

## МОДЕЛОВАЊЕ ЕКСПЕРИМЕНТА - ПРОДУЖНИ КАБЛОВИ УЗРОЦИ ПОЖАРА

*Божо Илић<sup>1</sup> Бранко Савић<sup>2</sup> Бранко Бабић<sup>3</sup> Саша Спаић<sup>4</sup>*

**Резиме:** Циљ овог рада јесте да се моделује (планира) експеримент којим би се утврдило који продужни каблови (од ког произвођача, ког попречног пресека и сл.) могу узроковати пожар када се преоптереће или чак када нису преоптерећени.

**Кључне речи:** продужни каблови, преоптерећење, температура, пожари, термографска камера.

### EXPERIMENT MODELING - EXTENSION CABLES CAUSES OF FIRE

**Abstract:** The aim of this paper is to model (plan) an experiment to determine which extension cables (from which manufacturer, which cross-section, etc.) can cause a fire when overloaded or even when they are not overloaded.

**Key words:** extension cables, overload, temperature, fires, thermographic camera.

#### 1. УВОД

Узрок пожара, представља начин на који се добија топлота и та топлота доводи до запаљиве материје, након чега настаје процес неконтролисаног сагоревања [1].

Топлота која може узроковати пожар може се добити на више начина [1]:

- од друге материје или предмета,
- хемијским реакцијама,
- претварањем механичке енергије у топлотну,
- претварањем електричне енергије у топлотну итд.

Топлота која узрокује пожар може се добити претварањем електричне енергије у топлотну (то су пожари узроковани електричном струјом), и то [1]:

- пражњењем атмосферског електрицитета,
- пражњењем статичког електрицитета и
- коришћењем електричне енергије.

Пожари узроковани коришћењем електричне енергије могу се поделити на [1]:

- пожаре узроковане кваровима у електричним инсталацијама,
- пожаре узроковане надземним електроенергетским водовима,
- пожаре узроковане електроенергетским постројењима итд.

Према статистичким подацима од укупног броја пожара 12,5% пожара у свету је узроковано коришћењем електричне енергије. Због тога је веома важно познавање опасности од пожара узрокованих коришћењем електричне енергије [2].

Према Џуловом закону количина топлотне енергије  $Q$  која се ослободи приликом протицања електричне струје кроз неки проводник директно је пропорционална отпорности тог проводника  $R$ , квадрату јачине струје  $I^2$  и времену протицања струје  $t$  [2]:

<sup>1</sup> Др, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Школска 1, e-mail: [ilic@vtsns.edu.rs](mailto:ilic@vtsns.edu.rs)

<sup>2</sup> Др, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Школска 1, e-mail: [savic@vtsns.edu.rs](mailto:savic@vtsns.edu.rs)

<sup>3</sup> Др, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Школска 1, e-mail: [babic@vtsns.edu.rs](mailto:babic@vtsns.edu.rs)

<sup>4</sup> Др, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Школска 1, e-mail: [spaic@vtsns.edu.rs](mailto:spaic@vtsns.edu.rs)

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t, \text{ J} \quad (1)$$

где је:

$I$  - јачине струје, у А

$R$  - отпорност проводника, у  $\Omega$

$t$  - време протицања струје, у s

Кварови или неправилности у електричним инсталацијама који могу узроковати пожар (односно довести до паљења запаљивих материјала) су [1]:

- прегревање (прекомерно загревање) проводника и уређаја кроз које протиче електрична струја,
- кратки спој (примарни и секундарни),
- велики прелазни отпор (због лоших електричних спојева),
- варничење и електрични лук (редни и паралелни),
- кварови у електричним уређајима (електротемичким уређајима, електромоторима итд.),
- спољашње загревање итд.

Узроци прегревања (прекомерног загревања) проводника и уређаја кроз које протиче електрична струја су [1]:

- струјно преоптерећење проводника,
- додатна топлотна изолација водова,
- лутајуће струје,
- значајан пораст напона изнад номиналне вредности итд.

