

Požari na objektima izazvani kratkim spojem električnih instalacija. Primeri iz prakse

Tatjana Spasojević
Katedra za Bezbednost i kriminalistiku
Fakultet za pravne i poslovne studije
"Dr Lazar Vrkatić"
Novi Sad, Srbija

Vojkan Zorić
Katedra za Aeronautiku
Fakultet za civilno vazduhoplovstvo
Beograd, Srbija
vojzoric@yahoo.com

Radovan Radovanović
Katedra za forenziku
Departman za forenzičko inženjerstvo
Kriminalističko-policijski univerzitet
Beograd, Srbija
radovan.radovanovic@kpu.edu.rs

Abstract— Rad proučava problematiku požara na objektima koji su izazvani kratkim spojevima električnih instalacija, sa fokusom na karakteristike i uslove potrebne za nastanak požara. Dat je pregled istraživanja, uzroka i posledica požara izazvanih kratkim spojevima, a sve u cilju preduzimanja efikasnih preventivnih mera. Analizirani se osnovni pojmovi požara, uslovi za njihovu pojavu (gorive materije, toplota, kiseonik) kao i različite vrste požara. Poseban naglasak je na električnim instalacijama i mehanizmima koji dovode do kratkih spojeva, kao što su električni luk i prekoračenje dozvoljenog opterećenja strujnog luka. Detaljno su istraženi uzroci i posledice kratkih spojeva, kao i različiti oblici u kojima se mogu javiti. Laboratorijska istraživanja požara izazvanih kratkim spojevima su ključna komponenta rada, pri čemu je analizirana priprema uzorka, laboratorijske analize, uključujući optički i skenirajući elektronski mikroskop i difraktometar. Primeri požara izazvanih kratkim spojevima električnih instalacija se takođe navode kako bi se ilustrovala stvarne situacije i posledice.

Ključne reči— *Kratki spojevi, električne instalacije, forenzika laboratorijska istraživanja.*

I. UVOD

Bakar unutar provodnika se laboratorijski ispituje u cilju utvrđivanja uzroka požara u zavisnosti od prisustva, odnosno odsustva molekula kiseonika. U daljem radu predstavljena su dva najpouzdanija metoda za utvrđivanje kratkog spoja kao uzroka požara: 1. Ispitivanje optičkih provodnika na mestu kratkog spoja pomoću elektronskog mikroskopa; 2. Difrakcija x-zraka za utvrđivanje prisustva drugih hemijskih elemenata u bakru, na mestu nastanka kratkog spoja. Dinamička faza obrade lica mesta događaja za koje se sumnja da je požar izazvan kratkim spojem, sledi nakon statičke i obuhvata pomeranje izgleda lica mesta, izuzimanje uzoraka za dalju analizu, njihovo evidentiranje, fotografisanje i pakovanje.

II. LABORATORIJSKA OPREMA KORIŠĆENA U EKSPERIMENTU

Optički mikroskop radi na principu usmeravanja i propuštanja svetlosnog zraka kroz sistem sočiva, prizmi, filtera, propusnih ogledala i odbijanja zraka od pripremljene površine uzorka ka objektivu i okularu, na kome se posmatra uvećana slika strukture. Moguće je fotografisanje mikrostrukture na optičkim mikroskopima. Veliki broj tehnika za kvantitativnu analizu metalografskih uzoraka koje se mogu primenjivati na uzorcima metala, nemetala i kompozitnik materijalima predstavlja širok

spektar rada optičkih mikroskopa. Ovaj mikroskop pruža uvećanje od 50 do 1.000 puta, a moć razlaganja je 2 μ m. Skenirajući elektronski mikroskop koristi se za dobijanje uvećane slike objekta koje prikazuju informacije o morfologiji i rasporedu kristala unutar uzorka i hemijski sastav uzorka. Skenirajući elektronski mikroskop uvećava 100.000 puta. Osetljivost uređaja na prisustvo nekog elementa u uzorku iznosi 0,01%. Mikro-fotografije strukture provodnika dobijene su pomoću skenirajućih ili rasutih elektrona. Difraktometar se koristi za određivanje kristalografske strukture materijala. Sastoji se od izvora monohromatskog rendgenskog zračenja kome se izlaže materijal i meri ugao difrakcije koja nastaje kao posledica same veličine kristalne rešetke i rastojanja čvorova u rešetki. Bakar unutar provodnika se laboratorijski ispituje u cilju utvrđivanja uzroka požara u zavisnosti od prisustva, odnosno odsustva molekula kiseonika. U daljem radu predstavljena su dva najpouzdanija metoda za utvrđivanje kratkog spoja kao uzroka požara: 1. Ispitivanje provodnika na mestu kratkog spoja pomoću elektronskog mikroskopa; 2. Difrakcija x-zraka za utvrđivanje prisustva molekula drugih hemijskih elemenata u bakru, na mestu nastanka kratkog spoja.

