

D. Megla, A. Pocrnić*

ISKUSTVA U PRIMJENI TEHNOLOGIJE RADA POD NAPONOM U HEP-ODS, ELEKTRA ZAGREB

UDK 621.311:331.45
PRIMLJENO: 21.12.2022.
PRIHVAĆENO: 15.6.2023.

Ovo djelo je dano na korištenje pod Creative Commons Attribution 4.0 International License



SAŽETAK: Rad pod naponom je ona vrsta radova na elektroenergetskim postrojenjima, mreži ili električnim instalacijama pri kojima radnik svjesno i namjeravano uspostavlja dodir s dijelovima koji su pod naponom ili dijelovima tijela ili alatima kojima rukuje ulazi u zonu rada pod naponom (prostor oko dijela pod naponom u kojoj izolacijska razina ne osigurava zaštitu od električne opasnosti u slučaju ulaska u taj prostor bez primjene posebnih zaštitnih mjera). U pogledu sigurnosti radnika, primjena tehnologije rada pod naponom, u usporedbi s tehnologijom rada u beznaponskom stanju, zahtijeva posebnu poduku radnika, posebne alate za rad pod naponom te osobnu zaštitnu opremu, kao i strogo poštovanje sigurnosnih procedura tijekom pripreme i izvođenja radova. Tvrtka HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o. već petnaestak godina radi na implementaciji tehnologije rada pod naponom u svoje poslovne procese održavanja i izgradnje elektrodistribucijskih mreža i postrojenja. Elektra Zagreb, kao najveće elektrodistribucijsko područje u Republici Hrvatskoj, prema kriteriju broja transformatorskih stanica i broja korisnika mreže, uvažavajući tehnička ograničenja primjene tehnologije rada pod naponom, potrebna ulaganja te koristi (koja se prije svega očituju u osiguranju kontinuiteta opskrbe električnom energijom korisnika mreže) usmjerila je svoje aktivnosti u primjeni ove tehnologije na radove izgradnje priključaka na elektrodistribucijsku mrežu te poslove čišćenja transformatorskih stanica, vodeći računa da pritom osigura maksimalnu sigurnost zaposlenika prilikom izvođenja navedenih radova..

Ključne riječi: metode rada pod naponom, opasnost od električne energije, osposobljavanje radnika, osobna zaštitna oprema, oprema za rad pod naponom

UVOD

S obzirom na utvrđene i poznate štetne učinke djelovanja električne energije na ljudsko tijelo, radovi na održavanju, otklanjanju kvarova i izgradnji elektroenergetskih postrojenja i mreža u prvim desetljećima od početka široke primjene električne energije provodili su se isključivo u beznaponskom stanju. Međutim, već u dvadesetim godinama prošlog stoljeća počele su se razvijati prve tehnologije i metode koje bi

omogućavale izvođenje radova bez potrebe za dovođenjem mjesta rada u beznaponsko stanje, prvenstveno zbog želje da se omogući kontinuirano napajanje korisnika mreže električnom energijom.

Tijekom razvoja tehnologije rada pod naponom formirale su se tri osnovne metode rada:

- **Rad s izolacijskim rukavicama (rad „u dodiru“)** - radnik se tijekom izvođenja radova nalazi u izravnom dodiru s dijelovima pod naponom, pri čemu koristi elektroizolacijske rukavice, a za izvođenje radova koristi posebne izolirane alate. Vodljivi dijelovi na kojima se ne radi te stajalište radnika

*Damir Megla, dipl. ing., (damir.megla@hep.hr), Anita Pocrnić, struč. spec. ing., (anita.pocnic@hep.hr), HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o., Elektra Zagreb, Gundulićeva 32, 10000 Zagreb, Hrvatska.

prema potrebi se izoliraju odgovarajućim elektroizolacijskim prekrivkama;

