

E. Mileusnić*

JESU LI POTREBNE HITNE IZMJENE PRAVILNIKA O ZAŠTITI NA RADU PRI KORIŠTENJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

UDK 331.45/.48(094.5)»2007»
PRIMLJENO: 2.1.2007.
PRIHVACENO: 15.1.2007.

SAŽETAK: U ovome članku daje se kritički osvrt na objavljene tvrdnje kojima je predstavljen zahtjev za hitnu izmjenu članka 45. Pravilnika o mjerama zaštite na radu pri korištenju električne energije na temelju tri netočne tvrdnje. Te netočne tvrdnje su: 1) članak 45. je u suprotnosti s fizikalnim zakonima, 2) članak 45. nije u skladu s propisima ostalih zemalja, 3) indirektno se optužuje postupak prema članku 45. za tri nesreće na radu. Autor dokazuje neispravnost tih tvrdnji.

Ključne riječi: dvosistemi nadzemni vodovi, rad na jednoj trojci, inducirani naponi, uzemljivanje i kratko spajanje na mjestu rada, propisi i norme

UVOD

Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti d.d., Zagreb održao je 7.12.2006. na Zagrebačkom velesajmu stručni skup *Novosti, naglasci i provedba mjera zaštite na radu u 2007. godini*. U jednom od radova objavljenih u prigodnom Zborniku radova («Najava novih propisa u području zaštite na radu», Z. Franić) prikazani su razlozi za hitnu izmjenu članka 45. Pravilnika o mjerama zaštite na radu pri korištenju električne energije (N.N., br. 9/87.) koje su oblikovali sudionici na inicijalnom sastanku za izmjene tog Pravilnika.**

Među tim razlozima, u dijelu koji razrađuje propisane mjere zaštite pri radu na dvosistemskim nadzemnim vodovima u točki 45. Pravilnika o mjerama zaštite na radu pri korištenju električne

energije (dalje u tekstu: Pravilnik), iznesene su tri netočne tvrdnje. Dvije tvrdnje su vjerojatno posljedica neadekvatne informiranosti, a treća je posljedica krive procjene uzroka triju fatalnih nesreća na radu (jedna smrtna, a dvije teške ozljede). Ova treća tvrdnja je vrlo opasna jer prebacuje krivnju na Pravilnik, a stvarni uzrok svih triju nesreća je grubo kršenje propisanih procedura (*Pravilnik..., 1987.*).

** ZIRS d.d. kao organizator navedenog skupa i izdavač ovog časopisa prihvatio je nakon stručne recenzije ovdje iznesen pregledni rad autora E. Mileusnića. Smatramo da su sadržaji izneseni na skupu bili prije svega informativni, a ne znanstveni, te da su obrazloženja inicijalne skupine o potrebi i razlozima hitne izmjene Pravilnika o mjerama zaštite na radu pri korištenju električne energije nepretenciozna. Navedeni razlozi uz prijedlog hitne izmjene spomenutog Pravilnika izneseni su na inicijalnom sastanku kojem su prisustvovali predstavnici pet društava HEP-a, Odjela nadzora u području elektroenergetike Državnog inspektorata i Odjela zaštite na radu Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva. Ovaj pregledni rad smatramo doprinosom za poboljšanje legislative u području zaštite od električne energije upućen prije svega predlagačima izmjena propisa te zainteresiranim stručnjacima u djelatnosti.

* Egon Mileusnić, dipl. ing., Zagreb.

Zbog ovih triju nesreća, a na temelju dviju studija i jednog mjerenja zatražena je izmjena članka 45. navedenog Pravilniku i ova izmjena je dana u proceduru. Poradi što boljeg sagledavanja problema iznosi se postojeći članak 45., prijedlog novog teksta i na kraju odredbe iz europske norme EN 50110-1:2004.

