|  |
| --- |
| ŽIVOTOPIS |
|  |  |
| PERSONALNE INFORMACIJE |  |
| Ime i prezime | Fehim Velić |
| Datum rođenja | 26.03.1984. godine |
| Mjesto rođenja | Dolovi, Bosna i Hercegovina |
| Addresa | Alije Izetbegovića 24, 72240 Kakanj Posao: Alije Izetbegovića 17, Kakanj |
| Brojevi telefona | +387-32-553-961 (posao)+387-32-556-749(kuća) | Mobile: | +387-61-462-696 |
| E-mail | fehimvelic1@gmail.com |
|  |  |
| **ACADEMSKA KARIJERA** |  |
|  |  |  |  |  |
|  | Magistar nauke | Univerzitet Sarajevo | 2011 |  |
|  | Diplomirani inženjerer. | Univerzitet Sarajevo | 2008 |  |
|  | Stručni ispit iz oblasti elektrotehnike u rudarstvu 2010Stručni ispit iz oblasti elektrotehnike, prostorno uređenje 2011 |
| **RADNO ISKUSTVO** |  |
|  | ZD RMU “Kakanj”, doo Kakanj, glavni inženjer za elektro poslove | 2015 - trenutno |
|  | ZD RMU “Kakanj”, doo Kakanj, pomoćnik upravnika za elekro poslove u podzemnoj eksploataciji uglja  | 2010 – 2015 |
|  | ZD RMU “Kakanj”, doo Kakanj, rukovodilac tehničke pripreme operativnih poslova na pogonu “Održavanje” | 2009 – 2010 |
|  | ZD RMU “Kakanj”, doo Kakanj, inženjer za elektro uređaje  | 2008 – 2009 |
|  |  Član Tehničkog komiteta TC 6 Instituta za standardizaciju BiH  | 2014 – trenutno |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |
| **ČLANSTVO U MEĐUNARODNIM I DOMAĆIM PROFESIONALNIM UDRUŽENJIMA**  |  Član udruženja “Održavalaca” Bone i Hercegovine od 2012 |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| **OBJAVLJENI RADOVI – REFERENCE** | 1. Značaj primjene sistema sa instalacija izvedenim fiber optičkim i koaksijalnim kablovima u metanskim jamama, Međunarodna Ex tribina, Tuzla 2012.;
2. Statistika i analiza kvarova na trofaznim asinhronim motorima u podzemnoj eksploataciji uglja ZD-a RMU Kakanj uz osvrt na doprinos infrared termografije u preventivnom otklanjanju kvarova, Međunarodna konferencija „Održavanje“, Zenica 2012.;
3. Održavanje sistema za kontrolu parametara jamskog zraka u metanskim jamama tipa digiTRANS 2100, Međunarodna konferencija „Održavanje“, Zenica 2012.;
4. Upravljanje elektromotornim pogonima u podzemnim rudnicima, Međunarodna Ex tribina, Brčko 2014.;
5. Testing the Quality of Ventilation Tube Connecting The Methane Mines in Operation Control Static Electricity, Vol. 4, Issue 2, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering February 2015,
6. Opasnosti od statičkog elektriciteta u podzemnim metanskim rudnicima, IV savjetovanje crnogorskog komiteta CIGRE, Igalo, maj 2015.
7. Problem kontrolisanja statičkog elektriciteta u podzemnim rudnicima ugroženim metanom i opasnom ugljenom prašinom, XII savjetovanje bosanskohercegovačkog komiteta CIGRE, Neum 2015.
8. Električna struja i napon prouzrokovani proticanjem zraka kroz ventilazione cijevi u podzemnim rudnicima, časopis bosanskohercegovačka elektrotehnika, novembar 2015.
 |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| **PROJEKTI, ELABORATI I PRAVILNICI** | 1. Elaborat o mogućnostima iznošenja potencijala izvan radnog prostora transformatorskih stanica 35/6 kV (TS „Separacija“, TS „Plandište“, TS „Kakanj“, TS „Vrtlište“, TS „Haljinići“, TS „Ričica“), broj: 01 – 163/10 od septembra 2010. godine (nosilac zadatka);
2. Elaborat o metodologiji vršenja pojedinih radnji periodičnih pregleda, mjerenja i ispitivanja na elektroenergetskim postrojenjima, uređajima i instalacijama, broj: 04-74/12 od aprila 2012. godine (presjednik stručnog tima za izradu eleaborata);
3. Elaborat o opravdanosti sa prijedlogom tehničkog rješenja sistema za ostvarivanje komunikacije i glasno-govorne veze na pogonu „Haljinići“, ZD RMU „Kakanj“, Rješenje broj: 3103/11 od marta 2011. godine (saradnik na izradi elaborata);
4. Pravilnik o mjerama zaštite na radu pri korištenju električne struje kod radova u elektroenergetskim objektima i postrojenjima visokog napona, broj:2199/11 od 02.03.2011. godine (saradnik na izradi pravilnika);
5. PRP transport i doprema opreme, rezervnih dijelova i repromaterijala transportnim niskopom u krovnom ugljenom sloju južnog krila jame „Seoce“ ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj (elektro dio), broj: RU-RMUK-FV-2/13 od oktobra 2013. godine (glavni projektant);
6. Glavni projekat električnih instalacija, instalacija osvjetljenja i klimatizacije Doma kultute u Kaknju, broj: RU-RMUK-FV-1/13 od septembra 2013. godine (glavni projektant);
7. PRP električnih instalacija i elektromotornih pogona alatnice službe pomoćne mehanizacije pogona PK „Vrtlište“, ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj, broj: RU-RMUK-ZS-3/12 od decembra 2012. godine (saradnik na projektu);
8. PRP izrade transportnog niskopa, ventilacionog niskopa i jamskih prostorija do prve ventilacione petlje sa mehanizovanum načinom, kod rezervi krovnog ugljenog slojajužnog krila jame „Seoce“, Rudnika Kakanj, broj: RU-RMUK-ZS-2/12 od decembra 2012. godine(saradnik na projektu);
9. DRP eksplotacije OP P – II u podinskom ugljenom sloju, dubinskog dijela jame „Seoce“, pogona „Haljinići“ ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj, faza otkopavanja (elektro dio), broj: RU-RMUK-ZS-3/11 od jula 2011. godine (saradnik na projektu) ;
10. DRP otvaranja i pripremanja glavnog (podinskog) ugljenog sloja ispod kote +300 m OP P – II u jami „Seoce“ pogona „Haljinići“ (elektro dio), broj: RU-RMUK-ZS-6/10 od decembra 2010. godine (saradnik na projektu);
11. DRP otvaranja i pripremanja glavnog (podinskog) ugljenog sloja ispod kote +300 m OP P – III u jami „Seoce“ pogona „Haljinići“ (elektro dio), broj: RU-RMUK-AK-2/12 od maja 2012. godine (saradnik na projektu);
12. DRP automatizacije i daljinskog nadzora transportnog sistema i sistema odvodnjavanja u jamama pogona „Haljinići“, ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj (elektro dio), broj: RU-RMUK-AK-4/11 od jula 2011. godine (saradnik na projektu);
