



MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
ȘCOALA DOCTORALĂ



TEZĂ DE DOCTORAT

CREȘTEREA FIABILITĂȚII ECHIPAMENTELOR ELECTRICE UTILIZATE ÎN MEDII EXPLOZIVE

Conducător Științific

Prof.univ.dr.ing. Marin Silviu NAN

Doctorand

Ing. Marcel Daniel RAD

PETROȘANI

2018

CUPRINS

INTRODUCERE

Capitolul I: STUDIUL CERINȚELOR PENTRU ECHIPAMENTELE ELECTRICE UTILIZATE ÎN MEDII EXPLOZIVE

- 1.1 Criterii pentru alegerea echipamentelor electrice utilizate în medii explozive
- 1.2 Clasificarea ariilor periculoase Ex generate de gaze, vapori, cețuri
- 1.3 Clasificarea ariilor periculoase Ex generate de prafuri, fibre sau scame combustibile
- 1.4 Selectarea echipamentelor electrice în conformitate cu normativele în vigoare
- 1.5 Selectarea echipamentelor electrice Ex în funcție de temperatura de aprindere a gazelor sau a prafului și temperatura ambiantă
- 1.6 Concluzii

Capitolul II: CONSIDERAȚII PRIVIND CONSTRUCȚIA ȘI EXPLOATAREA PROTECȚIILOR UTILIZATE ÎN ECHIPAMENTELE ELECTRICE DESTINATE MEDIILOR EXPLOZIVE

- 2.1 Selectarea echipamentelor electrice în funcție de tipul de protecție
- 2.2 Tipuri de protecție pentru echipamentele electrice
- 2.3 Tipuri de protecție pentru echipamentele neelectrice
- 2.4 Concluzii

Capitolul III: CONCEPTE FUNDAMENTALE PENTRU PREVENIREA ȘI PROTECȚIA ÎMPOTRIVA EXPLOZIILOR ÎN SUBTERANUL MINELOR GRIZUTOASE

- 3.1 Generalități
- 3.2 Clasificarea condițiilor atmosferice periculoase din mină
- 3.3 Evaluarea probabilității apariției unei atmosfere explozive
- 3.4 Măsuri fundamentale pentru eliminarea sau reducerea la minimum a riscului de explozie
- 3.5 Prezentarea și eliminarea surselor de aprindere din subteranul minelor grizutoase
- 3.6 Cerințe pentru proiectarea și construcția echipamentelor, sistemelor protectoare și componentelor pentru reducerea efectelor exploziei
- 3.7 Scule pentru utilizare în atmosfere potențial explozive
- 3.8 Cerințe de securitate pentru benzile transportoare
- 3.9 Concluzii

Capitolul IV: STUDIUL CONSTRUCȚIEI ȘI EXPLOATĂRII MOTOARELOR ELECTRICE UTILIZATE ÎN SUBTERANUL MINELOR CU POTENȚIAL EXPLOZIV

- 4.1 Generalități
- 4.2 Domeniul de utilizare
- 4.3 Analiza constructivă a motoarelor electrice în construcție antigrizutoasă
- 4.4 Forme constructive pentru motoarele electrice în construcție antigrizutoasă
- 4.5 Concluzii

Capitolul V: CALCULUL FIABILITĂȚII MOTOARELOR ELECTRICE CE ACȚIONEAZĂ TRANSPORTOARELE CU RACLETE DIN SUBTERANUL E.M. LUPENI (Studiu de caz)

- 5.1 Concepte actuale privind fiabilitatea echipamentelor electrice
- 5.2 Indicatorii fundamentali de fiabilitate utilizați
- 5.3 Premisele generale de calcul privind fiabilitatea echipamentelor electrice
- 5.4 Metode de calcul a indicatorilor de siguranță pentru de echipamente electrice
- 5.5 Analiza defectelor și stabilirea bazei de date pentru calculul fiabilității motoarelor electrice AEM 22kW
- 5.6 Concluzii

Capitolul VI: CERCETĂRI PRIVIND POSIBILITĂȚILE DE CREȘTERE A FIABILITĂȚII PENTRU TRANSPORTOARELE CU BANDĂ (Studiu de caz)

- 6.1 Generalități
- 6.2 Metode de evaluare a riscului de explozie
- 6.3 Criterii de evaluare a riscului de explozie
- 6.4 Fiabilitatea funcției de siguranță a echipamentelor electrice utilizate în medii explozive
- 6.5. Evaluarea riscului pentru transportoarele cu bandă și implementarea PCE pentru îmbunătățirea fiabilității
- 6.6 Concluzii

Capitolul VII: CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

- 7.1. Concluzii finale
- 7.2. Contribuții personale
- 7.3. Direcții de cercetare viitoare
- 7.4. Reflectarea rezultatelor obținute

BIBLIOGRAFIE

Tema propusă se referă la studierea cerințelor de creștere a fiabilității echipamentelor electrice utilizate în medii explozive.

