

UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
ȘCOALA DOCTORALĂ

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

IMPLEMENTAREA UNUI SISTEM AUTOMAT DE MONITORIZARE ȘI CONTROL A PRINCIPALELOR PROCESE DIN MEDIILE POTENȚIAL EXPLOZIVE CU APLICARE ÎN MINERIT

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:
Prof. univ. dr. ing. mat. POP Emil

DOCTORAND:
Ing. ILCEA Gabriel Ioan

PETROȘANI
2018

CUPRINS REZUMAT

1. INTRODUCERE.....	3
2. MOTIVAȚIA ȘI OBIECTIVUL TEZEI.....	3
3. CUVINTE CHEIE.....	4
4. SINTEZA LUCRĂRII.....	5
5. CONCLUZII	9
6. CONTRIBUȚII	12
7. BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ.....	14

1. INTRODUCERE

În momentul de față mineritul carbonifer a fost restructurat păstrându-se doar minele viabile care sunt strict necesare pentru asigurarea cu combustibil a termocentralelor viabile. Exploatarea Minieră Livezeni este o mină viabilă capabilă să asigure combustibil pentru termocentralele Mintia și în special Paroșeni. Din aceste motive, în lucrare se face referire în principal la condițiile din această mină, unde prezentăm și aplicațiile practice legate de rezultatele lucrării.

În aceste domenii există o multitudine de cerințe suplimentare pentru a utiliza echipamentele, cum ar fi:

- lucrul în timp real și mare viteză de reacție;
- controlul paralel și/sau coincidental;
- protecția echipamentelor și personalului împotriva exploziilor;
- cerințe severe de omologare a echipamentelor utilizate.

Cele de mai sus au impus de multă vreme folosirea echipamentelor de monitorizare și control de tip totul hardware denumite „hardware-oriented”.

Utilizarea paradigmei „hardware-oriented” în realizarea echipamentelor de monitorizare și control aduce costuri mari. Acestea sunt cauzate mai ales de folosirea metalelor colorate (aur, argint, cupru) pe de o parte și reducerea fiabilității, calității, securității și sănătății personalului. Desigur, există deja aplicații dar generalizarea sistemelor de control și monitorizare cu software embeded, prin trecerea la paradigma „software oriented” se așteaptă să vină.

Dificultatea este și mai mare pentru echipamentele de control și monitorizare din minele de cărbune subterane. Aceasta se datorează prezenței atmosferei explozive datorită emanațiilor de metan și existenței prafului de cărbune. În aceste locuri de muncă un anumit nivel de monitorizare și control este obligatoriu.

2. MOTIVAȚIA ȘI OBIECTIVUL TEZEI

Cele de mai sus coroborate cu nevoia de performanță tehnico-economică prin progres tehnologic a constituit motivația principală a tezei de doctorat. Aceasta se exprimă astfel: **Modernizarea sistemelor de monitorizare și control prin schimbarea paradigmei bazată pe „orientare hardware” cu paradigma „orientare software”.** Aceasta trebuie să susțină **eficiența, siguranța și securitatea procesului de extracție, cu aplicație la Exploatarea Minieră Livezeni.**

Motivația prezentată mai sus conduce la necesitatea analizei mediilor potențial explozive și a stadiului actual a modalităților de realizare a echipamentelor actuale care trebuie să realizeze controlul și monitorizarea proceselor. Analiza de mai sus a condus la propuneri și realizări de echipamente în conformitate cu exigențele cerute de mediile potențial explozive. Astfel obiectivul principal al tezei se exprimă astfel: **Propuneri și realizări de echipamente destinate pentru implementarea unui sistem automat de monitorizare și control, destinat unor**

procese din medii potențial explozive, cu aplicații la o exploatare minieră.

Obiectivul principal de mai sus a fost realizat prin atingerea și a altor obiective specifice cum ar fi:

- particularitățile proceselor din mediile potențial explozive în general și a celor de la o exploatare minieră, în detaliu;
- modul de realizare a protecției echipamentelor electrice în mediile cu pericol de explozie cu prezentarea tipurilor de protecții după standardele actuale;
- stadiul actual al controlului și monitorizării proceselor din medii potențial explozive. Studiul cuprinde exemple de la cele simple de comandă la distanță, de protecție împotriva electrocutării și continuând cu echipamente PLC;
- proiectarea unui PLC pentru atmosfere explozive, compatibil funcțional cu cele normale;
- conceperea și realizarea unui automat programabil în construcție antigrizutoasă și sigurată intrinsecă;
- realizarea unei platforme având integrat în aceasta automatul programabil conceput care realizează controlul automat a principalelor procese din fluxul de extracție. Acestea sunt: controlul automat al combinei și transportorului, a acționărilor polimotoare și controlul fluxului de transport pe benzi. S-a realizat: modelarea, simularea off-line și on-line precum și testarea părții de software pe platforma de control;
- aplicarea automatului programabil conceput și prototipat pentru controlul automat a două procese complexe. Aceste procese sunt cel de extracție pe verticală și cel auxiliar de evacuare a apelor de la o mină din Valea Jiului. S-a realizat: modelarea, simularea off-line și on-line precum și testarea părții hardware/ software în laborator, pe platforma realizată;
- monitorizarea proceselor din medii potențial explozive astfel:
 - la nivelul local direct prin miniecranul automatului programabil și un echipament de calcul cu siguranță mărită, indicat pentru procesele de complexitate medie. Asemenea procese pot fi: controlul atmosferei din subteran, funcționarea procesului de extracție pe orizontală și al procesului auxiliar de evacuare a apelor din subteran. Pentru monitorizarea în subteran s-a utilizat un sistem de monitorizare realizat în limbaj de asamblare.
 - pentru monitorizarea proceselor complexe de la suprafață se propune un sistem bazat pe software-le SCADA.

