

Damir Raljević
HEP Nastavno obrazovni centar Velika
damir.raljevic@hep.hr

mr.sc. Davor Sokač
HEP Operator distribucijskog sustava d.o.o.
davor.sokac@hep.hr

ČIŠĆENJE POD NAPONOM - GRANULAMA UGLJIKOVOG (IV) OKSIDA (SUHIM LEDOM)

SAŽETAK

Pored poslova na održavanju elektroenergetskih mreža pod naponom, sve više dolazi do izražaja i zahtjev da se čišćenje postrojenja (razvodnih ormara, upravljačkih ormara, ćelija, sabirnica, transformatora, izolatora i druge opreme) zbog smanjenja prekida vrši pod naponom. Rad opisuje tehnologiju čišćenja pod naponom s posebnim naglaskom na tehnologiju čišćenja granulama ugljičnog oksida (suhim ledom). Također će biti opisan izum koji omogućava primjenu ove tehnologije.

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

CLEANING UNDER VOLTAGE WITH THE CARBON OXIDE GRANULES („DRY ICE“)

SUMMARY

In addition to the maintenance of the power grid under voltage, it is becoming increasingly apparent the cleaning of the plant under voltage (distribution cabinets, control cabinets, cell, bus, transformers, insulators, and other equipment) to reduced interruptions and voltage breakdown. This seminar describes the cleaning technology under voltage with a special emphasis on the technology of cleaning carbon dioxide granules (dry ice). The invention will also be described which enables the application of this technology.

Key words Live work, cleaning under voltage, dry ice

1. UVOD

Tehnologija čišćenja suhim ledom relativno je novi proces čišćenja koji se koristi čvrstim CO₂ kuglicama (poznate i kao suhi led). Koristi se, prije svega, za industrijsku uporabu u različitim aplikacijama. Suhi led, nakon udara u površinu koja se tretira, sublimira, (pretvara se direktno iz čvrstog stanja u CO₂ plin), te tako ne ostavlja talog, opasni otpad ili otrovne pare. Danas, metoda čišćenja suhim ledom brzo postaje omiljena za okoliš kao i za proizvodnju. Zbog zahtjevnih ekoloških propisa, industrija je primorana smanjiti otpad.

Nadalje, raste i svijest o globalnom utjecaju na okoliš kojeg mnogi stavljaju ispred svoje proizvođačke prakse. Međutim, prednosti ove tehnologije su naglašene zbog velikih učinaka koje ostvaruje suhi led – nema prekida napajanja kupaca, izuzetna kvaliteta čišćenja i to bez oštećenja tretirane opreme. CO₂ je, kao prirodan plin, potpuno neotrovan, bez boje je i bez mirisa.

Rabi se u prehrani za točenje pića i za gaziranje pa je, gledano s ekološke strane, idealan za čišćenje. Proces počinje s tekućim CO₂ pohranjenim pod tlakom (~ 850 psig). Tekući CO₂ hrani uređaj za proizvodnju kuglica suhog leda (eng. pelletizer) koji ga pretvara u kruti CO₂ (pahuljice suhoga leda), a kompresijom nastaju kuglice suhoga leda (engl. pellets) temperature oko -79°C. Kuglice suhoga leda ubacuju se u tok komprimiranog zraka i velikom brzinom projiciraju na ciljanu površinu opremom s posebno dizajniranim mlaznicama. Nakon što udare o površinu, nastaje ekstremna razlika u temperaturi (toplinski udar) između premaza ili zagađivača i temeljne podloge, što dovodi do slabljenja kemijskih i fizičkih veza između površine materijala i podloge. Odmah nakon udara, kuglice leda počinju sublimirati (tj. isparavaju izravno iz čvrste faze u plinovito), i ispušta se CO₂ plin velikom brzinom uz površinu koja se čisti. Velike brzine uzrokuju i ekstremne razlike u gustoći između plinovitih i čvrstih faza. Ta kinetička energija odvaja zagađivače (npr., premazni sustavi i boja), a rezultat je čista površina. Karakteristike koje olakšavaju proces optimizacije uključuju sljedeće: gustoća kuglica, protok mase, brzina kuglica, i temperatura protoka.

