

I. Gavrančić*

PRIMJENA ELEKTROMOTORA U EKSPLOZIVNOJ ATMOSFERI - EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA RIZIKA PALJENJA

UDK 621.313.13:614.83
PRIMLJENO: 6.5.2009.
PRIHVAĆENO: 25.5.2009.

SAŽETAK: U članku se razmatraju rizici primjene elektromotora u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom. Analiza vjerojatnosti pojave uzročnika paljenja, zbog oštećenja kaveza rotora asinkronog motora u takvim prostorima, temeljni je dio ovog rada. Istraživanja djelatnosti uzročnika paljenja, u stvarnim uvjetima prisutnosti zapaljivih medija, provedena su na elektromotoru u vrsti protueksplozijske zaštite povećana sigurnost, "Ex e", snage 47 kW i nazivnog napona 380 V. Različite razine oštećenja kaveza rotora ispitivane su u eksplozivnoj atmosferi zapaljivih plinova. Posebno je ispitivana i pouzdanost primjene "ON-LINE" metoda tehničke dijagnostike stanja elektromotora za otkrivanje oštećenja kaveza rotora koja bi mogla biti uzrok paljenja eksplozivnih smjesa.

Ključne riječi: eksplozivna atmosfera, elektromotor, kvarovi rotora, tehnička dijagnostika, protueksplozijska zaštita, rizik, eksplozija

UVOD

Ugroženost opasnostima od nastanka tehnoloških eksplozija značajka je velikog broja tehnologija i postrojenja (npr. eksploatacija, prerada i transport nafte i plina, kemijska industrija i sl.). Moguće ljudske žrtve i veliki materijalni gubici, koji mogu nastati u slučaju eksplozije, zahtijevaju provedbu analiza i procjenu rizika pojave eksplozije te poduzimanje mjera za njihovo uklanjanje ili smanjivanje.

Elektromotorni pogon (EMP) u prostoru ugroženom eksplozivnom atmosferom jedan je od mogućih djelatvornih uzročnika paljenja eksplozivne atmosfere i nastanka eksplozije. Posebno je zanimljivo razmatranje kaveznog asinkronog motora koji ima štapove rotorskog kaveza izra-

đene od bakra i spojene s kratkospojnim prstima tvrdim lemljenjem.

U nastavku se daje kratki prikaz provedenih ispitivanja kojima je bio cilj eksperimentalno istražiti mogućnosti i rizike da kvarovi kaveza rotora postanu djelatvorni uzročnici paljenja. Ukratko su prikazani neki najznačajniji dobiveni rezultati bez iznošenja podataka i detalja koji nisu važni za bit problema, tj. realnu mogućnost da kvar u rotoru može u određenim okolnostima izazvati zapaljenje i eksploziju. Detalji će, uskoro, biti izneseni u slijedećim radovima/člancima.

ISPITIVANJA

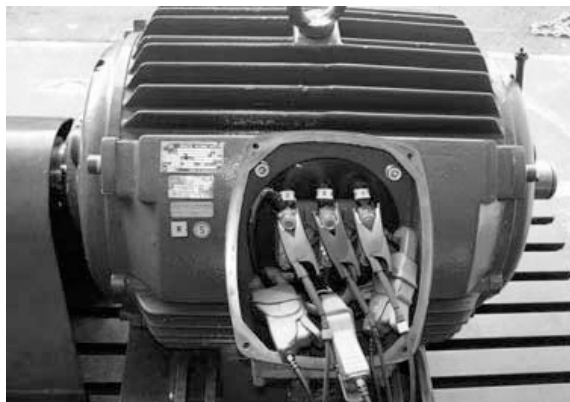
Odabir motora i metode ispitivanja

Osnovni je cilj laboratorijskog ispitivanja bio istražiti postoji li mogućnost nastanka eksplozije zbog kvarova kaveza rotora motora koji radi u eksplozivnoj atmosferi.

*Mr. sc. Ivica Gavrančić, dipl. ing., Agencija za prostore ugrožene eksplozivnom atmosferom (Ex-Agencija), Baštijanova b.b., 10000 Zagreb (i.gavranic@ex-agencija.hr).

Ispitivanja su provedena, u laboratorijima Ex-Agencije, na trofaznom asinkronom elektromotoru prikazanom na slici 1.

