

# FORENZIKA NESREĆA NA RADU UZROKOVANIH STRUJNIM UDAROM

## UVOD

Vještaci Centra za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić“, kada se radi o tehničkim požarima i eksplozijama, bave se utvrđivanjem tehničkih kvarova na električnim i strojarskim instalacijama i uređajima kao mogućim uzrocima požara i eksplozija. Osim toga, vještaci za tehnička vještačenja bave se utvrđivanjem uzroka različitih nesreća, među koje se ubrajaju i nesreće na radu. Vještačenje nesreća na radu koje su posljedica strujnog udara predmet su vještačenja vještaka za elektrotehnička vještačenja.

Utvrdjivanje uzroka strujnog udara je kombinirano vještačenje koje se provodi pregledom električne instalacije i električnih uređaja (aparata) od strane vještaka za elektrotehnička vještačenja i pregledom nastradale osobe od strane liječnika ili sudsko-medicinskog vještaka.

Elektrotehničkim vještačenjem utvrđuje se je li do strujnog udara došlo zbog tehničkog kvara ili neispravnosti na električnoj instalaciji ili električnom uređaju, ili je isto posljedica nepravilnog korištenja električnih uređaja. Isto je često posljedica nemara, a vrlo rijetko hotimičnog djelovanja druge osobe.

Vještačenje uzroka nesreća provodi se pregledom i ispitivanjem električne instalacije i električnih uređaja u objektu ili postrojenju od strane vještaka za elektrotehnička vještačenja. Također se vještače i izuzeti električni uređaji (aparati) koji

se dostavljaju na vještačenje zbog sumnje da su radi kvara mogli izazvati strujni udar.

Strujni udar, koji može imati i smrtne posljedice, može nastati direktnim (izravnim) dodirima s dijelovima pod naponom zbog:

- nepropisno položenih golih (neizoliranih) električnih vodiča,
- oštećene izolacije na vodičima i priključnim instalacijama,
- odspojenog zaštitnog vodiča s prekidača, sklopki i ostalih elemenata ili loše izvedbe tih elemenata,
- nezaključanih razvodnih ormara,
- radova pod naponom na električnoj instalaciji,
- nepoštovanja pravila zaštite na radu prilikom radova pod naponom i kada radove izvode nestručne osobe.

Također do strujnog udara može doći indirektnim (neizravnim) dodirima dijelova pod naponom kao posljedica kvara na izolaciji električnih uređaja.

Do strujnog udara dolazi na način da čovjek dodirne metalni dio (kućište uređaja) koje je zbog oštećene ili neispravne izolacije poprimilo određeni napon prema zemlji i istovremeno dodirima drugog, uzemljenog dijela (na primjer vodovodne mreže, radijatora ili stajanjem pri dodiru s podlogom) zatvori strujni krug kada nastaje razlika

potencijala koja uzrokuje protjecanje električne struje kroz tijelo. Strujni udar može nastati i približavanjem dijelovima pod visokim naponom.

Postupak utvrđivanja uzroka strujnog udara provodi se na sljedeći način: pronalazi se kvar na električnoj instalaciji ili električnom uređaju koji je mogao uzrokovati strujni udar ili se utvrđuju nepravilnosti koje su mogle dovesti do strujnog udara.

U svrhu utvrđivanja uzroka strujnog udara, potrebno je pregledati mjesto događaja. Pregled električne instalacije i električnih uređaja zbog utvrđivanja kvara ili nedostataka na istima kao mogućeg uzroka strujnog udara izvodi se u beznaponskom stanju.

## RAD NA MJESTU DOGAĐAJA I OSIGURANJE MJESTA RADA

Prije pregleda mjesta događaja treba utvrditi sve relevantne činjenice u vezi s nesrećom, te pri-

je početka rada na mjestu događaja osigurati mjesto rada. Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom propisuje pet osnovnih pravila sigurnosti:

1. Isključiti i odvojiti od napona;
2. Osigurati od slučajnog uključenja;
3. Utvrditi beznaponsko stanje;
4. Uzemljiti i kratko spojiti;
5. Ograditi mjesto rada od dijelova pod naponom.

Prema navedenim pravilima na jednostavno napajanim strujnim krugovima niskog napona (postrojenjima i električnim instalacijama), izuzev nadzemnih vodova, ne treba uzemljiti i kratko spajati vodiče, te za rad najčešće treba primijeniti samo tri prva pravila za osiguranje mjesta rada:

- isključivanje i odvajanje od napona
- sprečavanje ponovnog uključenja
- utvrđivanje beznaponskog stanja.