Струјно преоптерећење проводника доводи до превеликог (недозвољеног) загревања изолације и слабљења (смањења отпорности) изолације чиме се стварају услови за настанак пробоја, односно квара и пожара. Настало преоптерећење највише утиче на контакте и на спојеве проводника, посебно ако нису правилно изведени, па до паљења изолације долази баш на тим местима [2].

Електрична струја при пролазу кроз проводник, или приликом коришћења у машинама и уређајима, делом се претвара у топлотну енергију, која може довести до оштећења изолације а тиме и до пожара. Свакој вредности електричне струје одговара одређена температура која може довести до оштећења изолације, а тиме и до пожара. Због тога тај пораст температуре мора бити ограничен, тј. температура не сме достићи тачку паљења изолације, околних предмета и материјала. Материјали у непосредној близини могу да буду различити: изолација, конструктивни елементи зграде, било које друге запаљиве и експлозивне материје [2].

Већина европских и национални прописа предвиђа да пораст температуре за електричне проводнике не сме бити већи од 25°C у односу на температуру околине. У табели 1 су дате највеће дозвољене температуре за различите типове изолације [3], [4].

Табела 1 – Највеће дозвољене температуре за различите типове изолације

Тип изолације	Највеће дозвољене температуре, °C
ПВЦ и природна гума	70°C на проводнику
Умрежени полиетилен и етил-пропилен	90°C на проводнику
Минерална (са ПВЦ омотачем или металним плаштем када се каблови додирују)	70°C на омотачу
Минерална (са металним плаштом када се каблови не додирују)	70°C на омотачу

До струјног преоптерећења проводника може доћи због:

- смањења попречног пресека финожичних проводника који су оштећени током употребе,
- неправилног димензионисања проводника,
- неправилног избора заштитних уређаја,
- продужних каблова лошег квалитета,
- „лицнованог“ осигурача,
- непажње руковаоца (нпр. због укоченог ротора),
- испада једне фазе,
- несиметричног оптерећења,
- виших хармоника струје,
- комбиновани кварови итд.

Струјно преоптерећење је ретко последица неправилно димензионисаних проводника већ, скоро редовно, нерегуларно прикључених потрошача. Чести су случајеви преоптерећења проводника у домаћинствима где је електрична инсталација димензионисана за мали број пријемника што је условило избор проводника малог попречног пресека. Временом су се домаћинства опремила са потрошачима велике снаге, инсталација није реконструисана, што има за последицу прегревање проводника и избијање пожара. Заштита аутоматским прекидачима или осигурачима искључује напајање уколико се струјно преоптерећење догоди. Једину поуздану заштиту од преоптерећења пружају оригинални осигурачи [2]!

Пракса у нашој земљи је показала да се на тржишту могу наћи неквалитетни продужни кабли кинеске производње, који се, иако декларисани за номиналну струју од 16 А, прегревају и пале при мањим струјним оптерећењима. Уколико су продужни кабли неквалитетно израђени (смањеног пресека проводника, неквалитетне електричне изолације, без заштитног проводника, са неквалитетно изведеним контактима итд.) ствара се могућност настанка квара на продужном каблу (преоптерећења и/или појаве врелих тачака на контактима унутар његовог кућишта) који може изазвати пожар. Најчешће показатељ да се ради о производима лошег квалитета и лоших сигурносних карактеристика који приликом кориштења могу довести до пожара и струјног удара, јесте ниска цена тих производа у односу на цене истих тих производа од другог произвођача [5], [6], [7].

Било какво спречавање одвођења топлоте са продужних каблова у околни простор, прекривањем продужних каблова робом или различитим материјалима, намотавањем продужних каблова који могу да створе неки облик спољне топлотне изолације, може изазвати прегревање и паљење продужних каблова чак и при нормалном струјном оптерећењу [2].

Правилно моделован експеримент се састоји само од оних експерименталних активности потребних за добијање планираног броја и врсте релевантних података потребних за потврду или оповргавање хипотезе. Зато приликом моделовања експеримента треба узети у обзир само оне податке који потврђују или одбацију неку хипотезу. Подаци који нису у функцији потврде или оповргавања хипотезе, без обзира на њихову евентуалну корисност, су резултат непрецизно моделованог експеримента.

