неће имати нулти напон у мерној дијагонали јер је дошло до нарушавања равнотеже у електротехничком смислу, па се он назива неуравнотежен мост (слика 2.2.2). Нека је:

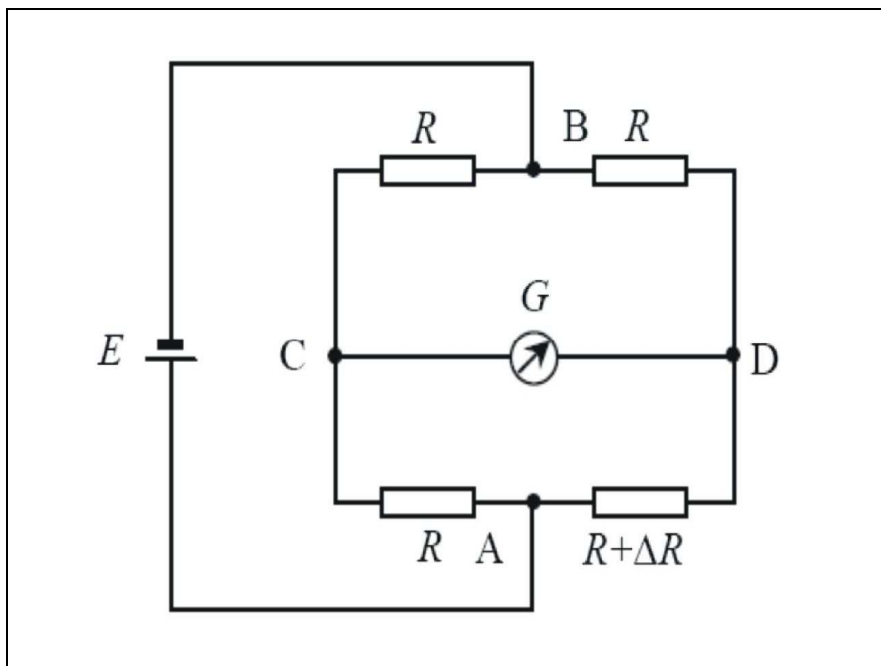
$$R_2 = R + \Delta R. \quad (2.2.6)$$

У том случају се зависност напона мерне дијагонале од промене отпорности ΔR може изразити као:

$$V_G = E \frac{\Delta R}{4R + 2\Delta R}. \quad (2.2.7)$$

Ако је испуњен услов да је наведена промена отпорности ΔR много мања од укупне вредности отпорности ($\Delta R \ll R$), израз 2.2.7 добија апроксимативан облик:

$$V_G = E \frac{\Delta R}{4R}. \quad (2.2.8)$$



Слика 2.2.2. Одговарајући неуравнотежени мост

Уколико је потребно мерити вредност отпорности R са грешком која је мања од $\pm\Delta R$, тада одговарајућа промена отпорности R за ΔR мора изазвати јасно уочљиву промену индикатора у околини равнотежног стања, односно, мора се постићи задовољавајућа осетљивост моста. Неуравнотежени мерни мостови морају поседовати квалитетне индикаторе нуле као и стабилне изворе напајања, јер на основу 2.2.8 следи да вредност напона напајања E утиче на читавање резултата. Осетљивост моста O у односу на неки параметар представља однос промене струје или напона мерне дијагонале и промене тог параметра. Тако је нпр. осетљивост моста са волтметром у мерној дијагонали на промену отпорности представљена изразом 2.2.9 и има димензију V/Ω или, чешће, mV/Ω .

$$O_R(R) = \frac{\Delta V_G}{\Delta R} \left[\frac{\text{mV}}{\Omega} \right]. \quad (2.2.9)$$

Уколико се у мерној дијагонали као детектор нуле користи галванометар (веома осетљиви микроамперметар), тада се осетљивост на промену отпорности у некој грани може представити као:

$$O_R(R) = \frac{\Delta I_G}{\Delta R} \left[\frac{\mu\text{A}}{\Omega} \right]. \quad (2.2.10)$$

На сличан начин може се дефинисати осетљивост моста у односу на промену напона напајања.

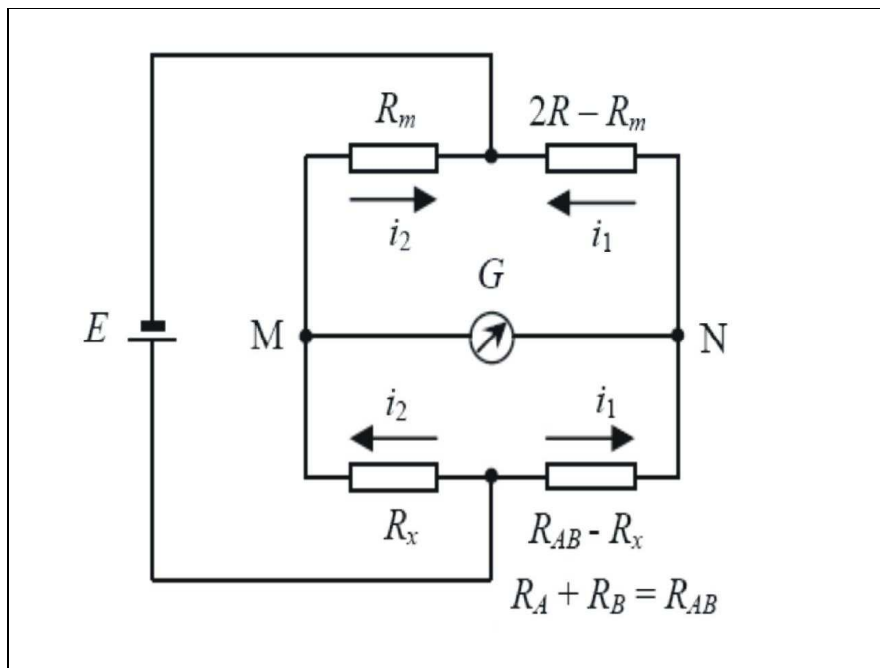
$$O_R(R) = \frac{\Delta V_G}{\Delta E} \left[\frac{\text{mV}}{\Omega} \right]. \quad (2.2.11)$$

Значај употребе неуравнотежених мостова је све већи у модерним уређајима са кабловским мерним мостовима. Ове мостове карактерише велика брзина рада, што је био један од главних недостатака уравнотежених мостова, где је било потребно ручно намештати равнотежу моста или чекати да уређај аутоматски подеси механичке потенциометре, што захтева доста времена и није практично код великог броја мерења. Код неуравнотежених мостова резултат се директно читава са индикатора без додатних интервенција корисника, што знатно убрзава поступак мерења.

Са практичне стране, сама реализација неуравнотеженог моста је једноставнија зато што нема уравнотежавајућих елемената, али је потребан сложенији и квалитетнији индикатор нуле него код Витстоновог моста. Главни недостатак неуравнотежених мостова је што су осетљиви на велик број параметара, како напајања тако и промене величине која се мери. Пошто је највећа осетљивост у околини нуле, за велика одступања губи се на тачности измерене вредности, што је још једна мана у односу на уравнотежене мостове, који су генерално тачнији. Напредак науке и технологије омогућава све боље индикаторе, тако да данас многи уређаји користе управо неуравнотежене мостове, који на тај начин обезбеђују повољан однос између времена мерења, цене и тачности.

Различите примене подразумевају коришћење различитих варијанти мостова. Тако се, на пример, за мерење капацитвности могу користити Де Сотијев (*De Sauty*) и

Шерингов (*Shering*) мост, за мерење индуктивности Витстонов мост, за мерење импеданси наизменични мостови у тзв. “Т” формацији, док се за мерења на кабловима користе различити мостови, као што су Варлијев (*Varly*), Марејев (*Murray*) (слика 2.2.3) и Кипфмилеров (*Kipfmiller*) мост.



Слика 2.2.3. Еквивалентна шема Марејевог моста

Код употребе мостова може доћи до појава разних врста грешака, као што су грубе, случајне и системске грешке. Грубе грешке код мостних метода најчешће представљају последицу грешке оператера, као нпр. примена погрешне конфигурације моста која није погодна за дате услове, погрешан унос података, погрешно спровођење процедуре и услова рада (мерење на незагрејаном уређају) и сл.

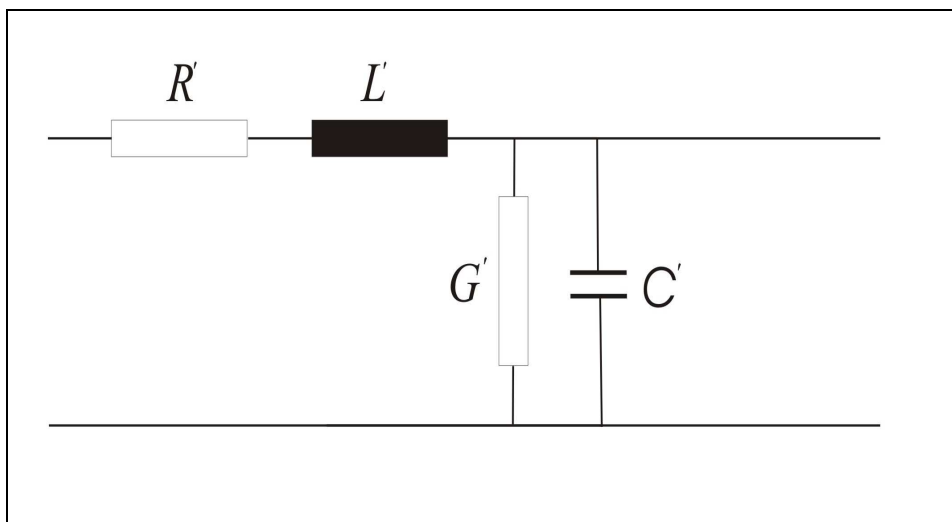
Температурна стабилност је један од честих проблема који се јављају код мостних метода, нарочито изражена код теренских инструмената. Равнотежа тек укљученог (хладног) моста може се значајно нарушити за време док струја пролази кроз поједине елементе инструмента и загрева их. Тако нпр. кроз мерни потенциометар протиче струја која га временом загрева и повећава његову укупну отпорност и однос отпорности. Такође, промене у спољашњој температури могу довести до грешке мерења и дисперзије резултата. Извор једносмерног напајања неуравнотеженог моста мора бити стабилан јер утиче на читавање резултата и на механизам који мост аутоматски доводи у равнотежу.

Мерни инструмент у мерној дијагонали моста такође није идеалан: његова коначна унутрашња отпорност, физичка ограничења индикатора, резолуција и др. су неки од фактора који могу утицати на грешку мерења.

Случајне грешке могу настати под утицајем спољашњих фактора. Тако нпр. у кабл може ући вода која на том делу кабла ствара нехомогени део који знатно утиче на промену подужне отпорности и капацитивности кабла, што доводи до погрешних резултата при мерењу и одређивању места сметњи на каблу јер је хомогеност кабла услов за прерачунавање удаљености места сметње. У системску грешку мерења улазе грешке као што су грешка дужине кабла, грешка нехомогености и грешка узрокована отпорношћу прикључних каблова. Уколико је нека од ових грешака позната, може се узети у обзир и елиминисати из резултата мерења, чиме се добија тачан резултат.

2.3. Импулсна рефлектометрија

Брзи развој телекомуникацијских и енергетских мрежа има за последицу повећање броја кварова, поготово у урбаним срединама, што је довело до развоја уређаја и метода мерења кварова на кабловима принципом рефлексије емитованог импулса од места квара, што захтева максималну ефикасност у њиховом проналажењу и отклањању. Импулсна рефлектометрија је одлична допуна постојећим мостовским методама. Ова метода, у односу на мостовске методе од којих неке одређују мање-више оријентацијски место квара на каблу, даје визуелну представу о врсти квара и стању на каблу до места квара, односно до краја кабла. Тиме је омогућено регистровање више кварова на мереном каблу и одговарајућим поступцима је могуће одредити удаљености кварова од места посматрања. Тачност мерења зависи од много фактора, пре свега од грешке коју уноси сам инструмент, али и од техничких карактеристика каблова. Када би се помоћу инструмента, који на пример уноси грешку од само $\pm 5\%$, одређивало место квара на каблу дужине 10 km, одступање у резултату би било ± 50 m. Физички, то би подразумевало у крајњем случају раскопавање трасе кабла на дужини од 100 m. Импулсна рефлектометрија се базира на рефлексији која се јавља на местима дисконтинуитета импедансе дуж кабла. Адекватна шема једне ћелије вода приказана је на слици 2.3.1.



Слика 2.3.1. Адекватна шема једне ћелије вода

Дисконтинуитети су места на којима се улазна импеданса вода и импеданса остатка вода разликују од његове карактеристичне импедансе. Код реалних водова, на нижим

фреквенцијама, карактеристична импеданса је комплексна величина и зависи од фреквенције, а на вишим фреквенцијама је константна и чисто реална. У општем случају карактеристична импеданса износи:

$$\overline{Z}_c = \frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'} \quad (2.3.1)$$

где је R' (Ω/km) подужна отпорност, L' (H/km) подужна индуктивност, G' (S/km) подужна кондуктивност, C' (F/km) подужна капацитивност и ω (rad/sec) фреквенција. У случају кратког вода без губитака или вода при високим фреквенцијама, једначина (2.3.1) постаје

$$\overline{Z}_c = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (2.3.2)$$

Уколико се вод затвори неком импедансом која је различита од карактеристичне импедансе, $\overline{Z}_p \neq \overline{Z}_c$, и уколико се на почетак вода прикључи генератор импулса, тада ће завршна импеданса представљати дисконтинуитет, тако да ће један део прогресивног импулса бити рефлектован а један део апсорбован од стране потрошача. Однос амплитуда прогресивног и рефлектованог таласа назива се коефицијент рефлексије. Овај коефицијент се најчешће обележава као \overline{r} и његова вредност може бити $0 \leq |\overline{r}| \leq 1$. За вод затворен импедансом различитом од карактеристичне импедансе овај коефицијент је приказан у једначини (2.3.3).

$$\overline{r} = \frac{\overline{Z}_p - \overline{Z}_c}{\overline{Z}_p + \overline{Z}_c}, \quad (2.3.3)$$

У случајевима када је вод кратко спојен или отворен, овај коефицијент се може представити као:

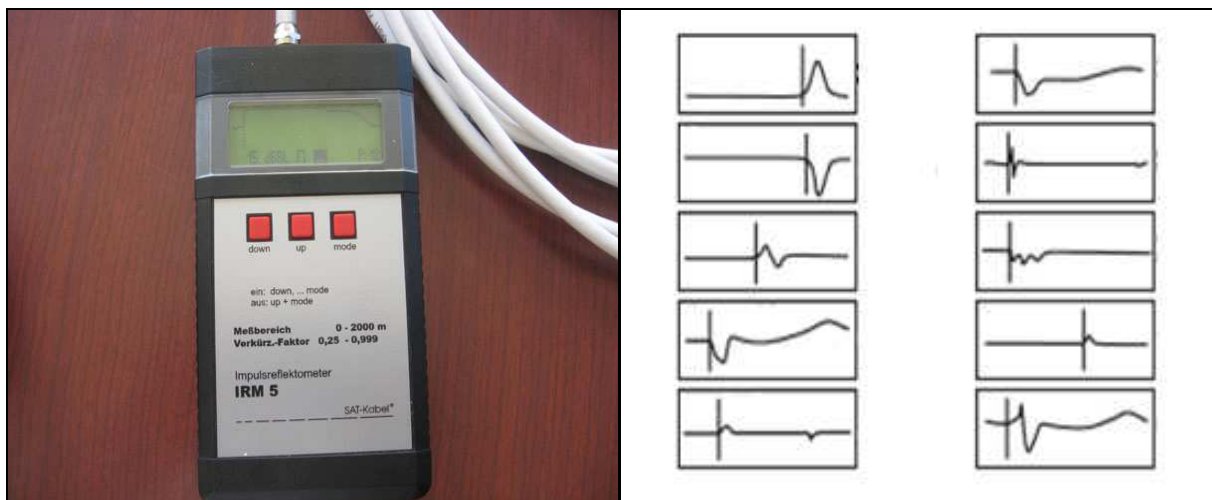
$$\overline{r} = \lim_{\overline{Z}_p \rightarrow 0} \frac{\overline{Z}_p - \overline{Z}_c}{\overline{Z}_p + \overline{Z}_c} = -1, \quad (2.3.4)$$

за кратко спојен вод, односно као:

$$\bar{r} = \lim_{Z_p \rightarrow \infty} \frac{\overline{Z_p} - \overline{Z_c}}{\overline{Z_p} + \overline{Z_c}} = 1. \quad (2.3.5)$$

за отворен вод. Различите импедансе које се могу јавити услед различитих узрока имаће за последицу различите вредности коефицијента рефлексије. Тако на пример, лоше спојено место на воду имаће различит коефицијент рефлексије у односу на место где је продрла вода у вод или на делу вода где је настало нагњечење.

Уређај који се употребљава у циљу откривања и детектовања оваквих промена које могу настати на воду, као и удаљености тих промена од почетка вода или неке референтне тачке назива се импулсни рефлектометар. Иако је јасно да је овакав један квалитетан инструмент сложен, могу се издвојити његови основни делови: генератор импулса, осцилоскоп, временска база, модул за примопредају импулса са могућношћу прилагођења, модул за прорачун удаљености од места мерења до места квара и склоп за меморију слике. Савремени импулсни рефлектометри имају могућност прикључења на рачунар, чување резултата због касније анализе, аутоматски рад итд.



Слика 2.3.2. Импулсни рефлектометар IRM 5 (лево) и графички прикази резултата који се могу срести у пракси (десно)

Принцип мерења овим уређајем се састоји у томе да се на уређај прикључи одговарајући вод. Рефлектованим импулсима емитованим од стране импулсног рефлектометра треба неко време да се врате назад. У зависности од тог времена, познавајући карактеристике кабла као и брзину простирања импулса кроз кабл, могуће је

одредити прецизну локацију одређеног поремећаја на воду. Постоје одговарајућа правила која се морају применити да би се добили коректни резултати. Сходно наведеном, може се претпоставити да ће одговарајући поремећај на воду, који се односи на пожар или провалу (повећана температура вода, повећани физички притисак на вод или неки други поремећај) довести до тога да уређај детектује тај поремећај и представи га одговарајућим графичким приказом. У том случају, и коефицијент рефлексије би имао одговарајуће вредности. Тако, на пример, у случају да поремећај на одређеном растојању изазове капацитивну промену, коефицијент рефлексије се може представити као:

$$\bar{r} = \frac{-j\omega C \bar{Z}}{2 - j\omega C \bar{Z}}, \quad (2.3.6)$$

или, за рецимо, мешовиту промену, која подразумева промену капацитивности и отпорности вода на одређеном растојању,

$$\bar{r} = \frac{\bar{Z} - j\omega \bar{Z}}{\bar{Z} - 2R - j\omega \bar{Z}}. \quad (2.3.7)$$

Због могућности грешке у графичком приказу резултата, препоручљиво је да се ова метода примењује заједно са још неким елементима као што су одговарајући трагач кабла и одговарајући мерни мост. Мерни мост који се најчешће употребљава за оваква мерења је Де Сотијев мост.

3. Експериментални део

На основу теоријских претпоставки, реализовани су експерименти који су потврдили дате претпоставке. У овој глави, представљени су неки од експеримената који се односе на употребу типичних и нетипичних електричних водова у системима за заштиту од пожара и провале.

3.1. Резултати одређивања места провале импулсним рефлектометром TX6000

Под претпоставком да метода импулсне рефлектометрије може успешно послужити у системима за заштиту од провале у циљу одређивања места на коме је дошло до провале, реализован је експеримент у Електротехничкој школи „Никола Тесла“ у Нишу, у лабораторији 113 и ходнику дугом 67 метара који повезује лабораторију и остатак дела школе, при нормалној влажности и температури амбијента од $T=20.3$ °C, у различитим временским интервалима. Мерна опрема обухватала је лаптоп рачунар Fujitsu Siemens V5333, импулсни рефлектометар TX6000, два тег масе 20 и 40 kg, коаксијалне каблове RG 6/U, RG 178 B/U, RG 122/U, RG 213/U и RG 214/U, дужине 100 и 200 m, респективно. За графички приказ дисконтинуитета на кабловима и праћење резултата у реалном времену коришћен је софтвер TraceXtra 1009.



Слика 3.1.1. Најважнији делови мерне опреме коришћене у експерименту

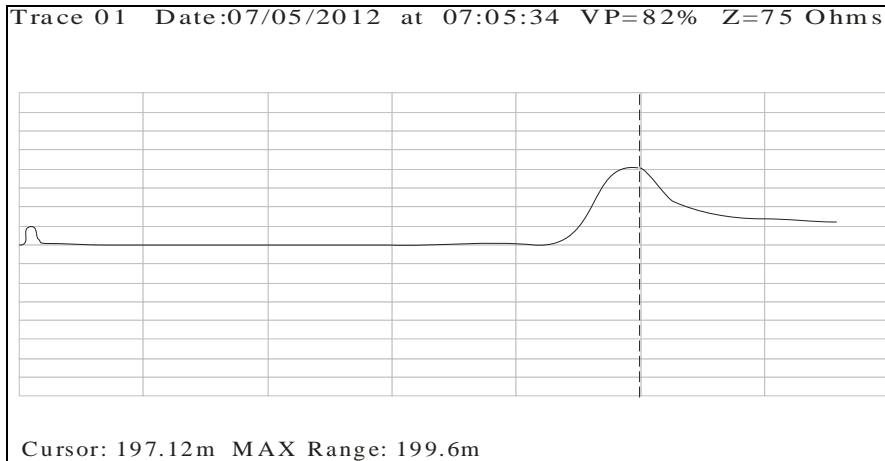
Експеримент је реализован тако што је кабл прикључен на импулсни рефлектометар. У првом случају, тег масе 20 kg коришћен је за симулацију притиска на даљинама од 60, 100 и 160 m од импулног рефлектометра. Тег је притискао кабл на дужини од 5 cm. Место притиска је, услед промене одређених параметара, представљало дисконтинуитет за емитовани импулс, тако да се на уређају добио одговарајући графички приказ тог дисконтинуитета. Ради тачности, резултати су реализовани у два мода: статички и

континуални. Иста мерна процедура поновљена је за масу тега од 40 kg. Сва мерења су вишеструко поновљена. То је посебно важно због начина интерпретације графичких приказа резултата, јер се показало да различите врсте поремећаја могу у одређеним случајевима имати сличне или чак идентичне графичке приказе дисконтинуитета, што наравно доводи до погрешног мерења и погрешних резултата. Подразумева се да се карактеристике каблова морају познавати. Важно је напоменути да је пре сваког мерења исправност кабла проверена тако што је кабл био или отворен или кратко спојен (слика 3.1.2).

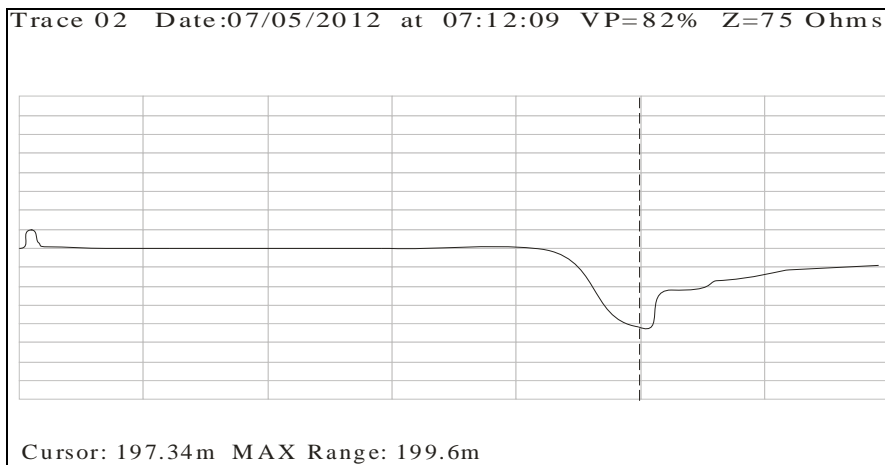


Слика 3.1.2. Провера коаксијалног кабла RG 6/U дужине 100 m за отворен крај кабла (лево) и за кратко спојен крај кабла (десно) импулсним рефлектометром TX 6000

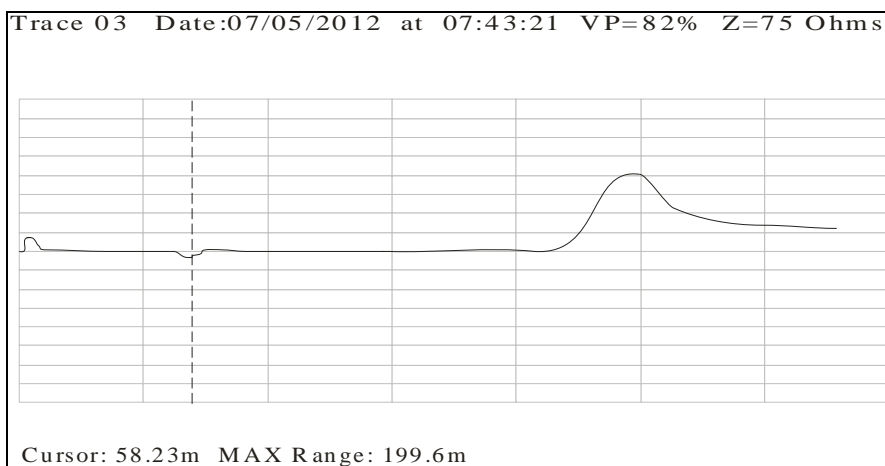
Графички прикази рефлектованог таласа за отворени и кратко спојени крај коаксијалног кабла RG 6/U дужине 200 m дати су на сликама 3.1.3 и 3.1.4. Графички прикази дисконтинуитета на коаксијалном каблу RG 6/U дужине 200 m за поремећаје изазване теговима од 20 и 40 kg на даљинама од 60, 160 и 200 m дати су на сликама од 3.1.5 до 3.1.10. Графички прикази дисконтинуитета на коаксијалном каблу RG 122/U дужине 200 m за поремећаје изазване тегом од 20 kg на даљинама од 60, 160 и 200 m дати су на сликама од 3.1.11 до 3.1.13. Графички прикази дисконтинуитета на коаксијалном каблу RG 178 B/U дужине 200 m за поремећаје изазване тегом од 20 kg на даљинама од 60, 160 и 200 m дати су на сликама од 3.1.14 до 3.1.16. Графички прикази дисконтинуитета на коаксијалном каблу RG 213/U дужине 200 m за поремећаје изазване тегом од 20 kg на даљинама од 60, 160 и 200 m дати су на сликама од 3.1.17 до 3.1.19. Графички прикази дисконтинуитета на коаксијалном каблу RG 122/U дужине 200 m за поремећаје изазване тегом од 20 kg на даљинама од 60, 160 и 200 m дати су на сликама од 3.1.20 до 3.1.22.



