

OBRAZOVNI MATERIJAL ZA STRUČNO USAVRŠAVANJE NASTAVNIKA STRU KOVNIH PREDMETA

**Modul: *Usavršavanje u području struke: praktičan rad na HV –
brodskom simulatoru visokog napona***

Autor: *Srećko Mimica, HV – Instruktor-supervisor*

Opis modula

OSNOVNI PODATCI		
Naziv modula	<i>Usavršavanje u području struke: praktičan rad na HV – brodskom simulatoru visokog napona</i>	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	Kreditni bodovi	1
	Broj sati vođene edukacije (uživo)	30
	Broj sati osobnih aktivnosti polaznika	8
CILJ MODULA		
Cilj modula je ojačati strukovne kompetencije nastavnika kroz praktičan rad kod poslodavca.		
OPIS MODULA		
<p>Modul je generički i namijenjen za predstavljanje novih dostignuća i promjena u struci u područjima i aspektima praktičnog rada na HV – brodskom simulatoru visokog napona nastavnicima koji bi ih trebali implementirati u vlastitoj praksi i nastavi. Nastavnici će se usavršavati u struci kroz rad kod poslodavca.</p> <p>Preporučeni sadržaj/struktura modula:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nova znanja, tehnologije i dobre prakse u struci: proizvodnja i distribucija visokog napona na brodovima, električni pogonski sustav, sinkrokonvertori i ciklo konvertori, funkcionalni, operativni i sigurnosni zahtjevi za visokonaponski sustav, prednosti visokonaponskih sustava • Primjeri svladavanja izazova u strukovnoj/stručnoj praksi (rješavanje problema) uz pomoć novih znanja, tehnologije i dobre prakse u struci: korektivne mjere vezane uz kvarove visoko naposkog sustava, uključivanje izoliranih komponenti visokonaponskih sustava • Implementacija novih znanja, tehnologija i dobre prakse u vlastitu strukovnu/stručnu i nastavnu praksu: izbor prikladne aparature za izolaciju i ispitivanje visokog napona, postupci uključivanja i izolacije visokonaponskih sustava, karakteristike otpora izolacije i polarizacijski indeks visokonaponske opreme • Korištenje osobnih zaštitnih sredstava i sigurnost pri radu s visokonaponskim instalacijama 		
ISHODI UČENJA ZA MODUL		
<p>Nakon uspješno završenog modula polaznik će moći:</p> <ul style="list-style-type: none"> • praktimirati nova znanja i vještine sudjelovanjem u aktivnostima u radnom okruženju • primijeniti složene radnje, koristiti nove suvremene pristupe i metode, nove instrumente i alate u nastavnom procesu u sklopu obrazovnog sektora kojem nastavnik pripada • pratiti razvoj tehnologije i drugih promjena u području struke 		
NAČIN VREDNOVANJA		
Elementi praćenja i	Opterećenje u kreditnim bodovima	

provjeravanja	
Vođena edukacija	1
Samostalne aktivnosti polaznika	0
Završno vrednovanje	0
Ukupno	1
KADROVSKI UVJETI	
Modul trebaju realizirati stručnjaci iz pojedinih obrazovnih sektora zaposleni na visokoškolskim institucijama (npr. za prijenos novih znanja, tehnologija), u realnom sektoru (npr. za prijenos tehnologija i dobre prakse) ili pak srodnim strukovnim školama (npr. primjeri dobre prakse implementacije novih dostignuća).	

Napomena: opis modula sastavni je dio Koncepta novog modela stručnog usavršavanja nastavnika strukovnih predmeta kojega je Agencija razvila u okviru ESF-ovog projekta

***Napomena: Učilište će provesti evaluaciju stručnog skupa i izraditi pisano izvješće s evaluacijama o provedenoj edukaciji.**

Razrada obrazovnog materijala u okviru modula

Napomena: svaki obrazovni sadržaj iz prethodne tablice opisa modula potrebno je povezati s pripadajućim ishodom/ima učenja te za njega razraditi poseban opis obrazovnog sadržaja te predložiti načine vrednovanja/ ostvarivanja ishoda učenja.

Sadržaj modula: Cjelina 1: Nova znanja, tehnologije i dobre prakse u struci: proizvodnja i distribucija visokog napona na brodovima, električni pogonski sustav, sinkrokonvertori i ciklo konvertori, funkcionalni, operativni i sigurnosni zahtjevi za visokonaponski sustav, prednosti visokonaponskih sustava

Ishod/i učenja koji se ostvaruju kroz sadržaj:

1. Definirati pojam visokonaponskih instalacija
2. Istaknuti načine i razloge upotrebe visokonaponskih instalacija na brodovima
3. Navesti vrste i opremu visokonaponskih instalacija
4. Opisati posebne karakteristike i značajke visokonaponskih instalacija u odnosu na one ispod 1000 V
5. Definirati proizvodnju i distribuciju visokog napona na brodovima
6. Objasniti električni pogonski sustav
7. Navesti sinkro konvertore i ciklo konvertore
8. Objasniti funkcionalne, operativne i sigurnosne zahtjeve za visokonaponski sustav
9. Navesti prednosti visokonaponskog sustava

Opis obrazovnog sadržaja:

Primjenu visokog napona na plovnim objektima treba osmatrati kroz tehničko-ekonomske aspekte. Koji će se visoki napon primijeniti, ovisit će o tehničko-ekonomskim zakonitostima, zahtjevima naručioca, zemlji za koju se objekat gradi, usvojenim standardima i zahtjevima klasifikacionih društava. Problematiku vezanu uz konfiguraciju sistema. Zbog većih potrebnih razmaka između dijelova pod naponom, primjena visokog napona povlači za sobom i do 30% veći potreban prostor za smještaj -postrojenja. Električni dijelovi smješteni u ulju zahtijevaju manje razmake, međutim, uljni se uređaji (transformatori, prekidači i sl.) na plovnim objektima izbjegavaju zbog većih opasnosti od eksplozije, požara i poteškoća oko sprečavanja razlijevanja ulja. Umjesto uljne izvedbe upotrebljavaju se suhi transformatori, prirodno ili prisilno hlađeni, zračni, vakuumski i plinom punjeni prekidači i sklopnici. Visoki napon je na plovnim objektima primijenjen djelomično kao napon: generatora, velikih elektromotora, transformatora za napajanje niskonaponskih potrošača i ponekad transformatora tiristorskih usmjerivača. Konfiguracija električnih sistema visokog napona ovisi o vrsti i namjeni objekata i zahtjevanom stupnju pouzdanosti snabdijevanja električnom energijom. Različitosti će se najviše odraziti u izvedbi sabirnica glavne sklopne ploče, redundantnim napajanjima i primijenjenoj opremi za zaštitu i upravljanje. Glavna visokonaponska ploča je središnje mjesto sistema i od njezine sposobnosti da vrši svoju funkciju u raznim situacijama, pa čak i u kvarnim stanjima, ovisit će mogućnost funkcioniranja sistema. Da bi ploča imala veliku otpornost na unutrašnje kvarove od kojih su najznačajniji kratki spojevi, potrebno ju je dimenzionirati na termička i dinamička naprezanja u normalnim i kvarnim stanjima, ali i smanjiti mogućnost nastanka kratkog spoja smještajem opreme u odvojene zatvorene odjeljke, podjelom sabirničkog prostora u više dijelova, pa i upotrebom izoliranih

sabirnica. Na ovaj se način smanjuje mogućnost nastajanja, ali i širenja kratkog spoja. Da se ne bi ugrozio kontinuitet pogona na objektima gdje je to bitno, sabirnice se dijele u sekcije pomoću sabirničkih prekidača, ugrađuju se dvostruke sabirnice ili se sabirnice podijeljene u sekcije povežu u kružni tok. Ovakvo rješenje je najpovoljnije jer pruža potrebnu pouzdanost uz najmanje investicione i eksploatacijske troškove, pa se može reći da je optimalno. S obzirom na relativno mali broj visokonaponskih potrošača, njihovo se napajanje vrši direktno iz glavne visokonaponske ploče. Odvodi za napajanje elektromotora trebaju biti opremljeni prekidačima kod većih motora i malih učestalosti uključivanja, a zračnim ili češće vakuumskim sklopnicima kod manjih motora i veće intermitencije uključivanja. Kad su upotrijebljeni sklopnici, potrebno je predvidjeti rastalne osigurače za prekidanje struje kratkog spoja. Prema veličini i važnosti elektromotora, kao i potrebi statičke i dinamičke stabilnosti sistema, elektromotori mogu biti štice od vanjskih i unutarnjih kvarova većim brojem električnih zaštita.

Primjer broskog visoko-naponskog sustava električne propulzije. HV generatori tvore centralnu jedinicu snage za sve brodske potrošače električne energije. Na velikim putničkim brodovima s električnom propulzijom svaki generator može imati vrijednosti 10 MW ili više i proizvoditi 6.6 kV, 60 Hz 3-faznog a.c.napona. Glavni potrošači su dva sinkrona 3 kV a.c. propulzijska električna motora, svaki sazahtjevom od 12 MW i više u uvjetima punog opterećenja. Motori imaju po dvaodvojena 6 MW statorska namota i svakitaj polunamotse napaja s HV rasklopne ploče preko 6.6/3.0 kV propulzijskog transformatora i statičkog 6-pulsnog synchro pretvarača. 24-polnimotori daju brzinu okretaja osovine 0-145 o/min kontroliranu od pretvarača s izlaznim frekvencijskim rasponom 0-29 Hz.

Statički pretvarači frekvencije (FREQUENCY CONVERTER) su uređaji energetske elektronike koji na izlazu daju napon i frekvenciju druge vrijednosti od ulaznog napona i frekvencije a koje je u pravilu moguće i regulirati. Pretvarači frekvencije se dijele na direktne, koji nemaju značajnih vlastitih skladišta energije (kondenzatora ili induktiviteta) i izmjeničnu struju i napon dobiven iz mreže direktno pretvaraju u izmjeničnu struju i napon na izlazu i indirektni koji izmjeničnu električnu energiju dobivenu na ulazu najprije isprave pomoću ispravljača, zatim je pomoću vlastitih skladišta energije u istosmjernom međukrugu stabiliziraju (zbog toga se još nazivaju i pretvarači frekvencije s istosmjernim međukrugom), da bi je na kraju pomoću izmjenjivača ponovo pretvorili u izmjeničnu struju i napon, ali druge frekvencije i vrijednosti. Zavisno od toga da li u istosmjernom međukrugu velikom prigušnicom stabiliziraju struju ili velikim kondenzatorom napon zovu se indirektni pretvarači frekvencije s utisnutom strujom ili indirektni pretvarači frekvencije s utisnutim naponom

Prema Registru se svi naponi manji od 1000 V smatraju niskim naponom (Low Voltage) a sve iznad je visoki napon (High Voltage). Treba napomenuti da se na kopnenim sustavima naponi od 1kV do 35kV nazivaju srednjim naponom (Medium Voltage) dok su visoki naponi oni od 110kV, 220kV i 400kV. To može stvoriti zabunu pa su neki autori počeli koristiti termin srednji napon i kod brodskih sustava. Pored standardnog niskog napona od 440 V 60Hz na brodu se koriste i naponi od 600V 60Hz, ali i neki drugi nestandardni naponi. Od visokih napona koriste se 3,3kV, 6,6kV, 11kV i 15kV uz frekvenciju od 60Hz. Na brodovima, a posebice na objektima za eksploataciju podmorja mogu se ponekad susresti i standardni naponi s frekvencijom 50Hz. Posebno je

interesantan napon standardni od 660 V 50Hz koji omogućuje korištenje elektromotora građenih za spoj trokut kod 380V u spoju zvijezda.

