

Dijagnostika kvara i remont jednosmjernog motora snage 420 kW

Nemanja Pandžić

Student drugog ciklusa studija
Elektrotehnički fakultet u Istočnom Sarajevu
Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina
nemanjapandzic@hotmail.com

Sažetak—Dijagnostičkim metodama se omogućuje pravovremeno ili periodično određivanje stanja električnih mašina s ciljem povećanja pouzdanosti pogona te smanjenja troškova održavanja i popravka. Dijagnostika omogućuje kvalitetnu procjenu progresije starenja i preostalog životnog vijeka mašine, određivanje i planiranje remonta i direktno utiče na smanjenje troškova koji su posljedica zastoja u proizvodnji, prenosu i distribuciji električne energije. Dijagnostičke metode korištene u mjernim postupcima većinom su utemeljene na saznanjima analitičkog hemijskog inženjeringa i visokonaponske ispitne tehnike. U radu su opisani dijagnostika kvara i remont jednosmjernog motora snage 420 kW, u vlasništvu RiTE Gacko, koji je obavljen u radionici privrednog društva “Elektroinvest” DOO Istočna Ilidža u maju 2015. godine.

Ključne riječi 1; dijagnostika 2; kvar 3; dijagnostičke metode 4; remont

I. UVOD

Tehnička dijagnostika kao naučna i stručna grana podrazumijeva sve aktivnosti koje se provode s ciljem utvrđivanja trenutnog stanja tehničkih sistema i predviđanja njihovog budućeg ponašanja [1]. Sastavni dijelovi dijagnostike su mjerne metode i procedure te ekspertna znanja.

II. DIJAGNOSTIKA ELEKTRIČNIH MAŠINA

Proces dijagnostike kvara električnih mašina vrlo je zahtjevan budući da se različiti kvarovi mogu jednako manifestovati, odnosno uticati na rad pogona. Poslije tačnog određivanja, kvar se procjenjuje i donosi se odluka o nastavku ili prekidu rada pogona. U slučajevima kada ne postoji opasnost od većih oštećenja, pogon nastavlja sa radom, a dobijeni se podaci koriste za planiranje remonta i nabavku rezervnih dijelova. Kod većih odstupanja mjerenih veličina od nazivne vrijednosti, planira se remont u najkraćem mogućem roku. U slučaju vrlo velikih odstupanja, odnosno kvarova koji su opasni za dalji rad, pogon se zaustavlja i kvar se otklanja.

Dijagnostika električnih mašina na terenu razlikuje se od fabričkih ispitivanja u laboratoriji zato što je na mjesto ugradnje moguće dopremiti samo prenosivu ispitnu opremu. U terenskim uslovima u pravilu nije moguće osigurati normirane referentne uslove zbog čega su laboratorijska ispitivanja u pravilu tačnija. Uticaj terenskih uslova i moguće smetnje koje oni uzrokuju u dobroj se mjeri može kontrolisati posebnom obukom ispitivača i odgovarajućim načinom primjene mjernih

metoda te korištenjem korekcionih faktora prilikom analize dobijenih rezultata.

III. DIJAGNOSTIČKE METODE

Vizuelno-optička dijagnostika je jedan od najstarijih načina dijagnosticiranja. Najviše se koristi u dijagnostici proizvodnih postrojenja (vizuelna kontrola stanja izvodnih kablova statora, turbinskih lopatica, turbinskih rotora, cijevi kondenzatora, izmjenjivača toplote, kolektora, ocjena pojave naslaga od korozije na svim elementima elektroenergetskog sistema).

Termodijagnostika se temelji na praćenju termičkog stanja elektroenergetskih postrojenja u cilju otkrivanja nedostataka i oštećenja. U proizvodnim postrojenjima mogu se pratiti termička stanja vitalnih dijelova turbina, cijevnog sistema kotla, parovoda, namotaja statora i rotora električnih mašina, temperature ležajeva, temperature fluida i sl., a za tu namjenu najčešće se koriste [2]:

- otporni termometri (elementi kojima se iz promjene otpora određuje temperatura),
- termistori (rade na istom principu kao i otporni termometri ali imaju daleko veće promjene otpora sa temperaturom),
- termoelementi (rad se bazira na činjenici da kada se dva različita metala spoje na jednom kraju, i spoj se nalazi na različitoj temperaturi od slobodnih krajeva, na krajevima ta dva metala se indukuje napon čiji je iznos proporcionalan razlici tih dviju temperatura).