Čišćenje suhim ledom je učinkovito u uklanjanju boje, brtvila, ugljičnih i korozivskih naslaga, masti, ulja, i ljepljivosti, kao i za čišćenje pločica u tiskarskim sklopovima. Nadalje, zbog ugljičnog dioksida čišćenje suhim ledom nije abrazivna operacija, te je odlična za dijelove koji su jako osjetljivi. Ovaj proces također pruža izvrsnu pripremu površine prije nanošenja premaza ili ljepljivosti, i pogodan je za većinu metala i nekih kompozitnih materijala. CO₂ čišćenje može se raditi različitim brzinama (engl. subsonic, sonic, supersonic). Također, oprema proizvodi visoku razinu buke (između 80 - 130 dB), tako da operacija uvijek zahtijeva zaštitu sluha. Čišćenje i odlaganje otpada je minimalno, jer nakon rada ostaju samo premaz ili kontaminirani ostatci. Nema tekućeg otpada jer CO₂ kuglice sublimiraju u plin, ne ostavljajući ostatke. S obzirom na kontrolu onečišćenja zraka, male količine onečišćenja se emitiraju u zrak, tako da je standardni sustav filtriranja zraka dovoljan.

2. TEHNOLOGIJA ČIŠĆENJA SUHIM LEDOM

Proizvodnja suhog leda

Suhi led je ugljični oksid u krutom stanju na temperaturi od -79°C. Proizvodi se od tekućeg ugljikovog dioksida koji se izlaže atmosferskom tlaku i temperaturi. U tom dijelu procesa ekspanzijom ugljikova oksida se snizi temperatura na minus 79°C zbog čega se on stvrdne i poprima oblik snijega. Kuglice (eng. peleti) suhog leda promjera 3 mm dobivaju se protiskivanjem kroz rešetkastu matricu. Takvi peleti su dostupni u skoro svim industrijaliziranim zemljama.



Slika 1. Proizvodnja suhog leda

Postupak čišćenja tehnologijom suhog leda

Vrlo je sličan pjeskarenju te se koristi u obliku peleta, koje se na temperaturi od -79°C pomoću mlaznog uređaja ubrzavaju do brzine više od 150 m/s i na taj način se sloj prljavštine u sekundi ohladi. Stvaranjem napuklina i krtošću prljavština se odvaja pomoću komprimiranog zraka. Suhi led isparava i prljavština ostaje na dnu.

Prednosti korištenja:

- brzo, efikasno i ekonomično čišćenje bez upotrebe kemikalija i vode
- ne oštećuje površine
- znatno smanjuje količinu otpada
- smanjuje potrebu za demontažom određenih elemenata
- omogućuje čišćenje na teško dostupnim dijelovima sustava ili strojeva

Za proizvodnju suhog leda potrebno je imati:

1. Spremnik tekućeg ugljikovog oksida
2. Aparat za proizvodnju suhog leda (peletizer)
3. Kontejner za čuvanje suhog leda

Za čišćenje suhim ledom potrebno je imati:

1. Kompresor
2. Stroj za čišćenje
3. Spojne cijevi
4. Mlaznice

3. ČIŠĆENJE METODOM SUHOG LEDA POSTROJENJA POD NAPONOM,

Područje na koje se izum odnosi

Čišćenje metodom suhog leda postrojenja pod naponom je patentirana metoda. Patentiran je postupak čišćenja za niskonaponska i srednjenaponska postrojenja, koristi se za čišćenje postrojenja i uređaja pod naponom u trafostanicama, čišćenja izolatora kod prijenosnih mreža, rastavljača, tramvaja, vlakova i ostalim postrojenjima uz potpunu sigurnost za osobu koja čisti.