Uvođenje visokog napona na brodove donekle komplicira elektroenergetski sustav, njegovo upravljanje i održavanje. Projektanti se na uvođenje visokog napona odlučuju samo u slučajevima vrlo velike potrošnje električne energije. Visokonaponski generatori su kod većih snaga jeftiniji, lakši i manjih dimenzija, a zbog manje struje za istu snagu ($S = \sqrt{3}UI$) imaju mnogo manje gubitke odnosno veći stupanj korisnosti. Isto vrijedi i za velike elektromotore kakvi se danas koriste na brodovima za bočne porivnike, kompresore klimatizacije na putničkim brodovima, električne pumpe tereta i sl. Također treba naglasiti da visoki napon donosi i mnogo tanje presjeke kabela što visokonaponsku kabelsku mrežu čini jednostavnijom za instalaciju, a na većim udaljenostima od centrale mnogo je lakše ostati u granicama dozvoljenog pada napona. Ponekad se i na brodu s niskonaponskim sustavom koristi transformator za podizanje napona na visoki napon za napajanje pramčanog propelera prvenstveno zbog velike udaljenosti ali i jeftinije izvedbe njegovog elektromotora i naravno kabela.

U novije se vrijeme uglavnom kao posljedica primjene sve strožih ekoloških propisa koji teže odvratanju od korištenja vlastite električne centrale tijekom boravka u lukama, na brodove ugrađuju visokonaponski priključci na kopno (HVSC – High Voltage Shore Connection). U tu se svrhu na brodovima s niskonaponskim električnim centralama ugrađuju posebni transformatori za transformaciju visokog napona dobivenog s kopna (6,6 ili 11 kV) na napon glavne brodske mreže (440V).

Povećavanjem potrošnje električne energije na brodove se ugrađuju sve snažnije električne centrale što ima za posljedicu i sve veće struje i naravno vrlo velike struje kratkog spoja. Sklopna tehnika ali i priključci na električnim uređajima u tom slučaju postaju limitirajući faktor. Vrlo je teško izvesti priključne kutije za niskonaponske generatore i motore od npr. nekoliko MW jer su struje jednostavno rečeno prevelike. Još je značajnije da prekidači koji trebaju isključiti takve izuzetno velike struje kratkog spoja postaju jednostavno preskupi i preglomazni, pa na taj način zahtijevaju i veće rasklopne ploče od visokonaponskih iako su sigurnosni razmaci kod visokog napona mnogo veći nego kod niskog napona. Treba naglasiti da je visokonaponski dio elektroenergetskog sustava uvijek vrlo jednostavan i s vrlo malim brojem trošila. Neusporedivo veći broj trošila i dalje se spaja na standardnu niskonaponsku brodsku mrežu 440V/60Hz napajanu preko visokonaponskih transformatora. Može se na kraju rezimirati da je razlog za uvođenje visokog napona prije svega vrlo velika potrošnja električne energije, najčešće kod električne propulzije ali i u nekim drugim slučajevima. Iz nje proizlaze sljedeći problemi koje visoki napon uspješno rješava:

- Prevelika struja kratkog spoja kod niskog napona (struja kratkog spoja se smanjuje obrnuto proporcionalno naponu, a veća struja kratkog spoja zahtijeva korištenje skupljih prekidača);
- Smanjenje mase i volumena električne opreme;
- Jednostavnije provlačenje i priključivanje kabela (tanji kabeli i manje priključne kutije);
- Povećanje stupnja korisnosti (gubici u bakru smanjuju se obrnuto proporcionalno kvadratu napona).

Predloženi načini vrednovanja/ ostvarivanja ishoda učenja:

1. Definirati pojam visokonaponskih instalacija
2. Istaknuti načine i razloge upotrebe visokonaponskih instalacija na brodovima
3. Navesti vrste i opremu visokonaponskih instalacija
4. Opisati posebne karakteristike i značajke visokonaponskih instalacija u odnosu na one ispod 1000 V
5. Definirati proizvodnju i distribuciju visokog napona na brodovima
6. Objasniti električni pogonski sustav
7. Navesti sinkro konvertore i ciklo konvertore
8. Objasniti funkcionalne, operativne i sigurnosne zahtjeve za visokonaponski sustav
9. Navesti prednosti visokonaponskog sustava

Razrada obrazovnog materijala u okviru modula

Napomena: svaki obrazovni sadržaj iz prethodne tablice opisa modula potrebno je povezati s pripadajućim ishodom/ima učenja te za njega razraditi poseban opis obrazovnog sadržaja te predložiti načine vrednovanja/ ostvarivanja ishoda učenja.

Sadržaj modula: Cjelina 2: Primjeri svladavanja izazova u strukovnoj/stručnoj praksi (rješavanje problema) uz pomoć novih znanja, tehnologije i dobre prakse u struci: korektivne mjere vezane uz kvarove visoko naposkog sustava, uključivanje izoliranih komponenti visokonaponskih sustava

Ishod/i učenja koji se ostvaruju kroz sadržaj:

1. Navesti uzemljenje visokonaponskih sustava pomoću otpornika nastave
2. Opisati kvarove uzemljenja u visokonaponskim sustavima nastave
3. Istaknuti sigurnosne mjere koje je potrebno strogo primjenjivati, kako bi se spriječile nezgode u radu sa visokonaponskom električnom opremom
4. Prikazati posebne mjere opreza kod upotrebe visokonaponskih instalacija
5. Izvesti postupak rješavanja problema te dijagnostike kvarova

Opis obrazovnog sadržaja:

Brodaska kabela mreža služi međusobnom povezivanju izvora električne energije, rasklopnih ploča i trošila u svrhu prijenosa električne energije, mjerenja, signalizacije i obrade signala. Brodske električne kablove možemo sa stanovišta namjene podijeliti na energetske I signalne. Brodski kabeli moraju imati atest Registra što između ostaloga podrazumijeva da su otporni na vlak, tlak, udarce, habanje, ulje, boju, benzin, goriva, toplinu, hladnoću, sol i vlagu. Također, brodski kabeli moraju biti nezapaljivi i ne smiju podržavati gorenje. Treba međutim naglasiti da kada se nađu u vatri, svi kabeli stvaraju zagušujuće i gotovo uvijek izuzetno otrovne plinove pa je tijekom gašenja obvezatna upotreba plinske maske. Kablovi se dimenzioniraju prema nazivnoj struji i padu napona koji kod krajnjeg trošila ne smije biti veći od 5%. To znači da kabel mora biti dovoljnog presjeka da se ne pregrijava kod nazivnog opterećenja, ali i da, što je slučaj kod udaljenijih trošila, pad napona u kabelu ne bude prevelik. Energetski kablovi koji se ugrađuju na brodove obično imaju zaštitni oklop u obliku opleta od tanke čelične ili bakrene žice. Metalni oplet povećava mehaničku čvrstoću kabela tako što ga štiti od udaraca, habanja i naprezanja. Kod energetskih kabela oplet sprječava emisiju elektromagnetskog zračenja, a kod signalnih, upravljačkih i komunikacijskih kabela

