

Damir Rajević
HEP Nastavno obrazovni centar Velika
damir.rajevic@hep.hr

ČIŠĆENJE POSTROJENJA METODOM SUHOG LEDA POD NAPONOM KAO NAČIN POVEĆANJA POUZDANOSTI POSTROJENJA

SAŽETAK

Osnovni cilj koji Operator distribucijskog sustava mora ostvariti je pouzdana opskrba potrošača kvalitetnom električnom energijom, po ekonomski prihvatljivoj cijeni. Jedna od mogućnosti smanjenja troškova zbog neisporučene električne energije je i korištenje tehnologija rada pod naponom u procesu planiranih radova na održavanju električnih postrojenja.

Cilj primjene metode rada pod naponom - čišćenje suhim ledom na postrojenjima HEP-Operatora distribucijskog sustava d.o.o. (HEP ODS) je da se osigura pouzdanost samih postrojenja (prije svega transformatorskih stanica) redovnim održavanjem bez prekida napajanja električnom energijom. Izvođenje radnih postupaka primjenom RPN-a ima znatno višu cijenu u odnosu na rad u beznaponskom stanju, ali ukupne uštede pokrivaju predmetne troškove i stvaraju dodatne uštede. Kako se povisuju naponske razine i povećavaju opterećenja tako rastu i uštede pri korištenju tehnologije za RPN.

Ključne riječi: rad pod naponom (RPN), čišćenje pod naponom, suhi led

PLANT CLEANING USING DRY ICE METHOD LIVE WORK AS A WAY OF INCREASING PLANT RELIABILITY

SUMMARY

The basic goal that the electricity distribution company must achieve is the reliable supply of consumers with high-quality electricity at an economically acceptable price. One of the possibilities of reducing costs due to undelivered electricity is the use of the live work (LW) technology in the process of planned works on the maintenance of electric power facilities.

The goal of applying the method of live work - cleaning with dry ice at HEP ODS facilities is to ensure the reliability of the facilities themselves (primarily transformer stations) through regular maintenance without interruption of the electricity supply. The performance of work procedures using LW has a significantly higher price compared to working in a de-energized state, but the total savings cover the costs in question and create additional savings.. As voltage levels increase and loads increase, so do savings when using LW.

Key words: live work (LW), live work cleaning, dry ice

1. UVOD

Osnovni cilj primjene tehnologije rada pod naponom - čišćenje suhim ledom na postrojenjima HEP ODS-a je osiguranje pouzdanost samih postrojenja (prije svega transformatorskih stanica) redovnim održavanjem bez prekida napajanja električnom energijom s jedne strane, a s druge strane povećanje prihoda i smanjenje troškova poslovanja, uključujući i povećanje zadovoljstva korisnika mreže.

Svjetska iskustva daju veoma jasnu potvrdu višestruke isplativosti RPN u praksi održavanja distribucijske mreže.

Sama organizacija rada pod naponom na dijelovima objekata pod naponom dozvoljena je ako:

- radnik ima stručnu sposobnost i da je osposobljen za rad na siguran način prema utvrđenim vrstama i opsegu opasnosti,
- da postoji odgovarajući izolirani alat, zaštitna oprema, osobna zaštitna oprema (OZO) i dr. za svaku vrstu rada, u skladu s izabranim metodom rada pod naponom,
- da je izabrani sistem rada pod naponom i radni postupak utvrđen i provjeren;
- da postoje pisane upute za svaku vrstu rada.

Rad pod naponom na električnim postrojenjima niskog i srednjeg napona dozvoljen je u HEP ODS-u, u skladu s hrvatskim propisima i internim aktima.

Propisani uvjeti za RPN zadovoljeni su na slijedeći način:

- tehnologija RPN na NN propisana je u internim propisima HEP ODS-a. Bilteni su nastali prijenosom tehnologije rada pod naponom od Francuskog EDF-a koji ima gotovo 70 godina iskustva u izvođenju RPN te prilagodbom postrojenjima i praksi HEP ODS –a,
- elektromonteri se stručno osposobljavaju u HEP NOC-u prema odobrenim programima od strane Ministarstva znanosti i obrazovanja,
- za RPN koriste se izolacijski alati te pomoćna i osobna zaštitna oprema, izrađena u skladu s EN i IEC normama iz područja rada pod naponom.