FIZIKALNE POJAVE I FIZIKALNI ZAKONI

Postojeći tekst članka 45. glasi:

Na višesistemskim dalekovodima iznad 35 kV, dozvoljen je rad na jednom sistemu koji je isključen, a drugi ostaje pod naponom ako su ispunjeni uvjeti:

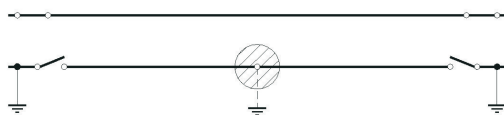
a) *da sigurnosni razmak nije manji od vrijednosti iz članka 44. ovoga pravilnika;*

b) *da se uzemljenje i kratko spajanje vrši samo na onom stupu na kojem se radi, a nije dozvoljen istovremeni rad na više stupova i krajevi voda ne smiju biti uzemljeni;*

c) *da se izvod između otvorenog izlaznog (vodnog) i vodnog prekidača uzemlji i kratko spoji;*

d) *ako postrojenje osim glavnih sabirnica ima i još i pomoćne sabirnice, pomoćne sabirnice se moraju rastaviti – isključiti i na pogodnom mjestu uzemljiti.*

Na slici 1. s jedнополном shemom prikazano je ostvarivanje propisanog pravila.



Slika 1. Rad na dvosistemskom vodu prema članku 45. Pravilnika

Figure 1. Working on a two-system line in compliance with Article 45 of the Regulations

Za bolje razumijevanje propisanih odredbi nužno je razmotriti fizikalna zbivanja na aktivnom i pasivnom nadzemnom vodu kod takvih radova.

Prije uzemljivanja vodiča na pasivnom vodu, na svim vodičima pasivnoga voda postoje dvije vrste induciranih napona, i to:

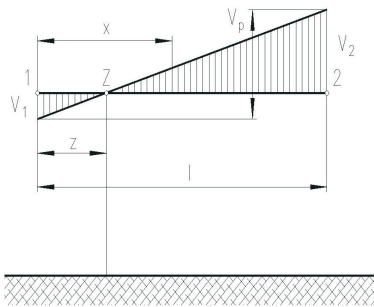
- Inducirani napon zbog električnog polja aktivnog voda koji se nalazi pod pogonskim naponom. Visina tog induciranoг napona ovisi o nazivnom (pogonskom) naponu aktivnog voda i o geometrijskim mjerama glave stupa, tj. o međusobnim udaljenostima između aktivnih i pasivnih vodiča. Visina tako induciranih napona iznosi od 3,0 do 15,0 kV i jednaka je duž pasivnog voda (slika 2.); (Tuk, 1978.). Ovaj napon se jednostavno eliminira s uzemljivanjem svakog pasivnog vodiča i poteče relativno malena kapacitivna struja zemljospoja koja neće stvoriti značajne padove napona, pa prema tome niti opasne dodirne napone.



Slika 2. Raspodjela električnim poljem induciranoг napona duž pasivnoг voda

Figure 2. The distribution of voltage, induced due to electric field, along a passive line

- Inducirani napon stvoren izmjeničnim magnetskim poljem kao posljedica prolaza pogonske struje u aktivnom vodu. Ako je vod bez opterećenja, nema induciranoг napona te vrste. Visina tog induciranoг napona ovisi o pogonskoj struji aktivnoг voda, geometrijskim mjerama glave stupa (međusobne udaljenosti između aktivnih i pasivnih vodiča) i ukupnoj dužini dvosistemskog voda. Kod nadzemnih vodova napona 110 kV inducirani napon može imati vrijednosti i do 2,0 kV, a ovisi i o redukcijskom faktoru zaštitnoг užeta (Marinček, Curk et al, 1998.). Na slici 3. prikazana je raspodjela induciranoг napona duž neuzemljenog vodiča svake faze pasivnoг voda uzemljenog samo na jednom stupu.