induciranje napona (pojavu smetnji) zbog elektromagnetskog zračenja drugih kabela, uređaja ili atmosferskih pražnjenja. Kabeli se obično polažu u kabelske trase izrađene od perforiranog lima (da se ne zadržava voda, smanji težina i omogući jednostavno učvršćivanje kabela). Pri polaganju kabela treba paziti: da kabeli budu što kraći (pad napona, težina, cijena, polaganje), da su dovoljno savitljivi za jednostavno provlačenje, da ne dođe do mehaničkog oštećenja, izbjegavati izvore topline (separatori, kotlovi, grijani tankovi...), izbjegavati vlažne prostore, treba ih dobro učvrstiti (zbog vibracija, habanja i velikih sila kod kratkog spoja) i osigurati kvalitetno brtvljenje na prolascima kroz pregrade i palube. Signalni kabeli se nikada ne polažu uz energetske, a trase im se moraju sjeći pod pravim kutom kako ne bi došlo do pojave smetnji. Kabeli se štite od kratkog spoja i preopterećenja prekidačem ili osiguračima koji moraju biti ispravno dimenzionirani.

Na visokonaponskim sustavima se ugrađuju sve zaštite koje se ugrađuju i na niskonaponskim sustavima. Ipak postoje neke specifičnosti. Na visokonaponskim generatorima je zaštita od spoja među fazama na generatorskoj strani prekidača (generator, kabeli, generatorsko polje u GRP) obvezatna. To je diferencijalna zaštita koja mora isključiti generatorski prekidač i odmah razbuditi generator (isključiti uzбудu). Kod uzemljenog sustava isti se zahtjev odnosi i na zemni spoj. Svaki zemni spoj se mora dojaviti svjetlosnom i zvučnom signalizacijom. U slučaju sustava s velikom strujom zemnog spoja (direktno uzemljeni ili uzemljeni preko male impedancije) dio sustava u zemnom spoju se mora odmah isključiti. Svi generatori ali i motori moraju imati ugrađenu termičku zaštitu s prenaponskom zaštitom strujnog kruga. Sve električne zaštite na visokonaponskim sustavima su sekundarnog tipa, što znači da su zaštitni releji galvanski odvojeni od visokog napona najčešće primjenom strujnih i naponskih mjernih transformatora. Smještaj zaštitnih releja u neposrednoj blizini mjernog mjesta i sklopnog uređaja smanjuje mogućnost grešaka pa je stoga povoljniji od smještaja u odvojene, zasebne prostore koji međutim ima prednost u boljem pristupu za potrebe analize događaja, te kontrole i podešavanja zaštita. Za pouzdanost funkcioniranja zaštita posebnu ulogu ima pomoćno napajanje zaštitnih releja i isklopa sklopnih aparata, pa mora biti izvedeno iz besprekidnih izvora napajanja. Pouzdanost zaštita se povećava uvođenjem redundantnog napajanja, redundantnih isklopnih svitaka i neprekidne kontrole neprekinutosti strujnih krugova za isklup.

POSEBNI PROPISI ZA VISOKONAPONSKE SUSTAVE

Vrata prostorije s visokonaponskim uređajima koji nisu u ormaru odnosno vrata ormara moraju biti blokirana dok je uređaj pod naponom ili nije uzemljen. Visokonaponski uređaji (napon viši od 1kV) se ne smiju ugraditi u isto kućište s niskonaponskim uređajima, osim ako se posebnim mjerama ne osigura siguran pristup niskonaponskom dijelu. Kabeli različitih napona (VN i NN) ne smiju se polagati u istu kabelsku trasu. U nastambama se kabeli provlače kroz zatvorene prolaze. Visokonaponski kabeli moraju biti jasno označeni. Kabelski završetci moraju biti propisno zabrtvljeni u smislu zaštite od prodora vode. Treba voditi računa o propisanim zračnim razmacima između faza i prema masi (3,3kV 55mm, 6,6kV 90mm, 11kV 120mm). Niskonaponski brodski elektroenergetski sustav se u normalnim uvjetima napaja iz visokonaponske mreže preko visokonaponskih transformatora npr: 6,6kV/440V. U tom slučaju niskonaponski sustav mora biti zaštićen od prenapona koji bi se mogao dogoditi prilikom direktnog ili indirektnog kontakta primarnog (VN) i sekundarnog (NN) namota. To se može postići:

Direktnim uzemljenjem zvjezdišta sekundara (NN), uzemljenim zaštitnim plaštem između primara i sekundara ili odgovarajućom prenaponskom zaštitom.

TEHNIČKE I OSOBNE MJERE ZAŠTITE, ZAŠTITA OD UDARA ELEKTRIČNE STRUJE

Prve zaštitne mjere su se provodile spriječavanjem dodira dijelova pod naponom. Danas se takva zaštita naziva osnovna zaštita (zaštita od direktnog dodira). Ona se ostvaruje izoliranjem. Zbog starenja izolacije te zbog utjecaja okoline u kojoj se nalazi izolacija može nastati kvar usljed kojeg se pojavljuje napon na vodljivim izloženim kućištima električnih aparata. Taj napon se naziva indirektni napon dodira i on može biti opasan pa je potrebno odim osnovne izvršiti i još jednu zaštitu.

To je tzv. drugi zaštitni nivo koji ostvarujemo automatskim isključenjem napajanja i dodatnom izolacijom. Dodatna izolacija se stavlja na metalno kućište.

Za još bolju zaštitu koristi se i treći zaštitni nivo, a to je smanjenje napona ili korištenje FI ili RCD (residual current device) sklopke koja u slučaju otjecanja struje van strujnog kruga u iznosu većem od 30mA prekida napajanje. Danas se moraju koristiti sva tri zaštitna nivoa. Električna struja prolazeći kroz ljudsko tijelo djeluje toplinski (zagrijava tijelo), mehanički (grčenje mišića, pucanje žila i kostiju...), kemijski (rastvaranje krvne plazme), biološki (paraliza disanja, grčenje krvotoka, nepovoljno utjecanje na živčani sustav,...)

