

NENAD PAPIĆ*

Forenzika nesreća prouzročenih strujnim udarom

Sažetak

Električni udari (strujni udari) nisu tako česti uzroci nesreća i smrtnog stradavanja, ali se pojavljuju i upravo zbog toga su predmet kombiniranog rada vještaka za tehnička vještačenja i sudsko-medicinskog vještaka. Vještak ili druga stručna osoba uz pomoć ekipe za očevid provodi utvrđivanje uzroka nesreća pregledom i ispitivanjem električnih instalacija i uređaja u objektu ili postrojenju. Također se vještače razni električni uređaji i kabeli koji se nakon rada ekipa za očevid dostavljaju na vještačenje u Centar „Ivan Vučetić“ radi sumnje da su uslijed kvara mogli dovesti do strujnog udara. Pregled mjesta događaja nesreća prouzročenih strujnim udarom zahtijeva, osim policijskih službenika, ekipe za očevid i vještaka, nazočnost i drugih osoba koje sudjeluju u radu na mjestu događaja, a to su državni odvjetnici, inspektori rada i drugi. Stoga su u radu navedene mjere koje treba poduzeti prije i tijekom očevida radi zaštite i sigurnosti svih navedenih osoba prilikom rada na mjestu događaja. Opisano je više realnih slučajeva iz područja rada vještaka te su prikazani tragovi nesreća prouzročenih strujnim udarom. Analizirani su prikazani slučajevi i navedeni mogući uzroci koji su doveli do nesreća.

ključne riječi: forenzika, nesreće, strujni udari, vještak za elektrotehniku, sudsko-medicinski vještak, uzrok strujnog udara.

1. UVOD

Nesreće na radu prouzročene strujnim udarom predmet su rada vještaka za tehnička vještačenja i sudsko-medicinskih vještaka. Vještaci za tehnička vještačenja, pregledom mjesta događaja nesreće, utvrđuju okolnosti i pronalaze tragove te otkrivaju tehnički kvar na električnoj instalaciji i električnom uređaju ili nepravilnost prilikom rada koji su mogli dovesti do nesreće. Liječnik, pregledom osobe koja je doživjela nesreću, zaključuje na temelju tragova na tijelu o uzroku ozljeda, odnosno u slučaju smrtnog stradavanja na temelju obdukcije, daje svoj nalaz i mišljenje o uzroku smrti. Prema potrebi se rade kombinirana vještačenja za koje je, osim

* Nenad Papić, dipl. ing. elektrotehnike, samostalni vještak za tehnička vještačenja u Centru za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić“, MUP RH.

tehničkog vještačenja, potrebno i sudsko-medicinsko vještačenje u vezi utvrđivanja ozljeda, odnosno uzroka smrti unesrećenog.

Od samoga početka rada vještaka u Centru „Ivan Vučetić“ provode se raznovrsna tehnička vještačenja koja su se prije nazivala strojarsko-tehnološka vještačenja, a danas su to strojarska i elektrotehnička vještačenja.

U tehnička vještačenja pripadaju vještačenja uzroka požara, eksplozija i tehnoloških havarija, koja mogu biti i kombinirana (multidisciplinarna) vještačenja. Vještaci za tehnička vještačenja Centra (strojarska i elektrotehnička) rade na predmetima vještačenja požara, eksplozija i tehnoloških havarija pri čemu je njihova zadaća vještačenje uzroka tehničkih požara i eksplozija, odnosno utvrđivanje tehničkog kvara na instalaciji ili postrojenju koji je mogao prouzročiti požar, eksploziju ili havariju.

Osim navedenih vještačenja, vještaci za tehnička vještačenja samostalno vještače iz područja strojarskih i elektrotehničkih vještačenja, a to su često utvrđivanje uzroka različitih nesreća, bilo da je riječ o nesrećama na radu ili u svakodnevnom životu.

U članku je opisano više realnih slučajeva iz područja rada vještaka elektrotehničke struke te su prikazani tragovi nesreća uslijed strujnog udara kod visokog i niskog napona.

Prikazani su karakteristični slučajevi nesreća prouzročenih strujnim udarom odabrani na temelju analize predmeta vještačenja u Centru „Ivan Vučetić“. Analiza je provedena odabirom tipičnih slučajeva od 2004. do 2014. godine, koji su bili predmet rada vještaka za tehnička vještačenja, s ciljem da se prikažu metode i način rada vještaka prilikom utvrđivanja uzroka strujnog udara.