Valorificarea cercetării sa făcut prin susținerea și publicarea unor lucrări, în proceeding-urile unor conferințe/simpozioane.

3. CUVINTE CHEIE

În continuare pentru o mai bună înțelegere a expunerii ce urmează se impune enumerarea câtorva noțiuni specifice domeniului abordat: automat programabil, platformă experimentală, protecție pozitivă, siguranță intrinsecă, explozie, grizu, medii potențial explozive, control, monitorizare.

4. SINTEZA LUCRARIILOR.

Structura tezei conține 7 capitole, având o Introducere și un capitol de Concluzii, contribuții și propuneri, totalizând 184 pagini, dintre care 126 pagini reprezintă teza propriuzisă și 58 pagini reprezintă anexele. Bibliografia are 144 poziții iar Anexele contribuie la o înțelegere mai bună a tezei și obiectivelor sale.

În Capitolul 1, intitulat „Introducere” se prezintă, problematica tezei de doctorat, motivația și obiectivele urmărite. Justificarea cercetării desfășurate se prezintă prin unele lucrări publicate, contribuțiile și o sinteză a capitolelor.

Capitolul 2, este intitulat „Analiza stadiului actual, justificarea și alegerea strategiei de control și monitorizare a proceselor tehnologice din medii cu pericol de explozie”. În acest capitol se detaliază problematica proceselor tehnologice executate în mediu cu pericol de explozie. Se definesc conceptele relevante acestui tip de aplicație industrială. Se continuă apoi cu abordarea principală a implementării standardului EN1050 privind siguranța în exploatarea a mașinilor și echipamentelor industriale utilizate în medii potențial explozive.

Se pornește de la identificarea surselor de pericol datorate factorilor din mediu carbonifer și caietului de sarcini de bună practică și siguranță în muncă deja definit în industria extractivă. Astfel, se definește un proces general de cercetare-dezvoltare a echipamentelor cu protecție anti-explozivă. Acest proces ține seama atât de factorii de mediu, cât și de factorii de risc uman (instrucțaj, ergonomie) și material (acțiune corozivă), pentru a obține echipamente sigure și cu o fiabilitate crescută.

De aceea, în primul rând se pornește de la analiza factorilor de mediu, prin identificarea pericolului, apoi de evaluare a riscului de aprindere. În ceea ce privește riscul de aprindere se ține cont atât în funcție de echipamente cât și în funcție de interacțiunea dintre acestea.

Firește, pentru a realiza acestea, este nevoie să recurgem la definirea termenilor și conceptelor de interes pentru acest tip de aplicații industriale. Pentru aceasta ne folosim și de caracterizări specifice sectoarelor industriale de interes ale echipamentelor industriale în construcție anti-explozivă, în funcție și de tipurile substanțelor inflamabile. Toate acestea, desigur, pentru a face o paralelă între normele și tehnicile specifice din industria extractivă a cărbunelui și alte industrii sau ramuri.

Ca atare, ținând cont de cele de mai sus, capitolul 2 continuă cu definirea mediului carbonifer din Valea Jiului. Este abordat atât subiectul stratigrafiei zăcămintelor de ulei cât și cel al originii metanului în zăcămintele de cărbune. Acestea au implicație în abordarea mecanismelor și normelor de aeraj subteran, de monitorizare și control al atmosferei subterane. Atmosfera din subteran depinde de procesele tehnologice de tăiere a cărbunelui, a tehnologiilor de exploatare, de transport al cărbunelui, atât pe verticală cât și pe orizontală.

Procesul de extracție a cărbunelui are nevoie de procese auxiliare de suport. Acestea sunt alimentarea cu energie electrică și pneumatică, alimentarea cu apă, respectiv de acumulare și evacuare a apei din subteran, pe lângă aeraj. Toate aceste echipamente de proces trebuie să corespundă exigențelor și normelor de exploatare în mediu potențial exploziv.