Na temelju ratnih ispitivanja te analize ozlijeda dobiveni su podaci o fiziološkom djeovanju struje na čovjeka:

- ✓ 12-15mA – ruke se teško odvajaju od elektroda, bol u prstima (može se trpiti 5-10 sekundi)
- ✓ 20-25mA – paraliza ruku
- ✓ 50-80mA – paraliza disanja
- ✓ 80-100mA – paraliza disanja i paraliza srca
- ✓ >3000mA paraliza i toplinsko razaranje tkiva

Prema IEC preporučenim propisima čovjek ne smije biti izložen struji većoj od 30mA.

IP (Ingress protection) zaštita je oznaka za zaštitu od prodora stranih tijela i vode. Taj se zaštite najčešće ostvaruju mehaničkim pokrovima. Uz oznaku IP dodaju se 2 broja i eventualno 2 slova.

Ip 68 zaštita od prodora prašine i od dodira, zaštita od trajnog potapanja u vodu.

Dodatna slova:

- C- crijevni priključak za rashladni zrak
- V – zaštita od vremenskih uvjeta
- M – ispitivanje zaštite od vode u mirovanju
- S – ispitivanje od zaštite od vode u pogonu

Kod rada u blizini VN postrojenja ili u postrojenjima gdje teku vrlo velike struje, postoji opasnost od induciranih napona koji mogu nastati uslijed elektrostatičkih ili elektromagnetskih utjecaja. Inducirani naponi se mogu javiti na dizalicama, metalnim spremnicima, strojevima. Ista opasnost se javlja i kod postavljanja metalnih užeta i žica u blizini električnog postrojenja. Zaštita od induciranih napona vrši se uzemljenjem vodiča i metalnih kućišta radnih mehanizama na mjestu rada. Na kondenzatoru se javlja zaostali napon (i do 10%) i nakon njegovog pražnjenja pa može biti vrlo opasan za

čovjeka. Slična opasnost se javlja kod kabela u transformatoru. Preporučena energija koja nakon izbijanja nebi bila opasna za čovjeka je 350mJ. Ova opasnost se uklanja zemljenjem aktivnih vodiča tako da se naboji odvedu u zemlju. Također čovjek treba paziti da se ne približava postrojenju i vodičima pod naponom jer na kritičnoj udaljenosti može doći do električnog proboja zraka pa struja može poteći kroz zrak te preko čovjeka u zemlju. Zaštita se ostvaruje sprječavanjem ulaska u zonu opasnosti. Sustavi zaštite pojedinih strojeva i uređaja moraju biti odvojeni tj. greška u jednom sustavu ne smije utjecati na rad drugog sustava. Mora postojati način za utvrđivanje uzroka kvara. Ako zaštita proradi i zaustavi stroj, ne smije se dozvoliti automatski uklop prestankom kvara jer iznenadna prorada radnog stroja može ozlijediti čovjeka koji je u blizini, a ne očekuje automatski start. Zato se mora prvo ručno osloboditi uređaj za automatsko zaustavljanje (npr. motorni zaštitni relej pomoću odvijača stavljamo na ručno uklapanje- manual reset)

Predloženi načini vrednovanja/ ostvarivanja ishoda učenja:

1. Navesti uzemljenje visokonaponskih sustava pomoću otpornika nastave
2. Opisati kvarove uzemljenja u visokonaponskim sustavima nastave
3. Istaknuti sigurnosne mjere koje je potrebno strogo primjenjivati, kako bi se spriječile nezgode u radu sa visokonaponskom električnom opremom
4. Prikazati posebne mjere opreza kod upotrebe visokonaponskih instalacija
5. Izvesti postupak rješavanja problema te dijagnostike kvarova

Razrada obrazovnog materijala u okviru modula

Napomena: svaki obrazovni sadržaj iz prethodne tablice opisa modula potrebno je povezati s pripadajućim ishodom/ima učenja te za njega razraditi poseban opis obrazovnog sadržaja te predložiti načine vrednovanja/ ostvarivanja ishoda učenja.

Sadržaj modula: Cjelina 3: Implementacija novih znanja, tehnologija i dobre prakse u vlastitu strukovnu/stručnu i nastavnu praksu: izbor prikladne aparature za izolaciju i ispitivanje visokog napona, postupci uključivanja i izolacije visokonaponskih sustava, karakteristike otpora izolacije i polarizacijski indeks visokonaponske opreme

Ishod/i učenja koji se ostvaruju kroz sadržaj:

1. Navesti potrebnu aparaturu za izolaciju i ispitivanje visokog napona
2. Prikazati postupke uključivanja i izolacije visokonaponskih sustava
3. Navesti karakteristike otpora izolacije i polarizacijski indeks visokonaponske opreme
4. Prikazati rad sa aparaturom za izolaciju i ispitivanje visokog napona
5. Izvesti postupke uključivanja i izolacije visokonaponskih sustava

Opis obrazovnog sadržaja:

MJERENJE OTPORA IZOLACIJE

Jedan od najčešćih zadataka na visokonaponskim uređajima je mjerenje otpora izolacije. Za mjerenje otpora izolacije na visokom naponu se za 6,6kV sistem se koristi 5kV Mohm metar, a za 3,3kV 2kV Mohm metar. Ispitivanje traje 1 minutu. Minimalna vrijednost