- **Rad na udaljenosti** - radnik se tijekom izvođenja radova nalazi na određenoj udaljenosti većoj od minimalne dopuštene udaljenosti približavanja dijelovima pod naponom i za rad koristi dovoljno dugačke elektroizolacijske motke koje omogućuju radniku da svojim tijelom ne zadiru u zonu rada pod naponom (III. zonu);
- **Rad na potencijalu** - *radnik koji izvodi radove nalazi se na istom potencijalu kao i dijelovi pod naponom na kojima radi. Sve radove izvodi tako da u svakom trenutku bude osiguran sigurnosni razmak, odnosno dovoljna razina izolacije prema uzemljenim dijelovima i dijelovima koji su na drugačijem potencijalu od njegov. Pri dodiru s dijelovima pod naponom ne koriste se nikakva izolacijska sredstva niti izolirani alat.*

Svaka od navedene tri osnovne metode rada pod naponom zasniva se na primjeni određenih mjera zaštite od električnog udara te nastanka i djelovanja električnog luka koje se u osnovi sastoje od onemogućavanja radnika da bilo svojim tijelom, alatom te drugom opremom, izazove električko premoštavanje (spajanje) dviju točaka na različitim potencijalima. Međutim, s obzirom na specifičnosti svake od metoda u pogledu načina postizanja ovog cilja, postoje određena ograničenja zbog kojih nije moguća primjena svake od ovih metoda na svim naponskim razinama te svim vrstama elektroenergetskih postrojenja i mreža.

Osnovna ograničenja, odnosno parametri o kojima ovisi koja će se od navedenih metoda rada koristiti su mogućnosti izrade osobne zaštitne opreme s izolacijskim svojstvima, uz istovremeno zadržavanje funkcionalnosti i ergonomičnosti; dielektrička čvrstoća zraka (o kojoj ovisi mogućnost približavanja dijelovima pod naponom pri razlici potencijala između dijelova pod naponom i stajališta radnika) te međusobne udaljenosti vodljivih dijelova koji se nalaze na potencijalima različitim od onog na kojem se izvode radovi, a koji ovisi o samoj tehničkoj izvedbi postrojenja ili mreže.

S obzirom na navedena ograničenja, na niskom naponu koristi se metoda rada „na uda-

ljenosti“ i metoda rada „u dodiru“. Na srednjem naponu mogu se koristiti metode rada „na udaljenosti“, „u dodiru“ ili „na potencijalu“, pri čemu se za određene radove ove metode mogu koristiti pojedinačno ili se radovi mogu izvoditi kombinacijom tih metoda, uz poštovanje pravila da na jednom mjestu rada dva (ili više) radnika, ako istodobno zajedno rade, smiju raditi samo istom metodom i na istom potencijalu, odnosno različite metode mogu se primjenjivati samo u slijedu (jedna za drugom) a ne istovremeno. Na visokom naponu koristi se metoda rada „na potencijalu“, a moguća je i primjena metode rada „na udaljenosti“, dok metodu rada „u dodiru“ nije moguće koristiti.

RAD POD NAPONOM U ELEKTRI ZAGREB

Tvrtka HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o. zadužena je za upravljanje, održavanje i izgradnju srednjonaponskih i niskonaponskih elektrodistribucijskih postrojenja i mreža u Republici Hrvatskoj. Tvrtka je organizacijski podijeljena na 21 distribucijsko područje, čija se teritorijalne granice nadležnosti najvećim dijelom podudaraju s granicama županija. Elektra Zagreb je distribucijsko područje s najvećim brojem korisnika mreže, najvećim brojem transformatorskih stanica te najvećom duljinom elektrodistribucijske mreže u Republici Hrvatskoj.

Uzimajući u obzir već navedena tehnička ograničenja, ali i dodatne zahtjeve koje tehnologija rada pod naponom zahtijeva za radove koji je moguće izvoditi ovom tehnologijom, tvrtka HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o., već petnaestak godina radi na implementaciji ove tehnologije za određene vrste radova na elektroenergetskim postrojenjima i mreži na srednjem i niskom naponu. Implementacijom tehnologije rada pod naponom poboljšava se pouzdanost napajanja korisnika mreže (vrijeme bez prekida napajanja), jer se primjenom ove tehnologije eliminira nužnost isključivanja pojedinih postrojenja ili dijelova mreže zbog izvođenja radova. Zbog navedenog, smanjuje se i pritisak da se radovi izvode što brže, što je često slučaj prilikom radova u beznaponskom stanju, kako bi se za korisnike mreže ponovno uspostavilo redovno napajanje električnom energijom.