Aceste exigențe sunt prezentate înspre finalul capitolului, începând cu descrierea condițiilor generale și specifice de funcționare. Se ia în considerare implicația tipurilor de protecții folosite la echipamente pentru asigurarea securității muncii personalului. Se continuă cu condițiile specifice echipamentelor cu protecție antigrizutoasă, descriind atât modul de protecție cât și sistemul principal cu siguranță intrinsecă.

Astfel, capitolul 2 se încheie cu descrierea stadiului tehnic actual al mecanismelor cu protecție intrinsecă. De asemenea se alege strategia de monitorizare și control al sistemelor de comandă și control pentru lucrul în mediu potențial exploziv.

Capitolul 3, este intitulat „Realizarea unui automat programabil în construcție cu siguranță intrinsecă”. În acest capitol este abordată chestiunea conceperii și realizării unui automat programabil cu siguranță intrinsecă. Acest automat programabil este conceput și realizat pentru a corespunde normelor și cerințelor de exploatare în mediu potențial exploziv.

Pe lângă necesitatea construcției fizice ținând cont de parametrii unui mediu agresiv, este nevoie și de conceperea unui PLC modern, cu siguranță intrinsecă. Acest lucru este justificat prin creșterea nivelului tehnologic al proceselor industriale corespunzătoare activității de extracție. Se impune transpunerea sistemelor moderne de control într-o implementare de lucru în medii dificile. Evident, aceasta dă naștere unor complicații sistemice și design care necesită o abordare unică, specifică.

Din multitudinea de abordări posibile, abordarea tezei este orientată spre subprocesele care trebuie controlate în subteran ca parte a procesului industrial general de extracție. Aceasta pentru că totuși vorbim despre automatizări ale unor procese industriale, cu soluții tehnice multiple, și cu riscurile aferente.

Trebuie menționat faptul că automatul programabil reprezintă un sistem de automatizare care prezintă atât subsisteme specifice, cât și generale. Aceste automate trebuie adaptate la mediul specific cu risc de explozie.

Astfel, blocul de comandă la distanță ține cont de mediul în care urmează să fie instalat. S-a urmărit menținerea la un minim a numărului de conductoare de legătură cu subsistemul de execuție. S-a conceput o siguranță pozitivă care să genereze un semnal de stop în cazul unei defecțiuni.

De asemenea, principiul realizării blocului de comandă la distanță cu siguranță intrinsecă are în vedere separarea subsistemelor electrice folosind și un circuit rezonant RLC, dar cu o implementare originală. Pentru aceasta s-a realizat modelarea și simularea pe calculator în mediul Matlab/ Simulink a blocului de comandă la distanță.

Această abordare a permis, pe lângă o mai bună înțelegere a sistemului și reducerea numărului de componente hardware costisitoare. S-a realizat înlocuirea lor cu algoritmi software de executat pe automat, totodată păstrând și principiul de comandă și control. Prin aplicarea unui principiu de design modern s-a realizat eliminarea aproape în totalitate a componentelor hardware-ului.

Totuși, renunțarea la majoritatea blocurilor hardware și implementarea lor în software conduce la nevoia utilizării unui automat programabil sau a unui microcontroller PIC. Ținând

cont de nivelul actual de dezvoltare în domeniu acest aspect nu a reprezentat o problemă semnificativă.

Automatul, ținând cont de considerațiile de mai sus, este descris în continuarea capitolului, și prin partea sa software folosind programarea Ladder. Programarea Ladder se prezintă sub forma unei scheme de montaj cu elemente serie-paralel. S-a ținut cont și de convenția Shannon care operațiilor OR, AND și NOT le asociază conexiuni în paralel, serie, respectiv normal închis.

Prin aceasta, pentru programe scurte se poate folosi direct interfața microcontroller-ului, iar pentru algoritmi mai complecși se poate folosi suita software Easy-Soft-Pro. După programare, sistemul automat poate intra în starea de simulare, folosită pentru a testa algoritmul implementat, atât on-line, cât și off-line.

Capitolul 3 se încheie cu un exemplu practic de implementare și testare al unui CIM dotat cu două benzi transportoare și un robot model SCARA.

Capitolul 4, este intitulat „Controlul automat al proceselor din fluxul de extracție pe orizontală din subteran”. În acest capitol se prezintă procesul tehnologic de extracție a cărbunelui din subteran. Procesul este defalcat pe structura de principiu a procesului, strategia de automatizare, respectiv cerințele specifice controlului automat. Se începe cu definirea unei situații idealizate, cu procesul de extracție și subprocessele aferente acestuia.

Datorită unor factori precum, necesitatea folosirii unor comenzi secvențiale, necesitatea controlului prin feedback, utilizarea unor curenți sau tensiuni mari, este necesară testarea experimentală a automatului.

Platforma experimentală de testare, este prezentată la începutul capitolului patru. Ea este necesară atât pentru optimizarea funcționării elementelor de automatizare, cât și pentru reducerea timpului de punere în producție.