13. DRP razvodne 6 kV električne mreže za snabdijevanje električnom energijom ZD Rudnik uglja „GRAČANICA“ d.o.o. Gornji Vakuf – Uskoplje, broj: RU-RMUK-ZS-1/13 od februara 2013. godine (saradnik na projektu);
14. DRP gromobranskih instalacija na objektima transformatorskih stanica TS „Kakanj“, TS „Vrtlište“ i TS „Haljinići“, pogona „Održavanje“ ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj, broj: RU-RMUK-ZS-4/12 od novembra 2012. godine (saradnik na projektu);
15. PRP električnih instalacija i elektromotornih pogona elektro radionice, skladišta rezervnih dijelova i garaže za vozila, u krugu RC, pogona PK „Vrtlište“, ZD RMU „Kakanj“ d.o.o Kakanj, broj: RU-RMUK-ZS-2/12 od aprila 2012. godine (saradnik na projektu);
16. PRP izmještanja dijela trase dalekovoda DV 2, pogona PK „Vrtlište“, ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj, broj: RU-RMUK-ZS-5/13 od oktobra 2013. godine (saradnik na projektu);
17. DRP glavnog i rezervnog ventilatorskog postrojenja na ušću ventilacionog niskopa na koti + 490,00 m revira „Begići – Bištrani“ pogona „Haljinići“ ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj (knjiga III, elektro dio), broj: 30-01-04-165/13 od aprila 2013. godine (revident projekta);
18. DRP snabdijevanja električnom energijom ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj – rekonstrukcija prijenosne i razvodne električne mreže, broj: RU-RMUK-AK-1/13 od februara 2013. godine (saradnik na projektu);
19. DRP realizacije infrastrukture lokalnih računarskih mreža (LAN) u Zavisnom društvu Rudnik mrkog uglja „Kakanj“ d.o.o. Kakanj , broj:30-01-05 - 2/14 od marta 2014. godine (revident projekta);
20. DRP rekonstrukcije razvodne 6 kV električne mreže pogona „Haljinići“, ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj , broj:ZD – RMUK – FV - 4/14 od aprila 2014. godine (glavni projektant);
21. PRP sistema za drobljenje i pretovar rovnog uglja na pogonu „Haljinići“, ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj (elektro dio), broj:RU – RMUK – FV – 1/14 od januara 2014. godine (glavni projektant);
22. GLAVNI PROJEKAT izgradnje javne rasvjete na lokalnom putu MZ Podgora – podružnica Sopotnica, općine Kakanj, broj:RU – RMUK – FV – 3/14 od aprila 2014. godine (glavni projektant);
23. GRP otvaranja i eksploatacije rezervi krovnog ugljenog sloja južnog krila jame “Seoce” revir “Begići-Bištrani” pogona “Haljinići” ZD RMU “Kakanj” d.o.o. Kakanj (elekrtro dio), broj: 30-01-04-221/14 od aprila 2014. godine (revident projekta);
24. DRP glavnog izvoznog transportera revira „Begići – Bištrani“, ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj (rudarsko–mašinski, elektro i građevinski dio), broj:RU- RMUK – JM – 2/14 od maja 2014. godine (projektant);
25. IDEJNI PROJEKAT pripreme i transporta uglja, podzemnim trakastim transporterom, sa pogona Haljinići do Separacije Čatići, broj:RU- RMUK – FM – 1/14 od marta 2014. godine (projektant);
26. DRP automatizacije i daljinskog nadzora transportnog sistema i sistema odvodnjavanja u jamama pogona „Haljinići“, ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj (elektro dio) II faza automatizacije, broj: ZD-RMUK-FV-5/14 od maja 2014 godine (glavni projektant);
27. PRP rekonstrukcije 0,4 kV električne mreže za napajanje objekata, instalacija i uređaja pogona „Separacija“ Čatići, ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj broj: ZD-RMUK-ZS-1/14 od maja 2014 godine (saradnik na projektu);
28. GLAVNI PROJEKAT toplifikacije MZ „Povezice“, općine Kakanj , elektro dio, 2014. godina (projektant),
29. PRP napajanja postrojenja za ekološku reciklažu otpadnih guma na pogonu PK “Vrtlište”, JP EP BiH d.d. – Sarajevo, ZD RMU “Kakanj” d.o.o. Kakanj,RU – RMUK – FV – 3/15, maj 2015. (projektant),
 |
|  | 1. PRP sistema za drobljenje i pretovar rovnog uglja na pogonu „Haljinići“, ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj (elektro dio), broj:RU – RMUK – FV – 1/14 od januara 2014. godine (glavni projektant);
2. GLAVNI PROJEKAT izgradnje javne rasvjete na lokalnom putu MZ Podgora – podružnica Sopotnica, općine Kakanj, broj:RU – RMUK – FV – 3/14 od aprila 2014. godine (glavni projektant);
3. GRP otvaranja i eksploatacije rezervi krovnog ugljenog sloja južnog krila jame “Seoce” revir “Begići-Bištrani” pogona “Haljinići” ZD RMU “Kakanj” d.o.o. Kakanj (elekrtro dio), broj: 30-01-04-221/14 od aprila 2014. godine (revident projekta);
4. DRP glavnog izvoznog transportera revira „Begići – Bištrani“, ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj (rudarsko–mašinski, elektro i građevinski dio), broj:RU- RMUK – JM – 2/14 od maja 2014. godine (projektant);
5. IDEJNI PROJEKAT pripreme i transporta uglja, podzemnim trakastim transporterom, sa pogona Haljinići do Separacije Čatići, broj:RU- RMUK – FM – 1/14 od marta 2014. godine (projektant);
6. DRP automatizacije i daljinskog nadzora transportnog sistema i sistema odvodnjavanja u jamama pogona „Haljinići“, ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj (elektro dio) II faza automatizacije, broj: ZD-RMUK-FV-5/14 od maja 2014 godine (glavni projektant);
7. PRP rekonstrukcije 0,4 kV električne mreže za napajanje objekata, instalacija i uređaja pogona „Separacija“ Čatići, ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj broj: ZD-RMUK-ZS-1/14 od maja 2014 godine (saradnik na projektu);
8. GLAVNI PROJEKAT toplifikacije MZ „Povezice“, općine Kakanj , elektro dio, 2014. godina (projektant),
9. PRP napajanja postrojenja za ekološku reciklažu otpadnih guma na pogonu PK “Vrtlište”, JP EP BiH d.d. – Sarajevo, ZD RMU “Kakanj” d.o.o. Kakanj,RU – RMUK – FV – 3/15, maj 2015. (projektant),
 |
|
|
|  |