Slika 3. Raspodjela induciranog napona pri samo jednom uzemljenom stupu

Figure 3. The distribution of induced voltage in case of only one grounded pole

Uočava se interesantna raspodjela tako induciranog napona koji je najviši na krajevima voda, a ima i vrijednost jednak nuli na uzemljenom stupu. Ukupna visina induciranog napona je zbroj vrijednosti napona na oba kraja voda. Taj inducirani napon ne može se nikakvim sredstvima poništiti. Uzemljivanjem vodiča pasivnog voda na jednom mjestu, duž trase pasivnog voda, samo mijenjamo položaj nulte točke induciranog napona.

Uzemljeni stup ima potencijal nula prema dalekoj zemlji (na njemu nema opasnog dodirnog napona), a između pasivnih vodiča i metalne konstrukcije stupa postoji trajno izjednačavanje potencijala.

Samo direktni udarac munje u taj stup ili jednopolni kratki spoj jednog od vodiča aktivnog voda s tim stupom može povisiti potencijal stupa prema dalekoj zemlji, što je statistički iznimno mala vjerojatnost. Može se eventualno pojaviti neki preneseni napon preko zaštitnog užeta, ali taj će u pravilu biti neznatnog iznosa. Slijedi vrlo važan zaključak: Sva bilo kakva druga zbivanja u električnoj mreži neće izazvati opasne napone unutar stupa, kao ni stupa prema dalekoj zemlji. Na temelju ovih fizikalnih zbivanja odabran je propisani postupak naveden u članku 45.

Na ovom načelu izrađeni su propisi i smjernice u Austriji, Rusiji, Švedskoj i SAD-u. Tvrdnja, napisana u spomenutom referatu, da su propisani postupci i mjere osiguranja u suprotnosti s fizikalnim zakonitostima je netočna i otkriva stankovitu neupućenost autora iz područja induciranih napona.

U spomenutom referatu predlaže se novi tekst za članak 45. koji glasi:

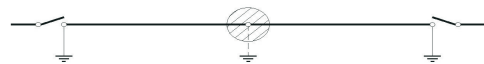
Na dvosistemskim dalekovodima iznad 35 kV dopušten je rad na jednom sistemu koji je isključen, a drugi ostaje pod naponom, ako su ispunjeni sljedeći uvjeti:

- da sigurnosni razmak nije manji od vrijednosti iz članka 44. ovog Pravilnika,
- da se vod uzemlji na početku i na kraju,
- da se vodiči kratko spajaju i uzemljuju na onim stupovima na kojima se radi,
- da konstrukcija stupa dijeli jednu trojku (sustav) od druge.

U ovom prijedlogu postoje dvije pogreške, a to su:

- u točki b) izostalo je kratko spajanje na početku i na kraju voda
- u točki c) naveden je krivi redoslijed zahvata, vodiči se prvo uzemljuju, a zatim slijedi kratko spajanje.

Ovome ne treba poseban komentar.



Slika 4. Prikaz rada s uzemljenjem i kratkim spajanjem na krajevima voda

Figure 4. Demonstration of work with grounding and with shorting at the end of the line

Na slici 4. prikazan je način rada prema prijedlogu novog članka 45. s uzemljenjem samo jednog stupa. Kod ovog načina rada smije se raditi i na više stupova istodobno, s time da se naprave za uzemljivanje postavljaju obostrano na krajevima radne dionice.

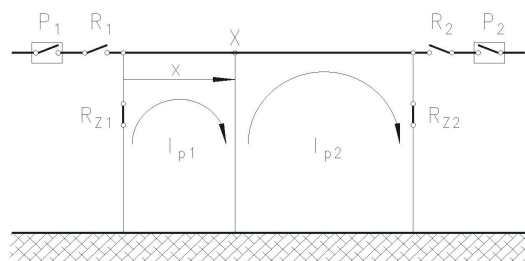
Također je nužno razmotriti fizikalna zbivanja na nadzemnom vodu kod ovog načina rada.