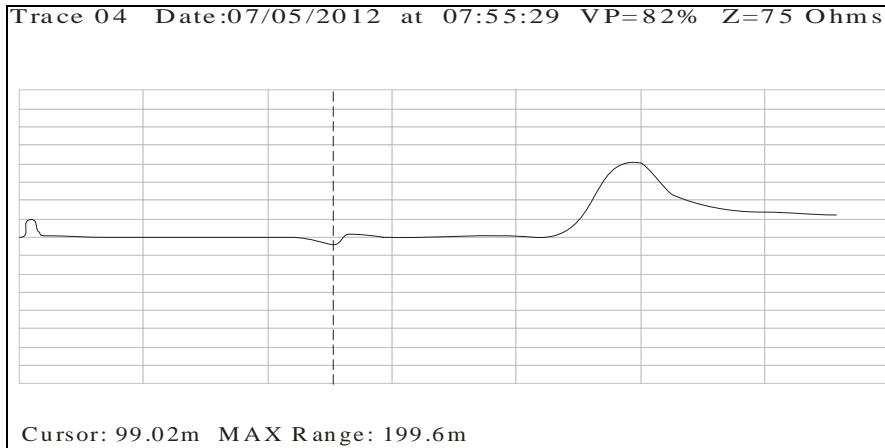
Слика 3.1.3. Графички приказ рефлектованог таласа за отворени крај кабла



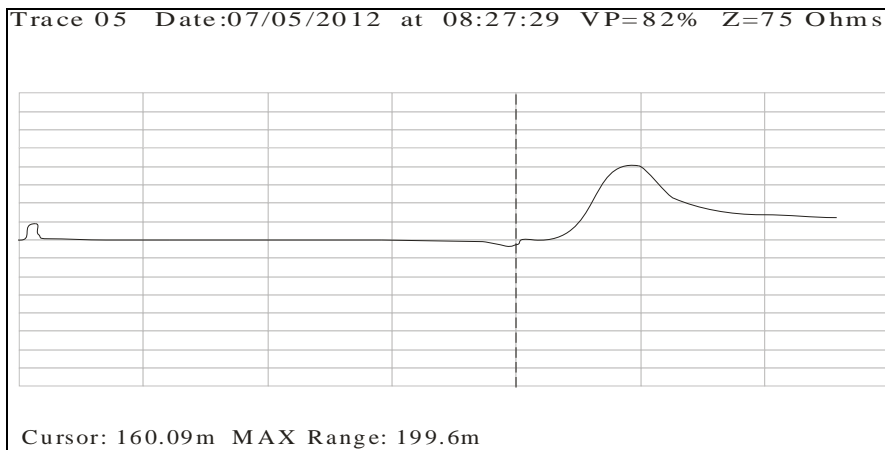
Слика 3.1.4. Графички приказ рефлектованог таласа за кратко спојени крај кабла



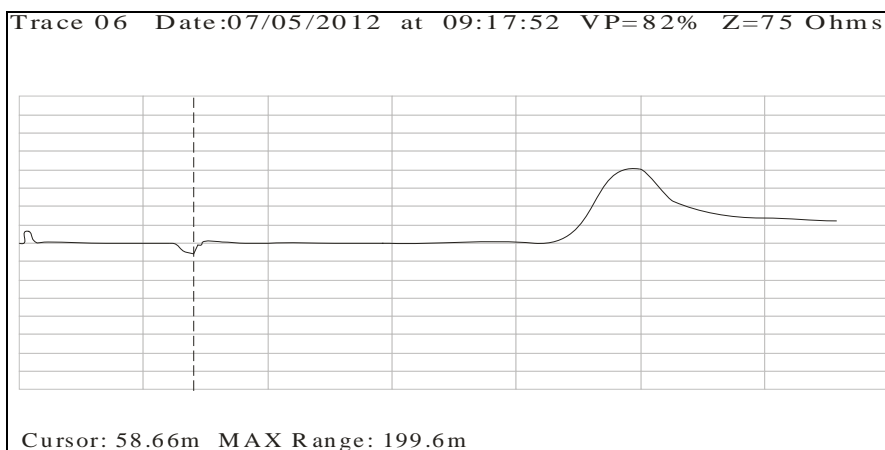
Слика 3.1.5. Графички приказ дисконтинуитета за поремећај изазван тегом од 20 кг на даљини од 60 m



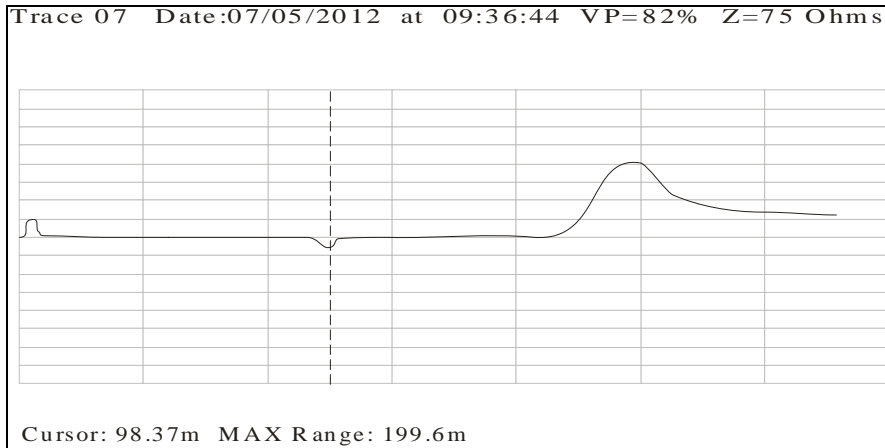
Слика 3.1.6. Графички приказ дисконтинуитета за поремећај изазван тегом од 20 кг на даљини од 100 m



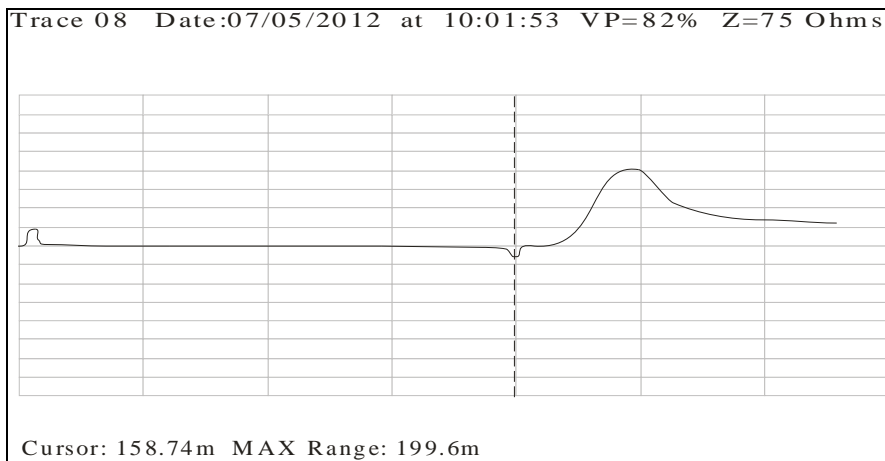
Слика 3.1.7. Графички приказ дисконтинуитета за поремећај изазван тегом од 20 кг на даљини од 160 m



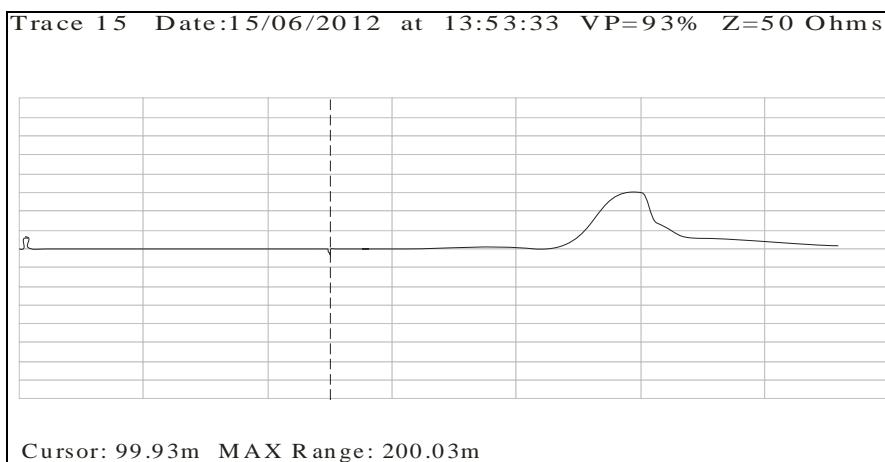
Слика 3.1.8. Графички приказ дисконтинуитета за поремећај изазван тегом од 40 кг на даљини од 60 m



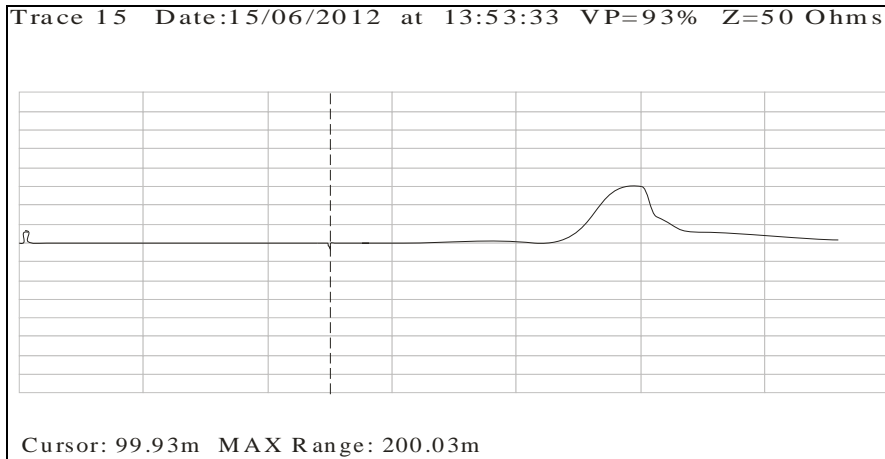
Слика 3.1.9. Графички приказ дисконтинуитета за поремећај изазван тегом од 40 кг на даљини од 100 m



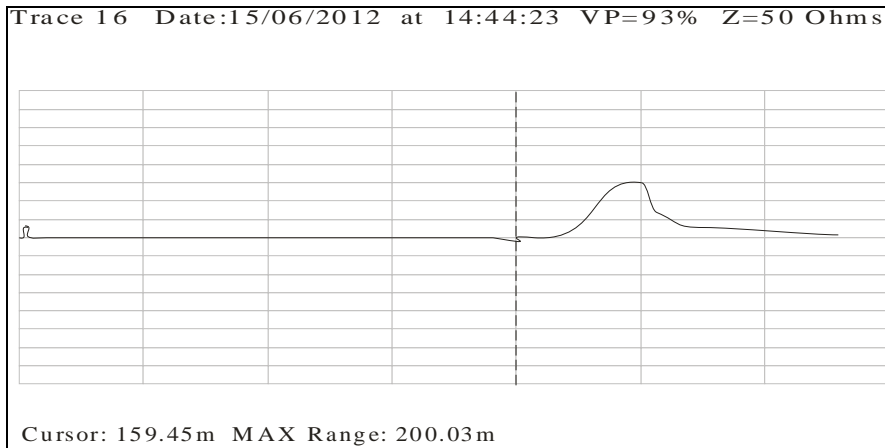
Слика 3.1.10. Графички приказ дисконтинуитета за поремећај изазван тегом од 40 кг на даљини од 160 m



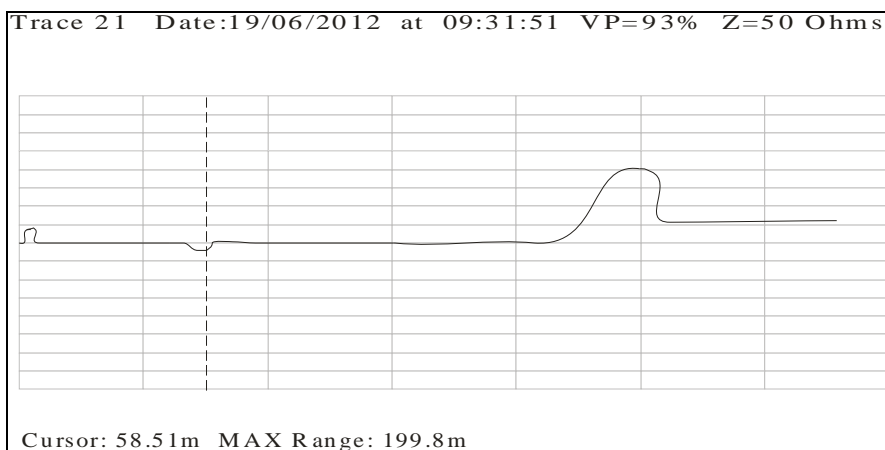
Слика 3.1.11. Графички приказ дисконтинуитета за поремећај изазван тегом од 20 кг на даљини од 60 m



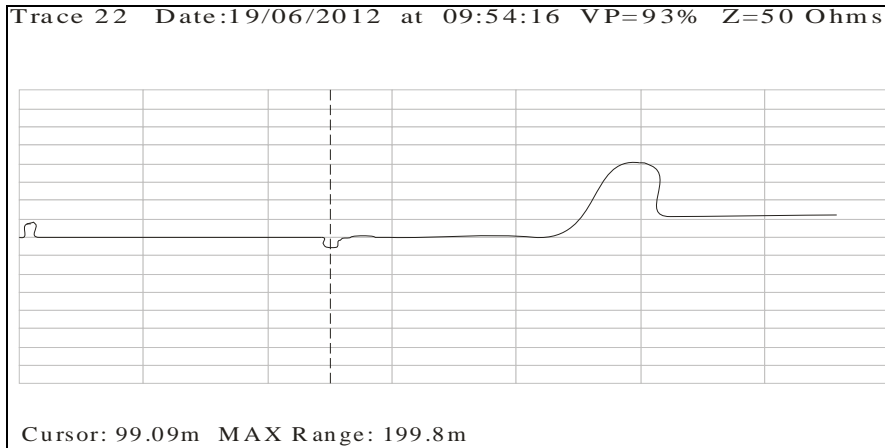
Слика 3.1.12. Графички приказ дисконтинуитета за поремећај изазван тегом од 20 кг на даљини од 100 м



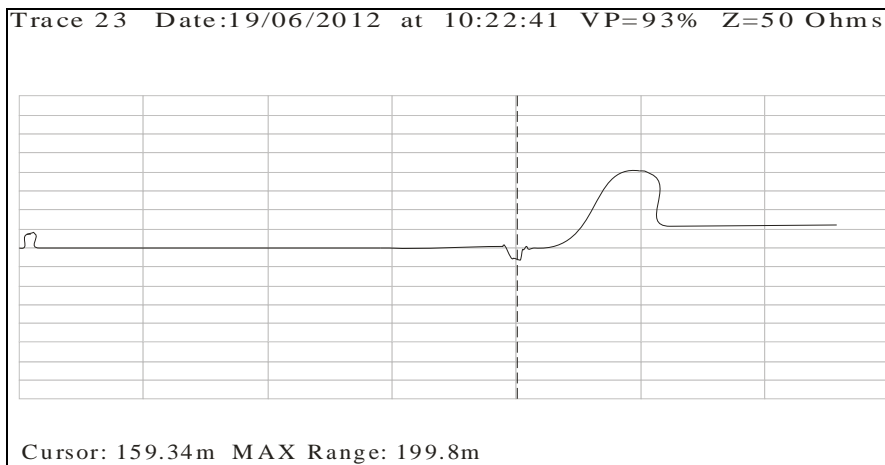
Слика 3.1.13. Графички приказ дисконтинуитета за поремећај изазван тегом од 20 кг на даљини од 160 м



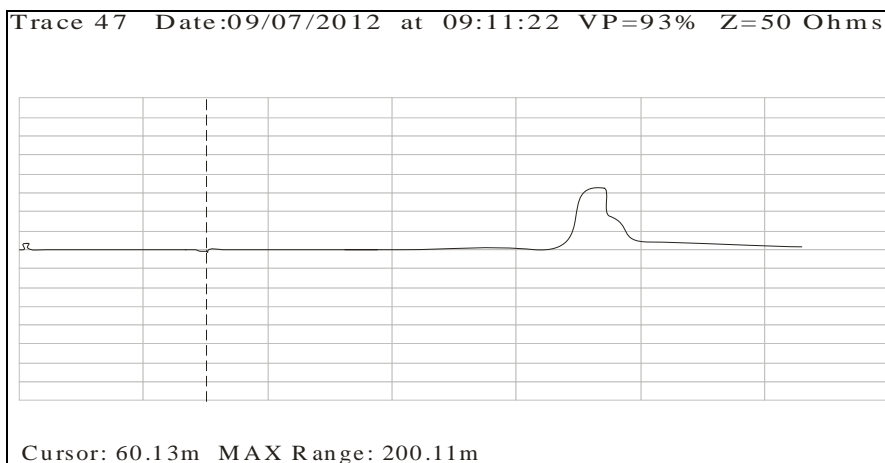
Слика 3.1.14. Графички приказ дисконтинуитета за поремећај изазван тегом од 20 кг на даљини од 60 м



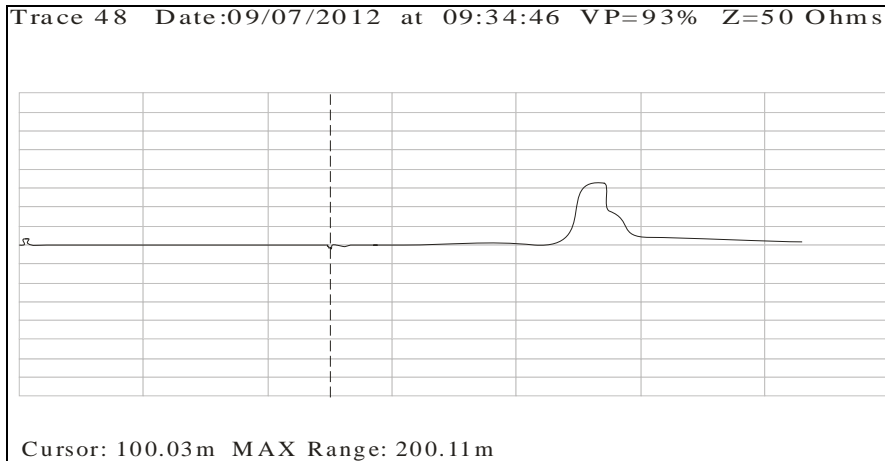
Слика 3.1.15. Графички приказ дисконтинуитета за поремећај изазван тегом од 20 кг на даљини од 100 m



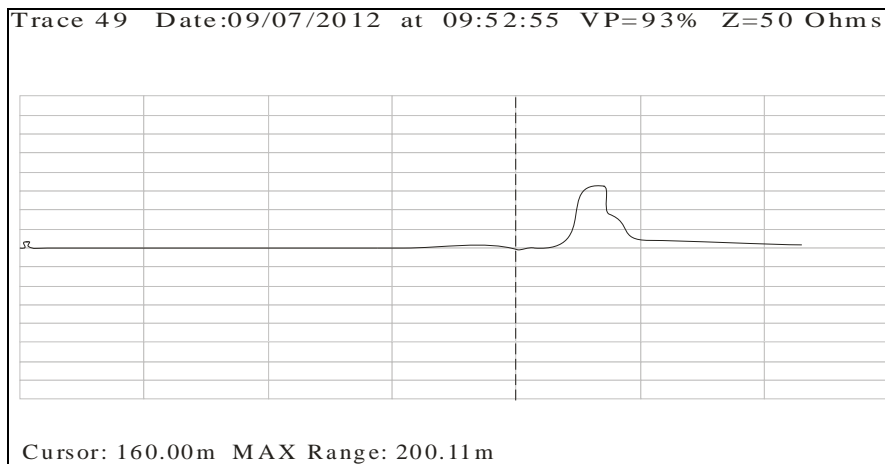
Слика 3.1.16. Графички приказ дисконтинуитета за поремећај изазван тегом од 20 кг на даљини од 160 m



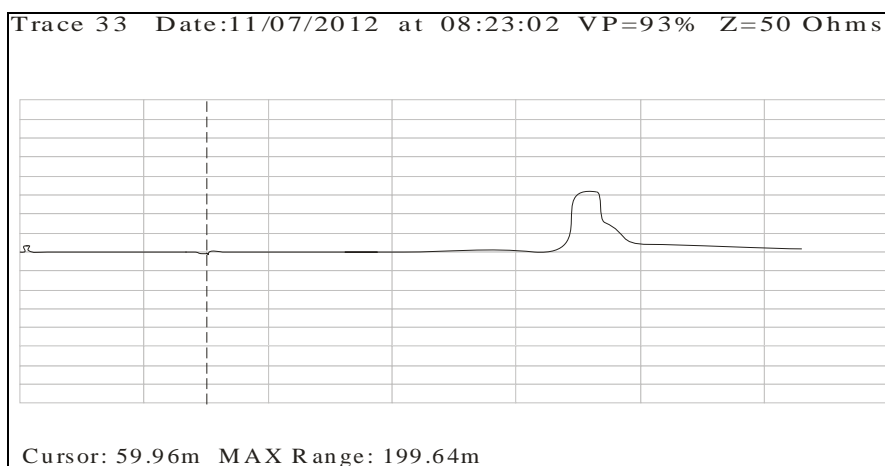
Слика 3.1.17. Графички приказ дисконтинуитета за поремећај изазван тегом од 20 кг на даљини од 60 m



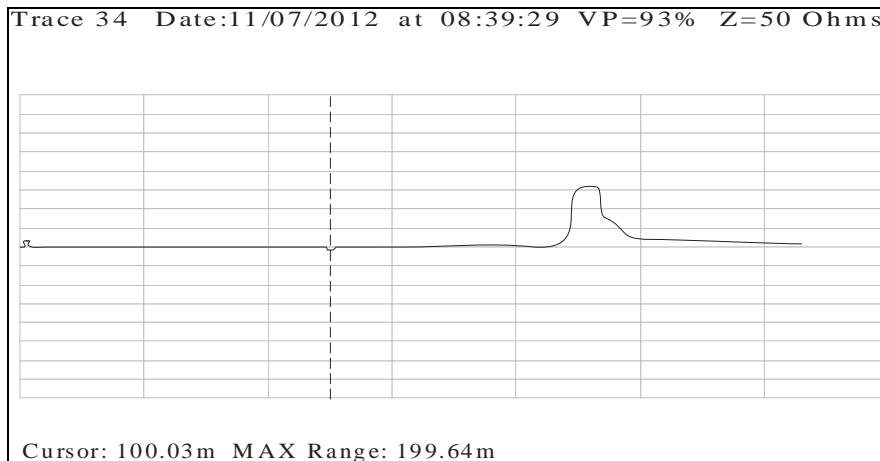
Слика 3.1.18. Графички приказ дисконинуитета за поремећај изазван тегом од 20 кг на даљини од 100 m



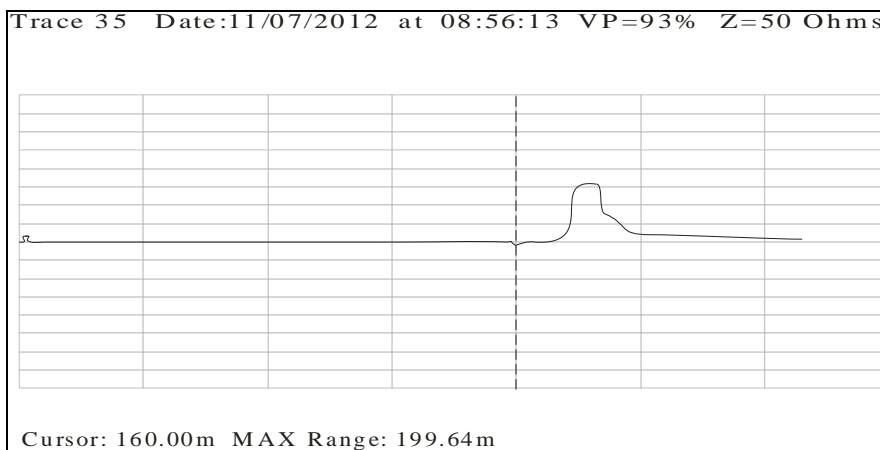
Слика 3.1.19. Графички приказ дисконинуитета за поремећај изазван тегом од 20 кг на даљини од 160m



Слика 3.1.20. Графички приказ дисконинуитета за поремећај изазван тегом од 20 кг на даљини од 60 m



Слика 3.1.21. Графички приказ дисконтинуитета за поремећај изазван тегом од 20 кг на даљини од 100 m



Слика 3.1.22. Графички приказ дисконтинуитета за поремећај изазван тегом од 20 кг на даљини од 160 m

Реализовани екперимент и резултати показали су да се помоћу импулсне рефлектометрије, која се употребљава као помоћна метода у телекомуникацијама успешно може одредити место поремећаја на коаксијалном каблу, уколико поремећај представља нагњечење изазвано притиском на кабл на одређеном месту. У практичној реализацији, кабл се може поставити на различите начине: линијски, као решетка, као произвољна контура или већ на начин који зависи од конфигурације подлоге и облика простора или објекта који се штити. На овај начин се знатно повећава могућност откривања неовлашћеног уласка у поменути простор или објекат.

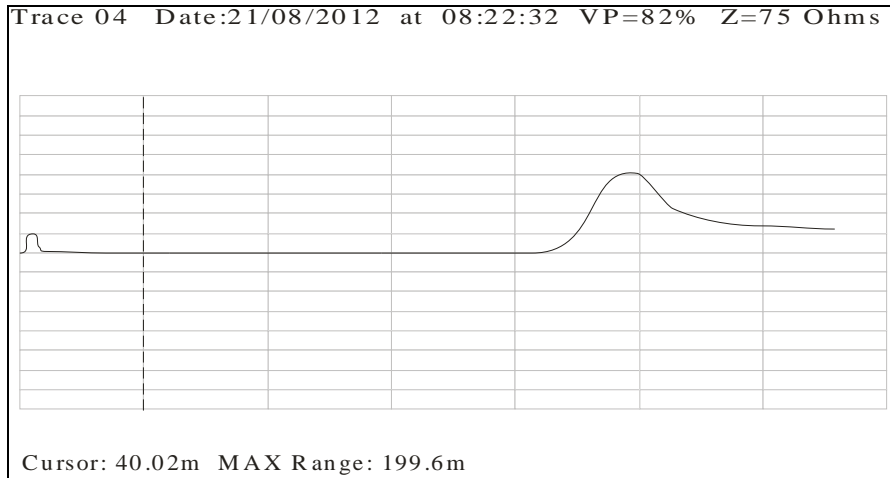
3.2. Резултати одређивања места пожара импулсним рефлектометром TX6000

Под претпоставком да метода импулсне рефлектометрије може успешно послужити у системима за заштиту од пожара у циљу одређивања места на коме је дошло до настанка пожара, у Електротехничкој школи „Никола Тесла“ у Нишу, реализован је експеримент у лабораторији 113 и ходнику дугом 67 метара који повезује лабораторију и остатак дела школе, при нормалној влажности и температури амбијента од $T=24$ °С. Мерна опрема обухватала је лаптоп рачунар Fujitsu Siemens V5333, импулсни рефлектометар TX6000, инфрацрвени термометар ТМ 959, четири горионика који су представљали изворе ватре и коаксијални кабл RG 6/U дужине 200 м. За графички приказ и праћење резултата у реалном времену, коришћен је софтвер TraceXtra 1009.

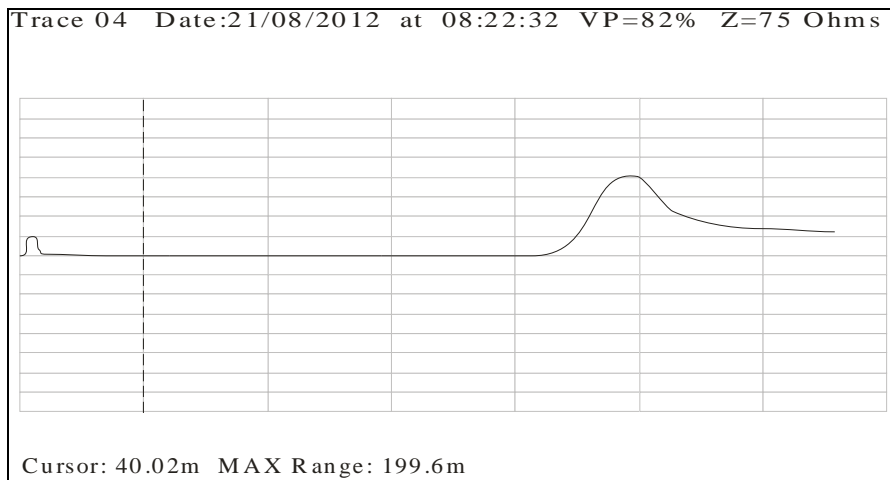


Слика 3.2.1. Главни делови мерне опреме: лаптоп Fujitsu Siemens V5333, импулсни рефлектометар TX6000, коаксијални кабл RG 6/U (лево) и гасни горионик (десно)

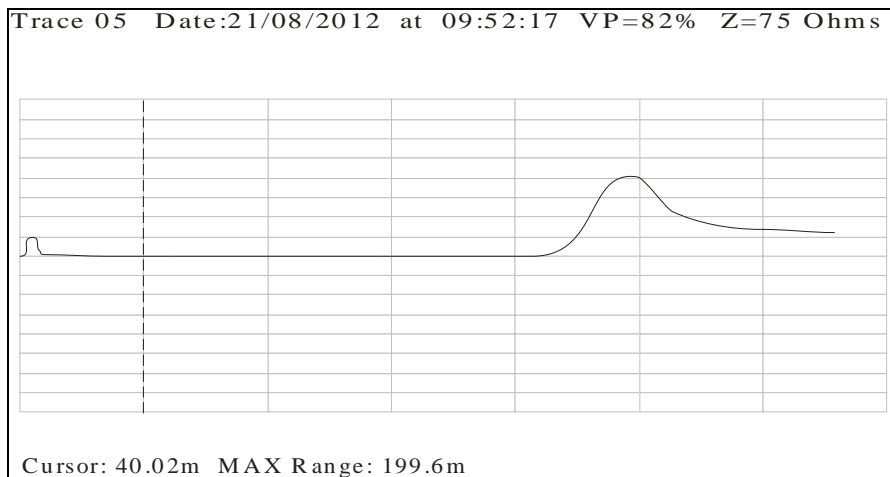
Експеримент је реализован тако што је кабл прикључен на импулсни рефлектометар. Гасни горионици су постављени на даљинама од 40, 80, 120 и 160 м дуж коаксијалног кабла. Температура сваког сегмента кабла који је био изложен горионцима контролисана је помоћу инфрацрвеног термометра ТМ 959. Резултати су снимани за опсег температура од 24 до 104 °С, што подразумева да се температурна разлика кретала од $\Delta T=0$ до $\Delta T=80$ °С. Графички прикази дисконтинуитета коаксијалног кабла RG 6/U дужине 200 м за температуре од 24, 34, 44, 54, 64, 74, 84 и 94 и 104 °С дати су на сликама од 3.2.2 до 3.2.10.