Tehnički problem

Kroz godine i godine jedan od problema koji se susretao kod čišćenja niskonaponskih i srednje naponskih postrojenja bio je taj što se prilikom čišćenja u trafostanicama ili kod visokonaponskih mreža nije postojao način da se čišćenje obavi bez isključivanja postrojenja (odnosno pod naponom). Prilikom održavanja rastavljača, čišćenja izolatora ili mreža kod tramvaja ili vlakova dolazilo je do obveznih iskapčanja električne energije, a što je za kupca tj. potrošača kao građanina, javne ustanove ili gospodarskog subjekta značilo višestruku štetu, a koja se ne može ničim izmjeriti, isto vrijedi za distributera koji je u isto vrijeme imao neisporučenu energiju.

Stanje tehnike

Metoda čišćenja suhim ledom poznata je i primjenjuju se u raznim područjima, ali postupak čišćenja tom metodom na postrojenjima i uređajima pod naponom još nije izveden.

Izlaganje suštine izuma

Primarni cilj primjene ovog izuma je postupak i ušteda koja se postiže mogućnošću ne iskopčavanja električne energije za kućanstva i gospodarske subjekte na području gdje se usluga izvodi.

Sekundarni cilj izuma je napraviti takvu mlaznicu sa šiljkom na cijevi koji će izdržati svaki napon koji se nalazi u postrojenju i krugu od 10 kV do 36 kV.

Daljnji cilj izuma je učiniti da izvođač čišćenja to obavlja sa sto posto sigurnosti za njega i okolinu.

Dodatni ciljevi i prednosti izuma dijelom će biti pokazani u opisu koji slijedi, a dijelom kroz iskustva u primjeni. Inovacija čišćenje metodom suhog leda postrojenja pod naponom odnosno postupak za niskonaponska i srednjenaponska postrojenja zahtjeva i odgovarajuću opremu. Oprema koja je potrebna sastoji se od aparata za izbacivanje suhog leda CO₂ s kompresorom, usitnjen led na 3 milimetra veličine granula, spojne cijevi aluplastik, drška sa cijevi od kompozitnog materijala i mlaznica sa šiljkom koja služi kao izolator (dielektrik) napravljena od teflona.

Da bismo ostvarili izum, ulaskom u transformatorsku stanicu (koja je pod naponom do 36 kV) na vrh cijevi je ušarafljena mlaznica sa špicom koja je ključna za ostvarenje izuma, te štiti od preskakanja iskre i proboja napona na način da se granule suhog leda (smrznuti ugljični dioksid CO₂) gibaju u struji zraka i nanose na površinu na razmaku od 200 milimetara. Gdje u dodiru sa površinom kuglice leda počinju sublimirati (tj. isparavaju izravno iz čvrste faze u plinovito), i ispušta se CO₂ plin velikom brzinom. Duljina cijevi s mlaznicom određuje sigurnosnu udaljenost sukladno propisima.

Granule suhog leda stvorene na temperaturi -80 C se pomoću mlaznog uređaja kompresora ubrzavaju do brzine 150-300 m/s.

Na taj se način sloj prljavštine u sekundi ohladi. Stvaranjem napuklina i krtošću prljavština se odvaja pomoću komprimiranog zraka. Suhi led isparava i prljavština ostaje na dnu. Skidaju prljavštinu i istovremeno sublimiraju ne ostavljajući ništa osim skinutih čestica prljavštine, ulja, masti, supstance na bazi voska, organske supstance, grafite i dr.

Cijev kojom struje granule suhog leda kao i mlaznica sa šiljkom kojom se one usmjeravaju ispitana je na prijelaz iskre i proboj na svim njenim mjernim površinama.

Prednosti su ovakvog čišćenja mnogobrojne kako u financijskom smislu tako i ekološkom. Ekološki je neškodljivo, nema troškova zbrinjavanja, nema površinskih oštećenja kod čišćenja. Mnogi dijelovi strojeva se mogu čistiti pod naponom bez prethodne demontaže, odnosno u stanju u kojem su ugrađeni u stroj ili postrojenje. Ulaganja se amortiziraju u vrlo kratkom vremenu.