Nakon vidljivog odvajanja pasivnog nadzemnog voda od napona, onog trenutka će se na vodu pojaviti obadvije vrste induciranih napona, kao u prethodnom slučaju. Uzemljenjem pasivnog voda na bilo kojem kraju odmah nestaje inducirani napon uzrokovan električnim poljem.

Inducirani napon zbog magnetskog utjecaja ostaje na pasivnom vodu i ne može se nikakvim sredstvima poništiti. Dok god je privremeno pasivni vod uzemljen samo na jednom kraju, na mjestu uzemljenja inducirani napon je jednak nuli, a na drugom otvorenom kraju voda ima maksimalni iznos. Vrijednost tog inducirano napona za vodove napona 110 kV može biti viši i od 1000 V, a ovisi najviše o struji u aktivnom vodu, dužini dvosistemskog voda i geometrijskim mjerama glave stupa.

Onog trenutka kada se pasivni vod uzemlji i na drugom kraju zatvara se strujna petlja; otpor uzemljivača R_{Z1} - impedancija voda Z_V - otpor uzemljivača R_{Z2} - otpor zemlje R_{ZEM} . Inducirani napon će kroz ovu petlju potjerati struju. Zbroj padova na ovim otporima jednak je inducirano naponu. U ovom slučaju stanovita smanjenja inducirano napona, zbog magnetskog polja aktivnog vodiča, izazivaju učinak prigušenja radi zaštitnog užeta i vodiča aktivnog voda. Vrijednosti inducirano napona mogu iznositi nekoliko stotina volta, dovoljno da usmrte čovjeka. Slijedi da ne treba imati iluzija kako je ovaj način u toj fazi postupka uzemljivanja pasivnih vodiča manje opasan. Stoga se pri uzemljivanju vodiča pasivnog voda uvijek moraju primijeniti i poštovati pet pravila za osiguranje mjesta rada.

Kada se vodiči pasivnog voda uzemlje na mjestu rada, tada se stvaraju dvije strujne petlje kako to prikazuje slika 5. Stup kao i uzemljeni vodiči preko stupa imaju potencijal jednak nuli, tj. mjesto rada je bez napona. Smije se uzemljiti i više stupova, što je prednost ovog načina rada. Lijevo i desno od mjesta uzemljivanja postoji inducirani napon koji raste duž voda.



Slika 5. Stvaranje strujnih petlji nakon uzemljivanja

Figure 5. The forming of current loops upon grounding

Na visinu inducirano napona u ovome sustavu znatno utječu sve promjene jakosti struja, posebno struja jednopolnog kratkog spoja. Može se dogoditi da se unutar radne dionice, primjerice od 5 raspona, koja je uzemljena samo na oba kraja dionice, pojave opasni naponi između vodiča pasivnog voda i uzemljene konstrukcije stupa pri protjecanju struje jednopolnog kratkog spoja u jednom od aktivnih vodiča. Ta struja ne mora biti posljedica kvara na dotičnom vodu, već kvara negdje drugdje u mreži. Nažalost, prezentirane studije nisu obradile ovakav slučaj.

Iz razmatranja je također izostavljena razrada iznošenja potencijala iz transformatorskih stanica, na koje je priključen promatrani vod, i pojava tog potencijala na mjestu rada.

Ako u transformatorskoj stanici nastane jednopolni kratki spoj, cijela transformatorska stanica poprimi vrlo visok potencijal, veličine od 5,0 do 15,0 kV prema nekoj dalekoj zemlji. Budući da je pasivni vod nadzemnog dvosistemskog voda uzemljen na uzemljivač transformatorske stanice preko noževa za uzemljenje na vodnom rastavljaču, pasivni vod poprimsa potencijal stanice koji se direktno prenosi na uzemljeni stup. Između stupa i okolne zemlje postoji potencijalna razlika i svaki dodir radnika sa stupom može biti smrtonosan. Također postoji i opasan napon koraka. Unutar metalne konstrukcije stupa i vodiča pasivnog voda postoji izjednačenje potencijala, te ne postoji opasnost za radnike koji rade u glavi stupa na strani pasivnog voda.

