

**STATISTIKA I ANALIZA KVAROVA NA ASINHRONIM MOTORIMA
U JAMAMA ZD-A RMU KAKANJ UZ OSVRT NA DOPRINOS
INFRARED TERMOGRAFIJE PREVENTIVNOM ODRŽAVANJU**

**STATISTIC AND ANALYSIS FAILURES TO INDUCTION MOTORS IN
MINE ZD RMU KAKANJ AT REVIEW PRODUCTIVE INFRARED
THERMOGRAPHY IN PREVENTIVE MAINTENANCE**

**Mr.sc. Fehim Velić, dipl.ing.el.
JP Elektroprivreda BiH dd Sarajevo
ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj
Kakanj**

REZIME

Praćenje i analiziranje kvarova na trofaznim asinhronim motorima predstavlja podlogu za daljnja analiziranja i podizanje kvaliteta održavanja na veći nivo. Svaki napredak na polju održavanja asinhronih motora u rudarstvu donosi brojne prednosti, kako u pogledu sigurnosti tako i u pogledu ostvarivanja boljih rezultata u procesu eksploatacije uglja. Također, iz te analize može se lahko zaključiti da kvalitetnije održavanje otvara prostor za brojne uštede i smanjenje troškova održavanja.

Ključne riječi: trofazni asinhroni motor, održavanje, infrared termografija

SUMMARY

Monitoring and analyzing failures to three-phase induction motors presenting base to continue analyzing and progress maintenance. All progress on domain maintenance induction motors in mining brought a lot advantages regarding safety and very much better results in process mining. Also off these analyzing could itself conclude so better maintenance brought savings and reducing costs maintenance.

Key words: three-phase asynchronous motor, maintenance, infrared thermography

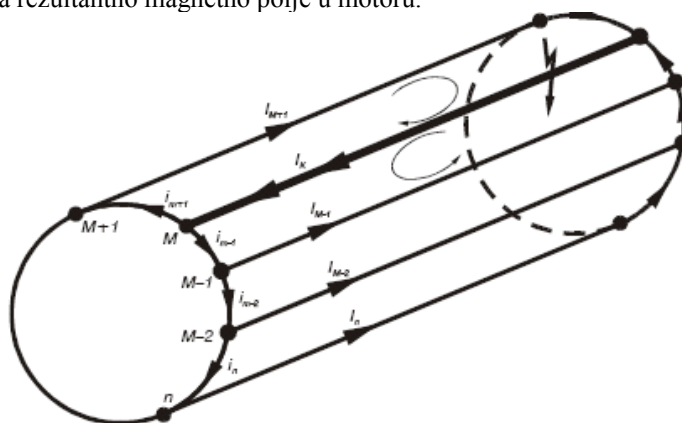
1. UVOD

Eksploatacija uglja u današnjem vremenu, bez obzira na nivo savremenosti tehnološkog procesa, nezamisliva je bez široke upotrebe trofaznih asinhronih motora. Provjetravanje jama, transport uglja iz jame, otpumpavanje vode, izrada prostorija u jamama, kao i eksploatacija uglja bilo kojom metodom ostvaruju se na osnovu rada dobijenog iz elektromotornih pogona trofaznih asinhronih motora. Za postizanje optimuma u tehnološkom procesu i ostalim procesima u jamama, ostvarivanje kontinuiranog rada i prije svega sigurnosti za izvršioce poslova od presudnog značaja je pravilno održavanje trofaznih asinhronih motora, u čemu se značajan napredak može ostvariti primjenom savremenih tehnologija u održavanju, kao što je infrared termografija, koja donosi niz prednosti. Opseg snaga asinhronih motora koji se primjenjuju u podzemnoj eksploataciji ZD – a RMU Kakanj kreće se od 2,9 kW do 170 kW.

Obzirom da se radi o metanskoj jami stroga zakonska obaveza je da svi motori budu u protueksplozijskoj (Ex) izvedbi, što nameće dodatne zahtjeve u pogledu njihovog održavanja. Većina postrojenja u jami predstavljaju segmente koji su neophodni za odvijanje proizvodnog procesa, ili su bitna sa aspekta sigurnosti, tako da imaju i rezervne motore, pa se značaj kvalitetnog održavanja prije svega ogleda u financijskim efektima.