Slične analize do sada nisu detaljno opisane u domaćoj stručnoj literaturi, osim u nekim radovima autora (Papić, 2016 i 2019) te u onima iz područja sudsko-medicinskih vještačenja (Marcikić, Dumenčić, Matuzalem, Čačinović, 2007), gdje su prikazani neki tipični slučajevi ozljeda od udara struje visokog napona. S druge strane, česti su stručni radovi u kojima su opisani pojedinačni slučajevi nesreća na radu iz područja inspekcije zaštite na radu (Čižmar, 2016).

U radovima inozemnih autora nalaze se istraživanja smrtnih slučajeva prouzročenih strujnim udarima koja su opisali američki kolege na temelju velikog broja obrađenih slučajeva (Massey, Sait, Johnson, Ripple, Fowler, Li, 2021), kao i radovi koji opisuju primjere zanimljive s kriminalističkog aspekta (Toni, Iannaccone, Manetti, Baronti, 2021).

2. VJEŠTAČENJE UZROKA NESREĆA

Nesreće koje se događaju uslijed 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 opasnog za život i zdravlje čovjeka. Također se događaju nesreće prilikom rada, većinom električara, na električnim instalacijama i postrojenjima.

Vještačenje uzroka nesreća provode i vještaci ili druge stručne osobe pregledom mjesta događaja, odnosno pregledom i ispitivanjem električnih instalacija i uređaja u objektu i/ili postrojenju. Također se vještače izuzeti električni uređaji i kabeli koji se dostavljaju na vještačenje radi sumnje da su uslijed kvara mogli dovesti do strujnog udara. U oba slučaja može se raditi o kombiniranom vještačenju za koje je, osim elektrotehničkog vještačenja,

potrebno i sudsko-medicinsko vještačenje u vezi ozljeda i uzroka ozljeđivanja, odnosno uzroka smrti unesrećenog.

Elektrotehničkim vještačenjem utvrđuje se je li do strujnog udara došlo zbog tehničkog kvara ili neispravnosti na električnoj instalaciji ili uređaju ili je riječ o posljedici nepravilne uporabe električnih uređaja. Navedeno može biti posljedica nemara, a vrlo rijetko namjernog djelovanja druge osobe.

Do strujnog udara dolazi kada čovjek dodirne metalni dio (kućište uređaja) koje je zbog oštećene ili neispravne izolacije poprimilo određeni napon prema zemlji i istodobno dodirom drugog, uzemljenog dijela (na primjer vodovodne mreže, radijatora ili stajanjem dodirom s podlogom) zatvori strujni krug. Tada nastaje razlika potencijala koja izaziva protjecanje električne struje tijelom. Strujni udar može imati i smrtnе posljedice.

Do strujnog udara može doći direktnim (izravnim) dodirom s dijelovima pod naponom ili indirektnim (neizravnim) dodirom dijelova pod naponom kao posljedica kvara na izolaciji električnih uređaja. Također do strujnog udara može doći približavanjem dijelovima pod visokim naponom.

3. RAD NA MJESTU DOGAĐAJA PRI VJEŠTAČENJU NESREĆA

Utvrđivanje činjenica i priprema za rad

Prije pregleda mjesta događaja treba utvrditi neke činjenice:

- Mjesto i vrijeme događaja, tko je nastradali i što je radio u trenutku nesreće.
- Ako je riječ o smrtnom stradavanju, utvrditi položaj tijela u trenutku pronalaska unesrećenog, uvjete okoline (suho ili mokro), vidljive ozljede na tijelu te oštećenja na odjeći i obući.
- Od liječnika koji je pregledao nastradaloga treba dobiti informacije o utvrđenim ozljedama na tijelu, a nakon obdukcije o uzroku smrti.
- Od očevidaca događaja treba dobiti informacije o vremenu zapažanja i opisu događaja.
- Vrstu priključka objekta na električnu mrežu i vrstu zaštite električne instalacije u objektu.
- Kada i kako je isključeno napajanje objekta (ili postrojenja) električnom energijom, odnosno je li došlo do isključenja napajanja proradom zaštite.
- Što je od električne instalacije i uređaja bilo u funkciji u trenutku događaja.

Osiguranje mjesta rada

Električne instalacije i uređaji pregledavaju se u beznaponskom stanju.

Radovi u beznaponskom stanju izvode se ako je prije početka rada s dijela postrojenja ili instalacije isključen napon i ako su poduzete mjere zaštite za osiguranje mjesta rada, koje su trajno uspostavljene tijekom rada.