Situacija postaje daleko opasnijom kada se izneseni potencijal pojavi na radnoj dionici od više stupova koja je uzemljena samo na krajnjim stupovima dionice. Tada će se između svih vodiča pasivnog voda i svih preostalih stupova unutar dionice pojaviti ovaj preneseni potencijal. Na tim stupovima se radi i ta pojava nosi u sebi jedan od najvećih rizika pri radovima s uzemljenjem na mjestima odvajanja od napona (Harrington, Martin, 1954.).

Odmah se može dati zamjerka da je, statistički gledano, vjerojatnost istodobnog jednopolnog kratkog spoja u transformatorskoj stanici i radova na priključenom nadzemnom vodu jako mala. No, to je samo privid. Ova, a i sve druge transformatorske stanice u mreži poprimit će veći ili manji potencijal ovisno o:

- udaljenosti transformatorske stanice od mjesta jednopolnog kratkog spoja sa zemljom (bilo u drugoj stanici, bilo na kojem vodu),
- udjelu dijela struje kratkog spoja koja teče kroz zvjezdište transformatora (transformatori u kruto uzemljenoj mreži generiraju dio struje jednopolnog kratkog spoja).

Ovu pojavu moramo uzeti u obzir, jer je statistička, a i stvarna vjerojatnost znatno uvećana. Tako primjerice, u cijeloj prijenosnoj mreži HEP-a tijekom zadnje tri godine bilo je prosječno 289,3 jednopolnih kratkih spojeva na godinu, bez uspješnih automatskih ponovnih uklopa (APU). To znači da se u svakih 10 kalendarskih dana u 8 dana zbio jednopolni kratki spoj. Ako to svedemo na nešto realnije odnose, na četiri prijenosna područja dobivamo da na svakih 5 dana imamo 1 jednopolni kratki spoj u tom dijelu prijenosne mreže. Ove pojave, a time i opasnosti koje one izazivaju *ne javljaju se na mjestu rada ako se primjenjuje postupak prema članku 45. postojećeg Pravilnika*. Taj se podatak nikako ne smije zanemariti. U nekim budućim studijama treba biti izrađena točnija analiza ovih pojava.

Pravila struke moraju slijediti i poštovati stvarne fizikalne pojave, što je jasno dokazano u prethodnom tekstu.

PROPISI I SMJERNICE

Autor referata priopćava kako su pojedine odredbe Pravilnika u suprotnosti s pravilima struke i propisima nama susjednih zemalja, a nisu detaljno razrađene nove tehnologije.

Ozbiljni prijedlog za izmjenu bilo kojeg pravilnika ne može podnijeti ovakvu uopćenu formulaciju. Predlagač bi morao navesti državu, točan naziv propisa ili smjernice, te broj članka ili broj točke kojom se propisuje predloženi način rada.

Uzemljivanje i kratko spajanje pasivnih vodiča u skladu sa člankom 45. našeg Pravilnika, koliko je autoru ovog članka poznato, dopuštaju sljedeće države ili tvrtke:

Austrija (*Betriebsanweisung...*, 1981.), Rusija (*Pravila...*, 1966.), Švedska (*Säkerhet...*, 1969.) i u SAD-u tvrtka Bonneville Power Administration (*Accident...*, 1977.).

Postoji europska norma EN 50110-1 : 2004 koja također postavlja određene zahtjeve u točki 6.2.4 za uzemljivanje i kratko spajanje na mjestu rada, te zahtjeve za eliminiranje induciranih napona u točki 6.1.1. Obje ove točke prikazane su zbog usporedbe s predloženom izmjenom (*EN 50110-1, 2004., EN 50110-1, -2, 1997.*).