otpora izolacije je $Un+1kV$ (Mohm). Za 6,6kV to znači $6,6+1=7,6$ Mohm. Kod zdrave izolacije ova vrijednost je obično i do 100 puta veća. Detaljniji test izolacije koji se radi u sumnjivim situacijama i eventualno jednom godišnje naziva se PI (polarisation index). PI je odnos izmjerenog otpora izolacije nakon 10minuta testiranja sa onim nakon prve minute testiranja. Za klasu F izolacije preporučena vrijednost PI je 2. PI test se izvodi s posebnim uređajem koji ima motorni pogon induktora ili elektronički pretvarač napajan iz 220V jer običan $M\Omega$ metar ne može 10 minuta davati 5000 V. Kontrola otpora izolacije cijele mreže: Otpor izolacije cijele brodske mreže i svih priključenih generatora i trošila prema masi (trupu broda) moguće je mjeriti kod sustava s izoliranim zvjezdištem i u tom slučaju se neprestano kontrolira. U slučaju spoja s masom javlja se alarm i ugasi se zemnospojna kontrolna lampica odgovarajuće faze na GRP. Jednostruki spoj s masom ne izbacuje dio mreže u kvar. Pronalaženje mjesta spoja s masom: Tada je potrebno uključiti megaohmmetar koristeći RST peklopu. Ovo se radi pod naponom bez isključivanja elektromagnetskog sustava. U kvaru je faza koja pokazuje mnogo manji otpor od ostalih. Potreba i postupak mjerenja postupka izolacije pojedinačno – megatesterom: Otpor izolacije mjeri se preventivno u svrhu praćenja stanja izolacije i predviđanja trenutka otkaza, kao provjera ispravnosti prije puštanja u pogon ili servisno u svrhu dijagnostike kvara na električnom uređaju. Otpor izolacije obavezno je provjeriti megatesterom prije puštanja u pogon, ako je motor ili generator bio smočen ili ako je dulje vrijeme stajao, a grijači nisu radili. U suprotnom može doći do proboja izolacije i ozbiljnog kvara na stroju. Periodičko mjerenje otpora izolacije svih generatora i važnijih elektromotora. Podaci se unose u dijagram koji prikazuje starenje izolacije. Moguće ga je ekstrapolirati i tako odrediti vrijeme kada će stroj otkazati (isto kao i kontrola ležajeva mjerenjem vibracija). Ova se mjerenja vrše nakon što je električni stroj postigao radnu temperaturu. Prekidač mora biti isključen. Provjera voltmetrom da nema napona. Megaohmmetrom se izmjeri otpor izolacije na beznaponskoj strani prekidača. U slučaju generatora pogonski stroj mora biti zaustavljen i blokiran start. Svi osigurači mjernih instrumenata u polju generatora moraju biti izvađeni radi preciznijeg mjerenja. Mjerenje otpora izolacije: Izolacija ima vrlo veliki otpor. Zbog toga je kod mjerenja potrebno koristiti viši napon nego kod mjerenja otpora vodiča ommetrom. Takvi elementi moraju se prije ispitivanja kratko spojiti ukoliko su im nazivne vrijednosti napona manje od napona megatestera.

IZOLACIJSKI HV ZAHTJEVI

- ✓ HV namotaji generator, transformatora i motora su slični u usporedbi s LV namotajima osim za potrebom boljih izolacionih materijala kao mica ili slično.
- ✓ Navoji HV transformatora obično su izolirani spojem epoksidne smole i kvarcnog praha. To su bezopasni materijali, bez nekog posebnog održavanja, otporni na vlagu i tropske uvjete.
- ✓ Izolacija HV provodnika zahtjeva kompliciraniji dizajn od onog koji je neophodan za LV kablove. HV kablovi osiguravaju značajne uštede u smislu težine i poprečnog presjeka koju iziskuje, što doprinosi i lakšem instaliranju, kao i učinkovitijim rezultatima. U HV instalaciji potrebna je veća udaljenost između sabirnica u glavnoj razvodnoj ploči.
- ✓ Pristup HV glavnoj razvodnoj ploči i opremi mora biti striktno kontroliran korištenjem sheme prethodno ishodovanih dozvola za rad, potom izolacijskih procedura i uzemljenja.

TESTIRANJE VISOKONAPONSKE OPREME

- ✓ Visokonaponske (primjerice 6.6 kV) instalacije integriraju generator, kablove glavno napajanja, razvodni panel, transformatore, električnu propulziju (ukoliko je

ugrađena), te nekoliko velikih motora – primjerice bočne potisnike i kompresore rashladnih uređaja. Za svu električnu opremu glavni je indikator sigurnosti i općeg stanja otpor izolacije (insulation resistance – IR). IR mora biti periodično testiran između faza između faze i zemlje. HV oprema dizajnirana i namijenjena radu pri naznačenom naponu i temperaturi mora biti izolirana i osigurana tako da omogućuje rok upotrebe od 20 godina.

- ✓ IR test se primjenjuje u sklopu visokonaponskih DC postrojenja zbog potrebe za uzrokoivanjem stresa dielektričkog (izolacionog) materijala. Za opremu definiranu s 6.6 kV preporučuje se periodični 5000 V DC test izolacijskog otpora (tzv. Megger test).
- ✓ Stanje u kojem se nalaze HV izolacije ovisno je o više faktora, kao što su temperatura, vlažnost zraka, očuvanost prednjeg pokrova i nivo radnog napona.
- ✓ Prije nego se provede IR test na HV opremi napajanje mora biti prekinuto, izolirano, te potvrđeno kao umrtvljeno pomoću indikatora napona i potom uzemljeno kako bi se osigurala potpuna sigurnost.
- ✓ Korektna procedura nalaže da se IR tester poveže sa strujnim krugom uz postavljanje sklopke za sigurnosno uzemljenje u ON položaj. Sigurnosno uzemljenje može biti integrirano pomoću dugmeta –sklopke -na prekidaču ili pomoću privremenog uzemljenja lokalno na mjestu rada.. Ovako se osigurava da operater nikada neće dotaknuti neuzemljeni provodnik. Nakon što je IR tester povezan, sigurnosno uzemljenje je isključeno (potrebno je koristeći se dodatnim izoliranim alatom osigurati privremeno uzemljenje). Sigurnosno uzemljenje se ponovno aktivira prije nego se isključi IR tester. Ova sigurnosna rutina mora biti ispoštovana prilikom svakog pojedinačnog IR testiranja.
- ✓ Standardni ommetar nije prikladan za ova testiranja jer će kroz energetski strujni krug provući tek nekoliko mA. Koristi se posebni tester niskog otpora ili mikro ommetar (poznat i kao ducter) jer osigurava kalibrirani protok (obično $I=10A$) kroz strujni krug dok mjeri pad napona (V).
- ✓ Ovaj mjerni instrument izračunava R iz V/I i prikazuje testni rezultat. Za ispravan sustav sabirnica očekuje se kontinuirani protok pri svega nekoliko mΩ.
- ✓ Standardno sigurnosno testiranje HV opreme zahtjeva da se oprema prethodno isključi iz napajanja. Stoga je, nažalost, tijekom testiranja, vrlo komplicirano, nemoguće ili nesigurno približe pregledati pod naponom unutrašnjost HV kabineta. Ova se prepreka donekle može savladati mjerenjem temperature pomoću infra crvene kamere iz sigurne udaljenosti. Kamera se koristi kako bi se skenirala zona i zabilježila infra crvena snimka koju potom procesuiraju kompjuterski gdje se vide žarišna mjesta.