De notat, vis-a-vis de platforma experimentală, este că aceasta este de tip hardware-in-the-loop. Monitorizarea se face folosind o serie de monitori software scriși în limbaj de asamblare, pentru componentele low level.

Pentru acest experiment am considerat metoda de exploatare a cărbunelui ca fiind abataj cu front lung cu susținere mecanizată pășitoare, combină și transportor de front. Această metodă implică controlul automat al pornirii secvențiale a combinei și a transportorului, apoi a celorlalte transportoare din sistemul de transport până la suprafață. În cazul straturilor de cărbune nefaliate și fără intercalații de steril s-ar putea automatiza și funcționarea combinei și a transportorului de front cu pășire automată.

Tot în acest capitol sunt descrise fazele de lucru cu complex mecanizat folosind combina de tăiere în cărbune KS-3M, ca parte a procesului de extracție. Descrierea acesta ne ajuta să înțelegem diversele considerente de avut în vedere la automatizarea subprocesselor a procesului de extracție.

Bunăoară, datorită gabaritului, mașinile de lucru în subteran pot fi acționate de până la patru motoare, de obicei asincrone și cu rotorul în scurt-circuit. Acestea nu pot fi pornite simultan, ci secvențial, cu o treaptă de acționare cuprinsă între două și patru secunde. Această

metodă este posibilă datorită cuplajelor elastice folosite în instalație.

Pentru aceasta, s-a recurs la metode moderne de modelare și simulare, în vederea analizării rezultatelor simulării controlului acționărilor polimotoare. Aceasta s-a făcut deodată cu optimizarea parametrilor modelului de automatizare, recurgându-se apoi la analiza și sinteza programului Ladder de comandă și control.

Tot aici este prezentat controlul automat al pornirii transportorului și combinei de abataj, și programul Ladder. Acestui control îi urmează conform procesului de extracție controlul automat al fluxului de transport cu benzi, cu schematica și detaliile aferente.

În final, capitolul patru se încheie descriind metoda de modelare, simulare și elaborare a software-ului pentru nivelul intermediar. Se prezintă aplicația practică a modelării, simulării și elaborării software-ului pentru un sistem de transport cu bandă.

Capitolul 5, este intitulat „Controlul automat al procesului de extracție pe verticală și evacuare a apelor”. În acest capitol este abordată chestiunea unor subprocese auxiliare procesului de extracție, precum extracția pe verticală, prin puț, și de evacuare a apelor. S-a abordat cazul controlului automat al unei mașini de extracție auxiliare de la un puț orb. Este cazul minei Livezeni, cu puțul orb numărul 6.

Sistemul de extracție este complex, conținând, pe lângă mașina de extracție, utilajul ajutător și dispozitivele de frânare. Revenind, la baza puțului orb numărul 6 se află stația de evacuare a apei, consistând din trei pompe de tip KSM-125. Două pompe sunt permanente și una este de rezervă.

Avantajele mașinii de extracție cu tobă constau în aceea că asigură un gabarit redus și o mai bună capacitate de înfășurare. Are mase mai mici în mișcarea de rotație și o greutate mai redusă și o relativă simplitate constructivă.

În continuare, sunt prezentate cerințele și specificațiile funcționale și de sistem pentru mașina de extracție. Sunt descrise atât proiectarea acestuia cât și simularea algoritmului de control. Se prezintă codarea utilizând programul Ladder și testarea off-line a sistemului, respectiv de testarea on-line a acestuia.

Spre finalul capitolului, este abordat controlul automat al procesului de evacuare a apei din subteran, prin prezentarea procesului și a algoritmului de control.

Stația de evacuare constă din două pompe care pot funcționa independent pentru evacuarea apei dintr-o incintă în care se strânge toată apa din mină. Parametri tehnici ai incintei fiind cunoscuți, putem determina algoritmul de comandă, chiar și atunci când debitul de intrare a apei în incintă este variabil.

Și pentru acest proces s-a recurs la folosirea diagramei Ladder, folosindu-se deja evidentele metode de testare off-line și on-line a programelor de control.

În Capitolul 6, intitulat „Monitorizarea proceselor din medii cu atmosferă potențial explozivă” sunt prezentate mecanismele de monitorizare. Așa după cum am precizat anterior, monitorizarea se face folosind un program scris în limbaj de asamblare.

Pentru un sistem de transportoare cu benzi, se are în vedere implementarea unui sistem cu cinci intrări și cinci ieșiri.

Se folosește un PC de monitorizare și comandă, care permite comanda automată a transportorului, cu selectarea unui traseu în mod automat cât și manual.

Pentru sistemul de evacuare a apei din subteran, descris în capitolul cinci, programul de monitorizare de asemenea este scris în limbaj de asamblare. Mărimile monitorizate sunt nivelurile de apă și dinamica de evacuare a acesteia.