**Obrazloženje prijedloga teme doktorske disertacije**

**Radni naslov: „Analiza opasnosti od statičkog elektriciteta generisanog u ventilacionim cijevima protokom zraka kroz ventilacione cijevi u uslovima separatno provjetravanih rudničkih prostorija“**

**Sadržaj**

1. **Pregled stanja u oblasti istraživanja**
2. **Motivacija i ciljevi za istraživanje**
3. **Metodologija i plan istraživanja**
4. **Očekivani naučni doprinos predložene teze disertacije**
5. **Pregled literature**

**1. Pregled stanja u oblasti istraživanja**

**1.1. Teoretske postavke problema**

Termin statički elektricitet, kao što mu samo ime govori, prvobitno se vezivao za naelektrisanje u stanju mirovanja, međutim vremenom je postalo jasno da naelektrisanje može biti u stanju mirovanja ali i u pokretu. Proučavanje ovog fenomena obuhvata proučavanje uzročnika generisanja statičkog elektriciteta, akumulaciju naelektrisanja na materijalima, kao i odvođenje (rasipanje) akumuliranog naelektrisanja.

Statički elektricitet u uslovima eksplozivne atmosfere predstavlja problem ukoliko njegovo pojavljivanje, odnosno njegova manifestacija u obliku elektrostatičkog luka koincidira sa pojavom zapaljive ili eksplozivne smješe vazduha. Probojna čvrstoća vazduha je 3 MV/m u slučaju kada je vazduh suh, a ukoliko je vlažan probojna čvrstoća opada. Obzirom da je statički elektricitet, uzročnik paljenja, koji je najteže predvidjeti i kontrolisati njegovom proučavanju treba posvetiti posebnu pažnju.

Prema statističim podacima koji prate broj eksplozija posljednjih godina u Evropi i svijetu značajan procent uzročnika eksplozija otpada na statički elektricitet, kao što je vidljivo sa slijedećeg dijagrama, međutim zabrinjavajuće od te činjenice je to što se neuspijeva postići trend smanjenja učešća statičkog elektirciteta kao uzročnika eksplozija.

Slika1. Procentualna raspodjela uzručnika eksplozija

Kada je u pitanju podzemna eksploatacija uglja, najugroženije prostorije sa stanovišta opasnosti od formiranja eksplozivne smjese su separatno provjetravane prostorije, tj. hodnici u toku njihove izrade, tako za ove prostorije zakonska regulativa propisuje najstrožije kriterije.

Da bi došlo do bilo koje eksplozije potrebno je da budu ispunjena tri uskova, odnosno da su u određenom prostoru istovremeno prisutni kisik, zapaljiva supstanca (u rudnicima se najčešće radi o metanu) i da postoji izvor paljenja. Kada je u pitanju statički elektricitet to je pojava elektrostatskog luka.

Da bi se nešto moglo smatrati izvorom paljenja potrebno je da taj izvor bude u stanju zapaliti određene zapaljive materijale i smješe, odnosno da može razviti temperaturu paljenja i minimalnu energiju paljenja (MEP) materijala. MEP je često mjera za klasifikaciju plinova i para. Definiše se kao najmanja potrebna količina elektrostatske energije mjerena standardnom metodom, koja će izazvati paljenje smješe. Određivanje MEP je vrlo komplikovano i jedino ju je moguće direktno mjeriti kada se javlja u vidu elektrostatičkog kapacitivnog varničenja. Obzirom da se sva energija oslobođena u varnici nepretvara u toplotu, nego se djelimično gubi u vidu svjetlosti, djelimično na pritisku varnice i elektromagnetnom zračenju, a jedan manji dio se zadrži i na kondenzatoru, jasno je da je njeno mjerenje nemoguće. Plin koji se najčešće javlja u podzemnim rudnicima i koji je najopasniji ima energiju paljenja od 0,28 mJ.

Rudnička radilišta (slijepe prostorije) provjetravaju se pomoću cijevnih ventilatora, koji u slijepu prostoriju dopremaju svješi vazduh, neophodan za boravak i rad ljudi u tim prostorijama. Svježi vazduh do prednjeg dijela radilišta doprema se ventilacionim cijevima, a vraća se slobodnim profilom prostorije. Usljed proticanja vazduha kroz cijev dolazi do generisanja statičkog naelektrisanja, na unutrašnjoj i vanjskoj površini cijevi.

U važećem Pravilniku o tehničkim normativima za zaštitu od statičkog elektriciteta, predložene su mjere za zaštitu od statičkog elektriciteta [17], a u elektrotehničkoj literature [5], pominje se da nisu zabilježeni slučajevi eksplozija prouzrokovanih statičkim elektricitetom u slučajevima kada je vlažnost zraka veća od 70%. Međutim, mjrenjem se može utvrditi da i pored vlažnosti veće od 70% i pored toga što su ventilacione cijevi izrađene od antistatičnog materijala, dolazi do nagomilavanja statičkog naelektrisanja. Također, jasno je da količina nagomilanog naelektrisanja ovisi od više faktora, kao što su: dužina ventilacionog voda, promjer ventilacionog voda, kapacitet (snaga) ventilator, način montaže ventilacionog voda, kvalitet spoja cijevi međusobno i sa metalnim masama ventilatora, vlažnost vazduha itd.

****

Slika2. Neophodne komponente za nastanak eksplozije

Za kompresionu ventilaciju rudničkih radilišta koriste se cijevi proizvedene od tehničkog tekstila sa obostranom PVC presvlakom koja nije zapaljiva (indeks kisika iznad 27%), površinskog otpora ispod 109 Ω, sa neupaljivom tehničkom tkaninom, otporna na ulja i pare topila. Površina materijala im je otporna na starenje i abraziju. Ventilacione cijevi izrađene od ovakvog materijala ostaju nepropusne čak i kod učestale i dugoročne upotrebe. Minimalni protočni otpor postignut je izvanrednom glatkoćom materijala izvan voda. Dobre karakteristike materijala ventilacionih cijevi i precizna izrada čine ventilacijske cijevi primjerenima za upotrebu u potencijalno eksplozivnom okruženju podzemnih jama. Ventilacione cijevi koje će se upotrebljavati u ovakvim uslovima treba da budu izvedbi koja je predviđena za zone opasnosti „0“ i „1“, odnosno zone „20“ i „21“, kada su u pitanju eksplozivne prašine.