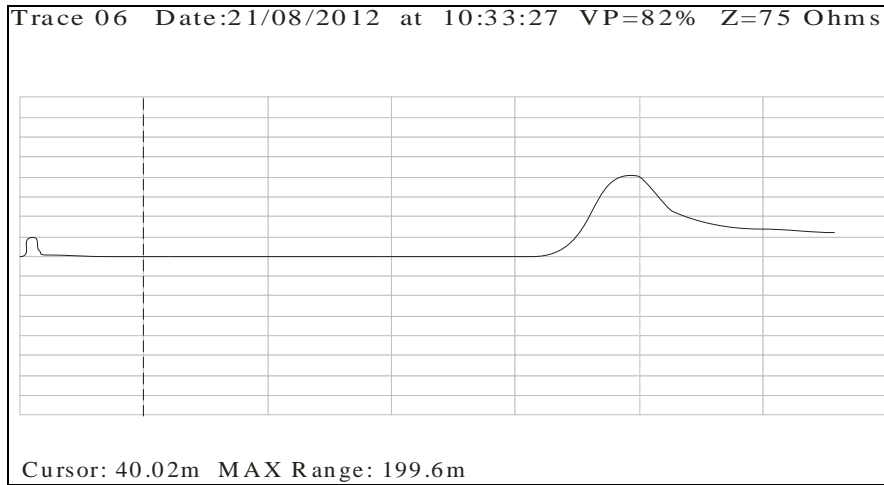
Слика 3.2.2. Графички приказ дисконтинуитета за температуру од 24°C



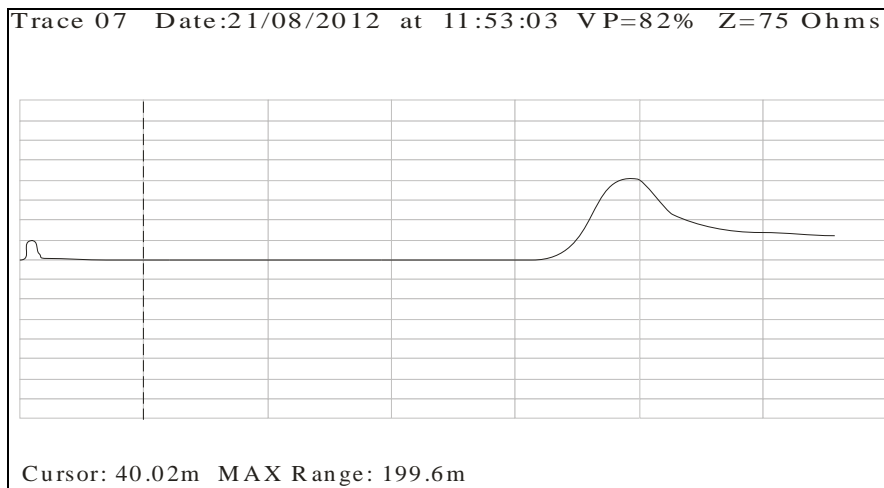
Слика 3.2.3. Графички приказ дисконтинуитета за температуру од 34°C



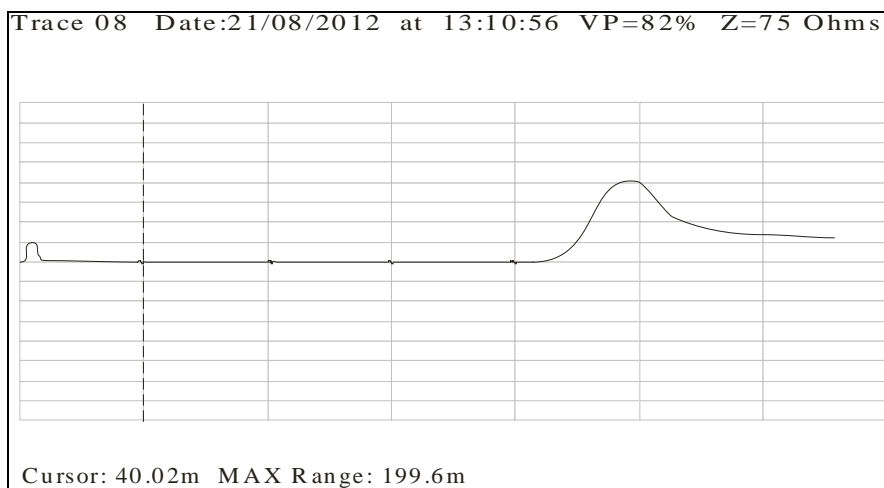
Слика 3.2.4. Графички приказ дисконтинуитета за температуру од 44°C



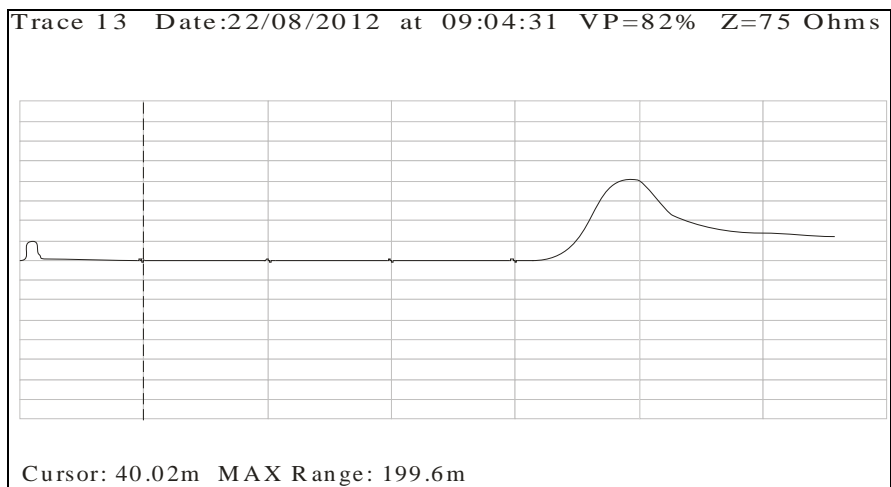
Слика 3.2.5. Графички приказ дисконтинуитета за температуру од 54°C



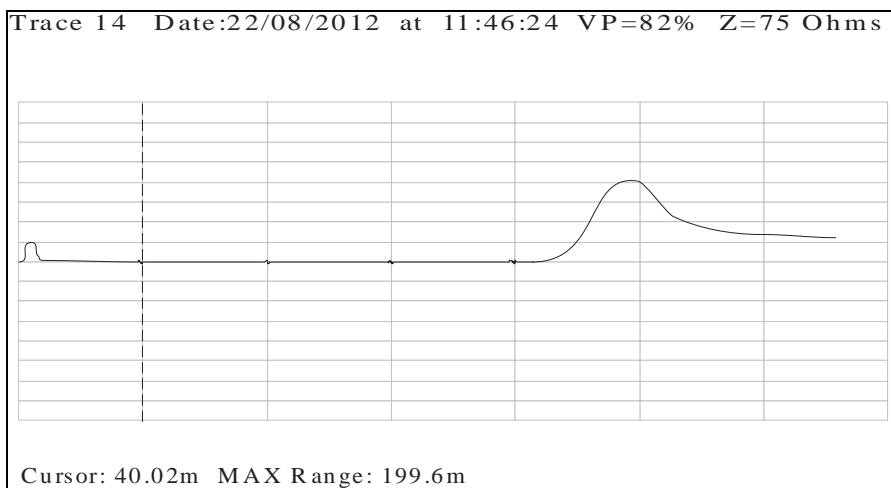
Слика 3.2.6. Графички приказ дисконтинуитета за температуру од 64°C



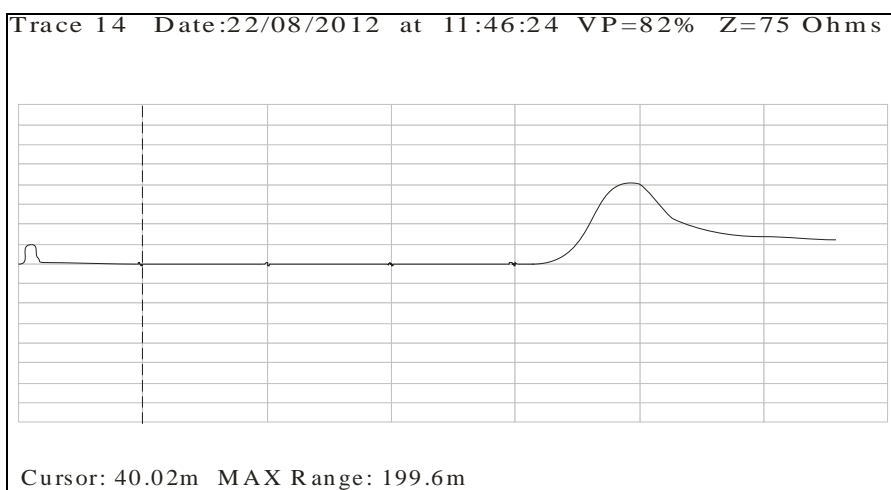
Слика 3.2.7. Графички приказ дисконтинуитета за температуру од 74°C



Слика 3.2.8. Графички приказ диконтинуитета за температуру од 84°C



Слика 3.2.9. Графички приказ диконтинуитета за температуру од 94°C



Слика 3.2.10. Графички приказ диконтинуитета за температуру од 104°C

Реализовани екперимент и резултати показали су да се помоћу импулсне рефлектометрије која се употребљава као помоћна метода у телекомуникацијама не може са сигурношћу одредити даљина поремећаја на коаксијалном каблу, уколико поремећај представља повећање температуре одређеног дела кабла. Реализовани резултати који се добијају на импулсном рефлектометру и представљају дисконтинуитете рефлектованих таласа нису јасни за ниже температуре и могу представљати неки квар на каблу, прекид, продор воде у кабл или слично тако да се не може са сигурношћу утврдити да ли се уопште ради о термичком поремећају на каблу који треба да иницира одговарајућу реакцију. Међутим, реализовани резултати остављају могућност примене у објектима са вишом температуром (преко 74 °C), као што су разни индустријски објекти, топионице, фарбаре и сл.

3.3. Примена промене капацитивности коаксијалног кабла у системима за заштиту од провале

Механичким деловањем на коаксијални кабл долази до његовог увртања, истезања, угибања и сл. Овакво деловање утиче на промену неких параметара коаксијалног кабла, као на пример на капацитивност. Експеримент је реализован под претпоставком да под дејством притиска код пет различитих коаксијалних каблова RF 75-3-1, RF 75-4-3, RF 75-4-5, RF 75-7-8 и RF 75-7-9 долази до одговарајуће промене њихове капацитивности. Основне карактеристике коришћених коаксијалних каблова дате су у табели 3.3.1.

Табела 3.3.1. Основне карактеристике испитиваних коаксијалних каблова

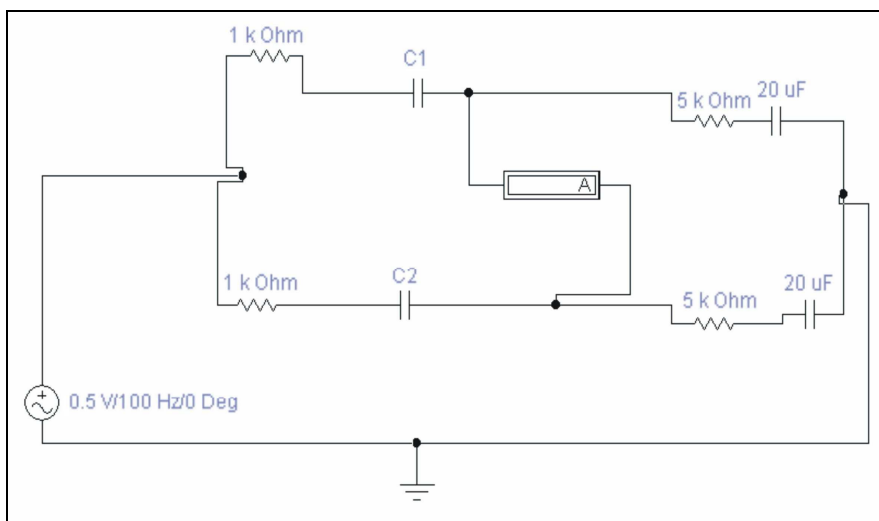
тип кабла	r_1 [mm]	r_2 [mm]	C [pF/m]	Z_c [Ω]	m [kg/km]
RF 75-3-1	0.5	3.8	67	75 ± 5	38
RF 75-4-3	0.59	4.3	67	75 ± 5	57
RF 75-4-5	0.813	4.3	56	75 ± 5	50
RF 75-7-8	1.15	8	67	75 ± 3	150
RF 75-7-9	1.6	8.15	53	75 ± 5	120

На конструисаној макети која представља уравнотежено електрично коло са одговарајућим капацитивним и отпорним елементима, као елемент прикључен је кабл са обе електроде који практично представља један коаксијални кондензатор који има своју номиналну подужну и укупну капацитивност и који представља део поменутог електричног кола напајаног наизменичним напоном амплитуде $U_g = 0,5 \text{ V}$ и фреквенције $f_g = 100 \text{ Hz}$. Цена израде саме макете са елементима је занемарљива. Сви елементи електричног кола се могу подешавати. Под утицајем одређене тежине капацитивност коаксијалног кабла се мења тако да коло више није у равнотежи што се може регистровати одговарајућим мерним инструментима, који су у овом случају били амперметар и галванометар кроз које је протицала одређена струја, мада се као мерни инструмент могао користити и волтметар. Сви испитивани каблови имали су дужине од 50 m, тако да су њихове укупне капацитивности могле да се израчунају узимајући одговарајуће вредности за подужне капацитивности из каталога или мерењем помоћу одговарајућег инструмента.

Мерни инструменти који су коришћени за лабораторијска мерења су инструменти фирме MASTECH, ознаке MS8221C. Као извор напајања коришћен је обичан генератор функција, а сва мерења су вршена за фреквенцију улазног напона $f_g = 100 \text{ Hz}$ да не би при вишим фреквенцијама дошло до активирања одређених паразитних капацитивних или отпорних елемената. Притисак којим су каблови били изложени био је изазван масама од 5, 10, 15 и 20 kg остварених помоћу тегова ширине 5 cm на било ком делу кабла који је положен по земљи или се налази испод танког ламината. За проверу експеримента конструисани су и одговарајући симулациони и аналитички модели. Опрема за лабораторијско мерење и симулациони модел електричног кола у одговарајућем софтверу приказани су на сликама 3.3.1 и 3.3.2.



Слика 3.3.1. Део мерне опреме коришћене у експерименту

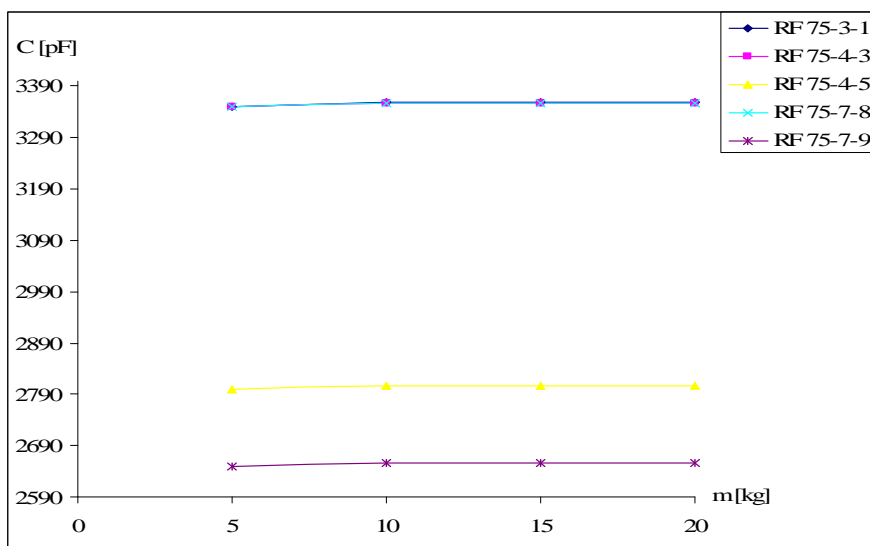


Слика 3.3.2. Симулациони модел електричног кола у програму WorkBench 5.12

Резултати су реализовани у лабораторијским условима, при температури амбијента од 21 °С и нормалној влажности ваздуха, без утицаја електромагнетних сметњи ниских фреквенција. Каблови који су представљали коаксијалне кондензаторе су мотани по неколико намотаја различитих облика и били положени директно на под лабораторије. Претходним мерењима и испитивањима је утврђено да се каблови без проблема враћају у првобитни положај после дејства увртања и одређеног притиска. Добијени резултати за сваки кабл представљени су у табели 3.3.2 и на слици 3.3.3.

Табела 3.3.2. Резултати промене капацитивности у зависности од масе која притиска кабл

тип кабла	маса [kg]				капацитивност каблова [pF]
	5	10	15	20	
RF 75-3-1	3350.38	3358.11	3358.83	3359.56	
RF 75-4-3	3350.25	3357.32	3357.61	3357.72	
RF 75-4-5	2800.16	2806.21	2806.37	2806.46	
RF 75-7-8	3350.13	3357.06	3357.16	3357.33	
RF 75-7-9	2650.10	2655.58	2655.68	2655.71	

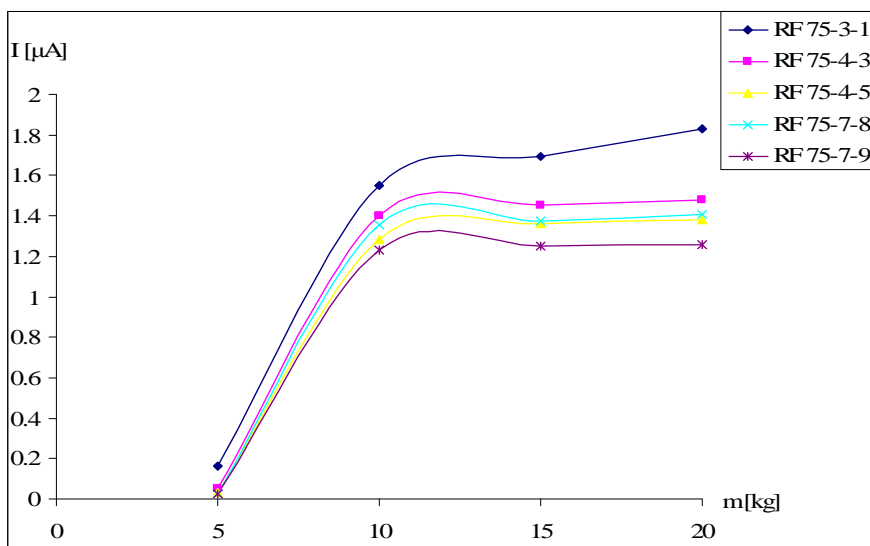


Слика 3.3.3. Графички приказ резултата промене капацитивности у функцији од масе која притиска кабл

После мерног инструмента, или уместо њега, може се поставити прекидач који у зависности од јачине струје која протекне кроз њега шаље одређени сигнал, што практично омогућава одређену алармну реакцију. Резултати промене струје кроз инструмент електричног кола у зависности од тежине која притиска кабл приказани су у табели 3.3.3 и на слици 3.3.4. Сва мерења су вишеструко поновљена.

Табела 3.3.3. Резултати промене струје кроз мерни инструмент електричног кола у зависности од масе која притиска кабл

тип кабла	маса [kg]				струја кроз мерни инструмент [μA]
	5	10	15	20	
RF 75-3-1	0.161	1.55	1.691	1.831	
RF 75-4-3	0.049	1.403	1.456	1.48	
RF 75-4-5	0.035	1.286	1.363	1.383	
RF 75-7-8	0.026	1.353	1.373	1.409	
RF 75-7-9	0.023	1.23	1.253	1.26	



Слика 3.3.4. Графички приказ резултата промене струје кроз мерни инструмент електричног кола у зависности од масе која притиска кабл

Након лабораторијских мерења, припремљени су аналитички и симулациони модели лабораторијских модела који су проверени на симулационим програмима WorkBench 5.12 и PSPICE 5.1 и чији су резултати занемарљиво мало одступали од измерених вредности.

Након тога, припремљен је експериментални модел који је био повезан на одговарајућу централну јединицу са могућношћу шифрирања, укључивања звучног аларма и звања одређеног корисника. Сав пропратни хардвер израђен је у лабораторији 113 у Електротехничкој школи „Никола Тесла“ у Нишу . Пошто је простор у коме је тестиран експериментални модел била хала за складиште пољопривредне робе, модел је био тако конструисан да уколико дође до поремећаја реагује само аларм, што се и реализовало када је модел практично пробан. Хала у којој је тестиран експериментални модел је изабрана због мноштва пацова и глодара који несметано могу да се крећу по поду и на тај начин изазивају реакцију инфрацрвених или сеизмичких сензора. Такође, и велики број слепих мишева је несметано летео халом што је такође могло да доведе до активације наведених сензора. Кабл који је служио као елемент детекције је положен испод грубог и лаког линолеума који покрива под хале и преко њега су током целог дана газили радници који су носили џакове са робом. Систем је активиран ноћу и био је тако подешен да свака маса преко 5 kg доводи до активације аларма, што је испробано и што је дало задовољавајуће резултате. Маса се могла подешавати на 10, 15 или 20 kg у зависности од избора и подешавања елемената електричног кола. Температура у радним условима је била 14 °C. Велики кровни отвори на хали су онемогућавали стварање евентуалне кондензације која би могла да утиче на исправност кабла. Због природе објекта, температурне промене у зимским или летњим условима нису знатне и нагле, што је веома битно за додатна подешавања коректног рада модела. Оно што посебно треба напоменути је да је паралелно са халом, одвојен само једним бетонским зидом био постављен велики трансформатор и идентификована одређена јачина електричног поља у самој хали која није утицала на исправност и рад кабла.

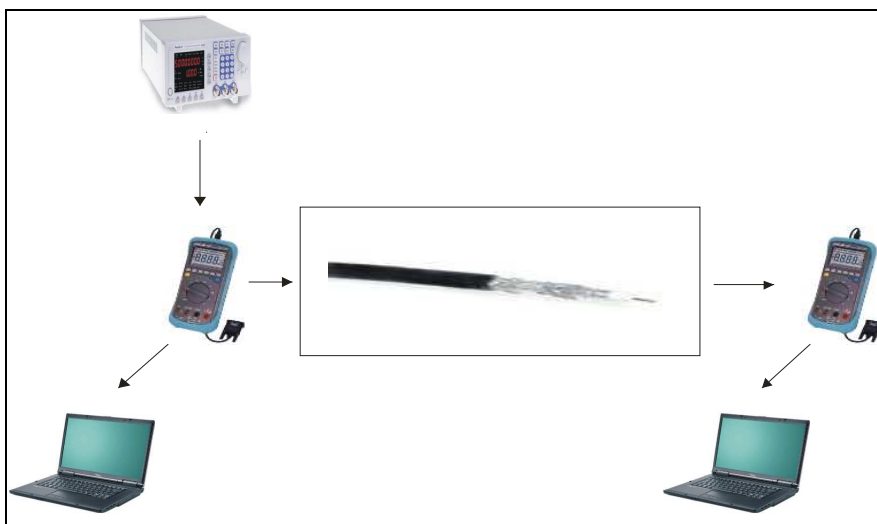
Резултати овог експеримента су показали да се коаксијални каблови могу употребити, у спрези са одговарајућим хардвером, као детектори у конкретном систему за заштиту од провале. На основу промене капацитивности у зависности од масе која притиска кабл може се закључити да су промене релативно мале реда пикофарада или нанофарада, тако да за мерне инструменте треба изабрати прецизне и осетљиве

инструменте. Пошто мале промене капацитивности изазивају мале промене струје кроз инструмент, може се у оквиру електричног кола користити и неки појачавач. За практичну реализацију неопходно је да подлога на коју се полаже кабл буде чврста (бетон, дрво и сл.) као и да оно што долази изнад њега не буде сувише тешко (ламинат, линолеум, тањи паркет и сл.). Посебно треба истаћи елиминацију лажних аларма која је у сличним случајевима веома честа.

Битно је напоменути да у овом случају детектори–каблови нису служили за одређивање даљине поремећаја већ само за поуздану детекцију поремећаја. Уз употребу одговарајућег хардвера и софтвера и то је могуће реализовати.

3.4. Одређивање места пожара помоћу коаксијалних каблова

Циљ експеримента био је мерење струје на почетку и на крају коаксијалних каблова док су они изложени ватри. Ако се каблови, апроксимативно, посматрају као, на пример, RC мреже, претпоставља се да ће, као последица ефекта ватре на њих, доћи до промене неких параметара, као што су отпорност, капацитивност, појачање и слабљење на изложеном делу кабла. Сходно томе, долази до промена одговарајућих напона, струја, фаза и других параметара, од којих многи могу бити мерени одговарајућим инструментима. Експеримент је реализован у лабораторији 113 и ходнику дугом 67 метара испред лабораторије у Електротехничкој школи „Никола Тесла“ у Нишу при температури амбијента од $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и нормалној влажности. Три врсте коаксијалних каблова, $RG\ U/6$, $RG\ 178\ V/U$ и $RG\ 122/U$, сваки дужине 200 m су били изложени ватри по сегментима, где је дужина сваког сегмента износила 2.5 m. Трајање изложености извору ватре било је све до тренутка док читав сегмент није достигао одређену температуру. Температурни опсег коме су изложени коаксијални каблови био је од 50 до $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, што значи да је температурна разлика била од 30 до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Као извори ватре, коришћени су гасни горионици, при чему су растојања између извора пламена и коаксијалних каблова била 0.1 m .



Слика 3.4.1. Блок презентација мерног процеса

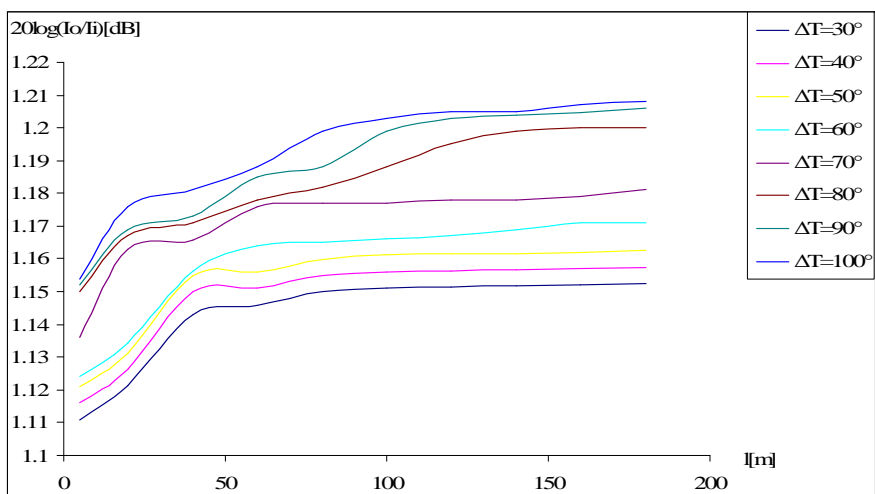
За време изложености ватри, каблови су били прикључени на генератор сигнала на одговарајућим фреквенцијама. Мерне фреквенције су биле у опсегу од 100 до 3 MHz у

корацима од 100 Hz. Мерни инструменти за мерење струја који су коришћени су Data Logger multimeters C-122; мерни инструмент за мерење температуре који је коришћен је ТМ 959 док је генератор функција који је коришћен Peak Tech 4025. За експеримент су такође коришћена и два лаптопа Fujitsu Siemens V5535, на које су поменути мултиметри били прикључени преко RS232 интерфејса. Мерења струја на почетку и крају сваког кабла вишеструко су понављана. Као провера мерених резултата, извршена је симулација експеримента коришћењем Pspice софтвера. Блок презентација целокупног мерног процеса приказана је на слици 3.4.1.