Acest capitol reprezintă în totalitate contribuția proprie a autorului. Este culminarea unui proces de cercetare-dezvoltare cu privire la automatizarea unor procese industriale în mediu cu potențial exploziv.

În Capitolul 7, intitulat „Concluzii, contribuții și propuneri” se prezintă o listă succintă cu principalele rezultate ale cercetării. Sunt enumerate și câteva propuneri de continuare și dezvoltare a cercetării.

5. CONCLUZII

Contribuțiile tezei sunt aduse prin revizuirea cunoașterii existente în domeniul automatizării specifice atmosferei potențial explozive și al algoritmilor de funcționare al sistemelor de comandă. Aceste cunoștințe sunt aplicate anumitor procese miniere prin:

- descrierea problemelor care apar în cazul utilizării sistemelor de automatizare clasice;
- propunerea unei strategii de comandă și control;
- utilizarea unor echipamente în logică programată.

Aceste cunoștințe au fost dobândite în cadrul Departamentului de Automatică, Calculatoare, Inginerie Electrică și Energetică al Universității din Petroșani, Facultatea de Inginerie Mecanică și Electrică. La aceste cunoștințe se mai adaugă și cei peste 10 ani de muncă în cadrul Complexului Energetic Hunedoare S.A.

Prin utilizarea sistemului informatic descris s-a propus o nouă abordare prin care se elimină dezavantajele prezentate de monitorizarea proceselor miniere prin metodele clasice. Abordarea clasică constă în faptul că informația este transmisă spre/înspre proces prin-un număr mare de cabluri. Această abordare necesită folosirea de echipamente grele de gabarit mare cu cost mare de producție și întreținere.

S-a avut în vedere faptul că bazinul carbonifer Valea Jiului este cel mai important bazin carbonifer al țării. Acest lucru este valabil dacă se ține cont de rezerva de cărbune pe unitatea de suprafață, de calitatea cărbunilor și de experiența acumulată în timp.

Necesitatea comenzilor logice și secvențiale în toate domeniile și în minerit este justificată prin creșterea nivelului tehnologic al proceselor și a asigurării eficienței economice. Actual există foarte puține PLC-uri destinate mediilor de lucru grele cum este cazul industriilor cu atmosfere potențial explozive. Aceasta este principala motivație privind realizarea unui automat programabil folosind PLC-uri în construcție antiexplozivă și siguranță intrinsecă.

Utilizarea unor sisteme microprogramabile de tip microcontroler conduce la reducerea semnificativă a capsulelor de circuite integrate clasice din sistemul digital real. Astfel calea de a reduce la minimum a costului de proiectare și producere a unui sistem digital minier este de a

reducere numărul de componente. Această reducere rămâne un obiectiv realist în cazul utilizării unor automate programabile.

Utilizarea paradigmei „hardware-oriented” în realizarea echipamentelor de monitorizare și control aduce costuri mari. Această orientare afectează fiabilitatea, calitatea, securitatea și sănătatea personalului.

S-a recurs la metode moderne de modelare și simulare, în vederea analizării rezultatelor simulării controlului acționărilor polimotoare, deodată cu optimizarea parametrilor modelului de automatizare. S-a realizat apoi analiza și sinteza programului Ladder de comandă și control. Monitorizarea se face folosind un program scris în limbaj de asamblare.

Cele prezentate mai sus justifică impunerea ca un obiectiv important în realizarea unui PLC (automat programabil) pentru medii potențial explozive.

La realizarea tezei de doctorat s-au utilizat PLC-uri Easy-Moeller 719 DC-RC și bariere de protecție intrinsecă, IDEC EB3C-T16CKD cât și bariere pasive. Aceste echipamente au fost folosite pentru realizarea unui automat programabil cu siguranță intrinsecă de comandă și control destinat mediilor explozive. Automatul a fost folosit pentru simularea unor procese principale din minele de cărbune din Vaea Jiului, în special pentru E.M. Livezeni.

Lucrarea de față tratează simularea unor procese caracteristice atmosferei potențial explozive și anume:

- comanda la distanță simulând funcționarea unui BCDI;
- tăierea cărbunelui din abataj simulând funcționarea combinei de tăiere în cărbune;
- transportul cărbunelui pe orizontală simulând funcționarea unor transportoare cu bandă cu comandă polimotoare;
- transportul pe verticală simulând funcționarea unui puț cu schip orb;
- simularea evacuării apei din supteran cu două pompe.

Realizarea blocului de comandă la distanță cu siguranță intrinsecă are în vedere separarea subsistemelor electrice folosind un circuit rezonant RLC, dar cu o implementare originală. S-a folosit modelarea și simularea pe calculator în mediul Matlab/ Simulink. Această abordare a permis, pe lângă o mai bună înțelegere a sistemului și reducerea numărului de componente hardware costisitoare și înlocuirea lor cu algoritmi software.