Због тога што се често дешава да продужни кабли узрокују пожаре аутори овог рада су одлучили да изврше експериментална истраживања која би показали који би то кабли и при којем оптерећењу (врсти пријемника) узроковали пожар. Пошто су оваква истраживања доста сложена и опасна потребно, је прво планирати односно моделовати таква експериментална истраживања, што је и урађено у овом раду.

Експеримент је метод научног истраживања у којем се намерно и систематски мења нека појава (у овом случају струја оптерећења) да би се изазвала, а онда посматрала и мерила нека друга појава (у овом случају температура кабла), док се остали релевантни услови (у овом случају температура околног ваздуха) контролишу или пак изолују. Експериментална метода је поступак организованог посматрања, којим се предмет истраживања излаже више пута различитим условима у погледу струјног оптерећења, уз помно бележење промена (температуре кабла) које се при томе дешавају. Фактори који утичу на експеримент, а не узимају се у обзир називају се спољни фактори нпр. температура околног ваздуха (елеминишу

се или држе константним). Спољни фактори ремете утицај основних фактора смањујући тачност резултата.

Структуру екперимента чине:

- експериментатори (група истраживача који врше екперимент: професори, стручни сарадници и студенти са студијског програма Електротехника и Заштита од катастрофалних догађаја и пожара),
- предмет експеримента, то су продужни каблови различитих произвођача из различитих земаља (из Србије, Кине, Турске, Њемачке итд.), различитих дужина (1,5 m, 2 m, 3 m, 5 m), различитих номиналних струја, попречних пресека (0,75; 1; 1,5 и 2,5 mm<sup>2</sup>), нови и коришћени, сертификовани и несертификовани. Продужни каблови се састоје од:
  - напојног кабла,
  - кућишта са три или више утичнице,
  - пренапонске заштите (са Зенер диодом), која постоји код квалитетнијих каблова.
- средстава експеримента (опрема и прибор потребни за извођење експеримента).

## 2. ОПРЕМА И ПРИБОР ПОТРЕБНИ ЗА ИЗВОЂЕЊЕ ЕКСПЕРИМЕНТА

За извођење експеримента потребна је следећа опрема и прибор:

- амперметар, помоћу кога се мери струја кроз продужни кабал;
- волтметар, помоћу кога се мери напон на утичници на коју се прикључује продужни кабал;
- термографска камера, помоћу које се врше термографске снимања продужних каблова по целој дужини и уочавају места која имају највишу температуру;
- термометар, помоћу кога се мери температура околног ваздуха;
- ватрогасни апарати за гашење пожара угљендиоксидом, помоћу којих се гасе пожари узроковани електричном енергијом;
- видео камера, помоћу које се снима извођење експеримента и евентуално гашење пожара узрокованог електричном енергијом;
- регулациони отпорник 230 V, 40 A, који се прикључује на утичницу продужног кабла и симулира пријемник, помоћу кога се врши регулација струје оптерећења кроз продужни кабал, а тиме и снага пријемника. Снага пријемника се рачуна по обрасцу:

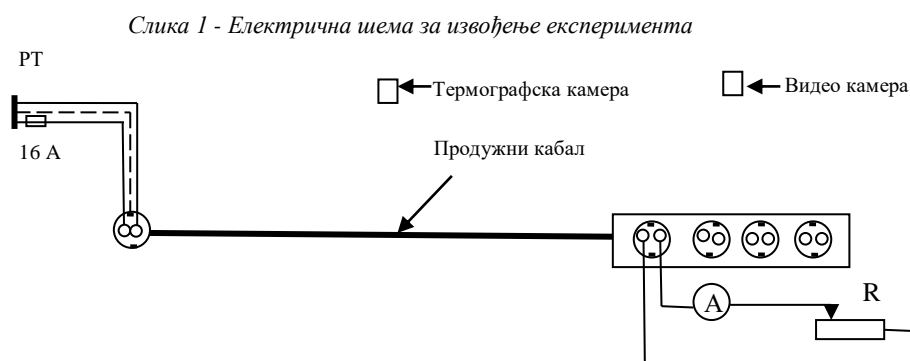
$$P = U \cdot I, \quad W \quad (2)$$

где је:

$U$  – напон на пријемнику, у V

$I$  – струја кроз пријемник, у A

На слици 1 је приказана електрична шема за извођење експеримента.