Evaluarea aparaturii electrice protejate la explozie în vederea certificării, este deosebit de importantă având în vedere riscul de explozie și care trebuie minimizat. Aceasta în scopul asigurării securității vieții, sănătății lucrătorilor, pentru prevenirea avarierii bunurilor și a mediului, când acestea satisfac cerințele esențiale de securitate la nivel european.

Tipurile de protecție reprezintă totalitatea măsurilor specifice aplicate echipamentului electric pentru a evita aprinderea unei atmosfere explozive înconjurătoare.

Prin prezenta lucrare se propune studiul și analiza factorilor de care depinde fiabilitatea echipamentelor electrice utilizate în medii explozive și alegerea tipului de protecție adecvat.

Din capitolul I cu titlul „*Studiul cerințelor pentru echipamentele electrice utilizate în medii explozive*” reiese importanța armonizării legislației naționale cu legislația Europeană. Legislația Europeană în domeniul echipamentelor electrice utilizate în medii explozive este dată de cele două Directive Europene, Directivele ATEX. Acestea reglementează punerea pe piața europeană a echipamentelor destinate utilizării în atmosfere explozive, respectiv utilizarea lor în condiții de siguranță. În concordanță cu aceste Directive au fost elaborate standarde specifice fiecărui tip de protecție a echipamentelor electrice.

Standardele trebuie utilizate ca și ghid pentru producătorii de echipamente, utilizatorii de echipamente și instalații exploatare în medii explozive. De asemenea s-au elaborat standarde pentru evaluarea riscului de explozie la locul de muncă și la selectarea echipamentelor, sistemelor protectoare și componentelor corespunzătoare.

Este analizat și subliniat rolul directivelor Europene privind punerea pe piață a echipamentelor electromecanice folosite în medii cu pericol de explozie, rolul standardelor pentru alegerea corectă a echipamentelor electrice ce funcționează în medii explozive și clasificarea echipamentelor electrice utilizate în medii explozive în conformitate cu legislația în vigoare.

În capitolul II, intitulat „*Considerații privind construcția și exploatarea protecțiilor utilizate în echipamentele electrice destinate mediilor explozive*” sunt prezentate echipamentele electrice utilizate în medii explozive, care pentru a putea funcționa în condiții de siguranță este necesar să li se aplice un anumit tip de protecție. Tipul de protecție la explozie reprezintă acea măsură aplicată aparatului, echipamentului electric pentru a evita producerea unui arc electric sau scântei capabilă de a aprinde atmosfera explozivă în care acel echipament funcționează.

Echipamentele electrice pot avea unul sau mai multe tipuri de protecție iar acestea sunt specificate de producător pe eticheta de marcare.

Tipurile de protecție definite de seria de standarde 60079 aplicate aparaturii sau echipamentelor electrice au următoarele denumiri și simboluri specifice fiecărui tip de protecție în parte.

Echipamentele neelectrice pentru a fi utilizate în medii explozive trebuie să respecte anumite standarde și calități antistatice pentru a nu fi generatoare de scântei sau surse de aprindere.

Este făcută o radiogramă a tipurilor de protecție aplicate echipamentelor electrice și neelectrice care funcționează în atmosfere explozive generate de gaze și prafuri, este detaliat fiecare tip de protecție pentru ce tip de echipament electric sau neelectric se pretează și în ce zonă pot funcționa dar nu în ultimul rând specificat pentru fiecare tip de protecție cum se simbolizează și cum se marchează pe eticheta de marcare a echipamentelor.

În capitolul III intitulat *„Concepte fundamentale pentru prevenirea și protecția împotriva exploziilor în subteranul minelor grizutoase”* sunt prezentate și analizate, conform Directivei ATEX 2014/34/EU, următoarele tipuri și categorii de echipamente: Grupa de echipamente I – minerit: Categoriile M1, M2, Grupa de echipamente II - echipamente destinate utilizării în locuri periclitare de atmosfere explozive gaz sau praf altele decât cele pentru Grupa I: Categoria 1 , Categoria 2 și Categoria 3.

Conform 60079 partea 0 sunt definite 3 grupe de echipamente: Grupa I, Grupa II și Grupa III de echipamente și anume: Echipamente grupa I – minerit: Categoriile M1, M2, echipamente grupa a II-a - echipamente destinate utilizării în locuri periclitare de atmosfere explozive generate de gaze/vapori: Subgrupa IIA, Subgrupa IIB și Subgrupa IIC.