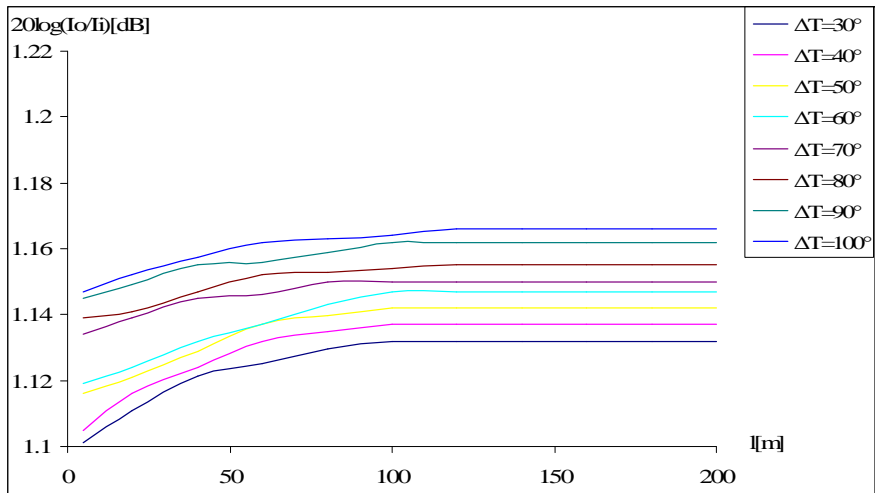
Основне карактеристике каблова који су коришћени у експерименту, RG U/6, RG 178 B/U и RG 122/U, приказане су у табели 3.4.1.

Табела 3.4.1. Основне карактеристике каблова коришћених у експерименту

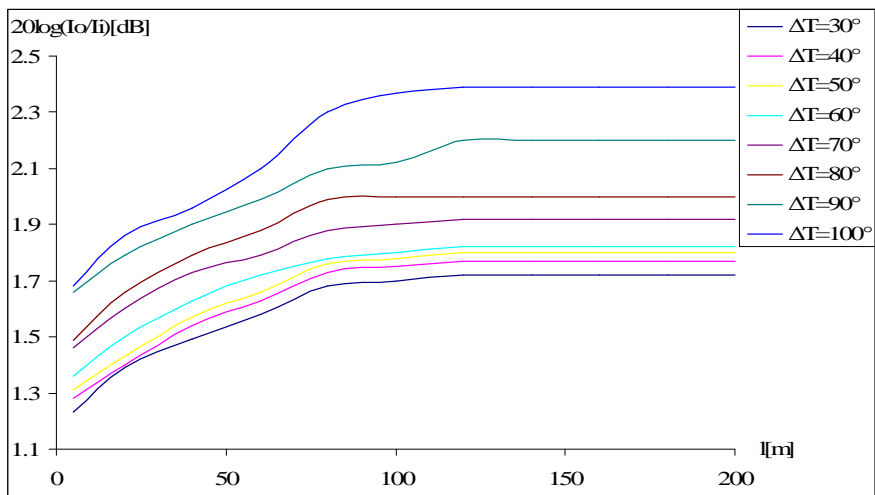
кабл	R_i [mm]	R_o [mm]	C [pF/m]	Z_c [Ω]	тежина [kg/km]	на 1MHz [dB/100m]
RG U/6	1.13	6.9	50	75	47	-
RG 178 B/U	27x0.13	4.06	95	50	9	4.6
RG 122/U	7x0.17	1.93	100	50	27	2.1



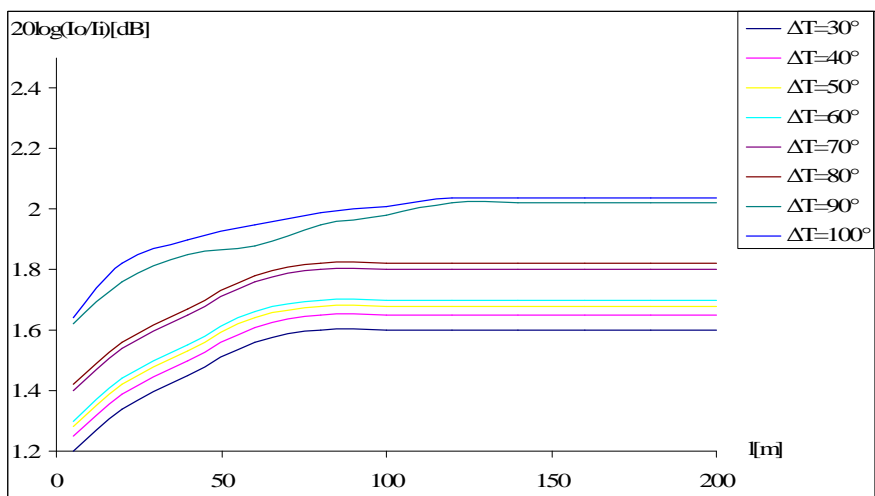
Слика 3.4.2. Резултати експеримента за кабл RG U/6



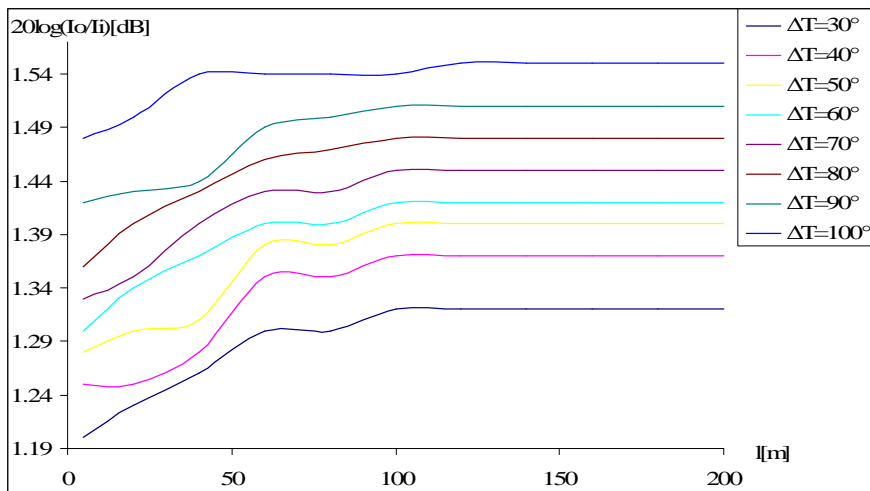
Слика 3.4.3. Резултати симулације за кабл RG U/6



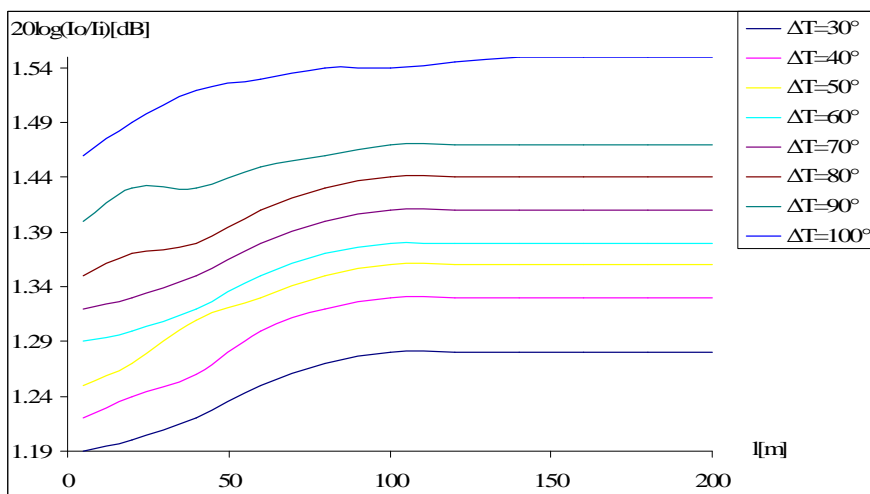
Слика 3.4.4. Резултати експеримента за кабл RG 178 B/U



Слика 3.4.5. Резултати симулације за кабл RG 178 B/U



Слика 3.4.6. Резултати експеримента за кабл RG 122 /U



Слика 3.4.7. Резултати симулације за кабл RG 122 /U

Због обима реализованих резултата, приказани резултати експеримента и симулације на сликама од 3.4.2 до 3.4.7 представљају само део реализованих мерења струја на почетку и на крају каблова за конкретну фреквенцију од 1 MHz, као и на њиховим симулационим моделима. Фреквенција је намерно одабрана, зато што на њој слабљења за каблове имају минималне вредности: за кабл RG U/6 слабљење је занемарљиво, за кабл RG 178 B/U слабљење износи 4.6 dB/100 m док за кабл RG 122/U слабљење износи 2.1 dB/100 m. Резултати постигнути на нижим фреквенцијама нису били значајни за експеримент.

Реализовани резултати су показали да се место термичког поремећаја, у овом случају ватре која је изазвала промену односно повећање температуре, у најбољем случају може одредити на само 60% од укупне дужине кабла који је био подвргнут експерименту.

Коришћењем одговарајућег хардвера и неких других метода мерења на воду то је могуће поправити. То значи да би за одговарајућу практичну примену, на пример у неком тунелу или хангару требало узети већу дужину кабла што не представља проблем ако се узме у обзир његова ниска цена и чињеница да би, из практичних разлога, почетак и крај кабла требали да буду на истој страни објекта у коме је кабл инсталиран.

3.5. Примена нетипичног електричног вода у системима за заштиту од провале

Циљ експеримента био је реализација нетипичног вода који ће служити као потенцијални детектор у неком систему за заштиту од провале. Карактеристика детектора је да промена неког његовог параметра доводи до одговарајуће промене једног електричног параметра у одговарајућем електричном колу. Овај нетипични вод је реализован у лабораторији 113 и ходнику дугом 67 метара испред лабораторије у Електротехничкој школи „Никола Тесла“ у Нишу при температури амбијента од 16.2 °C и нормалној влажности.

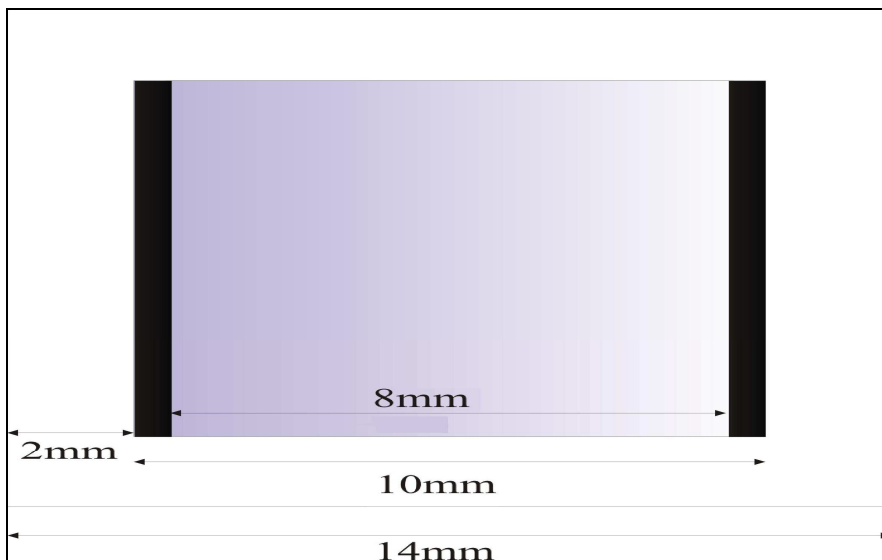


Слика 3.5.1. Изглед реализованог нетипичног вода

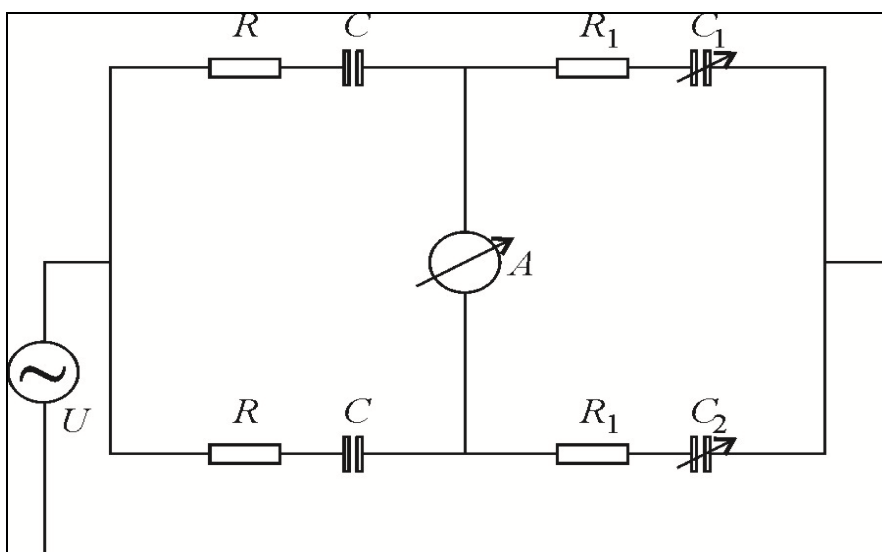
Укупна дужина од 100 m за експерименталне потребе реализована је од двадесет истих делова дужине 5 m. Ово је реализовано због два разлога: ограничене техничке могућности у лабораторији и веома лако преношење, монтирање и инсталирање око одговарајућег објекта, поготово ако је објекат полигоналног облика. Овако реализовани водови се лако залеме један за други и у електротехничком смислу представљају кондензаторе, редно повезане. Спољашњи део вода реализован је од меког PVC материјала, дебљине 2 mm. Попречни пресек овог нетипичног вода има облик квадрата димензија 14 mm x 14 mm. Унутар вода, увучене су две алуминијумске плочице, дебљине 1 mm. Између плочица, простор је густо попуњен мешавином пур пена, при чему је приближна диелектрична константа тог материјала $\epsilon_r \approx 1.53$. Изглед реализованог

нетипичног вода приказан је на слици 3.5.1, док је попречни пресек овог вода са димензијама приказан на слици 3.5.2.

Овако реализовани вод је прикључен на електрично коло које је приказано на слици 3.5.3. Прикључени вод има своју сопствену капацитивност која је означена као C_1 . На супротној страни електричног моста, налази се променљива капацитивност, означена као C_2 , чија је капацитивност подешена тако да буде једнака капацитивности C_1 . За реализовани вод чија дужина износи 100 m, прорачуната вредност за C_1 је 1.623 nF, док измерена вредност за C_1 износи 1.628 nF.



Слика 3.5.2. Изглед попречног пресека реализованог нетипичног електричног вода



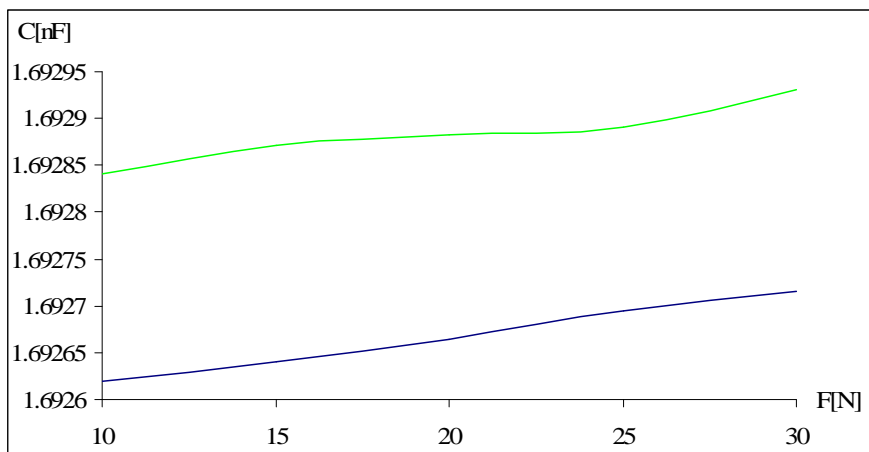
Слика 3.5.3. Електрично коло коришћено у експерименту

Вредности осталих елемената износе $R=1000\text{ k}\Omega$, $R_I=5000\text{ k}\Omega$ и $C=1\text{ }\mu\text{F}$. Електрично коло, које представља електрични мост, напајано је наизменичним напоном ефективне вредности $U = 10\text{ V}$ на фреквенцији од $f = 1\text{ kHz}$. Нижа фреквенција је изабрана да би се елиминисали могући паразитни ефекти на вишим фреквенцијама. Мерни инструменти за мерење струје који су коришћени су Data Logger multimeters C-122 и MS8221C, док је генератор функција који је коришћен Peak Tech 4025.

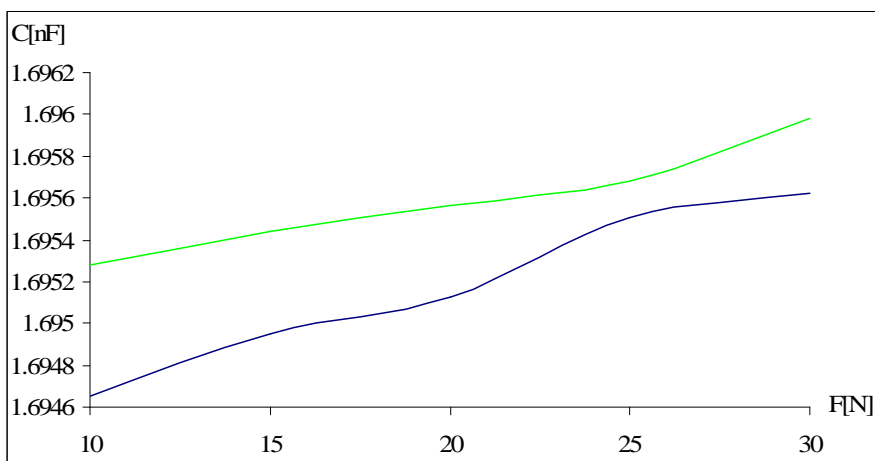
У нормалном, непобуђеном стању, мост је у равнотежи, тако да струја практично не протиче кроз мерни инструмент. Уколико дође до неког притиска на вод који ће проузроковати његово померање, нагњечење или нешто слично, долази до промене капацитивности вода, што доводи до нарушавања равнотеже моста и протичања одређене струје кроз инструмент. Притисак који је деловао на кабл био је симулиран мерним уређајем за мерење јачине силе PCE-FM 200. Вод је био третиран различитим вредностима јачине силе, од 10 до 30 N, у корацима од 5 N, док су за те промене, снимане промене струје у мерном инструменту у оквиру резонантног кола. Притисак је деловао бочно на кабл, као што би у реалним ситуацијама деловао ветар, животиња која се провлачи кроз баријеру или провалник који помера баријеру ради уласка. Делови вода по којима је деловала сила били су дужина од 1, 10, 50 и 100 cm. Ови делови се могу налазити било где у односу на укупну дужину вода. Што је јача сила дејствовала по воду, то је већа струја текла кроз мерни инструмент. Уколико би сила која дејствује по воду била толика да доведе до пуцања односно прекидања вода, таква ситуација би се могла идентификовати а евентуалне корекције на воду би се могле лако реализовати у виду замене прекинутог дела.

Да би се добили коректни резултати, поред самог експеримента реализована је и симулација комплетног експеримента за коју је коришћен следећи софтвер: MATHEMATICA 8.0.4, PSPICE 9.1 и Work Bench 5.12.

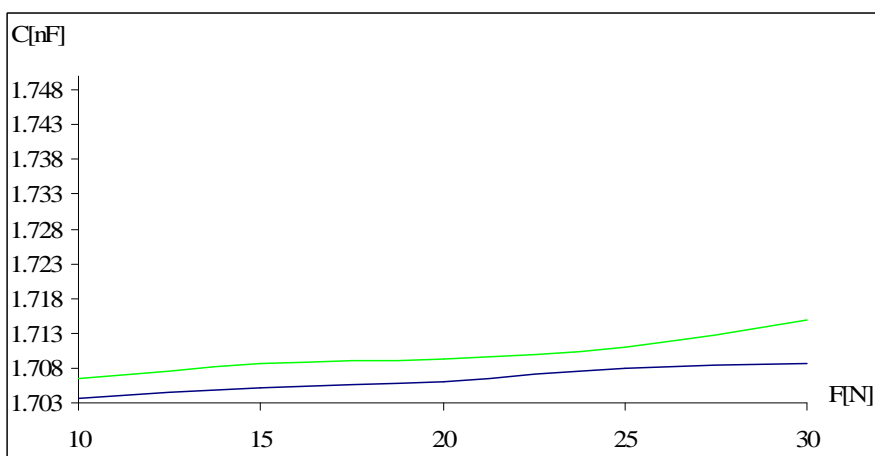
Промене капацитивности у односу на јачину силе, као и промене струје кроз мерни инструмент у односу на промену капацитивности, резултати добијени експериментом (зелена боја) и резултати добијени симулацијом (плава боја), приказани су на сликама од 3.5.4 до 3.5.6.



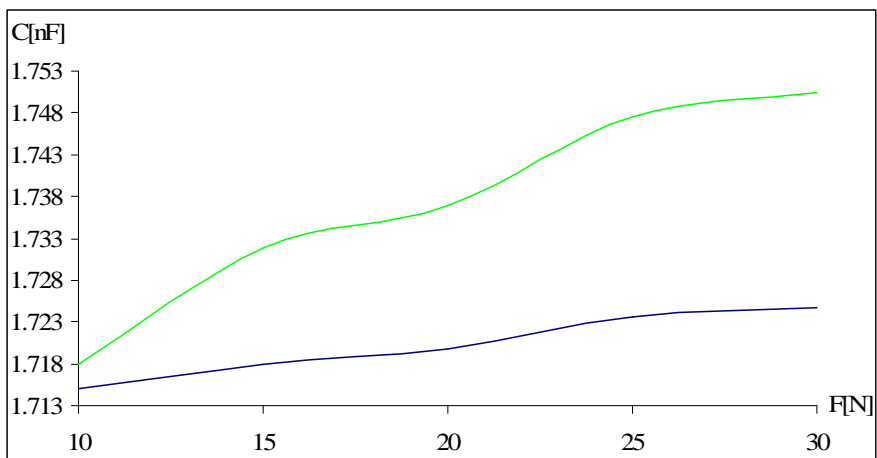
Слика 3.5.4. Резултати експеримента и резултати симулације зависности капацитивности вода од јачине силе за дужину вода од 1 cm



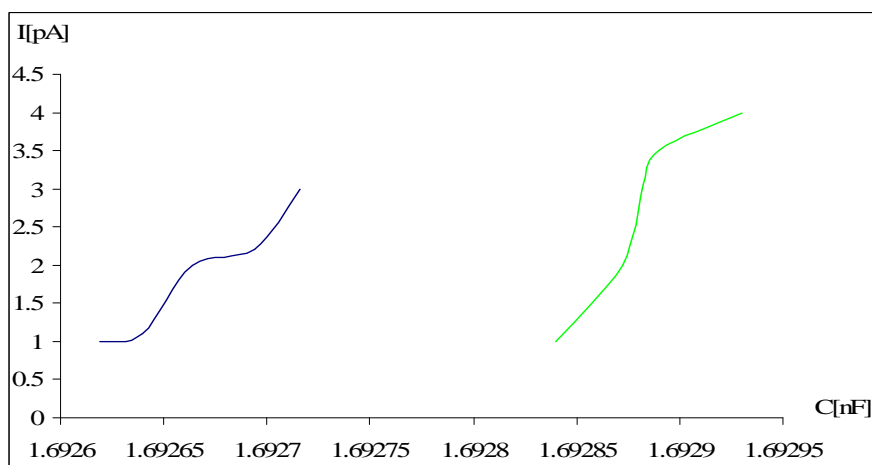
Слика 3.5.5. Резултати експеримента и резултати симулације зависности капацитивности вода од јачине силе за дужину вода од 10 cm



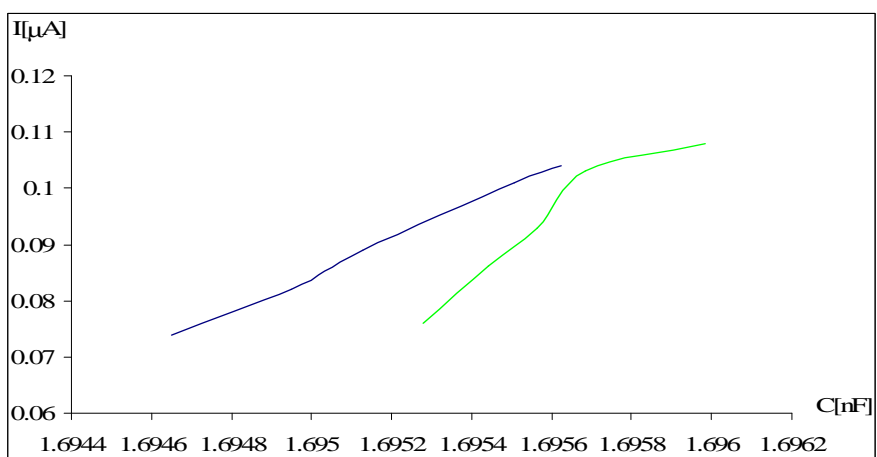
Слика 3.5.6. Резултати експеримента и резултати симулације зависности капацитивности вода од јачине силе за дужину вода од 50 cm



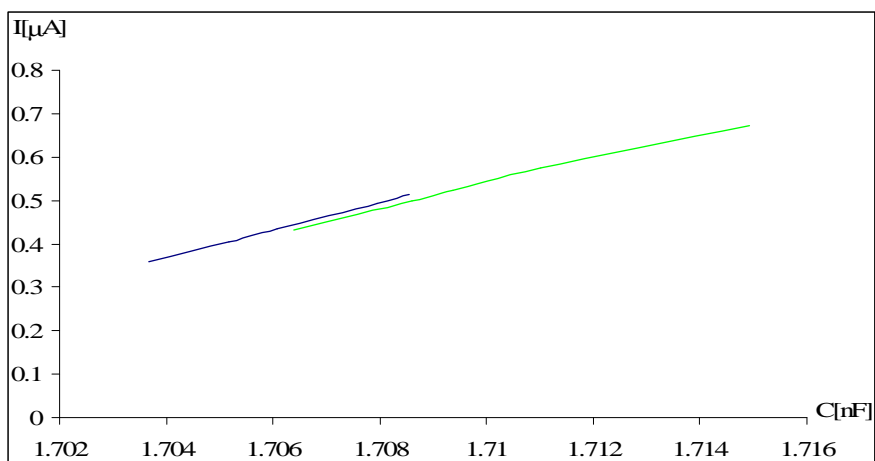
Слика 3.5.7. Резултати експеримента и резултати симулације зависности капацитивности вода од јачине силе за дужину вода од 100 cm



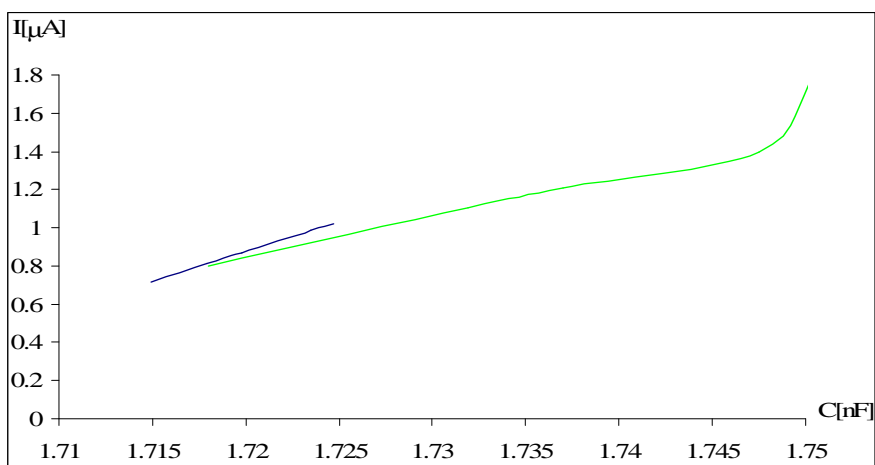
Слика 3.5.8. Резултати експеримента и резултати симулације зависности јачине струје кроз мерни инструмент од капацитивности за дужину вода од 1 cm



Слика 3.5.9. Резултати експеримента и резултати симулације зависности јачине струје кроз мерни инструмент од капацитивности вода за дужину вода од 10 cm



Слика 3.5.10. Резултати експеримента и резултати симулације зависности јачине струје кроз мерни инструмент од капацитивности вода за дужину вода од 50 cm



Слика 3.5.11. Резултати експеримента и резултати симулације зависности јачине струје кроз мерни инструмент од капацитивности вода за дужину вода од 100 cm

Резултати овог експеримента су показали како један нетипичан електрични вод приказане конструкције може послужити као детектор у систему за заштиту од провале у комбинацији са одговарајућим хардвером. Начин конструкције и принцип рада омогућавају детекцију одговарајућег поремећаја типа силе преко одговарајуће електричне величине.