Slika 1. Pet pravila sigurnosti prilikom rada na električnim instalacijama i postrojenjima

## ELEKTROKUCIJA ILI UDAR ELEKTRIČNE STRUJE

*Elektrokucija* je svjesno ili nesvjesno izlaganje čovjeka djelovanju električne struje. Za djelovanje električne struje na čovjeka najvažnija je jakost električne struje, pri čemu se u literaturi navodi da je jakost električne struje od 50 do 100 mA opasna za život, a jakost električne struje >100 mA, koja se naziva *fibrilacijska* struja, kod nekih ljudi može izazvati smrt.

Električna struja opasna je za ljudsko tijelo kada prilikom dodira dijelova pod naponom kroz tijelo ili dio tijela teče električna struja i ljudsko tijelo postaje dio zatvorenog strujnog kruga. To se događa kada čovjek dođe u dodir: sa dva vodiča strujnog kruga između kojih vlada napon, sa jednim vodičem pod naponom i sa zemljom, s metalnim dijelom (kućištem) električnog uređaja koje je došlo pod napon zbog greške na izolaciji, te ako čovjek dođe u blizinu visokog napona tako da dođe do proboja izolacije (zraka) i preskoka napona u obliku električnog luka ili na neki drugi način.

Veličina struje koja prolazi kroz ljudsko tijelo određena je Ohmovim zakonom:  $I=U/Z$ , gdje su:  $I$  - struja koja protječe kroz tijelo (A);  $U$  - napon dodira (V);  $Z$  - impedancija ljudskog tijela ( $\Omega$ ).

Za djelovanje struje na čovjeka važan je put struje kroz tijelo, a najopasniji put je kroz srce do čega dolazi kada struja prolazi putem: ruka-ruka i ruka-noga, tako da oko 90 % smrtnih slučajeva nastaje pri dodiru dijelova pod naponom jednom rukom, dok je druga ruka ili noga bila dobro uzemljena.

Granice opasnih napona određene su propisima na temelju djelovanja struja različitih jakosti i prosječne impedancije ljudskog tijela. Za normalne uvjete okoline i rada trajno dopušteni napon dodira je napon manji od 50 V za izmjeničnu struju i napon manji od 120 V za istosmjernu struju. Za teže uvjete rada i okoline (vlaga i drugo) propisani su granični napon dodira od 25 V za izmjeničnu struju i 60 V za istosmjernu struju.

## REALNI SLUČAJ STRUJNOG UDARA PRILIKOM RADA ELEKTRIČARA

Nesreće koje se događaju zbog pojave opasnog dodirnog napona na električnoj instalaciji i električnim uređajima i dodira čovjeka s neispravnim dijelom instalacije ili kućištem uređaja mogu dovesti do strujnog udara koji može biti opasan za život i zdravlje čovjeka. Pored nesreća koje se događaju u svakodnevnom životu, također se događaju nesreće prilikom rada, većinom električara, na električnim instalacijama i postrojenjima.

Jedan realni slučaj nesreće zbog strujnog udara, koji se dogodio prilikom montaže svjetiljke na spuštenu strop, bio je predmet rada autora i navodi se u ranijim člancima (*Papić: „Nesreće na radu uzrokovane udarom električne struje“, Sigurnost, br. 3/17*).

Slučaj se dogodio električaru prilikom montaže svjetiljke na spuštenu strop prostorije i to prije priključenja svjetiljke na električnu instalaciju. Smrtno je stradao električar koji je montirao kućište svjetiljke na metalnu konstrukciju spuštenog stropa stojeći prilikom rada na metalnim ljestvama (slike 2 i 3).



Slika 2. Mjesto događaja nesreće



*Slika 3. Mjesto montaže svjetiljke na spuštenu strop i izvedba svjetiljke*

Nakon postavljanja spuštenog stropa koji se sastojao od čelične rešetke i gipsanih ploča na isti je trebalo postaviti dvije fluorescentne svjetiljke duljine kućišta (armature) 150 cm na način da se svjetiljke objese na čelične sajle.

Prilikom rada na dvokrakim aluminijskim ljestvama, prema izjavi očevica, u trenutku montaže jedne od svjetiljki na metalnu rešetku spuštenog stropa, došlo je do stradavanja i pada radnika s ljestava na pod.