Radovi na osiguravanju mjesta rada, poput provjere beznaponskog stanja indikatorima napona, uzemljivanja i kratkog spajanja, ne smatraju se radovima pod naponom.

Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom propisuje pet osnovnih pravila sigurnosti, nastalih na temelju dugogodišnjeg iskustva, nazvanih „pet zlatnih pravila“ za siguran rad u beznaponskom stanju (Pravilnik, 2012.):

1. isključiti i odvojiti od napona;
2. osigurati od slučajnog uključanja;
3. utvrditi beznaponsko stanje;
4. uzemljiti i kratko spojiti;
5. ograditi mjesto rada od dijelova pod naponom.



Slika 1: Pet pravila za osiguranje mjesta rada na električnim instalacijama i postrojenjima

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 uključanja
- utvrđivanje beznaponskog stanja.

Utvrđivanje je li isključeno napajanje objekta

Za osiguranje mjesta rada, a prije pregleda mjesta događaja nesreće radi utvrđivanja uzroka strujnog udara, treba učiniti sljedeće:

- Prije ulaska na mjesto događaja potrebno je utvrditi je li napajanje električnom energijom isključeno radi sigurnosti ljudi prilikom kretanja i pregledavanja mjesta događaja te osigurati da tijekom rada ne dođe do ponovnog uključanja električne energije u objektu.
- Pregled priključka objekta na električnu mrežu i provjeru je li isključen s napajanja treba vršiti samo uz pomoć djelatnika Elektre ili električara zaduženog za održavanje električne instalacije u objektu.
- Pregled visokonaponskih postrojenja treba obavljati uz pomoć kvalificiranih zaposlenika koji dobro poznaju konkretno postrojenje.

4. DJELOVANJE ELEKTRIČNE STRUJE NA ČOVJEKA

Električna struja može djelovati na čovjeka kada prolazi ljudskim tijelom, odnosno tijelo mora postati dio zatvorenog strujnog kruga da bi kroz njega potekla struja.

Takav slučaj nastaje kada čovjek tijelom dodiruje dvije točke između kojih postoji napon, što se može dogoditi kada osoba dođe u dodir:

- s dva vodiča nekog strujnog kruga između kojih vlada napon,
- s jednim vodičem koji se nalazi pod naponom i sa zemljom,
- s nekim metalnim dijelom (kućištem) električnog uređaja ili postrojenja koji je u normalnom pogonu izoliran od napona, ali je došao pod napon zbog pogreške na izolaciji,
- s uzemljivačem koji tijekom prolaza struje zbog pogreške poprima previsok potencijal prema zemlji,
- s dvije točke na površini zemlje između kojih vlada potencijalna razlika zbog prolaza struje kroz zemlju,
- te ako osoba dođe u takvu blizinu visokonaponskog postrojenja da dolazi do električnog proboja izolacije (zraka) i preskoka napona u obliku električnog luka tako da se strujni krug zatvara preko čovjeka u zemlju,
- ili na neki drugi način.

U navedenim okolnostima napon koji vlada između bilo kojih dviju točaka na ljudskom tijelu protjerat će tijelom električnu struju. Veličinu struje koja prolazi ljudskim tijelom može se odrediti prilično točno Ohmovim zakonom. Jakost struje ovisit će o veličini napona i impedancije ljudskog tijela prema formuli: $I=U/Z$, gdje su: I – struja koja protječe kroz tijelo u amperima (A), U – napon dodira, odnosno napon koji vlada na mjestima dodira ljudskog tijela u voltima (V), Z – impedancija ljudskog tijela u omima (Ω).

U praksi se govori o otporu ljudskog tijela koji se sastoji od unutarnjeg otpora tijela i otpora kože na mjestima ulaza i izlaza električne struje iz tijela. Unutarnji otpor tijela kreće se u granicama od 500 do 800 Ω , što ovisi o masi ljudskog tijela.

Otpor tijela također ovisi o sljedećim čimbenicima: čistoći i vlažnosti (znojenju) kože, debljini i žuljevitosti kože, trajanju prolaza struje kroz tijelo, visini napona, vrsti i jakosti struje, kontaktnom pritisku i površini elektrode, temperaturi tijela (kod fizičkog napora otpor je manji), duševnom stanju (u euforičnom stanju otpor je manji) i drugom.

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

Elektrokucija je svjesno ili nesvjesno izlaganje čovjeka djelovanju električne struje. Za djelovanje električne struje na čovjeka najvažnija je jakost električne struje (Tablica 1); (Srb, 1991.). Razlikuju se *otpuštajuća struja* – najveća struja pri kojoj se čovjek još može voljom i snagom svojih mišića odvojiti od dijelova pod naponom, *fibrilacijska struja* – ona jakost struje pri kojoj kod nekih ljudi može nastupiti smrt i *nefibrilacijska struja* – čijim djelovanjem ne može biti izazvana smrt.