Temeljni preduvjeti za implementaciju tehnologije rada pod naponom su razrađeni postupci izvođenja radova pod naponom, educirani radnici, adekvatna osobna zaštitna oprema te specijalni alati i naprave za rad pod naponom.

Postupci izvođenja radova pod naponom u tvrtki HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o. definirani su internim pravilnicima kojima se utvrđuju vrste radova te uvjeti za njihovo izvođenje kao i sami načini izvođenja određenih radova na elektroenergetskim postrojenjima i mreži tehnologijom rada pod naponom. Ovim pravilnicima utvrđena je i osobna zaštitna oprema koju je potrebno koristiti za svaku pojedinu vrstu radova te specijalni alati i oprema za rad pod naponom.

Specijalističko osposobljavanje radnika za primjenu tehnologije rada pod naponom provodi se u HEP-ovom Nastavno obrazovnom centru (NOC) u mjestu Velika kraj Požege. Specijalističko osposobljavanje sastoji se od teorijskog i praktičnog dijela (koje se dijelom provodi u odgovarajućim kabinetima odnosno na poligonima, a dijelom na terenu, tj. u postrojenjima i na mreži); (*Stojkov, Rajević, 2016.*). Tijekom praktičnog dijela osposobljavanja radnici moraju u određenom razdoblju odraditi minimalno propisani broj radnih sati primjenjujući tehnologiju rada pod naponom, kako bi uspješno završili cjelokupni proces osposobljavanja. Radnici i nakon uspješno završenog osposobljavanja moraju održavati kvalificiranost za rad pod naponom, što znači da u određenim razdobljima i nakon osposobljavanja moraju sakupiti određen broj radnih sati tijekom kojih su primjenjivali tehnologiju rada pod naponom, a u suprotnom moraju ponoviti cjelokupni proces osposobljavanja. Ovo je važno jer radnici koji su osposobljeni za primjenu tehnologije rada pod naponom, i dalje u svakodnevnom radu veći dio radnih zadataka obavljaju tehnologijom rada u beznaponskom stanju (radovi koje zbog tehničkih ograničenja nije moguće izvoditi tehnologijom rada pod naponom odnosno radovi za koje se poslodavac nije odlučio koristiti ovu tehnologiju zbog drugih razloga – npr. radovi za koje se usporedbom potrebnih ulaganja i koristi utvrdilo da ih je isplativije izvoditi tehnologijom rada u beznaponskom stanju).

U sklopu navedene implementacije ove tehnologije rada unutar tvrtke HEP – Operator distri-

bucijskog sustava d.o.o., distribucijsko područje Elektra Zagreb svoje je aktivnosti usmjerila na dvije vrste radova, za koje je analizom uloženog i dobivenog, ocijenila da donose najviše benefita, a to su radovi izrade priključaka objekata korisnika mreže na niskonaponsku nadzemnu mrežu te radovi na čišćenju transformatorskih stanica 10(20)/0,4 kV (*Rajević, 2018.*).

Rad pod naponom prilikom izrade priključaka na niskonaponsku nadzemnu mrežu

Radovi na izradi priključaka objekata korisnika na niskonaponsku nadzemnu mrežu sastoje se od izrade elektrodistribucijskog priključka na građevinskom objektu novog korisnika mreže i spajanja istog putem priključnog nadzemnog kabela na pripadajući strujni krug (nadzemnu mrežu). Ako se navedeni radovi izvode u beznaponskom stanju, potrebno je u transformatorskoj stanici isključiti niskonaponski strujni krug na koji će se spojiti novi korisnik mreže, a na kojem je priključen veći broj već postojećih korisnika mreže, koji u tom slučaju, tijekom izvođenja radova, ostaju bez napajanja električnom energijom. Primjenom tehnologije rada pod naponom eliminira se potreba za isključenjem strujnog kruga na koji će se spojiti novi priključak, čime je za sve postojeće korisnike mreže cijelo vrijeme osiguran kontinuitet napajanja električnom energijom. Radnik koji izvodi navedene radove priključni kabel objekta korisnika mreže spaja na elektrodistribucijsku mrežu koja je cijelo vrijeme pod naponom. Ova vrsta radova ubraja se u metodu rada pod naponom „u dodiru“. Prilikom izvođenja radova radnici moraju koristiti sljedeću osobnu zaštitnu opremu:

- izolacijsku električarsku kacigu sa zaštitnim vizikom za cijelo lice
- izolacijske rukavice za rad pod naponom (klasa 00/0 – izolacijska razina do 500V/1000 V)
- zaštitne nadrukavice (za zaštitu od mehaničkih rizika te zaštitu od mehaničkog oštećenja izolacijskih rukavica)
- zaštitno radno odijelo za rad pod naponom (za zaštitu od termičkih učinaka električnog luka)
- zaštitne cipele za rad pod naponom (bez metalnih dijelova).

Navedena osobna zaštitna oprema radnika štiti od štetnih učinaka električne energije (strujni udar, odnosno električni luk) te omogućuje radniku da dolazi u izravni dodir rukama, odnosno alatima kojima rukuje, s dijelovima pod naponom, a ujedno ga štiti i od mehaničkih rizika.

U pogledu zaštitne opreme i alata radnici koriste izolacijske prekrivke kojima prekrivaju dijelove pod naponom koji se nalaze u blizini, a na kojima ne rade te upotrebljavaju izolirane alate, također radi eliminacije rizika od strujnog udara, odnosno izazivanja kratkog spoja.



Slika 1. Rad pod naponom prilikom izrade priključaka korisnika elektrodistribucijske mreže

Figure 1. Live working when making connections for electricity distribution network users

Prije početka radova radnik obvezno mora provesti vizualni pregled izoliranih alata (ogrebotine na alatu mogu umanjiti izolacijska svojstva, a nečistoće stvoriti vodljivi sloj na površini alata) te vizualni pregled i funkcionalnu provjeru neoštećenosti izolacijskih rukavica. Također, važno je pravilno koristiti osobnu zaštitnu opremu jer njezina nepravilna uporaba može smanjiti njezinu učinkovitost (npr. nepravilno korištenje zaštitnih nadrukavica može smanjiti učinkovitost zaštite izolacijskih rukavica ako ih se u potpunosti prekrije, rukavi zaštitnog radnog odijela moraju biti uvučeni u izolacijske rukavice iz istog razloga); (Čaha, Lovrenčić, Lovrenčić, 2018.). S obzirom da se radovi izvode na visini (iz hidrauličke platforme na vozilu), radnik mora koristiti i zaštitni opasač s užetom za zaštitu od pada.

Rad pod naponom prilikom čišćenja transformatorskih stanica 10(20)/0,4 kV

Čišćenje transformatorskih stanica važan je segment održavanja navedenih postrojenja. Nakupljanjem onečišćenja na elementima postrojenja, naročito na izolatorima, stvaraju se uvjeti za nastanak kratkih spojeva odnosno zemljospojeva jer se stvaraju vodljivi putevi na površini izolacijskih materijala. S obzirom da zbog razvoja tehnologije izrade elektroenergetskih postrojenja ona više ne zahtijevaju učestalo održavanje mehaničkih elemenata, čišćenje postrojenja ostaje jedno od značajnijih elemenata sveukupnog održavanja distribucijskih transformatorskih stanica 10(20)/0,4 kV. Isključivanjem transformatorskih stanica 10(20)/0,4 kV radi provođenja čišćenja elemenata postrojenja u beznaponskom stanju veći broj korisnika mreže ostao bi bez opskrbe električnom energijom tijekom izvođenja ovih radova, dok se uporabom tehnologije rada pod naponom eliminira potreba za isključivanjem postrojenja i posljedično prekidom napajanja korisnika mreže.

U pogledu čišćenja transformatorskih stanica pod naponom koriste se dvije metode:

- čišćenje uporabom usisavača i četki s izolacijskim elementima (cijevima)
- čišćenje tehnologijom suhog leda (granule smrznutog CO₂).

Objektive metode čišćenja ubrajaju se u metodu rada pod naponom „na udaljenosti“.