****

Slika 3. Ventilacione cijevi za kompresionu ventilaciju

**2.2. Minimalna energija paljenja**

Usljed strujanja zraka kroz ventilacionu cijev brzinom *v(t)* (m/s), u prostoru sa povećanom koncentracijom eksplozivnih smješa, na unutrašnjoj i vanjskoj površini ventilacione cijevi dolazi do nastajanja električnih opterečenja *q(t)* odnosno jonizovanih molekula *n(t).* Tako raspoređena električna opterečenja *q(t)* po površini ventilacione cijevi učestvuju u procesu pražnjenja, kako međusobno tako i sa metalnim dijelovima određenih postrojenja, ukoliko su ona smještena u neposednoj blizini ventilacionih cijevi. Uslučaju nepoduzimanja mjera za borbu protiv statičkog naelektrisanja, takva pražnjenja mogu dosezati minimalnu energiju paljenja prisutne koncentracije eksplozivne smješe. *Wmin*(J). Na nastalu elektrostatičku energiju *ws(t)* lokalizovanu u okolnom prostoru primjenimo *Zakon o održanju energije*, tako da u lancu prirodne energetske transformacije elektrostatičke energije *Ws*(J), ista se prvo transformiše u elektrokinetičku energiju *Wk*(J), a zatim u toplotnu *Wt*(J), time dobijemo da je:

 (1)

 (2)

 (3)

gdje su:

*Ce*(nF) – odgovarajuće vrijednosti kapacitivnosti razmatranog geometrijskog paravazdušnog prostora u kome je došlo do električnog (elektrostatićkog) pražnjenja a tako i pojave razlike potencijala *U* (V)manifestovanog preko napona **;

*n* – broj jonizovanih molekula;

*mM*  i *vM  -* masa i srednja kvadratna vrijednost brzine kretanja svakog zasebnog joniziranog molekula zraka;

*Wmin* (J) – predstavlja eksperimentalno utvrđenu procjenjenu vrijednost minimalne enrgije koja može upaliti eksplozivnu smješu;

*Uds*(V) – procjenjena vrijednost uspostavljenog napona;

**2.3. Model elektrostatičkog sistema**

Elektrostatički sistem se može predstaviti jednostavnim električnim ekvivalentnimkolom prikazanim na *Slici 4*. Ono se sastoji od samo četiri elementa. Prvi je strujni generator *I* koji predstavlja mehanizam nastajanja naelektrisanja; u konkretnom tehnološkom procesu, nastajanje naelektrisanja će biti kontinualan proces (protok vazduha kroz ventilacionu cijev). Drugi element je kondenzator *C* na kome se naelektrisanje nagomilava (u konkretnom slučaju to je ventilacioni vod). Treći element je otpornost *R*, koji predstavlja mehanizam relaksacije naelektrisanja u električno napregnutom izolatoru. Proces relaksacije će obično biti tok male struje ili kroz zapreminu izolatora ili duž njegove površine (u konkretnom slučaju izolator je vazduh koji okružuje ventilacioni vod). Konačno, uključujemo procjep za varnicu koji ograničava maksimalan napon koji može biti dostignut u sistemu.

****

Slika 4. Ekvivalentno kolo za opisivanje elektrostatičkog sistema

Potencijal provodnika u vremenu je dat jednačinom:

 **** (4)

gdje je:

*V* - potencijal provodnika (V);

*C* - kapacitivnost provodnika (F);

*R -* otpornost curenja prema zemlji (Ω);

*I -* struja elektrostatičkog punjenja (A);

*t -* vrijeme od početka punjenja (s).

Na početku procesa možemo pretpostaviti da je kondenzator bio prazan. Struja generatora će u početku puniti kondenzator izazivajući da se napon *V* na njemu povećava. Kako napon raste, dio struje će početi da teče kroz otpornost *R*. Sa povećanjem napona, proporcionalno, sve veći dio struje će proticati kroz otpornost. U odsustvu drugih efekata, sistem će nakon nekog vremena dostići ravnotežno stanje, kada sva nastala struja teče u zemlju kroz *R.*

Da li će sistem dovesti do značajnih elektrostatičkih efekata zavisi od veličine *V*max i posebno od veličine nastalog električnog polja u izolatoru na kojem se javlja ovaj napon. Otpornost curenja prema zemlji i kapacitivnost izolovanog provodnika često mogu da se mjere i to se onda koristi da se utvrdi da li se opasan nivo naelektrisanja može akumulirati.

**2.4. Analiza impulsa signala elektrostatičkog pražnjenja**

Analiza impulsa elektrostatičkog pražnjenja provodi se pomoću osciloskopa, tako što se promatra jedan od intervala , prikazan na slici 5. Bit će analizirani impulsi dovoljno velike amplitude i to brojevima 1 do 15 označeni su impulsi dovoljno velike pozitivne amplitude, odnosno brojevima 1 do 10 impulsi dovoljno velike negativne amplitude. Pozitivna amplituda  i negativna amplituda  napona mogu biti izračunate na slijedeći način:

  (5)

  (6)

gdje je:

*n+ i n- -* odgovarajući broj dovoljno velikih pozitivnih i negativnih impulsa ,  i ,  sa odgovarajućim proporcijama pozitivnih i negativnih impulsa , , odnosno , , za dužine pozitivnih i negativnih impulsa.



Slika 5. Analiza impulsnog pražnjenja električnog naboja provedenom prema formuli (5) i (6)

Na osnovu prethodne analize moguće je odrediti ukupan broj pozitivnih i negativnih impulsa za sa po 1 s unutar intervala od 15 minuta (po 1 s u svakoj minuti), odnosno u ukupnom vremenskom intervalu od 15 s. Tako da će se učestalost  impulsa i odgovarajući periodi  i , moći proračunati na slijedeći način:

   (7)

U radovima [L1] i [L2] autor *M. Gaćanović* je analizirao problem generisanja statičkog elektriciteta u naftnoj industriji, prilikom transporta nafte u cisternama. Vršio je proračun vremena paljenja eksplozivne smješe u slučaju da nagomilani statički elekticitet nebude eliminisan, te predložio način za pasivnu eliminaciju statičkog elektriciteta, koji nsataje na prethodno pomenuti način.