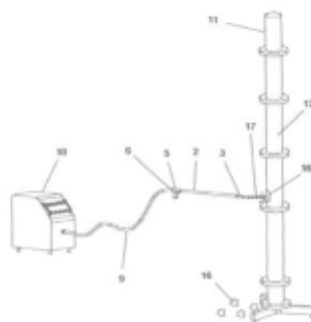
(51) MKP (10) **HR P20150817 A2**
B06B 7/00 (2006.01)
B06B 5/02 (2006.01)

(21) P20150817A (22) 24.10.2015.
(43) 05.05.2017.

(54) **ČIŠĆENJE METODOM SUHOG LEDA POSTROJENJA POD NAPONOM, POSTUPAK ZA NISKONAPONSKA I SREDNJE NAPONSKA POSTROJENJA**
DEVICE AND METHOD FOR CLEANING LIVE LOW-VOLTAGE AND MEDIUM-VOLTAGE FACILITIES USING DRY ICE

(71)(72) Jurica Vrus, Stjepana Radića 17, 40000 Čakovec, HR

(57) Inovacija čišćenje metodom suhog leda postrojenja pod naponom, postupak za niskonaponska i srednjenaponska postrojenja trafostanice od 10-36 kV, čišćenja izolatora kod prijenosnih mreža, rastavljača, tramvaja, vlakova i ostalim postrojenjima kako ne bi došlo do prekida napajanja električnom energijom u kućanstvima i gospodarskim subjektima korišten je postupak tretiranja sigurnom palicom (1), koja ima navrnutu ispitnu mlaznicu sa šiljkom od teflona (3), provjerenu u svim ispitivanjima napona od proboja ili preskakanja iskre, koja omogućuje siguran rad na 200 mm udaljenosti tretiranja sa granulama suhog leda CO₂ (17), koji odmah ispari. Nakon tretiranja pod naponom ostaje samo prljavština (16), na podu. Prednosti ovakvog čišćenja su mnogobrojna kako u financijskom smislu, tako i u ekološkom. Ekološki neškodljivo, nema troškova zbrinjavanja, nema površinskih oštećenja kod čišćenja. Mnogi dijelovi strojeva se mogu čistiti pod naponom bez prethodne demontaže, odnosno u stanju u kojem su ugrađeni u stroj ili postrojenje.



Slika 2. Prijava patenta – Hrvatski glasnik intelektualnog vlasništva [1]

4. UVJETI ZA IZVOĐENJE RADOVA POD NAPONOM – ČIŠĆENJE

Područje primjene

Uvjeti Izvođenja radova pod naponom – čišćenje na srednjem naponu (u daljnjem tekstu: UIR - SN C) su opća pravila koja moraju primjenjivati osobe koje će čistiti pod naponom, uz specifična pravila primjenjiva s obzirom na upotrijebljene alate. Takva specifična pravila su pripremljena za svaki utvrđeni alat u tehničkom opisu alata za srednji napon (u daljnjem tekstu: TOA - SN), u kojima mogu biti opisani i uvjeti upotrebe alata.

Ovi UIR - SN C definiraju pravila koja se moraju slijediti tijekom čišćenja pod naponom na opremi naponskih razina od 10 do 35 kV izmjenično, s vršnim prenaponima jednakim ili manjim od 72,7 kV i 45 kV industrijske frekvencije.

Čišćenje pod naponom izvodi se:

- usisavanjem,
- puhanjem,
- četkanjem,
- pranjem utvrđenim sredstvima.

Čišćenje također uključuje i postupke podmazivanja i raspršivanja otapala, upotrebom utvrđenih alata.

Mjere za sprečavanje kratkih spojeva

Kratki spoj nastaje dodiranjem dijelova na različitim fiksnim potencijalima (primjerice, dodir dijelova na različitim faznim potencijalima ili dodir dijelova na faznom potencijalu i dijelova na potencijalu zemlje).

Tijekom radnih postupaka RPN-a, operateri mogu izazvati kratki spoj:

- rukovanjem alatima s neizoliranim metalnim dijelovima,
- pomicanjem neizoliranih aktivnih dijelova,
- premošćivanjem izolatora metalnim dijelovima alata,
- slučajnim ispuštanjem metalnih predmeta, itd.

