UNIVERSITATEA „ŞTEFAN CEL MARE” SUCEAVA
FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ ŞI ŞTIINŢA CALCULATOARELOR
Domeniul: Inginerie Electrică

CONTRIBUȚII TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE CU PRIVIRE LA PERFECȚIONAREA ȘI IMPLEMENTAREA UNOR SISTEME DE MONITORIZARE A LINIILOR DE FABRICAȚIE

REZUMAT

Conducător ştiinţific:
Prof. univ. dr. ing. Dan Laurențiu MILICI

Autor:
Ing. Sergiu Dan Pața

Suceava – 2019

CUPRINS

Introducere…….…….…....			7	2
Capitolul 1 – Sisteme distribuite-Generalități.....…….....			11	
	1.1 Introducere în instrumentația distribuită.....		11	
	1.2 Istoricul sistemelor automate și al celor distribuite.....		11	
	1.3 Clasificarea sistemelor automate.....		20	
		1.3.1 Sistemele automate de comandă.....	20	
		1.3.2 Sistemele de control automat.....	21	
		1.3.3 Sistemele de reglare automată.....	22	
	1.4 Comunicația între sistemele distribuite.....		25	
		1.4.1 Protocolul de comunicație serial.....	27	
		1.4.2 Protocolul de comunicație Ethernet.....	29	
		1.4.3 Alte tipuri de comunicație folosită de sistemele distribuite.....	31	
	1.5 Concluzii.....		34	
Capitolul 2 –Sisteme distribuite de control al proceselor în industria alimentară de îmbuteliere a băuturilor.....			35	7
	2.1 Generalități		35	
	2.2 Fabricarea recipientelor PET.....		36	
	2.3 Clătirea, umplerea și aplicarea dopurilor.....		43	
	2.4 Etichetarea recipientelor din PET		48	
	2.5 Formarea baxurilor		51	
	2.6 Paletizarea și înfolierea paleților.....		53	
	2.7 Concluzii		59	
Capitolul 3 – Analiza unui sistem de prevenție a întreținerii accidentale a unor utilaje controlate de un sistem automat			60	8
	3.1 Descrierea sistemului inițial.....		60	
	3.2 Date experimentale inițiale		65	
	3.3 Sistem de management al activităților de întreținere- finalizarea unei idei experimentale.....		73	
	3.4 Concluzii		78	
Capitolul 4 – Sistem de monitorizare a unei stații de preparare a aerului comprimat			79	12
	4.1 Descrierea soluției tehnice.....		79	
	4.2 Studiul experimental		85	

	4.3 Sistemul evoluat de monitorizare a stării și management al compresoarelor de aer legate într-o stație de producție a aerului comprimat ...	91	
	4.4 Concluzii.....	94	
Capitolul 5 – Sistemul de management al logisticii: controlul activității motostivuitoarelor într-o fabrică		96	19
	5.1 Descrierea sistemului de management.....	96	
	5.2 Date experimentale	103	
	5.3 Concluzii.....	108	
Capitolul 6 – Metodele de ridicare a eficienței cuptoarelor de încălzire a preformelor prin folosirea de dispozitive auxiliare.....		110	23
	6.1 Metodele existente	110	
	6.2 Sistemul de recuperare a energiei din aerul cald și folosirea acestuia în alte scopuri	113	
	6.3 Sistemul de monitorizare a temperaturii pe segmente de cuptor	117	
	6.4 Folosirea lămpilor tip Silver Coated.....	121	
	6.5 Concluzii.....	125	
Capitolul 7 - Concluzii finale.....		126	30
	7.1 Elementele preliminare.....	126	30
	7.2 Contribuțiile teoretice.....	126	30
	7.3 Contribuțiile practice și experimentale.....	127	31
	7.4 Perspectivele de dezvoltare ulterioară a temei.....	129	33
Glosar de termeni.....		131	
Referințe bibliografice…….....…….....		136	34
Anexe.....		148	

INTRODUCERE

Ne găsim într-un proces de continuă industrializare și totodată de evoluție a acestuia; vremurile pe care le trăim fiind începuturile erei industriale 4.0. Omul din cele mai vechi timpuri a încercat să își dezvolte diverse unelte pentru a-și ușura munca. Evoluția artefactelor necesare ușurării muncii a fost întărită de dorința de progres și de nevoia de stabilitate. Evoluția uneltelor a început la omul culegător, care consuma totul crud și care a descoperit focul, apoi vânătoarea, creându-și unelte necesare acestor activități. Tot omul a fost capabil să domesticească animalele apoi să le folosească pentru trebuințele curente, utilizând forța acestora. Și nu s-a oprit din căutare, ba chiar a reușit să stăpânească apele, navigând și încet, a reușit să cucerească întreaga planetă. Odată ce a reușit să fie stăpânul acesteia și al resurselor, omul a încercat să își facă viața mai ușoară și a început să își gândească utilaje, să producă pentru binele lui și al celorlalți semeni. Prin progres intelectual, creativitate și inovare, omenirea a reușit să pună bazele unei societăți bazate pe o industrie ce oferă capacitatea de a obține cele necesare vieții în cantități mari și într-un timp scurt.

Prima revoluție industrială a avut debutul la sfârșitul anilor 1700 în Marea Britanie prin mecanizarea industriei textile și a continuat cu utilizarea pe scară largă a motorului cu abur. O a doua revoluție industrială a avut loc odată cu declanșarea producției în masă și a apariției primei linii de asamblare, continuând cu implementarea pe scară largă a electricității și a motorului electric. Folosirea elementelor programabile în industrie și automatizarea proceselor a declanșat cea de cea de a treia revoluție industrială, care trage un semnal de alarmă pentru omenire, deschizând orizonturile unor noi oportunități, ce au la bază producția de energie și combustibili regenerabili. Apărută din cauza faptului că mecanizarea este utilizată pe scară largă și reprezintă principalul consumator energetic de pe planetă, iar Pământul nu mai poate oferi resurse neregenerabile pe termen lung, societatea creează conceptul de dezvoltare durabilă. De la o revoluție la cealaltă s-au dezvoltat procese economice mai eficiente și fără a mai face uz de munca fizică a omului. De-a lungul istoriei, comunitățile au înțeles greșit revoluțiile industriale și au fost tot timpul contra acestora. Încă de la prima revoluție industrială observăm că oamenii au încercat să o saboteze pentru a nu-și pierde locul de muncă. Mai târziu, după trecerea către industria digitală se poate observa că tot ei s-au opus folosirii echipamentelor automate. Societatea, ca un întreg, se pare că a ignorat permanent progresul industrial, rămânând continuu cu un pas în urma înțelegerii eficienței create de știință, inginerie și tehnologie[175].

Industria alimentară este una dintre cele mai importante industrii pentru societate, fiind latura economică ce are nevoie de o continuă dezvoltare, impusă de creșterea populației pe glob, dar și de nevoia de creștere a standardelor de viață. Deoarece produsele acestei industrii sunt consumate de către om, este foarte important ca industria alimentară să ofere produse cât mai sigure, cât mai ieftine și cât mai ușor de fabricat. Această industrie va sta în viitor la baza dezvoltării umanității, va ajuta la eradicarea unor boli ce există în acest moment și va garanta un anumit standard de viață. Pentru a face acest lucru, este necesar ca industria alimentară să

beneficieze de cele mai noi tehnologii, să inoveze continuu și să găsească posibilitatea de a produce în condiții de siguranță alimentară. A patra revoluție industrială pentru acest domeniu înseamnă o capacitate mai mare de producție cu aceleași resurse utilizate în acest moment, sau reducerea consumurilor concomitent cu crearea unor produse mult mai sigure. Odată cu posibilitatea de a avea informații exacte legate de modul de fabricație, se poate determina foarte ușor dacă există probleme de calitate a produselor finite ce pot ajunge pe masa consumatorilor finali[171]. Totodată *Industry 4.0* înseamnă pentru industria alimentară reducerea resurselor consumate în procesul de fabricație, un impact mai mic asupra mediului (mai ales prin ambalajele folosite) și posibilitatea de a anticipa eventualele probleme ale echipamentelor, lucru ce poate conduce în final la produse mai sigure și mai ieftine pentru consumatori. Așa cum afirma Joe Kaeser (președintele concernului Siemens AG) „A patra revoluție industrială nu se referă doar la tehnologie și afaceri, ci la societate în întregul ei".

Toate capacitățile din industria alimentară sunt sisteme complexe, create de om, și permit o funcționare normală și corectă doar într-o interconectare justă cu mediul natural (prin materia primă utilizată și prin amprenta ecologică generată), cu mediul economic prin legăturile avute cu agricultura, cu celelalte industrii (energetică, a automatizărilor, chimică, ...), cu mediul social prin furnizarea și distribuirea optimă și la timp a produselor, cu ritmurile naturale (sezoane, anotimpuri, etc). Această simbioză complexă stabilește dinamica producției în industria alimentară și necesită control și predictibilitate la toate nivelurile printr-o abordare transdisciplinară.

În primul capitol al tezei sunt prezentate informații generale despre sistemele distribuite precum și principiile care stau la baza sistemelor moderne și care au condus la apariția revoluției industriale 4.0. În acest capitol sunt prezentate și sistemele automate de reglare și control, prin istoria și clasificarea lor, sisteme care ne demonstrează faptul că omul a început această eră a dezvoltării mijloacelor de producție, destul de devreme. De la istoria sistemelor automate, primul capitol prezintă evoluția tehnologiilor, primele sisteme distribuite și sistemele moderne folosite pentru a dezvolta noi aplicații. Sunt prezentate și elemente de bază referitoare la transmisia digitală a informației. Elementele de instrumentație distribuită sunt definite ca sisteme digitale ce conțin senzori diverși, plasați într-un spațiu larg, interconectați prin rețele complexe de comunicație, împărțind anumite resurse de calcul, pilotând și structurând un echipament complex, capabil de a duce la bun sfârșit executarea unei sarcini.

Al doilea capitol prezintă ecosistemul industrial al echipamentelor distribuite folosite pentru a îmbutelia produse alimentare în flacoane. Descrierea acestor utilaje este prezentată atât din punct de vedere funcțional cât și din punctul de vedere al particularităților impuse sistemelor distribuite. Aceste linii de fabricație sunt sistemele ce stau la baza contribuțiilor teoretice și experimentale din teză. Elementul central al preocupărilor specialiștilor din industria alimentară este asigurarea confortului și a sănătății populației prin respectarea unor norme clar reglementate internațional, concomitent cu nevoia de a micșora costurile de fabricație în condițiile unui impact redus asupra mediului prin limitarea consumului de resurse și a deșeurilor.

Sunt astfel prezentare principalele mașini și echipamente de pe liniile de fabricație precum și sistemele auxiliare, care trebuie sincronizate, astfel încât să nu apară întreruperi pe

fluxul de producție, rebuturi sau posibile contaminări, care să afecteze calitatea produsului finit și implicit sănătatea consumatorilor.

Capitolul al treilea prezintă proiectarea, implementarea și analiza unui sistem de prevenție a activităților de întreținere accidentală, care poate avea două variante constructive. Prima variantă se bazează pe măsurarea parametrilor de alimentare a motoarelor cu energie electrică prin care toate informațiile preluate de la senzori sunt trimise către un server care le procesează, apoi le stochează. Sistemul este capabil de a folosi informațiile legate de avarii ce au existat, pentru a anunța echipa tehnică în cazul în care un eveniment se repetă. A doua variantă se bazează pe un sistem distribuit ce comunică prin rețeaua internă a sistemelor automate de pe mixerul de preparare al apei carbonatate, iar sistemul propus este capabil de a opri utilajul de umplere și a anunța personalul competent spre a verifica și rezolva problema.

Sistemul de prevenție a întreținerii accidentale propus, are structura unui sistem de instrumentație distribuit, cu elemente-standard, poate fi personalizat prin tipul senzorilor folosiți la preluarea semnalului și prin câteva elemente de software și dacă este aplicat la scară largă poate sesiza o gamă mare de avarii pe liniile de fabricație și poate micșora cu până la 30 % pierderile.

În capitolul al patrulea sunt prezentate două variante constructive ale unui sistem de monitorizare și control al unei stații de preparare a aerului comprimat, proiectate, implementate și testate de către autor. În prima variantă a sistemului se prezintă un mod de optimizare a pornirilor compresoarelor pe baza unui algoritm specific, optimizarea folosirii acestora și posibilitatea de a reduce activitățile de întreținere și opririle neprogramate. O a doua variantă constructivă a sistemului este cea care interacționează cu utilajele consumatoare de aer comprimat și care folosește compresoarele după necesitățile de aer de pe liniile de fabricație, sistemul fiind unul mai predictibil. S-a realizat o analiză a impactului sistemelor propuse asupra consumurilor energetice (cunoscut fiind faptul că la pornire, agregatele necesită curenți mari) dar mai ales asupra cheltuielilor corespunzătoare consumabilelor și operațiilor de întreținere, precum și a numărului de intervenții neprogramate la stația de compresoare.

Sistemele propuse au la bază un controler ce rulează algoritmul structurat pe compresoarele existente și sunt adaptabile în funcție de performanțele și caracteristicile acestora, precum și de necesarul de aer comprimat pe liniile de fabricație.

