



**UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI**  
**ȘCOALA DOCTORALĂ**



**TEZĂ DE DOCTORAT**  
**REZUMAT**

**Coordonator:**

**Prof.univ.dr.ing. POPESCU Florin Dumitru**

**Doctorand:**

**Ing. PEAGU (FURDUI) Daniela**

**2024**



**UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI**  
**ȘCOALA DOCTORALĂ**



**CERCETĂRI PRIVIND PERFEȚIONAREA METODELOR  
DE EVALUARE A ECHIPAMENTELOR ELECTRICE  
DESTINATE UTILIZĂRII ÎN MEDII CU ATMOSFERE  
POTENȚIAL EXPLOZIVE DIN MINERIT**

**REZUMAT**

**Coordonator:**

**Prof.univ.dr.ing. POPESCU Florin Dumitru**

**Doctorand:**

**Ing. PEAGU (FURDUI) Daniela**

**2024**

## REZUMAT

Teza de doctorat cu titlul *CERCETĂRI PRIVIND PERFEȚIONAREA METODELOR DE EVALUARE A ECHIPAMENTELOR ELECTRICE DESTINATE UTILIZĂRII ÎN MEDII CU ATMOSFERE POTENȚIAL EXPLOZIVE DIN MINERIT* abordează un subiect de actualitate care se referă la evaluarea echipamentelor electrice, în vederea estimării și aprecierii riscului tehnologic asociat evenimentelor nedorite soldate cu explozii care se pot produce în spații industriale cu pericol de explozie. Scopul cercetării îl reprezintă prevenirea pierderilor de vieți omenești și de bunuri materiale prin perfecționarea metodelor de evaluare a conformității echipamentelor electrice destinate funcționării în medii cu atmosferă potențial explozivă prin utilizarea instrumentelor informatice de modelare și simulare. Lucrarea reprezintă un demers fundamentat științific care să reducă riscul de neconformitate la testarea fizică.

Echipamentele electrice destinate a fi utilizate în atmosfere potențial explozive sunt reglementate prin numeroase regulamente, standarde și directive cu care acestea trebuie să fie conforme.

Evaluarea conformității și obținerea certificării reprezintă o activitate laborioasă și se bazează pe elemente mai degrabă empirice.

În faza de proiectare este util a se asigura caracterul conform prin metode de evaluare bazate pe modelare și simulare care să reproducă cât mai fidel condițiile încercărilor de conformitate și cele ale condițiilor extreme care pot apărea în faza de exploatare.

Acest lucru este important din cauza caracterului din ce în ce mai sofisticat al echipamentelor și a valorilor din ce în ce mai ridicate ale parametrilor de funcționare a acestora (puteri, tensiuni, intensități ale curentului etc.) precum și de evoluția recentă a instrumentelor informatice de modelare și simulare care se pretează la medii multi-domeniu.

În acest fel se reduce riscul de a se constata elemente de neconformitate în faza finală a testărilor fizice pe stand, a căror remediere implică costuri ridicate.

Echipamentele electrice destinate a lucra în medii cu atmosfere potențial explozive din minele de cărbuni grizutoase, față de echipamentele din alte zone periculoase prezintă o specificitate aparte, acestea fiind supuse și altor constrângeri care fac mai dificilă și mai complexă problema siguranței din punct de vedere al pericolului de explozie referitor la gabarit, condiții de exploatare dificile, solicitări mecanice excesive, mediu coroziv, vizibilitate redusă, etc.

Obiectivul Tezei constă în identificarea acelor elemente sensibile care sunt adecvate unui asemenea demers unde nevoia de avansare a cunoașterii este mai pregnantă și care sunt în mai mare măsură tributare metodelor empirice.

Din acest motiv dezvoltarea Tezei a fost orientată către elementele referitoare la modul de protecție cel mai utilizat și anume capsularea antideflagrantă precum și la un ansamblu de fenomene complexe referitoare la o componentă determinantă pentru funcționarea în siguranță a echipamentelor electrice de comutație, cu implicații în siguranța antiexplozivă și anume contactele.