Automatul a fost conceput să aibă protecție antiexplozivă și siguranță intrinsecă, siguranța pozitivă funcțională, robustețe mecanică și fiabilitate electrică conform normelor în vigoare.

Arhitectura automatului este orientată spre subprocesele care trebuie controlate în subteran în conformitate cu structura procesului de extracție. Această orientare nu reduce domeniul de aplicație al automatului din punctul de vedere al logicii. Utilizarea lui trebuie privită ca o „cutie neagră” în care ne interesează intrările/ieșirile și funcțiile care sunt disponibile.

Pentru programarea automatului programabil s-a folosit programarea Ladder - sub forma unei scheme de montaj cu elemente serie-paralel. Programele se pot introduce direct folosind interfața microcontroller-ului, sau pentru algoritmi mai complecși se poate folosi suita software

Easy-Soft-Pro.

Platforma experimentală, este de tip hardware-in-the-loop. Monitorizarea se face în limbaj de asamblare, pentru componentele low level.

Partea de software a fost realizată în limbaj de asamblare iar grafica este actualizată în timp-real pe ecranul unui PC realizând:

- reprezentarea fluxului de transport în timp real;
- starea traductoarelor în timp real;
- starea benzi în timp real;
- selectarea unui traseu în mod automat;
- comanda automată sau manuală.

Interfața grafică, prezintă animat funcționarea întregului proces în regim automat, iar în regim manual grafica oferă operatorului uman o foarte bună ghidare și coordonare.

Experimentările de laborator au avut drept scop simularea condițiilor reale de funcționare a sistemului informatic de comandă și control. S-a demonstrat modalitatea prin care algoritmi logici de funcționare concepuți pot fi utilizați în construcția unui sistem informatic construit cu automate programabile cu protecție intrinsecă. Pe baza algoritmului s-a realizat software-ul adecvat destinat mediilor potențial explozive din minele de cărbune.

Schemele și simulările propuse au fost sintetizate cu rolul de a asigura un cost cât mai redus al echipamentului, astfel încât implementarea să fie viabilă.

Concluzia generală a tezei de doctorat o reprezintă faptul că un sistem informatic de comandă și control destinat atmosferei potențial explozive trebuie implementat, în scopul:

- de a reduce riscurile de accidente de muncă;
- de reducere a costurilor de exploatare și a costurilor ce derivă din efectele avariilor apărute în mod intempestiv;
- de a oferi facilitatea operatorului energetic de a fi anunțat din timp cu privire la o viitoare deconectare. Apare astfel posibilitatea de a lua măsuri anticipative de remediere a defectului.

Relevanța temei reiese din faptul că pe plan național procesele tehnologice specifice atmosferelor potențial explozive nu au suferit îmbunătățiri raportate la ultimele realizări în domeniu. Tehnica de lucru, echipamentele și instalațiile folosite sunt în urma cu peste 20 de ani raportat la alte țări din Uniunea Europeană.

Teza de doctorat răspunde acestor deziderate, prezentând metode originale de comandă și control experimentate cu ajutorul unor echipamente de ultimă generație cu siguranță intrinsecă.

Studiul realizat asupra posibilității de modernizare a circuitelor de comandă și protecție oferă un punct de plecare în realizarea unor cercetări aplicative complexe.

În baza experimentării în condiții de laborator am testat și demonstrat capabilitățile și utilitatea folosirii sistemului informatic de comandă și control pentru atmosfere potențial explozive.

6. CONTRIBUȚII

În urma analizei celor prezentate în capitolele tezei de doctorat se pot enumera următoarele contribuții esențiale care au dus la realizarea tezei:

- însușirea cunoștinșelor despre tipurile de substanțe inflamabile a surselor de explozie și modalității de prevenire a acestora;
- însușirea cunoștinșelor despre originea și geologia stratelor de cărbune din Valea Jiului și prezenței metanului în acestea;
- însușirea cunoștinșelor despre normele de securitate a muncii din mediile potențial explosive;
- însușirea cunoștinșelor despre stadiului actual a echipamentelor de monitorizare și control din mediile potențial explozive;
- identificarea surselor de pericol datorate factorilor din mediu carbonifer;
- stabilirea strategiei de supraveghere și control în funcție de stadiul tehnic actual;
- calculul, alegerea și achiziția barierei de protecție cu siguranțe intrinsecă;
- analiza posibilității de folosire a PLC-urilor de tip Moller Easy și a limbajului de tip ladder pentru conducerea proceselor din mediile potențial explosive;
- analizarea posibilităților de realizare a automatului programabil dedicat și a posibilității folosirii acestuia în subteran;
- conceperea și realizarea unui automat programabil în construcție antigrizutoasă și siguranță intrinsecă pentru a corespunde normelor și cerințelor de exploatare în mediu potențial exploziv. Această cerință cuprinde: calculul de proiectare, alegerea elementelor componente, dimensionarea părții mecanice, proiectare hardware-software, simularea și codarea, testare și implementare;
- încapsularea automatului programabil într-o carcasă antideflagrantă;
- realizarea unei platforme de monitorizare și control având integrat în aceasta automatul programabil conceput și bariera de protecție intrinsecă. Platforma trebuie să realizeze controlul automat a principalelor procese din mediile potențial explosive. S-a realizat: modelarea, simularea off-line și on-line, testarea părții software a proceselor stabilite în teză pe platforma de control;
- realizarea, modelarea și simularea blocului de comandă la distanță BCD cu 2 butoane în varianta software. Această realizare a avut ca scop perfecționării blocului de comandă la distanță eliminând în mare parte elementele hardware folosind programarea ladder. Sa simulat caracteristica statică și modul de funcționare a releului utilizând platforma Matlab-Simulink.
- elaborarea, implementare și testare unui CIM dotat cu două benzi transportoare și un robot model SCARA. S-a utilizat platforma concepută cu automatul programabil și motoare de inducție alimentate de la un invertor. S-a realizat determinarea cerințelor, proiectarea, codarea (programarea) și testarea aplicației. Simularea s-a făcut mai întâi off-