Informații despre proiectarea, implementarea și testarea unui sistem de management al logisticii și al fluxurilor de materie primă și produse în depozitul fabricii, sunt prezentate în capitolul al cincilea. Sistemul propus este format dintr-un server de locație, un server de management al depozitului și din mai multe dispozitive montate pe motostivuitoare, ce sunt conectate la o rețea de comunicație fără fir de tip Internet of Things și care au cititoare RFID. Serverul de locație, folosindu-se de rețeaua fără fir reușește să stabilească poziția fiecărui dispozitiv, iar în funcție de aceasta și de informațiile pe care le are de la serverul de management al depozitului, va trimite diverse acțiuni pe care operatorul motostivuitorului să le execute, obținându-se astfel o scădere a distanțelor parcurse de motostivuitoare și prin urmare, scăderea timpilor de manipulare și încărcare, reducerea consumurilor de energie și optimizarea activității operatorilor de motostivuitor. Sunt prezentate totodată problemele apărute în implementarea

sistemului și modul cum acestea au fost eliminate dar și limitările apărute datorită performanțelor subsistemelor utilizate, toate puse în evidența în cadrul fazei de testare.

În cel de al șaselea capitol al tezei sunt propuse o serie de soluții tehnice pentru a crește eficiența energetică a cuptoarelor de încălzire a preformelor, înainte de procesul de suflare. O soluție tehnică implementată se bazează pe recuperarea energiei termice din cuptor, încălzirea cu aceasta a aerului de admisie și a mediului ambiant pentru reducerea gradienților de temperatură. Cea de a doua propunere are la bază un sistem de măsură în mai multe puncte a temperaturii de încălzire a preformelor ce sunt introduse în cuptor, în funcție de specificațiile tehnice ale preformelor (furnizate de producător), sistemul fiind capabil să sugereze modificări ce se pot face la modul de alimentare al lămpilor IR. O a treia soluție propusă și testată este folosirea lămpilor de tip SilverCoated, lămpi care nu sunt o noutate în domeniu, dar care ar putea fi folosite cu succes în aceste aplicații industriale, dacă se realizează controlul precis al sistemului de alimentare și adaptarea acestuia la nivelul fiecărui utilizator.

Sistemele propuse în acest capitol permit reducerea substanțială a rebuturilor la mașinile de suflat preforme în condițiile în care materia primă are caracteristici diferite de la furnizor la furnizor, iar tendința mondială de reducere a poluării cu material plastic a mediului impune obținerea unor ambalaje cat mai subțiri, ușoare și realizarea acestora din materiale care să fie ușor și ieftin colectate și reciclate.

Concluzii finale rezultate în urma studiilor și a cercetărilor efectuate, precum și a implementării și testării soluțiilor tehnice propuse sunt prezentate în capitolul al șaptelea. Sunt enumerate aici principalele realizări ale autorului în domeniul temei, precum și perspectivele de dezvoltare ulterioară a acesteia.

Lucrarea se încheie cu un glosar de termeni tehnici utilizați în cadrul lucrării și o bibliografie ce au stat la baza realizării tezei. Sunt enumerate lucrările științifice publicate de către autor și cererile de brevete de invenție în domeniul temei sau în domenii conexe.

Capitolul 1
SISTEMELE DISTRIBUITE. GENERALITĂȚI

Elementele de instrumentație distribuită sunt sisteme de calcul ce conțin senzori, interconectați, împărțind anumite resurse pentru a duce la bun sfârșit executarea unei sarcini. Acestea sunt capabile de a împărți resursele disponibile fără a fi nevoie de o sincronizare a tactului între elementele software ale sistemului, fiecare componentă singulară având capacitatea de a nu a fi afectată în momentul în care una dintre celelalte componente are probleme.

Un prim pas ce a dus la apariția sistemelor distribuite a fost făcut de către compania Bell, care a creat primul modem ce putea transmite informații în mod binar pe o linie telefonică. În anul 1961 un student din cadrul Institutului de Tehnologie Massachusetts, pune bazele transferului de date între sisteme de calcul cu ajutorul comutației asincrone. Aceasta presupunea crearea unor pachete de date de mici dimensiuni ce pot fi transmise între două sisteme de calcul într-un mod rapid. Pachetele recepționate sunt readuse la forma inițială de către sistemul de calcul receptor și apoi sunt folosite de acesta. Avantajul acestui tip de comunicație față de cel

binar este că nu ține blocată linia de comunicație în timpul procesării și al transmisiei datelor. Astfel primele elemente de instrumentație distribuită au apărut odată cu debutul rețelei ARPANET, în anul 1967 prin care Ministerul Apărării al Statelor Unite ale Americii, creează o rețea de comunicații între calculatoare prin care se putea imprima, transmite fișiere și accesa alte calculatoare la distanță. [109]

Un domeniu al elementelor de instrumentație distribuită, foarte important pentru dezvoltarea sistemelor industriale este cel al sistemelor automate.

Evoluția sistemelor automate a fost generată de inteligența umană și de nevoia de dezvoltare. Astfel, omul a descoperit că prin inovație poate reuși să fie mult mai productiv, să muncească fizic mai puțin, și să aibă bunăstare[166].

Sistemele de fabricație contemporane sunt rezultatul unor etape succesive de dezvoltare a sistemelor de producție, având la bază evoluţia, cunoașterea și inovarea. Evoluția este întâlnită peste tot în natură și societate, de la macrocosm la microcosmos. Așa după cum rezultă din Teoria Constructală a lui Adrian Bejan "*nimic nu se mișcă și nu se schimbă fără putere, adică fără să fie forțat să o facă. Puterea e distrusă imediat prin mișcare, prin efortul de a înlătura mediul înconjurător. Libertatea de a-și schimba forma, ritmul și direcția, adică libertatea de a evolua în timp, e cea mai de bază proprietate fizică a oricărui obiect în natură*."

Capitolul 2

SISTEMELE DISTRIBUITE DE CONTROL AL PROCESELOR ÎN INDUSTRIA ALIMENTARĂ DE ÎMBUTELIERE A BĂUTURILOR

Industria alimentară este o ramură a industriei care contribuie la confortul și sănătatea populație. Această industrie are de la an la an o creștere tot mai mare, datorită creșterii populației globului, dar și a creșterii nivelului de trai. Odată cu creșterea nivelului de trai, cerințele consumatorilor sunt din ce în ce mai mari, lucru ce face ca industria alimentară să se dezvolte din punct de vedere calitativ și cantitativ[171].

Procesul de îmbuteliere al apelor minerale în recipiente PET este unul destul de complicat, având în vedere faptul că recipientul este de fapt un prefabricat, iar procesul trebuie să prelucreze un produs finit în mai multe stagii. Procesul de îmbuteliere este descris în Fig. 2.1.

La nivel mondial îmbutelierea în recipiente PET a luat o foarte mare amploare, deoarece standardele de calitate au crescut, iar acest tip de ambalaj este unul destul de ușor de procesat, cu o greutate redusă, ieftin, dar și foarte practic când este folosit de către consumator[169].

Evoluția sistemelor de îmbuteliere automată a lichidelor în recipiente PET nu este una îndelungată, totul s-a petrecut în ultimii 30 de ani pe fondul evoluției și consumului din ce în ce mai mare al produselor îmbuteliate, dar și datorită capacității de procesare a maselor plastice mult mai ușor. Odată cu creșterea standardelor de calitate și a standardelor de igienă, îmbutelierea produselor alimentare a tins spre ceea ce înseamnă în momentul de față siguranța consumatorului[165].

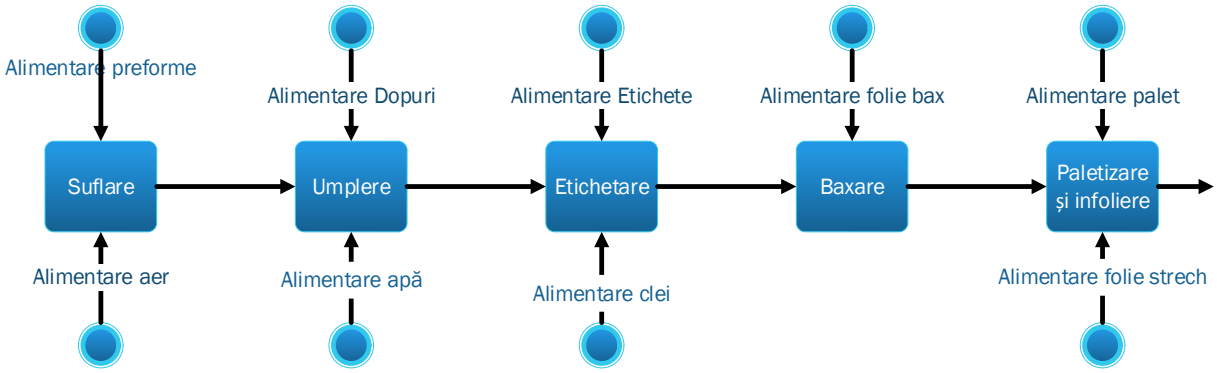


***Fig. 2.1**. Schema bloc a liniei de îmbuteliere PET[168][169]*

Capitolul prezintă complexitatea liniilor de îmbuteliere a băuturilor, structura acestora, problemele ce pot apărea în procesul de producție, modul de conexiune și sincronizare a sistemelor ce compun un astfel de echipament[173]. Capacitatea mare de producție înregistrată în astfel de întreprinderi se bazează pe înglobarea sistemelor digitale de control, creșterea numărului de senzori utilizați, introducerea acționărilor electrice ce permit controlul fin al vitezei și înlocuirea tot mai mare a sistemelor pneumatice, dar și sincronizarea folosind sisteme distribuite de comandă și control.[164]

Există în continuare probleme ce așteaptă rezolvare în această industrie a băuturilor ambalate: reducerea impactului asupra mediului, reducerea cantității de material plastic începând de la nivelul recipientului şi a dopului şi terminând cu foliile de rigidizare a paleților, reciclarea şi refolosirea ambalajelor, folosirea unor materiale auxiliare biodegradabile, etc. Cu siguranță aceste probleme vor fi minimizate şi rezolvate într-un viitor apropiat[168].

Capitolul 3

ANALIZA UNUI SISTEM DE PREVENȚIE A ÎNTREȚINERII ACCIDENTALE A UNOR UTILAJE CONTROLATE DE UN SISTEM AUTOMAT

În industrie, oprirea unor utilaje în mod neașteptat poate duce la pierderi enorme, în acest domeniu făcându-se investiții uriașe pentru a menține liniile de producție într-o stare cât mai bună, fără a avea surprize neplăcute. În general, procedurile care se aplică în acest moment sunt reviziile programate, care se fac de obicei la o perioadă bine determinată, de către o echipă de tehnicieni de întreținere. În timpul acestor revizii se înlocuiesc părți ale mașinii care s-au defectat în cazul altor utilaje identice la același număr de ore de funcționare sau părți care sunt deja uzate. Tot pentru a evita opririle neprogramate, fiecare utilaj vine cu un manual de întreținere programată, în care sunt specificate piesele necesare a fi schimbate, în cazul în care se dorește evitarea întreruperii accidentale. Aceste revizii sunt costisitoare, iar uneori, în urma acestora se înlocuiesc piese care nu sunt necesar a fi schimbate, lucru ce are și impact mare asupra mediului înconjurător [11].

Sistemul propus, destinat prevenției întreținerii accidentale este o platformă formată dintr-un sistem de tip Cloud Computing cu mai multe dispozitive IoT care sunt conectate la Internet sau la o rețea locală. *Serverul Cloud* stochează toate datele colectate de la dispozitivele IoT și când apare o problemă pe unul din utilajele monitorizate, poate determina ce parametri au fost modificați în ultimele ore de lucru înainte de apariția acelei avarii. Toate valorile obținute de la dispozitive sunt procesate de unitatea de control și din când în când, datele sunt trimise computerului de management al întreținerii. Acest computer trebuie să cunoască toate acțiunile de întreținere, introduse manual de echipa de întreținere.[146] Transmisia de date între dispozitivele IoT și Cloud Computer este efectuată printr-o rețea locală fără fir și fiecare dispozitiv IoT este identificat de Cloud Computer printr-o adresă IP. Datele de identificare sunt stocate pe computerul ce are instalată aplicația de întreținere, având posibilitatea de a fi accesate oriunde pe Internet, dacă utilizatorul are acces la acel computer[8][69]. Structura generală a sistemului de prevenție a întreținerii accidentale este prezentată în figura 3.1.

