

Nikola Veić
HEP Nastavno obrazovni centar Velika
nikola.veic@hep.hr

Željko Maravić
HEP Nastavno obrazovni centar Velika
zeljko.maravic@hep.hr

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

Hrvoje Glavaš
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih
tehnologija Osijek
hrvoje.glavas@ferit.hr

ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA IZOLACIJSKIH MOTKI

SAŽETAK

Za svakodnevne aktivnosti na električnim postrojenjima nužni su razni tipovi izolacijskih motki. Članak ukazuje na važnost edukacije korištenja, održavanja, transporta, skladištenja i periodičkih ispitivanja izolacijskih motki. Izolacijske motke ispituju se prema utvrđenim pravilima i protokolima normi HRN EN 60832-1:2011, HRN EN 60855-1:2017, HRN EN 61235:2008. Rad opisuje postupak ispitivanja te pruža uvid u rezultate ispitivanja obavljenih u laboratoriju HEP NOC-a kroz proteklih 10 godina kontinuiranog rada. Postupak ispitivanja, ispitni rezultati te najčešća oštećenja prikazani su u radu grafičkim ilustracijama i numeričkim pokazateljima. Analizom ispitnih rezultata utvrđen je postotak neispravnih izolacijskih motki na godišnjoj razini u intervalu od 4% do 28% s prosječnom vrijednošću neispravnosti od 12%. Iz rezultata ispitivanja uočavaju se specifičnosti koje osim načina korištenja mogu ukazati i na sistemske pogreške u proizvodnji. Cilj istraživanja je povećanje svijesti radnika o važnosti periodičkih ispitivanja te edukacija s ciljem prevenciji pogrešne uporabe kako bi se izbjeglo oštećenje koje može dovesti do potencijalno opasnih situacija prilikom njihovog korištenja.

Ključne riječi: izolacijske motke, ispitivanje, rad pod naponom

ANALYSIS OF THE RESULTS OF TESTING INSULATION STICK

SUMMARY

Daily work in electrical installations requires various types of insulating sticks. The article points out the importance of training in using, maintaining, transporting, storing, and periodic inspection of insulating sticks. Insulating sticks are tested according to the established rules and protocols of HRN EN 60832-1:2011, HRN EN 60855-1:2017, HRN EN 61235:2008. The paper describes the test procedure in detail and gives an insight into the results of the tests carried out in the laboratory HEP NOC during the past 10 years of continuous work. The test procedure, test results, and the most common damages are presented in the paper with graphical figures and numerical indicators. When analyzing the test results, the percentage of defective insulating bars was determined annually in intervals from 4% to 28% with an average value of 12%. From the test results, it is possible to identify peculiarities that, in addition to the type of use, may indicate systemic defects in production. The objective of the research presented is to raise awareness among operators of the importance of regular testing and to educate them on how to avoid misuse in order to prevent damage that can lead to potentially dangerous situations when using the equipment.

Keywords: insulation stick, testing, live work

1. UVOD

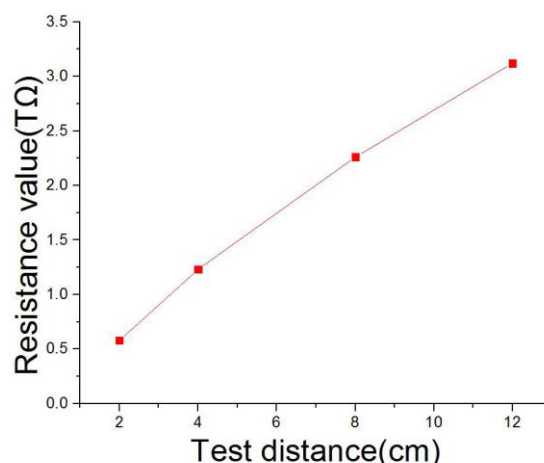
1.1. Izolacijske motke

Jedan od važnijih alata u radu na elektroenergetskim postrojenjima svakako su izolacijske motke kojih u Republici Hrvatskoj imamo različitih vrsta, dimenzija, svojstava i predviđenih namjena za radne manipulacije na postrojenjima pod naponom, Slika 1.