Tablica 1: Djelovanje električne struje u ovisnosti o jakosti struje

Jakost struje	Djelovanje struje
10 mA	Otpuštajuća (struja otpuštanja)
<50 mA	Nefibrilacijska
50 do 100 mA	Opasna za život
>100 mA	Fibrilacijska

Granice opasnih napona određene su na temelju djelovanja struja različitih jakosti na ljudski organizam i prosječne impedancije ljudskog tijela (Mileusnić, 1999.). Da bi se zaštitili zdravlje i život ljudi, propisi određuju koji je napon opasan, kako bi se poduzele razne tehničke zaštitne mjere ako postoji mogućnost da na čovjeka djeluje takav previsok napon.

Za normalne uvjete okoline i rada, trajno dopušten napon dodira je manji od 50 V za izmjeničnu struju i 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.

5. STUDIJA SLUČAJEVA IZ PRAKSE

Opisano je više realnih slučajeva nesreća zbog strujnog udara iz područja rada vještaka za tehnička vještačenja Centra „Ivan Vučetić” te su prikazani neki tragovi nesreća prouzročених струјним ударом u niskonaponskim instalacijama 220 V i električnim postrojenjima i instalacijama visokog napona.

5.1. Nesreća električara prilikom montaže svjetiljke

Mjesto događaja i okolnosti nesreće

Prikazan je realni slučaj nesreće na radu koji se dogodio prilikom montaže svjetiljke (Papić, 2019.). Nesreća se dogodila električaru prilikom montaže svjetiljke na spuštenu stropu prostorije i to prije priključenja svjetiljke na električnu instalaciju. Smrtno je stradao radnik koji je montirao kućište svjetiljke na metalnu konstrukciju spuštenog stropa stojeći pritom na metalnim ljestvama.

Pregled električne instalacije na mjestu događaja nesreće

Vještak je na temelju naloga DO izvršio očevid na mjestu događaja nesreće radi utvrđivanja tehničkog kvara na električnoj instalaciji koji je mogući uzrok strujnog udara. Mjesto događaja nesreće pregledala je ekipa za očevid PU, uz nazočnost inspektora rada i državne odvjetnice, a ispitivanje električne instalacije izvršio je vještak uz pomoć kriminalističkog tehničara PU. Tijelo nastradalog električara pregledala je liječnica. Tehničari su fotografski dokumentirali sve pronađene tragove.

Rezultati ispitivanja i utvrđivanje uzroka nesreće

Pregledom i ispitivanjem električne instalacije na mjestu događaja nesreće, u prostoriji gdje su se vršili radovi, vještak je utvrdio postojanje napona na metalnom kućištu svjetiljke; vidi slike. Utvrđivanje postojanja napona na električnoj instalaciji i građevinskim dijelovima u prostoriji izvršeno je ispitivačem napona, a mjerenja napona izvršena su digitalnim mjernim instrumentom. Na temelju pregleda i izvršenih ispitivanja vještak je zaključio da je do napona došlo spojem metalne konstrukcije spuštenog stropa s postojećom električnom instalacijom.



Slike 2 i 3: Ispitivanja na mjestu događaja nesreće

Naknadno je utvrđeno mjesto oštećenja električnog kabela prilikom učvršćenja metalne konstrukcije spuštenog stropa na zidu prostorije; vidi slike.



Slike 4 i 5: Mjesto kvara i oštećenje na električnoj instalaciji

Na temelju pronađenih tragova i izvršenih ispitivanja na mjestu događaja utvrđeno je da je uzrok strujnog udara koji se dogodio prilikom montaže rasvjetnih tijela na strop prostorije, uslijed čega je smrtno stradao električar, pojava napona od 65 V na metalnoj armaturi svjetiljke. Do pojave tog napona došlo je preko nosača metalne konstrukcije spušenog stropa zbog spoja metalne konstrukcije s električnom instalacijom, odnosno faznim vodičem podžbukno položenog električnog kabela.

Iznošenje nalaza i mišljenja na sudskoj raspravi

Predmet je završen iznošenjem nalaza i mišljenja na sudskoj raspravi te odgovaranjem na pitanja radi razjašnjenja bitnih činjenica utvrđenih vještačenjem.