Sprečavanje kratkog spoja

Tijekom rada, operater mora osigurati da nijedan neizolirani vodljivi dio:

- na fiksnom potencijalu ne dođe u dodir s drugim dijelom na različitom fiksnom potencijalu,
- na lutajućem potencijalu ne dođe u dodir istodobno s dva neizolirana vodljiva dijela na različitim fiksnim potencijalima.

Neizolirani vodljivi dio može biti, primjerice, neizolirani alat ili izolirani alat s neizoliranim dijelovima. Upotreba izolacijskih alata smanjuje rizik od kratkog spoja.

Operater će procijeniti rizik nastajanja kratkog spoja na temelju:

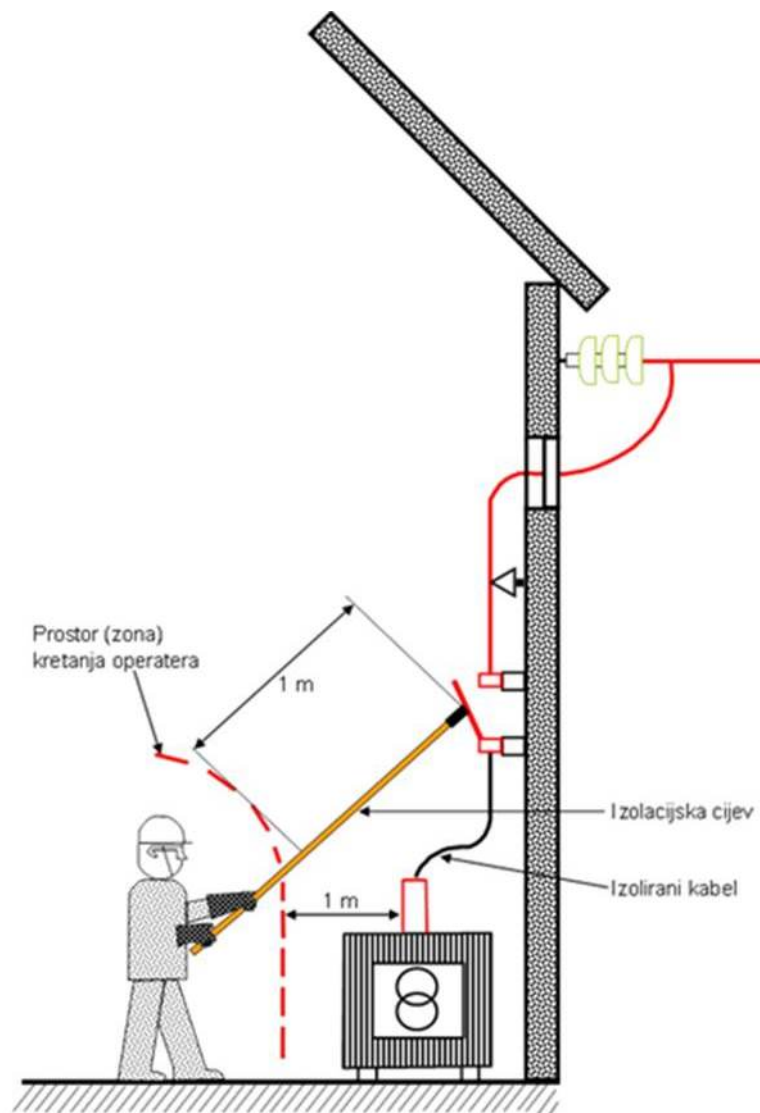
- dimenzija neizoliranih vodljivih dijelova kojima rukuje,
- dimenzija neizoliranih vodljivih dijelova izoliranog alata,
- rizika pomicanja vodljivih dijelova u električnom okruženju,
- vlastitih pokreta.

Tijekom čišćenja pod naponom, kratki spojevi između dijelova na različitim fiksnim potencijalima spriječit će se održavanjem minimalnog zračnog razmaka navedenog u Tablici I.