3.6. Примена уравнотежених и неуравнотежених електричних мостова у системима за заштиту од пожара

Употреба коаксијалних каблова у системима за заштиту од пожара може дати добре резултате уколико се коаксијални каблови, па и други типични или нетипични електрични водови употребљавају у комбинацији са уравнотеженим и неуравнотеженим електричним мостовима.

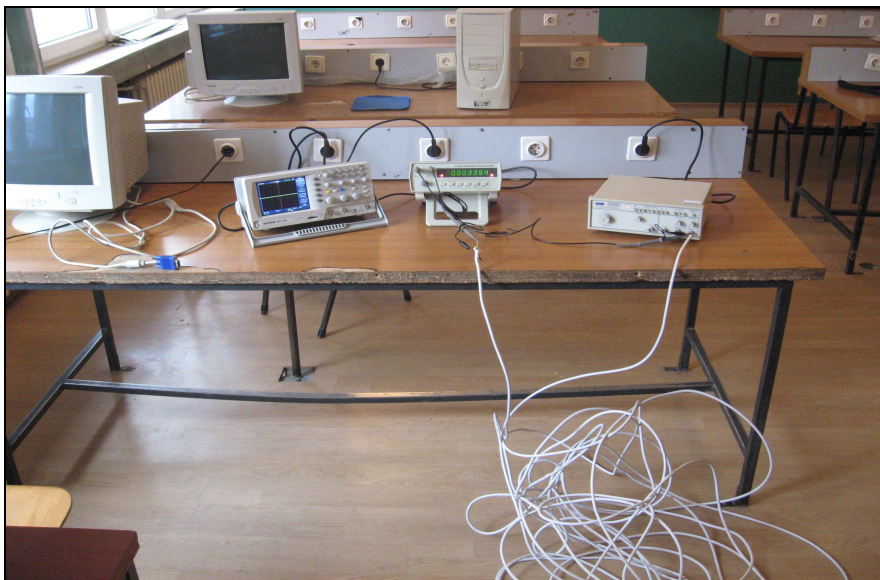
За овај експеримент, који је реализован у Електротехничкој школи „Никола Тесла“ у Нишу, у лабораторији 113 и ходнику дугом 67 метара који повезује лабораторију и остатак дела школе, при нормалној влажности и температури амбијента од $T=20$ °C, коришћене су три врсте каблова, RF 75-3-1, RF 75-4-5, и RF 75-7-9. Због техничких ограничења у лабораторији, у смислу димензија лабораторије, дужине коришћених каблова су биле, сваког, 50 m. Основне карактеристике коришћених каблова дате су у табели 3.6.1.

Табела 3.6.1. Основне карактеристике каблова коришћених у експерименту

тип кабла	r_1 [mm]	r_2 [mm]	C [pF/m]	Z_c [Ω]	m [kg/km]
RF 75-3-1	0.5	3.8	67	75 ± 5	38
RF 75-4-5	0.813	4.3	56	75 ± 5	50
RF 75-7-9	1.6	8.15	53	75 ± 5	120

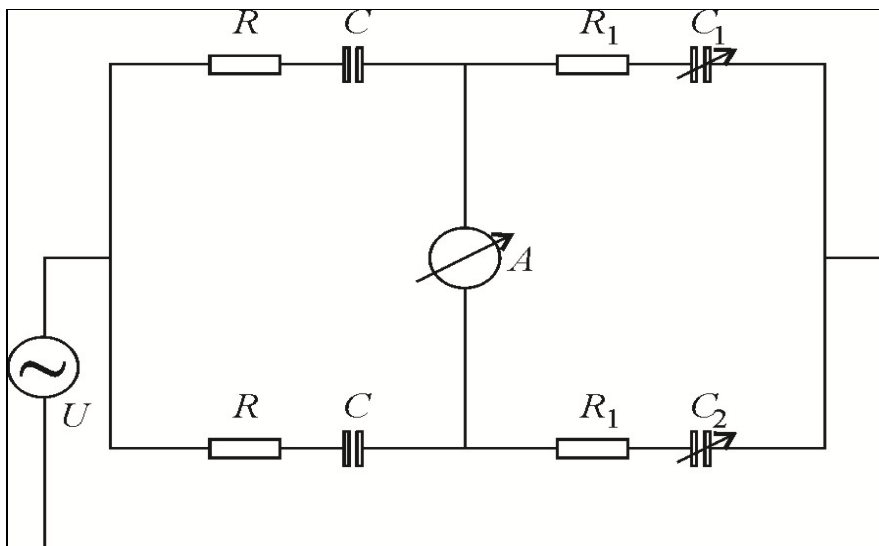
Први део експеримента представљао је употребу наведених каблова као детектора у комбинацији са уравнотеженим електричним мостом. Каблови који су третирани као кондензатори одговарајуће капацитивности, прикључени су на одговарајућа места у уравнотеженом електричном мосту. Капацитивност сваког коришћеног кабла измерена је пре почетка експеримента. Уравнотежено мостно коло је напајано наизменичним извором од $U=10$ V на фреквенцији од $f=1$ kHz. Мерни инструменти за мерење струје који су коришћени су Data Logger multimeters C-122 и MS8221C, док је генератор функција који је

коришћен Peak Tech 4025. За мерење температуре коришћен је инфрацрвени термометар ТМ 959. Делови мерне опреме која је коришћена у експерименту приказани су на слици 3.6.1.



Слика 3.6.1. Делови мерне опреме коришћени у експерименту

Електрична шема уравнотеженог мостног кола је приказана на слици 3.6.2 док су вредности свих елемената у мосту приказани у табели 3.6.2.

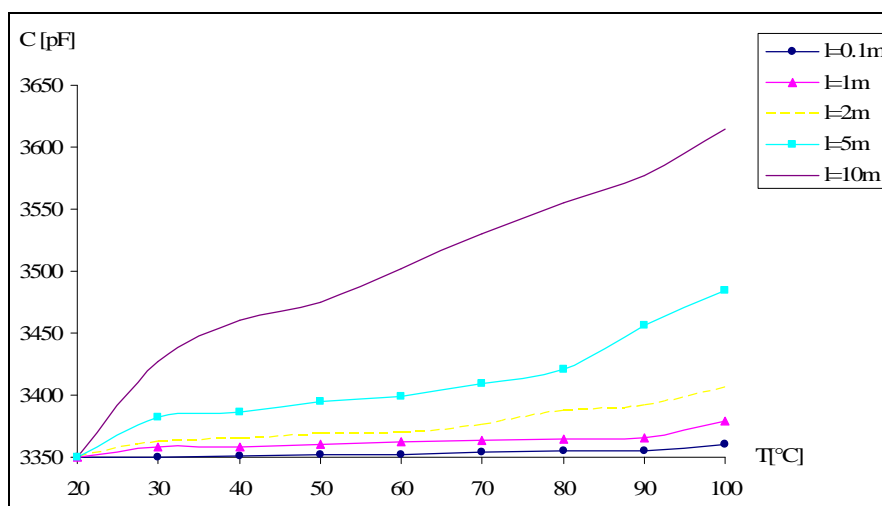


Слика 3.6.2. Уравнотежени мост коришћен у експерименту

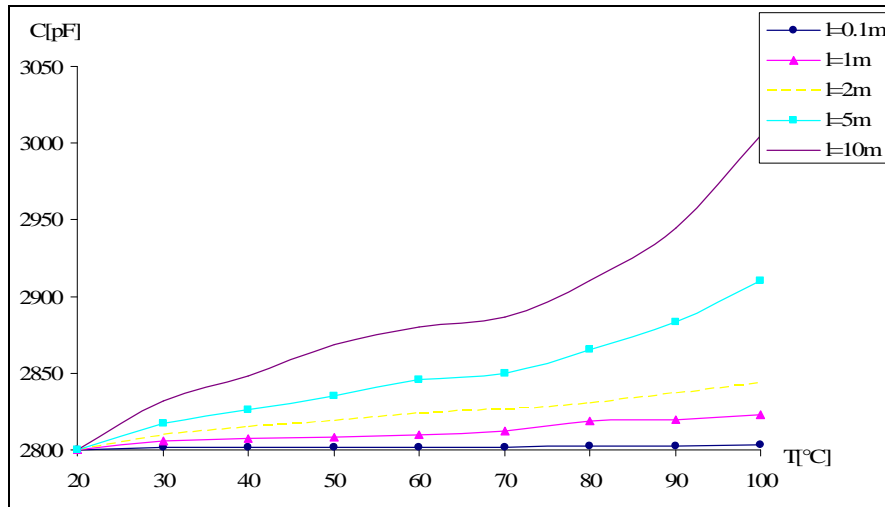
Табела 3.6.2. Вредности елемената уравнотеженог моста на слици 3.6.2

тип кабла	R [Ω]	R_1 [Ω]	C [μF]	C_1 [pF]	C_2 [pF]
RF 75-3-1	1000	5000	10	3350	3350
RF 75-4-5	1000	5000	10	2800	2800
RF 75-7-9	1000	5000	10	2650	2650

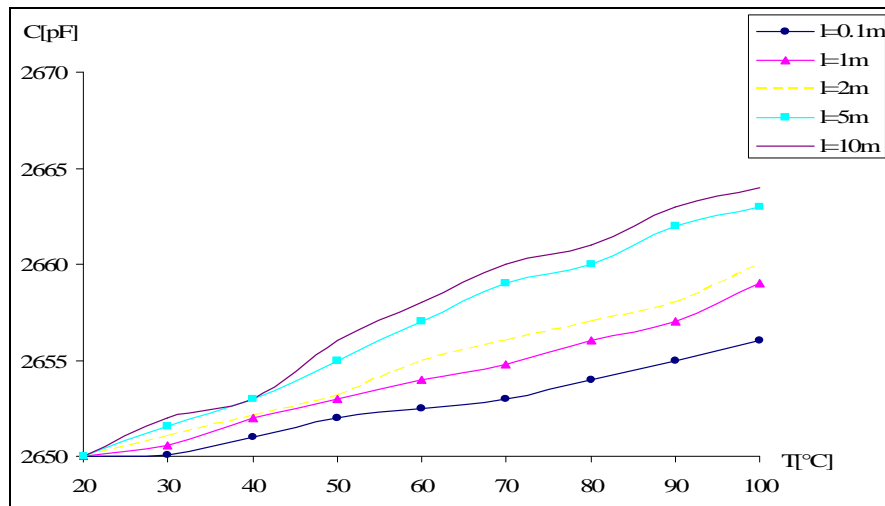
Промена капацитивности каблова који су коришћени у експерименту је постигнута тако што су кабови излагани изворима ватре које су представљали горионици. Дужине каблова који су излагани су биле 0.1, 1, 2, 5 и 10 m. Разлог за овакав поступак је претпоставка да пожар у објектима код којих је једна димензија знатно већа од друге, као што су тунели и хангари, захвата велики део простора а самим тим и детектора. Почетна температура је била $T_c=20$ °C , док је температура прекида излагања каблова $T_c=100$ °C. Растојање излаганих делова каблова од извора ватре је било 0.1 m. Реализовани резултати зависности капацитивности од температуре и зависности струје кроз мерни инструмент од капацитивности приказани су на сликама од 3.6.3 до 3.6.8.



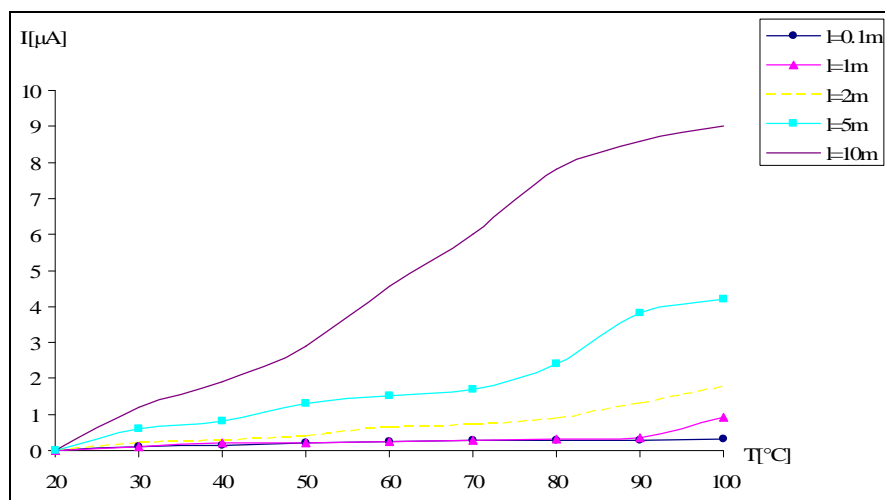
Слика 3.6.3. Зависност капацитивности коаксијалног кабла од температуре за кабл RF 75-3-1



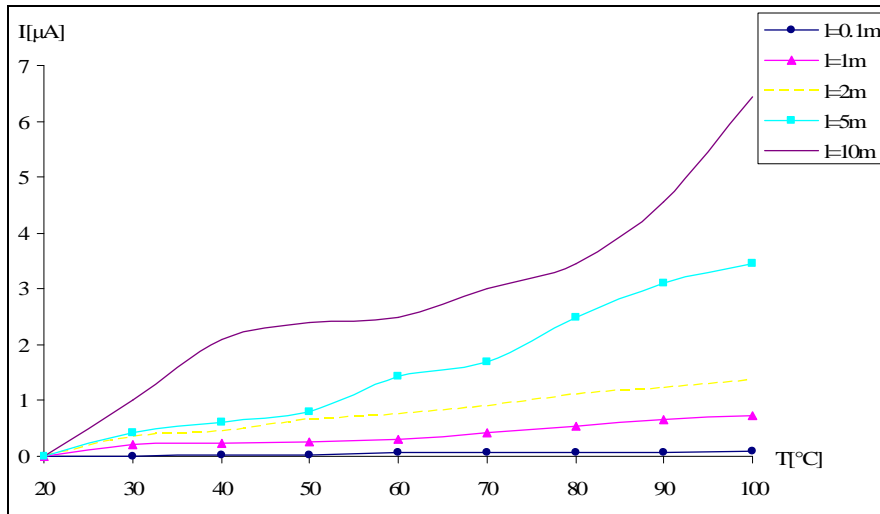
Слика 3.6.4. Зависност капацитивности коаксијалног кабла од температуре за кабл RF 75-4-5



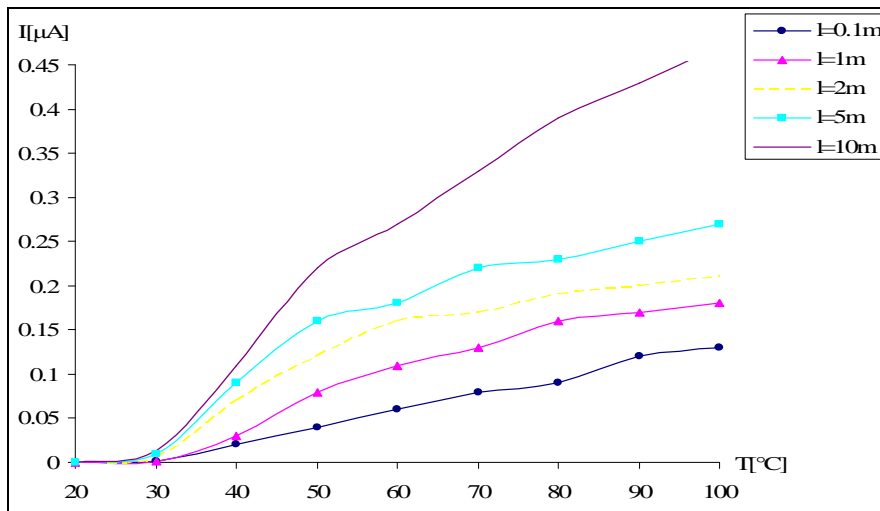
Слика 3.6.5. Зависност капацитивности коаксијалног кабла од температуре за кабл RF 75-7-9



Слика 3.6.6. Зависност струје кроз мерни инструмент од температуре за кабл RF 75-3-1



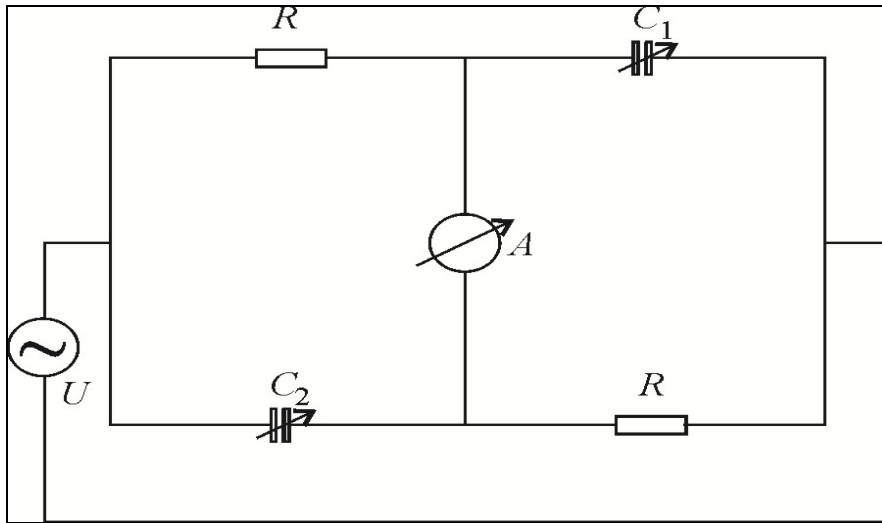
Слика 3.6.7. Зависност струје кроз мерни инструмент од температуре за кабл RF 75-4-5



Слика 3.6.8. Зависност струје кроз мерни инструмент од температуре за кабл RF 75-7-9

Други део експеримента био је сличан само што је подразумевао коришћење неуравнотеженог електричног моста. Електрична шема овог моста приказана је на слици 3.6.9 док су вредности елемената у том колу приказане у табели 3.6.3. Промена капацитивности коаксијалних каблова и за један и за други део експеримента је била иста, док је струја кроз мерни инструмент различита у односу на струју мерног инструмента код фреквентно независног моста. Мостови се, као једна врста електричних кола са великом осетљивошћу веома често употребљавају, само је важно изабрати праву конфигурацију и погодан избор елемената и њихових вредности.

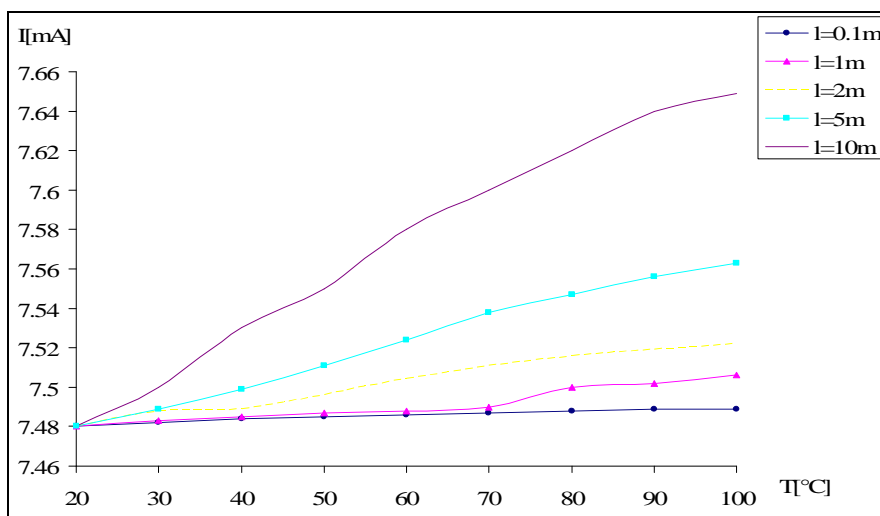
Реализовани резултати зависности струје кроз мерни инструмент приказани су на сликама од 3.6.10 до 3.6.12.



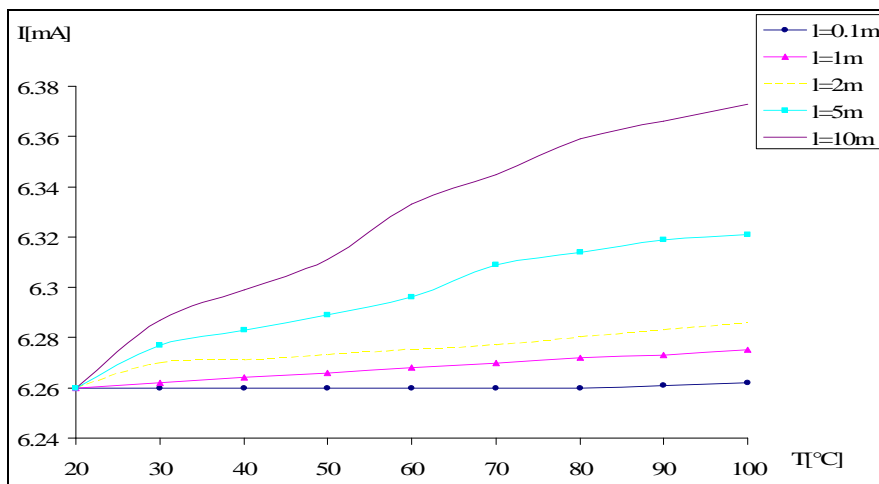
Слика 3.6.9. Неуравнотежен мост коришћен у експерименту

Табела 3.6.3. Вредности елемената неуравнотеженог моста на слици 3.6.9

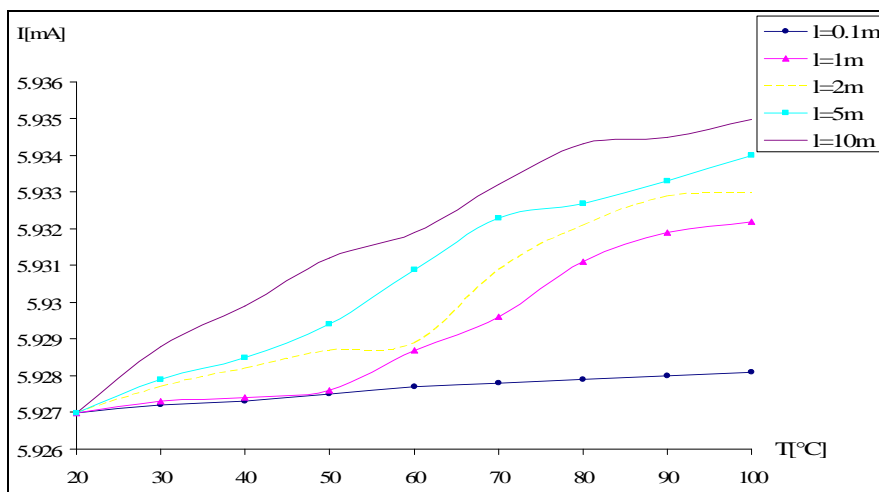
тип кабла	R [Ω]	C_1 [pF]	C_2 [pF]
RF 75-3-1	950.66	3350	3350
RF 75-4-5	1136.8	2800	2800
RF 75-7-9	1201	2650	2650



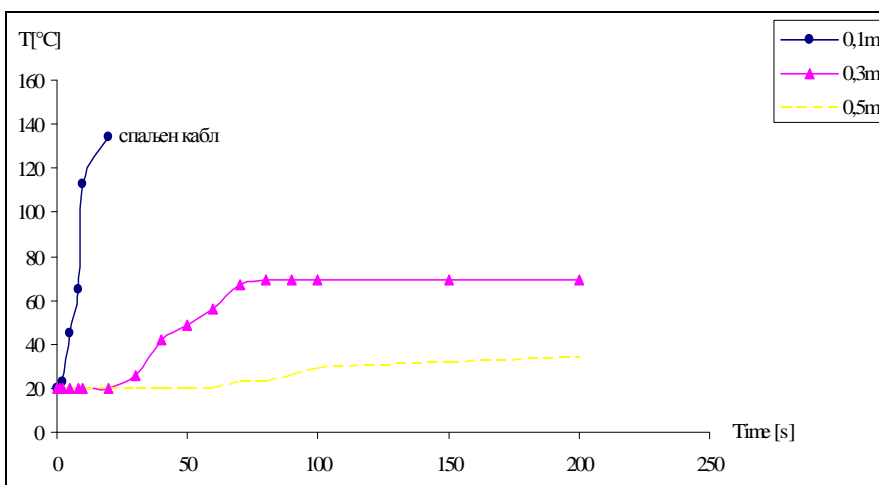
Слика 3.6.10. Зависност струје кроз мерни инструмент од температуре за кабл RF 75-3-1



Слика 3.6.11. Зависност струје кроз мерни инструмент од температуре за кабл RF 75-4-5



Слика 3.6.12. Зависност струје кроз мерни инструмент од температуре за кабл RF 75-7-9.



Слика 3.6.13. Пример временског одзива коаксијалног кабла RF 75-3-1

Временски одзиви оваквих типова детектора су различити у зависности од дужине кабла која је захваћена ватром као и од удаљености кабла у односу на извор ватре. Пример таквог одзива дат је на слици 3.6.13

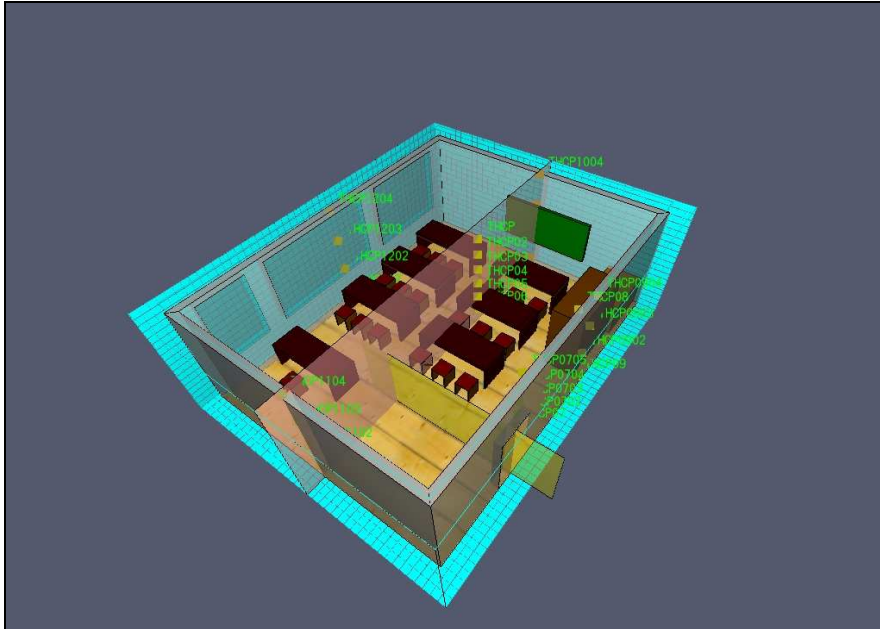
Као потврда експеримента, реализована је симулација пожара у лабораторији 113 чији је циљ био да покаже потенцијално ширење пожара и оптимална места где би се каблови као детектори могли поставити. Лабораторија 113 приказана је на слици 3.6.14. Симулација је реализована коришћењем софтвера FDS и PyroSim 2012. Пошто се може претпоставити да детектори треба да стоје тамо где ће најбоље обухватати просторију, постављени су симулациони термопарови на висинама од 10, 110, 210 и 310 cm у односу на под. Ови термопарови служе за симулациони приказ температурне расподеле кроз лабораторију.