U radu [L3] autori M. R. Shafer, D. W. Baker, K. R. Benson analizirali su utjecaj brzine strujanja fluida, koji je uzročnik generisanja statičkog elektriciteta, kroz cijevi. Izveli su izraz pomoću koga se može odrediti vrijednost potencijala u svakoj tački cijevi

U radu [L4] autori *S. Caniggia, F. Maradei* predstavili su dva modela generatora elektrostatičkog pražnjenja. Prvi model predstavljen je električnim kolo koje je pogodno za implementaciju u nekim komercijalnim simulatorima. Drugi model temelji se na numeričkim rješenjima sa jednačinama polja koje se koriste u komercijalnim numeričkim zapisima mikrotalasa zasnovanim na tehnikama ograničenog integriranja.

U knjizi [L5] autor *N. Marinović* kaže da se problem statičkog elektriciteta treba posebno analizirati i primjetno je da je autor odustao od nekih stavova, koje je imao u prethodnih izdanjima svoje knjige, kao što je stav da pri velikoj vlažnosti neće doći do pojave elektrostatičke iskre.

U radu [L6] autori *K. Wang, D. Pommerenke, R. Chundru, T. V. Doren, J. L. Drewniak, A. Shashindranath* predstavili su numeričko modelovanje generatora elektrostatičkog pražnjenja. Numeričko modelovanje u ovom radu zasnovano je na ograničenom diferenciranju vremensko-prostornom metodom. U radu je razmatran utjecaj izbora dizajna materijala na na električnu struju i polje. Vršeno je poređenje modela ESD generatora i numeričkog modela.

*K. Cofek* u radu [L7] govori o metodama sprečavanja da statički elektricitet postane djelotvorni uzročnik paljenja eksplozivne atmosfere. Zatim opisao je sve postojeće vrste elektrostatičkih izboja, kao i mjere za sprečavanje paljenja prouzrokovanog statičkim elektrisitetom u eksplozivnoj atmosferi. Zatim se osvrnuo na normativne dokumente i primjenu zahtjeva iz normativnih dokumenata koji regulišu ovu oblast.

*M. Gaćanović* u radu [L8] predstavio je novu metodu za pasivnu eleminiciju statičkog elektriciteta u tehnološkom procesu namatanja, lakiranja i sušenja polipropilena. Prikazano rješenje ima status međunarodno zaštićenog patenta. U radu je napravljeno poređenje sa drugim rješenjima za pasivnu i aktivnu eliminaciju statičkog elektriciteta. Također je prikazana računarska simulacija rada i nivo eliminacije predloženog pasivnog eliminatora statičkog elektriciteta u računarskom programu MATLAB/Simulink. Dobiveni rezultati su komentarisani i dana je procjena rizika od mogućeg pražnjenja statičkog elektriciteta u ugroženim prostorima definisanim po direktivi ATEX 137.

U radu [L9] autor *A. Khan* je obradio prirodu uzročnika elektrostatičkog pražnjenja veličinu problema, faktore koji na njega utiću, testove tolerancije elektrostatičkog pražnjenja, rukovanje uređajima za zaštitu od elektrostatičkog pražnjenja, standarde za mjerenja i sistemske aspekte elektrostatičkog pražnjenja.

U radu [L10] autori*K. Wang, J. Wang, X. Wang* su predstavili matematski model i model strujnog kola elektrostatičkog generatora koristeći IEC61000-4-2 test standard. Matematski model zasnovan je na Laplasovoj transformaciji. Korištenjem matematskog modela konstruisano je strujno kolo za simulaciju elektrostatičkog pražnjenja, što je testirano u računarskom programu Matlab.

*M. Dragović* u radu [L11] razmatrao je opasnosti izazvane statičkim elektricitetom u naftnoj industriji, počevši od teoretskih postavki problema, zatim je opisao problem nastanka statičkog elektriciteta u tečnostima. Autor je pravio procjenu opasnosti od statičkog elektriciteta, a ratim razmatrao mogućnosti njegove kontrole. U radu je napravljena simulacija elektrostatičke varnice za dva konkretna slučaja:

- kada do pražnjenja dolazi između dijelova opreme za držanje naftnih proizvoda;

- kada se pražnjenje javlja sa naelektrisane osobe koja prilazi uzemljenom dijelu opreme.

Autori *F. Velić i A. Muharemović* u radu [L12] predložili su nove metode za ispitivanje kvaliteta spoja ventilacionih cijevi, a sve sa ciljem kontrolisanja statičkog elektriciteta, odnosno sprječavanja pojave elektrostatičke iskre i potencijalno eksplozivnoj atmosferi.

Autori *F. Velić i A. Muharemović* u radu [L13] analizirali su opasnosti od nagomilanog statičkog elektricite na ventilacionim cijevima, cijevima komprimiranog zraka i na trakastim transporterima u podzemnim rudnicima ugroženim metanom i opasnom ugljenom prašinom, te analizirali rezultate mjerenja uređaja za kontrolu statičkog elektriciteta i uređaja za mjerenje površinskog otpora pomenutih nosilaca statičkog elektriciteta.

U radu [L14] autora *F. Velić i A. Muharemović* vršen je proračun energije upale koja koja se može pojaviti na konkretnom ventilacionom vodu, u realnim uslovima, za vod dužine 400 m, promjera 800 mm i u slučajevima kada je početak ventilacionog voda vezan na metalnu masu cijevnog ventilatora i u slučaju kada nepostoji ta veza.

U radu [L15] autora *F. Velić i A. Muharemović* vrše proračun potencijala na kraju ventilacione cijevi u funkciji o brzine strujanja zraka, preko relacija za proračun potencijala u funkciji brzine strujanja fluida, koje su definisali naučnici Carruthers, Marsh i Wigley, a zatim je izvršen proračun struje provođenja, probojnog napona i vremena nastanka proboja usljed pojave elektrostatičke iskre na ventilacionoj cijevi

U radu [L16] *K. Wang, J. Wang, X. Wang* analiziraju oblik struje elektrostatičkog pražnjenja definisan standardom IEC61000-4-2, te uz upotrebu Laplasove transformacije daju novi matematski model elektrostatičkog pražnjenja.

U radu [L18] autori *S. Erić, R. Jozić* predstavljen je uređaj za mjerenje električne provodnosti trakastih transportera prema standardu ISO 284:2012(E) i ispitivanje antistatičnosti savitljivih ventilacionih cijevi prema standardu JUS B.Z2.133 (Pravilnik br. 03-13131/1 od 23.11.1997. Sl. List SFRJ br. 59/77). Isti uređaj se korisit za mjerenje otpora sloja prašine, s tim da za svako od ovih mjerenja koristi se drugi set elektroda.

U radu [L19] *A. Jerković, R. Jozić* analizirali su stanje zakonske regulative u Bosni i Hercegovini po pitanju borbe protiv opasnosti izazvane nagomilavanjem statičkog elektriciteta u industriji i predstavili mjere koje predlažu najnoviji IEC standardi iz oblasti eksplozivnih atmosfera.