Tablica I. – Minimalni zračni razmak između dijelova na različitim potencijalima

Nazivni napon	Zračni razmak
$U \leq 20 \text{ kV}$	0,1 m
$20 \text{ kV} < U \leq 35 \text{ kV}$	0,2 m

Ako nije u mogućnosti održavati potrebne zračne razmake, operater mora postaviti utvrđene izolacijske sustave (primjerice, izolacijski pokrivač u skladu s uvjetima upotrebe opisanim u pripadajućem TOA – SN).



Slika 3. Primjer čišćenja na SN



Slika 4. Čišćenje dijelova na transformatoru sa zaobljenom četkom



Slika 5. Čišćenje ćelija unutar KTS-a

5. PRIMJENA TEHNOLOGIJE ČIŠĆENJA POD NAPONOM SUHIM LEDOM

Nakon ideje za patent i same prijave patenta krenulo se i u testiranje same tehnologije (izrada mlaznice, testiranje opreme). U međuvremenu su djelatnici prošli obuku za čišćenje pod naponom na niskom i srednjem naponu. Prvo testiranje same opreme je napravljeno u Končar – Institut za elektrotehniku u Zagrebu.

Nakon toga je provedeno testiranje u HEP Nastavno obrazovni centar Velika(u daljnjem tekstu HEP NOC Velika) u laboratoriju za ispitivanje opreme za rad pod naponom, a na samim postrojenjima u HEP NOC Velika je provedeno praktično čišćenje postrojenja pod naponom sa suhim ledom.



Slika 6. Čišćenje ćelija unutar postrojenja HEP NOC Velika

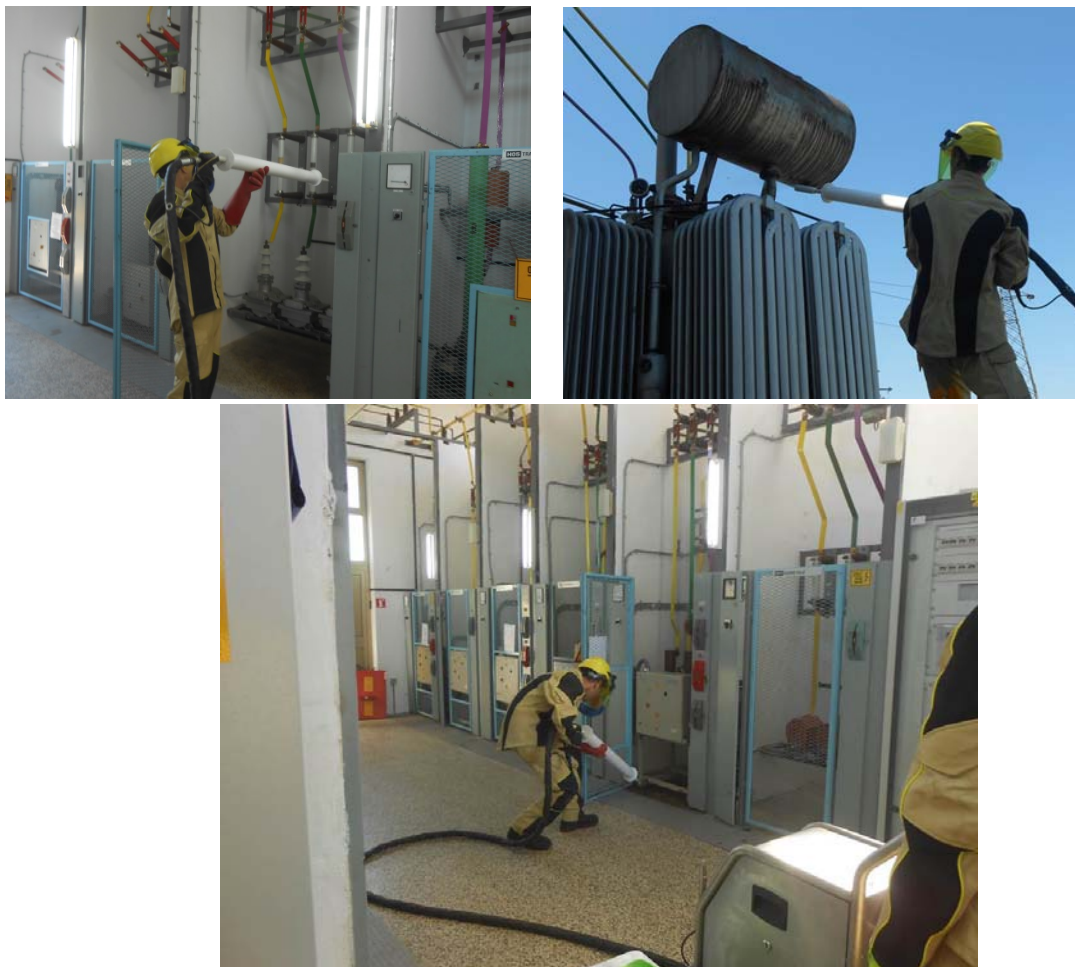
Nakon toga se pristupilo rješavanju nekih problema koji su se pojavili za vrijeme testiranja(rošenje cijevi i statički elektricitet). Pošto su ispitivanja pokazala ispravnost metode krenulo se u čišćenje prvo industrijskih ormara sa elektrotehničkom opremom koja je izložena nečistoćama, a tijekom travnja i svibnja ove godine održane su i prezentacije čišćenja na postrojenjima HEP ODS-a (Elektroprimorje Rijeka, Elektra Križ i Elektra Zadar). U nastavku su dane slike sa tih prezentacija.