Echipamente grupa a III-a - echipamente destinate utilizării în locuri periclitare de atmosfere explozive generate de prafuri combustibile: Subgrupa IIIA, Subgrupa IIIB și Subgrupa IIIC.

În industria minieră condițiile din subteran impun utilizarea echipamentelor din categoria I sau grupa 1, echipamente special concepute pentru aceasta industrie.

Din punct de vedere constructiv, echipamentele electrice utilizate în subteranul minelor grizutoase sunt cu tip de protecție ExdI, astfel se impun măsuri suplimentate pentru protecția echipamentelor datorită condițiilor tehnologice și operaționale. De asemenea se impun anumite condiții de verificare și inspecție a echipamentelor și utilajelor miniere.

Este prezentată formarea atmosferelor explozive în mină și detaliat clasificarea atmosferelor periculoase și studiat evaluarea probabilității de apariție a unei atmosfere explozive, precum și prezentarea măsurilor de reducere la minim a riscului de explozie și cerințele care se impun pentru evitarea surselor de aprindere.

În capitolul IV, intitulat „*Studiul construcției și exploatării motoarelor electrice utilizate în subteranul minelor cu potențial exploziv*” sunt studiate motoarele electrice utilizate în industria minieră de subteran.

În industria minieră se utilizează echipamente electrice realizate în mai multe moduri de protecție în funcție de folosirea lor la suprafață sau în subteran. Toate echipamentele cu tipuri speciale de protecție, se recunosc prin simbolizările specifice aplicate pe părțile vizibile ale acestora, dar și pe plăcuțele cu datele tehnice. Motoarele electrice asincrone cu rotorul în scurtcircuit în construcție antigrizutoasă de tip: AEM, ASAM și ASAMA se folosesc cel mai frecvent în acționările electrice ale utilajelor din subteran. Întreținerea și repararea motoarelor electrice folosite în subteran, este mai greoaie și mai scumpă, se face numai de persoane sau ateliere specializate, autorizate și atestate în acest sens, în conformitate cu legislația specifică în vigoare. Echipamentele electrice care nu mai corespund tipului de protecție nu se mai folosesc, dacă în urma reparațiilor nu pot fi aduse la nivelul standardului.

Este adus în prim plan rolul tipului de protecție Exd necesar pentru funcționarea echipamentelor și mașinilor electrice în subteranul minelor grizutoase, detalierea părții constructive a motoarelor electrice utilizate pentru angrenarea utilajelor în subteranul minelor pentru producția de carbune.

Sunt prezentate tipurile constructive de motoare electrice pe diferite game de putere și gabarite, de asemenea necesitatea realizării unui plan de inspecție riguros privind întreținerea, exploatarea și mentenanța motoarelor electrice utilizate în subteranul minelor grizutoase.

În capitolul V intitulat „*Calculul fiabilității motoarelor electrice ce acționează transportoarele cu raclete din subteranul E.M. Lupeni (Studiu de caz)*” este realizată analiza fiabilității efectuată pentru motorul electric AEM 22kW și astfel rezultă care sunt punctele slabe. Asupra acestor puncte ar trebui să se realizeze un studiu aprofundat pentru a crește fiabilitatea destul de scăzută.

Unul din punctele vulnerabile este defectarea metaloconstrucției motorului (carcasă de fonta). Se datorează fenomenului de lovire datorită condițiilor vitrege din subteranul minelor. Este modelat matematic prin cu ajutorul distribuțiilor normală și Weibull, și care este în perfectă concordanță cu precizările literaturii de specialitate din domeniu.

Raportat la perioada stabilită prin normative privind momentul efectuării activităților de mentenanță preventivă. Fiabilitatea motorului electric este foarte redusă, obținându-se o fiabilitate de 74%, absolut necesară pentru condițiile speciale din subteranul minelor de huiă.

În vederea creșterii nivelului fiabilității motorului electric este necesară reconsiderarea concepției și tehnologiei de realizare a părții metalice motorului, în sensul măririi rezistenței. În

acest sens trebuie reconsiderat tipul de material utilizat, tehnologia de realizare a motoarelor, în vederea obținerii unor suprafețe cu caracteristici superioare;

În altă ordine de idei, pentru obținerea aceluiași țel, este necesară reconsiderarea actualei politici de mentenanță aplicată părții metalice.

Îmbunătățirea acțiunilor de mentenanță care să conducă la evitarea apariției coroziunii, prin curățirea și protecția corespunzătoare a motorului electric. Acțiunea de mentenanță preventivă să se realizeze cât mai des posibil, care să acopere timpii caracteristici rezultați din studiul de fiabilitate.