6.2.4 Uzemljivanje i kratko spajanje

6.2.4.1 Općenito

Na mjestu rada u svim visokonaponskim i u nekim niskonaponskim postrojenjima (vidi 6.2.4.2) trebaju svi dijelovi postrojenja na kojima se radi biti uzemljeni i kratko spojeni. Naprave ili uređaji za uzemljivanje i kratko spajanje trebaju prvo biti spojeni na uzemljenje, a tek nakon toga se uzemljuju pojedine komponente.

Naprave ili uređaji za uzemljivanje i kratko spajanje, ako je ikako moguće, trebaju biti vidljivi s mjesta rada. S druge strane, spojevi za uzemljivanje mogu se koristiti i za omeđivanje mjesta rada, ako to ima praktičnih razloga.

Ondje gdje se za vrijeme rada trebaju vodiči rastavljati ili spajati, a postoji opasnost od potencijalne razlike na postrojenju, moraju se prekidi ili spajanja izvesti uz prikladne mjere kao što su izjednačavanje potencijala ili uzemljivanje.

U svim slučajevima treba osigurati da naprave i uređaji za uzemljivanje i kratko spajanje, kao i kabeli i vodiči za izjednačavanje potencijala budu prikladno izolirani i odgovarajuće dimenzionirani u odnosu prema mogućim kvarovima u postrojenju gdje se koriste. Trebaju se poduzeti mjere s kojima će se osigurati stalnost uzemljenja tijekom cijelog rada. Ako za vrijeme mjerenja ili provjeravanja mora biti uklonjeno uzemljenje, posebne mjere opreza treba poduzeti zbog sprečavanja opasnosti.

Tamo gdje se za uzemljivanje i kratko spajanje koriste daljinsko upravljani prekidači za uzemljivanje (zemljospojnici), položaj prekidača za uzemljivanje mora biti pouzdano dojavljen preko uređaja za daljinsko upravljanje.

6.2.4.3 Zahtjevi za postrojenja visokog napona

Na golim vodičima nadzemnih vodova i na ostalim neizoliranim vodičima, uzemljivanje i kratko spajanje se izvodi sa svih strana mjesta rada, i to na svim vodičima koji ulaze na mjesto rada; najmanje jedna od naprava za uzemljivanje i kratko spajanje treba biti vidljiva s mjesta rada. Moguća su sljedeća odstupanja od ovih pravila:

- kod specifičnih radova, gdje nema razdvajanja vodiča tijekom rada, smije se postaviti samo jedna naprava za uzemljivanje i kratko spajanje na mjestu rada,
- tamo gdje nije moguće vidjeti naprave za uzemljivanje i kratko spajanje s rubova mjesta rada, trebaju se predvidjeti dodatne naprave ili uređaji za uzemljivanje ili signalizaciju ili neki drugi istovrijedni uređaji za identifikaciju.

Kod radova na samo jednom vodiču nadzemnog voda ne zahtijeva se kratko spajanje svih vodiča na mjestu rada, ali moraju biti ispunjeni sljedeći uvjeti:

- na svim mjestima odvajanja od napona trebaju se svi vodiči toga voda uzemljiti i kratko spojiti u skladu s točkom 6.2.4.1,
- između vodiča na kojima se izvode radovi i svih vodljivih dijelova unutar mjesta rada treba se izjednačiti potencijal i izvesti uzemljivanje prikladnim napravama,
- između uzemljenog vodiča, mjesta rada i radnika treba postojati sigurnosni razmak veći od D_L prema preostalim vodičima istog strujnog kruga (vidi sl. 1. i 2.).

Kod nadzemnih vodova s izoliranim vodičima, kabela i ostalih izoliranih vodiča, uzemljivanje i kratko spajanje treba se izvesti na golim dijelovima na mjestu odvajanja od napona ili ako je moguće na obje strane, a što bliže mjestu rada.