Slika 1. Izolacijska motka Pfisterer, [1]

Otpor izolacije je izrazito bitan i kreće su u vrijednostima veličine $T\Omega$. Iz literature [2] može se vidjeti na ispitnom primjeru vrijednost izmjenjenog otpora izolacije površine na različitim udaljenostima izolacijske radne šipke, mjereći vrijednost na udaljenosti od 2 cm, 4 cm, 8 cm i 12 cm.



Slika 2. Ispitna varijacija vrijednosti površinskog izolacijskog otpora na različitim udaljenosti uzorka, [2]

Kako se ove motke često koriste u kombinaciji s izolacijskim pločama, koje se u HEP ODS-u koriste u širokom spektru, ponekad se događa da se motke mehanički preoptereće zbog prevelike težine izolacijskih ploča, ako nisu dimenzionirane i odabrane u kombinaciji s izolacijskim motkama.

1.2. Opis i uporaba

Izolacijske motke prikazane na Slici 1. predviđene su za rad pod naponom do nazivne vrijednosti 30 kV. Izrađene su od izolacijskih materijala kombiniranih s vlaknima stakloplastike kako bi se pojačala njihova mehanička čvrstoća. Sastoje se od nekoliko glavnih dijelova kao što su izolacijski čep, ručka, izolacijski disk kao dodatna zaštita za ruke te graničnik i od operacijske glave na vrhu motke, gdje je moguće postavljati prihvate za različite alate. Ovakve vrste izolacijskih motki prikladne su i za unutarnju i vanjsku uporabu, ali svakako treba voditi računa da se koriste u povoljnim vremenskim prilikama te da se ne koriste u kišnim uvjetima i po snijegu. Oznaka crvenog prstena upozorava korisnika na dozvoljenu dubinu prodiranja te se mora poštivati sukladno preporuci za zaštitu osobe koja radi na elektroenergetskom postrojenju.

2. POSTUPAK ISPITIVANJA

Postupak ispitivanja možemo suštinski podijeliti u dva dijela. Prvi dio postupka obuhvaća vizualnu analizu izolacijske motke s ciljem uočavanja vidljivih oštećenja. Izolacijske motke koje prođu vizualnu inspekciju podvrgavaju se ispitivanju pod naponom. Laboratorijska ispitivanja koja se provode sukladno normama HRN EN 60832-1:2011, HRN EN 60855-1:2017, HRN EN 61235:2008 pokazuju koji su to najčešći kvarovi zbog kojih izolacijska motka više ne može obavljati svoju funkciju te se mora povući iz daljnjih radova i manipulacija.

2.1. Vizualni i funkcionalni pregled

Vizualni pregled predstavlja prvi i možda najvažniji korak s ciljem optimiranja ukupnog vremena potrebnog za provedbu ispitivanja. Znakovi degradacije uslijed starenja mogu se jasno vidjeti na Slici 3. gdje pod oznakom a) možemo vidjeti izgled nove motke, pod b) longitudinalno trošenje i pod c) transverzalno trošenje.[3].



Slika 3. Vidljivi znaci trošenja, [3]

Najčešće se već pri vizualnom pregledu izolacijske motke uočavaju mehanička oštećenja kao što su nagnječenja ručke, puknuća na raznim dijelovima, nedostaju pojedini dijelovi koji su ispali prilikom transporta, a to su uglavnom zaštitni čepovi na dnu motke, ali i pojedini funkcionalni nedostaci kao što su prihvatni za alate na vrhu izolacijske motke.