Slučaj nesreće na radu električara prilikom montaže svjetiljke je zanimljiv jer je na sudu utvrđivana kaznena odgovornost sudionika u radnom procesu. Pritom nije bilo sporno da se nesreća dogodila upravo onako kako je i utvrdio vještak za tehnička vještačenja, ali je bilo sporno tko je odgovoran za kvar na električnoj instalaciji koji je doveo do strujnog udara: radnici koji su montirali spuštenu strop ili električari koji su postavljali svjetiljke. Vještak za tehnička vještačenja je prilikom iznošenja nalaza na sudskoj raspravi, nakon odgovora na brojna pitanja u vezi svoga vještačenja, smatrao da se nesreća pri montaži svjetiljke vjerojatno mogla izbjeći da su se radnici prije početka radova na električnoj instalaciji pridržavali pravila o isključivanju napajanja i utvrđivanju beznaponskog stanja.

5.2. Nesreća na radu električara prilikom zamjene brojila

Mjesto događaja i okolnosti nesreće

Nesreća na radu dogodila se u prizemlju stambene zgrade, u prostoriji gdje se nalaze električna brojila koja su vlasništvo HEP-a. Prilikom rada na jednom električnom brojilu došlo je do eksplozije na brojilu te je teško ozlijeđen djelatnik HEP-a.

Prema izjavi djelatnika HEP-a, koji je u trenutku događaja bio s ozlijeđenim kolegom, radovi na brojilu obavljani su pod naponom, a prema radnom nalogu obuhvaćali su promjenu na priključku s trofazne na jednofaznu struju i promjenu limitatora u stanu.

Pregled materijala vještačenja

Na vještačenje je dostavljeno oštećeno električno brojilo. Pregledom brojila utvrđeno je da su oštećenja posljedica djelovanja električnog luka, koji je nastao uslijed kratkog spoja na faznim stezaljkama brojila; vidi slike.



Slike 6 i 7: Električno brojilo s tragovima oštećenja, električarski alat i poklopac brojila

Rezultati ispitivanja materijala vještačenja i utvrđivanje uzroka nesreće

U navedenom slučaju rad na brojilu obavljan je pod naponom. Nesreća se dogodila prilikom rada, dok su dijelovi brojila na kojima je obavljan radni zadatak (priklučne stezaljke brojila) bili dostupni. S njima je bio moguć dodir jer u trenutku događaja još nije bio montiran zaštitni poklopac stezaljki brojila.

Kratki spoj na faznim stezaljkama brojila najvjerojatnije je nastao uslijed dodira nekim metalnim predmetom, vjerojatno dijelom alata, priključnih stezaljki brojila, koje su bile pod naponom.

Zamjena brojila električne energije prema uputi HEP-a za rad na siguran način obavlja se u beznaponskom stanju (Miletić, 2018.). Suprotno navedenoj proceduri, u praksi se događa da se zamjena brojila u beznaponskom stanju obavlja tako da se električari ne pridržavaju svih koraka za rad na siguran način, a pritom su vjerojatno svjesni mogućih rizika.

5.3. Nesreće u kupaonicama

Vještak je tijekom rada imao priliku vještačiti više nesreća koje su se dogodile u kupaonicama, a u kojima su stradali odrasli pa i djeca. Nesreće su najčešće bile posljedica neispravnosti električne instalacije, primjerice kvara električnog grijača bojlera i proboja napona na metalne dijelove u kupaonici i nepostojanje zaštitnog uređaja za automatsko isključivanje napajanja (zaštitne sklopke). Neposredni uzrok nesreće može biti i nepažnja prilikom korištenja različitih električnih uređaja (grijalica, sušila za kosu pa čak i mobitela priključenih radi punjenja) tamo gdje im nije mjesto, u vlažnim i mokrim uvjetima u kupaonicama.



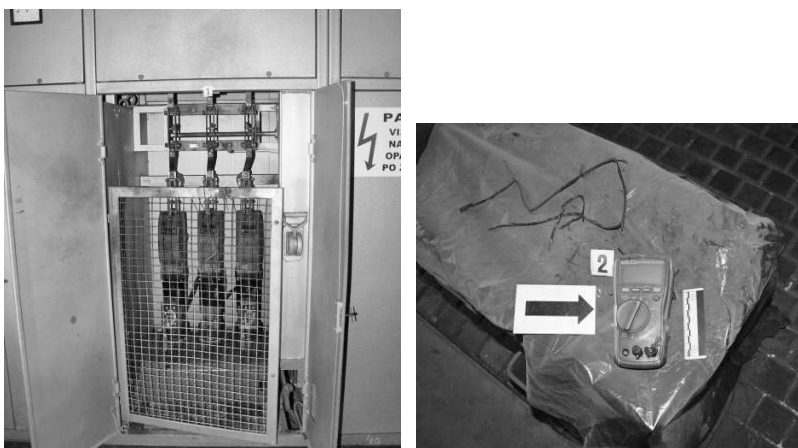
Slike 8 i 9: Električni bojler u kupaonici i neispravan grijač