III. PRIMERI POŽARA IZAZVANIH KRATKIM SPOJEM ELEKTRIČNIH INSTALACIJA

a) U magacinskom prostoru privatnog preduzeća, dogodio se požar koji je potpuno uništio magacinski prostor površine oko 600 m². Bilo je potrebno utvrditi da li je na licu mesta pronađeni sporni provodnici (sl.1-3) bili uzrok požara ili je njihovo stanje posledica požara, odnosno da li je u pitanju kratki spoj primarnog ili sekundarnog karaktera. Metodi korišćeni za potrebe laboratorijskih analiza su: 1. Metod optičke mikroskopije sa luminiscentnim izvorom; 2. Metod rendgenske difrakcije (xRD) i 3. Metod skenirajuće elektronske mikroskopije sa elektrodisperzivnim spektrometrom x-zraka. Vizuelno i metodom optičke mikroskopije sa liminiscentnim izvorom pod različitim uvećanjima vršen je odabir uzoraka i potom njihova preparacija za dalje analize. Svaki od dole pokazanih uzoraka su bili pripremljeni za metod xRD, prema naučnim pravilima. Na taj način za svaki od navedenih uzoraka dobijeno je po 3 (tri) uzorka. Uzorci provodnika kod kojih su stvoreni uslovi primarnog kratkog spoja su korišćeni kao referentni u analizama, dobijeni su eksperimentalno u fizičkoj laboratoriji. Dobijeni difraktogrami metodom xRD

eksperimentalnih uzoraka kratkog spoja prikazani su na slici 4, dok su ispitivani uzorci prikazani na slikama 5-10. Analizom dobijenih difraktograma uočava se da kod svih ispitivanih uzoraka ne postoje pikovi na uglovima 2θ koji korespondiraju sa pikovima na uglovima eksperimentalnih uzoraka kod kojih je izazvan primarni kratki spoj. Dobijeni EDS dijagrami eksperimentalnih uzoraka 1 (1a i 1b) metodom primarnog kratkog spoja prikazani su na slikama 11-14.