U rasklopnim postrojenjima i kod vodova koriste se termovizijska mjerenja kojima se otkrivaju mjesta opasnog lokalnog zagrijavanja elemenata elektroenergetskog sistema, s ciljem ranog otkrivanja uzroka zagrijavanja. Ova mjerenja se zasnivaju na snimanju dijelova pogona specijalnim termovizijskim kamerama. Termovizijska kamera snima u infracrvenom području i temperature snimanih površina prikazuje različitim bojama. Primjenom termovizije otkrivaju se nečistoće na spojnim mjestima, loši spojevi, strujni transformatori s otvorenim sekundarom, oštećene komore prekidača, kvarovi na sistemima za hlađenje transformatora s prisilnom cirkulacijom, promjene na materijalu te fizička oštećenja i niz drugih kvarova koji mogu nastati zbog disipacije na lošim spojevima.

Vibrodijagnostika je najefikasnija dijagnostička metoda za predviđanje i utvrđivanje stanja rotirajućih elemenata u pogonu. Rad većine rotirajućih dijelova postrojenja praćen je pojavom vibracija koje je moguće mjeriti, pratiti i klasifikovati. Tokom poremećaja u pogonu nivo vibracija se povećava, ponekad i znatno iznad utvrđenih i dozvoljenih normi. Mjere se tri osnovne veličine: amplituda, brzina i ubrzanje vibracija. Najčešći uzroci povećanih vibracija rotacionih električnih mašina su: neuravnoteženost rotora, oštećenje ležaja, pogrešna montaža, lokalna rezonancija konstrukcionih dijelova, slučajno dodirivanje rotirajućih i mirujućih dijelova, električne i magnetne nesimetrije. Dozvoljeni iznosi vibracija određeni su propisima. Za tumačenje dobijenih rezultata potrebno je iskustvo stručnjaka kao i veliki broj rezultata mjerenja.

Važnu ulogu u dijagnostici ima i mjerenje pogonskih struja. Za njihovo mjerenje koriste se šantovi i strujni transformatori. Šantovi nisu pogodni za mjerenje velikih struja budući da se pri velikim strujama na šantovima razvijaju veliki gubici koji mogu stvarati poteškoće prilikom konstrukcije šanta. U praktičnoj upotrebi, najčešće se koriste strujna kliješta koja predstavljaju posebnu izvedbu strujnih mjernih transformatora koja omogućavaju priključenje bez potrebe za prethodnim prekidanjem strujnog kruga. Građena su tako da se željezno jezgro može rasklopiti i njime se može obuhvatiti provodnik kroz koji teče struja. Taj provodnik predstavlja primarni namotaj strujnog transformatora, dok je sekundarni omotan oko samog jezgra. Strujnim je kliještima moguće brzo izvršiti niz mjerenja, budući da se jednostavno prebacuju sa jednog provodnika na drugi. To ih čini pogodnim za dijagnostička mjerenja u pogonskim uslovima. Za mjerenje jednosmjernih struja i struja niske frekvencije koriste se "jednosmjerni transformatori" zasnovani na principu Holove sonde [2].

Detekcija parcijalnih izbivanja u izolaciji primjenjiva je za dijagnostiku svih elemenata u elektroenergetskoj mreži. Starost nekog elementa elektroenergetskog sistema dovodi do nepopravljivih promjena u fizičkim i hemijskim karakteristikama materijala koji čine sistem izolacije. Utvrđivanje stepena oštećenja odnosno onečišćenosti izolacije jedan je od najvažnijih zadataka dijagnostičkih mjerenja. Pojava parcijalnih izbivanja posljedica je nehomogenosti izolacionog materijala te prisustva nečistoća u izolaciji. Pod uticajem vanjskog električnog polja, u području nehomogenosti dolazi do rasta električnog polja i konačno do djelimičnog proboja segmenta izolacije. Osnovne metode ispitivanja stanja izolacije su: ispitivanje niskim i visokim jednosmjernim naponom, mjerenja faktora dielektričnih gubitaka ($\tan\delta$), mjerenje kapaciteta, ispitivanje dielektrične čvrstine visokim naizmjeničnim naponom i ispitivanje impulsnim naponima.