Čišćenje transformatorskih stanica pod naponom uporabom usisavača i četki provodi se na način da radnik koristi posebne izolacijske cijevi usisavača, pritom održavajući odgovarajuću propisanu minimalnu udaljenost približavanja od dijelova pod naponom, tj. obje ove metode ubrajaju se u metodu rada pod naponom „na udaljenosti“.

Prilikom izvođenja ove vrste radova pod naponom, radnici moraju koristiti sljedeću osobnu zaštitnu opremu:

- izolacijsku električarsku kacigu s viziorom za cijelo lice
- zaštitne rukavice (za zaštitu od mehaničkih rizika)
- zaštitno radno odijelo za rad pod naponom (za zaštitu od termičkih učinaka električnog luka)

- zaštitne cipele za rad pod naponom s izolacijskim potplatom ili izolacijske čizme.

Prije početka rada na čišćenju radnik obvezno treba očistiti i osušiti izolacijske cijevi, kako se na njima ne bi stvorio vodljivi sloj i umanjio učinkovitost izolacije. Zbog istog razloga, tijekom samog čišćenja radnik treba povremeno provjeravati stanje onečišćenja cijevi usisavača te ih po potrebi očistiti četkom. S obzirom na tehničku izvedbu transformatorskih stanica, radovi se u pravilu izvode na način da radnici koji obavljaju poslove čišćenja prilikom rukovanja opremom stoje izvan same transformatorske stanice, tj. na otvorenom prostoru. Zbog navedenog te s obzirom da se radi o višim naponskim razinama (10 ili 20 kV), potrebno je voditi računa i o vremenskim uvjetima u kojima se obavljaju radovi, jer vremenski uvjeti mogu utjecati na učinkovitost izolacijskih svojstava opreme kojom se rukuje. Zbog navedenog radovi nisu dopušteni u slučajevima oborina, grmljavine, magle i jakog vjetrova. Osim navedenog, potrebno je voditi računa i o relativnoj vlažnosti zraka, jer se pri višim razinama relativne vlažnosti zraka smanjuje dielektrička čvrstoća zraka te su stoga radovi dopušteni ako je relativna vlažnost zraka manja od 80 %. Zbog navedenog prije početka i po potrebi tijekom izvođenja radova potrebno je provoditi mjerenje relativne vlažnosti zraka odgovarajućim instrumentom.



Slika 2. Rad pod naponom na TS 10(20)/0,4 kV uporabom usisavača

Figure 2. Live working at TS 10(20)/0.4 kV using a vacuum cleaner

Tehnologija čišćenja transformatorskih stanica pod naponom suhim ledom pogodna je za tvrdokornija onečišćenja, gdje bi čišćenje četkanjem i usisavanjem bilo nedovoljno učinkovito. Ova tehnologija sastoji se u ispuhivanju granula smrznutog CO₂ (temperature – 80°C, promjera do 3 mm) pod visokim tlakom te one dolaze u kontakt sa česticama onečišćenja, pritom ih odvajajući od površine elektroenergetske opreme (onečišćenje postaje krto i formira se u manje nakupine); (Rajević, Sokač, 2018.). Cijev putem koje se visokotlačna struja zraka s granulama CO₂ aplicira na elemente postrojenja mora biti izrađena od izolacijskog materijala, a radnik koji njome rukuje ne smije se približavati dijelovima pod naponom na udaljenost manju od minimalne udaljenosti približavanja, u skladu s naponskom razinom postrojenja. Visokotlačna struja zraka odnosi sa sobom nakupine onečišćenja, koje se nakon završetka postupka čišćenja suhim ledom usisavaju uporabom usisavača s izolacijskim cijevima. Prilikom izvođenja radova čišćenja transformatorskih stanica pod naponom tehnologijom suhog leda, radnici trebaju koristiti svu već nabrojano osobnu zaštitnu opremu kao za prethodno opisanu metodu čišćenja sa četkama i usisavačem te dodatno osobnu zaštitnu opremu za zaštitu sluha, s obzirom da rad opreme za čišćenje suhim ledom (kompresor, agregat) proizvodi visoke razine buke.