Fig.1. Uzorak 1



Fig.2. Uzorak 2



Fig.3. Uzorak 3

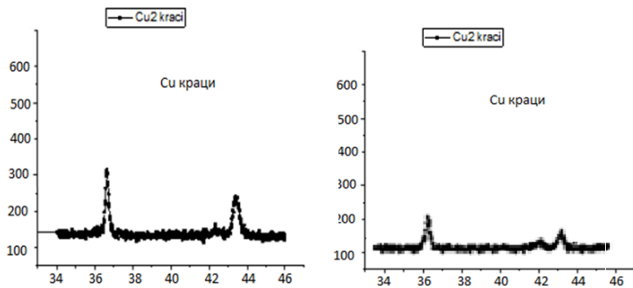


Fig.4. Difraktogrami eksp.uzorka 1a i 1b

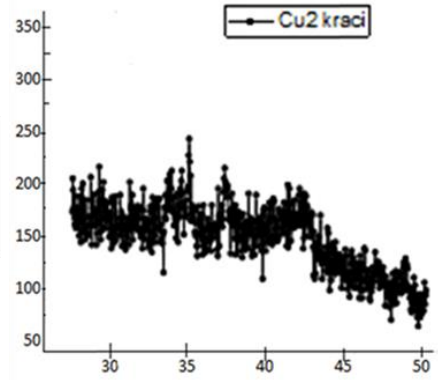


Fig.5. Difraktogram ispit. uzorka 1a

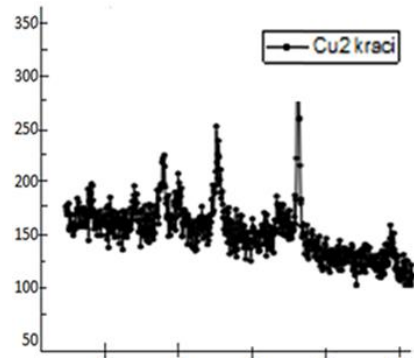


Fig.6. Difraktogram ispit. uzorka 1b

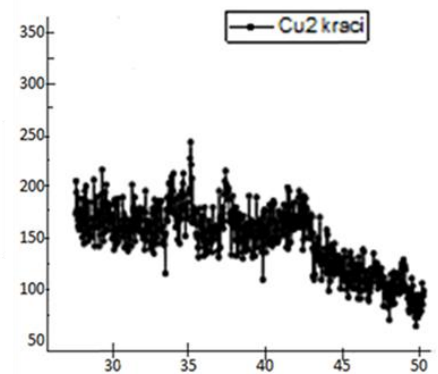


Fig.7. Difraktogram ispit. uzorka 2a

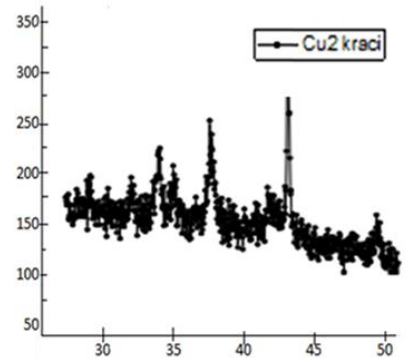


Fig.8. Difraktogram ispit. uzorka 2b

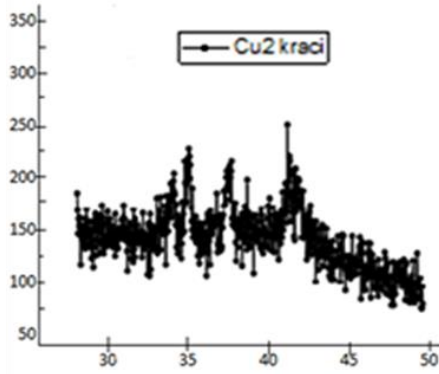


Fig.9. Difraktogram ispit. uzorka 3a

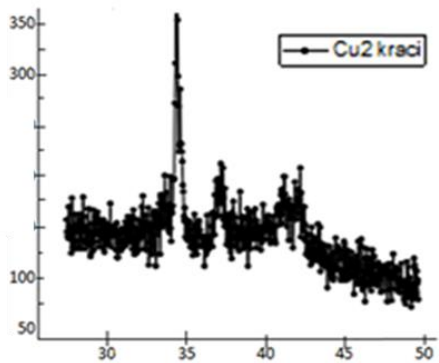


Fig.10. Difraktogram ispit. uzorka 3b

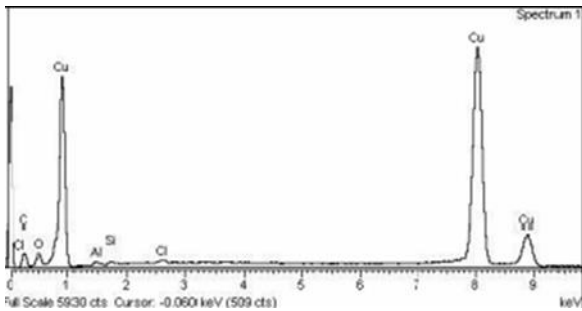


Fig.11. EDS dijagram eksp.uzorka 1

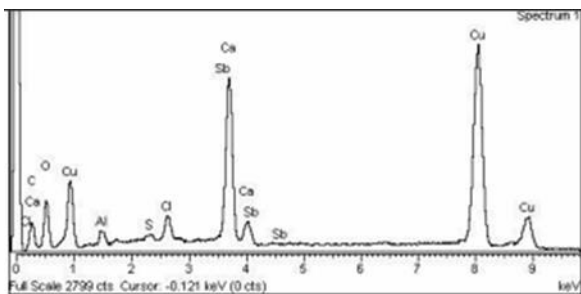


Fig.12. EDS dijagram ispit.uzorka 1

Analizom dobijenih SEM slika i EDS dijagrama dolazi se do zaključka da je u pitanju sekundarni kratki spoj kod svih spornih ispitivanih uzoraka odnosno kratki spoj provodnika koji je nastao kao posledica požara.