6.1.1 Inducirani naponi

Vodiči ili vodljivi dijelovi koji se nalaze u blizini dijelova pod naponom mogu poprimiti inducirani napon. Nadopunjujući se na navedene odredbe u točkama 6.2 i 6.4 treba kod radova na električnim sustavima, koji se nalaze pod utjecajem induciranih napona, poduzeti posebne mjere zaštite (to posebno vrijedi za nadzemne vodove):

- parcijalnim uzemljivanjem u odmjerenim razmacima, tako da inducirani napon prema zemlji bude sveden na neopasnu veličinu,
- izjednačavanjem potencijala na mjestu rada sa svrhom sprečavanja da radnik ne dospije u indukcijsku petlju.

Ako se pažljivo razmotre navedene odredbe, posebno u točki 6.2.4.3, nigdje se ne nalazi zahtjev za uzemljivanje ni jednostrukog, ni višesistemskog nadzemnog voda, na krajevima voda, tj. na mjestu odvajanja od napona, prigodom radova na svim vodičima. Prije bi se moglo reći da je članak 45. postojećeg Pravilnika u potpunosti podržan ovom europskom normom.

Nije poznato koje su se to nove tehnologije razvile u ovoj domeni, izuzev poboljšanih metoda rada pod naponom i mnogo bolje kvalitete sredstava za rad pod naponom ili sredstava za uzemljivanje i kratko spajanje. Primjena posebnih izolacijskih smola za izolatore i izrada glave stupa od izolacijskih materijala još je vrlo daleko od nas.

STUDIJE

Autor referata se oslanja na dvije studije (Nikolovski et al., 2002., Majstorović et al., 2005.) u svojem obrazloženju. Postoji više studija o tom problemu, koje je vrijedno pročitati, a izdavaju se studije iz Inštituta M. Vidmar (Marinček, Curk et al, 1988.) i ETF-a, Zagreb (Tuk, 1978.). Analiza navedenih studija nije predmet ovog članka.

Vrijedno je ipak upozoriti da sve četiri studije, za vrlo slični tip voda (bačva, vodiči Al/če 240/40) i istu pogonsku situaciju, daju vrlo različite jedinične inducirane napone (V/Akm) koji nastaju djelovanjem magnetskog polja. Tada se postavlja pitanje koja je studija prava.

No, ipak svima je nešto zajedničko, sve imaju istu pogrešku, krivo su procijenile visinu dopuštenog dodirnog napona. Navodi se dopušteni napon dodira 65 V ili 50 V i prema tim vrijednostima dana je ocjena ugroženosti, što nije točno.

Stupovi nadzemnih vodova nalaze se na otvorenom prostoru, nisu ograđeni, u jednom dijelu godine podnožje stupa je mokro. Radnik koji radi unutar konstrukcije stupa ili na konzolama u stalnom je kontaktu s uzemljenim dijelovima konstrukcije stupa koje ne može izbjeći. Prema tome, uvjeti na mjestu rada odgovaraju skučenom i vodljivom prostoru, gdje je dopušteni dodirni napon 25 V. Posljedice tog krivog zaključka u određenim situacijama mogu biti značajne.

ANALIZA NESREĆA

Sve tri nesreće (dvije teže ozljede i jedna smrtna) nisu se dogodile krivnjom pravilnika, već je u sva tri slučaja stvarni uzrok nezgoda bilo grubo kršenje propisanih pravila (procedure) o načinu uzemljivanja i odspajanja naprava za uzemljivanje. Skraćeno pravilo glasi:

Kod uzemljivanja prvo treba spojiti napravu za uzemljivanje sa zemljom (uzemljenom konstrukcijom), a zatim s vodičem koji se uzemljuje. Kod odspajanja postupak je obrnut.

Tako, nažalost, nesretnici nisu postupili. Kod odspajanja naprave za uzemljivanje oni su prvo odspajali napravu s uzemljenog stupa i onog trenutka se vodljivi dio naprave našao pod punim induciranim naponom. Posljedice su poznate. Tome treba dodati da jedan radnik nije bio vezan sa zaštitnim pojaskom, te je pao sa stupa. Prvo bismo se zapitali kako i na koji način su radnici osposobljeni za siguran rad. Iz vlastitog iskustva znamo da praktično osposobljavanje u HEP-u nije adekvatno riješeno.