Slika 7. Čišćenje TS 10(20)/0,4 kV KRIŽ 19- VTS VINOGRADSKA-prije i poslije čišćenja



Slika 8. Čišćenje TS 10(20)/0,4 kV KRIŽ 19- VTS VINOGRADSKA



Slika 9. Čišćenje TS 35/10 kV KLOŠTAR IVANIĆ



Slika 10. Čišćenje TS 20/0,4 kV CENTAR IČIĆ

Povratne informacije su bile pozitivne. U skoroj budućnosti očekujemo veću angažiranost na održavanju elektroenergetskih postrojenja tehnologijom čišćenja postrojenja pod naponom suhim ledom. Nakon obavljenih radova predstoji nam analiza i donošenje zaključaka o sigurnosti i učinkovitosti nove tehnologije i koristi za naš sustav, te definirati uvjete i načine primjene i korištenja, a vezano uz sve veće zahtjeve korisnika mreže, te stroži regulatorni okvir.

6. ZAKLJUČAK

Čišćenje elektroenergetskih postrojenja metodom rada pod naponom na niskom i srednjem naponu predstavlja veliku potrebu naročito u većim gradovima jer se uspijeva na relativno jednostavan način omogućiti kontinuitet opskrbe. Budući da se za vrijeme čišćenja koristi isključivo „rad na udaljenosti“ što predstavlja sigurno i radnicima logički prihvatljivo rješenje uočilo se da je izvršitelji brzo prihvaćaju i u potpunosti primjenjuju.

Danas, metoda čišćenja suhim ledom brzo postaje povoljna, bez utjecaja, prihvatljiva za okoliš. kao i za proizvodnju. Zbog zakonski obaveza potrebno je smanjivati otpad kao i svijesti o brizi za okoliš koju mnogi stavljaju ispred svoje proizvođačke prakse.

U radu su navedene prednosti ove tehnologije koja omogućava proizvodnju i istovremeno održavanje postrojenja bez prekida u isporuci električne energije i minimizirana oštećenja tretirane opreme Razvoj 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, skuplje i uključeno je manji broj radnika.

7. LITERATURA

- (1) Hrvatski glasnik intelektualnog vlasništva br.9/2017 od 9.5.2017.godine
- (2) Hrvatske norme „Pogon električnih postrojenja“, HRN EN 50110:2008
- (3) Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom (NN 88/12)
- (4) Dokumentacija Hep – Nastavno obrazovnog centra Velika (Bilteni za srednji napon)
- (5) Dokumentacija Tensiowatt d.o.o.