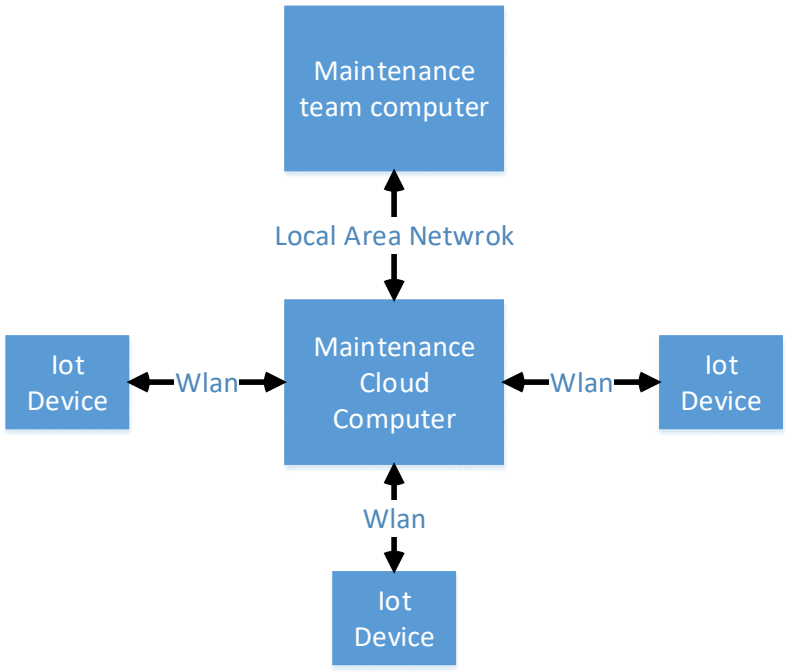


Fig.3.1. *Structura sistemului de prevenție a întreținerii accidentale[162]*

Sistemul se autodezvoltă în timpul funcționării devenind sistem expert, deoarece toate informațiile pe care le stochează pe server ajută din ce în ce mai multe echipamente monitorizate în a opri avariile neprogramate. Fiecare componentă care este monitorizată va oferi experiență sistemului, deoarece toate evenimentele vor fi trimise online și toate informațiile despre comportamentul componentelor sunt în sistem[172]. În cazul în care comportamentul componentei monitorizate începe să fie diferit de cel știut de sistem, acesta va da alarma despre acest nou comportament [26].

Diagrama logică este prezentată în Fig. 3.3.

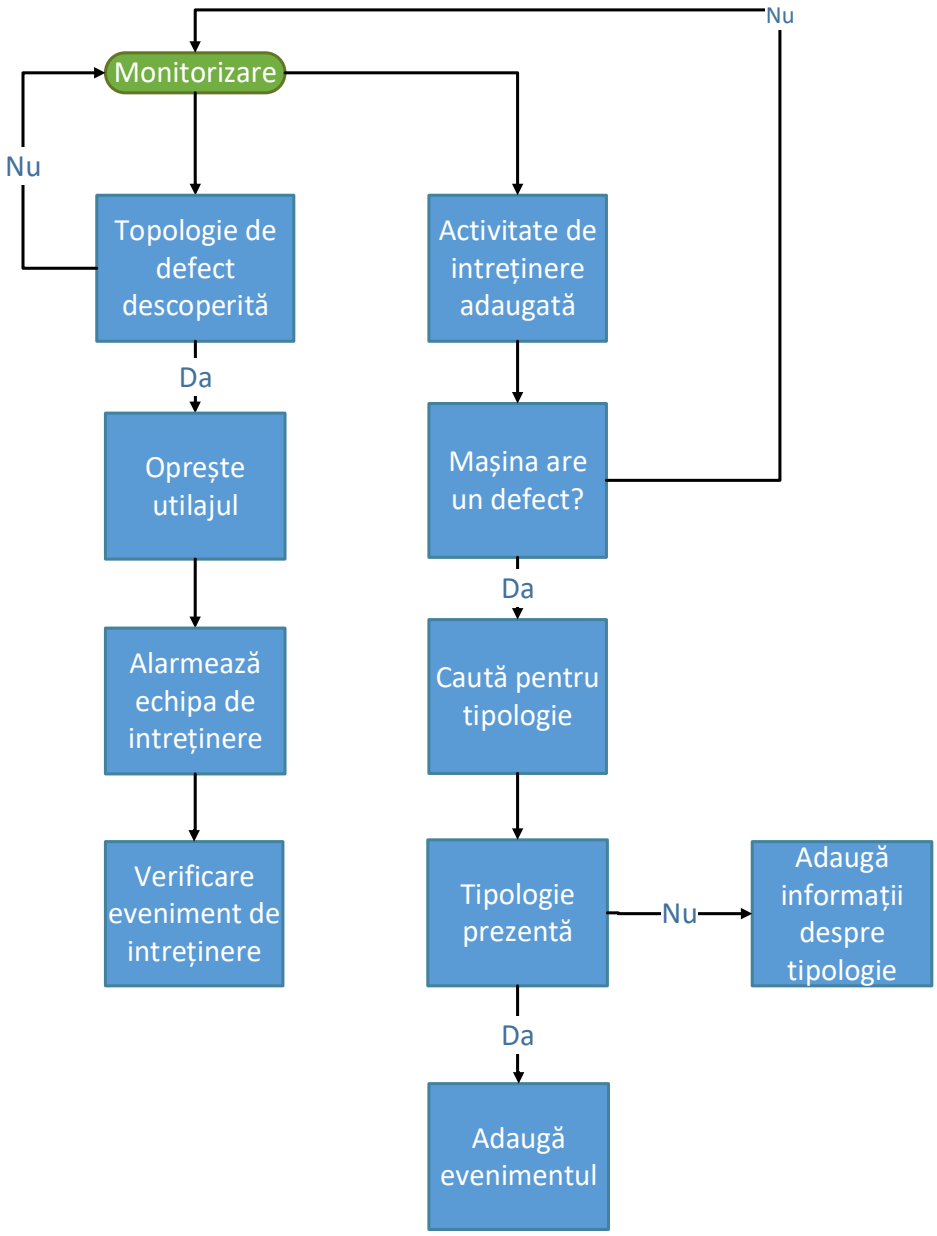


Fig.3.3. *Tipologia software al dispozitivului[162]*

În sistemul de monitorizare au fost înregistrate aproximativ 12 motoare cu puteri între 0,55 KW și 1,5 KW, 36 senzori cu efect Hall, 23 de senzori de temperatură și 3 debitmetre de aer.

Motoarele electrice au instalate în cutia de borne a acestora un dispozitiv de măsurare a tensiunii de alimentare și a curentului consumat de către motor. Aceste dispozitive au rolul de a monitoriza comportamentul motorului în funcție de defectul apărut [100][163].

Pentru a face monitorizarea echipamentelor în mod experimental am folosit o placă electronică ce este compusă dintr-un microntroler ATMega Atmel 328, conectat la un microprocesor ESP8266, ce este responsabil pentru partea de comunicație. Pentru a citi curentul consumat de echipamente am folosit un senzor de curent de tip ACS712, iar pentru a citi tensiunea de alimentare am folosit o schemă proprie[167].

O continuare a ideii descrise mai sus este un sistem implementat online. Acest sistem este unul ce ajută la gestionarea tuturor activităților de întreținere dintr-o unitate de producție. Astfel, s-a renunțat la preluarea datelor cu ajutorul microcontrolerelor, preluarea acestora fiind făcută fie din sistemele automate de control al utilajelor, unde a fost posibil accesul, fie prin tratarea semnalelor de intrare sau de ieșire a automatelor programabile. Astfel sistemul preia toți timpii de oprire dintr-un schimb și legătura acestora cu anumite semnale ce sunt monitorizate. Aceste informații se regăsesc în aplicația online, iar în momentul când se face raportarea producției și a evenimentelor prezente pe linie pe acel schimb, sistemul va primi informații legate de problemele de pe liniile de producție.

Un exemplu de aplicație monitorizată cu ajutorul acestui tip de sistem este în cazul liniilor de îmbuteliere a apelor minerale, monitorizarea unor sisteme de mixare a apei cu dioxid de carbon. Sistemul propus preia temperatura apei și presiunea din vasul de carbonatare. Acești 2 parametrii sunt foarte importanți pentru obținerea unei cantități exacte dioxid de carbon în produsul finit.

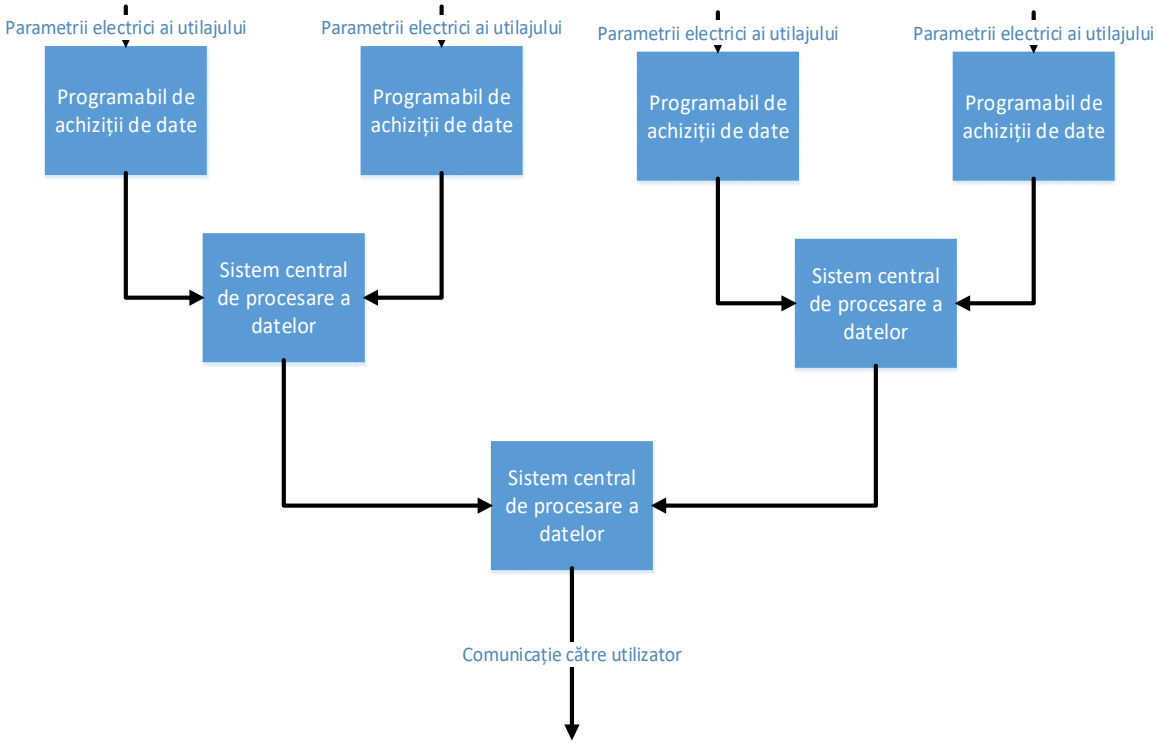


Fig.3.12. *Schema sistemului de monitorizare a utilajelor de mixare a băuturilor cu CO_2*

Toate semnalele sunt preluate de automatele programabilele de achiziție de date și sunt procesate de către sistemul central de achiziție de date. În momentul când sistemul central de achiziție de date detectează o problemă legată de presiune, temperatură, sau dată de semnalele din mixer, acesta va trimite mai departe toate informațiile prezente și sistemul de procesare a evenimentelor va decide care este problema apărută. Sistemul central de procesare a datelor dacă va identifica problema, va trimite înapoi către sistemul central de achiziție de date informații legate de problemă, pentru a fi confirmate de către operator și la nevoie îi va oferi informații tehnice. În cazul în care prezența informațiilor nu poate duce la identificarea unei probleme

cunoscute, se va trimite o notificare echipei de întreținere pentru a analiza problema. Același lucru se întâmplă dacă problema persistă și operatorul nu o confirmă. Comunicația dintre sistemul central de achiziție de date și sistemul de procesare a datelor se face cu ajutorul comunicației Ethernet, iar sistemul de procesare a datelor este o aplicație de tip SCADA, ce procesează datele și le trimite mai departe în funcție de informațiile prezente. Toate datele primite de la sistemele centrale de achiziții de date sunt stocate de către sistemul de procesare a datelor. Sistemul de procesare a datelor trimite către aplicația online informații legate de funcționarea sistemelor de monitorizare, care, la nevoie poate trimite alerte către dispozitivele mobile ale echipei de întreținere în cazul unor probleme apărute.

Pentru a realiza proiectul am folosit un PLC produs de către LSIS, soluția celor de la LG pentru automatizările industriale tipul XGB- DN20SU. Acesta este un PLC ce are ieșirile pe tranzistoare, cu alimentare la 240V curent alternativ, 12 intrări de 24V curent continuu și 8 ieșiri digitale pe tranzistori, ce permit 0.5A pe fiecare ieșire. Pentru a putea citi temperatura și presiunea din partea de carbonatare a mixerului am folosit un modul de extensie pentru PLC, XBO-AH02A, ce permite citirea semnalelor analogice de la senzori. Pentru a face acest lucru la această extensie folosim un senzor tip PI2093 de la IFM, care este un senzor multiparametru, capabil să citească presiunea între -1Bar și 25 Bar. Transmisia datelor dintre cele 3 PLC-uri care fac monitorizarea a trei utilaje de preparare a apei carbonatate se face prin RS485 către un HMI produs tot de LG, XP30-TTA/DC, ce are o dimensiune de 5,7 inch și este prezent în holul de acces al halei de producție. Acesta este conectată prin rețeaua locală, la internet, pentru a trimite alerte în cazul în care se detectează anomalii.