Vještačenje na mjestu događaja nesreće obavio je vještak za tehnička vještačenja uz pomoć ekipe za očevid, te uz prisutnost državnog odvjetnika, a očevid na mjestu događaja i inspeksijski nadzor obavio je i inspektor zaštite na radu.

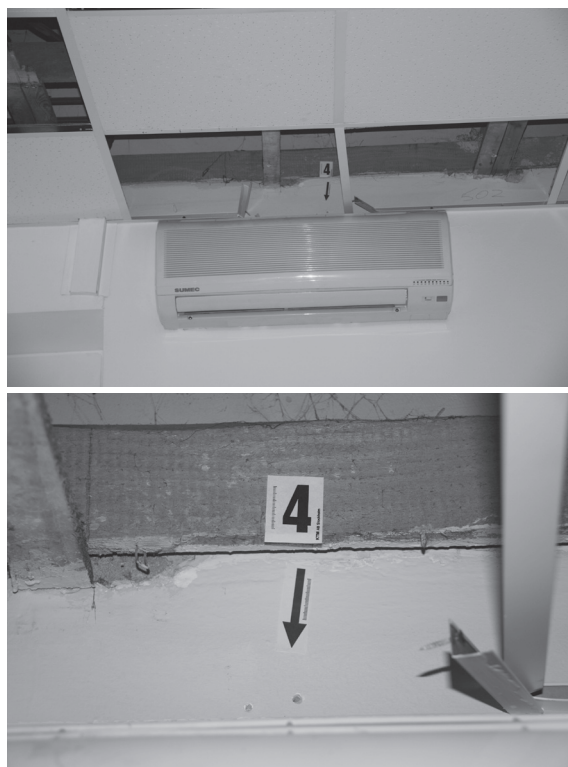
Pregledom i ispitivanjem električne instalacije u prostoriji vještak je utvrdio postojanje napona na metalnom kućištu svjetiljke. Vještak je zaključio da je kućište svjetiljke došlo pod napon

spojem metalne konstrukcije spuštenog stropa s postojećom električnom instalacijom.

Naknadno je utvrđeno mjesto na kojemu je došlo do oštećenja podžbuknog električnog kabela. Prilikom učvršćenja metalne konstrukcije spuštenog stropa na zid prostorije čelični vijak ošteti je izolaciju kabela i na taj način spojio metalnu konstrukciju s faznim vodičem (slike 4, 5 i 6).



*Slika 4. Mjesto oštećenja električne instalacije kod postavljanja konstrukcije spuštenog stropa*



*Slika 5. Mjesta oštećenja na zidu prostorije*





Slika 6. Oštećenje i kvar na električnoj instalaciji

### Rezultati tehničkog vještačenja uzroka nesreće

- Uzrok strujnog udara koji se dogodio prilikom montaže rasvjetnih tijela na strop prostorije, pri čemu je preminuo električar, je pojava napona od 65 V izmjenično na metalnoj armaturi svjetiljke, a do pojave navedenog napona došlo je preko nosača metalne konstrukcije spušenog stropa zbog spoja metalne konstrukcije s električnom instalacijom, odnosno faznim vodičem podžbuknog električnog kabela.
- Izmjereni napon od 65 V izmjenično opasan je za život (veći je od dopuštenog dodirnog napona od 50 V izmjenično) u okolnostima kada se čovjek nalazi na metalnim ljestvama nedovoljno izoliran (neadekvatna obuća i odjeća) u slučaju dodira rukom s metalnom armaturom svjetiljke.
- Naknadnom rekonstrukcijom na mjestu događaja utvrđeno je da je prilikom postavljanja konstrukcije spušenog stropa oštećena izolacija vodiča koji se nalazi ispod žbuke i ne vidi se, odnosno vijak kojim

je učvršćen metalni nosač konstrukcije je mehanički oštetio izolaciju vodiča i spojio fazni vodič s metalnom konstrukcijom. Na taj način cijela metalna konstrukcija spušenog stropa bila je pod naponom, a u trenutku montaže armature svjetiljke na metalnu konstrukciju spušenog stropa, ista je također došla pod napon.

- Pregledom električne instalacije u prostoriji utvrđeno je da su strujni krugovi bili spojeni na napajanje preko razvodnog ormara s rastalnim osiguračima, ali bez strujne zaštitne sklopke, te da nije došlo do pregaranja osigurača i isključenja napajanja.