Elektra Zagreb tehnologiju čišćenja transformatorskih stanica pod naponom uporabom usisavača i četki obavlja u vlastitom angažmanu, dok za primjenu tehnologije čišćenja transformatorskih stanica pod naponom suhim ledom za sada koristi specijalizirane vanjske izvođače, a ovlaštene radnici Elektre Zagreb obavljaju funkciju nadzornih osoba prilikom izvođenja radova.

ZAKLJUČAK

Primjena tehnologije rada pod naponom zahtijeva dodatna ulaganja u specijalne alate i opremu, osobnu zaštitnu opremu i osposobljavanje radnika te za pojedine vrste radova iziskuje veći utrošak vremena za pripremu i/ili izvođenje radova. Istovremeno, primjena ove tehnologije omogućava kontinuitet opskrbe kupaca električnom energijom, što osim eliminacije troškova i even-

tualnih naknada zbog neisporučene električne energije, omogućava i veću fleksibilnost u planiranju radova (nije potreban dogovor s pojedinim korisnicima mreže o terminima održavanja, kao u slučaju radova u beznaponskom stanju), a radovi se izvode bez vremenskog pritiska. U pogledu sigurnosti zaposlenika od štetnih učinaka električne energije, radovi pod naponom, uz primjenu svih propisanih mjera sigurnosti, pokazali su se sigurnim (do sada u Elektri Zagreb nije zabilježena niti jedna ozljeda, niti drugi sigurnosni incident, prilikom izvođenja radova tehnologijom rada pod naponom).

LITERATURA

- Caha, V., Lovrenčić, V., Lovrenčić, A.: Izolacijske rukavice za električare – usporedba međunarodnih normi i iskustava, Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije – HO CIRED, 6. (12). savjetovanje, Opatija, 2018., dostupno na https://ho-cired.hr/images/OPATIJA2018/Referati_po_studijskim_odborima/SO1/SO1-38.pdf pristupljeno: 04. 07. 2022.
- Raljević, D.: Opravdanost primjene rada pod naponom u HEP – ODS-u, Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije – HO CIRED, 6. (12). savjetovanje, Opatija, 2018., dostupno na https://ho-cired.hr/images/OPATIJA2018/Referati_po_studijskim_odborima/SO6/SO6-20.pdf pristupljeno: 05. 07. 2022.
- Raljević, D., Sokač, V.: Čišćenje pod naponom – granulama ugljikovog (IV) oksida (suhim ledom), Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije – HO CIRED, 6. (12). savjetovanje, Opatija, 2018., dostupno na https://ho-cired.hr/images/OPATIJA2018/Referati_po_studijskim_odborima/SO6/SO6-22.pdf pristupljeno: 05. 07. 2022.
- Stojkov, M., Raljević, D.: *Tehnologija rada pod naponom*, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, 2016.

TECHNOLOGY OF LIVE WORKING IN HEP, ELEKTRA ZAGREB

SUMMARY: Live working comprises work on electric energy plants, network or electric installations where the worker purposely establishes contact with the live parts or exposes parts of the body or tools in the live work zone (zone where the live parts are not insulated sufficiently to ensure protection from electric hazard without special safety measures). With regard to the safety of workers in live working conditions, as opposed to the de-energized environment, special training, special tools and personal protection measures are needed, in addition to a strict adherence to the safety procedures during preparation and actual work. Company HEP – Operator distribucijskog sustava, d.o.o. (distribution system operator (DSO)) has in the last 15 years been working on the implementation of the technology of live working in its business processes and in the construction of electricity distribution network and plants. Elektra Zagreb covers the largest distribution area in the Republic of Croatia, according to the number of transformer stations and the number of users. Taking into consideration the specific nature of live working, the company has invested greatly in safety in assuring continuity of electricity supply. The technology of live working is implemented in the construction of the electricity distribution connections and in the jobs of cleaning transformer stations, focusing on achieving maximum safety to the workers.

Key words: *live working methods, hazards from electricity, worker training, personal protective equipment (PPE), live work tools*

*Professional paper
Received: 2022-12-21
Accepted: 2023-06-15*