În viitorul apropiat fabricile vor produce automat milioane de produse destinate pieței și va apărea o mare problemă în ceea ce privește întreținerea accidentală pe liniile de fabricație. Chiar dacă inteligența artificială va permite roboților să facă tot ceea ce face omul acum fără ca factorul uman să fie prezent, întreținerea accidentală va genera opriri pe aceste linii industriale coordonate de roboți producând pierderi susbstanțiale. Așadar, viitorul ne va schimba, ca tehnologi, rolul într-o întreprindere productivă din simpli executanți, în operatori ce vor rezolva probleme generate de evenimente neprevăzute. Primul pas pentru a rezolva problemele neprevăzute este de a implementa sisteme de predicție pentru toate evenimentele care pot apărea pe mașină. Acest echipament trebuie să aibă capacitatea de a opri liniile de fabricație mai devreme de a avea un eveniment imprevizibil major. Astfel de tehnologii nu sunt prezente acum pe liniile de fabricație livrate de producători, dar există preocupări pentru implementarea lor cu scopul de a reduce costurile de întreținere la nivelul fiecărui utilizator.

Capitolul 4

SISTEM DE MONITORIZARE ȘI CONTROL AL UNEI STAȚII DE PREPARARE A AERULUI COMPRIMAT

Aerul comprimat este cea mai scumpă formă de energie utilizată în industrie. Primele sisteme automate bazate pe diagrame logice au fost construite pe dispozitive pneumatice. Toate

semnalele într-un sistem automatizat aveau la bază presiunea aerului. Acum, toate sistemele de automatizare au tendința de a fi acționate electric și aproximativ 30% dintre automatizările din industrie sunt produse de aer comprimat. Aceste dispozitive pot fi utilizate în orice mediu fără probleme date de explozii sau umiditate etc.[128]

În continuare, vom studia comportamentul unor compresoare care produc o presiune de 10 Bar folosită pentru acționările pneumatice într-o linie de producție din industria alimentară.

Stația de aer comprimat studiată are următoarele componente:

Sigma 1: compresor cu o capacitate redusă de producere a aerului: 2 l/s. Acesta are cel mai mic preț pentru consumabile, dar ele sunt schimbate la un număr fix de ore de lucru, la un timp scurt cerut de un controler al compresorului[161].

Sigma 2: compresor cu o capacitate redusă de producere a aerului: 2,85 l/s. Prețul consumabilelor este mai mare decât la Sigma 1, iar acestea sunt schimbate la o anumită perioadă, cerută de către un controler al compresorului [161].

Sigma 3.1: compresor cu o capacitate medie de producție de aer: 5,55 l/s. Acest compresor este utilizat pentru a produce o cantitate mare de aer. Consumabilele pentru acest compresor au cel mai mare preț, dar nu este necesar serviceul la intervale de timp scurt. Din când în când, acest compresor are nevoie de o întreținere generală pentru a rezolva toate problemele. Toate consumabilele dar și întreținerea generală este programată de către un controler prezent pe compresor[161].

Sigma 3.2: Compresor identic cu Sigma 3.1[161].

În Fig. 4.1. se poate observa configurația compresoarelor, fiind evidențiat modul de conectare, și modul de folosire a acestora.

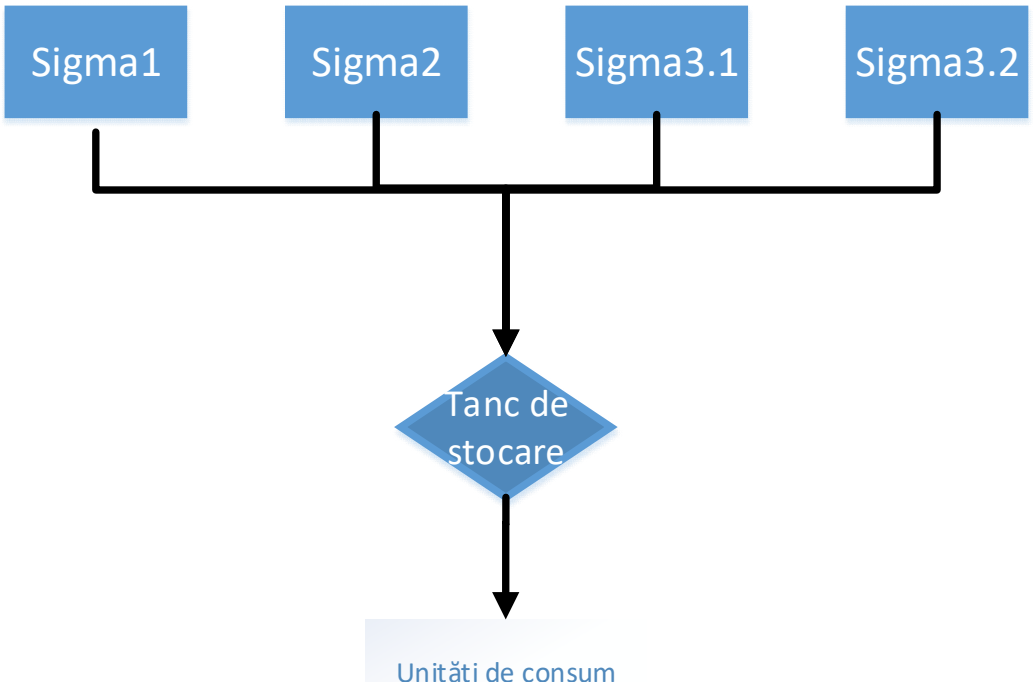


Fig. 4.1. *Configurația stației de compresoare studiate*[161]

Toate compresoarele sunt controlate de controlere logice, unul pentru fiecare compresor, care primește semnale de la mai mulți senzori prezenți pe mașină. Când presiunea din rezervorul comun coboară, compresorul pornește și când se atinge presiunea de 10 Bar în acest tanc, compresoarele se vor opri. Toate motoarele de la compresoare sunt controlate de un dispozitiv tip soft starter pentru a proteja rețeaua electrică de energia reactivă și de șocurile mecanice și electrice. Soft starter-ul poate avea mari probleme cu pornirea repetată într-un timp scurt [123].

În graficul din Fig. 4.2. putem observa numărul de porniri ale compresoarelor în fiecare oră, în configurația în care acestea sunt conectate la un senzor de presiune, fără o optimizare a pornirilor.

În grafic se poate vedea faptul că putem avea chiar 15 porniri într-o oră ale unui compresor. Compresoarele au motoare electrice de peste 45 kw. Toate mașinile care au motoare electrice controlate de soft starter sunt proiectate să aibă maximum 6 porniri într-o oră, din cauza scăderii fiabilității dispozitivelor de pornire la un număr mare de porniri.[121] Din analiza graficului din Fig.4.2. observăm că numărul de porniri într-o oră este mai mare de 6 (număr care reprezintă o limită superioară de pornire pentru un dispozitiv tip soft starter). De exemplu, la întreținerea compresorului s-a observat că Sigma 1 și Sigma 2 au avut 23 de probleme cu soft starterele în anul 2015, lucru care este generat de multiplele porniri [157].

Compresoarele care funcționează la o capacitate ridicată au consumul de energie mai mare. De exemplu, în cazul în care compresoarele au multe porniri, acestea vor avea un consum de energie mai mare, deoarece la pornirea unui motor apare un supracurent de câteva ori mai mare decât în timpul funcționării normale, iar energia electrică ce este consumată va fi deci mai mare [122].

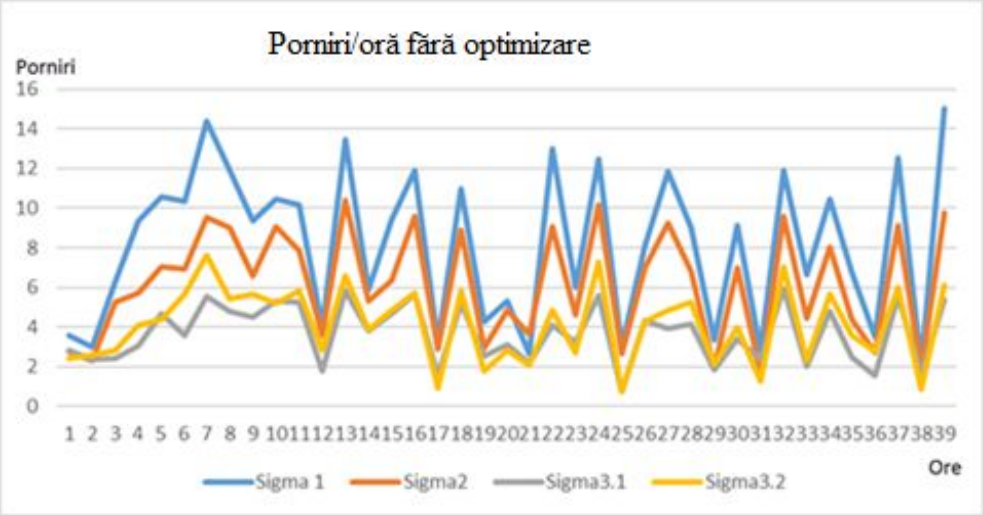


Fig. 4.2. *Grafic de porniri/oră pe fiecare compresor fără optimizare (porniri pe oră pe verticală, ore de monitorizare pe orizontală)*

Sistemul preia informații de la senzorul de presiune și de la fiecare compresor, așa cum s-a descris anterior, primește informații despre presiunea aerului din rezervor de la senzor și informații despre funcționarea compresoarelor (starea de lucru, dacă este alimentat, starea alarmelor prezente pe compresor). Diagrama bloc a semnalelor electrice care sunt transmise în sistem este descrisă în Fig. 4.4.

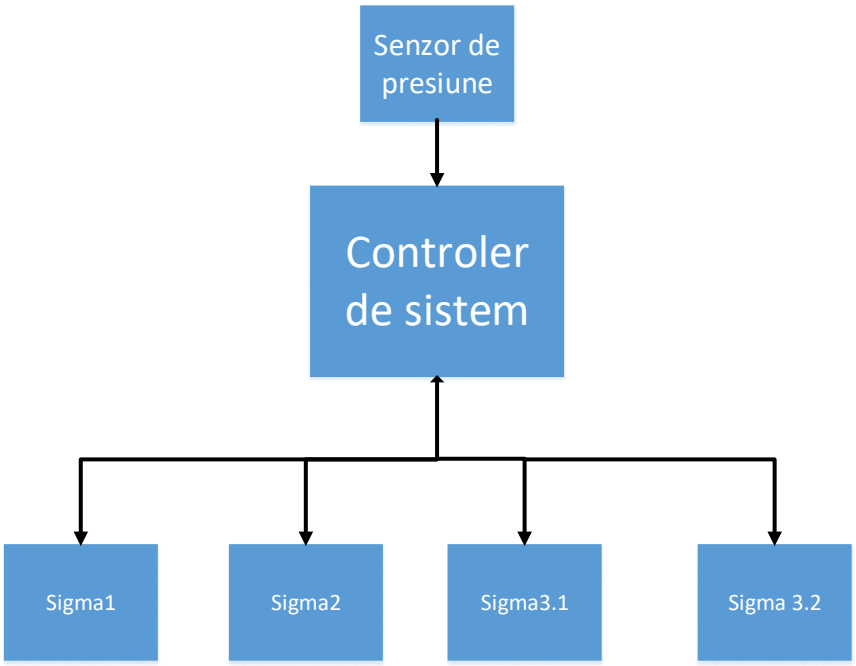


Fig. 4.4. *Structura sistemului de optimizare*

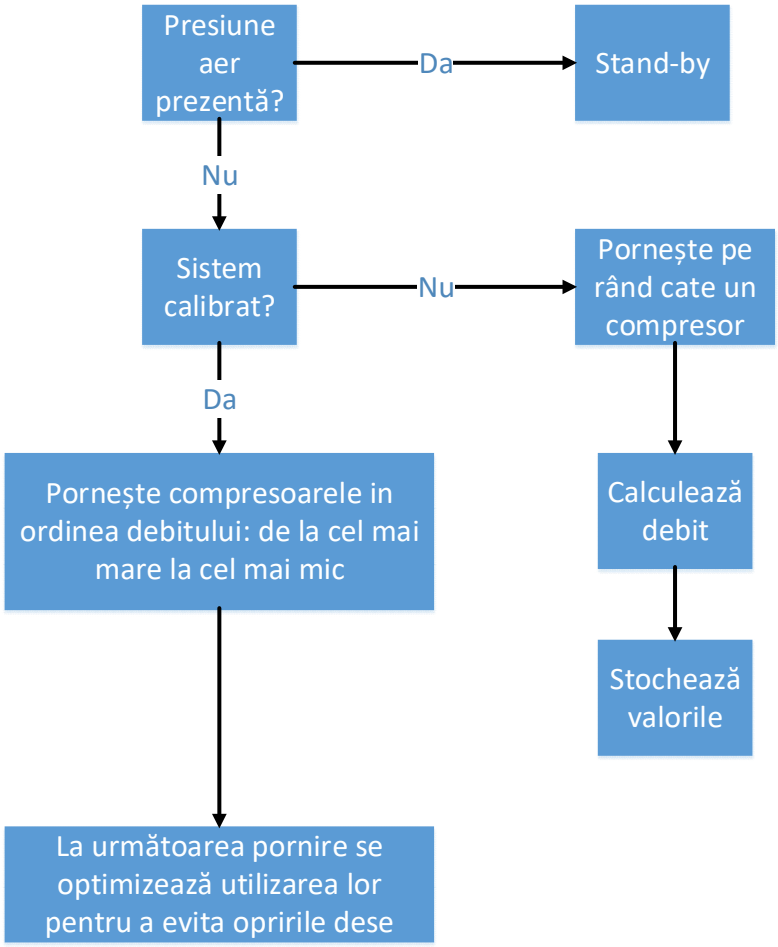
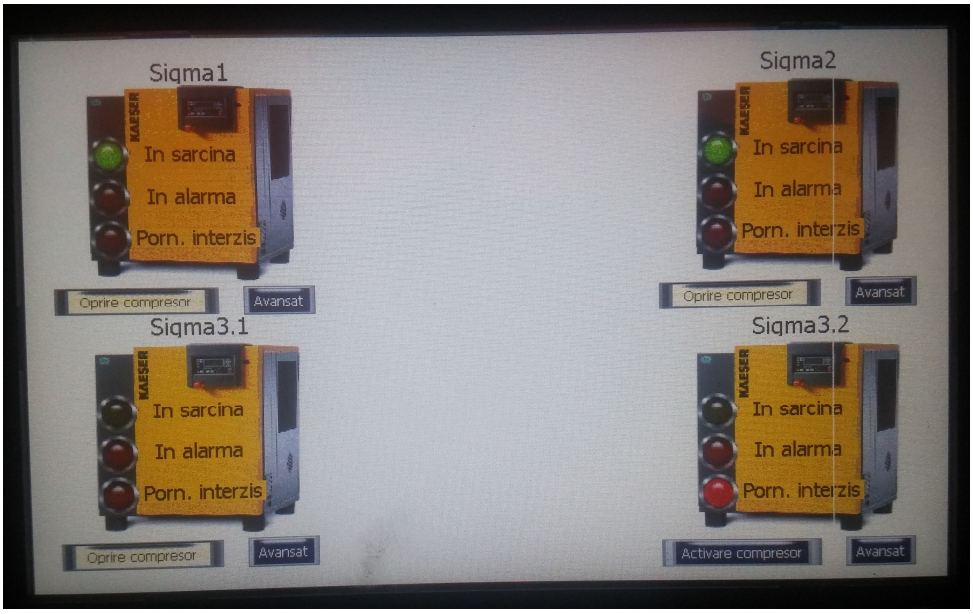