Motor je starijeg dizajna, rotorski kavez je izrađen od bakrenih šipki spojenih s kratkospojnim prstenima tvrdim lemljenjem. Ovakva je konstrukcija kaveza najlošija s aspekta protueksplozijske zaštite, pa je stoga i odabrana za testiranje.



Slika 1. Ispitivani "Ex e" elektromotor
Figure 1. The tested "Ex e" electromotor

Osnovni tehnički podaci ispitivanog elektromotora prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1. Osnovni podaci ispitivanog elektromotora

Table 1. General information about the tested electromotor

Nazivna snaga	47 kW
Nazivni napon	380 V
Nazivna struja	83 A
Broj okretaja	2960 min ⁻¹
Oznaka zaštite	Ex e II T1-T3
I_A/I_N	6,0
t_E	16/16/8,1 s

U tom smislu provedena su ispitivanja rada ispravnog elektromotora ispunjenog eksplozivnom atmosferom smjese zapaljivih plinova i zraka da bi se potvrdilo da ispravan protueksplozijski zaštićen motor u vrsti zaštite povećana sigurnost ("Ex e") ne može biti uzročnik paljenja eksplozivne atmosfere.

Nakon toga je proveden niz ispitivanja istog elektromotora u istim uvjetima prisutnosti ek-

splozivne atmosfere pri različitim, namjerno izazvanim, razinama oštećenja kaveza rotora. Namjerno izazvana oštećenja u rotoru slična su onima koja bi se prema iskustvu mogla pojaviti u nenormalnim pogonskim stanjima. Cilj ovih ispitivanja bio je istražiti pojavnost djelotvornog uzročnika paljenja i eksplozije čiji bi uzroci mogli biti kvarovi kaveza rotora. Ispitivanja su provedena u uvjetima zakočenog rotora sa sniženim naponom te pri zaletu i u vrtnji elektromotora pri različito velikim opterećenjima.

Za ispravno stanje rotora, kao i za sve razine oštećenja, provedena su detaljna mjerenja zagrijavanja i motrenja eventualne pojave vrućih površina.

Stanje ispravnosti i svih razina oštećenja rotorskog kaveza je utvrđivano i primjenom dijagnostičkih ispitivanja metodom mjerenja vodljivosti štapova rotora u mirovanju te "ON-LINE" metodom temeljenom na analizi spektra statorske struje (Gavranić, 2002.).

Rezultati ispitivanja zagrijavanja

Proveden je niz ispitivanja zagrijavanja motora i otkrivanja eventualnih vrućih površina rotora zbog kvara kaveza. Ispitivanje motora provedeno je opremom prikazanom na slici 2.

Kratki prikaz rezultata dan je u Tablici 2. Rezultati su prikazani za stanje ispravnog rotora, stanje kvara razine I (manje oštećenje kaveza rotora) i stanje kvara razine II (veće oštećenje kaveza rotora).



Slika 2. Instrumentarij za ispitivanje zagrijavanja elektromotora 47 kW, "Ex e"

Figure 2. Testing equipment for measuring the heating of the 47 kW "Ex e" electromotor

Temperatura mjerena na mjestu A prikazuje temperaturu mjerenu na neoštećenom štapu rotora, dok temperatura na mjestu B predstavlja temperaturu u blizini oštećenja kaveza (štapa) rotora. Zagrijavanja su provedena u kratkom spoju uz sniženi napon i različite struje. Tablica 2. prikazuje temperature na mjestu A i mjestu B u istom trenutku i kod iste struje kratkog spoja (temperature mjerene istovremeno višekanalnim uređajem s termoparovima za mjerenje temperature, slika 2.).

Za razinu oštećenja II prikazane su temperature za dvije struje kratkog spoja motora, 140 A odnosno 250 A.