line utilizând simulatorul disponibil în Easy-Soft-Pro Rezultatul simulării off-line s-a descărcat apoi în automatul programabil pentru testarea on-line în laborator, pe platforma realizată;

- realizarea controlului automat al pornirii transportorului și combinei din abataj. Elaborarea schemele de pornire secvențială a transportorului și combinei dintr-un abataj mecanizat. Realizarea schemelor bloc, diagramelor de timp și algoritmul de control pentru transportor și combină. S-a realizat simularea off-line și on-line precum și testarea părții hardwre/ software în laborator pe platforma realizată;
- realizarea controlului automat a procesului complex de extracție pe verticală corespunzător unui puț cu schip aplicând automatul programabil conceput și prototipat. S-a realizat: algoritmul de control, schema logică a algoritmului de comandă, modelul mathematic, modelarea și simularea algoritmului de control în Matlab Simulink. Simularea off-line și on-line s-a făcut prin metoda Hardware in the loop sau HIL. Testarea părții hardwre/ software s-a realizat în laborator pe platforma creată;
- realizarea controlului automat a procesului de evacuare a apelor din subteran aplicând automatul programabil conceput și prototipat. Procesul constă din două pompe care pot funcționa independent pentru evacuarea apei chiar și atunci când debitul apei este variabil. Pentru simularea acestui process s-au realizat: schema bloc a procesului și a algoritmului de control, codarea și testare folosirea diagramelor ladder. S-a realizat simularea off-line și on-line precum și testarea părții hardwre/ software în laborator pe platforma creată;
- realizarea controlului secvențial al pornirii acționărilor polimotoare care să permită pornirea secvențială după un anumit algoritm a maxim 4 motoare. treaptă de temporizare între motoare este de 2-4 secunde. Controlul secvențial s-a realizat pentru transportul pe orizontală din abataj a materialului spre buncărele din rampa puțului. Fluxului de transport este format din mai multe transportoare în serie sau ramificate. Pentru simularea acestui process s-au realizat: conceperea modelului mathematic, schema bloc a procesului și a algoritmului de control, modelarea și simularea în Matlab Simulink. S-a realizat simularea off-line și on-line precum și testarea părții hardwre/ software în laborator pe platforma creată;
- utilizarea software-lui de programare Easy-Soft-Pro care folosește programarea Ladder, pentru programarea off-line a proceselor;
- realizarea monitorizării proceselor din medii cu atmosferă potențial explozivă la nivelul local direct prin miniecranul automatului programabil realizat;
- realizarea și utilizarea unui sistem de monitorizare pentru procesele de complexitate medie din subteran realizat în limbaj de asamblare. Pentru monitorizarea proceselor complexe de la suprafață se propune un sistem bazat pe software-le SCADA.
- realizarea prezentarea și publicarea unor lucrări științifice în revistele unor conferințe și simpozioane științifice naționale și internaționale.

7. BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- [1] Abrudean M. - *Systems theory and automatic regulation*, Editura MEDIAMIRA, Cluj-Napoca, 1998.
- [2] Abrudean M., Dulf E., Unguresan M.L. - *Modelling and numerical simulation examples of distributed parameters processes*, IFAC Proceedings Volumes 40 (8), Elsevier, 2007, Pag.129-134.
- [3] Bălan, R., - *Microcontrolere Structură și aplicații*, Editura Todesco, Cluj-Napoca, 2001.
- [4] Bolton W. - *Programmable logic controller*, Elsevier, 2009.
- [5] Bottrill G., Cheyne D., Vijayaraghavan G., - *Practical electrical equipment and installations in hazardous areas*, Elsevier, 2005.
- [6] Coles W., I. Mclean, - *Electrical equipment for flammable atmospheres - enforcement aspects*, Power Engineering Journal, Vol. 14, pp. 210 – 217. Issue 5, Oct. 2000.
- [7] Bogdanffy L., Pop E., **Ilcea G.**, - *HIL Simulation as Rapid Prototyping Method in Control Engineering*, International Journal of Control Systems and Robotics ISSN: 2367-8917 Volum1, 2016.
- [8] Brădeanu N. - *Mașini și utilaje din industria minieră*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1990.
- [9] Davidoviciu A. - *Limbaje de programare pentru sisteme în timp real*, Editura Tehnică, București, 1976.
- [10] Dunning G. - *Introduction to programmable logic controller*, Elsevier, 2006
- [11] Hortopan Gh. - *Aparate electrice*, EDP, București 1988.
- [12] **Ilcea G.**, Pop E., Popa A. I. - *Intrinsic safety and Positive Security with Embedded Software Solution for Equipment's Used in Spaces with Explosive Potential Atmosphere.*- CBUIC- Praga 23 March 2018.
- [13] Iliăș N. - *Grupul de acționare a instalațiilor de extracție MK 5x2, ca obiect al sistemului de reglare automată*, Simpozionul științific " Cercetări și rezultate în știință și tehnică" , Petroșani, 1996.
- [14] Leba M., Pop E., Sochirca B., Vanvu P. - *Modeling, simulation and design of the intrinsic protection using safty barriers*, Proceeding of the 8th WSEAS International Conference on CIRCUITS, SYSTEMS, ELECTRONICS, CONTROL AND SIGNAL PROCESSING (CSECS `09), Perto de la Cruz, Tenerife, Canary Islands, Spain, ISBN 978-960-474-139-7, ISSN 1790-5117.
- [15] Leroux P. - *The operator's viewpoint of the ATEX directive 94/9/EC new regulations and rules for explosive atmospheres in Europe*, Industry Applications Society 52nd Annual Conference on Petroleum and Chemical Industry, 2005, pp. 367 – 376., 12-14 Sept. 2005.
- [16] Kleinberg J., Tardos E. - *Algorithm design*, Addison Wesley, 2005.
- [17] Manolea Gh., Popescu Gh., Draghiciu M.A., Botezatu N. - *Acționări electromecanice* Universitatea, Craiova, 2000.
- [18] Manolea Gh. - *Sisteme automate de acționare electromagnetice*, Editura Universitaris, Craiova, ISBN 973-8043-525-5, 2004.

- [19] Mereș N. - *Instalații de extracție, pompe, ventilatoare și compresoare în industria minieră*. Editura Tehnică, București, 1971.
- [20] Mândrescu C., Pană T., Stoicuța O.- *The control system analysis of the coal flow on the scrapers conveyor in a longwall mining system*, IEEE Applied and Theoretical Electricity (ICATE), 2016.
- [21] Moise, A. - *Automate programabile. Proiectare. Aplicații*, Ed. MartixRom, București, 2004.
- [22] Părăian M.- *Analiza și combaterea electricității statice în industrie în scopul reducerii riscului de explozie*, Editura INSEMEX, Petroșani 2008.
- [23] Muresan V., Abrudean M., Colosi T.- *Analogical Modeling and Numerical Simulation of the Residual Water Blunting Process Used in Metallurgy*, Control Systems and Computer Science (CSCS), 2013 19th International Conference Pag. 268-275, Editor IEEE.
- [24] Păun F., Părăian M., Sicoi S., Ghicioi E., Lupu Le.- *Petricolul de aprindere a atmosferei explozive prin descărcări electrostatice de la om*, Editura INSEMEX, Petroșani 2008.
- [25] Păsculescu M, - *Electrificarea exploatărilor miniere*, Ed Tehnică, București, 1988.
- [26] Pătrășcoiu N. - *Modelarea și simularea sistemelor*, Ed. Focus, Petroșani, 2001.
- [27] Poantă A. - Pătrășcoiu N., *Circuite și echipamente electronice în industria minieră*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1997.
- [28] Pop E. - *Automatizări în industria minieră*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983.
- [29] Pop M., Pop E. - *Conducerea automată a combinelor miniere*, Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti 1997.
- [30] Pop E., Leba M. - *Microcontrollere și automate programabile*, Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti 2003.
- [31] Pop E., **Ilcea G.**, Popa I. A. - *Distance Control and Positive Security for Intrinsic Equipment Working in Explosive Potential Atmospheres*. - Engineering, 16 March 2018, 10, 75-84, ISSN Online: 1947-394X ISSN Print: 1947-3931 DOI: 10.4236/eng.2018.103006. Pag. 75-84.
- [32] Pop E, Bubatu R. - *Teoria sistemelor*, Editura Universitas, Petrosani 2012.
- [33].Vasilescu G.D., Anghelache D.,Vasilescu V.G., **Ilcea G.** -*Modeling the danger of injury when fragments of material result from the detonation of explosive charges* - SAFEX NEWSLETTER No. 64, Suedia, March 2018.