Tema abordată este actuală și relevantă atât din punct de vedere practic cât și al interesului științific. Importanța domeniului abordat este subliniată de faptul că se află la intersecția a trei axe de interes și anume securitatea în industrie, protecția mediului și valorificarea durabilă a resurselor.

Interesul științific este relevat de necesitatea de a fundamenta riguros un domeniu care s-a bazat timp de decenii pe constatări empirice și a realizat evoluții incrementale cu caracter mai degrabă legislativ-normativ-reglementativ și care riscă să fie depășit sau chiar să încorseteze evoluția din ce în ce mai rapidă a tehnologiilor pe care le guvernează. În acest sens, implementarea metodelor moderne de modelare și simulare din ce în ce mai performante poate aduce o contribuție semnificativă la avansarea cunoașterii, lucru la care prezenta Teză de doctorat subscrie prin tematică, abordare, conținut și rezultate.

Teza este structurată în 6 capitole a căror extindere, arie de cuprindere și conținut concordă cu fluxul logic al demersului de cercetare. Capitolele sunt în acord cu ponderea și stadiul actual al cunoașterii problematicii reieșită din rezultatele și contribuțiile la avansarea înțelegerii în mod gradual, complementar și evolutiv.

Bazele teoretice, instrumentele de investigare, rezultatele teoretice și concluziile aplicabile în practică sunt prezentate într-o conexiune logică pentru a facilita înțelegerea și a releva impactul rezultatelor asupra avansului cunoașterii.

Deoarece dezvoltarea demersului de cercetare nu se putea realiza fără o prezentare adecvată în concordanță cu cerințele temei de doctorat a cadrului legislativ de reglementare și certificare a tipului de echipamente care face obiectul temei, în CAPITOLUL 1 intitulat *CERINȚELE SPECIFICE CARE DECURG DIN LEGISLAȚIA EUROPEANĂ ȘI NAȚIONALĂ CU PRIVIRE LA DESFĂȘURAREA ACTIVITĂȚILOR ÎN MEDIU CU PERICOL DE ATMOSFERE EXPLOZIVE* am prezentat principalele cerințe ale Directivei ATEX 94/9/CE cu privire la nivelul de securitate al echipamentelor și sistemelor protectoare destinate folosirii în atmosfere potențial explozive.

Am prezentat în continuare cerințele generale pentru aparatura electrică destinată a fi utilizată în atmosfere potențial explozive conform SR EN 60079-0, cu referire la construcția, încercarea și marcarea aparaturii electrice specifice modului de utilizare în atmosfere potențial explozive.

De asemenea au fost prezentate prescripțiile specifice pentru construcția, inspecția, întreținerea și reparația aparaturii electrice cu tip de protecție capsulară antideflagrantă *d* destinate a fi folosite în atmosfere potențial explozive conform SR EN 60079-1. Capsularea antideflagrantă *d* este un tip de protecție în care părțile care pot aprinde o atmosferă explozivă sunt situate într-o capsulare care poate rezista la presiunea dezvoltată pe durata unei explozii interioare a unui amestec exploziv și care împiedică transmiterea exploziei la atmosfera explozivă care înconjoară capsularea.

În CAPITOLUL 2 intitulat *CERCETĂRI PRIVIND METODELE ȘI TEHNICILE DE PREVENIRE A RISCURILOR DE EXPLOZIE DATORATE AMESTECURILOR EXPLOZIVE DE GAZE, VAPORI SAU CEȚURI CU AERUL ATMOSFERIC* am prezentat condițiile tehnice impuse echipamentelor electrice pentru atmosfere potențial explozive referitoare la materiale și cele referitoare la construcția echipamentelor precum și regulile și metodele de verificare cu caracter general și cele specifice tipului de protecție. De asemenea am analizat în detaliu modul de protecție prin capsulare antideflagrantă care reprezintă una dintre cele mai răspândite metode de asigurare a protecției la explozii a mașinilor, aparatelor și echipamentelor electrice destinate funcționării în medii potențial explozive.