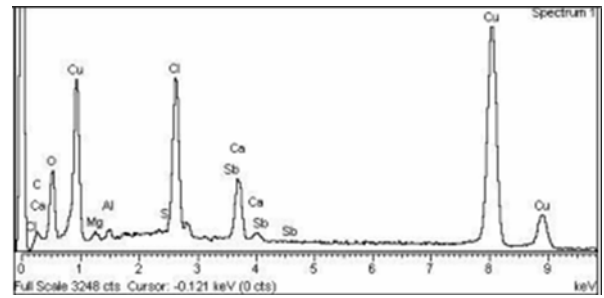


Fig.13. EDS dijagram ispit.uzorka 2

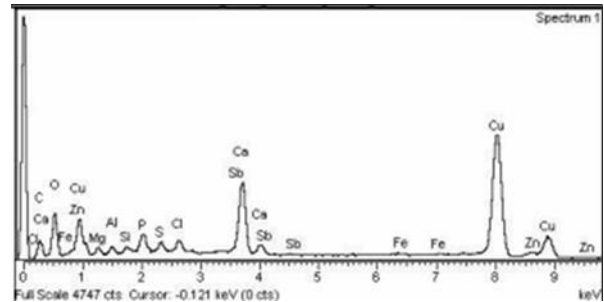


Fig.14. EDS dijagram ispit.uzorka 3

b) Privatna firma površine oko 500 m², koja se bavi obradom drvene građe i proizvodnjom finalnih proizvoda, prestala je sa radom usled požara koji je započeo u prostoriji u kojoj se nalazi komora klime. Požar je lokalizovan u prostoriji sa klima komorom površine 20m² koja je tom prilikom pretrpela totalnu štetu. Druge prostorije nisu bile obuhvaćene požarom. Analizom izuzetih uzoraka sa lica mesta, treba da se utvrdi da li je požar nastao kao posledica primarnog kratkog spoja je oštećenje uzoraka posledica. Sa mesta događaja su detektovana i uzorkovana 3 (tri) sporna uzorka, predstavljena na slikama 15-17. Vizuelno i metodom optičke mikroskopije sa luminiscentnim izvorom pod različitim uvećanjima vršen je odabir uzoraka i njihova preparacija za dalje analize. Kako je svaki od gore pokazanih uzoraka potrebno pripremiti za metode xRD i SEM/EDS, po naučnim pravilima, vršeno je isecanje zatopljenog dela - perle i uzorkovanje bakarnog provodnika u dužini od 5 mm i u dužini 30 mm iza perle. Uzorci bakarnih provodnika kod kojih su stvoreni uslovi primarnog kratkog spoja, a koji će se koristiti kao referentni u daljnim analizama, dobijeni su eksperimentalno u fizičkoj laboratoriji. Analizom dobijenih difraktograma konstatuje se da kod uzoraka 2-1a i 2-1b, postoje pikovi na uglovima 2θ koji korespondiraju sa pikovima na uglovima 2θ kod eksperimentalnih uzoraka kod kojih je izazvan primarni kratki spoj, dok kod ostalih ispitivanih uzoraka se takva korespondencija ne konstatuje (sl. 18-21). Dobijeni EDS dijagrami metodom SEM/EDS eksperimentalnih uzoraka 1 (1a i 1b) primarnog kratkog spoja i uzorka br. 2 (2-1a i 2-1b, kod koga je prethodnom analizom utvrđen primarni kratki spoj) prikazani su na slikama 22 i 23. Komparacijom dobijenih EDS dijagrama metodom SEM/EDS drugih ispitivanih uzoraka, npr. br. 3 i 4, kod kojih prethodnom analizom nije utvrđen primarni kratki spoj) prikazani na slikama 24 i 25.