### 3. НАЧИН ИЗВОЂЕЊА ЕКСПЕРИМЕНТА

Пре извођења експеримента треба измерити температуру околног ваздуха и продужног кабла. Помоћу регулационог отпорника се мења јачина струје кроз продужни кабала, а тиме и снага пријемника. Јачину струје кроз продужни кабал повећавати сваки минут. Помоћу термографске камере пратити како се мења температура по целој дужини продужног кабла и уочити место на продужном каблу које има највишу температуру и уписати у раније припремљену табелу 2. Температуру мерити на крају тог минута и то у најтоплијој тачки. Испитивање вршити све док не искочи осигурач или док не дође до запаљења продужног кабла. Треба утврдити при којој јачини струје кроз продужни кабал, односно снази пријемника долази до искакања осигурача или запаљења кабла.

Табела 2 – Резултати испитивања продужног кабла нпр. дужине 5 m, попречног пресека 0,75 mm<sup>2</sup>, сертификованог и произведеног у Србији

Јачина струје кроз продужни кабал, А	Напон, V	Снага, W	Температура најтоплије тачке на продужном каблу, °C
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			

Испод или поред продужних каблова могу се поставити различити материјали (нпр. бродски под, паркет, ламинат, тепих, линолеум, завеса и сл.) да се види како се развија пожар када их запали продужни кабал. Када се запали продужни кабал треба видео камером снимити како се гаси пожар узрокован електричном енергијом, као и цели поступак извођења експеримента.

Потенцијалне опасности током извођења експеримента су:

- опасности од струјног удара и
- опасности од пожара узрокованог електричном енергијом.

### 4. АНАЛИЗА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА

Добијене резултате треба анализирати и ако је потребно и статистички обрадити. Треба извршити анализу који уређаји се могу прикључити на неки продужни кабал а да се он не запали (нпр. рачунарска опрема, сијалице и сл.), а који би уређаји када би се прикључили на

продужни кабал узроковали запаљење тог продужног кабла (нпр. разне врсте грејалица, пегле, решои, ел. шпорети и сл.)

Очекује се у случају да се продужни кабал напаја из утичнице која се штити осигурачем од 16 А:

- да се продужни каблови чија је номинална струја већа од 16 А неће запалити, јер када струја пређе 16 А искочиће аутоматски осигурач од 16 А и на тај начин спречиће прекомерно загревање продужног кабла.
- да ће се продужни каблови чија је номинална струја мања од 16 А запалити (нпр. 10 А) ако се оптерети струјом већом од његове номиналне (нпр. 13 А), јер осигурач неће искочити па ће се кабал прекомерно загрејати и запалити.

У овом раду ће се говорити о бакарним продужним кабловима, чије су номиналне струје дате у табели 3, а дозвољене струје у табели 4 .