Slika 4. Konstrukcijski oštećena izolacijska motka

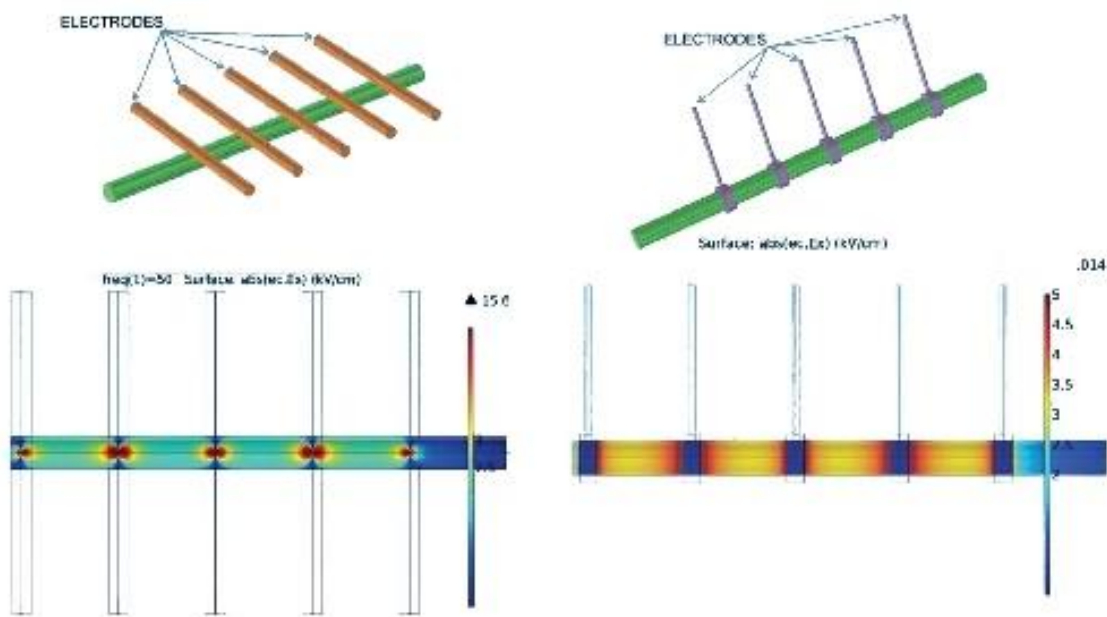
Vrlo mali postotak motki ne prolazi dielektrično ispitivanje, jer je najčešći uzrok neispravnosti motke loša izolacija nastala dugotrajnim korištenjem izloženosti ogrebotinama u koje ulazi vlaga, razna onečišćenja ili uslijed mehaničkih puknuća izolacije koja dozvoljava ulazak vlage unutar izolacijske motke, što naknadno dovodi do njenog proboja prilikom ispitivanja u laboratoriju.



Slika 5. Mehanički oštećena izolacijska motka

2.2. Električno ispitivanje

Električno ispitivanje služi kako bi se simulirale ekstremne situacije u kojima bi se izolacijska motka mogla naći prilikom uporabe. Različite su mogućnosti testiranja u laboratorijskim uvjetima, [4]. Na Slici 6. može se vidjeti dva načina spajanja testnih elektroda i vizualizacija električnog polja.



Slika 6. Vizualizacija tangencijalne komponente električnog polja za različiti postav elektroda, [4]

U laboratoriju HEP NOC Velika testni postav prikazan na Slici 7. primjenjuje fizikalnu pojavu sa Slike 6. Pri tome se koriste objmice oko motke koje se zatežu pomoću utega, na takav način da ravnomjerno raspoređuju kontaktnu silu, a ne dovode do abrazije površine motke, kako je prikazano na Slici 8.



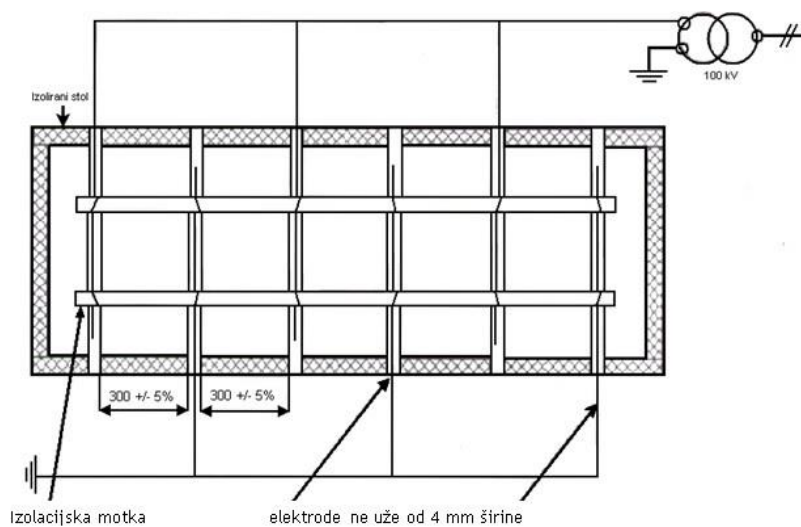
Slika 7. Ispitni stol



Slika 8. Priprema izolacijske motke za ispitivanje

Postupak električnog ispitivanja provodi se u šest koraka:

1. Priprema motke za ispitivanje ista je kao i priprema za njenu uporabu
2. Postavljanje elektroda na razmak od 300 mm
3. Provjera postava svake sekcije na izolacijskoj motki
4. Naizmjenično spajanje potencijala faze i potencijala zemlje na same elektrode
5. Podizanje napona od 0 V rms do 100 kV rms u intervalima 1 kV rms /s, 50 Hz
6. Vremensko trajanje pod naponom 60 s



Slika 9. Shematski prikaz ispitnog stola s motkama

Način upravljanja izvorom ispitnog napona i mjerna oprema prikazani su na Slici 10.