IV. OKOLNOSTI PRI KOJIMA MOŽE DOĆI DO POJAVE KVAROVA NA JEDNOSMJERNIM MOTORIMA

Četkice su najvažniji dio preko koga se ostvaruje klizni kontakt za prenos struje na jednosmjernim motorima. U današnje vrijeme se četkice izrađuju iz materijala na bazi ugljenika koji ima dobra samopodmazujuća svojstva, relativno dobru električnu i toplotnu provodljivost, visoku toplotnu i hemijsku postojanost i nisku gustinu [3]. Za besprijekoran prenos struje, pored pažljivo izabranog kvaliteta materijala i izvedbe četkica, neophodno je prije ugradnje novog kompleta

četkica, sve dijelove mašine koji učestvuju u prenosu struje dovesti u zadovoljavajuće stanje. Potrebno je naglasiti da se ne preporučuje istovremena ugradnja četkica od različitih materijala na isti motor, jer zbog nejednake raspodjele struje dolazi do pregrijavanja četkica koje nose veći teret, usljed čega mogu potpuno ispasti iz pogona. Do loše komutacije (proces promjene smjera elektromotorne sile, odnosno struje, prilikom prolaska navojka kroz neutralnu osu gdje se nalaze nosači četkica) koja se manifestuje pojavom varničenja može doći usljed nepravilnosti klizne ploče kolektora koje se mogu svrstati u tri osnovne grupe.

Zaravnjena i nagorjela mjesta, stršeće i uvučene lamele, mrlje ili moguća druga oštećenja, ukratko, sva odstupanja od idealnog kružnog oblika, bez obzira jesu li nastala pri obradi ili u radu, nazivaju se ovalnost ili neokruglost klizne ploče kolektora. Bilo kakvo oštećenje klizne ploče izaziva poskakivanje četkica i samim tim iskrenje što za posljedicu ima dalje povećanje ovalnosti i povećava trošenje četkica, a u nekim situacijama dovodi do velikih šteta na kolektoru i četkicama (pojava kružne vatre).

O centričnosti kolektora se govori kada osa rotacije nije identična centralnoj osi kruga klizne ploče što pri radu dovodi do ekscentričnog obrtanja. Ova pojava može nastati kad se kolektor ne obrađuje u vlastitim ležajevima ili kada prilikom postavljanja i pritezanja u ležajeve dođe do pomaka između osa. Centričnost kolektora kod velikih motora koji nemaju veliku brzinu obrtanja nije kritična kao kod malih kolektora s više hiljada obrtaja u minuti gdje četkice zbog svoje tromosti ne mogu savršeno slijediti kretanje klizne ploče. Ovo dovodi do poskakivanja četkica i iskrenja.

Pojmom hrapavosti klizne ploče kolektora obuhvaćene su sve mikrogeometrijske nepravilnosti koje su mnogo puta manje od dimenzija posmatranog dijela površine. Hrapavost klizne ploče u velikoj mjeri utiče na stvaranje patine i ostvarenje besprijekornog električnog kontakta. Na preglatku kliznu ploču vrlo slabo se lijepi prašina od trošenja četkica tako da je stvaranje patine sporo i nepotpuno, dok je kod prehrapave u početku povećano trošenje četkica koje se u daljem radu smanji. Generalno, prehrapava klizna ploča je manje kritična od preglatke.

U slučaju postojanja nepravilnosti klizne ploče kolektora, isti je potrebno mašinski obraditi. Osnovna svrha obrade klizne ploče kolektora je u tome da se otklone nepravilnosti koje dovode do nejednake efikasnosti četkica i smanjuju trajnost četkica i kolektora. Generalno važi da manja oštećenja koja idu koncentrično po obodu nisu toliko štetna kao oštećenja u aksijalnom smjeru koja čak i u maloj mjeri mogu izazvati poskakivanje četkica i iskrenje koje dovodi do povećane potrošnje četkica i još većih šteta na kolektoru [3]. Klizna ploča kolektora se može dovesti u ispravno stanje brušenjem ili tokarenjem.