### Analiza uzroka nesreće

- Jedan od mogućih uzroka nesreća uzrokovanih strujnim udarom je nepoštovanje pravila sigurnosti prilikom rada na električnim postrojenjima i instalacijama, tzv. "pet zlatnih pravila". Da se električar prije početka radova u beznaponskom stanju držao pravila o isključivanju napajanja prije rada i utvrđivanju beznaponskog stanja, nesreća prilikom montaže lampe vjerojatno se mogla izbjeći.
- Inspektor rada, koji je obavio očevid na mjestu događaja, utvrdio je između ostalog nedostatke koji su pridonijeli stradanju radnika, i to: da je poslodavac iz nehaja propustio prije početka radova na postavljanju svjetiljki provjeriti beznaponsko stanje metalne stropne konstrukcije, te prema tome nije osigurao radnicima zaštitu od rizika izravnog ili neizravnog dodira dijelova pod naponom (*Čižmar: „Smrtna ozljeda radnika od udara električne struje”, Sigurnost, br. 4/16*).

### Policijski i kriminalistički aspekti istraživanja nesreća na radu

Sigurnost građana u svakodnevnom životu, kao i prilikom rada na radnome mjestu, a naročito prilikom utvrđivanja odgovornosti za nastale posljedice nesreća na radu, zadaća je policije koja pri tome surađuje s inspektorima rada i poslodavcima. Analiza dosadašnje prakse ukazuje na to da se navedena suradnja između policijskih službenika i inspektora zaštite na radu najčešće ostvaru-

je kada je potrebno provesti kriminalističko istraživanje u cilju utvrđivanja kaznene odgovornosti za stradavanje radnika, a izostaje suradnja u prevenciji nesreća na radu. Također ne postoji sustavno policijsko-statističko praćenje nesreća na radu jer se ovakvi događaji u policijskim izvješćima evidentiraju na temelju kriterija kvalifikacije kaznenog djela.

Analizom događaja iz Evidencija događaja MUP-a u razdoblju 2013.-2015. na razini RH promatrani su događaji evidentirani pod pojmom „nesreća na radu“, (*Martinjak, Odeljan, Solomun: „Policijski i kriminalistički aspekti istraživanja događaja u području zaštite na radu“, Zaštita na radu i zaštita zdravlja, Zadar, 2016., zbornik radova Veleučilišta u Karlovcu*). Usporedbom s evidentiranim nesrećama na radu za isto razdoblje Hrvatskog zavoda za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu (HZZZSR), uočava se veliki nerazmjer između policijskih podataka i podataka HZZZSR-a, što je posljedica zakonodavne regulative prema kojoj poslodavac nije dužan izvijestiti policiju o nesreći na radu. Daljnjom analizom utvrđeno je da su inspektori rada u vrlo malom broju slučajeva nesreća na radu sudjelovali u policijskim očevidima (svega u 10 % očevida), pri čemu je prisutnost inspektora češća u slučajevima nesreća s posljedicama teških ozljeđivanja i smrtnim posljedicama. Praksa pokazuje da, iako obavješćavanje inspektora rada nije zakonska obveza policije, ista po saznanju događaja nesreće na

radu obavješćava inspektora rada u 50-ak % slučajeva, i to češće kada se radi o teškim tjelesnim ozljedama ili smrtnim posljedicama. Policija najčešće dobiva informaciju o nesreći od liječnika koji je zaprimio ozlijeđenog radnika.

## ZAKLJUČAK

Vještačenje uzroka električnog udara je kombinirano vještačenje vještaka za elektrotehnička vještačenja i sudsko-medicinskog vještaka.

Poštovanje pravila struke, a u slučaju rada na električnim postrojenjima i instalacijama to su zaštitne mjere poznate kao “pet zlatnih pravila” za osiguranje mjesta rada, uz poštovanje uputa za rad i svih mjera zaštite na radu te korištenje zaštitnih sredstava i osobne zaštitne opreme, umnogome bi pridonijelo smanjenju nesreća na radu zbog električnog udara.

Naveden je jedan realni slučaj strujnog udara prilikom rada električara koji je bio predmet rada autora, te su prikazane okolnosti u kojima je došlo do nesreće na radu i izvršena je analiza mogućih uzroka nesreće.

Prilikom rada vještaka na mjestu događaja nesreće također treba poduzeti sve mjere zbog zaštite i sigurnosti svih osoba koje sudjeluju u radu na mjestu događaja, a to su pored vještaka, policijski službenici ekipe za očevid, državni odvjetnici, inspektori rada i drugi.

*Nenad Papić, dipl. ing. elektroteh.*

*Centar za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić“, MUP RH, Zagreb*