Tablica 2. Zagrijavanja elektromotora i pojava vrućih površina

Table 2. Heating of the electromotor and appearance of hot surfaces

Stanje elektromotora (kaveza rotora)	Izmjerena temperatura (°C) na mjestu A	Izmjerena temperatura (°C) na mjestu B
Neoštećen	54,3	-
Razina oštećenja I	60,2	132,3
Razina oštećenja II (struja kratkog spoja 140 A)	62,1	126,6
Razina oštećenja II (struja kratkog spoja 250 A)	59,9	338,2

Jedan od najznačajnijih rezultata ovih istraživanja je spoznaja da se u slučaju pretpostavljenih kvarova mogu pojaviti temperature koje prelaze temperature paljenja nekih plinova i para (Tablica 3.) u čijemu je okruženju moguć i dopušten rad ispitivanog motora. Pojava ovako visokih temperatura predstavlja rizik od eksplozije u uvjetima nastanka kvarova bliskih onomu koji je bio namjerno izazvan.

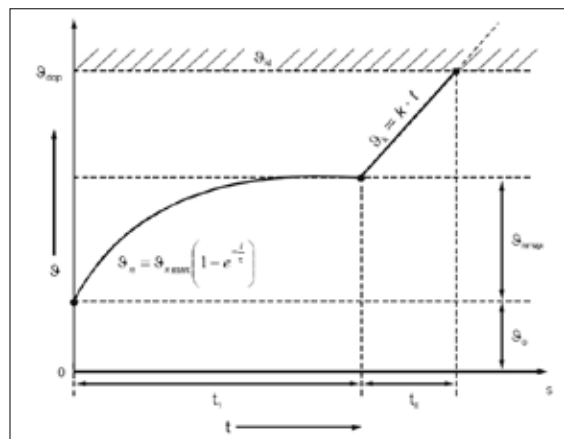
Važno je istaknuti da su te nedopuštene temperature dosegnute i u vremenima kraćim od vremena t_E (IEC 60079-7), što predstavlja izravnu opasnost budući da su ta izmjerena vremena manja od zahtijevanih vremena djelovanja zaštita od preopterećenja kod "Ex e" elektromotora.

Detaljniji prikaz dopuštenog vremena t_E i zagrijavanja motora prikazan je na slici 3., a prema IEC 60079-7.

Tablica 3. Temperature paljenja nekih plinova i para tekućina (prema 31/769/CDV (IEC 60079-20-1):2008)

Table 3. Combustion temperatures for certain gasses and vapors (according to 31/769/CDV (IEC 60079-20-1):2008)

Zapaljivi medij	Temperatura paljenja (°C)
Propan (plin)	450
Vodik (plin)	560
Acetilen (plin)	305
Benzini i nafte (pare)	od 220 pa na više
Butan (plin)	372



Slika 3. Zagrijavanje i vrijeme t_E kod "Ex e" elektromotora

Figure 3. Heating and time t_E in the "Ex e" electromotor

Prema slici 3. nijedna površina elektromotora, uključujući i temperaturu kaveza rotora, ne smije dosegnuti temperaturu višu od temperature određene temperaturnim razredom i izolacijskom klasom motora.

Odabrani i primijenjeni zaštitni uređaj za zaštitu elektromotora u vrsti zaštite povećana sigurnost ("Ex e") od preopterećenja mora isključiti zakočeni elektromotor unutar vremena t_E . Najveća dopuštena ukupna temperatura Θ_{dop} (Gavranić, 2002., IEC 60079) iznosi:

$$\mathcal{G}_{dop} = \mathcal{G}_0 + \mathcal{G}_{nmax} + \mathcal{G}_k \leq \mathcal{G}_{kl/tr} \quad [1]$$

gdje su:

- \mathcal{G}_0 - najviša očekivana temperatura okoline, uobičajeno 40 °C,
- \mathcal{G}_{nmax} - najveća stagnirana nadtemperatura normalnog pogona,
- \mathcal{G}_k - nadtemperatura zbog kvara, zakočeni rotor - određena vremenom t_E ,
- $\mathcal{G}_{kl/tr}$ - najveća dopuštena ukupna temperatura za klasu izolacije motora i temperaturni razred.

Tablice 2. i 3. jasno pokazuju da bi elektromotor u vrsti zaštite povećana sigurnost ("Ex e") uz razinu oštećenja II u uvjetima zakočenja rotora zasigurno predstavljao izravni uzročnik paljenja eksplozivne atmosfere, smjesa npr. acetilen/zrak i pare benzina/zrak, što za posljedicu ima eksploziju u takvom okruženju.