Слика 3.6.14. Лабораторија 113 у Електротехничкој школи „Никола Тесла“ у Нишу

Генерално, код многих техничких лабораторија, типа електротехничке, физичке, хемијске и сличних, могућност појаве пожара је повећана. Узроци пожара могу бити различити: запаљиве хемикалије, струје, варнице, неисправни водови итд. Тако, на пример, у лабораторији 113 сваки сто има по три утичнице са напоном од 220 V. Зато је веома битно предвидети потенцијално ширење пожара. У симулацији, као место пожара узет је центар лабораторије, други сто са десне стране. Као извор пожара, узета је горућа површина (*burner surface*) која ослобађања топлоту од 80 kW/m^2 . Целокупна симулација ширења пожара трајала је 3600 секунди.

Димензије лабораторије су 8.9 m x 6.8 m x 3.2 m. Дебљина зидова је 27 cm и они су израђени од цигле са гипсаним премазом. Симулациони модел лабораторије 113 приказан је на слици 3.6.15. Комплетан садржај лабораторије 113 приказан је у табели 3.6.4.

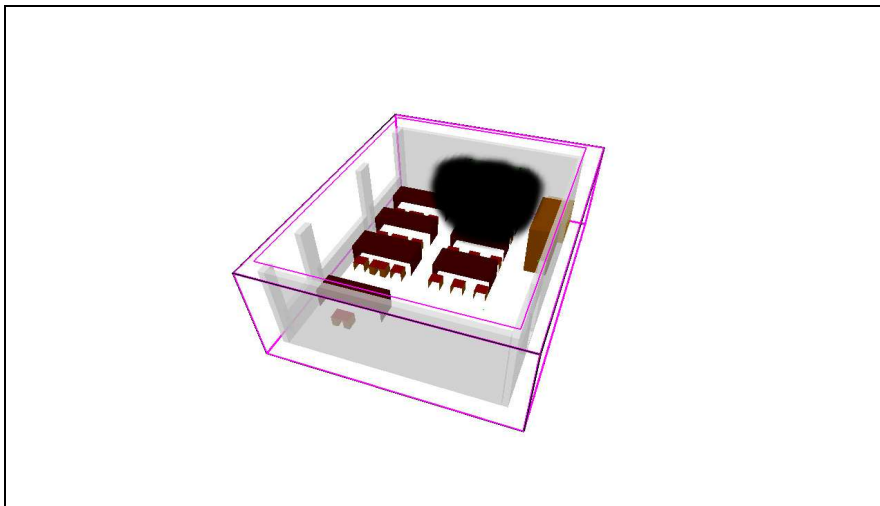


Слика 3.6.15. Симулациони модел лабораторије 113 у Електротехничкој школи „Никола Тесла“ у Нишу са означеним позицијама термопарова, у софтверу PyroSim 2012

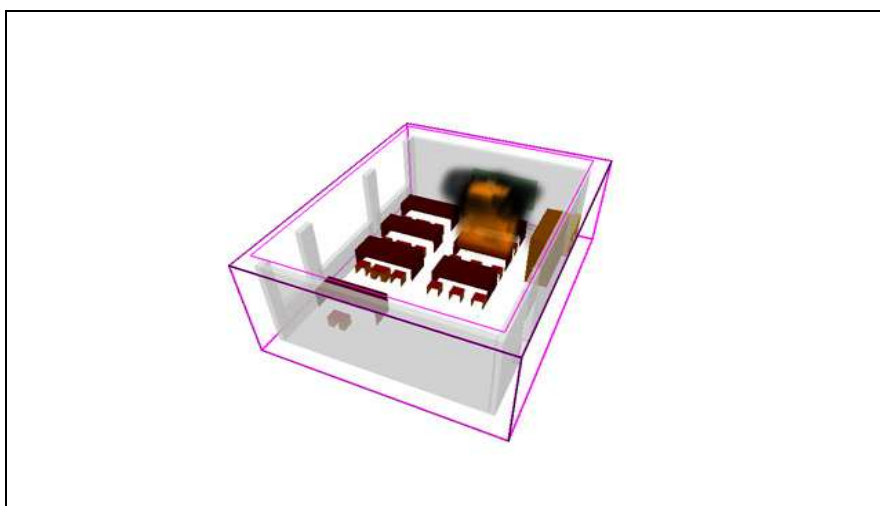
Табела 3.6.4 Комплетан садржај лабораторије 113 са димензијама и врстом материјала

Број објеката	Објекат	Димензије	Материјал
19	столица	0.4 m x 0.4 m x 0.4 m (0.5 cm дебљина)	иверица
7	сто	2 m x 0.8 m x 0.75 m (3.5 cm дебљина)	иверица
1	већи ормар	1.8 m x 1.0 m x 2.0 m	храст
1	мањи ормар	1.5 m x 1.0 m x 1.0 m	храст
1	под	8.9 m x 6.8 m x 0.0 m (1.5 cm дебљина)	бор
1	табла	2.5 m x 1.27 m x 1.08 m (2.0 cm дебљина)	иверица

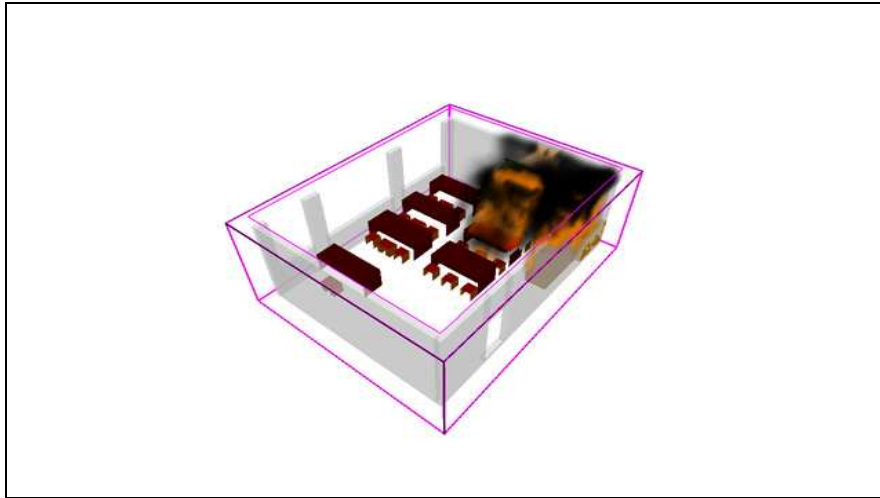
Због наведеног садржаја лабораторијског инвентара, претпоставља се да расподела температуре неће бити униформна што подразумева чињеницу да ни расподела температура које се могу прочитати на зидовима лабораторије неће бити униформна што се може регистровати поменути термопаровима распоређеним по зидовима. Пошто су столови од иверице, претпоставка је да ће симулација показати доста дима. Поменуто време трајања симулације омогућило је добијање великог броја слика симулације у одговарајућим временским тренуцима. Приказ симулације у одређеним временским тренуцима представљен је на сликама 3.6.16 до 3.6.18 док је приказ расподеле температуре у зависности од положаја термопарова представљен на сликама од 3.6.19 до 3.6.24.



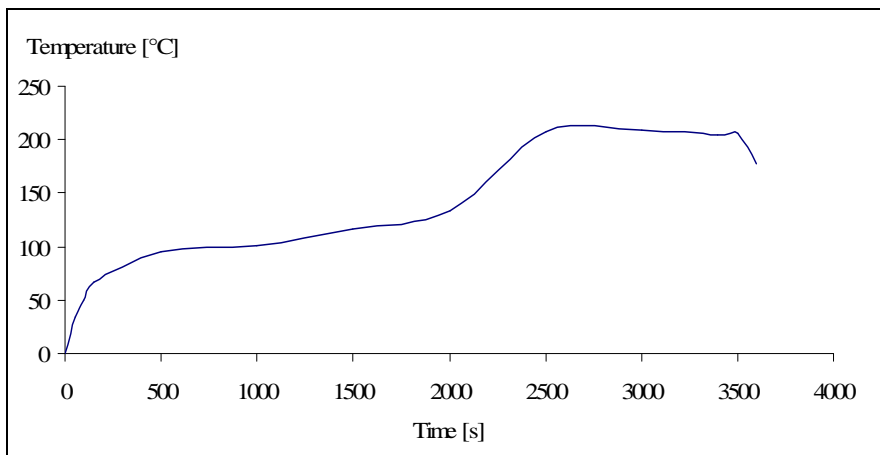
Слика 3.6.16. Симулациони модел лабораторије 113 у Електротехничкој школи „Никола Тесла“ у Нишу у софтверу *SmokeView* после 500 секунди од почетка пожара



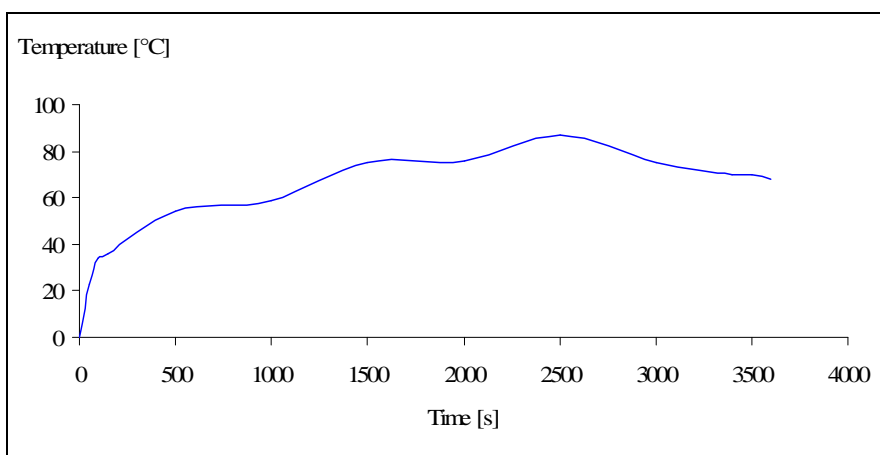
Слика 3.6.17. Симулациони модел лабораторије 113 у Електротехничкој школи „Никола Тесла“ у Нишу у софтверу *SmokeView* после 1500 секунди од почетка пожара



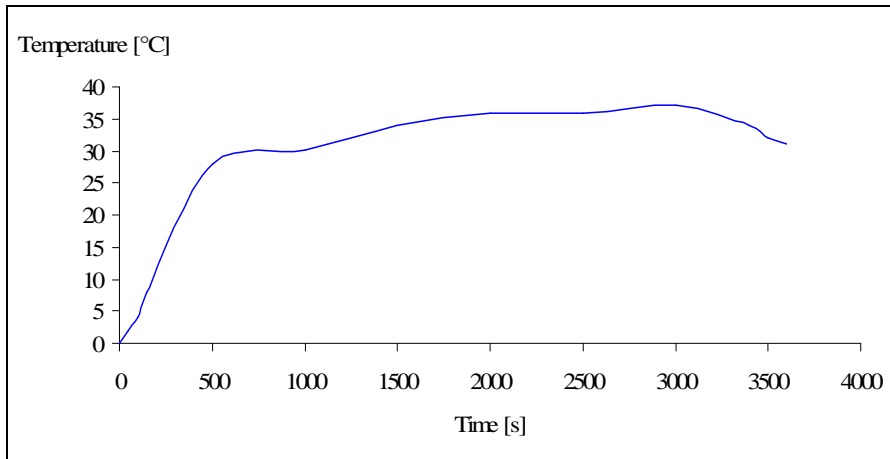
Слика 3.6.18. Симулациони модел лабораторије 113 у Електротехничкој школи „Никола Тесла“ у Нишу у софтверу SmokeView после 3500 секунди од почетка пожара



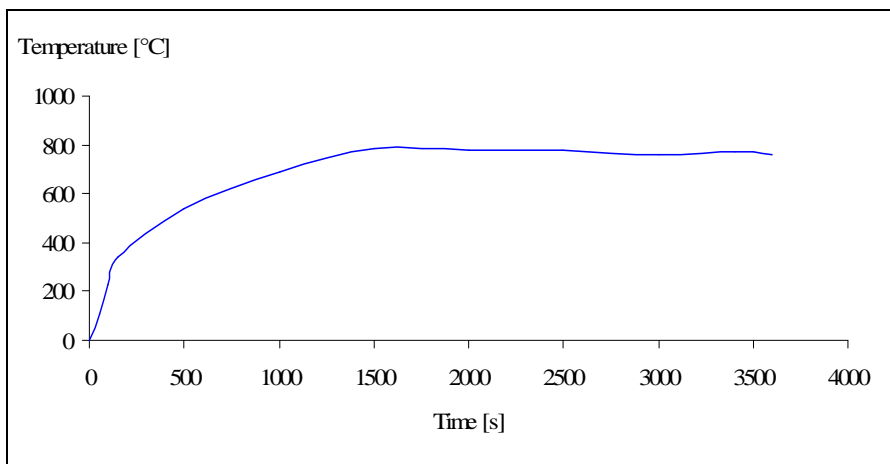
Слика 3.6.19. Симулациони резултати за термопар који је био постављен на зиду са таблом на висини од 1.1 m



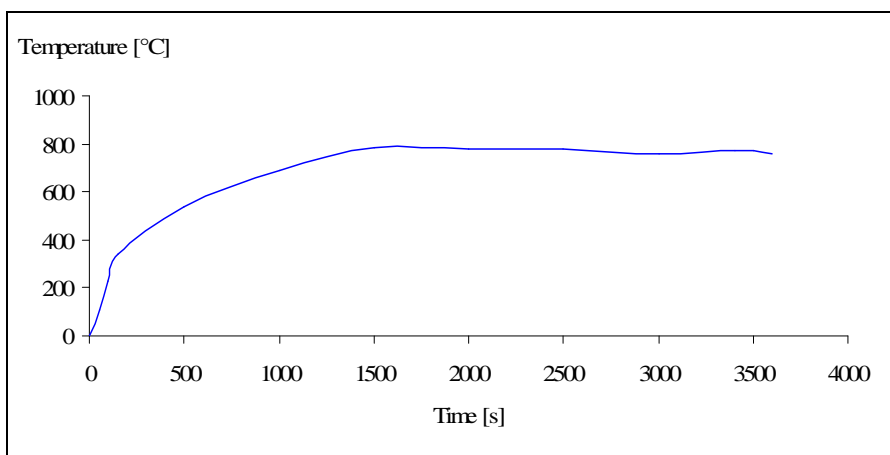
Слика 3.6.20. Симулациони резултати за термопар који је био постављен на зиду са улазним вратима на висини од 1.1 m



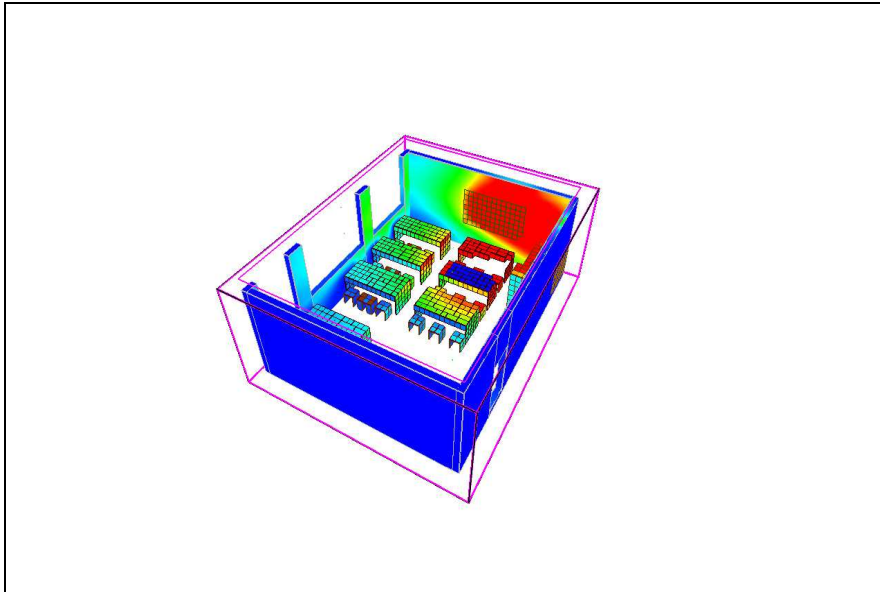
Слика 3.6.21. Симулациони резултати за термопар који је био постављен на зиду насупрот зида са таблом на висини од 1.1 m



Слика 3.6.22. Симулациони резултати за термопар који је био постављен на зиду са прозорима на висини од 1.1 m



Слика 3.6.23. Симулациони резултати за термопар који је био постављен директно изнад стола са извором ватре на висини од 1.1 m

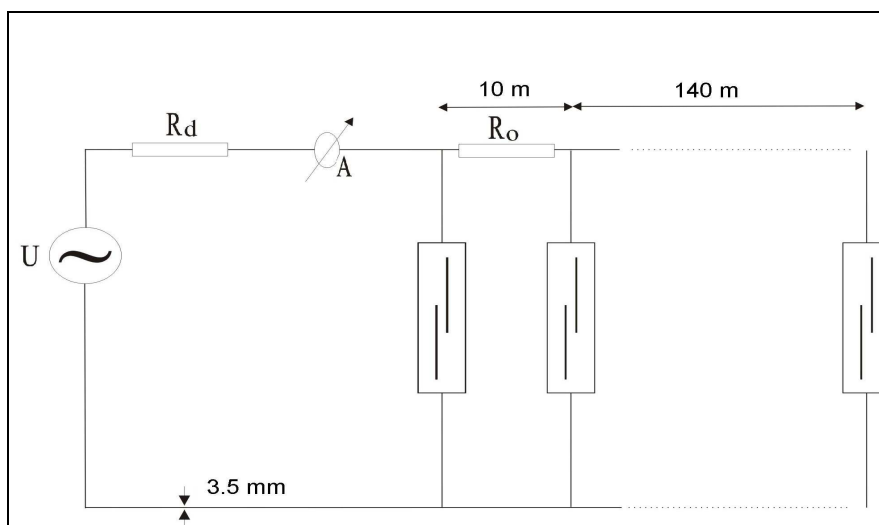


Слика 3.6.24. Температурна расподела по зидовима лабораторије 113 у Електротехничкој школи „Никола Тесла“ у Нишу добијена симулацијом

Резултати до којих се дошло експериментом и симулацијом показују да би практична реализација употребе коаксијалних каблова у спрези са електричним мостовима било једноставно решење ниске цене које би могло да се примени у лабораторијама и другим сличним просторијама за правовремено упозорење настанка пожара. Каблови би се као детектори поставили око лабораторије, са унутрашње стране, на одређеној висини од пода, у зависности од садржаја лабораторије или сличне просторије.

3.7. Одређивање места пожара помоћу нетипичног електричног вода

Резултати експеримента реализовани су у Електротехничкој школи „Никола Тесла“ у Нишу, у лабораторији 113 и ходнику дугом 67 метара који повезује лабораторију и остатак дела школе, при нормалној влажности и температури амбијента од $T=20.7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Нетипични електрични вод коришћен у овом експерименту био је укупне дужине 152 m и конструисан је од бакарне жице пречника 1.5 mm и специфичне отпорности $\rho = 0.0178\text{ }\Omega\text{mm}^2/\text{m}$. На сваком десетом метру овог вода налазиле су се каскаде са биметалним елементима, паралелно везане. Између каскада уметнути су отпорници вредности $R_o=100\text{ }\Omega$ док је на почетку кола уметнут отпорник $R_d=500\text{ }\Omega$. Напон напајања кола добијен је помоћу АС извора од $U=24\text{ V}$. Жице вода су целом дужином облепљене PVC траком (тада је укупна дебљина износила 3.5 mm) а потом поново облепљене, целом дужином, изолационом траком. Мерни уређај коришћен у колу је мултиметар УТ61d. Електрична шема реализованог вода приказана је на слици 3.7.1.



Слика 3.7.1. Електрична шема нетипичног вода коришћеног у експерименту

Идеја експеримента је била у томе да је вод отворен, при чему су биметални контакти подешени да реагују на одговарајућу температуру. Експеримент је реализован за температуре од 40, 50, 60, 70, 80 и 90 $^{\circ}\text{C}$. Уколико би одговарајућа температура довела до реакције биметалног контакта, дошло би до провођења струје коју би регистровао мерни инструмент. Мерењем струје могло би да се дође до приближне удаљености места где је настао температурни поремећај, односно биметалног контакта који је реаговао.

Комбиновањем са пар израза може се доћи до приближног израза за одређивање даљине на којој се десила промена температуре у односу на почетак кола:

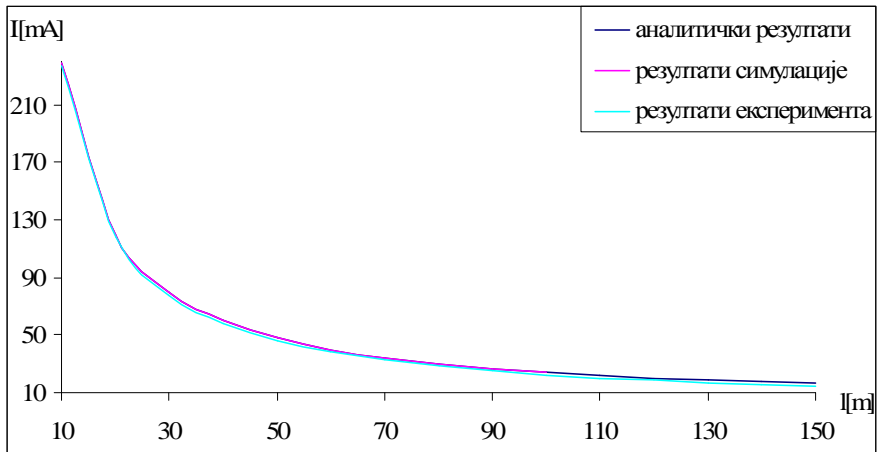
$$l = \left(\frac{U}{I} - R_d - R_k - nR_o - R_a \right) \frac{S}{2\rho}. \quad (3.7.1)$$

У претходном изразу, $R_k \approx 0.12 \Omega$ и представља отпорност контаката биметала, n представља број отпорника R_o у зависности од растојања, док $R_a \approx 0.1 \Omega$ представља унутрашњу отпорност инструмента. U представља напон напајања; I јачину струје кроз мерни инструмент; S површину попречног пресека бакарног проводника док ρ представља специфичну отпорност бабра. Сви елементи вода, као што су биметални контакти, изолационе траке, бакарни проводници набављени су на отпадима у близини Ниша тако да је цена конструкције оваквог једног нетипичног вода занемарљива, а уз то иде и чињеница да су коришћени материјали намењени за рециклажу.

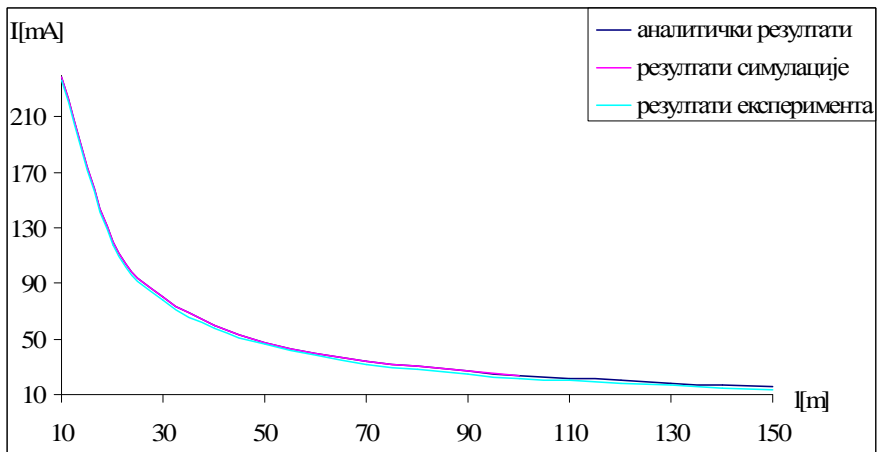
Реализовани нетипични вод постављен на растојању од 50 cm од пода у ходнику Електротехничке школе „Никола Тесла“ у Нишу представљен је на слици 3.7.2 док су зависности струје инструмента од удаљености за температуре од 40, 50, 60, 70, 80 и 90 °C представљене на сликама од 3.7.3 до 3.7.8.



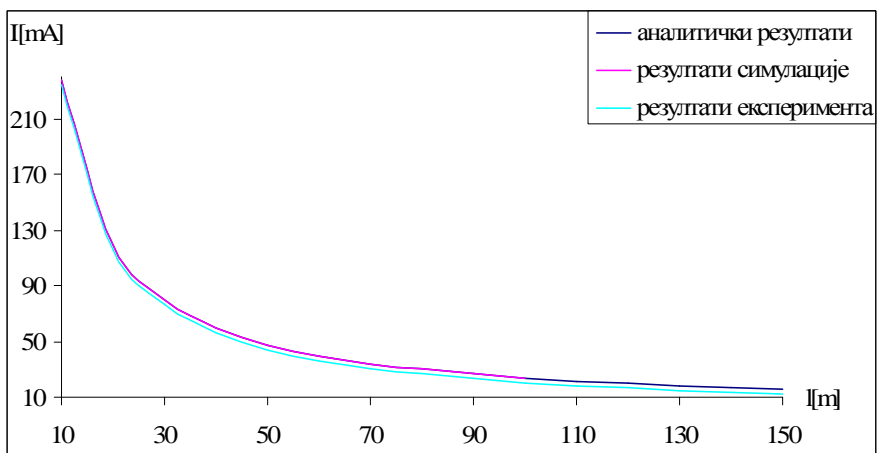
Слика 3.7.2. Реализовани вод постављен на растојању од 50 cm од пода у ходнику Електротехничке школе „Никола Тесла“ у Нишу



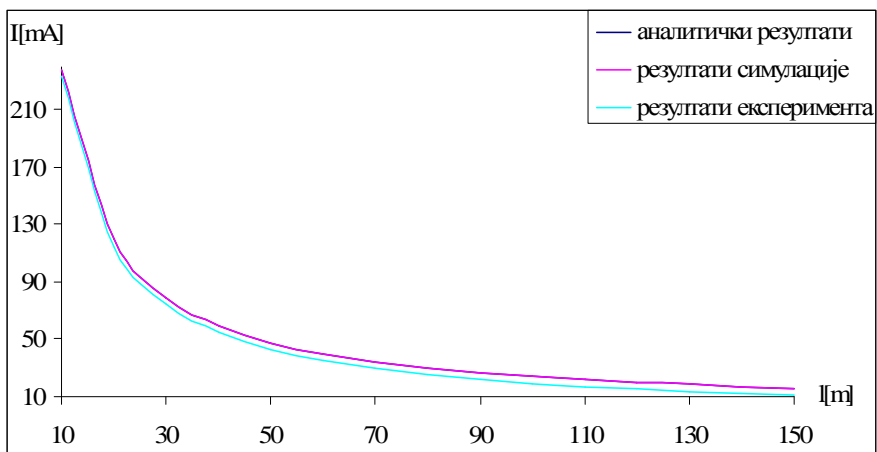
Слика 3.7.3. Аналитички резултати, резултати симулације и резултати експеримента за температуру од 40 °C



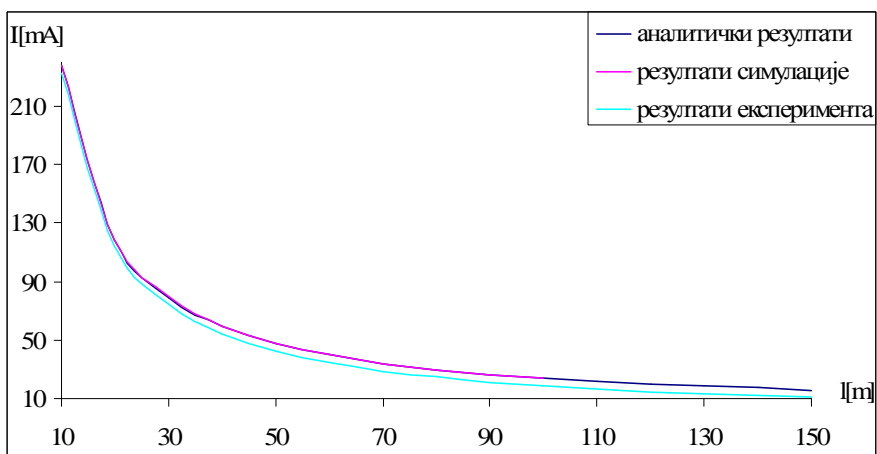
Слика 3.7.4. Аналитички резултати, резултати симулације и резултати експеримента за температуру од 50 °C



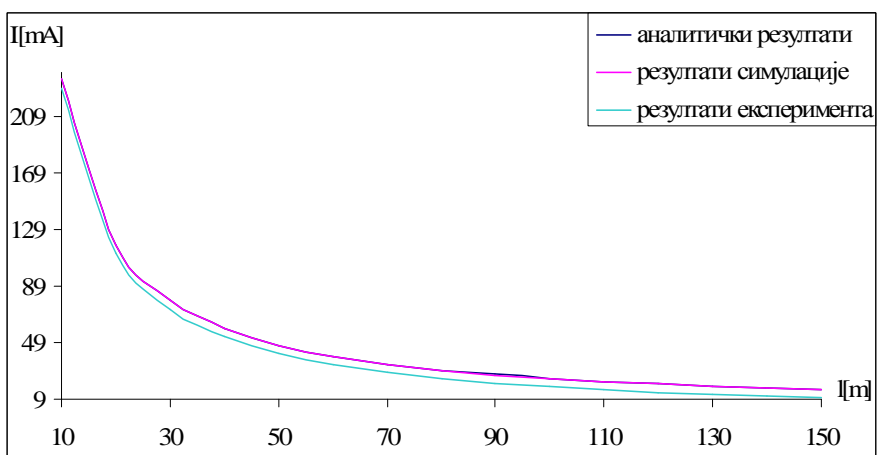
Слика 3.7.5. Аналитички резултати, резултати симулације и резултати експеримента за температуру од 60 °C



Слика 3.7.6. Аналитички резултати, резултати симулације и резултати експеримента за температуру од 70 °C



Слика 3.7.7. Аналитички резултати, резултати симулације и резултати експеримента за температуру од 80 °C



Слика 3.7.8. Аналитички резултати, резултати симулације и резултати експеримента за температуру од 90 °C

Реализовани резултати приказани на претходним сликама показују да се даљина на којој је дошло до пожара може прецизно одредити на веома једноставан начин, преко промене струје која протиче кроз одговарајући мерни инструмент, са веома једноставном инсталацијом и веома ниском ценом.