2. PREDNOSTI TEHNOLOGIJE RADA POD NAPONOM

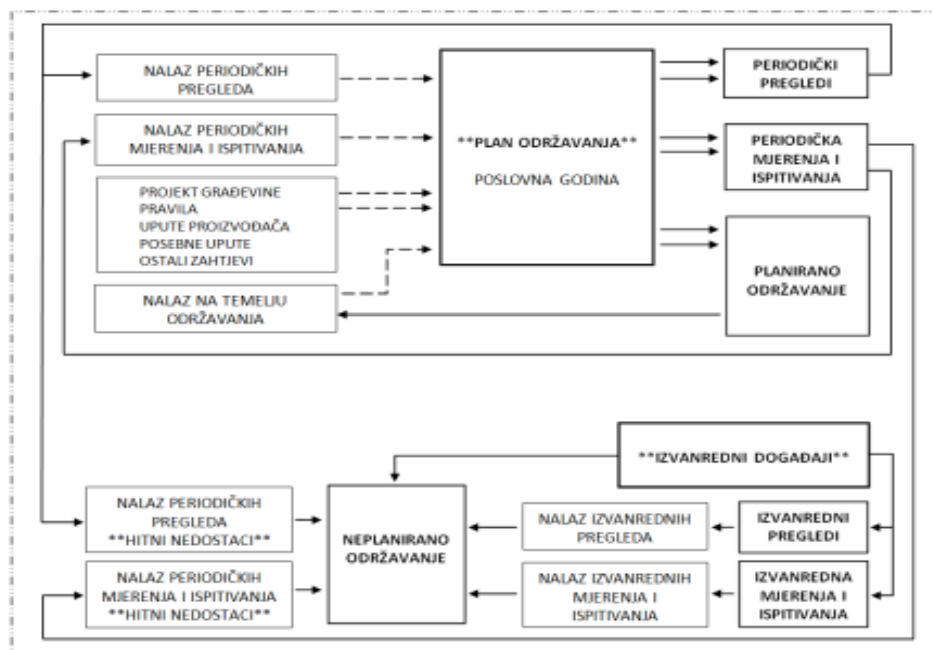
Glavna prednost RPN-a naspram rada u beznaponskom stanju je u zadržavanju kontinuiteta napajanja korisnika mreže električnom energijom. Glavni izvor prihoda HEP ODS-a dolazi od korištenja mreže, što znači da u slučaju prekida napajanja električnom energijom dolazi do smanjenja prihoda te povećanja troškova HEP ODS-a i nezadovoljstva korisnika mreže. Korisnici mreže poput industrije imaju i indirektno troškove zbog zaustavljanja proizvodnje, a proizvođači i kupci s vlastitom proizvodnjom imaju direktne troškove zbog prekida proizvodnje električne energije.

Prekidi napajanja električnom energijom uglavnom nastaju zbog:

- djelovanja „više sile“ u obliku atmosferskih nepravilnosti ili sličnog,
- kvara uzrokovanog zatajenjem dijela električnog postrojenja,
- održavanja elektroenergetskog sustava (EES).

Na prekide uzrokovane djelovanjem „više sile“ nemoguće je utjecati, dok se kvarovi uzrokovani zatajenjem opreme mogu izbjeći pregledom i redovitim održavanjem.

Aktivnosti održavanja u HEP ODS-u podijeljene su kako je prikazano na Slici 1. Najveći dio radnih postupaka održavanja (planirani i neplanirani) mogu se odraditi upotrebom tehnologije za RPN. Jedino ograničenje je količina i vrsta opreme te broj obučanih elektromontera specijalista.



Slika 1. Aktivnosti održavanja elektrodistribucijske mreže – grafički prikaz procesa [1]

U Republici Hrvatskoj dolazi do znatnog broja zastoja dijelova distribucijskog sustava uzrokovanih kvarovima na opremi uslijed neadekvatnog i neredovitog preventivnog održavanja, kao i jednim dijelom zbog zastarjele opreme. Kada bi se radni postupci planiranih održavanja odradili tehnologijom RPN-a ukupan broj zastoja bi se smanjio za približno 45% [2]. Broj prisilnih zastoja bi se također smanjio budući da bi se pregledi i održavanje mogli provoditi redovitije bez prekida napajanja.

Samo izvođenje radnih postupaka primjenom RPN-a ima znatno višu cijenu, u odnosu na rad u beznaponskom stanju, ali ukupne uštede pokrivaju troškove i stvaraju dodatne uštede. Kako se povisuju naponske razine i povećavaju opterećenja u energetskim čvorištima i pripadnim vodovima tako rastu i uštede pri korištenju tehnologije RPN-a.

3. TEHNOLOGIJA ČIŠĆENJA ELEKTRIČNIH POSTROJENJA SMRZNUTIM CO₂

Tehnologija upotrebe granula smrznutog CO₂ za potrebe čišćenja primjenjiva je na električna postrojenja niskog i srednjeg napona.

Granule smrznutog CO₂, odobrenog za čišćenje pod naponom, imaju slijedeća svojstva:

- granule temperature -80 °C, promjera do 3 mm,
- bez boje i mirisa, bez vlage u spremniku i spojnim cijevima.

Tehnologija upotrebe granula smrznutog CO₂ temelji se na tri koraka, odnosno svojstva zbog kojih se ovo sredstvo koristi za čišćenje površina električne opreme.