MJERENJE OTPORA IZOLACIJE

Jedan od najčešćih zadataka na visokonaponskim uređajima je mjerenje otpora izolacije. Postupak je slijedeći:

1. isključiti dio koji se ispituje,
2. provjeriti da nema napona,
3. uzemljiti,
4. priključiti instrument,
5. isključiti uzemljenje,
6. izvršiti mjerenje,
7. provjeriti da nema napona,
8. uzemljiti,
9. odspojiti instrument,
10. isključiti uzemljenje,
11. uključiti napajanje

Za mjerenje otpora izolacije na visokom naponu se za 6,6kV sistem se koristi 5kV Mohm metar, a za 3,3kV 2kV Mohm metar. Ispitivanje traje 1minutu. Minimalna vrijednost

otpora izolacije je U_{n+1kV} (Mohm). Za 6,6kV to znači $6,6+1=7,6$ Mohm. Kod zdrave izolacije ova vrijednost je obično i do 100 puta veća.

Detaljniji test izolacije koji se radi u sumnjivim situacijama i eventualno jednom godišnje naziva se PI (polarisation index). PI je odnos izmjerene otpora izolacije nakon 10minuta testiranja sa onim nakon prve minute testiranja. Za klasu F izolacije preporučena vrijednost PI je 2. PI test se izvodi s posebnim uređajem koji ima motorni pogon induktora ili elektronički pretvarač napajan iz 220V jer običan $M\Omega$ metar ne može 10 minuta davati 5000 V.

Kabeli i dodatna oprema

Ispitivanje kabela se provodi iz više razloga: kako bi se dobio grafički prikaz gubljenja njihovih svojstava tijekom vremena, kako bi se provela ispitivanja nakon same ugradnje kabela, kako bi se provjerili spojevi i upletke kabela, te prilikom posebnih ispitivanja nakon izvršenih popravaka. Ispitivanja kabela se, uobičajeno, provode s ispitnim naponom jednakim 60 posto vrijednosti tvorničkog ispitnog napona. Kada nisu poznate karakteristike kabela u postojećim instalacijama preporuča se, pri istosmjernom ispitivanju, korištenje napona čija je vrijednost zasnovana na procijenjenom izmjeničnom naponu, koristeći pritom preporučenu vrijednost za najmanji provodnik u procijenjenom opsegu izmjeničnog napona. Istosmjerna naponska ispitivanja kabela se sastoje od mjerenja otpora izolacije i prenaponskog istosmjernog ispitivanja. Prenaponsko istosmjerno ispitivanje se može provoditi kao ispitivanje provodne struje nasuprot naponu, provodne struje nasuprot vremenu ili u obliku „ide, ne ide“ prenaponskih ispitivanja.

Preporučljivo je prvo provesti ispitivanje otpora izolacije te, ukoliko dobiveni podaci zadovoljavaju, nastaviti s istosmjernim prenaponskim ispitivanjem. Nakon što je istosmjerno prenaponsko ispitivanje završeno potrebno je ponoviti ispitivanje otpora izolacije kako bi se uvjerali da nije došlo do oštećenja kabela tijekom istosmjernog prenaponskog ispitivanja.

Test mjerenja otpora izolacije

Mjerenja otpora izolacije trebala bi se vršiti u pravilnim intervalima i rezultati bi se trebali čuvati zbog potreba usporedbe. Također, treba uzeti u obzir da je za valjanu usporedbu potrebno sva očitavanja korigirati na baznu temperature.

Ova stanja nastaju zbog različitih vrsta izolacijskih materijala koji se koriste, različitih razina napona ili debljine izolacije, te zbog duljine kruga u kojem se vrše mjerenja

ELEKTRIČNE SKLOPKE I PREKIDAČI

DC ispitivanje električnih sklopki i prekidača uključuje slijedeće:

1. Test mjerenja otpornosti izolacije
2. DC visokonaponski test
3. Test otpornosti kontakta prekidača.

Test mjerenja otpora izolacije

Test izolacijskog otpora se sastoji od primjene istosmjernog napona (500-15,000V DC) na električne sklopne aparate za određivanje megaohm vrijednosti otpora. Ovaj test ne znači kvalitetu primarne izolacije. Nekoliko faktora treba imati na umu prilikom izvođenja ovog testa. Prvo je da taj test može ukazati na niske vrijednosti izolacijskog otpora zbog mnogih paralelnih putova. Drugi je da izolacijski sustav s niskom dielektričnom čvrstoćom može ukazati na visoku vrijednost otpora. U pogledu ovoga, rezultate testa treba tumačiti samo u komparativne svrhe. To ne znači da je kvaliteta sustava primarne izolacije sa stajališta dielektričnosti upitna. Prilikom testiranja izolacije, preporučljivo je da pomoćna oprema, kao naponski transformatori i odvodnici prenapona budu izolirani od statične zaštitne opreme.

DC visoko naponski test

Visoko naponsko testiranje zaštitne opreme uključuje testiranje prekidača i sabirnica zaštitne opreme odvojeno. Ovaj veliki test određuje stanje izolacije dijelova opreme. DC test zaštitne opreme nije preporučljivo koristiti za testiranje AC zaštitne opreme zbog toga što sustavi istosmjernog napona ne proizvode slična naprezanja u izolaciji kao ona u radnim uvjetima.

Štoviše, DC visokonaponski test proizvodi koronu i ostavlja trag koncentriranih udara na oštrim rubovima i krajevima sabirnica. Korona i tragovi više su izraženiji kod starije opreme te je zbog toga preporučljivo izbjegavati testiranje takove opreme. Procedura DC testova slična je onoj kod AC testova. U tablici 2.5 dane su preporučene vrijednosti napona za različite klase opreme prilikom obavljanja DC visoko naponskog testa.