Očevid na mjestu događaja obavlja ekipa za očevid, a izuzeti materijal dostavlja se u Centar radi vještačenja. Vještak na temelju naloga DO ili suda naknadno izlazi na mjesto događaja nesreće koje je osigurano, radi pregleda električne instalacije i utvrđivanja tehničkog kvara koji je mogući uzrok strujnog udara, ili vještači izuzeti materijal.

5.4. Nesreća električara u trafostanici

Mjesto događaja i okolnosti nesreće

Opisani slučaj dogodio se električaru koji je nepažnjom, odnosno upotrebom neodgovarajućeg instrumenta doživio strujni udar u trafostanici, srećom, bez smrtne posljedice. Vjerojatno želeći izvršiti neko mjerenje u trafostanici, radnik je upotrebom mjernog instrumenta za niski napon preživio strujni udar uslijed preskoka visokog napona kod približavanja dijelovima pod naponom. Na slikama su prikazana oštećenja na rasklopnom postrojenju i na instrumentu (Papić, 2016.).



Slike 10 i 11: Tragovi na rasklopnj opremi i mjernom instrumentu



Slika 12: Pravilan način ispitivanja visokog napona

Rezultati ispitivanja i utvrđivanje uzroka nesreće

Na temelju pregleda mjesta događaja i utvrđenih tragova na postrojenju i mjernom instrumentu, vještak je utvrdio uzrok strujnog udara.

Uzrok stradavanja električara od visokog napona je nepravilan rad, prilikom kojega je električar vjerojatno zbog nepažnje koristio mjerni instrument za niski napon, umjesto odgovarajućeg indikatora napona za visoki napon 6 kV; vidi slike.

Visokonaponska električna postrojenja treba pregledavati kvalificirani zaposlenik koji najbolje poznaje postrojenje, a prije pregleda mjesta događaja treba provjeriti je li postrojenje u beznaponskom stanju.

5.5. Nesreće na gradilištima

Mjesto događaja i okolnosti nesreće

Do nesreće na radu sa smrtnom posljedicom došlo je na gradilištu prilikom postavljanja čelične armature u oplatu betonskog zida tako što je radnik armaturom vjerojatno dodirnuo vodič dalekovoda visokog napona 110 kV koji se nalazio u blizini gradilišta na visini oko 7,5 m od zemlje; vidi slike.

Rad se odvijao tako što je, nakon što je postavljena oplata s obje strane zida do visine od oko 3,5 m, s gornje strane postavljena armatura visine oko 6 m.

Pravilan način rada bio bi, nakon postavljanja oplata s jedne strane zida, postaviti armaturu, a zatim postaviti oplatu s druge strane zida (Papić, 2019.). U navedenom slučaju ne bi bilo potrebno isključivati napajanje dalekovoda.



Slike 13 i 14: Betonski zid na gradilištu u blizini DV 110 kV i metalna armatura

Rezultati ispitivanja i utvrđivanje uzroka nesreće

Vještak je na temelju uvida u sudski spis i pregledom dokumentacije očevida utvrdio sve relevantne činjenice u vezi s nesrećom koja se dogodila prilikom izvođenja radova na gradilištu u blizini dalekovoda visokog napona.

Uzrok nesreće na gradilištu je nepravilan rad prilikom postavljanja čelične armature u oplatu zida, a neposredni uzrok strujnog udara na gradilištima može biti dodir ili preskok visokog napona prilikom građevinskih radova u blizini dalekovoda.

5.6. Nesreće na željeznici

Prema podacima dobivenim od HŽ Infrastrukture od 2008. do rujna 2017. godine, zabilježeno je 26 nesreća na željeznici zbog udara električne struje, od kojih se 20 njih dogodilo zbog penjanja na vagone. U nesrećama su najviše stradala djeca i mlađi ljudi do 21 godinu, od kojih je troje smrtno stradalo, a 14 je teško ozlijeđeno (Papić, 2019.).

U navedenom primjeru prikazana je nesreća do koje je došlo na kontejnerskom terminalu kada su se dvojica mladića popela na kontejner na teretnom vagonu, a nastradali su vjerojatno dodirnuvši kontaktni vod napona od 25000 V; vidi sliku.