1. granule u visokotlačnoj struji zraka velikom brzinom dolaze u kontakt sa česticama onečišćenja te ih odvajaju od površine opreme električnog postrojenja efektom temperaturnog šoka (onečišćenje postaje krto, porozno i formira se u male nakupine),
2. granule na normalnom atmosferskom tlaku trenutno sublimiraju u plinovito stanje (nema prijelazne tekuće faze sredstva) i ne stvara se puzna staza na površini izolacije ili između vodljivih dijelova električnog postrojenja,
3. visokotlačna struja zraka odnosi sa sobom formirane nakupine onečišćenja (ispuhivanje).

Važno je napomenuti da se tijekom procesa čišćenja vrh mlaznice koja usmjerava zračnu struju ne smije približavati dijelovima električne opreme na udaljenost manju od 200 mm te da se mlaz ne smije

primjenjivati dulje od 2 sekunde na istom mjestu (dijelu opreme) kako ne bi izazvao temperaturni šok opreme. Izvedba izolacijske ručke na kojoj se nalazi mlaznica mora biti takva da dielektrička čvrstoća cijevi zadovoljava zahtjeve ispitivanja izmjeničnim naponom (100 kV/30 cm duljine cijevi).

Za potrebe čišćenja smrznutim CO₂ obavezno se izrađuje Program rada, Radni zadatak i detaljna Priprema za rad pod naponom. Program rada sastavlja organizator radova, a Pripremu za rad pod naponom izrađuje ovlaštenu radnik koji će obaviti postupak čišćenja.

Ako je izvođač radova vanjska tvrtka, nositelj Naloga za rad pod naponom i Dopusnice za rad pod naponom je radnik iz organizacijske jedinice HEP ODS-a koja organizira čišćenje pod naponom. Rukovoditelj radova vanjskog izvođača potpisuje Izjavu rukovoditelja radova vanjskog izvođača.

Nadzorna osoba HEP ODS-a koja osigurava trajni nadzor (najčešće je to radnik kojeg odredi organizator radova) određuje zonu kretanja i dijelove električnog postrojenja koji će se čistiti smrznutim CO₂. Nadzor same tehnologije provođenja čišćenja pod naponom smrznutim CO₂ obavlja rukovoditelj radova vanjskog izvođača.

Prostorija električnog postrojenja koje će se čistiti smrznutim CO₂ mora biti prozračna i dobro ventilirana te uz dobre uvjete vidljivosti (osvijetljenosti).

Čišćenje obavezno započinje upotrebom industrijskog usisavača i izolacijskih cijevi. Usisavaju se sva dostupna onečišćenja za koje je izgledno da će se početkom primjene čišćenja smrznutim CO₂ početi premještati po drugim dijelovima električnog postrojenja. Smjer usisavanja je od nižih dijelova električnog postrojenja prema višima i natrag. Na taj način se izbjegava stvaranje uvjeta za pojavu kritične količine onečišćenja na opremi, a time i moguće pojave električnog luka. Početno usisavanje, prije čišćenja dijelova električne opreme, obuhvaća radni okoliš u električnom postrojenju (podovi, zidovi i stropovi). Sušač zraka (Slika 2.) anulira vlažnost zraka što je jako važno kod čišćenja uređaja i postrojenja pod naponom dok kompresor (Slika 3.) osigurava dovoljne količine zraka potrebne za apliciranje suhog leda, a uređaj za čišćenje suhim ledom (Slika 4.) dozira granule (ovisno o onečišćenju površine) koje kroz mlaznicu s izolacijskom ručkom za čišćenje (Slika 5.) dolaze na onečišćenu površinu.



Slika 2. Sušač zraka - kompresor uzima zrak iz okoline koji u sebi sadrži određeni postotak vlage



Slika 3. Kompresor - koristi se za osiguravanje dovoljne količine zraka i brzine strujanja zraka za apliciranje smrznutih granula CO₂ na onečišćenu površinu



Slika 4. Uređaj za čišćenje suhim ledom dozira granule CO₂ ovisno o vrsti podloge i razini onečišćenja opreme koja se čisti.



Slika 5. Patentirana mlaznica s izolacijskom ručkom za čišćenje suhim ledom pod naponom

Tijekom provedbe postupka čišćenja, elekromonter specijalista mora nositi svu propisanu osobnu zaštitnu opremu za čišćenje pod naponom i dodatnu zaštitu sluha. Opremu za zaštitu sluha mora nositi i nadzorna osoba HEP ODS-a.

Elekromonter specijalista ni u kojem trenutku ne smije biti izvan dopuštene zone kretanja i raditi na dijelovima električnih postrojenja na koje ga nadzorna osoba HEP ODS -a nije uputila (dio koji se treba čistiti).