Slika 10. Podešavanje ispitnog napona i pripadna mjerna oprema

2.4. Uvjeti ispravnosti

Uvjeti ispravnosti izolacijske motke na provedenom električnom ispitivanju:

- Da nema preskoka, pojave bljeska (iskre) ili proboja
- Da nema vizualnih tragova „puzne struje“ ili erozija na površini
- Da nema osjetnog povećanja temperature sekcija ispitnog uzorka

2.4. Mjerna nesigurnost za ispitnu metodu

Jedan od sastavnih dijelova rezultata ispitivanja svakako je i mjerna nesigurnost koja se može izračunati na osnovi iskustvenih vrijednosti i eksperimentalnih mjerenja uz različite promjene pojedinih parametara. Kako se ispitnom metodom ne iskazuje numerička vrijednost već izraz ZADOVOLJIO JE /NIJE ZADOVOLJIO govori se o vjerojatnosti ispravnosti rezultata.

Prilikom prvog dijela ispitivanja gdje se vizualno i funkcionalno provjeri uzorak, ova mjerna nesigurnost se ne može numerički iskazati jer se radi subjektivnoj procjeni ispitivača i opisnog je karaktera. Kod drugog dijela, odnosno dielektričnog ispitivanja, bilježi se trenutna vlaga, temperatura u blizini ispitnog stola te se mjeri i vrijeme trajanja napona na ispitnom uzorku. Nakon obavljenog dielektričnog ispitivanja ponovno se vrši vizualna provjera ispitnog uzorka. Za sada nije moguće razviti matematički model za procjenu mjerne nesigurnosti rezultata ispitivanja pa je ispitni laboratorij izradio specifični popis parametara uz koje se mogu očekivati neki od značajnih utjecaja na nesigurnost i uzeo je u obzir njihov utjecaj na ukupnu nesigurnost. Postotak pouzdanosti ispitne metode iz dostupnih podataka i parametara mjerenja iznosi visokih 97,90%, [5].

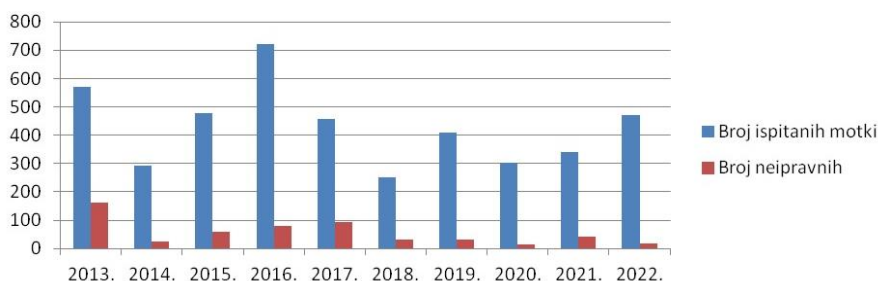
3. ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA IZOLACIJSKIH MOTKI U PERIODU 10 GODINA

Analizom dobiveni mjerni rezultati prikazani su u Tablici 1. i odnose se na vremensko razdoblje od 2013. godine do zaključno sa 2022. godinom, [6]. Ispitan je 4.291 uzorak dok je od toga broja 558 ispitanih uzoraka prepoznato kao neispravni te su označeni s NIJE ZADOVOLJIO.