Fig. 4.5. Diagrama logică a controlerului software

Controlerul de sistem poate fi programat din interfața om-mașină pentru a adăuga sau elimina compresoarele din zona de lucru. Dacă un compresor are nevoie de activități de întreținere sau are unele probleme care pot face compresorul inutilizabil, sistemul nu va porni acest compresor. Informațiile legate de probleme ale compresorului sau de alarmele prezente pe acesta sunt transmise cu ajutorul semnalului ce leagă compresorul cu sistemul de optimizare. Din interfața om-mașină se pot configura compresoarele care sunt rezervă, acestea având cea mai mică prioritate la folosire. Tot din această interfață se poate configura orice compresor din stație pentru a fi rezervă. Dacă există modificări în structura stației de producție a aerului, este necesară adăugarea acestora din interfața om-mașină și recalibrarea sistemului [74]. Diagrama logică a sistemului este prezentată în Fig. 4.5.

Sistemul de optimizare s-a realizat cu ajutorul unui PLC LSIS XBC-DR20SU, conectat la un HMI LSIS iXP70-TTA/DC. PLC-ul ce are ieșirile pe relee, cu alimentare la 240V curent alternativ, 12 intrări de 24V curent continuu și 8 ieșiri digitale pe tranzistori, ce permit 2A pe fiecare ieșire. Acesta are doar intrări și ieșiri digitale, care sunt conectate la senzorul de presiune și la compresoare. În cazul compresoarelor avem un semnal pentru pornirea și oprirea acestuia, dar și unul prin care ne indică eventualele alarme prezente pe compresor și dacă acesta nu poate porni. HMI-ul este unul de 10 inch, ce are inclus un card de 16 Gb pentru a stoca date.Acesta comunică cu PLC-ul prin RS485 Aplicația de pe HMI, dar și modul în care este amplasat sistemul se poate observa în Fig.4.6.



A

Fig.4.6. *A Interfața principală de control al sistemului de*

După ce s-a implementat sistemul la stația de compresoare, numărul pornirilor a fost aproape de limita superioară și funcționarea compresoarelor optimizată. În graficul din Fig. 4.7. se pot vedea numărul pornirilor pe oră al compresoarelor.

Cea mai mare economie creată de acest sistem se datorează consumului redus de energie de către compresoare. În Fig. 4.8. se pot observa diferențele în consumul de energie obținut după implementarea sistemului de management cu PLC.

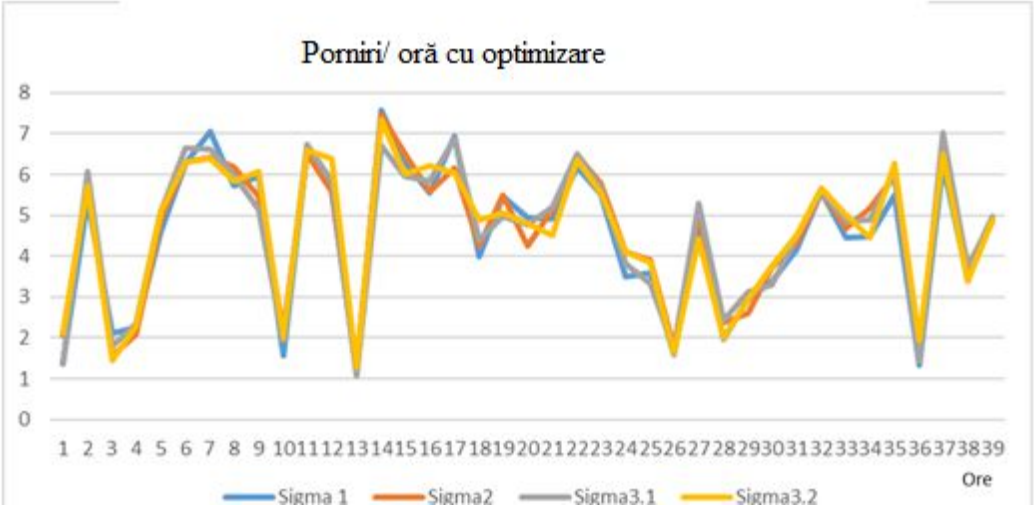


Fig.4.7*. Grafic de pornire/oră pe fiecare compresor după optimizarea funcționării*

Odată cu studierea în mod amănunțit a comportamentului compresoarelor s-au descoperit diverse metode de a trata într-un alt mod funcționarea acestora. Astfel sistemul de mai sus descris poate deveni mult mai eficient dacă în componența sa introducem mai mulți senzori de presiune, în părți de distribuție a aerului comprimat, dar și crearea unui algoritm de funcționare diferit față de cel existent bazat pe consumatori.

Astfel sistemului de monitorizare i se adaugă mai mulți senzori de presiune, aflați la intrarea fiecărui consumator de aer comprimat, iar compresoarele pornite vor fi alese în funcție de consumul de aer. Prin folosirea senzorilor de presiune, sistemul primește mult mai devreme informații despre necesarul de aer și astfel acuratețea predictivă crește, reducând perioadele în care sistemul nu este capabil să furnizeze suficient aer comprimat, dar totodată permițând și o reducere a consumului de energie electrică prin anticiparea tuturor opririlor.

Schema sistemului de distribuție și monitorizare a aerului comprimat se poate observa în Fig.4.13.

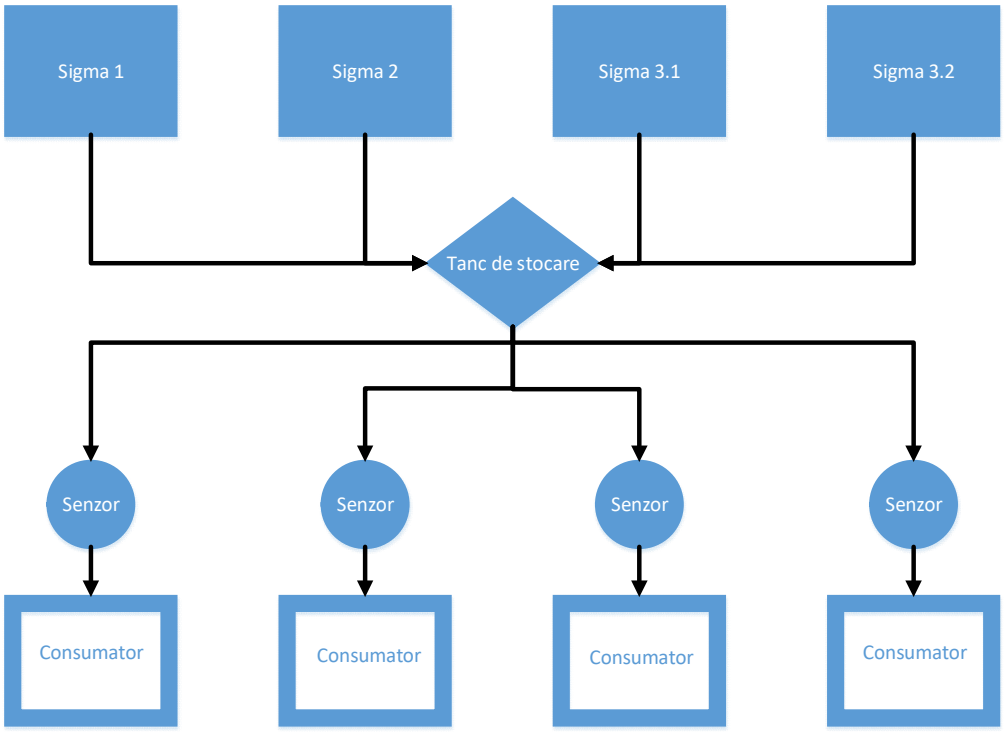


Fig.4.13. *Schema de distribuție și monitorizare a aerului comprimat*

Diferența sistemului propus de monitorizare a aerului față de prima variantă de monitorizare este dată de faptul că fiecare consumator are în acest moment conectat câte un senzor de presiune, care comunică datele către sistemul de management al aerului. Totodată sistemul face și o monitorizare a presiunii aerului în tancul de stocare, pentru a fi foarte rapid în răspuns la nevoile consumatorilor, dar și pentru faptul că în vasul de stocare în anumite condiții se pot depăși valori critice ale presiunii, ce pot duce la afectarea compresoarelor de aer sau chiar la avarierea tancului de stocare a aerului.

Din graficul din Fig. 4.15. putem observa o reducere a consumului de energie electrică de aproximativ 40% față de valoarea inițială, lucru ce ne arată că acest sistem este unul ce poate fi folosit și ca aplicație de optimizare și reducere a consumului de energie electrică pentru acest tip de instalații. Reducerea consumului de energie electrică este generat de capabilitatea sistemului de management al compresoarelor de a fi mult mai predictiv în cazul de față, dar și prin producerea unei presiuni de lucru la limita necesarului pentru utilajele deservite, ceea ce îl face să obțină valori mai mici ale consumului de energie.

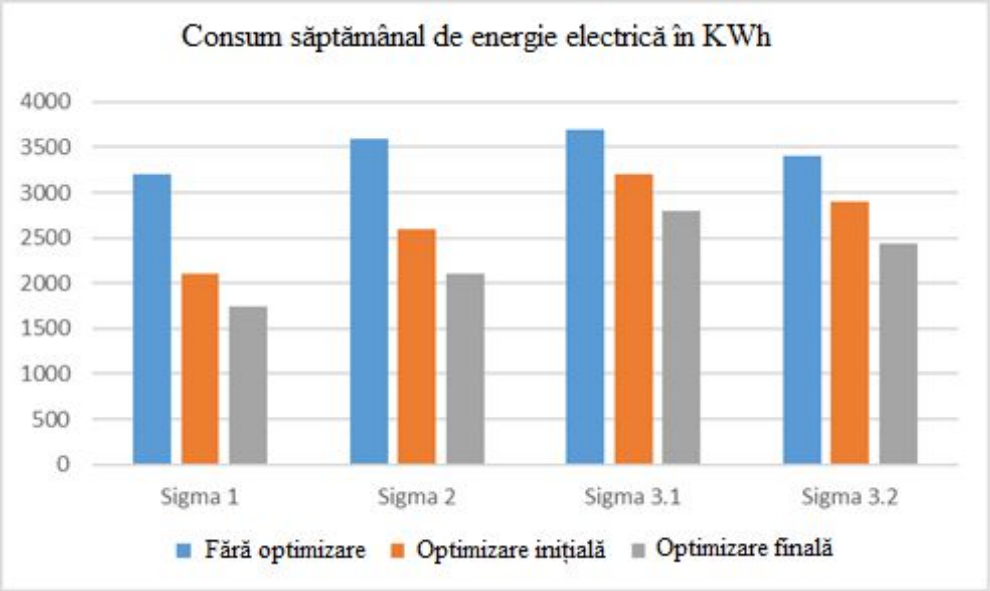


Fig.4.15 *Consumuri de energie electrică diferențiate pe fiecare compresor în parte*

Prin utilizarea acestui tip de sistem trebuie urmărit nu neapărat consumul redus de energie electrică ci și reducerea cheltuielilor de întreținere, care, în cazul compresoarelor de aer comprimat poate avea diverse valori și costuri. În acest moment nu avem destule date pentru a face o analiză comparativă a acestor două mari costuri.