Za donošenje valjane ocjene o radu četkica, pored mehaničkog stanja kolektora, od odlučujućeg značaja je i izgled klizne ploče kolektora, tj. vrsta patine. Za određene radne uslove i uslove okoline, četkice od različitih materijala grade sopstvene karakteristične patine. Patina se uglavnom sastoji od bakarnog oksida i naslaga grafita pa je stoga njen izgled značajan pokazatelj stanja klizne ploče kolektora.

Čest uzrok lošeg rada jednosmjernih motora je neispravno stanje sklopa držač-četkica. Zbog toga je poslije svakog popravka kojim je obuhvaćeno skidanje držača potrebno izvršiti određena podešavanja. Razmak između klizne ploče kolektora i donje ivice držača treba biti od 1,5 – 2,5 mm. [3]. Držači na istom nosaču moraju imati iste razmake od klizne ploče. Preveliki razmak može izazvati vibriranje, a u krajnjem slučaju i lom četkica. Podešavanje razmaka je obavezno poslije mašinske obrade klizne ploče kolektora.

Jedan od važnijih faktora u radu četkica je sila pritiska kojom se ostvaruje kontakt između klizne ploče kolektora i četkice. Prenizak pritisak uzrokuje loš električni kontakt ili čak prekid kontakta što za posljedicu ima pregrijavanje i iskrenje koje izaziva povećanu potrošnju četkice i oštećenje kolektora. Previsok pritisak uzrokuje pregrijavanje i povećanu potrošnju četkice zbog mehaničke abrazije. Važno je naglasiti da pritisak na četkicama ugrađenim na isti kolektor bude u toleranciji $\pm 5\%$ jer veća odstupanja dovode do neravnomjerne raspodjele struje sa svim negativnim posljedicama. Kod četkica velikih dimenzija s visokim postotkom metala, pritisak na četkice postavljene sa gornje strane kolektora treba smanjiti, a pritisak na četkice s donje strane kolektora treba povećati da bi se kompenzovao uticaj težine četkice.

Već na početku rada, četkice bi trebale cijelom svojom površinom biti u kontaktu sa kliznom pločom kolektora da ne bi došlo do strujnog preopterećenja pojedinih četkica. Zbog toga u većini slučajeva četkice poslije ugradnje treba uhodati. Uhodavanje četkica se izvodi pomoću brusne trake pri radnoj sili pritiska na četkicu. Brusnu traku okrenutu abrazivnom stranom prema četkici treba omotati oko kolektora i pričvrstiti. Laganim okretanjem rotora u smjeru obrtanja, četkice se lako uhodaju. Kod motora s promjenljivim smjerom obrtanja poželjno je vršiti uhodavanje u oba smjera. Poslije uhodavanja četkice i kliznu ploču kolektora treba temeljno očistiti.

Neuravnoteženost rotora najčešće nije moguće primijetiti pomoću ljudskih čula, barem ne u ranoj fazi pojave neuravnoteženosti i u slučaju male neuravnoteženosti. Ukoliko je to moguće učiniti, tada je neuravnoteženost već uzela maha i postala vrlo opasna i po sistem u kom se javlja i po okolinu, pošto može doći do lomova sa ozbiljnim posljedicama. Rotiranje neuravnoteženog rotora je moguće registrovati i pomoću vida i tada se, umjesto oštih ivica rotirajućeg tijela, vidi samo maglovita oblast u kojoj se ivica rotirajućeg tijela kreće (osciluje).

Jedinica za mjerenje (i izražavanje) neuravnoteženosti je gram-milimetar [g mm] i u slučaju statičke neuravnoteženosti predstavlja proizvod neuravnotežujuće mase rotora i njene udaljenosti od ose rotacije [4]. Pošto se postupak uravnoteženja provodi na osnovu izmjerenih vrijednosti neuravnoteženosti, uređaj koji služi za mjerenje neuravnoteženosti, služi i za provođenje postupka uravnoteženja.