*V. Ebadat* u radu [L22] bavio se problemom statičkog elektriciteta u oslovima postojanja oblaka eksplozivne prašine, pri čemu je obradio je slijedeće:

- osnovno razumijevanje prirode statičkog elektriciteta

- smjernice za identifikaciju i procjenu opasnosti od statičkog elektriciteta

- tehnike za kontrolu opasnosti od statičkog elektriciteta

- smjernice za kontrolu statičkog elektriciteta u odabranim industrijskim aplikacije

*R.E. Nabours* u radu [L25] opisuje situaciju opasnosti paljenja pare benzina statičkim elektricitetom prilikom pretakanja benzina. U radu je opisano šta je to dovelo do eksplozije i zapaljenja benzina na benzinskoj pumpi za vrijeme punjenja rezervoara gorivom. U radu je dato i općenito razmatranje opasnosti od statičkog naelektrisanja u eksplozivnim atmosferama.

U radu [L26] autor *Z. Grabarczyk* vršio je teoretska razmatranja tačnosti mjerenja električkog naboja prenesenog kroz plazma kanal elektrostatičkog pražnjenja primenom elektrode u obliku metalne lopte velikog kapaciteta. U radu je dokazano da primjenom mjernog kondenzatora dovoljno velikog kapaciteta greška u mjerenju može biti znatno smanjena.

U radu [L27] autor *U. Von Pidoll* je istraživao opasnost od zapaljenja bara benzina statičkim naelektrisanjem nagomilanim na motornom vozilu, u prostoru oko rezervoara motornog vozila. Autor navodi primjere dobrog i lošeg upravljanja opasnostima od statičkog elektriciteta. U radu su također opisane testne strategije I mjerne tehnike za utvrđivanje opasnosti zapaljenja od statičkog elektriciteta.

U radu [L29] autori *P. K. Katsivelis, G. P. Fotis, I. F. Gonos, T. G. Koussiouris,I. A. Stathopulos* bave se opasnošću koju predstavlja statički elektricitet po elektroničke uređaje, pri ćemu je elektrostatičko pražnjenje tretirano metodom aproksimacije, koja je bazirana na Prony metodi.

U radu [L32] autorica *U. Nilsson i drugi* razmatra problematiku nagomilavanja statičkog elektriciteta na raznovrsnim neprovodnim materijalima, koji se primjenjuju u industriji, u uslovima eksplozivne atmosfere. Autori istražuju kako kontakti između različitih materijala mogu izazvati upalu, odnosno kako nastaje pražnjenje u industrijskim procesima, koje može izazvati protok tečnosti kroz posude i cijevi. Mjerenja su provedena u realnom procesnim situacijama, pri rukovanju zapaljivim tekućinama.

U radu [L33] autori *M. Glor, P. Thurnherr* razmatraju opasnosti od nastanka eksplozije prouzrokovane statičkim elektricitetom u eksplozivnim zonama. U radu su opisani načini nastanka statičkog elktriciteta u industrijskim procesima, kao procedure po kojima dolazi do elektrostatičkog pražnjenja i pogled ATEX direktiva na ovaj problem.

U radu [L34] *J.M. Edwards* opisao je matematsko modelovanje zatvorene naponske petlje upravljanje elektrostatičkim MEMS aktuatorom. Cilj upravljanja petljom je da se proširi domet aktuatora izvan zatvorene petlje.

U radu [L37] autor *F. Velić* bavio se osobinama zraka u metanskim rudnicima odnosno, problemima koji se susreću prilikom održavanja sistema za kontrolu parametara jamskog zraka.

U radu [L38] autori *Nels E. Jewell-Larsen, Sergey V. Karpov, Igor A. Krichtafovitch, Vivi Jayanty, Chih-Peng Hsu, Alexander V. Mamishev* modelovali su elektrostatsko pražnjenje uzrokovano protokom električno neutralnog plina pomoću programskog paketa COMSOL Multiphysics.

U radu [L39] autor *D.F. Angelico* govori o potrebi definisanja standardnih procedura kontrole elektrostatičkog pražnjenja u industrijskim sistemima lociranim u eksplozivnim atmosferama. Autor sagledava ovaj problem na primjerima ventilacionih sistema.

U Studiji [L40] izdatoj od strane *Missouri University of Science and Technology* obrađeni su mehanizmi akumulacije naboja u sustavima gdje su tekućine i krute stvari uzročnici pojave statičkog elektriciteta. U ovoj studiji posebno je interesantna situacija kada se statički elektricitet javlja usljed strujanja zraka kroz cijev, kao način proračuna struje odvođenja statičkog elektriciteta. U studiji je također navedeno mnogo primjera iz prakse.

1. **Motivacija i ciljevi za istraživanje**

Obzirom da je statički elekricitet složen fenomen, koji je teško kontrolisati, on u uslovima eksplozivne atmosfere, kakva je prisutna u podzemnim metanskim rudnicima predstavlja veliki problem. Statistički podaci govore da udio statičkog elektriciteta u ukupnom broju uzročnika eksplozija iznosi 9 %, što je prilično veliki iznos. Kada je u pitanju rudarstvo, to je fenomen koji predstavlja kolektivnu opasnost po izvršioce poslova u rudniku. Pravilnik koji tretira ovaj problem u Bosni i Hercegovini je donešen još davne 1973. godine, što znači da u njega nisu ugrađena iskustava i saznanja do kojih se je došlo u posljedne četiri decenije. Mjere za borbu protiv opasnosti od statičkog naelektrisanja su dosta površno obrađene i težište je bačeno na interne pravilnike koje treba da donese svaki pravni subject za sebe.

Kada su u pitanju eksplozivne zone, pravilima Ex zaštite je nametnuta upotreba antistatičnih materijala, međutim mjerenjima se može ustanoviti da je i pored toga određena količina statičkog naelektrisanja prisutna.