Sistemul destinat optimizării funcționării stației de producție a aerului comprimat ce folosește mai multor compresoare, proiectat, realizat, implementat și propus pentru a reduce costurile de producție a aerului este soluția care, odată instalată, aduce pe lângă beneficii și noi probleme care trebuie rezolvate. Astfel, pentru a instala sistemul a fost nevoie, pe lângă investiția propriu-zisă, de aproximativ 3 luni de testare în care au fost 5 teste eșuate. Acest lucru a fost datorat faptului că aplicația nu a fost 100% optimizată din faza de proiectare pe acest tip de stație, iar algoritmul de funcționare nu a fost adaptat situației existente în instalație. În momentul când acest sistem este instalat, modul de funcționare a compresoarelor se schimbă aproape total, lucru ce generează costuri mari de instalare, dar și costuri mari de exploatare și adaptare la noul regim, inclusiv legate de schimbarea tipurilor de consumabile, prin schimbarea regimului de funcționare.[65]

Capitolul 5

SISTEMUL DE MANAGEMENT AL LOGISTICII: CONTROLUL ACTIVITĂȚII MOTOSTIVUITOARELOR ÎNTR-O FABRICĂ

Industria modernă este un domeniu în care totul este făcut de utilaje, iar omul este o singură structură de supervizare din întregul lanț de producție. Operatorul uman este capabil să gândească și să ia propriile decizii cu privire la eventualele probleme ce apar. În industrie, fiecare om care lucrează trebuie să facă parte dintr-o echipă, administrată de un manager, pentru a maximiza eficiența muncii depuse. Atunci când echipa care trebuie gestionată este compusă din mai mulți muncitori care primesc sarcini multiple într-un timp foarte scurt, este greu pentru un manager să gestioneze aceste sarcini și să le eficientizeze. Eficiența muncitorilor, atunci când aceștia au sarcini diferite între ele, aproape că nu poate fi realizată. În acest caz, pentru a maximiza eficiența lor, este nevoie de un sistem de management foarte bine pus la punct care să ajute la gestionarea activităților [133].

Pentru a spori eficiența operatorilor de pe motostivuitoare, propunem un sistem care să fie bazat pe dispozitive IoT (*Internet of Things*), montate pe fiecare motostivuitor, și câteva AP-uri *(Acces Point)*Wi-Fi.

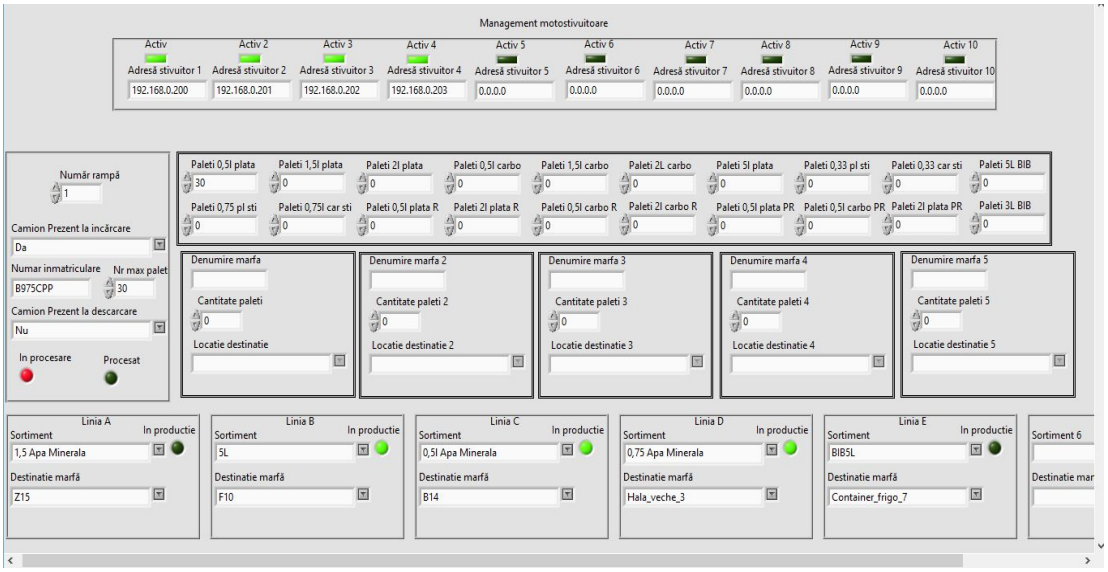


Fig. 5.4. *Interfața aplicației de management al motostivuitoarelor*

Aplicația server a fost creată în LabVIEW, fiind bazată pe un server de tip HTTP. Sarcinile de lucru se pot încărca din sistemul de gestiune SAP, sau dintr-un alt sistem care gestionează camioanele și stocurile.[126] Transmiterea sarcinilor poate fi efectuată exportând rapoartele din software-ul de management introduse în aplicație. Un manager poate vedea în aplicație sarcinile pe care trebuie să le îndeplinească motostivuitoarele foarte ușor prin interfața de control. De asemenea, aplicația realizează o achiziție de date în rețea de la dispozitivele conectate la liniile de producție, care trimit informații legate de funcționarea liniei sau prezența paleților pe bandă. Managerul poate stabili în momentul configurării modul de realizare al task-

urilor primite de către motostivuitoare. Astfel, aplicația este programată să nu se oprească liniile de producție, deci prioritatea este mai mare pentru sarcina primită de la dispozitivul de monitorizare a liniei de îmbuteliere, decât sarcinile de încărcare a camioanelor [12]. Interfața aplicației se poate observa în Fig. 5.4.

Aplicația are posibilitatea de a realiza o hartă a tuturor locurilor destinate paleților în fabrică, iar atunci când un palet va fi preluat și citit, sistemul se va înregistra cu acesta într-un fișier. La sfârșitul zilei, aplicația poate afișa un fișier-raport cu paleții care au fost manipulați, fișier care poate fi folosit în softwareul de management precum sistemul de gestiune SAP [88]. Tot din acest fișier, aplicația preia date legate de aplicarea regulii FIFO (*First In – First Out*), care se aplică la încărcarea paleților în camioane. Logica de funcționare a sistemului se poate observa în Fig.5.5

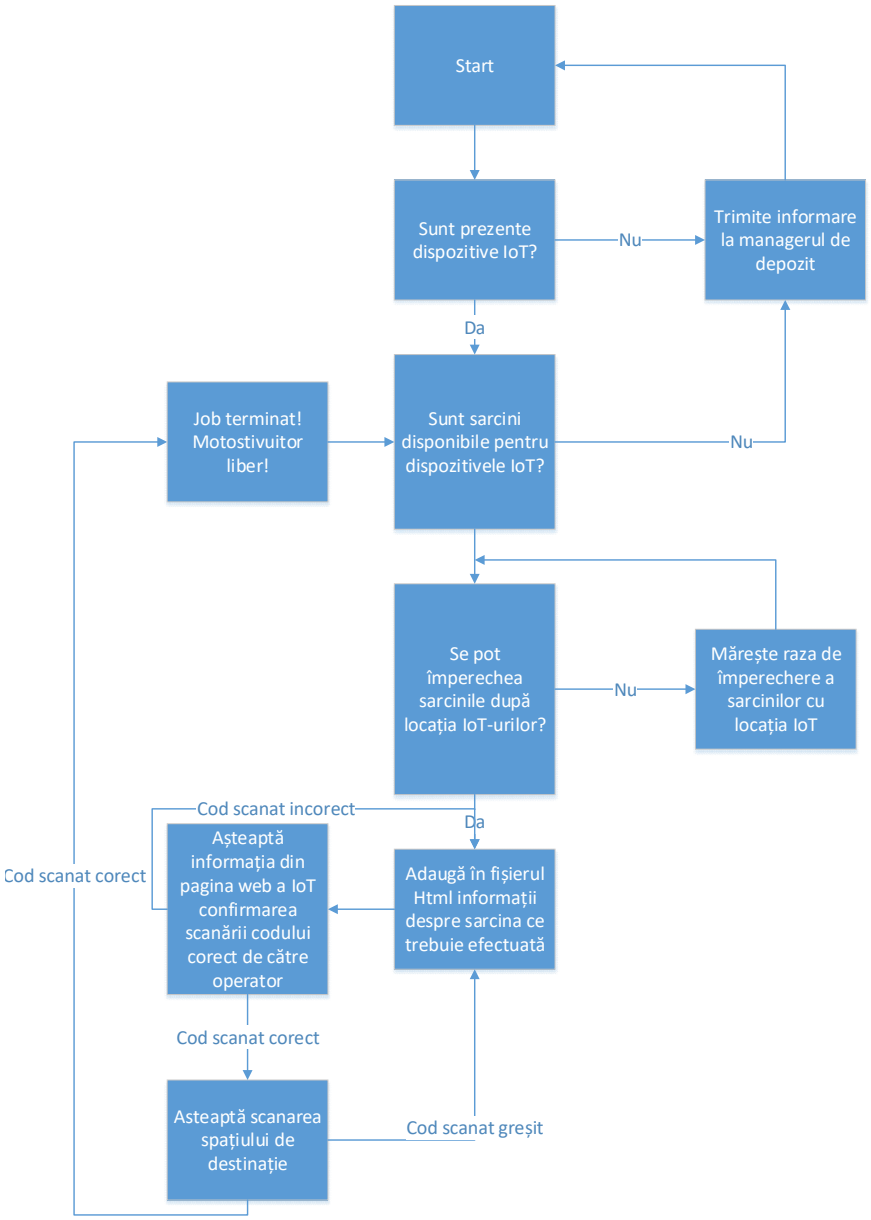


Fig. 5.5 *Logica sistemului de management al stivuitoarelor*

Pentru a pune în evidență eficiența sistemului propus, s-a făcut o monitorizare a motostivuitoarelor timp de 66 de zile lucrătoare a câte 3 schimburi în fiecare zi. Această perioadă a fost împărțită în două, 33 de zile fără a avea aplicația activă și 33 de zile cu aplicația activă. Astfel s-au ales 4 motostivuitoare, pe care au lucrat aproape aceiași operatori și care au avut de încărcat sau de descărcat toate camioanele ce au fost programate zilnic. Rezultatele se pot observa în figurile 5.10. și 5.11.

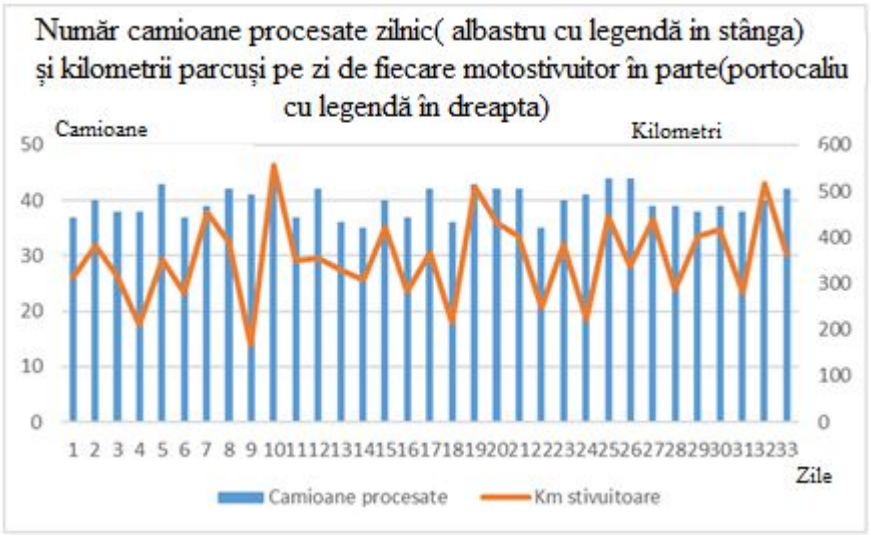


Fig. 5.10. *Camioane procesate vs kilometri parcurşi pe zi înainte de folosirea aplicației(Sursa: Qguar Warehouse Management System)*

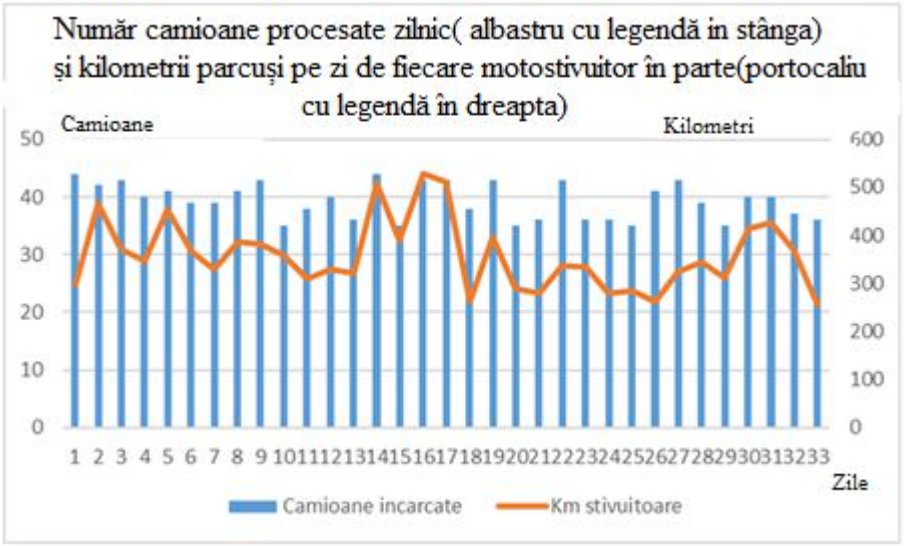


Fig. 5.11. *Camioane procesate vs kilometri parcurşi pe zi după implementarea aplicației(Sursa: Qguar Warehouse Management System)*

Sistemul de optimizare a transportului paleților într-o unitate de producție și depozitare oferă multe avantaje în gestionarea activității motostivuitoarelor în toate operațiunile ce sunt necesare de efectuat. Din punct de vedere economic, aplicația aduce un real avantaj datorită reducerii consumurilor de energie și întreținere pentru motostivuitoare, dar are și capacitatea de a crește randamentul acestora, crescând astfel productivitatea. Dacă înainte de a folosi aplicația de

optimizare nu erau momente de pauză (în afară de pauza de masă), după implementarea sistemului s-a observat că de multe ori un motostivuitor, prin rotație, avea pauză. Acest lucru arată faptul că se lucrează cu o mai mare eficiență, motostivuitorul nu se va mai deplasa fără a transporta un palet și astfel crește capacitatea de transport a paleților. Feed-backul operatorilor de pe motostivuitoare a fost foarte bun, realizând faptul că această aplicație creează „un haos organizat" prin care munca lor devine mult mai ușoară.