Вредности јачина струја кроз инструмент су се кретале од 238 до 15.9 mA за аналитички и симулационо реализоване резултате а од 236 до 14 mA за мерене резултате, за температуру од 40 °C. За температуру од 50 °C вредности јачина струја кроз инструмент су се кретале од 238 до 15.9 mA за аналитички и симулационо реализоване резултате а од 236 до 13.8 mA за мерене резултате. За температуру од 60 °C вредности јачина струја кроз инструмент су се кретале од 238 до 15.9 mA за аналитички и симулационо реализоване резултате а од 234 до 12.5 mA за мерене резултате. За температуру од 70 °C вредности јачина струја кроз инструмент су се кретале од 237.9 до 15.9 mA за аналитички и симулационо реализоване резултате а од 233 до 11.2 mA за мерене резултате. За температуру од 80 °C вредности јачина струја кроз инструмент су се кретале од 237.5 до 15.8 mA за аналитички и симулационо реализоване резултате а од 232.7 до 10.6 mA за мерене резултате. За температуру од 90 °C вредности јачина струја кроз инструмент су се кретале од 235 до 15 mA за аналитички и симулационо реализоване резултате а од 229 до 19.6 mA за мерене резултате.

Мала разлика између аналитичких, симулационих и мерених резултата је била очекивана. Због провере, реализовани су аналитички и симулациони резултати у програмима SmokeView, WorkBench 5.12, PSPICE 5.1, Vissim 6.0 и Microsoft Math 3.0. Једноставност елемената коришћених у експерименту условила је и једноставност реализације одговарајућег аналитичког и симулационог модела.

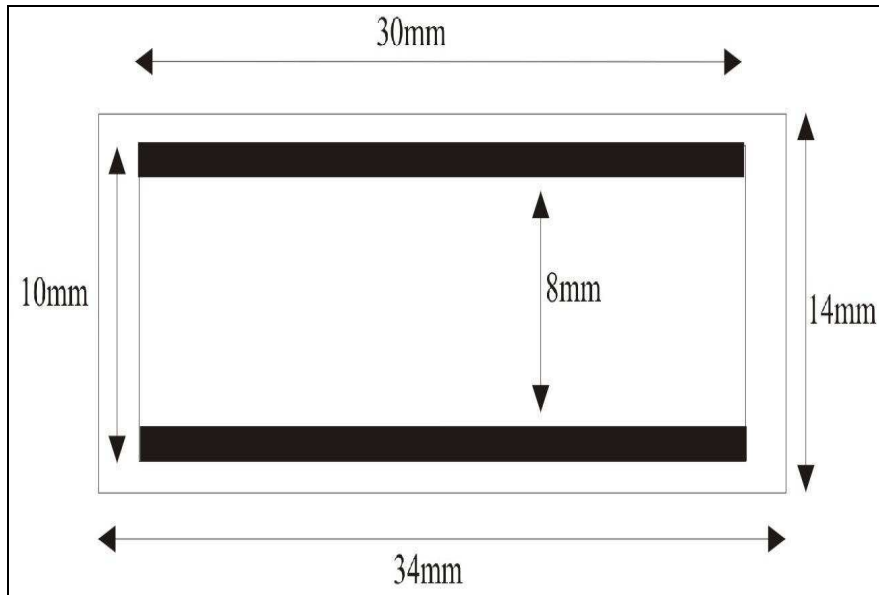
За практичну реализацију овог експеримента веома је битно да биметални контакти буду изоловани од продора воде, прашине и сл. да би коректно радили. То исто важи и за потенциометре који се налазе на биметалним контактима помоћу којих се врши подешавање одговарајућих температура. У овом експерименту, изолација биметалних контаката и потенциометара је реализована помоћу изолационих PVC трака и пластичних елемената, док би за неке другачије услове било потребно обезбедити бољу и трајнију изолацију.

Мале димензије, лака инсталација, лака замена, коришћење елемената за рециклажу уз велике могућности надоградње и усавршавања омогућавају веома широк спектар примене оваквог начина одређивања локације пожара.

3.8. Одређивање места провале помоћу нетипичног електричног вода са уравнотеженим и неуравнотеженим електричним мостом

Циљ експеримента био је реализација нетипичног електричног вода који ће служити као потенцијални детектор у неком систему за заштиту од провале. Карактеристика детектора је да промена неког његовог параметра доводи до одговарајуће промене неког електричног параметра у одговарајућем електричном колу. Овај нетипични електрични вод је реализован у лабораторији 113 и ходнику дугом 67 метара испред лабораторије у Електротехничкој школи „Никола Тесла“ у Нишу при температури амбијента од $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и нормалној влажности.

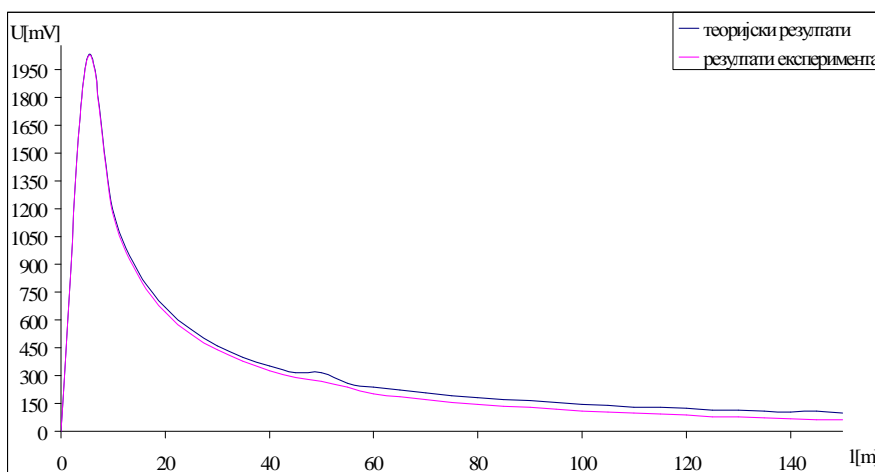
Укупна дужина од 150 m за експерименталне потребе реализована је од тридесет истих делова дужине 5 m. Нетипични електрични вод се састоји од две алуминијумске плочице, димензија 30 mm x 1 mm x 5000 mm, које су физички одвојене гуменим деловима на сваком метру растојања, димензија 30 mm x 10 mm x 50 mm. Између сваког дела од 5 m дужине, залемљен је по један отпорник од 100 Ω . Гумени делови својом еластичношћу омогућавају да не дође до кратког споја уколико нека сила није деловала на вод (мисли се на силу која притиска вод са горње стране, зато што је вод намењен за полагање у земљу или испод одговарајуће газне површине, као што је ламинат или паркет). Ови делови такође омогућавају да се вод врати у пређашње стање после деловања нагазне силе која не треба да га активира (прелаз особља преко вода, на пример). Вод је отворен док не дође до притиска, односно гажења по њему. Ово је реализовано због ограничених техничких могућности у лабораторији и веома лаког преношења, монтирања и инсталирања око одговарајућег објекта, поготово ако је тај објекат полигоналног облика. Овако реализовани водови се лако залеме један за други и у електротехничком смислу представљају отпорнике, паралелно и редно повезане, у зависности од места где је дошло до кратког споја. Спољашњи део вода реализован је од меког PVC материјала, дебљине 2 mm. За додатну изолацију се може користити и изолир трака али она у овом експерименту није коришћена. Попречни пресек овог нетипичног електричног вода има облик правоугаоника, димензија 34 mm x 10 mm. Попречни пресек оваквог нетипичног електричног вода са димензијама приказан на слици 3.8.1.



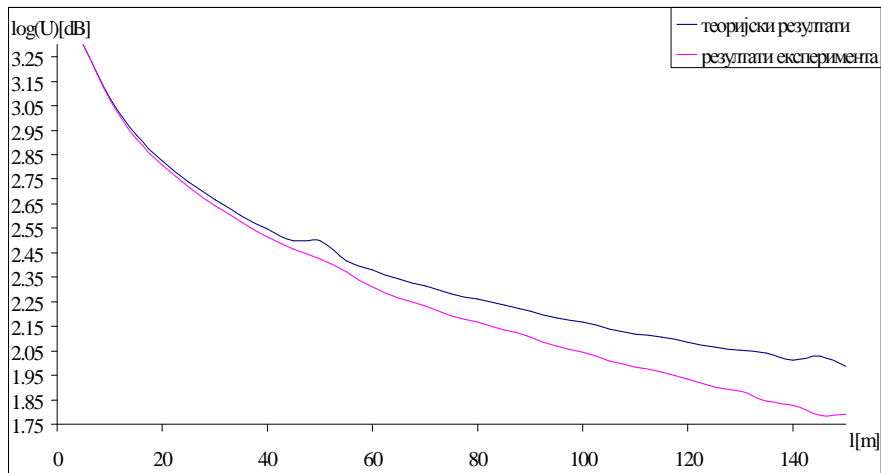
Слика 3.8.1. Изглед реализованог нетипичног електричног вода

Овакав нетипични електрични вод се може прикључити на неко мостно коло напајано једносмерним или наизменичним извором. За потребе овог експеримента коришћена су два мостна кола: уравнотежено мостно коло и неуравнотежено мостно коло.

Код уравнотеженог мостног кола, које се састојало од четири отпорника, сви отпорници су имали вредности од 100Ω . Један од отпорника био је везан паралелно за поменути нетипични електрични вод, који је у радном режиму отворен. Теоријски и експериментални резултати за уравнотежено мостно коло и одговарајућа логаритамска расподела, приказани на сликама 3.8.2 и 3.8.3.

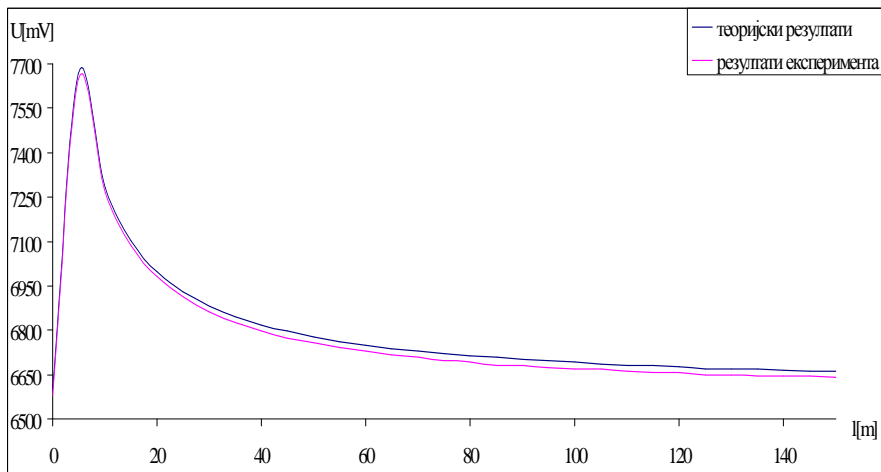


Слика 3.8.2. Теоријски резултати и резултати експеримента за уравнотежено мостно коло

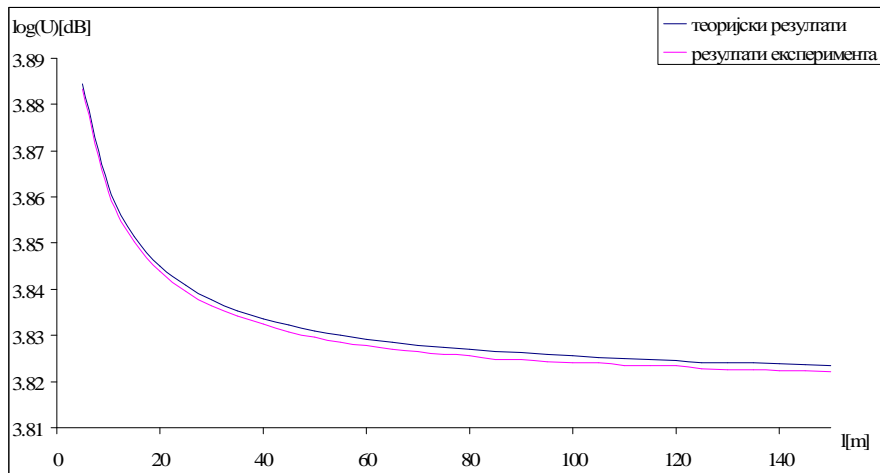


Слика 3.8.3. *Логаритамска расподела теоријских резултата и резултата експеримента са слике 3.8.2*

Код неуравнотеженог мостног кола, отпорници су имали вредности од 100, 200, 300 и 100 Ω . И у овом случају је последњи отпорник вредности 100 Ω био паралелно везан за поменути вод. Мерења су вишеструко поновљена. Електрична шема кола је слична шеми на слици 3.6.9 само што су уместо кондензатора употребљени отпорници и уместо наизменичног извора једносмерни извор напајања. Теоријски и експериментални резултати за неуравнотежено мостно коло и одговарајућа логаритамска расподела, приказани на сликама 3.8.4 и 3.8.5.



Слика 3.8.4. *Теоријски резултати и резултати експеримента за неуравнотежено мостно коло*



Слика 3.8.5. Логаритамска расподела теоријских резултата и резултата експеримента са слике 3.8.4

Резултати овог експеримента су показали да нетипичан електрични вод приказане конструкције може послужити као детектор у систему за заштиту од провале у комбинацији са одговарајућим хардвером, који је овога пута представљао уравнотежени и неуравнотежени мост. Велики избор мостова, једноставност конструкције, лака монтажа, ниска цена, коришћење материјала намењених за рециклажу и могућност надоградње омогућавају широк спектар примене једног оваквог нетипичног електричног вода.

4. Анализа резултата

У овој глави дата је анализа резултата експеримената везаних за примену нетипичних електричних водова у системима за заштиту од пожара и провале представљених у глави 3.

4.1. Анализа резултата примене типичних и нетипичних електричних водова који се односе на заштиту од пожара

Реализовани резултати у поглављима 3.2, 3.4, 3.6 и 3.7 су показали како се нетипични електрични водови и одговарајући каблови могу применити за правовремено и релативно прецизно одређивање места на коме је дошло до пожара.

Резултати приказани у поглављу 3.2 показали су како се применом технике импулсне рефлектометрије на коаксијални кабл може одредити локација пожара. Пошто је у питању систем који ради у реалном времену, одговарајућа термичка промена која би се јавила на каблу била би одмах регистрована што је веома битно за правовремено одређивање локације пожара. Међутим, у овом случају, резултати су показали да се због особина кабла који је коришћен и принципима на којима се заснива импулсна рефлектометрија, тек на вишим температурама, од 74 до 104 °C, може релативно прецизно одредити место на коме је дошло до термичког поремећаја на каблу. Ови резултати су приказани на сликама од 3.2.6 до 3.2.9. На нижим температурама, што је приказано на сликама од 3.2.2 до 3.2.5 скоро да нема никаквих детектованих промена на основу којих би се могло доћи до закључка да је дошло до значајног термичког поремећаја. Оно што још може бити проблем је и графичка интерпретација резултата, јер због принципа рада ове технике може доћи до тога да се уместо термичког поремећаја детектује неки други вид поремећаја, као што је отпорни квар на каблу, нагњечење кабла или нешто слично. Ово се наравно може избећи уколико се узму фиксне дистанце које се посматрају у одговарајућим корацима од, на пример, десет метара, тако да се наведене појаве са одговарајућом тачношћу могу елиминисати. Посебна погодност код оваквог начина детектовања термичког поремећаја је праћење ситуације у реалном времену. Многи рефлектометри имају могућност, уз коришћење одговарајућег софтвера, преношења података на рачунар уз одговарајући графички приказ што се може изузетно искористити за потребе упозорења и активирања одговарајућег аларма. Могућност снимања резултата за неку каснију анализу је још један позитиван фактор везан за употребу оваквог начина детектовања. Овакав начин детектовања омогућава постављање кабла као детектора на тешко доступна места. Овакав начин се, због поменутих недостатака, мора употребљавати у комбинацији са неком другом методом или

конфигурацијом, као што је на пример Де Сотијев мост. Практична реализација подразумевала би примену у објектима са високом температуром (индустрија, топионице, фарбаре и сл.).

Приказани резултати у поглављу 3.4 показали су како се мерењем одговарајућих параметара на одређеним местима на воду може одредити место термичког поремећаја. Претпоставка која је овде потврђена је била да ће променом температуре на одређеном делу вода доћи до промене неких параметара на воду као што су напон, струја, капацитивност, отпорност, импеданса и слично који се могу детектовати односно мерити одговарајућим инструментима. То наравно није исто за све водове због њихових карактеристика, конструкције, намене и слично. Због тога су у оквиру експеримента тестирани наведени водови. Резултати мерења одговарајућих струја на водовима су показали да се термички поремећај најбоље може детектовати код коаксијалног кабла RG 178 В/U, што је приказано на слици 3.4.4 а најслабије код коаксијалног кабла RG U/6, што је приказано на слици 3.4.3. Овакав начин детектовања носи неколико проблема, од којих су највећи слабија могућност детектовања на више од 60 % дужине од укупне дужине коаксијалног кабла, што подразумева употребу знатно веће дужине коаксијалног кабла него што је потребно, као и употребу многобројне опреме компликоване за ношење и инсталацију. У конкретним случајевима, за дужине каблова од 200 m, прецизна детекција повећане температуре је била могућа, у најбољем случају, до неких 120 m. Наравно, употребом одговарајућег хардвера и одговарајућих техника овај недостатак се донекле може ублажити.

Резултати обимног експеримента у поглављу 3.6 показују како се употребом коаксијалних каблова у комбинацији са одговарајућим електричним мостовима, уравнотеженим и неуравнотеженим, може реализовати детекција пожара. Температурне промене на коаксијалним кабловима изазивају појаву одговарајућих струја у мерним уређајима у електричним мостовима које се могу измерити и на основу којих се могу планирати одговарајуће алармне реакције. И код овог експеримента тестиране су различите врсте каблова: RF 75-3-1, RF 75-4-5, и RF 75-7-9, чије су дужине због ограничених техничких могућности у лабораторији, биле 50 m. На основу добијених резултата везаних за јачину струја кроз инструмент у случају уравнотеженог и неуравнотеженог електричног моста може се дефинисати гранична температура која ће

довести до одговарајуће алармне реакције. Мостови се могу лако конструисати са минималном ценом коштања. Због претпоставке да пожар може захватити широк део простора, излагане дужине ватри биле су од 0.1 до 10 метара. Временски одзиви тестираних каблова били су различити али су омогућавали правовремену реакцију за сваки кабл. Као потврда експеримента, реализована је симулација у софтверу FDS и PyroSim 2012. Симулација је подразумевала ширење пожара по лабораторији 113 која се налази у оквиру Електротехничке школе „Никола Тесла“. Лабораторија са комплетним инвентаром и коаксијални каблови су представљени одговарајућим симулационим моделима. Резултати симулације представљени на сликама од 3.6.19 до 3.6.23 су показали да пораст температуре одговарајућег дела лабораторије може довести до пораста температуре кабла на величину која је довољна да се изазове одговарајућа алармна реакција.

Резултати приказани у поглављу 3.7 показали су употребу нетипичног електричног вода за одређивање локације пожара. Нетипични електрични вод се састоји од бакарне жице и одговарајућих биметалних контаката осетљивих на промену температуре. У циљу потврђивања добијених резултата, паралелно са резултатима експеримента, реализовани су и аналитички резултати и резултати симулације. У зависности од температуре на одговарајућем биметалном елементу, кроз мерни инструмент протиче одговарајућа струја на основу које се може одредити локација пожара. Лака монтажа, ниска цена уградње, коришћење рециклажних материјала, велике могућности надоградње и имплементација у постојеће системе за заштиту од пожара су главне предности оваквог начина детектовања настанка пожара.

4.2. Анализа резултата примене типичних и нетипичних електричних водава који се односе на заштиту од провале

Реализовани резултати у поглављима 3.1, 3.3, 3.5 и 3.8 су показали како се нетипични електрични водави и одговарајући каблови могу применити за правовремено и релативно прецизно одређивање места на коме је дошло до провале.

Резултати приказани у поглављу 3.1 показали су како се применом технике импулсне рефлектометрије на коаксијални кабл може одредити локација провале. Пошто је и у овом случају у питању систем који ради у реалном времену, одговарајућа промена која би се јавила на каблу била би одмах регистрована што је веома битно за правовремено одређивање локације провале. Реализовани резултати су показали веома прецизно одређивање локације провале са минималном грешком везаном за графичку интерпретацију добијених резултата на импулсном рефлектометру. Физички поремећај који изазива одговарајућу промену на каблу је притисак на кабл који се може остварити тако што се кабл нагази или притисне. Посебна погодност код оваквог начина одређивања локације провале јесте елиминација лажних аларма у зависности од тежине која притиска изложени кабл, а такође и праћење ситуације у реалном времену. Многи рефлектометри имају могућност, уз коришћење одговарајућег софтвера, преношења података на рачунар уз одговарајући графички приказ што се може изузетно искористити за потребе упозорења и активирања одговарајућег аларма. Могућност снимања резултата за неку каснију анализу и овде представља још један позитиван фактор везан за употребу оваквог начина детектовања. Овакав начин детектовања омогућава постављање кабла као детектора на ретко очекивана места на којима провалник не би био свестан да је откривен.

Резултати реализовани у поглављу 3.3 показали су како се применом промене капацитивности коаксијалних каблова може детектовати провала. Промена капацитивности изазива протицање струје одређене јачине унутар електричног кола. Физички поремећај који изазива промену капацитивности је притисак на кабл који се може остварити тако што се кабл нагази или притисне. Предности оваквог начина детектовања су једноставност израде, ниска цена израде, максимално покривање штићеног простора са великом вероватноћом активирања аларма, скоро потпуно елиминисање лажних аларма. Код овог начина детектовања не може се детектовати локација места на

коме је дошло до поремећаја али то не умањује његову ефикасност јер се може применити за објекте типа силоса, магацина и сличних објеката.

Резултати приказани у поглављу 3.5 показали су како се применом нетипичног електричног вода може заштити одређени објекат у виду заштитне оgrade. Промена капацитивности нетипичног електричног вода реализованог у лабораторији доводи до одговарајуће промене јачине струје кроз мерни инструмент што се лако може детектовати. Физички поремећај који изазива промену капацитивности је бочни притисак односно сила на нетипични електрични вод који се може остварити тако што се нетипични електрични вод постави као заштитна ограда око објекта или део заштитне оgrade. Локација места провале се не може утврдити али се врло брзо може утврдити да је дошло до саме провале што овакву конфигурацију упућује на објекте мањих димензија и као додатни вид заштите неком већ инсталираном систему заштите од провале. Пошто се састоји из делова, овај вод се лако монтира и преноси. Лажни аларми у виду утицаја ветра, метеоролошких прилика или неког другог фактора који може до њих довести су елиминисани на основу измереног опсега сила које могу деловати на вод. Ради провере добијених резултата приликом експеримента реализована је симулација у одговарајућем софтверу чији се резултати незнатно разликују од резултата експеримента.

Резултати приказани у поглављу 3.8 показали су како се применом нетипичног електричног вода може заштити одређени објекат у виду заштитне нагазне баријере. И код овог нетипичног вода промена капацитивности нетипичног електричног вода доводи до промене јачине струје кроз мерни инструмент уравнотеженог или неуравнотеженог електричног моста. Физички поремећај који изазива промену капацитивности је директни притисак односно сила која делује на нетипични електрични вод а који се може остварити тако што се нетипични електрични вод постави као заштитна баријера око објекта или унутар објекта тако да провалник мора негде нагазити поменути вод и тиме изазвати одговарајућу алармну реакцију. Код оваквог начина заштите могуће је одредити локацију места провале, односно локацију места где је провалник нагазио на вод. Лака монтажа, ниска цена као и чињеница да се баријера може саставити од делова и имати произвољну контуру чине овакав начин заштите веома погодним на местима која представљају прилаз објекту.

5. Закључак

У овој глави дата су закључна разматрања везана за употребу типичних и нетипичних вода у системима за заштиту од пожара и провале.

Реализовани резултати у овој докторској дисертацији су показали како се одређени коаксијални каблови и други нетипични електрични водови могу применити у системима за заштиту од пожара и провале. Резултати су остварили два основна циља.

Први циљ је одређивање места поремећаја, било да се ради о термичком поремећају у оквиру система за заштиту од пожара или о поремећају типа притиска у оквиру система за заштиту од провале. Овај циљ је од великог значаја када треба обезбедити заштиту објеката код којих је једна димензија знатно већа од друге, на пример дужина знатно већа од ширине или код објеката код којих се због природе њихове намене не може приступити сваком његовом делу, као што су тунели и магацини. Досадашња решења давала су само правовремену реакцију без могућности тачног или приближног одређивања места поремећаја и огледала су се у изради компликованих система са мноштвом детектора, пропатног хардвера, видео и аудио опреме да би се остварила сврха заштите.

Други циљ је правовремено упозоравање на одређени поремећај које доводи до одговарајуће алармне реакције са минималном појавом лажних аларма. Поред тога, реализовани резултати показују да су решења која су представљена у овој докторској дисертацији економична и лако остварљива у техничком смислу. Цена израде и инсталације предложених водова није висока а могу се употребити и многи делови који представљају потрошени материјал што наглашава рециклажу већ искоришћених материјала.

Предложена решења остављају много простора и могућности за надградњу у циљу побољшања ефикасности заштите као и у циљу побољшања одређивања локације одговарајућег поремећаја. У експериментима су коришћени углавном електрични мостови, што свакако не значи да се не могу употребити нека друга електрична кола или одговарајуће комбинације електричних кола са елементима неелектричног карактера. Такође, нетипични електрични водови се могу реализовати и на бази промене неке друге електричне величине, као што је на пример индуктивност.

Будућа истраживања ће бити фокусирана на усавршавање предложених решења, њихову имплементацију у одговарајуће системе за заштиту, имплементацију са одговарајућим хардвером и софтвером као и коришћење неких других нетипичних водова неелектричног типа као што су оптички каблови који су показали низ предности када је у питању заштита објекта. Такође, велика пажња биће посвећена софтверу за симулацију

пожара и симулацију евакуације, што представља незамењиви алат када је у питању економичност извођења експеримената као и предвиђање и увид у могуће ситуације које би имале катастрофалан исход по питању људских живота и материјалних вредности.

6. Литература

Списак коришћене литературе, која обухвата књиге, часописе, радове из часописа и зборника радова, радове са конференција и симпозијума, WEB странице, стандарде, прописе и правилнике дат је у овој глави.