Slika 15: Kontejneri na teretnim vagonima i kontaktna mreža

Penjanjem na vagone na željezničkim kolodvorima ispod kontaktnog voda koji je pod naponom, bilo da je riječ o teretnim ili putničkim vagonima, odnosno teretnim vagonima s kontejnerima, dijete ili odrasla osoba može dodirnuti kontaktni vodič ili doći u blizinu kontaktnog vodiča na razmak manji od onog sigurnosnog koji iznosi 2000 mm za napon 25000 V, te doći u opasnost od udara električne struje visokog napona zbog preskoka i električnog luka. Udar električne struje visokog napona u navedenim okolnostima može izazvati smrtnne posljedice ili teške ozljede uslijed opeklina.

Mjesta događaja željezničkih nesreća trebaju pregledavati djelatnici HŽ-a koji ih trebaju osigurati prije početka očevida.

6. ANALIZA UZROKA NESREĆA

Analizom prikazanih slučajeva u razdoblju od 2004. do 2014. godine, dobiveni su neki mogući uzroci nesreća.

- Čest uzrok nesreća na radu koje nastaju kao posljedica strujnih udara jest nepridržavanje pravila sigurnosti prilikom rada na električnim postrojenjima i instalacijama, takozvanih pet zlatnih pravila. Da se električari pridržavaju pravila o isključivanju napajanja prije početka rada i utvrđivanju beznaponskog stanja, velik broj nesreća na radu vjerojatno bi se mogao izbjeći.
- Nesreće u kupaonicama pokazuju da još imamo dosta starih instalacija u kojima nije provedena zaštita od električnog udara, a događaju se nesreće i u svakidašnjem životu zbog nepravilne upotrebe električnih uređaja u kupaonicama.
- Nesreće na radu u električnim postrojenjima, najčešće zbog nepažnje, događaju se čak iiskusnim električarima.
- Nesreće na gradilištima, među ostalim, događaju se zbog nepravilnog izvođenja radova.
- Nesreće na željeznici najčešće se događaju zbog nepromišljenog penjanja na vagone u blizini kontaktnih vodova visokog napona.

7. POLICIJSKI ASPEKTI ISTRAŽIVANJA NESREĆA NA RADU

Analizom dosadašnje prakse utvrđeno je da se suradnja policijskih službenika i inspektora zaštite na radu najčešće ostvaruje kada je potrebno provesti kriminalističko istraživanje radi utvrđivanja kaznene odgovornosti za stradavanje radnika, a izostaje suradnja u prevenciji nesreća na radu.

U policijskim evidencijama ne postoji praćenje ozljeda na radu, nego se svi događaji evidentiraju kriterijem kvalifikacije kaznenog djela, a događaji u kojima se kriminalističkim istraživanjem nije došlo do osnovane sumnje o kaznenom djelu, evidentiraju se pod općim informacijama.

Analizom Evidencija događaja MUP-a od 2013. do 2015. na razini RH promatrani su događaji evidentirani pod pojmom „nesreća na radu“, (Martinjak, Odeljan, Solomun, 2016.). Usporedbom s evidentiranim nesrećama na radu za isto razdoblje koje je proveo Hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu, uočava se veliki nerazmjer između navedenih podataka, što je posljedica zakonodavne regulative prema kojoj poslodavac nije dužan izvijestiti policiju o nesreći na radu.

8. ZAKLJUČAK

U članku je opisano više realnih slučajeva strujnog udara, koji su bili predmet rada vještaka za tehnička vještačenja Centra „Ivan Vučetić“, prikazane su okolnosti u kojima je došlo do nesreća te izvršena analiza mogućih uzroka nesreća.

Navedene su mjere koje treba poduzeti prije i tijekom očevida nesreća radi zaštite i sigurnosti svih osoba koje sudjeluju u radu na mjestu događaja, a osim policijskih službenika ekipe za očevid, to mogu biti sudski vještaci, državni odvjetnici, inspektori rada i drugi.

Suradnjom s nadležnim službama za zaštitu na radu, odnosno češćim uključivanjem inspektora rada prilikom očevida nesreće, policiji bi se olakšalo prikupljanje potrebnih informacija o utvrđivanju odgovornosti za nesreću. Dosadašnja praksa pokazuje da bi bilo dobro inicirati suradnju između policije i službi zaštite na radu nekim oblikom protokola o suradnji.