Calculule de dimensionare și verificare în vederea certificării carcaselor se realizează în mod curent prin metode clasice de dimensionare și verificare a recipientelor cu pereți subțiri folosind relații bazate pe ipoteze simplificatoare și concepte teoretice din rezistența materialelor care sunt laborioase și cu o precizie redusă.

Am propus și realizat pe parcursul capitolului o simulare pe un model virtual a unei carcase antideflagrante cu ramă cilindrică la acțiunea presiunii generate de o explozie produsă în interiorul acestuia, modelul și simularea fiind realizate în aplicația SOLIDWORKS.

Rezultatele obținute în urma simulării modelului realizat și prezentat au evidențiat că tensiunea von Misses are valori mici în zona suprafețelor de contact ale celor două părți componente ale ansamblului conducând astfel la concluzia că explozia din interiorul modelului analizat nu se propagă spre mediul potențial exploziv care înconjoară carcasa.

Metodologia de proiectare propusă prezintă avantajul că permite determinarea cu precizie a grosimii pereților capsulărilor, ceea ce poate conduce la economii de material metalic sau nemetalic.

CAPITOLUL 3 intitulat *ANALIZA EFECTELOR IONIZĂRII MEDIULUI DIN INTERIORUL APARATELOR DE COMUTAȚIE ASUPRA STABILITĂȚII ELECTRICE A IZOLAȚIEI ACESTORA* este consacrat studiului influenței parametrilor aerului atmosferic, al proceselor complexe de ionizare, al transformărilor energetice care se produc și influența lor asupra funcționării echipamentelor electrice în medii cu atmosferă potențial explozivă. Pe baza unei analize teoretice a curentului de scurtcircuit, am prezentat unele măsuri de prevenire a apariției scurtcircuitului în aparatele de comutație care pot afecta siguranța capsulării antideflagrante.

În CAPITOLUL 4, cu titlul *CONTACTE ELECTRICE* am studiat aspectele teoretice și practice ale diferitelor tipuri de contacte care sunt utilizate în cadrul echipamentelor electrice în general și a celor destinate funcționării în medii cu pericol de explozie în particular. Astfel, pentru calculul rezistenței electrice de stricțiune am prezentat două modele și anume, modelul sferei de conductivitate infinită și modelul elipsoidului turtit. Am arătat pentru contactul punctiform și pentru cel de suprafață dependența dintre forța de apăsare și rezistența electrică.

În CAPITOLUL 5 intitulat *REGIMURILE DE LUCRU ALE CONTACTELOR ELECTRICE* am detaliat pe baza unor modele analitice dependența dintre temperatura absolută a contactelor și potențialul acestora care definește căderea de tensiune între elementele de contact. Am acordat o atenție deosebită problemei vibrației contactelor electrice pe baza a trei modele de calcul, specifice aparaturii de comutație de înaltă, joasă tensiune și cu alunecare în tulipă.

CAPITOLUL 6 intitulat *MODELAREA ȘI SIMULAREA REGIMULUI DE LUCRU AL CONTACTELOR ELECTRICE PRIN METODE NUMERICE* extinde analiza fundamentată teoretic din capitolul anterior, referitoare la dependența dintre potențialul și temperatura unui contact electric aplicând metode numerice cu ajutorul aplicației Comsol.

Pe baza unui model virtual al contactului electric realizat în SOLIDWORKS am analizat prin simulare aspectele de dinamică solidului și cele legate de transferul termic pentru a pune în evidență atât efectul presiunii de contact asupra caracteristicilor materialului din care sunt construite contactele cât și efectul Joule asupra acestora.

Rezultatele sunt prezentate grafic prin capturi de ecran realizate pe parcursul simulării, cât și prin grafice de dependență a parametrilor care intervin.

Trebuie remarcat avantajul complementarității utilizării celor două aplicații, SOLIDWORKS și COMSOL pentru a combina avantajele acestora privind precizia rezultatelor, facilitatea modelării geometrice și avantajele vizualizării rezultatelor, domenii în care cele două aplicații combinate în mod judicios conduc la o creștere a cantității și relevanței rezultatelor.

La finalul Tezei de doctorat am prezentat o serie de concluzii generale, contribuții personale și direcții viitoare de cercetare.