Osnovni cilj ove doktorske disertacije, koji proizilazi iz detaljne analize stanja u oblasti istraživanja i lične motivacije, jeste rasvjetljavanje fenomena statičkog naelektrisanja koji se nagomilava u ventilacionim cijevima za provjetravanje slijepih prostorija u metanskim rudnicima. Pod rasvjetljavanjem fenomena statičkog naelektrisanja podrazumjeva se definisanje svih parametara koji mogu uticati na prekoračenje dozvoljene količine nagomilanog statičkog naelektrisanja, koja može prouzrokovati elektrostatičku iskru, čija će energije prekoračiti minimalnu energiju upale od 0,28 mJ, zapaljivog plina, u konkretnom slučaju metana. To znači da je potrebno definisati granične vrijednosti parametara, koje u slučaju da budu prekoračene dovode do savlađivanja probojne čvrstoće vazduha od 30 kV/cm. Parametri koji mogu uticati na prekoračenje dozvoljene količine nagomilanog statičkog naelektrisanja su:

1. Kapacitet odnosno snaga cijevnog ventilatora za kompresivno provjetravanje slijepe prostorije. Prilkom izrade projektne dokumentacije uopće se ne razmatra utjecaj odabranog ventilatora na količinu generisanog statičkog naelektrisanja, odnosno na eventualni doprinos i ventilatora na formiranje statičkog naelektrisanja koje će savladati probojnu čvrstoju vazduha
2. Dužina ventilacionih vodova i promjer odabranih cijevi. Također, i ovi parametri se ne tretiraju u projektnoj dokumentaciji, niti u važećem Pravilniku, a mogu doprinjeti formiranju opasnog statičkog naelektrisanja,
3. Vlažnost vazduha u prostoru oko ventilacionih cijevi. U starijoj literaturi kao jedna od mjera za borbu protiv statičkog naelektrisanja uvijek se predlaže vlaženje, odnosno održavanje vlažnosti vazduha na vrijednosti iznad 70%, jer se navodi da na tim vrijednostima nisu zabilježeni slučajevi da je statički elektricitet prouzrokovao upalu, odnosno eksploziju. Međutim, mjerenjem se može ustanoviti da je statički elektricitet prisutan i kod vlažnosti iznad 70%, a u nekim konkretnim slučjevima sumnja se da je došlo do upale, odnosno eksplozije plinova i u takvim uslovima.

U doktorsko disertaciji također će biti dati osvrt na sve nepravilnosti koje mogu nastupiti prilikom montaže, produžavanja, grananja ventilacionog voda, a također i u toku održavanja. Doktorska disertacija treba da napravi kvalitetnu osnovu, koja će poslužiti kao temelj za tretiranje problematetike statičkog naelektrisanja u uslovima eksplozivne atmosfere, a posebno na dio koji se odnosi na rudarstvo, prilikom izrade novog Pravilnika o mjerama zaštite od statičkog naelektrisanja.

Također, jedan od problema predstavlja i opasnost od manjeg ili većeg gubitka antistatičnosti kod ventilacionih cijevi, jer se ventilacione cijevi u većini slučajeve koriste dugi niz godina. U ovom radu će biti predloženo rješenja za ovaj problem, tj. bit će definisan način za periodičnu provjeru antistatičnosti ventilacionih cijevi.

**3. Metodologija i plan istraživanja**

Istraživanja koja će biti provedena tokom izrade ove doktorske disertacije bit će zasnovana na slijedećem:

* Odgovarajućim eksperimentalnim istraživanjima na ventilacionim cijevima u realnom okruženju (u uslovima eksplozivne atmosfere, tj. u slijepim prostorijama podzemnog rudnika);
* Eksperimentalnim istraživanjima u laboratorijma i u radioničkim prostorima;
* Računarskoj simulacija elektrostatičkog sistema nagomilanog statičkog naelektrisanja na ventilacionim cijevima u programskom paketu Matlam Simulink;
* Praktičnom dijelu rada koji podrazumjeva izradu uređaja za ispitivanje antistatičnosti ventilacionih cijevi prema shemi definisanoj u normi IEC 61241-2—2 (EN 61241-2-2). Nakon izrade uređja za ispitivanje antistatičnosti, bit će izvršeno i njegovo umjeravanje tako što će se izvršiti poređenje rezultata dobivenih upotrebom tog uređaja sa rezultatima drugih sličnih uređaja.
* Provođenje istraživanja (provjera antistatičnosti) na ventilacionim cijevima različitih proizvođača, koji su prisutni na tržištu Bosne i Hercegovine, odnosno u bosanskohercegovačkim rudnicima, a koje su u upotrebi dugi niz godina.

**4. Očekivani naučni doprinos predložene teze disertacije**

Imajući u vidu dosadašnja istraživanja provedena u ovoj oblasti smatram da mogu riješiti dosadašnje nedoumice koje su postojale u slučajevima nagomilavanja statičkog elektriciteta na ventilacionim cijevima usljed trenja zraka o ventilacione cijevi. Po tim prije svega mislim na problem nagmilavanja statičkog elektriciteta u slučaju prekoračenja parametara bitnih za količinu statičkog elektreiciteta, kao što su dužina, promjer ventilacionih cijevi i kapacitet odabranog ventilatora. Pomenuti doprinos će pomoći u preciznijem definisanju radnji koje i preventivnih mjera koje sprečavaju pojavu opasnog statičkog elektiriciteta na ventilacionim cijevima za provjetravanje slijepih rudničkih prostorija.

Praktični dio rada omogućit će da korisnici ventilacionih cijevi vrše periodičnu provjeru stanja antistatičnosti ventilacionih cijevim kojima raspolažu i na taj način produže vijek njihovog bezbjednog korištenja.

Računarska simulacija omogućit će definisanje maksimalno dozvoljenih graničnih parametara ventilacionog voda prilikom izrade projektne dokumentacije, tj. u fazi projetovanja rudarskih radilišta.

Sve pomenuto ima za cilj podizanjinje nivoa zaštite na radu, odnosno doprinos očuvanju života i zdravlja ljudi.

**5. Pregled polazne literature**

**[1]** M. Gaćanović: Passive *Elimination of Static Electricity in Oil Industry*, International Journal of Engineering Research, Volume No.4, Issue No.3, pp : 151-164, March 2015.

**[2]** M. Gaćanović: *Passive Elimination of StaticElectricity in Oil Industry*, SERBIAN JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING, Vol. 11, No. 4 (special issue), 673-699, December 2014.

**[3]** M. R. Shafer, D. W. Baker, K. R. Benson: *Electric Currents and Potentials Resulting From the Flow of Charged Liquid Hydrocarbons Through Short Pipes*, JOURNAL OF RESEARCH of the National Bureau of Standards-Co Engineering and Instrumentation, Vol. 69C, No. 4, October- December 1965.

**[4]** Caniggia, F. Maradei: *Circuit and numerical modeling of electrostatic discharge generators, IEEE Transactions on industry applicatuons*, Vol. 42, No. 6, november/december 2006.

**[5]** N. Marinović: *Rudarska elektrotehnika*, Školska knjiga – Zagreb, 2012.

**[6]** K. Wang*,* D. Pommerenke, R. Chundru, T. V. Doren*,* J. L. Drewniak, A. Shashindranath: *Numerical modeling of electrostatic discharge generators, IEEE Transactions on electromagnetic compatibility*, Vol. 45, No. 2, may 2003.