Do pojave neuravnoteženosti rotora može doći zbog same konstrukcije rotora (nemogućnost projektovanja simetričnog rotora zbog konstrukcionih zahtjeva – npr. koljenasto vratilo u motorima sa unutrašnjim sagorijevanjem) ili zbog neprecizne izrade, montaže i nehomogenosti materijala od kojeg je izrađen rotor. Do neuravnoteženosti rotora može doći i tokom rada

zbog taloženja materijala na rotoru (taloženje prašine na krilcima ventilatora je simetrična pojava, ali problem nastaje kad dio nataloženog materijala otpadne sa rotora i tada trenutno dolazi do velike neuravnoteženosti, što u ekstremnim slučajevima dovodi do lomova).

Uravnoteženost se definiše kao slučaj kad rotor, na svoje oslonce – ležaje, ne prenosi sile koje su posljedica obrtanja rotora [4]. U praksi će uvijek postojati neka neuravnoteženost rotora. Pitanje je samo, da li sila koju izaziva predstavlja smetnju za ispravno funkcionisanje sistema i da li utiče na skraćivanje životnog vijeka tog sistema. Ukoliko je sila neuravnoteženosti ispod neke propisane granice, smatra se da je rotor uravnotežen. Postoje tri osnovna oblika neuravnoteženosti rotora [4].

Statička neuravnoteženost se javlja kad je osa rotora paralelna sa osom obrtanja rotora. Ovaj slučaj se dešava kada se neuravnotežavajuća masa nalazi na određenoj udaljenosti od ose rotora, a u ravni težišta (ravan težišta je normalna na osu obrtanja i na njoj se nalazi težište rotora).

Kvazistatička neuravnoteženost se javlja kada se neuravnotežavajuća masa ne nalazi u istoj ravni sa težištem rotora (masa je pomjerena u odnosu na težište rotora prema jednom osloncu – ležaju). Tada centrifugalna sila neuravnotežavajuće mase proizvodi, u odnosu na težište, obrtni moment. Ovo stvara situaciju da se osa rotora siječe sa osom obrtanja pod nekim uglom. Ovaj oblik neuravnoteženosti je dobio naziv kvazistatički, pošto se, kao i statički oblik neuravnoteženosti, može uravnotežiti sa samo jednim tegom.

Kinetička neuravnoteženost se javlja kada se dvije neuravnotežavajuće mase, koje su tako raspoređene da se statički uravnotežavaju, nalaze na suprotnim stranama težišta rotora i u ravnima koje su udaljene od težišta za neku vrijednost prema ležajevima. Drugi način nastanka kinetičke neuravnoteženosti je slučaj kada se rotor, prilikom montaže, ne postavi normalno na osu obrtanja, nego pod nekim malim uglom. U ovom slučaju se dobijaju dvije spregnute sile (centrifugalne sile gornje i donje polovine rotora) koje se međusobno statički uravnotežuju, ali stvaraju obrtni moment oko težišta rotora, koji je normalan na ravan u kojoj leže osa obrtanja i težište rotora. Oba ova slučaja stvaraju situaciju da se glavna osa inercije i osa obrtanja ležaja sijeku pod određenim uglom.

Najčešći slučaj koji se sreće u praksi je kombinacija statičke (ili kvazistatičke) i kinetičke neuravnoteženosti. Osobina ovog slučaja je da se težište ne nalazi na osi obrtanja, a glavna osa inercije se mimoilazi sa osom obrtanja (nisu paralelne, ne sijeku se, nego grade određeni ugao).