În acest capitol este prezentată partea teoretică a fiabilității pentru o mașină electrică, metodele de determinare a parametrilor fiabilității, previziuni privind fiabilitatea.

Este studiat un studiu de caz pe baza rapoartelor zilnice ale atelierului electromecanic al EM Lupeni pentru a depista timpii de defect a celor 20 de motoare tip AEM 22kW. Aceste motoare angrenează cele 16 transportoare TR3 din cadrul sectorului II al EM Lupeni.

În capitolul VI, intitulat „*Cercetări privind posibilitățile de creștere a fiabilității pentru transportoarele cu bandă (Studiu de caz)*”, prezintă un studiu de caz și anume evaluarea sistemului de transport cu bandă utilizat în subteranul unei exploatare miniere. Se prezintă inițial considerentele teoretice ce stau la baza analizei, urmând succesiv prin descrierea metodei de evaluare, criteriile de evaluare iar apoi analiza propriu-zisă prin identificarea tuturor riscurilor.

Analiza are la bază evaluarea riscului la explozie pentru transportoarele cu bandă și totodată implementarea PCE/(process control engineering). Acestea sunt tehnologii de control a proceselor și reprezintă măsurile de protecție la explozie ce pot fi menținute funcționale, monitorizate sau declanșate prin dispozitive de reglare, control și de securitate. În general, dispozitivele PCE pot fi utilizate pentru a preveni apariția atmosferelor explozive periculoase sau pentru a micșora efectele dăunătoare ale unei explozii.

Tot în acest capitol, în urma studiului realizat la sectorul II din cadrul EM Lupeni, este conceput un sistem de monitorizare a transportorului cu bandă menit să crească fiabilitatea și să reducă timpii și posibilitățile de defect prin utilizarea noilor senzori inteligenți spre exemplu: temperatură, aliniament, înclinare, alunecare, turație etc. Acest demers este și o soluție care poate să asigure creșterea siguranței în funcționare.

Prin implementarea acestui sistem de control al proceselor la transportul cu bandă se va obține reducerea timpilor de defect prin reperarea imediată a potențialelor defecte și reducerea riscului de explozie.

În partea de „*Concluzii finale și contribuții personale* ” s-au sintetizat cele mai importante rezultate obținute în urma finalizării lucrării de doctorat printre care:

1. S-a evidențiat rolul directivelor Europene privind punerea pe piață a

echipamentelor electromecanice folosite în medii cu pericol de explozie și s-a subliniat rolul standardelor în evaluarea conformității echipamentelor electrice și neelectrice protejate la explozie.

2. S-a evidențiat importanța ventilației (naturale sau artificiale), în cadrul instalațiilor tehnice și s-a studiat și prezentat clasificarea zonelor cu pericol de explozie în care sunt amplasate echipamentele electromecanice destinate funcționării în atmosfere potențial explozive.

3. S-au prezentat criteriile de selectare și felul cum sunt împărțite echipamentele în funcție de grupe de explozie, categorii de echipamente și tipuri de protecție.

4. S-a realizat prezentarea detaliată a tipurilor de protecție aplicate echipamentelor electrice și neelectrice utilizate în atmosfere explozive generate de gaze, vapori, cețuri și lichide inflamabile precum și cele utilizate în ariile periculoase generate de prafuri, fibre sau scame combustibile.

5. Procesul de certificare și încercările specifice la care sunt supuse echipamentele folosite în atmosfere potențial explozive au fost prezentate, analizate și recomandate în funcție de diverse scenarii pentru cele mai semnificative situații întâlnite în practica industrială.

6. Descrierea echipamentelor electromecanice protejate la explozie care funcționează în mine grizutoase, subliniindu-se domeniile pentru care sunt necesare cercetări aprofundate bazate pe standuri specializate astfel încât certificarea acestora să asigure funcționarea adecvată și în condiții de siguranță.

7. Studiul fiabilității motoarelor asincrone cu rotor în scurtcircuit în construcție antideflagrantă din punct de vedere teoretic și din punct de vedere aplicativ cu elaborarea studiului de caz pentru motorul AEM 22kW utilizat la acționarea unor transportoare cu bandă utilizate în minele din Valea Jiului.

8. S-a evaluat riscul la explozie pentru transportoarele cu bandă în baza studierii condițiilor de muncă, a modului în care se realizează întreținerea echipamentelor electrice și neelectrice ce fac parte din sistemul de transport și în baza discuțiilor avute cu personalul de deservire și de la atelierul electric de reparații.

9. Propunerea ca în zonele cu risc să se introducă sistemului de monitorizare a proceselor în vederea diminuării riscurilor la explozii.