**[7]** K. Cofek: *Static electricity in explosive atmospheres*,Ex-Agencija, Zagreb, Hrvatska, Ex-Bilten, Vol 39, br. 1-2, 2011.

**[8]** M. Gaćanović: *Pasivna eliminacija statičkog elektriciteta – tehnološki postupak; namatanje, lakiranje i sušenje plopropilena*, Ex-tribina Fruška Gora 2013, Zbornik radova;

**[9]** A. Khan: *Electro-static Discharge (ESD),* Tutorial, Cypress Semiconductor Corp., 2012.

**[10]** Kai Wang*, Member, IEEE*, David Pommerenke, Ramachandran Chundru, Tom Van Doren*, Fellow, IEEE*, James L. Drewniak*, Senior Member, IEEE*, and Ashwin Shashindranath: *Numerical Modeling of Electrostatic Discharge Generators, IEEE Transactions on electromagnetic compatibility*, Vol. 45, No. 2, May 2003.

**[11]** N. Dragović: *Opasnosti izazvane statičkim elektricitetom u naftnoj industriji*, Univerzitet u Banjoj Luci, Elektrotehnički fakultet, diplomski rad, 2011.

**[12]** F. Velić, A. Muharemović: *Testing the Quality of Ventilation Tube Connecting The Methane Mines in Operation Control Static Electricity*, Vol. 4, Issue 2, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering February 2015,

**[13]** F. Velić, A. Muharemović: *Opasnosti od statičkog elektriciteta u podzemnim metanskim rudnicima*, IV savjetovanje crnogorskog komiteta CIGRE, Igalo, maj 2015.

**[14]** F. Velić, A. Muharemović: *Problem kontrolisanja statičkog elektriciteta u podzemnim rudnicima ugroženim metanom i opasnom ugljenom prašinom*, XII savjetovanje bosanskohercegovačkog komiteta CIGRE, Neum 2015.

**[15]** F. Velić, A. Muharemović: *Električna struja i napon prouzrokovani proticanjem zraka kroz ventilazione cijevi u podzemnim rudnicima*, časopis bosanskohercegovačka elektrotehnika, novembar 2015.

**[16]** Ke Wang, Jinshan Wang, Xiaodong Wang: *Four Order Electrostatic Discharge Circuit Model and its Simulation,* Telkomnika, Vol.10, No.8, December 2012.

**[17]** *Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu od statičkog elektriciteta* (“Sl. SFRJ”, broj 62/73);

**[18]** S. Erić, R. *Jozić: Određivanje električne otpornosti sloja prašine prema IEC 61241-2-2 (EN 61241-2-2)*, Ex-tribina Fruška gora 2013, Zbornik radova.

**[19]** A. Jerković, R. Jozić: *Primjena IEC/TS 60079-32-1/Ed 1:2013 za zaštitu od statičkog elektriciteta u rudnicima uglja u BiH*, Ex-tribina Brčko 2014, Zbornik radova;

**[20]** Standard: *IEC/TS 60079-32-1 Ed1: Eksplozivne atmosphere – Dio 32-1: Elektrostatske opasnosti, preporuke;*

**[21]** Standard: BAS EN 1127-2: *Eksplozivne atmosphere – sprečavanje eksplozije I zaštite, Osnovna načela i metodologija za rudarstvo*;

**[22]** V. Ebadat: *Dust Explosion Hazard Assessment,* Metropolitan New York AIHA Local Section, 2009;

**[23]** Technical raport*: Electrical apparatus for use in the presence of combusitble dust, IEC 1241-2-2*, 1993;

**[24]** Technical raport: *Electrostatics -Code of practice for the avoidance of hazards due to static electricity*, CLC/TR 50404:2003;

**[25]** R.E. Nabours: *Static discharge hazard in explosive atmospheres*, I[ndustrial and Commercial Power Systems, 2003. 2003 IEEE Technical Conference](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=8552) ;

**[26]** Z. Grabarczyk: *Accuracy of the measurement of electric charge transferredduring ESD with capacitive loaded discharge electrode*, Central Institute for Labour Protection-National Research Institute, Warszawa, Poland, 2011.;

**[27]** U. Von Pidoll: *Electrostatic ignition hazards in motor cars – occurrence, detection and avoidance,* Informal No. 2 prepared by Germany, 2003.;

**[28]** Tehnički izvještaj*: Elektrostatika - Kodeks prakse za sprečavanje opasnosti od statičkog elektriciteta CLC/TR 50404:2003* (prevod);

**[29]** P. K. Katsivelis, G. P. Fotis, I. F. Gonos, T. G. Koussiouris,I. A. Stathopulos: *Electrostatic Discharge Current Linear Approach and Circuit Design Method*, National Technical University of Athens, 2010.;

**[30]** G. Hearn: *Static Electricity Guidance for Plant Engineers*, Wolfson Electrostatics Limited, 2002.;

**[31]** Prospekt: *Rudarske ventilacione cijevi*, Teseco, 2012.;

**[32]** U. Nilsson, I. Karlsson, K. Nessvi: *Electrostatic Discharges from Non-Conductive Materials*, Chemical engineering transactionc, 2013.;

**[33]** M. Glor, P. Thurnherr: *Ignition hazards caused by electrostatic charges in industrial prosesses*, Thuba Ltd., 2010.;

**[34]** J.M. Edwards: *Modeling and feedback control of a MEMS modeling electrostatic actuator*, Cleveland State University, 2004.;

**[35]** *Static Electricity Considerations*, Technical Notes from the Technical Committiee, NIBA – The Belting Association, 2009;

**[36]** International standard IEC 61000-4-3: Electromagnetic compatibility (EMC) –Part 4-3: *Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*;

**[37]** F. Velić: Održavanje sistema za kontrolu parametara jamskog zraka u metanskim jamama tipa digiTRANS 2100, Međunarodna konferencija „Održavanje“, Zenica 2012.;

**[38]** Nels E. Jewell-Larsen, Sergey V. Karpov, Igor A. Krichtafovitch, Vivi Jayanty, Chih-Peng Hsu, Alexander V. Mamishev: *Modeling of corona-induced electrohydrodynamic flow with COMSOL multiphysics*, University of Washington, Department of Electrical Engineering, Seattle, ESA Annual Meeting on Electrostatics, Paper E1, 2008.;

**[39]** D.F. Angelico: *Electricity in confined space entry ventilation, Occupational Hazards*, 2004.;

**[40]** Studija: *Static Electricity and Charge Accumulation*, Missouri University of Science and Technology.

­­­­­­­­­

 mr. sc. Fehim Velić, dipl.ing.el.

 -----------------------------------------