Табела 3 – Номиналне струје за одређене попречне пресеке продужних каблова

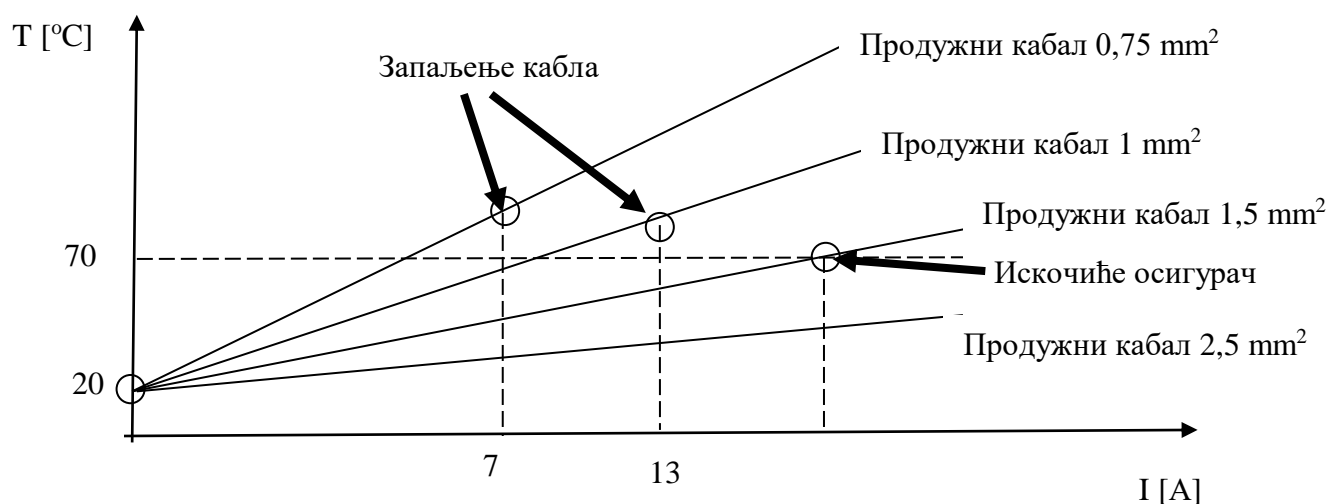
Попречни пресек продужног кабла, mm <sup>2</sup>	Номинална струја продужног кабла, А
0,75	-
1	12
1,5	16
2,5	21

Табела 4 – Дозвољене струје за бакарне каблове

Попречни пресек продужног кабла, mm <sup>2</sup>	Јачина струје при којој долази до запаљења продужног кабла, А
0,75	нпр. 10
1	нпр. 14
1,5	Неће доћи до запаљења
2,5	Неће доћи до запаљења

На основу резултата из табеле 2 нацртати дијаграме зависности температура тих продужних кабла од јачине струје кроз њих (односно снаге пријемника, слика 2).

Слика 2 – Очекивани изглед дијаграма зависности температуре продужних каблова од јачине струје кроз њих  $T=f(I)$



## 5. ЗАКЉУЧАК

На основу резултата експеримента треба утврдити за одговарајући кабал при којој струји оптерећења долази до његовог запаљења и који би уређаји када би се прикључили на тај продужни кабал узроковали пожар. Треба предложити мере које треба предузети да би се избегле овакве ситуације.

Такође, треба утврдити који уређаји се могу прикључити на одговарајући продужни кабал, а да не узрокују пожар.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Илић, Б. (2018). *Пожари узроковани електричном енергијом*, скрипта, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду.
- [2] Хациефендић, Н., Радаковић, З., Трифуновић, Ј., Вићовић, Д. (2008). *Електричне инсталације - чест узрок пожара*, Зборник Заштита и безбедност, стр. 111- 122, Београд.
- [3] Костић, М., Костић, Н., Трифуновић, Ј., Хациефендић, Н., (2013). *Анализа утицаја лоших контаката у електричним инсталацијама на изазивање пожара*, часопис Техника.
- [4] Мишковић, М., (2005). *Електричне инсталације и освјетљење*, Грађевинска књига, Београд.
- [5] Илић, Б., Савић, Б., (2010). *Опасности од пожара услед дејства лутајућих струја*. II Међународна научна конференција „Безбедносни инжењеринг“, Зборник радова, Нови Сад.
- [6] Илић, Б., Савић, Б., *Опасности од лутајућих струја по рачунаре и рачунарске мреже*, Зборник радова, 18 телекомуникациони форум Телфор, Београд, 23-25.10. 2010, стр.906-909.
- [7] Илић, Б., Савић, Б., (2010). *Утицај лутајућих струја на информационо комуникационе технологије*, Зборник радова, Научно-стручни Симпозијум Инфотех, Јахорина.