2. OPĆENITO O TROFAZNIM ASINHRONIM MOTORIMA U PODZEMNOJ EKSPLOATACIJI UGLJA

Najčešće korištena vrsta motora danas su asinhroni motori. U literaturi se za asinhroni motor, zbog načina rada povezanog sa induciranjem napona u rotoru, često koristi i naziv indukcioni motor. Jednostavna konstrukcija, manji troškovi proizvodnje i održavanja, daju prednost asinhronim motorima u odnosu na ostale motore. Princip rada trofaznog asinhronog motora bit će objašnjen u nekoliko narednih rečenica. Priključenjem trofaznog namota statora asinhronog motora na mrežu frekvencije f , kroz statorski namotaj poteku struje. Te struje stvaraju trofazno obrtno magnetno polje, koje se u zračnom rasporu motora vrti električnom ugaonom brzinom $\omega=2\pi f$. U vodičima rotora, koji na početku rada motora miruju, obrtno magnetno polje, prema zakonu elektromagnetne indukcije, inducira napon. U zatvorenom namotu rotora, inducirani napon uzrokuje struju. Struje koje teku kroz namot rotora dovode do pojave magnetnog polja rotora, koje zajedno sa već postojećim obrtnim magnetnim poljem statora formira rezultantno magnetno polje u motoru.



Slika 1. Kavez rotora asinhronog motora

Na vodiče rotora kroz koje teku struje, koji se nalaze u magnetnom polju, prema zakonu djelovanja sile, djeluju mehaničke sile. Mehaničke sile koje djeluju na vodiče prenose se na strane utora u koje su oni smješteni, odnosno mehaničke sile koje djeluju na vodiče prenose se na željeznu jezgru rotora. Umnožak mehaničke sile koja djeluje na vodič i poluprečnika rotora predstavlja mehanički moment kojim vodič djeluje na jezgru rotora. Mehanički momenti svih vodiča se zbrajaju i rezultantni moment svih vodiča pokreće rotor motora.

3. ZNAČAJ PRIKUPLJANJA I ANALIZE PODATAKA O KVAROVIMA NA TROFAZNIM ASINHRONIM MOTORIMA

Za kvalitetno održavanje trofaznih asinhronih motora od presudnog značaja je prikupljanje i analiziranje podataka o kvarovima koji se dešavaju na njima, to je zapravo preduslov da bi se

uopće počeli baviti problematikom održavanja. Kada su u pitanju motori koji se koriste u rudarstvu, tj. koji su u protueksplozijskoj (Ex) izvedbi, samo prikupljanje podataka je olakšano, obzirom da važeći propisi koji tretiraju ovu oblast, nalažu vođenje Ex kartoteke svih uređaja u koju se upisuju detalji o svim kvarovima i izvršenim popravkama. Slijedeći korak koji je potrebno uraditi, kako bi poboljšali održavanje trofaznih asinhronih motora, odnosno kako bi pravilno odabrali i primjenjivali najefikasniji pristup problematici održavanja jeste prepoznavanje uzroka koji dovode do kvarova, a zatim praćenje statističkih podataka o kvarovima na asinhronim motorima u svijetu i praćenje noviteta na polju održavanja. U slijedećoj tabeli dati su statistički podaci o kvarovima na asinhronim motorima u svijetu.

Tabela 1. Udio pojedinih kvarova u ukupnim kvarovima asinhronih motora [4,5]

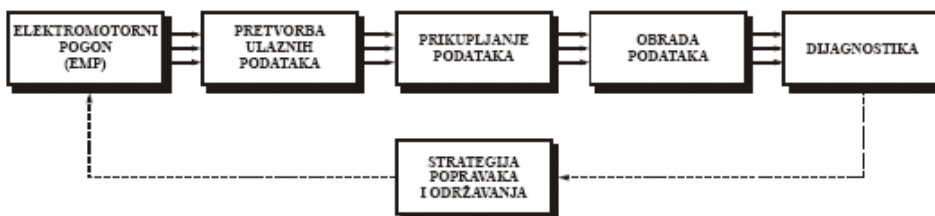
Vrsta kvara	Ukupno kvarova (%)
Kvarovi namota statora	26,5
Kvarovi namota rotora	31,65
Kvarovi paketa statora	9,34
Kvarovi paketa rotora	13,25
Oštećenje osovine i ležaja	12,94
Ostali kvarovi	6,32

Također, značajno je napraviti poređenje statističkih podataka uzroka kvarova, koji se javljaju u na asinhronim motorima u ZD RMU Kakanj i u svijetu.