Tablica 1. Prikaz mjernih rezultata

Godina	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.
Broj ukupno ispitanih izolacijskih motki	569	293	479	721	458	250	408	302	340	471
Zadovoljile	407	268	419	641	366	219	376	287	297	453
Nisu zadovoljile	162	25	60	80	92	31	32	15	43	18
Udio neispravnih (%)	28,47	8,53	12,53	11,10	20,09	12,40	7,84	4,97	12,65	3,82

Iz prikazane tablice vidljive su neke specifičnosti gdje se na prvom mjestu očituje veliki broj uzoraka koji nisu zadovoljili propisane standarde tijekom prvog petogodišnjeg razdoblja, a pojavljuju se zbog toga što su mjerenja tada započela i postojala je velika koncentracija nezadovoljavajućih uzoraka koji su se u HEP ODS-u nakupljali u dužem vremenskom periodu. Također, ističu se rezultati za 2017. godinu. Gledajući ostalo vremensko razdoblje može se zaključiti da je ukupan udio neispravnih izolacijskih motki 9,23%, tj. da se može očekivati da približno svaka deseta izolacijska motka na terenu može biti neispravna. Kako bismo bolje približili rezultate ispitivanja na Slici 9. rezultati su prikazani i grafički.



Slika 9. Rezultati ispitivanja izolacijski motki u HEP NOC-u

4. ZAKLJUČAK

Izolacijske motke su jedan od osnovnih alata za rad pod naponom. Za njihovu sigurnu uporabu neophodna je edukacija, briga o korištenju, održavanju, transportu i skladištenju, ali i svijest o važnosti periodičkih ispitivanja. Laboratorijska ispitivanja opisana u radu provode se sukladno normama HRN EN 60832-1:2011, HRN EN 60855-1:2017 i HRN EN 61235:2008. Desetljeće ispitivanja provedena u HEP NOC-u Velika jasno ukazuju na statističku informaciju da je svaka deseta izolacijska motka predana na ispitivanje neispravna. Postotak neispravnih izolacijskih motki na godišnjoj razini kretao se u intervalu od 3,82% do 28,47%. Prosječan udio neispravnih motki ispitivanog uzorka iznosi 12,24 %. Ove statističke podatke treba shvatiti ozbiljno, jer kada su započela mjerenja skoro je svaka treća (3) motka bila neispravna, a nedavne informacije upućuju da je svaka dvadeset šesta (26) motka neispravna. Smanjenje broja neispravnih motki po pogonima HEP ODS-a ukazuje da te motke nisu nestale, nego se zbog periodičnog ispitivanja pravodobno detektiraju. Rezultati svih provedenih ispitivanja ukazuju na najčešće kvarove zbog kojih izolacijska motka više ne može obavljati svoju funkciju te se mora povući iz daljnjih radova i manipulacija.

5. LITERATURA

- [1] Izolacijska motka Pfisterer, Pfisterer Datasheet 363 810 812, 2023.
- [2] T. Wu and C. Chen, "Effect of the Surface State of the Insulating Stick on the Discharge Voltage Along The Surface," 2018 China International Conference on Electricity Distribution (CICED), Tianjin, China, 2018, pp. 1004-1009, doi: 10.1109/CICED.2018.8592313.
- [3] A. M. M. B. Gomes, T. V. Ferreira, J. F. Araújo, L. A. Barbosa, M. D. Lucena and E. G. Costa, "Viability of using monofilament polyamide lines in AC live work," 2015 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), Seattle, WA, USA, 2015, pp. 181-184, doi: 10.1109/ICACACT.2014.7223499.
- [4] R. Cselkó, B. Németh, G. Göcsei, D. Mucsi and I. Kiss, "Critical review of the dielectric testing of some live line tools," 2015 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), Seattle, WA, USA, 2015, pp. 176-180, doi: 10.1109/ICACACT.2014.7223497.
- [5] Jogun, Maravić, Rajević "Procedura P7-14", HEP NOC, Velika, 2022..
- [6] Jogun, Maravić, "Rezultati ispitivanja", HEP NOC, Velika, 2013.-2022..
- [7] HRN EN 60832-2:2011, Izolacijske motke i pričvrstive naprave za rad pod naponom -- 2. dio: Pričvrstive naprave (IEC 60832-2:2010; EN 60832-2:2010)
- [8] HRN EN 60855:2008, Izolacijske cijevi punjene pjenom i štapovi punog presjeka za rad pod naponom (IEC 60855:1985, MOD; EN 60855:1996)
- [9] HRN EN 61235:2008, Rad pod naponom -- Izolacijske cijevi bez ispune za električne svrhe (IEC 61235:1993, MOD; EN 61235:1995)