Indirektno prebacivanje krivnje na Pravilnik je vrlo štetno, jer skriva pravi uzrok nesreće. Preventivnu akciju za sprečavanje ponavljanja takvih pogrešaka usmjerava u potpuno krivom smjeru. Treba dobro analizirati kako i na koji način osposobljavamo radnike za siguran rad. Ne trebamo otkrivati kako se to radi. U EDF-u (francuska elektroprivreda) svaki radnik ili rukovoditelj pohađa, nakon prijama u EDF, teoretsko i praktično osposobljavanje (postoji nekoliko centara). Osposobljavanje traje oko tri mjeseca, te se nakon položenog ispita dobiva ovlaštenje za samostalni rad. Zašto HEP ne bi i u tu svrhu namijenio svoj postojeći centar u Velikoj.

ZAKLJUČAK

U tijeku je razrada i izrada nove verzije Pravilnika, koji bi mogao biti objavljen tijekom 2007. godine, i ne smatramo da je sada nužan bilo kakav zahvat na postojećem Pravilniku.

LITERATURA

Accident prevention manual, bonneville power administration, BPA, Seattle, 1977.

Betriebsanweisung über Arbeiten an Hochspannungsleitungen, Erden und Kurzschließen; Verbundgesellschaft Wien; Dienstnorm 5/80; 1981.

EN 50110-1, -2 : 1997. Operation of electrical installations (Pogon električnih postrojenja)

EN 50110-1 : 2004. Operation of electrical installations (Pogon električnih postrojenja)

Harrington, E.J., Martin, T.M.C.: Placement of Protective for Safety of Lineman, *AIEE Transactions*, vol. 73, 1954., str. 950-955.

Majstrović, et al: *Analiza induciranih napona na isključenim trojkama dvosistemskih dalekovoda EES-a Hrvatske*, EIHP-Zagreb, 2005.

Marinček, T., Curk, F. et al: *Raziskave induktivnih vplivov in zaštite pri delah na dvosistemskih daljnovodih*, Inštitut „MILAN VIDMAR“, Ljubljana, 1988.

Nikolovski, S. et al: *Analiza električnih prilika na DV 2 x 110 kV Ernestinovo – Našice za razne pogonske situacije*, Elektrotehnički fakultet, Osijek, 2002.

Pravila tehniki bezopasnosti pri eksploataciji vazdušnih linii elektroperedaci napražienim više 1000 V, Izdateljstvo Energija, 1966.

Pravila i mjere sigurnosti pri radu na elektro-prijenosnim postrojenjima, *Bilten HEP*, br. 74, 1999.

Pravilnik o mjerama zaštite na radu pri korištenju električne energije, N.N., br. 9/87.

Sakerht sforeskrifter, statens vattenfallsverk, 1969.

Tuk, V.: *Elektromagnetski i elektrostatski međusobni utjecaji kod višestrukih prijenosnih vodova*, ETF - Zagreb, 1978.

ARE URGENT AMENDMENTS TO THE 'REGULATIONS' REQUIRED

SUMMARY: Furnished here is a critical assessment of the published assertions and a request contained within to amend article 45 of the Electrical Power Safety Regulations, on account of three alleged shortcomings. They are: 1) article 45 is in conflict with physical laws, 2) article 45 does not comply with the regulations of other countries, 3) indirectly, a procedure in article 45 is held accountable as the cause of three accidents at work. The author undertakes to prove the fallacy of these assertions.

Key words: *two-system above-ground lines, work on one system, induced voltages, earthing and short circuiting at the workplace, standards and regulations*

*Subject review
Received: 2007-01-02
Accepted: 2007-01-15*