Tabela 2. Najučestaliji uzroci oštećenja namotaja asinhronog motora [4,5]

Vrsta kvara	Ukupno kvarova (%)
Preopterećenje	30%
Utjecaji okoline (vlaga, prašina,...)	14%
Jednofazni rad	14%
Oštećenje ležaja	13%
Starenje izolacije	10%
Ostalo	19%

Značaj i mjesto praćenja statistike kvarova i njihovog analiziranja ogleda se i u slijedećem dijagramu, koji predstavlja osnovu savremenih dijagnostičkih metoda i novih pristupa problematici održavanja.



Slika 2. Principijelna shema postupka i radnji nadzora i dijagnostike trofaznih asinhronih motora

Svaka od dijagnostičkih metoda u sebi sadrži niz radnji i postupaka koji započinju "snimanjem" ulaznih podataka, nastavljaju se obradom podataka, ocjenom dobivenih rezultata, te završava donošenjem odluke o provođenju potrebnih aktivnosti i zahvata na nadziranom odnosno ispitivanom motoru. Praćenje stanja asinhronih motora znatno je

olakšano kod novijih motora, kao i u slučajevima kada su motori napojeni preko novijih sklopnih uređaja. Razlog za to je što noviji uređaji sadrže elemente dijagnostike koji se ogledaju u praćenju određenih električnih parametara i što imaju mogućnost da se u slučaju prekoračenja dozvoljenih granica praćenih parametara poduzimaju određene zaštitne radnje.

4. STATISTIKA I ANALIZA KVAROVA

Analiza kvarova na trofaznim asinhronim motorima posebno je bitna što se praćenjem motora u radu može djelovati preventivno, tj. pravovremeno otkloniti manji kvar, prije nego što se pojavi veći kvar, a što je karakteristično za kvarove na rotoru motora. Najčešći kvarovi koji se javljaju na trofaznim asinhronim motorima, a koji su posebno bitni sa stanovišta protueksplozijske zaštite, su:

- mehanički kvarovi dijelova motora (ležajevi, kućišta ležajeva, osovina);
- ekscentričnost koja dovodi do dodirivanja statora i rotora, odnosno oštećenja izolacije, povećava vibracije, i može dovesti do iskre;
- lom štapova i prstena rotora i pojava vosokoomskih spojeva što za posljedicu ima povećanje zagrijavanja, nesimetrije i sl.;
- narušena izolacija (međufazno ili prema masi) radi starenja, preopterećenja, jakih vibracija i sl.

Kao što je već rečeno u uvodu, primjena trofaznih asinhronih motora u ZD RMU Kakanj je dosta raznovrsna, sa raznovrsnim karakteristikama postrojenja u kojima se primjenjuju. Neki od korištenih asinhronih motora su u radu samo nekoliko sati dnevno, dok su neki u neprekidnom radu (ventilatorska postrojenja), također i karakteristike tereta motora su raznovrsne, u nekom od postrojenja su opterećenja pretežno nepromjenjiva (pumpna i ventilatorska postrojenja, dok se kod drugih opterećenja mogu znatno mijenjati zavisno od načina rada i pažnje rukovaoca na mašini ili postrojenju (otkopne mašine, transporteri). U ovom radu bit će prikazani i analizirani podaci o kvarovima koji su se desili na trofaznim asinhronim motorima u posljednjih deset godina. U analiziranom periodu desila su se 202 kvara na trofaznim asinhronim motorima u podzemnoj eksploataciji uglja ZD – a RMU Kakanj, sa slijedećom procentualnom zastupljenošću kvarova:

Tabela 3. Udio pojedinih kvarova u ukupnim kvarovima asinhronih motora u podzemnoj eksploataciji uglja ZD RMU Kakanj [6]

Vrsta kvara	Ukupno kvarova (%)
Kvarovi na ležajevima i kućištima ležajeva	58,91
Kvarovi na ležajevima i namotaju statora	36,63
Kvarovi na osovini i rotoru	3,96
Kvarovi na namotaju statora	0,5