Fig.15. Uzorak br. 1



Fig.16. Uzorak br. 2



Fig.17. Uzorak br. 3

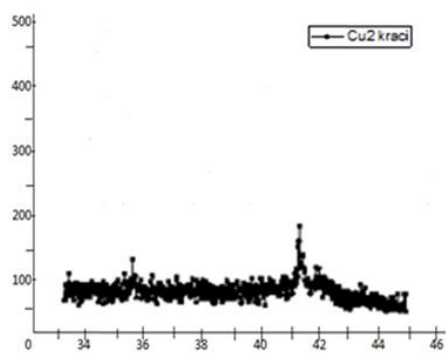


Fig.18. Difraktogram uzorka br. 1a

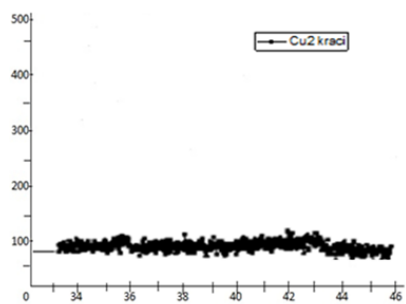


Fig. 19. Difraktogram uzorka 1b

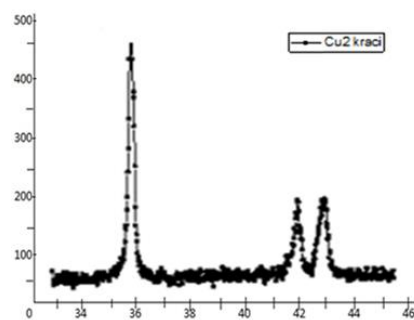


Fig.20. Difraktogram uzorka 2-1a

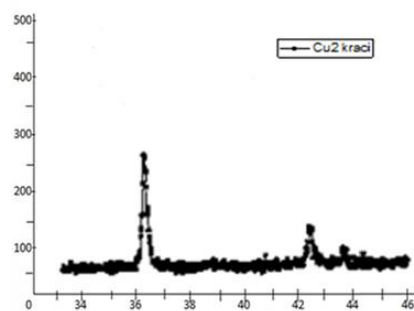


Fig.21. Difraktogram uzorka 2-1b

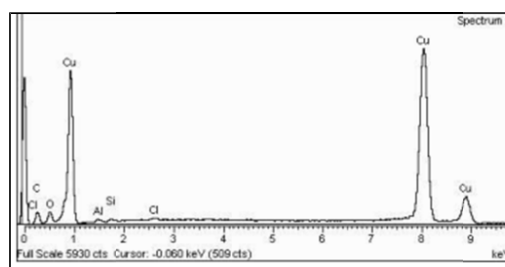


Fig.22. . EDS dijagram ispit.uzorka 1

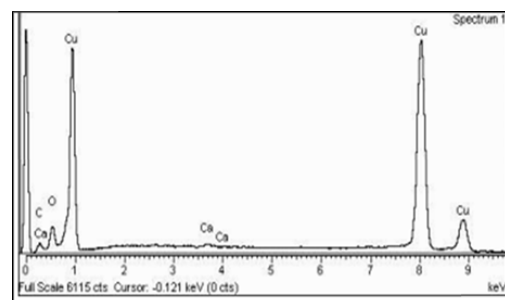


Fig.23. . EDS dijagram ispit.uzorka 2

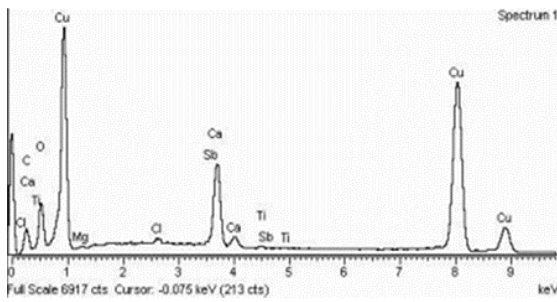


Fig.24. . EDS dijagram ispit.uzorka 3

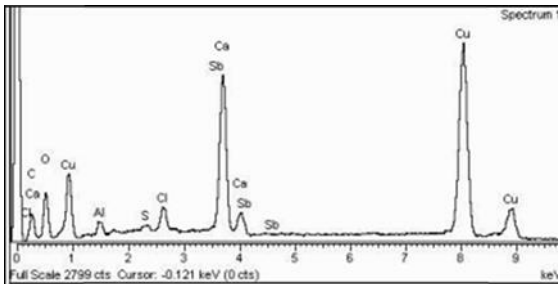


Fig.25. . EDS dijagram ispit.uzorka 4

IV. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Sveobuhvatan pristup zaštite od požara u električnim instalacijama zahteva razumjevanje prirode gorenja, identifikaciju uzroka požara i primenu odgovarajućih preventivnih mera. Kontrola, održavanje i obuka su ključni faktori u sprečavanju incidenata i minimalizaciji rizika. Primena bezbednosnih protokola i konstantno usavršavanje u oblasti elektrotehnike su od suštinskog značaja za sigurnost i zaštitu života i imovine. Kratki spojevi u električnim sistemima predstavljaju značajan izazov sa različitim uzrocima i posledicama, što zahteva primenu najboljih praksi i standarda, obuku osoblja i redovno održavanje instalacija. Razumevanje njihovih oblika i uzroka je ključno za dalje planiranje, projektovanje i održavanje bezbednih električnih mreža. Važno je primeniti odgovarajuće bezbednosne mere kako bi se sprečile negativne posledice kratkih spojeva i osigurala sigurnost električnih instalacija. Analiza uzoraka je ključna za utvrđivanje uzroka i posledice kratkih spojeva. Laboratorijska analiza uzorka uključuje pripremu uzorka, njihovu laboratorijsku analizu, kao i simulaciju primarnih i sekundarnih kratkih spojeva. Napredna oprema poput optičkih i elektronskih mikroskopa pruža detaljnu analizu strukture i sastava uzoraka, što je od suštinskog značaja za utvrđivanje uzroka kratkih spojeva i unapređenje bezbednosti električnih sistema. Raznoliki uzroci požara u električnim instalacijama ističu važnost i značaj odgovornog postupanja i primene odgovarajućih bezbednosnih protokola. Kontakt između dva potpuno ogoljena provodnika predstavlja opasan oblik kratkog spoja preko električnog luka. Ovaj oblik kratkog spoja može izazvati visoke strujne napone koji, svojom temperaturom, tope