Postupak čišćenja završava obaveznim usisavanjem nakupina onečišćenja nastalih primjenom smrznutog CO₂ i vraćanjem Dopusnice za rad pod naponom, uz potpis Obavijesti o završetku radova.

Čišćenju pod naponom upotrebom smrznutog CO₂ prednost se daje u onim električnim postrojenjima gdje su prethodno nastala onečišćenja zbog požara ili nakupljanja tvrdokornih onečišćenja koja bi iziskivala upotrebu veće količine kemijskih sredstava za čišćenje ili bi njihovo čišćenje četkanjem i usisavanjem bilo nedovoljno učinkovito (Slika 6. i 7.).



Slika 6. Transformator 10(20)/0,4 kV prije i poslije čišćenja



Slika 7. Čišćenje TS 35/10 kV

Radi sprječavanja neželjenih manipulacija i povezanih pogonskih događaja, gubitka maziva i opasnog razbacivanja vodljivih maziva po drugim dijelovima opreme, primjena čišćenja smrznutim CO₂ tehnološki se ograničava, odnosno zabranjuje za:

- pomične dijelove električnog postrojenja (kontakti rastavljača),
- upravljačke dijelove električnog postrojenja (tipkala, sklopnici, okidači),
- dijelove električnog postrojenja koji sadrže kontaktna i druga maziva.

4. FINANCIJSKI UČINCI PRIMJENE TEHNOLOGIJE ČIŠĆENJA POD NAPONOM

Prema prikupljenim podacima o dosad provedenim poslovima čišćenja transformatorskih stanica (TS) pod naponom [3], u prosjeku je utrošeno 9 sati (3h/TS x 3 montera) efektivnog radnog vremena po transformatorskoj stanici, uz vrijeme potrebno za pripremu (za čišćenje TS u beznaponskom stanju računa se 2 sata efektivnog radnog vremena).

Primjenom čišćenja jedne distributivne transformatorske stanice utječe se na poboljšanje zajamčenog standarda pouzdanosti napajanja za kabelsku mrežu u iznosu od 33%, a nadzemnu mrežu u iznosu od 20% [5]. Primjerice, za TS s više od 150 korisnika mreže moguće je ostvariti uštedu od 1.194,51 EUR (procijenjeni povrat sredstava iznosi 1.200,00 EUR), prema [6].

Pravilnikom o uvjetima kvalitete opskrbe električnom energijom [4] regulirano je pravo korisnika mreže na propisani iznos novčane naknade u slučaju prekida napajanja električnom energijom.

5. ZAKLJUČAK

Čišćenje elektroenergetskih postrojenja metodom rada pod naponom na niskom i srednjem naponu predstavlja veliku potrebu naročito u područjima gdje se mora održavati visoka razina pouzdanosti napajanja električnom energijom. Budući da se za vrijeme čišćenja električnih postrojenja koristi isključivo metoda „rad na udaljenosti“, što predstavlja sigurno i radnicima logički prihvatljivo rješenje, uočeno je da izvršitelji brzo prihvaćaju i u potpunosti primjenjuju ovu metodu.

U sklopu Pilot projekta [6], HEP NOC planira popularizirati primjenu tehnologije čišćenja suhim ledom pod naponom, a u konačnici i preuzeti ovu tehnologiju za daljnje korištenje. Što se cijene tiče, metoda čišćenja električnih postrojenja suhim ledom postaje sve povoljnija.

U radu su navedene prednosti ove tehnologije koja omogućava da se čišćenje električnih postrojenja provodi pod naponom, odnosno bez prekida napajanja električnom energijom. Povećanje primjene metode čišćenja pod naponom na srednjem naponu također predstavlja dobru polaznu osnovu za primjenu i ostalih metoda rada pod naponom na srednjem naponu, koje su zahtjevnije i skuplje.

6. LITERATURA

- [1] „Pravila održavanja elektrodistribucijske mreže“, HEP Operator distribucijskog sustava d.o.o., ožujak 2021.
- [2] Ivan Mijić, „Tehnologija rada pod naponom na sredjenaponskim postrojenjima“, Diplomski rad, FERIT Osijek, 2017
- [3] RPN Dokumentacija HEP NOC Velika- obuka i nadzor RPN na čišćenju pod naponom na NN i SN postrojenjima,2022, Velika
- [4] Pravilnik o uvjetima kvalitete opskrbe električnom energijom, HERA, NN 84/2022
- [5] Ivan Gelo,“ RPN – Čišćenje distribucijskih transformatorskih stanica“ PPT
- [6] Pilot projekt - Čišćenje pod naponom suhim ledom transformatorskih stanica HEP ODS prije revizije, siječanj 2023, Velika
- [7] Zapisnici o obavljenim radovima čišćenja pod naponom suhim ledom Tensiowatt d.o.o., 2022,Zagreb