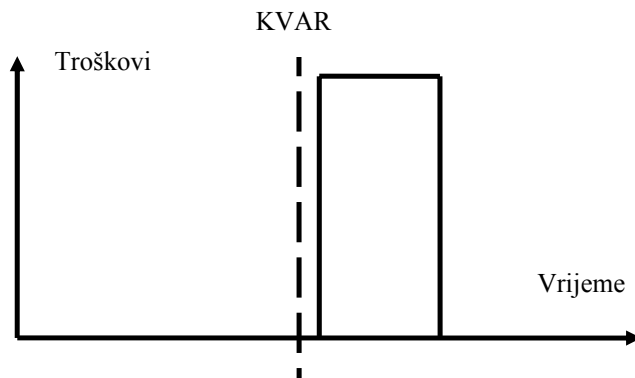
Iz navedenog je vidljivo da je veliki broj kvarova nastao na ležajevima motora i da se pravovremenom reakcijom može djelovati preventivno prije nego što nastupi veći kvar, odnosno kvar koji će zahtijevati viša finansijska izdvajanja. Iz analize kvarova, također se može zaključiti, da je znatno veći broj kvarova koji uključuje i kvarove na namotajima statora nastao u prvih pet godina posmatranog desetogodišnjeg perioda, tj. u vrijeme prije nego što se je uvelo dijagnostičko praćenje rada motora. Također, provode se i brojne druge mjere koje imaju za cilj smanjenje broja kvarova i vremena trajanja zastoja u tehnološkom procesu. Neke od mjera koje se provode prilikom instaliranja i održavanja u toku rada asinhronih motora u jamama ZD RMU „Kakanj“, a koje imaju za cilj sprječavanja nastanka kvarova ili

preventivno otklanjanje manjeg kvara, prije nego što nastupi veći kvar, a što ujedno znači očuvanje sigurnosti u metanskim jamama su slijedeće:

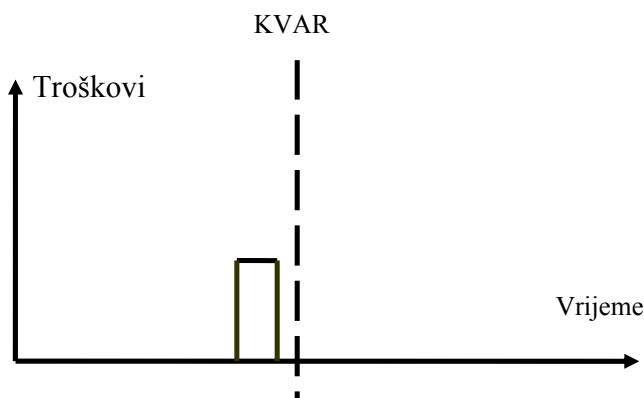
- pravilno skladištenje motora u jami, ukoliko se on čuva kao rezerva nekog od postrojenja (čuvanje od kapajuće vode, odabir lokacije na kojoj je najmanja koncentracija prašine, čišćenje motora ukoliko za to postoji potreba itd.);
- odabir odgovarajućeg zaštitnog prekidača, proračun neophodnih veličina za pravilno podešavanje zaštita i podešavanje zaštita prema izvršenom proračunu;
- redovni pregledi motora (kontrola kvaliteta spojeva, provedenih mjera zaštite od indirektnog dodira dijelova pod naponom);
- kontrola stanja svih dijelova protueksplozijske zaštite i mehaničke zaštite;
- kontrola obezbjeđenosti prirodnog hlađenja motora (otklanjanje smetnji koje to sprječavaju, čišćenje motora ukoliko je zatrpan i sl.).