Test mjerenja otpora kontakata prekidača

Nepomični i pomični kontakti prekidača napravljeni su od materijala koji pruža dobar otpor luku. Pojačana korozija kontakata odražava se na moć prekidača. Jedan način za provjeru kontakata je da se priključi istosmjerna struja te da se izmjeri otpor ili pad napona na zatvorenim kontaktima.

Otpor kontakata prekidača treba se mjeriti od izvoda do izvoda dok je prekidač zatvoren. Za srednji i visoki napon preporučljivo je da se test provodi sa mikroommetrom koji ima DC izlaz od najmanje 100 A. Upotreba jače struje daje nam pouzdanije rezultate nego upotreba slabija struja. Vrijednosti otpora obično se mjere u mikroomima ($\mu\Omega$).

Motori i generator

Sustav električne izolacije je najznačajniji dio motora i generatora koji zahtjeva periodično održavanje i testiranje.

Izolacijski sustav strojeva je podvrgnut različitim stupnjevima mehaničkog, termičkog i električnog naprezanja. Pouzdanost stroja ovisi o ispravnosti njegove izolacije. Zbog toga, program preventivnog održavanja trebao bi sadržavati učinkovit program testiranja, zajedno s vizualnom inspekcijom i rutinskim održavanjem, da bi se procijenilo stanje izolacije.

Test otpornosti izolacije

Ovo testiranje provodi se sa istosmjernim naponima od 500 do 5000 V i daje nam povratnu informaciju o stanju izolacije stroja. Čista, suha izolacija ima jako malo curenja napona u usporedbi s mokrom i kontaminiranom izolacijom. Ovo testiranje ne provjerava visokonaponsku čvrstoću izolacije, ali nam daje informacije o tome da li izolacija ima veliki ili mali otpor curenja napona.

Predloženi načini vrednovanja/ ostvarivanja ishoda učenja:

1. Navesti potrebnu aparaturu za izolaciju i ispitivanje visokog napona
2. Prikazati postupke uključivanja i izolacije visokonaponskih sustava
3. Navesti karakteristike otpora izolacije i polarizacijski indeks visokonaponske opreme
4. Prikazati rad sa aparaturom za izolaciju i ispitivanje visokog napona
5. Izvesti postupke uključivanja i izolacije visokonaponskih sustava

Razrada obrazovnog materijala u okviru modula

Napomena: svaki obrazovni sadržaj iz prethodne tablice opisa modula potrebno je povezati s pripadajućim ishodom/ima učenja te za njega razraditi poseban opis obrazovnog sadržaja te predložiti načine vrednovanja/ ostvarivanja ishoda učenja.

Sadržaj modula: Cjelina 4: Korištenje osobnih zaštitnih sredstava i sigurnost pri radu s visokonaponskim instalacijama

Ishod/i učenja koji se ostvaruju kroz sadržaj:

- Koristiti osobna zaštitna sredstava pri radu s visokonaponskim instalacijama
- Opisati postupak certifikacije osobne zaštitne opreme
- Opisati visokonaponske sigurnosne postupke
- Prikazati upotrebu sigurnosne opreme

Opis obrazovnog sadržaja:

Za visoki napon vrijede stroži propisi i procedure kako bi se maksimalno smanjila mogućnost grešaka koje u pravilu imaju katastrofalne posljedice prije svega na električnu opremu ali i na gubitak ljudskih života. Posada koja dolazi u kontakt s visokonaponskim dijelovima sustava mora biti posebno educirana i prije svega svjesna opasnosti kojoj se izlaže. Od posebnog značaja su dokumentirani obrasci EPTW kojim se utvrđuje procedura izvedbe određene operacije održavanja na visokonaponskom sustavu. Važno je naglasiti da svi sudionici u lancu od zapovjednog do izvršnog člana posade moraju biti potpuno koncentrirani i dobro prekontrolirati sve predviđene korake u izvedbi zadatka, a to se prije svega odnosi na izolaciju i uzemljenje strujnog kruga na kojem će zahvat biti izveden.

EPTW (ELECTRICAL PERMIT TO WORK) je dokumentirani obrazac dozvole za rad na električnom sustavu (posebice visokonaponskom) Proučen je, planiran i odobren od ovlaštenog časnika a zadatak treba izvršiti odgovorna za to obučena osoba.

Upotreba osobne sigurnosne opreme, kablovi za uzemljenje, visokonaponski tester

MJERE OSOBNE ZAŠTITE PRI RADU S ELEKTRIČNOM STRUJOM

- nositi suhu odjeću i cipele s gumenim potplatom,
- isključiti strujni krug sa napajanja ako je moguće,
- osigurati da ne može doći do hotimičnog uključivanja (izvaditi osigurač, zaključiti sklopku ili prekidač, blokirati automatiku),
- postaviti znak upozorenja na bitnim mjestima,
- obavijestiti sve involvirane što radite, a posebno one koji mogu daljinski hotimice uključiti uređaj na kojem radite,
- po potrebi koristiti gumenu prostirku za klečanje, ležanje ili sjedenje,
- koristiti alat s izoliranim drškama,
- prije prvog kontakta sa strujnim krugom provjeriti provjerenim voltmetrom ili ispitivačem s dvije žice da li je isti pod naponom (ne smije se koristiti kućni ispitivač napona – odvijač),
- ako se strujni krug ne može isključiti koristiti gumene ili suhe kožne rukavice,
- koristiti plastičnu zaštitnu kacigu kada postoji opasnost od kontakta s vodičima pod naponom ili ozlijede glave prilikom pada,
- vezati se kod rada na visini,
- prije pružanja pomoći unesrećenom isključiti napajanje ako je moguće, a ako nije koristiti neki izolator (suhe rukavice, komad suhe odjeće, cipelu...) pri njegovom odvajanju od vodiča pod naponom.

Predloženi načini vrednovanja/ ostvarivanja ishoda učenja:

1. Koristiti osobna zaštitna sredstva pri radu s visokonaponskim instalacijama
2. Opisati postupak certifikacije osobne zaštitne opreme
3. Opisati visokonaponske sigurnosne postupke
4. Prikazati upotrebu sigurnosne opreme