Capitolul 6

METODELE DE RIDICARE A EFICIENȚEI CUPTOARELOR DE ÎNCĂLZIRE A PREFORMELOR[1] PRIN FOLOSIREA DE DISPOZITIVE AUXILIARE

Mașinile de suflat, după cum am descris și în capitolele anterioare, pentru a obține flacoane PET (*PoliEtilenăTereftalat*), sunt compuse dintr-un cuptor de încălzire a preformelor, un sistem de umflare a flacoanelor și sisteme auxiliare ce fac transferul acestora între ele.

În acest capitol vom discuta despre cuptoarele de încălzire pentru preforme, ele fiind unele din cele mai mari consumatoare de energie dintr-o fabrică de îmbuteliere în recipiente PET. Pentru ca mașinile de suflat să fie din ce în ce mai eficiente, producătorii de mașini de îmbuteliat încearcă de la an la an să dezvolte funcții de economisire a resurselor, în cazul nostru aerul comprimat și energia electrică [134].

Sistemul de recuperare a energiei din aerul cald evacuat din cuptor folosește un sistem etanș de recirculare a aerului, prin care energia aerului fierbinte este recuperată cu ajutorul unor radiatoare, iar căldura obținută din aerul recirculat este folosită pentru a menține cât mai constant procesul de încălzire a preformelor. Sistemul propus este montat pe sistemul de ventilare al cuptorului și va recupera energia termica din evacuare, reintroducând-o prin admisia cuptorului în interior. Aerul recuperat va fi trecut printr-un schimbător de căldură aer-apă, care va face ca temperatura în exces din aer să fie preluată de apă. Astfel cuptorul va avea o sursă de căldură suplimentară, prin care se va introduce în sistem aer la temperatură constantă, reducând consumul de energie. În mașina de suflat există o a doua sursă de căldură, apa de răcire a matrițelor de suflare, care generează o creștere a temperaturii la ieșirea din matrițe de aproximativ 20 de grade Celsius la o temperatură ambientală normală și care se disipă dacă nu este refolosită, ba mai mult, se consumă energie pentru a fi răcită [37]. Schema de principiu a sistemului se poate observa în Fig. 6.6.

[1] *preforma PET* este un produs ce constituie materie primă pentru suflarea de flacoane, borcane sau bidoane PET(*PoliEtilenăTereftalat*), de dimensiuni, forme si greutăți diferite, pentru industria alimentară.

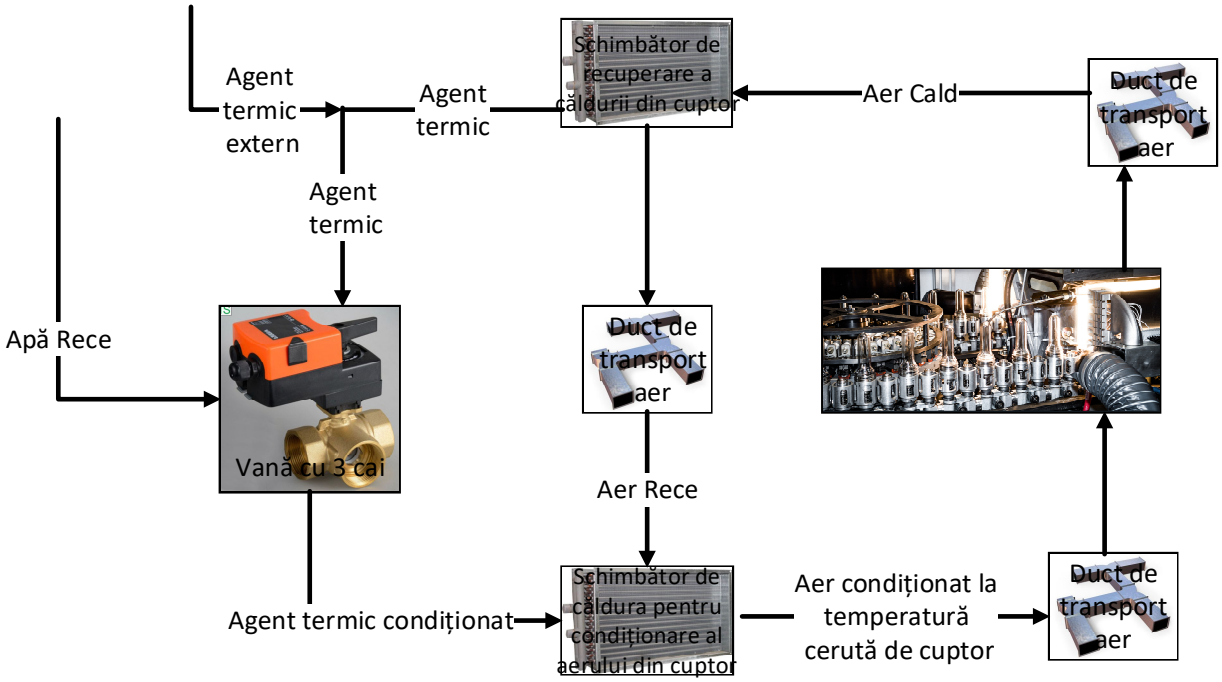


Fig. 6.6. *Schema de principiu a sistemului de recuperare a energiei din aerul cald generat de cuptor*

Ideea folosirii aerului de ventilație preîncălzit, a venit din observarea unor probleme ce pot apărea la acest tip de cuptoare. O primă problemă este cea legată de directa legătură a calității flacoanelor cu temperatura mediului înconjurător. Astfel, aerul de ventilație este preluat din mediul înconjurător al mașinii de suflat, iar orice variație a temperaturii mediului ambiental mai mare de 3 grade Celsius duce la modificarea calității flaconului, în timp ce o modificare de peste 5 grade Celsius, în mai puțin de 5 minute duce la imposibilitatea obținerii flaconului prin suflare. Aceste lucruri se întâmplă foarte frecvent în spații mari de producție, unde temperatura mediului ambiant este scăzută. Astfel la pornirea mașinii de suflat flacoane, mediul înconjurător are 15 grade Celsius, iar în maxim 10 minute de la pornire, datorită lămpilor cu infraroșu temperatura mediului poate ajunge la 30 de grade Celsius. În acest caz, toate preformele prezente în cuptor sunt compromise, iar mașina trebuie din nou reglată. O a doua problemă prezentă la cuptoarele mașinilor de suflat flacoane este problema evacuării aerului cald, care odată ce este degajat în mediul înconjurător conduce la o creștere de temperatură ambientală. Astfel, dacă vom avea o temperatură exterioară mică, mașina de suflat va ridica după pornire temperatura din secția de producție, deci va apărea o diferența mare de temperatură între mediul ambiant în care se află mașina de suflat flacoane și temperatura exterioară mașinii, iar la o eventuală deschidere a

unei uși a halei, spre exemplu pentru alimentarea cu materii prime, va produce un șoc termic ce va duce la scăderea calității flacoanelor sau chiar imposibilitatea de a fi suflate [143],[29].

În Fig. 6.8. observăm consumurile de energie a unor cuptoare de pe o mașină de suflat, unde lămpile de încălzire sunt setate pentru aceeași temperatură de încălzire, unul din cuptoare cu recuperator de energie, iar celălalt fără.

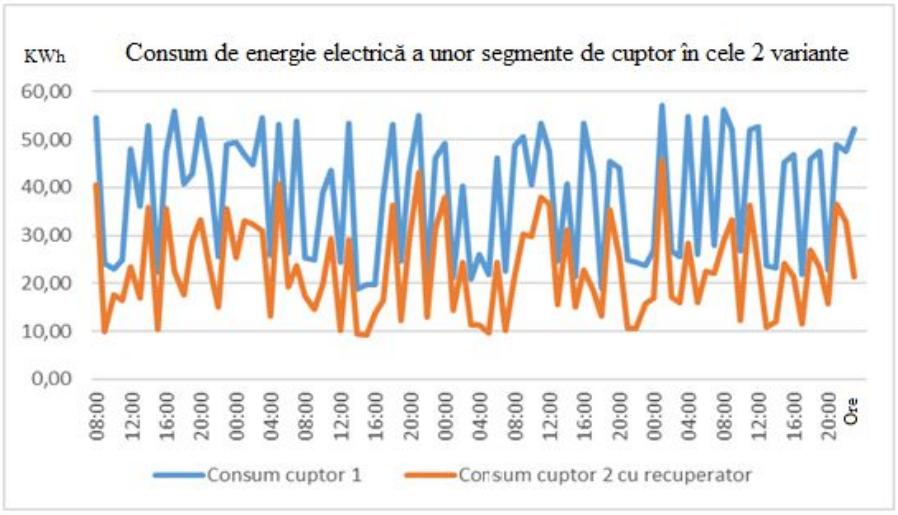


Fig. 6.8. *Graficul de consum orar pentru cele 2 cuptoare (cu și fără recuperator)*

Pentru a analiza mai eficient sistemul propus am realizat graficul din Fig. 6.9, care arată diferența maximă de temperatură ce poate exista în cuptoare. Astfel se poate observa din acest grafic că diferența de temperatură de pe cuptorul 2 este cu aproximativ 20% mai mică.

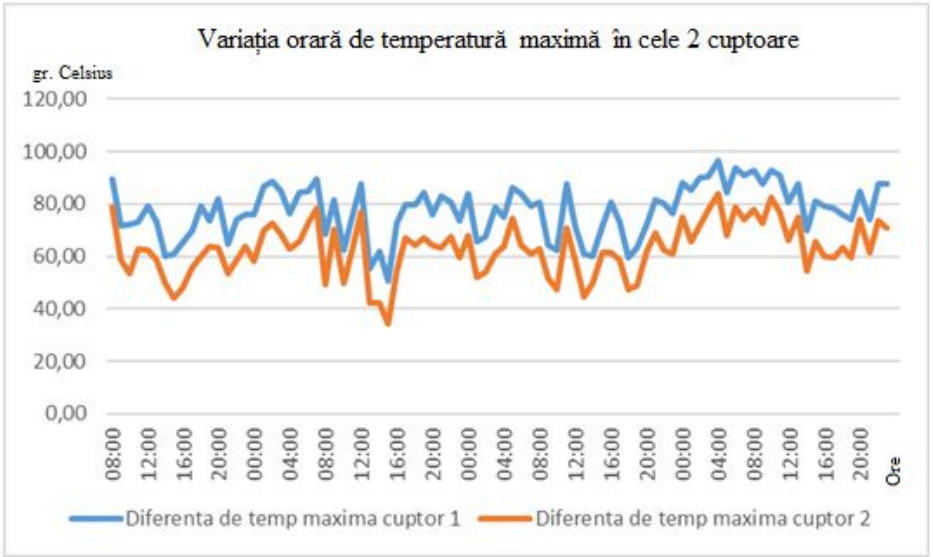


Fig. 6.9. *Diferența orară maximă de temperatură, în cazul cuptorului optimizat și a celui neoptimizat*

Una dintre marile probleme care pot apărea în controlul lămpilor de cuptor este lipsa monitorizării ambientale. După cum este descris mai sus, procesul de preîncălzire a preformelor este unul care are nevoie de o temperatură de aproximativ 100 de grade Celsius pentru a permite procesului de suflare să se desfășoare în cele mai bune condiții. Pentru că parametrii de încălzire a preformelor sunt setați de operatorul uman, se întâmplă frecvent ca unul din segmentele de cuptor să fie setat în mod eronat, lucru ce face ca o cantitate de energie să fie irosită. Un alt dezavantaj al sistemului existent pe mașina de suflat sticle este faptul că temperatura preformei este măsurată doar la ieșirea din cuptor şi astfel pot apărea diferențe a gradientului de încălzire a preformei[14].

Sistemul propus este un dispozitiv de colectare a datelor legate de temperatură, ce oferă posibilitatea de reglare a acesteia pe fiecare sub-cuptor în parte cu ajutorul unui element de reglare PID (*proporțional – integrator - derivativ*). Astfel vom prelua date legate de temperatura preformei în cuptor și în funcție de valoarea măsurată se va încerca aducerea la temperatura optimă pentru a fi pregătită pentru suflare[85]. Structura logică a sistemului de monitorizare a temperaturii preformei pe segmente se poate observa în Fig. 6.10.