6.1. Књиге; часописи; радови из часописа и зборника радова; радови са конференција и симпозијума

1. Allocca, I., Stuard, A.: *Transducers*, Prentice Hall, Reston, 1982.
2. Analog Devices Inc.: *Analog IC Data Book*, Vol. 10, Norwood, 1990.
3. Анђелковић, М. Б., Крстић, М. И.: *Технолошки процеси и животна средина*, Факултет заштите на раду у Нишу, Ниш, 2002.
4. Антић, Д., Голо, Г.: *Програмски пакети за симулацију динамичких система*, Кантакюзин, Ниш, 1996.
5. Arata, M.J.: *Perimeter Security*, McGraw-Hill, 2006.
6. Babrauskus, V.: *Ignition Handbook*, Fire Science Publishers/Society of fire, 2003.
7. Bakshi, U. A., Bakshi, A. V., Bakshi, K. A.: *Electrical Measurements*, 2008.
8. Baxter, L. K.: *Capacitive Sensors - Design and Applications*, IEEE Press Series on Electronics Technology, 1997.
9. Bell, A. D.: *Electronic Instrumentation and Measurements*, 2nd ed., Prentice Hall, 1994
10. Благојевић М., Радовановић Р.: *Улога сензора у техничким системима заштите*, Полиција, безбедност и високотехнички криминал - тематски зборник, Криминалистичко-полицијска академија у Београду, пп. 79-96, ISSN 0354-8872 , Београд, 2010.
11. Благојевић, Ђ. М., Јевтић, Б. Р.: *Experimental results of burglary disturbance determination realized by impulse reflectometer TX 6000*, 56th ETRAN CONFERENCE, Златибор, 2012.
12. Благојевић, Ђ. М., Јовановић, Ж.: *Прилог историји заштите од пожара*, Заштита у пракси, „Југозаштита-Београд“, пп.31-34, Београд, 2004.
13. Благојевић, Ђ. М., Ристић, Ј., Симић, Ђ.: *Системи за откривање и дојаву пожара*, Факултет заштите на раду у Нишу, Ниш, 2002.
14. Благојевић, Ђ. М.: *Алармни системи*, Факултет заштите на раду у Нишу, Ниш, 2011.
15. Божић, Д. М.: *Прорачун електромагнетног поља савремених енергетских водова*, магистарска теза, Ниш, 1999.
16. Bragg, G.: *Principles of Experimentation and Measurement*, Prentice Hall, 1976.
17. Bukowski, R. W., Moore W. D.: *Fire Alarm Signaling Systems*, 3rd edition, NFPA, 2003.

18. Buchanan, A. H.: *Fire Engineering Design Guide*, University of Canterbury, New Zeland, 2001.
19. Величковић, Д. М. и Цветковић, Ж. З.: *Нови системи за остваривање електростатичке заштите простора*, IV Научни скуп Човек и животна средина, Факултет заштите на раду у Нишу, Ниш, пп. 187-196, 1985.
20. Величковић, Д. М.: *Електромагнетика*, Ниш, 1994.
21. Вучић, В. М.: *Основна терења у физици*, Научна књига, Београд, 1990.
22. Gardner, J.: *Microsensors*, J. Wiley, New York, 1994.
23. Grant, J.: *Intruder Alarms*, 2nd edition, Paramount Publishing Limited, 1991.
24. Green, D.: *Modern Logic Design*, Addison-Wesley Publishing Company, 1986.
25. Група аутора, *Хемијски и физички подаци и величине*, Издавачка кућа Рад, Београд, 1987.
26. Gurevich, V.: *Electric Relays- Principles and Applications*, CRC press, 2006.
27. Данковић, Б., Антић, Д., Јовановић, З.: *Управљање процесима-идентификација процеса*, Електронски факултет у Нишу, Ниш, 1996.
28. De Silva, C.: *Control Sensors and Actuators*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1989.
29. Димитријевић, Б.: *Електрична мерења*, Научна књига, Београд, 1990.
30. Doebelin, E.: *Measurements Systems*, Mc Graw Hill, New York, 1990.
31. Dunn, W. C.: *Introduction to instrumentation, sensors, and process control*, Artech house, inc., 2006.
32. Ђукић, П.: *Сензори и мјерни претварачи*, Свеучилиште у Сплиту- Одјел стручних студија, Сплит, 2004.
33. Живковић, Д.: *Мијерни поступци с кабелским мијерним колима*, Хрватска електропривреда д.д., Осиек, 1999.
34. Живковић, Д.: *Мијерни поступци с кабелским мијерним колима*, Хрватска електропривреда д.д., Осиек, 1999.
35. Илић, А. Д., Петковић, Р. А., Петковић, Д. М., Цветковић, Ж. З. и Илић, С. С.: *Практична реализација заштите од електромагнетних стетњи електричних уређаја*, Зборник радова са XII Националног научног скупа и III Међународне конференције Ризик Технолошких Система, RISK `97, Ниш, пп. 99-102, 1997.

36. Јевтић, Б. Р., Благојевић, Ђ. М.: *Simulation of the school object evacuation*, Техника електротехника, Вол 2, пп. 365-370, ИССН 0040-2176, Београд, 2013.
37. Јевтић, Б. Р., Благојевић, Ђ. М.: *Fire disturbance detection of coaxial cable by impulse reflectometer TX6000*, 20th Telecommunications Forum TELFOR 2012, Београд, 2012.
38. Јевтић, Б. Р., Благојевић, Ђ. М.: *Linear fire detection realized by no typical electrical line*, 57th ETRAN CONFERENCE, Златибор, 2013.
39. Јевтић, Б. Р., Благојевић, Ђ. М.: *Linear fire detection with distance determination using coaxial cables*, 19th Telecommunications Forum TELFOR 2011, Београд, 2011.
40. Јевтић, Б. Р., Благојевић, Ђ. М.: *Possible appliance of impulse reflectometry on fire and burglary protection systems based on non-typical electrical lines*, 56th ETRAN CONFERENCE, Златибор, 2012.
41. Јевтић, Б. Р., Ничковић, Т.Ј., Јевтић, Д.Д.: *Притена капацитивности коаксијалног кабла у системима за заштиту од провале*, 54. Конференција ЕТРАН 2010, Доњи Милановац, 2010.
42. Јевтић, Б. Р., Ничковић, Т.Ј.: *Simulation of residential object evacuation*, 57th ETRAN CONFERENCE, Златибор, 2013.
43. Јовановић, Д., Томановић, Д.: *Динамика пожара*, Факултет заштите на раду у Нишу, Ниш, 2002.
44. Јовановић, Ђ. В.: *Електротехника и Електрична мерења*, Научна књига, Београд,
45. Литовски, Б. В., Лазовић, М. С.: *Електроника I-други део*, Наука, Београд, 1991.
46. Литовски, Б. В., Лазовић, М. С.: *Електроника I-први део*, Наука, Београд, 1991.
47. Литовски, Б. В., Петковић, М. П., Миловановић, П. Д., Миленковић, Љ. С., Дамњановић, М. Д.: *САДЕС 1*, Научна књига, Београд, 1989.
48. Литовски, Б. В., Петковић, М. П., Миловановић, П. Д., Миленковић, Љ. С., Дамњановић, М. Д.: *САДЕС 2*, Научна књига, Београд, 1992.
49. Маринковић, М.: *Утицај величине прореза кошуљице различитог облика на параметре коаксијалног вода*, ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОНИ ФОРУМ ТЕЛФОР 2008, Београд, 2008.
50. *Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook*, CRC Press, 2000.
51. Merton, W. B., Roux, R. J.: *NFPA Pocket Guide to Fire Alarm and Signaling System Installation*, NFPA, 2006.

52. Milnes, A. G.: *Semiconductor devices and integrated electronics*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1980.
53. Миловановић, В. Г., Ђорђевић, Ж. Р.: *Математика за студенте техничких факултета -први део*, Наука, Београд, 1992.
54. Миловановић, В. Г.: *Нумеричка анализа I, II,III*, Научна књига, Београд, 1988.
55. Митриновић, Д., Михаиловић, Д., Васић, П.: *Линеарна алгебра, Полиноми, Аналитичка геометрија*, Грађевинска књига, Београд, 1983.
56. Михаиловић, Д.: *Елементи математичке анализе*, Завод за издавање уџбеника Социјалистичке Републике Србије, Београд, 1963.
57. Михаиловић, Д.: *Елементи математичке анализе II*, Научна књига, Београд, 1979.
58. Morris, A. S., *Measurement and Instrumentation Principles*, Butterworth-Heinemann, 2001.
59. National Institute of Standards and Technology, *Fire Dinamic Simulator*, 2010.
60. Ничковић, Т. Ј., Јевтић, Б. Р.: *Analysis of results the measurements and simulation results of electric and magnetic field of highline*, 18th Telecommunications Forum TELFOR 2010, Београд, 2010.
61. Pallas-Areny, R., Webster, J.: *Sensors and Signal Conditioning*, J. Wiley, New York, 1991.
62. Park, K., Bang, Y.: *Materials in electronics*, 2003.
63. Петковић, Д. М.: *Електростатичко поље у радној и животној средини*, Факултет заштите на раду у Нишу, Ниш, 2005.
64. Petruzzellis, T.: *Alarm, Sensor & Security Circuit Cookbook*, TAB Books, 1994.
65. Поповић, Б. Д.: *Зборник радова из електромагнетике*, Београд, 1988.
66. Поповић, Б. Д.: *Електромагнетика*, Грађевинска књига, Београд, 1980.
67. Поповић, М., Живковић, Д.: *Импулсна и дигитална електроника*, Наука, Београд, 1995.
68. Поповић, М.: *Сензори течности и гасова*, Завод за уџбенике и наставна средства, Српско Сарајево, 2003.
69. Поповић, С. В.: *Мерења у телекомуникацијама и електроници*, Грађевинска књига, Београд, 1967.
70. *PSpice Circuit Analysis, Version 4.05*, MicroSim Corporation, 1991.

71. Радовановић, Р., Благојевић, М.: *Системи физичко-техничке заштите*, изводи са предавања, Криминалистичко-полицијска академија у Београду, 2008. - 2010.
72. Радовић, Р.: *Системи за мерење и контролу*, Универзитет у Нишу, Ниш, 1978.
73. Радошевић, Н.: *Хемијски и технолошки приручник*, Техничка књига, Београд, 1968.
74. Ripka, P., Tipek A.: *Modern Sensors Handbook*, ISTE Ltd., 2007.
75. Siemens, *Silicon Temperature Sensors and Pressure Sensors*, Databook, 1991.
76. Silvester, P. P., Ferrari, R. L.: *Finite elements for electrical engineers*, Cambridge University Press, 1990.
77. Станковић, Д.: *Физичко техничка мерења-сензори*, Београд, 1997.
78. Сурутка, Ј.: *Електромагнетика*, Београд, 1989.
79. Тасић, Д.: *Основи електроенергетске кабловске технике*, Електронски факултет у Нишу, Ниш, 2001.
80. Тешић, С.: *Дигитална електроника*, Нучна књига, Београд, 1989.
81. Тош, З., Феља, И.: *Мијерења на телекомуникационим кабелима*, Загреб, 2001.
82. Trimmer, W.: *Understanding and servicing alarm systems*, Butterworth-Heinemann, 1999.
83. Fennelly, L. J.: *Effective Physical Security*, Elsevier, 2004.
84. Helfrick, A. D., Cooper, W. D.: *Modern Electronic Instrumentation and Measurements Techniques*, Prentice Hall, 1994.
85. Honey, G.: *Intruder alarms*, Elsevier, 3nd ed., 2007.
86. Hörneman, E., Hübscher, H., Jagla, D., Larisch, J., Müller, W., Pauly, V.: *Electrical power Engineering Proficiency Course*, Deutche Gesellschaft fur Technishe Zusammenarbeit, Germany, 1988.
87. Hyde, F.: *Thermistors*, Iliffe Books, London, 1971.
88. Capel, V.: *Security Systems & Intruder Alarms*, 2nd ed., Newnes, 1999.
89. Capel, V.: *Home Security*, 2nd ed., Newnes, 1997.
90. Carvel, R., Beard, A.: *The Handbook of Tunnel Safety*, Thomas Telford, London, 2005.
91. Cote, E. A., Bugbee, P.: *Principles of Fire Protection*, NFPA, 1988.
92. Cumming, N.: *Security - a guide to security system design and equipment selection and installation*, Butterworth-Heinemann, 1994.

93. Chirilian, P. M.: *Electronic circuits, Principles, Analysis and Design*, McGraw' Hill Book Company, 1971.
94. Wakerly, J. F.: *Digital Design Principles and Practices*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990.
95. Webster, G. J. ed., *Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook*, CRC Press LLC, 1999.
96. Wilson, J.: *Sensor Technology Handbook*, Elsevier, 2005.

6.2. WEB stranice

1. <http://bib.irb.hr/prikazi-rad?rad=104886>
2. http://bk.docsity.com/sr-dokumenti/Elektricna_merenja-Skripta-Energetika_Mostovi_
3. <http://content.met.police.uk/Site/crimepreventionbumblebee>
4. http://en.wikipedia.org/wiki/Burglar_alarm
5. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Burglaries_per_1,000_pop.svg
6. http://en.wikipedia.org/wiki/Fire_safety
7. <http://homes.yahoo.com/news/protect-home-from-burglars-005405786.html>
8. <http://pharmanetwork.rs teme/istrazujemo/665-kako-se-zastititi-od-krade>
9. <http://rigips.rs/index.php?id=22&mod=pis&pid=22>
10. <http://saznajlako.com/tag/najveci-pozari-u-istoriji/>
11. http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/fire-protection-systems-NA/firestop/
12. <http://thecrimepreventionwebsite.com/gardens-lighting-access-and-alarms/501/burglar-alarms-advice/>
13. <http://www.sh.wikipedia.org/wiki/Pozar>
14. <http://www.adt.com/home-security/solutions/monitoring/home-security-packages>
15. <http://www.akter.co.rs/weekly/kolumna/70-srbija-u-plamenu.html>
16. <http://www.alertelectrical.com/cat/29/burglar-alarm-pirs-and-detectors>
17. <http://www.alibaba.com/showroom/cable-burglary-alarm.html>
18. <http://www.alo.rs/vesti/hronika/jak-pozar-i-eksplozija-u-beogradu-povredene-tri-osobe/21829>
19. <http://www.amazon.co.uk/BOSCH-Detector-Burglar-Alarm-System/dp/B001LP1KHK>
20. <http://www.arcelect.com/fibercable.htm>
21. <http://www.arhivzrenjanin.org.rs/izlozbe/Izlozba%201/dokument%20svedocanstvo....htm>
22. <http://www.b92.net/info/vesti/index.php?>
23. <http://www.banham.co.uk/intruder-alarms-burglar-alarms/>
24. <http://www.barinfo.me/text.php?kategorija=1&id=941>
25. <http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/firesafety/pages/fire-safety.aspx>

26. <http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/firesafety/fire-detection/fibrolaser-linear-heat-detection/pages/fibrolaser-linear-heat-detection.aspx>
27. http://www.buscomp.co.rs/pages/sistemi_alarmne_zastite
28. <http://www.bznr.org/viewtopic.php?p=3081&sid=110bd14504512f3a629f242ec54f31d1>
29. <http://www.corning.com/CableSystems/OpticalCablesbyCorning/products/thunderbolt.aspx>
30. <http://www.crimedoctor.com/home-security.htm>
31. <http://www.crimepreventionproducts.co.uk/home-security/wireless-burglar-alarms/motion-detection-wireless-burglar-alarm-with-autodialer>
32. <http://www.ebay.co.uk/gds/Installing-a-DIY-Burglar-Alarm-system/10000000002983779/g.html>
33. http://www.ekobel.net/index.php?option=com_k2&view=itemlist&layout=category&task=category&id=30&Itemid=83
34. http://www.ekobel.net/index.php?option=com_k2&view=itemlist&layout=category&task=category&id=30&Itemid=83
35. http://www.en.wikipedia.org/wiki/Optical_fiber_cable
36. http://www.epcos.com/web/generator/Web/Sections/ProductCatalog/Sensors/Sensors,locale=en.html?wt.srch=1&wt.mc_id=GAWCeramicComponents&wt.seg_1=sensors&gclid=CKnFy7Wmr7gCFdHMTAodWDsALw
37. <http://www.eudict.com/?lang=croeng&word=elektronska%20i%20elektrostaticka%20zastita>
38. <http://www.eusecholding.eu/sr/index.php?q=node/16>
39. <http://www.fike.com/products/fdlhd.asp>
40. <http://www.fireprotection.co.uk/>
41. <http://www.fire-protection.com.au/FireDetection/DigitalLinearDetection.aspx>
42. <http://www.fks.co.rs/fks/nova/tkl/optika/optika.htm>
43. http://www.google.rs/?gws_rd=cr&ei=QmkwUoGKK8KXtAbBu4CoBQ#q=pozar+slike
44. <http://www.google.rs/search?q=avioni+za+gasenje+pozara&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=VGkwUtz-A4SWtAabn4GYBQ&ved=0CCcQsAQ&biw=1280&bih=599>

45. http://www.gradjevinarstvo.rs/TekstDetaljiURL/Sistemi_protivpo%C5%BEarne_za%C5%A1tite_u_enterijeru_%E2%80%93_RAVAGO_LAMBDA_SR.aspx?ban=820&tekstid=2783
46. http://www.hochikieurope.com/Products/ESP/esp_sensors_1.htm
47. <http://www.howstuffworks.com/fiber-optic.htm>
48. http://www.hrbi.hr/_images/files/izdavastvo_59.do
49. <http://www.hvhipot.com/product-76>
50. <http://www.jrsa.org/programs/Historical.pdf>
51. <http://www.kac.co.uk/final/Down-call.htm>
52. <http://www.kanal9tv.com/2012/09/11/protivpozarni-standardi-u-privredi/>
53. <http://www.kiddefiresystems.com/utcfs/Templates/Pages/Template-53/0,8062,pageId%3D958%26siteId%3D383,00.html>
54. http://www.kombeg.org.rs/aktivnosti/udr_gradjevinarstva/Detaljnije.aspx?veza=7779
55. <http://www.koreni.net/modules.php?name=News&file=article&sid=3089>
56. <http://www.laborrights.org/creating-a-sweatfree-world/resources/bangladesh-fire-and-building-safety-agreement>
57. <http://www.lineardetection.com/>
58. <http://www.lios-tech.com/Menu/DE.TECT/Application/DE.TECT++Fibre+Optic+Linear+Heat+Detector+for+Fire+Detection>
59. <http://www.mellanox.com/page/cables>
60. <http://www.mlfire.com/>
61. <http://www.netiks.rs/fiber-optiki-kablovi-single-mode-i-multimode/>
62. http://www.netnovine.com/rss_blic_vesti_dana.php
63. <http://www.novosti.rs/.../srbija.73.html:439799-Pozar-u-vozu-nema-povređenih>
64. http://www.okradio.rs/vesti/svetske/najveci-pozar-u-istoriji-sad_18216.html
65. <http://www.optickikablovi.com/>
66. <http://www.pathfindersonline.org/honors/recreation/64-fire-building-and-camp-cookery>
67. <http://www.pkv.co.rs/node/871>
68. <http://www.police.tas.gov.au/services-online/pamphlets-publications/residential-burglary-prevention/>

69. <http://www.poslednjavest.com/smediars/ruski-avioni-gase-pozar-na-tari-vatra-kod-surdulice-lokalizovana-foto.html>
70. <http://www.pozar.co.rs/uploads/pdf/istorijski-razvoj-opreme-za-zastitu-od-pozara.pdf>
71. <http://www.pozar-elektrotehna.co.rs/>
72. <http://www.protectowire.com/>
73. <http://www.quadel.rs/pages/sr/adresibilni-sistemi-za-dojavu-pozara/alpha-2100.php?lang=SR>
74. <http://www.rpk-kraljevo.co.rs/node/411>
75. <http://www.safefiredetection.com/products/linear-heat-detection>
76. <http://www.scambusters.org/homeburglary.html>
77. http://www.shopmontexel.com/mp/index.php?option=com_content&task=view&id=56&Itemid=196
78. http://www.shopmontexel.com/mp/index.php?option=com_content&task=view&id=56&Itemid=196
79. <http://www.siemens.rs/bt/>
80. <http://www.sigurno-voziti.net/ponasanje/ponasanje15.htm>
81. <http://www.skandalozno.com/najvece-pljacke-u-istoriji-prvi-deo/>
82. <http://www.smedia.rs/vesti/vest/113411/Pozar-Moskva-Metro-Rusija-PANIKA-U-TUNELU-Izbio-pozar-vozovi-ostali-zaglavljani-evakuisano-4500-ljudi-VIDEO.html>
83. <http://www.smedia.rs/vesti/vest/98508/Pozar-Suvobor-Pozari-u-Srbiji-Pozari-u-Srbiji-Gori-na-Tari-evakuacija-gradjana-VIDEO.html>
84. <http://www.stepen.rs/index.php?idstr=114>
85. <http://www.survival.about.com > ... > Survival Basics>
86. <http://www.systemsensor.com/pdf/I56-3039.pdf>
87. <http://www.tagor.rs/>
88. <http://www.tanjug.rs/>
89. <http://www.technosector.rs/protivprovala-i-za%20A1tita-od-kra%20C4%91e.html>
90. <http://www.tycoemea.com/English/products/fire/Zettlermzxsensorlaser.asp>
91. http://www.vatrogasci-novisad.org.rs/pozari_istorija.html
92. <http://www.vatrosprem.co.rs/protivpozarni-aparati/>
93. <http://www.wesellelectrical.co.uk/burglar-alarm-pirs-and-detectors>

94. <http://www.which.co.uk/home-and-garden/home-improvements/guides/how-to-choose-a-burglar-alarm-contract/>
95. http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=services&sub=standards_regulations&pag=fire&art=library&niv01=fit
96. <http://www.youtube.com/user/nfpadot.org>

6.3. Стандарди, прописи и правилници

1. BS 5839-1:2002, *Fire detection and fire alarm systems for buildings. Code of practice for system design, installation, commissioning and maintenance*, 2002.
2. BS 5839-6: *Fire Detection and Alarm Systems for Buildings. Code of Practice for the Design and Installation of Fire Detection and Alarm Systems in Dwellings*, 2004.
3. EN 50398, *Alarm systems - Combined and integrated systems - General requirements*, 2009.
4. EN 54-1, *Fire detection and fire alarm systems. Introduction*, 1996.
5. EN 54-2, *Fire detection and fire alarm systems - Part 2: Control and indicating equipment*, 1997.
6. EN 54-9, *Components of automatic fire detection systems. Methods of test of sensitivity to fire*, 1982.
7. EN 54-11, *Fire detection and alarm systems - Manual call points*, 2001.
8. IEC 60839-1-1, *Alarm systems, Part 1: General requirements, Section One: General*, 1988.
9. ISO 7240, *Fire Detection and Alarm systems - Part 1: General and Definitions*, 2005.
10. ISO 7240: *Fire detection and fire alarm systems - Part 2: Control and indicating equipment*, 2003.
11. ISO 7240: *Fire detection and alarm systems - Part 4: Power supply equipment*, 2003.
12. ISO 7240: *Fire detection and alarm systems - Part 5: PPoint-type heat detectors*, 2003.
13. ISO 7240, *Fire detection and alarm systems - Part 9: Test fires for fire detectors*, 2006.
14. ISO 7240, *Fire detection and alarm systems - Part 10: Point type flame detectors*, 2007.
15. ISO 7240, *Fire detection and alarm systems - Part 12: Line-type smoke detectors using a transmitted optical beam*, 2006.
16. ISO 7240, *Fire detection and alarm systems - Part 14: Guidelines for drafting codes of practice for design, installation and use of fire detection and fire alarm systems in and around buildings*, 2003.
17. JUS EN 54-8, *Компоненте система за аутоматско откривање пожара - Део 8: Спецификација за детекторе топлоте у подручју високих температура*, 1994.
18. JUS N.S6.111, *Алармни системи - Противпровални алармни системи - Општи технички захтеви за детекторе*, 1989.

19. JUS N.S6.200, *Елементи система за аутоматско откривање пожара - Општи појмови и дефиниције*, 1985.
20. JUS N.S6.211, *Елементи система за аутоматско откривање пожара - Детектори топлоте - Тачкасти детектори са статичким елементом*, 1985.
21. NFPA 72, *National Fire Alarm Code, 1999 Edition*, NFPA, 1999.
22. NFPA 720, *Recommended Practice for the Installation of Household Carbon Monoxide (CO) Warning Equipment*, NFPA, 1998.
23. *Правилник о техничким нормативима за стабилне инсталације за дојаву пожара*, Службени лист СРЈ, бр. 87/93., 1993.
24. *Fire Protection Design Criteria*, DOE-STD-1066-99, 1999.
25. *Fire Protection For Facilities Engineering, Design, and Construction*, MIL-HDBK-1008C, 1997.

7. Биографија аутора

У овој глави дати су основни подаци о аутору докторске дисертације.

Мр Радоје Јевтић рођен је у Алексинцу 21.09.1973. Завршио је основну школу Едвард Кардељ у Нишу (1980-1988), затим природно математичку гимназију Светозар Марковић у Нишу (1988-1992) са одличним успехом, а потом и Електронски факултет у Нишу, где је дипломирао јуна 2000. године на смеру Аутоматика и електроника. Последипломске студије уписује на Факултету заштите на раду 2005 године, а потом, 05.06.2009. године успешно брани магистарску тезу под називом „*Расподела електромагнетног поља фреквенција мобилних комуникација у човеку*“.

Завршио је курсеве научно стручног усавршавања из *Сигурности рачунарских мрежа*, *Одржавања рачунарских мрежа*, *PLC контролера и Даљинског управљања расклопних уређаја*, као и курс стручно педагошког усавршавања CARDS који спроводи немачка консултанска кућа GOPA преко Европске агенције за реконструкцију.

Аутор је и реализатор семинара „*Електромагнетно зрачење у животној и радној средини*“ у оквиру стручног усавршавања просветних радника који је заведен под редним бројем 721 у каталогу а одобрен од стране Завода за унапређивање образовања и васпитања Републике Србије.

Аутор је великог броја научних и стручних радова, чланака и текстова.

Аутор је књиге „*Electromagnetic radiation in living and working environment*“ , ISBN 978-3-659-27167-0, објављене од стране издавачке куће Lambert Academic Publishing, Germany. (<https://www.lap-publishing.com/catalog/search>)

Говори, чита и пише енглески језик, а служи се немачким и латинским језиком.

Вишеструки је давалац крви (преко 80 пута) због чега је награђиван бројним признањима.

Учесник је бројних педагошко-спортских такмичења због чега је награђиван бројним признањима и медаљама.

Носилац је црног појаса у каратеу.

Ожењен је и отац је двоје деце.

Живи у Нишу у улици Булевар Немањића 70/13 и ради као професор стручних предмета у ЕТШ Никола Тесла.

Контакт:

тел: 018/203024, моб.тел. 063 759 019 3

e-mail: milan.jvtc@gmail.com

8. Изјаве аутора

У овој глави дате су изјаве о ауторству, истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације и коришћењу.

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је докторска дисертација, под насловом : „**Заштита од пожара и провале применом нетипичних електричних водава**“

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација, ни у целини, ни у деловима, није била предложена за добијање било које дипломе, према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио ауторска права, нити злоупотребио интелектуалну својину других лица.

У Нишу, 23.12.2013. године

Аутор дисертације:

Радоје Б. Јевтић

Потпис докторанда

**ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Име и презиме аутора:

Радоје Јевтић

Студијски програм:

Заштита од пожара

Наслов рада:

Заштита од пожара и провале применом нетипичних електричних водова

Ментор:

Милан Благојевић

Изјављујем да је штампана верзија моје докторске дисертације истоветна електронској верзији, коју сам предао за уношење у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци, који су у вези са добијањем академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада, и то у каталогу Библиотеке, Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Нишу, као и у публикацијама Универзитета у Нишу.

У Нишу, 23.12.2013. године

Аутор дисертације:

Радоје Б. Јевтић

Потпис докторанда

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Никола Тесла“ да, у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, унесе моју докторску дисертацију, под насловом: **„Заштита од пожара и провале применом нетипичних електричних водава“**, која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао сам у електронском формату, погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију, унету у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучио.

1. Ауторство
2. Ауторство – некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

У Нишу, 23.12.2013. године

Аутор дисертације:

Радоје Б. Јевтић

Потпис докторанда