Rezultati provedenih analiza o uzrocima nesreća na radu daju novi doprinos u proučavanju ovoga zanimljivog, ali u literaturi nedovoljno obrađenog područja iz zaštite na radu, a nadam se da će pružiti i neke praktične informacije te dati smjernice za rad kolegama iz policije i pravosuđa koji se u praksi susreću s tim područjem.

Navedeni primjeri mogu upozoriti na potencijalne opasnosti od električne struje, kako prilikom rada tako i u svakodnevnom životu.

LITERATURA

1. CFIIV „Ivan Vučetić“, 2004.-2014.: Zapisnici o vještačenju i fotografije s očevida.
2. Čizmar, Đ., 2016.: „Smrtna ozljeda radnika od udara električne struje“, časopis Sigurnost, broj 4, vol. 58.
3. Marcikić, M., Dumenčić, B., Matuzalem, E., Čačinović, V., 2007.: *Electrocution, Three cases of high-voltage deaths*, 16th Alps-Adria-Panonia Meeting on Forensic Medicine, Debrecen, Hungary.
4. Martinjak, D., Odeljan, R., Solomun, D., 2016.: „Policijski i kriminalistički aspekti istraživanja događaja u području zaštite na radu“, 6. Međunarodni stručno-znanstveni skup „Zaštita na radu i zaštita zdravlja“, Veleučilište u Karlovcu.
5. Massey, B.; Sait, M.; Johnson, W.; Ripple, M.; Fowler, D.; Li, L., 2021.: „Deaths to Electrocution: An Evaluation of Death Scene Investigations and Autopsy Findings“, Journal of Forensic Science and Medicine.
6. Miletić, Z., Perić, S., 2018.: „Tehnologija rada pod naponom u funkciji održavanja obračunskog mjernog mjesta“, 6. (12.) savjetovanje HO CIRED, Opatija 2018.
7. Mileusnić, E., 1999.: „Mjere sigurnosti i zaštite na radu kod primjene električne energije“, ZIRS.
8. Papić, N., 2016.: „Nesreće uzrokovane strujnim udarom“, 6. Međunarodni stručno-znanstveni skup „Zaštita na radu i zaštita zdravlja“, Veleučilište u Karlovcu.
9. Papić, N., Marcikić, M., 2018.: „Vještačenje nesreća uzrokovanih strujnim udarom“, časopis Sigurnost, broj 2/2018.
10. Papić, N., 2019.: „Forenzika nesreća na radu uzrokovanih strujnim udarom“, časopis Sigurnost, 4/2019.
11. Papić, N., 2019.: „Nesreće na gradilištima uzrokovane udarom električne struje“, časopis Građevinar broj 8/2019.
12. Papić, N., 2019.: „Nesreće uzrokovane udarom električne struje – nesreće na željeznici“, časopis Željeznice 21, broj 2/2019.

13. Papić, N., 2022.: „Vještačenje nesreća na radu uzrokovanih udarom električne struje“, VII. kongres sudskih vještaka i procjenitelja, HDSVIP.
14. Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom, 2012., NN broj 88/2012.
15. Srb, V., 1991.: *Električne instalacije i niskonaponske mreže*, Tehnička knjiga, Zagreb.
16. Toni, C.; Iannaccone, F.; Manetti, A., C.; Baronti, A., 2021.: „Death in the farm: suicide by tractor runover“, poster, AAFS 2021.

Summary

Nenad Papić

Forensics of accidents caused by electric shock

Even though electric shocks do not represent such common cases of accidents and deaths, they do occur and, as such, are the subject of the combined expertise of a technical expert and an expert in forensic medicine.

By inspecting and testing electrical installations and devices in a building or a plant facility, technical experts cooperating with the crime scene investigation team determine the cause of accidents. Experts also examine electrical devices and cables, which are, upon the crime scene investigation by crime scene investigation teams, submitted to Forensic Science Centre Ivan Vučetić for expert examination on suspicion that they could have led to an electric shock due to a malfunction.

Inspection of the scene of accidents caused by an electric shock requires, in addition to the police officers of the crime scene investigation team and the expert witnesses, the presence of persons involved in the scene of an accident, namely state attorneys, work inspectors and others. Therefore, the paper lists measures to be taken before and during the crime scene investigation in order to provide for the protection and safety of all mentioned personnel.

Several real cases from the experts' field of work are described, and traces of accidents caused by electric shock are shown. The analysis of the presented cases was carried out, and the possible causes leading to the accidents were stated.

Keywords: forensic examination, accidents, electric shock, electrical engineering expert, forensic medicine expert, cause of electric shock.