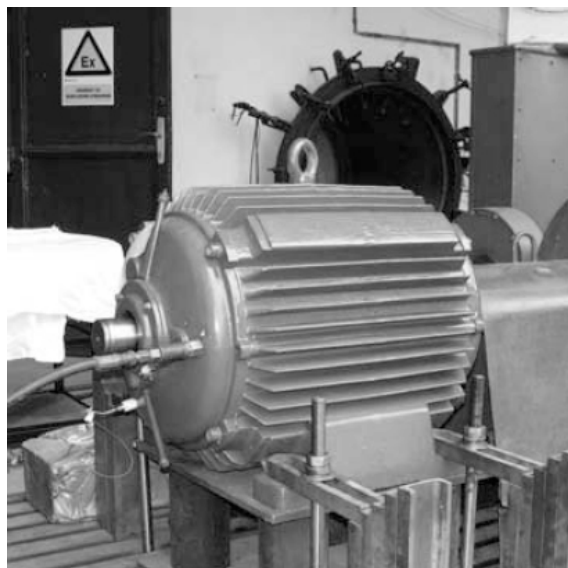
Pretpostavljena razina oštećenja kaveza rotora nije uočljiva u normalnom radu motora (bez primjene specijalističkih dijagnostičkih ispitivanja) niti ju zahtijevane zaštite od preopterećenja "Ex e" motora trebaju prepoznati.

Neisključenje motora u traženom vremenu t_E odnosno prije nego što rotor dosegne nedopustivu temperaturu, može biti posljedica toga stanja.

Rezultati ispitivanja u eksplozivnoj atmosferi

Provedena su ispitivanja djelotvornosti uzročnika paljenja nastalih oštećenjima kaveza rotora u uvjetima stvarne prisutnosti eksplozivne atmosfere. Tijekom ispitivanja motor je punjen smjesama različitih zapaljivih plinova i zraka.

Pokusi su provedeni u uvjetima zakočenog rotora, sa sniženim naponom, te pri zaletu i u vrtnji elektromotora pri raznim opterećenjima (slika 4.). Ispitivanja su obavljena za ispravan rotor te za različite razine oštećenja.



Slika 4. "Ex e" motor ispitivan u eksplozivnoj atmosferi
Figure 4. "Ex e" motor tested in an explosive environment

Tablica 4. prikazuje rezultate ispitivanja u eksplozivnoj atmosferi za stanja rotora bez oštećenja i za razinu oštećenja II, kod ispitivanja kratkog spoja sa sniženim naponom, uz struju 250 A (za razinu II). Ispitivanje je provedeno na način da je elektromotor punjen smjesama propan/zrak, vodik/zrak i acetilen/zrak.

Tablica 4. Rezultati ispitivanja elektromotora u eksplozivnoj atmosferi

Table 4. Results of electromotor testing in an explosive environment

Stanje elektromotora (kaveza rotora)	Ispitna smjesa unutar elektromotora	Dogodila se eksplozija DA/NE
Neoštećen	propan/zrak	NE
	vodik/zrak	NE
	acetilen/zrak	NE
Razina oštećenja II	propan/zrak	NE
	vodik/zrak	NE
	acetilen/zrak	DA

Kako se vidi u Tablici 4. nije došlo do eksplozije pri radu elektromotora s ispravnim rotorom u eksplozivnoj atmosferi propana, vodika i acetilena (uz osiguranje zahtijevane zaštite od

preopterećenja za "Ex e" motore). Iz iste je tablice vidljivo da je do eksplozije došlo pri razini oštećenja II kada je motor radio u okruženju eksplozivne smjese acetilena, čak i uz osiguranje zahtijevane zaštite od preopterećenja za "Ex e" motore.

Ponovno je važno istaknuti da razina oštećenja rotora II nije uočljiva u normalnom radu motora (bez primjene specijalističkih dijagnostičkih ispitivanja) niti ju zahtijevane zaštite od preopterećenja "Ex e" motora prepoznaju, što za posljedicu ima neisključenje motora u traženom vremenu t_E i mogućnost pojave eksplozije.

Otkrivanje kvara primjenom suvremenih dijagnostičkih metoda

Oštećenja kaveza rotora je, kako je i već navedeno, teško "primijetiti" u normalnom radu motora, posebice ona u ranoj fazi nastanka. Oštećenja se, u pravilu, ne otkrivaju niti uobičajenim i zahtijevanim pregledima protueksplozijski zaštićenih elektromotora.