5. PRIMJENA INFRARED TERMOGRAFIJE U ODRŽAVANJU TROFAZNIH ASINHRONIH MOTORA

Mogućnosti koje danas pruža primjena infrared termografije u održavanju asinhronih motora su doista velike. U ZD RMU Kakanj napravljen je mali korak u primjene infrared termografije na način što su u upotrebu stavljeni infrared bezkontaktni termometri, kojima se redovno kontroliše temperatura na svim motorima, kao i u uređajima kojima se motori štite. U upotrebi još uvijek prevladavaju stariji motori, koji u sebi nemaju ugrađene termo sonde ili kod kojih termo sonde nisu u funkciji, tako da je ovo jedini način praćenja temperature motora. Značaj primjene infrared termometara ogleda se u činjenici da su granice korištenja asinhronih motora uveliko određene najvećom temperaturom koju namotaji motora mogu izdržati. Većina izolacionih materijala je organskog porijekla i osjetljiva je na prekoračenje najvećih dozvoljenih temperatura. Praćenje (trajno ili povremeno) mjerenje temperature asinhronog motora ima važnu ulogu u procjeni stanja motora i njegovog životnog vijeka, a posebno kod motora instaliranih u prostorima ugroženim eksplozijom gdje povišena temperatura (iznad one za koju je motor izrađen i certificiran) predstavlja nedopušteno stanje u radu motora, odnosno direktnu opasnost od eksplozije. U praksi se pokazalo da redovna kontrola temperature asinhronih motora infrared termometrima, može značajno doprinjeti otklanjanju prepreka koje onemogućavaju normalno hlađenje motora, kao i da značajno doprinose preventivnom djelovanju na otklanjanju manjih kvarova, prije nego što se desi veći kvar. Međutim, mnogo kvalitetnije praćenje termičke slike motora, u odnosu na praćenje temperature primjenom termo sonde i infrared termometara, ostvaruje se uz pomoć infrared kamera. To je uređaj kod koga se termička slika motora temelji na termičkom modelu koji se stvara u mikroprocesoru, na temelju signala okolne temperature zraka i statorske struje. Na taj način dobija se prikaz temperatura raznih ključnih tačaka na motoru. Kako rezultat rada na poboljšanju kvaliteta održavanja trofaznih asinhronih motora treba da budu uštede na troškovima održavanja, to jeste da održavanje bude preventivno u što je moguće većoj mjeri. Takav način održavanja podrazumjeva da se na motoru djeluje prije nego što se on pokvari ili u najmanju ruku da se preduprijede veći kvarovi. Na slijedećim slikama prikazane su mogućnosti smanjenja troškova održavanja ukoliko se djeluje pravovremeno, odnosno prikazane su prednosti preventivnog održavanja u odnosu na interventno održavanje (održavanje nakon nastupanja kvara). Ono čemu zapravo danas teže svi, koji se bave poslovima održavanja, jeste da se uz što manja ulaganja u preventivno održavanje smanje ukupni troškovi održavanja i skрати vrijeme zastoja u tehnološkim procesima.



Slika 3. Odnos troškova održavanja i vremena otklanjanja kvara ukoliko se motori održavaju interventno



Slika 4. Odnos troškova održavanja i vremena otklanjanja kvara ukoliko se motori održavaju preventivno

6. ZAKLJUČAK

Za postizanje boljih rezultata u pogledu održavanja asinhronih motora u podzemnoj eksploataciji uglja potrebno je napraviti detaljnu analizu prikupljenih podataka o ranijim kvarovima, sagledati sve okolnosti pod kojima je došlo do kvara i uvesti u praksu poduzimanje odgovarajućih radnji, kako bi se kvarovi u budućnosti izbjegli ili u najmanju ruku njihove posljedice ublažile. Da bi zaključci koje donosimo nakon analize kvara bili tačni, a metode za preventivno suzbijanje kvarova bile efikasne, potrebno je da raspolažemo sa što većim brojem podataka koji oslikavaju na pravi način stanje asinhronog motora. To nam upravo omogućavaju brojna mjerenja koja se vrše u sklopu neke od dijagnostičkih metoda, koje su u današnjem vremenu sve više prisutne.

7. REFERENCE

- [1] Mašić Š.: Električni strojevi, Elektrotehnički fakultet u Sarajevu, 2006.,
- [2] Jurković B.: Elektromotorni pogoni, Školska knjiga Zagreb, 1990.,
- [3] Marinović N.: Rudarska elektrotehnika, Školska knjiga Zagreb, 1982.,
- [4] Marinović N.: Electrotechnology in Mining, Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, 1990.,
- [5] Gavranć I.: Dijagnostika protuexplozijski zaštićenih elektromotornih pogona, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2002.,
- [6] Ex kartoteka pogona „Haljinići“, ZD RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj, Haljinići 2012.