okolne materijale i jonizuju gasove u okolini. Važno je uzeti u obzir sve ove faktore i primeniti odgovarajuće bezbednosne mere kako bi se sprečile negativne posledice kratkih spojeva.

REFERENCE/LITERATURA

- [1] Vojkan Zorić, Vesna Petrović, Borislav Simendić, Tomislav Jovanović, Milisav Stojanović: PHYSICAL AND CHEMICAL METHODS FOR MATERIALS TESTING IN FIRE EXPERTISE, 9th ContMat, Proceedings 489-499, Banja Luka (BiH) 2017.
- [2] Vojkan M. Zorić, Vesna Petrović, Zdravko Skakavac, S.Dmitrasinovic: ANALYSIS OF COPPER WIRES AND THEIR ROLE IN CAUSE OF FIRE., International Scientific conference "SECURITY SYSTEM REFORMS AS PRECONDITION FOR EURO-ATLANTIC INTEGRATIONS", 35-41, Ohrid (FYRM), 2018.
- [3] Vesna Petrović, Vojkan M. Zorić, Zdravko Skakavac: FORENSIC METHODS FOR DETERMINING THE CAUSE OF FIRE STARTED BY STATIC ELECTRICITY, XII International Scientific conference "30 Years of independent Macedonian State", Ohrid (Republic of North Macedonia), 2021.
- [4] Aleksić Živojin, Kostić Radoslav, „Požari i eksplozije“, Privredna štampa, 1982. godina, Beograd.
- [5] Đovčoš Martin, „Veštačenje i eksplozija“, AMG knjiga, 2015.godina, Beograd.
- [6] Jovanov M. Radovan, „Požari izazvani električnim instalacijama – primeri veštačenja“, AGM knjiga, 2016. godina, Beograd.
- [7] Maksimović Radojica, Todorčić Uglješa, „Kriminalistička tehnika“, Policijska akademija, 1995. godina, Beograd.
- [8] Azároff, L. V. Buerger, M. J. , Introduction to Solids. McGraw-HillThe Powder Method in X-ray Crystallography. McGraw-Hill. Axiovert 25 CA Inverted Reflected Light Microscope – Operating Manual. 1997.

ABSTRACT

In the paper the issue of fires on objects caused by short circuits in electrical installations, with a focus on the definition of fire, the characteristics and conditions necessary for their occurrence. An overview of the research is given, emphasizing the value of understanding the causes and consequences of fire caused by short circuits, all in order to take effective preventive measures. The basic concepts of fire, the conditions for their occurrence (combustible matter, heat, oxygen) as well as different types of fire are analyzed. Special emphasis is placed on electrical installations and mechanisms that lead to short circuits, such as electric arc and exceeding the permissible load on the current arc. The causes and consequences of short circuits are investigated in detail, along with various forms that may occur. Laboratory fire investigations caused by short circuits are a key component of the paper, analyzing sample preparation, laboratory analysis methods and equipment used, including optical and scanning electron microscope and diffractometer. Examples of fires caused by short circuits in electrical installations are also cited to illustrate real situations and consequences.

Keywords— Short circuits, electrical installations, forensics laboratory investigations.

Fires on buildings caused by a short circuit of electrical installations. Examples from practice

Tatjana Spasojević
Department of Security and Criminalistics
Faculty of Law and Business Studies
"Dr. Lazar Vrkatić"
Novi Sad, Serbia

Vojkan Zorić
Department of Aeronautics
Faculty of Civil Aviation
Belgrade, Serbia
vojzoric@yahoo.com

Radovan Radovanović
Department of Forensic Engineering
Criminal Police University
Belgrade, Serbia
radovan.radovanovic@kpu.edu.rs