Sve spomenuto dovodi do rizika da "skrivena" oštećenja kaveza rotora mogu izazvati pojavu djelotvornih uzročnika paljenja, što je potvrđeno i rezultatima ispitivanja prikazanim u Tablici 4.

Mjere za izbjegavanje/smanjivanje navedenog rizika ogledaju se u primjeni suvremenih metoda dijagnostičkih ispitivanja stanja elektromotora.

Takvim je ispitivanjima moguće, u ranoj fazi nastanka, otkriti kvarove (npr. rotora) koji bi mogli daljnjim razvijanjem uzrokovati pojavu djelotvornih uzročnika paljenja.

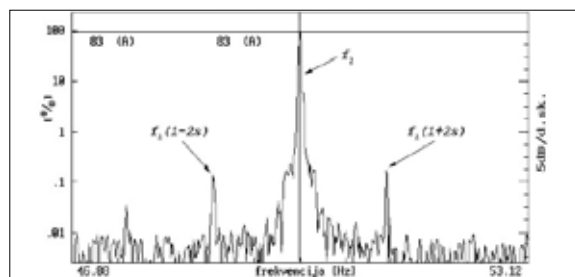
U sklopu ovog rada istraživana je mogućnost primjene "ON-LINE" metode, temeljene na analizi spektra statorske struje (Gavranić, 2002.), kako bi se otkrili "skriveni" kvarovi rotora koji bi mogli postati djelotvorni uzročnici paljenja.



Slika 5. Prikupljanje podataka za analizu spektra statorske struje "Ex e" elektromotora

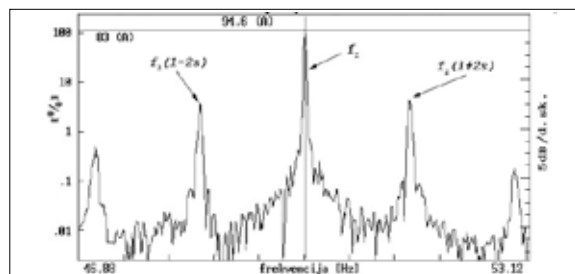
Figure 5. Data gathering for analysis of "Ex e" electromotor stator electricity spectrum

Metoda je pokazala dobre rezultate u otkrivanju, odnosno prepoznavanju i potvrđivanju (poznatih) spomenutih stanja kvara. Rezultati ispitivanja ovom metodom (primijenjenom kod neoštećenog rotora i razine oštećenja II) prikazani su na slici 6., odnosno 7. Na slici 5. prikazana je oprema upotrijebljena tijekom prikupljanja podataka za spektralnu analizu statorske struje.



Slika 6. Spektar struje statora "Ex e" elektromotora s neoštećenim rotorom

Figure 6. "Ex e" electromotor stator electricity spectrum with an undamaged rotor



Slika 7. Spektar struje statora "Ex e" elektromotora s oštećenim rotorom (razina oštećenja II)

Figure 7. "Ex e" electromotor stator electricity spectrum with a damaged rotor (damage level II)

Pri provedbi analize spektra statorske struje u svrhu utvrđivanja stanja rotora, s dijagnostičkog stajališta, najznačajnija je komponenta koja se javlja na frekvenciji $f_r(1-2s)$ odnosno na frekvenciji $f_r(1+2s)$ gdje je f_r frekvencija napona narintog na stator, dok je s klizanje rotora (Gavranić, 2002.).

Temeljem odnosa amplituda ovih komponenti i osnovne komponente (f_r) zaključuje se o stanju kaveza rotora.

Iz slike 6. (za neoštećen rotor) vidljivo je da su iznosi komponenti $f_r(1-2s)$, odnosno $f_r(1+2s)$ zanemarivi (približno 0,15%) u odnosu na osnovnu komponentu f_r , što potvrđuje ispravno stanje kaveza rotora. Iznos ovih komponenti u odnosu na osnovnu komponentu kod razine oštećenja II rotora, prema slici 7., iznosi približno 8%, što ukazuje na teži kvar kaveza rotora.