Uravnotežavanje rotora se vrši dodavanjem tega za uravnotežavanje na suprotnu stranu od mjesta gdje se nalazi neuravnoteženost. Na taj način se centrifugalne sile neuravnotežavajuće mase i mase dodatog tega poništavaju. Par sila koje stvaraju kinetički oblik neuravnoteženosti, moguće je uravnotežiti pomoću drugog para sila koje će stvarati identičan moment, ali suprotnog smjera, a pošto se dodati par sila međusobno statički uravnotežuje, to će rezultujuća sila ostati jednaka nuli. Važno je napomenuti da se u ovom slučaju

uravnotežavanja, tegovi postavljaju u ravan u kojoj se nalazi moment neuravnoteženja. Uravnotežavanje rotora se može vršiti ili u radionicama (proizvodnim halama) ili na terenu, odnosno na mjestu gdje se nalazi motor sa neuravnoteženim rotorom. Prilikom sprovođenja uravnotežavanja rotora, treba paziti da se uravnotežavajuća masa pričvrsti dovoljno dobro, jer u suprotnom, pod uticajem velikog broja obrtaja, odnosno velike centrifugalne sile, može doći do otkidanja uravnotežavajuće mase sa mogućnošću oštećenja motora ili povreda osoba.

Po montaži motora, neophodno je provjeriti vrijednost otpora izolacije. Mjerenjem izolacionog otpora se utvrđuje kvalitet izolacije namotaja svih vrsta električnih mašina prema masi (kućištu motora) i vrši se kod sklopljenih mašina. Mjerenje izolacionog otpora se vrši tako što se jedan kraj izvora jednosmjernog napona priključuje na izvod faze, dok se drugi kraj priključuje na masu. U praksi, jednosmjerni napon koji se priključuje na visokonaponske motore iznosi 500-5000 V [2]. Dok je napon priključen, mjeri se struja koja teče kroz izolaciju. Izolacija se sastoji uglavnom od izolatora čija je specifična provodljivost manja od 10^{-6} S/m [2]. Uz priključeni napon kroz izolaciju teče struja reda veličine mikroampera i čine je tri komponente [1]:

- apsorpciona (pomačna) struja koja se javlja zbog gubitaka pri pojavi polarizacije u izolacionom materijalu,
- provodna (poprečna) struja koja postoji zbog slobodnih nosilaca naelektrisanja,
- struja punjenja koja se javlja zbog kapacitivnog svojstva izolatora.

Pomačna struja i struja punjenja s vremenom opadaju tako da se vrijednost struje kroz izolator asimptotski približava iznosu provodne struje.

Uređaj kojim se mjeri otpor izolacije zove se megaohmmetar (skr. meger). Ovaj uređaj posjeduje prilagođenu skalu za očitavanje otpora izolacije koji se, zbog visine priključenog napona i male struje, mjeri u megaohmima. Pošto struja kroz izolator mijenja svoj karakter zavisno od početka mjerenja, otpor izolacije se očitava u tačno definisanim trenucima. Američki IEEE propisi definišu očitavanje otpora izolacije nakon prve i desete minute od početka mjerenja dok evropski propisi definišu da se otpor izolacije očitava nakon 15 i 60 sekundi od početka mjerenja [1]. Odnos te dvije vrijednosti (R_{60s}/R_{15s}) daje veličinu koju nazivamo indeks polarizacije. Za kvalitetnu izolaciju, indeks polarizacije mora biti veći od 1. Indeksom polarizacije se može procijeniti stanje izolacije, da li je vlažna, masna, itd. To se uglavnom odnosi na starije mašine u koje su se ugrađivale izolacije klase B, koje su bile porozne i dosta higroskopske. Danas se u mašine ugrađuju izolacije u klasi F koje se vakuumski impregniraju tako da je manja opasnost od upijanja vlage. Orijentaciono se u praksi uzima da otpor izolacije mora da ima onoliko megaohma koliki je nazivni napon mašine u voltima [2].

V. REMONT JEDNOSMJERNOG MOTORA SNAGE 420 kW

Redovni godišnji remont jednosmjernog motora snage 420 kW prikazanog na Sl. 1, vlasništva RiTE Gacko, je obavljen u

radionici privrednog društva „Elektroinvest“ DOO Istočna Ilidža u maju 2015. Kataloški podaci remontovanog motora su dati u tabeli I. Radovi koji su vršeni na remontovanom motoru su sljedeći:

- rastavljanje elektromotora,
- pranje, čišćenje i odmašćivanje dijelova elektromotora,
- defektaža motora i izdavanje ovjerene defektažne liste,
- servis namotaja glavnih i pomoćnih polova statora i namotaja rotora (pranje, sušenje, impregnacija namotaja atestiranim zaštitnim sredstvom, mjerenje izolacionog otpora namotaja, kontrola i fiksiranje namotaja, pregled glava namotaja i sanacija bandažnih veza),
- vizuelni pregled i kontrola limskog paketa polova i rotora,
- servis držača četkica,
- zamjena četkica,
- obrada kolektora,
- zamjena ležajeva,
- kontrola ispravnosti ležajnog sklopa,
- kontrola i eventualna mehanička obrada spojnice,
- provjera centričnosti rotora,
- montaža motora,
- antikorozivna zaštita motora,
- ispitivanje u skladu sa važećim propisima
- izrada i izdavanje ovjerenog ispitnog protokola i garancije.

Električnim ispitivanjem i vizuelnim pregledom je ustanovljeno da remontovani motor nije imao oštećenja namotaja statora i rotora te je izvršeno samo njihovo osnovno servisiranje. Na kliznoj ploči kolektora je bila vidljiva ovalnost i veliki broj oštećenja u aksijalnom smjeru koja su veoma štetna po normalan rad motora te je bila neophodna njena mašinska obrada. Pošto je materijal s klizne ploče kolektora odstranjivan simetrično, nije došlo do narušavanja uravnoteženosti rotora. Po montaži motora izvršeno je podešavanje razmaka između držača četkica, sile pritiska na četkice kao i njihovo uhodavanje. Vrijednost izolacionog otpora poslije 15 sekundi je iznosila 1,025 GΩ, a poslije 60 sekundi mjerenjae 1,543 GΩ što daje indeks polarizacije od 1,505. Rezultati koji su dobijeni su zadovoljavajući i u skladu sa propisanim vrijednostima. Po montaži, motor je otpremljen vlasniku, pušten u pogon (vrši funkciju pogona točkova u damperskim kamionima kojima se prevozi ugallj) te bez smetnji obavlja svoju funkciju.

TABELA I. KATALOŠKI PODACI REMOTOVANOG MOTORA

| | |
|------------------------------|----------------|
| Tip | 3K 420AYXJ12 |
| Br. | APE 04 06 |
| Struja | 616 A |
| Napon | 740 V |
| Snaga | 420 kW |
| Brzina | 670/2500 o/min |
| Koeficijent korisnog dejstva | 92,5 % |
| Masa | 3000 kg |



Slika 1. Remontovani jednosmjerni motor snage 420 kW

ZAHVALNICA

Koristim ovu priliku da se zahvalim asistentu na Elektrotehničkom fakultetu u Istočnom Sarajevu Srđanu Jokiću pod čijim nadzorom je napisan seminarski rad iz kojeg je proizašao ovaj rad.

LITERATURA

- [1] Alan Miletić, "Dijagnostika u održavanju elemenata elektroenergetskog sustava," Zagreb, 2013.
- [2] Alan Miletić, "Dijagnostičke metode i kriteriji za ocjenu elektromehaničkog stanja asinkronog stroja," Zagreb, 2002.
- [3] "Četkice za velike i srednje električne strojeve," Tvornica ugljenografitnih i elektrokontaktnih proizvoda TUP
- [4] "Uravnoteženje," <http://www.iim.ftn.uns.ac.rs/kel/attachments/category/9/Nastava%2010%20-%20Uravnotezenje.pdf> Skripta, 2008.

ABSTRACT

Diagnostical methodes are a means of determining status of the electrical machines with the purpose of increasing electrical facility's reliability and reducing expenses of maintenance and repairing. Diagnostic gives insight into age progression and remaining lifetime of electrical machines, determining and planning repairs and influences on reducing costs that are consequence of stoppages in production, transmission and distribution of electric power. Diagnostical methodes are mostly based on analytical chemical engineering and high voltage evaluation techniques. This work describes failure diagnose and repair of direct current electric motor, 420 kW, owned by RiTE Gacko, which took place in workshop of „Elektroinvest“ DOO Istočna Ilidža in May 2015.

FAILURE DIAGNOSE AND REPAIR OF DC ELECTRIC MOTOR 420 KW

Nemanja Pandžić