Pri dijagnostici je primijenjen programski paket pod nazivom "MOTORMONITOR" (ENTEK, 1992.).

Ova je metoda praktična za primjenu kod elektromotornih pogona koji rade u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom budući da se sva mjerenja provode izvan ugroženog prostora (nema posebnih zahtjeva, s naslova protueksplozijske zaštite, na ispitnu opremu) i ne ometa se rad pogona.

OSNOVNA KONCEPCIJA PROCJENE RIZIKA

Svrha je provedenih istraživanja procijeniti rizik nastanka eksplozije zbog primjene elektromotora (elektromotornih pogona) u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom.

Provedena se ispitivanja temeljno bave analizama mogućnosti pojave uzročnika paljenja unutar elektromotora u uvjetima nastanka oštećenja kaveza rotora.

Kvarovi kaveza rotora ubrajaju se u učestale kvarove asinkronih elektromotora. Udio kvarova rotora u ukupnim kvarovima asinkronog elektromotora iznosi 31,65% (Ban, Wolf, Cettolo, 1993.).

Provedena istraživanja nastavak su analiza ranije postavljenih pretpostavki i hipoteza (Gavranić, Ban, Žarko, 2008., Kelava, Gavranić, Deškin, 2008., Gavranić, Ban, Žarko, 2007.) da oštećenja kaveza rotora mogu predstavljati realne uzročnike paljenja eksplozivne atmosfere.

Procjena rizika pojave neželjenog događaja ili scenarija (eksplozije) analizira se, u sklopu ovih istraživanja, na tzv. konceptu tripleta kojeg su u teoriju rizika uveli Kaplan i Garrick (Gavranić, 2007.).

Ako sa S označimo neželjeni događaj, sa pS vjerojatnost njegove pojave, a sa cS posljedice njegove pojave, tada triplet (Si , pSi , cSi) možemo smatrati odgovorom na tri temeljna pitanja procjene rizika (koji su to mogući neželjeni događaji, koja je učestalost neželjenih događaja te koje su i kolike moguće posljedice).

Temeljem navedenog, formalna se definicija rizika može izraziti na ovaj način (Gavranić, 2007.):

$$R = \{(Si, pSi, cSi)\} \quad [2]$$

gdje je R rizik, dok je $i=1,2,3\dots n$ skup svih mogućih neželjenih scenarija.

Navedeni je koncept, za prostore ugrožene eksplozivnom atmosferom i uzimajući u obzir sigurnosne sustave, moguće opisati ovim izrazom:

$$R_i = P_i \cdot S_i \cdot F_{SFi} \quad [3]$$

gdje su:

R_i - rizik (neželjeni događaj),

P_i - vjerojatnost nastanka neželjenog događaja,

S_i - opseg posljedica realizacije neželjenog događaja,

F_{SFi} - vjerojatnost kvara sigurnosnog sustava,

$i=1,2,3 \dots n$ - skup svih mogućih neželjenih događaja.

Uzimajući u obzir da su, u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom, neželjeni događaji pojava eksplozivne atmosfere (P_{exati}) i pojava uzročnika paljenja (P_{exupi}), odnosno:

$$P_i = P_{exati} \cdot P_{exupi} \quad [4]$$

konačni je izraz za rizik, tj. pojavu neželjenog događaja (eksplozije):

$$R_i = P_{exati} \cdot P_{exupi} \cdot S_i \cdot F_{SFi} \quad [5]$$

Koncepcija procjene rizika razvijena i primijenjena u ovim istraživanjima temelji se na analizi vjerojatnosti nastanka kvarova kaveza rotora (P_{exupi}) i vjerojatnosti pojave ispuštanja zapaljivog medija, odnosno nastanka eksplozivne atmosfere (P_{exati}). Pri tome se uzimaju u obzir i posljedice eksplozije (S_i). Posebno je značajna, kod elektromotora u vrsti zaštite povećana sigurnost "Ex e", analiza vjerojatnosti zatajenja sigurnosnih sustava, odnosno sustava za zaštitu od preopterećenja (F_{SFi}), s težištem na vjerojatnost pojave kvarova koje sigurnosni sustav ne „prepoznaje“, a o čemu je ranije bilo više riječi.

Prikaz analiza rizika, temeljenih na prikazanom konceptu za prostore ugrožene eksplozivnom atmosferom, te kategorizacija rizika primjene elektromotora u eksplozijski ugroženom prostoru, zbog opširnosti, bit će predstavljeni u slijedećim radovima.

ZAKLJUČAK

Provedena su opsežna eksperimentalna istraživanja mogućnosti da li bi kvarovi kaveza rotora mogli postati realna opasnost u obliku pojave zapaljenja i eksplozije kod motora u "Ex e" zaštiti.

Rezultatima eksperimentalnih istraživanja potvrđena je ranije postavljena hipoteza da oštećenja kaveza rotora mogu postati djelotvorni uzročnici paljenja, odnosno da mogu izazvati eksploziju kada takvi motori rade u okruženju eksplozivne atmosfere.

Namjerno izazvanim težim kvarom kaveza rotora i punjenjem unutrašnjosti motora smjesom acetilena i zraka dogodila se eksplozija.

Rezultati eksperimentalnih ispitivanja upućuju na potrebu da u procjeni rizika primjene elektromotora u eksplozijski ugroženom prostoru treba posebno uzeti u obzir teške, ali vjerojatne kvarove kaveza rotora.

Mjere za izbjegavanje/smanjivanje navedenog rizika očituju se u primjeni suvremenih metoda dijagnostičkih ispitivanja stanja elektromotora kojima se, kako je pokazano tijekom provedenih istraživanja, mogu u ranoj fazi otkriti oštećenja kaveza rotora.

LITERATURA

Ban, D., Wolf, R., Cettolo, M.: Kompjuterizirana "ON-LINE" dijagnostika stanja rotora asinkronih motora, u: *Zbornik IV. međunarodnog simpozija o novim tehnologijama*, EDZ, Pula, 1993.

Gavranić, I.: *Dijagnostika protueksplozijski zaštićenih elektromotornih pogona (magistarski rad)*, FER, Zagreb, 2002.

Gavranić, I.: Methodology of Risk Assessment in Explosive Atmosphere/Hazardous Areas, *Ex-Journal*, 35, 2007., 1, p.p. 38-51.

Gavranić, I., Ban, D., Žarko, D.: Electrical Drives for Explosive Atmospheres - Motor Selection and Risk Assessment, *16th International Conference on Electrical Drives and Power Electronics (EDPE)*, The High Tatras, Slovakia, September 2007.

Gavranić, I., Ban, D., Žarko, D.: Explosion Protected Electrical Drives - Risk Assessment and Technical Diagnostics, *13th International Power Electronics and Motion Control Conference (EPE-PEMC)*, Poznan, Poland, 1-3 September 2008.

IEC 60079, *Explosive atmospheres*, IEC.

Kelava, M., Gavranić, I., Deškin, J.: Practical experience with inspection in plants at risk of explosive atmospheres, *5th Petroleum and Chemical Industry Conference Europe - Electrical and Instrumentation Applications*, Weimar, Germany, 10-12 June 2008.

Marinović, N.: *Protueksplozijska zaštita za eksplozivnu atmosferu*, ETEKON, Zagreb, 2005.

Motormonitor - *operating manual*, ENTEK, Ohio, 1992.

IMPLEMENTATION OF ELECTROMOTORS IN EXPLOSIVE ENVIRONMENTS – EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF FIRE RISKS

SUMMARY: The paper deals with risks of electromotor implementation in spaces endangered by a flammable atmosphere. The central part of this paper analyzes the probability of formation of combustion agents due to asynchronous engine cage damage in such spaces. The investigation of combustion agent effectiveness, in conditions where flammable media were present, was conducted on an electromotor belonging to the "Increased Safety Ex e" anti-explosion protection type, whose power equals 47 kW and whose nominal input voltage equals 380 V. Different levels of asynchronous engine cage damage were tested in an explosive atmosphere created by flammable gasses. The reliability of "ON-LINE" methods for technical diagnostics of the condition of the electromotor, used to detect damages in the engine cage which could cause combustion of explosive compounds, was tested separately.

Key words: *explosive atmosphere, electromotor, engine cage damage, technical diagnostics, anti-explosion protection, risk, explosion*

Preliminary communication

Received: 2009-05-06

Accepted: 2009-05-25