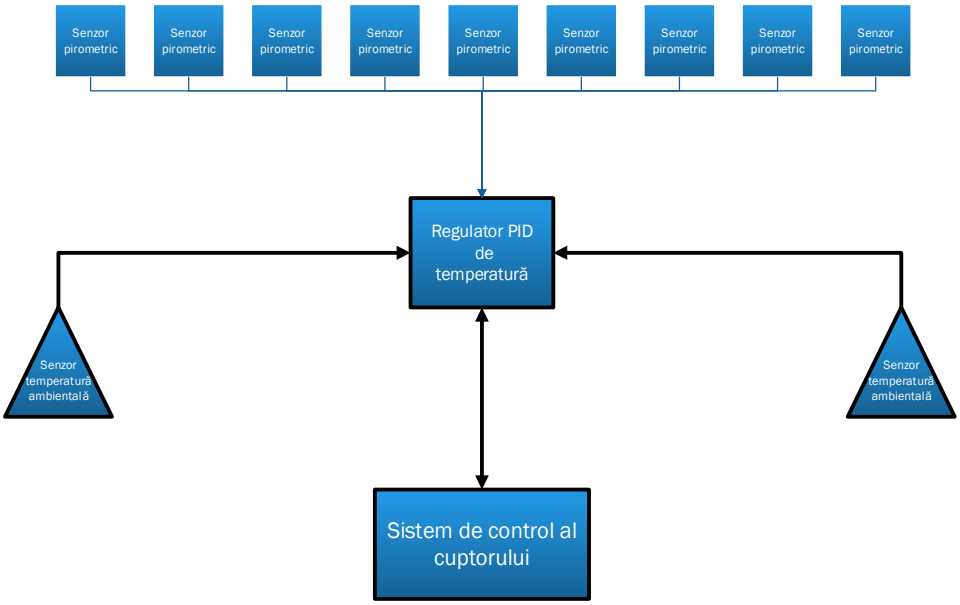


Fig. 6.10. *Structura logică a sistemului de control al temperaturii*

Pentru ca sistemul să devină funcțional, este necesară respectarea unor praguri de temperatură, să nu se distrugă preformele sau ca procesul de reglare a temperaturii să nu devină ineficient. Încălzirea se face după o anumită caracteristică, aceasta fiind exemplificată în Fig. 6.11.

Până în momentul în care temperatura atinge 80% din pragul de temperatură ce este necesară pentru ca flaconul obținut să fie conform, vom putea folosi un coeficient de încălzire a preformelor de 0,05 grade Celsius pe milimetru deplasat în cuptor. Această zonă este configurată în structura cuptorului de încălzire sub forma cuptorului de penetrare.

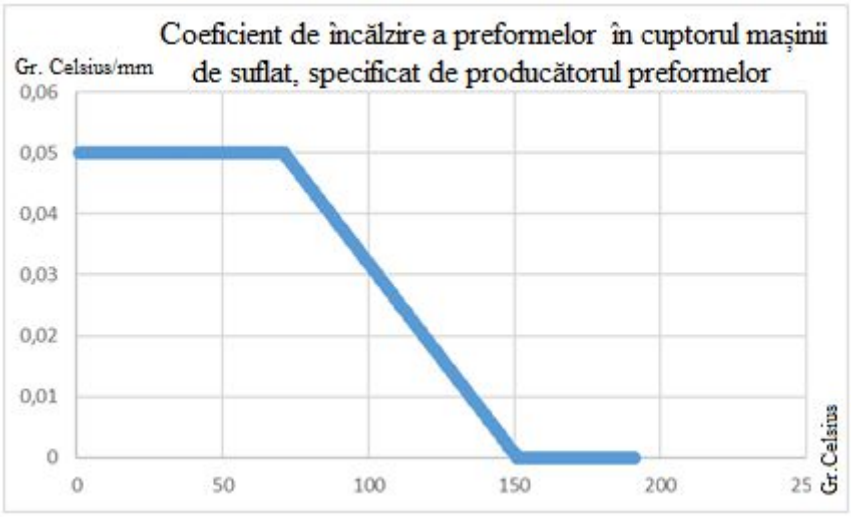


Fig. 6.11. *Curba coeficientului de încălzire a preformelor în funcție de temperatură*

Pentru ca sistemul să devină eficient, se face o corelare a temperaturii din cuptor adaptată la caracteristica de încălzire, trimițând către sistemul de control al lămpilor de încălzire semnale prin care se încearcă utilizarea unor coeficienți cât mai mici de încălzire. Sistemul are în componența sa senzori de tip pirometric, care măsoară de la distanță (fără contact) temperatura preformei. Pe baza valorilor obținute, sistemul de reglare a temperaturii va face să se obțină o temperatură optimă a prefabricatului fără un efort energetic mare. Pentru menținerea temperaturii constante în cuptor se mai folosesc senzori pentru temperatura aerului, care furnizează informații referitoare la temperatura ambientală din cuptor[72].

Lămpile de încălzire a preformelor sunt unele din cele mai mari consumatoare de energie de pe linia de îmbuteliere pe lângă sistemele de producere a aerului comprimat. Lămpile de încălzire pentru preforme sunt de fapt surse de lumină infraroșie, cu incandescență, care, prin alimentarea cu energie electrică emit radiație luminoasă și respectiv căldură. Puterea unei lămpi de încălzire este între 1500 W și 3000 W, iar în componența unui cuptor de încălzire se pot găsi între 30 și 100 de lămpi, în funcție de tipul de preforme folosite și flaconul pentru care a fost proiectată mașina [93].

În Fig. 6.16. și Fig. 6.17. este ilustrat un experiment prin care s-au folosit cele 2 tipuri de lămpi prezentate în figura anterioară. Citirea temperaturii a fost efectuată cu două sonde de temperatură PT100 introduse în două teci metalice separate. În ambele experimente s-a poziționat senzorul expus și cel de ambient la aceeași distanță față de lampă, iar curentul generat de aprinderea lămpii este de aproximativ 7.5-8A la 230V, după cum se poate observa pe indicatorul numeric al aparatului de măsură.

După realizarea experimentului s-au obținut graficele din Fig. 6.18. şi 6.19., unde sunt reprezentate temperatura înregistrată de senzorul expus radiației şi temperatura ambientală din cameră. În cazul acestor două grafice înregistrarea temperaturii se face din 30 în 30 de secunde, în mod automat.



Fig. 6.16. *Testul cu lampa white-coated*



Fig. 6.17. *Testul cu lampa Silver-coated*

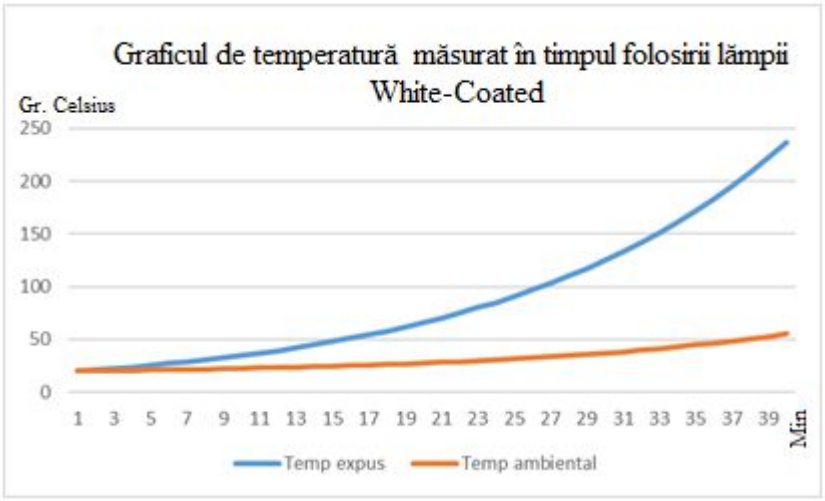


Fig. 6.18. Graficul de încălzire a lămpilor White-Coated

În graficul din Fig. 6.18. se observă temperatura înregistrată de către cei doi senzori folosind o lampă White Coated de 2000W. Astfel, temperatura în cazul senzorului expus direct lămpii are o creștere mai lină în primele minute de la pornirea acesteia, fiind mai accelerată în a doua parte a utilizării. Datorită folosirii la putere maximă a lămpii, efectuarea testului într-o perioadă de peste 40 de minute a devenit periculoasă din cauza unor probleme legate de încălzirea echipamentelor utilizate în experiment.

În cazul graficului din Fig. 6.19. se observă temperatura înregistrată de aceiași 2 senzori ca și cei folosiți pentru obținerea graficului din Fig. 6.18., diferența dintre cele 2 sisteme testate fiind doar tipul lămpii folosite (în acest caz Silver Coated). Aici observăm o creștere mult mai rapidă a temperaturii înregistrate de senzorul expus radiațiilor lămpii și o creștere aproximativ egală a temperaturii pe senzorul ambiental. Acest lucru ne indică faptul că pierderile de energie

sunt aceleași la cele două lămpi testate, dar energia direcționată către zona activă este mai mare la cea de a doua lampă.

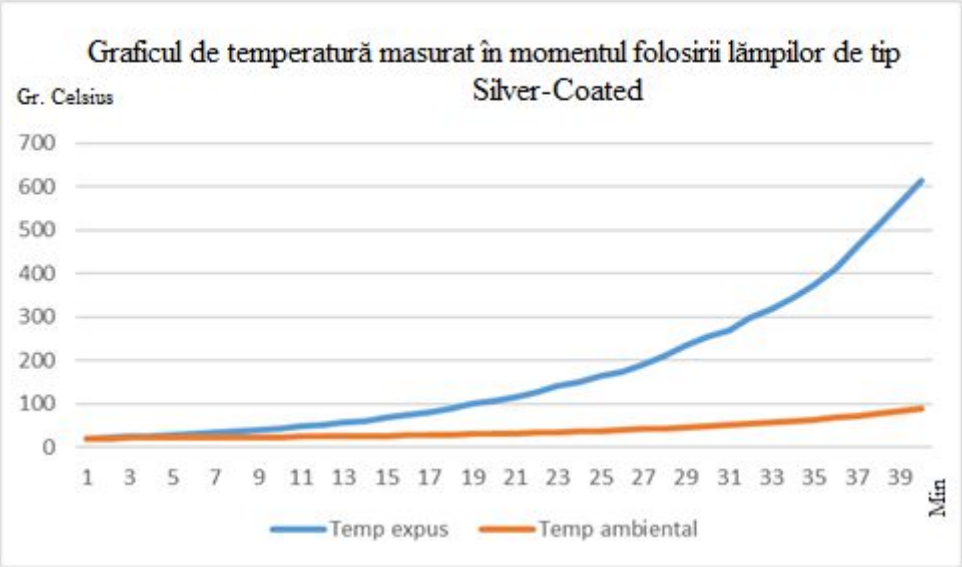


Fig. 6.19. *Graficul de încălzire a lămpilor Silver-Coated*

Pentru a putea face o comparație între cele două lămpi s-a trasat un grafic comparativ, ce poate fi observat în Fig. 6.20., prin care s-a calculat pentru fiecare caz în parte coeficientul de creștere a temperaturii (în grade Celsius/minut), coeficient, ce ne poate ajuta să facem o comparație între cele două surse de căldură.

În industrie este nevoie de echipamente moderne, eficiente și care să ofere costuri reduse de producție. Eficientizarea unei linii de fabricație se poate realiza utilizând sisteme automate de comandă și reglaj, ce au la bază echipamente eficiente de monitorizare. Fără un management eficient energetic un producător nu poate face față cu produsele sale pe piață. Sistemele automate performante pot înlocui munca umană dar contează mult consumul energetic implicat în procesul de producție. Eficiența folosirii resurselor depinde foarte mult de dezvoltarea unor produse noi, care să ajute firma să se dezvolte cu costuri reduse. În viitor orice economie de energie va fi importantă având în vedere că populația planetei este în creștere iar amprenta ecologică industrială este puternic influențată de consumul de resurse. Aceasta este de fapt esența dezvoltării durabile la nivel mondial.

Capitolul 7

CONCLUZII FINALE

7.1. ELEMENTE PRELIMINARE

Cercetările prezentate în lucrare sunt bazate pe studiul utilajelor folosite în industria alimentară, în special în industria de îmbuteliere a produselor răcoritoare. Ideea de a cerceta acest domeniu a venit de la faptul că toate utilajele utilizate în această industrie sunt dezvoltate de companii la nivel mondial precum Krones, Sidel sau KHS, neexistând posibilitatea personalizării foarte detaliată a acestora. Utilajele au designul asemănător indiferent de producător și sunt utilizate ca atare, neavând posibilitatea de a fi configurate pentru a se plia pe o aplicație specifică. Pentru a ușura activitățile de mentenanță, pentru a reduce costurile aferente depanărilor în garanție și pentru a determina piața să achiziționeze la intervale din ce în ce mai mici noi linii de fabricație, companiile producătoare impun restricții cu privire la completarea, adaptarea și personalizarea echipamentului de către utilizator.

Necesitatea perfecționării liniilor de fabricație vine ca urmare a experienței firmei în timp, introducerii în fabricație de noi produse cu particularități impuse, modificării performanțelor sau apariției de noi tipuri de materie primă, nevoilor de se adapta unor noi standarde, legislației sau tendințelor zonei legat de consumuri, prețuri, cheltuieli, calitatea produselor sau impactul asupra mediului. Perfecționarea continua a liniilor de fabricație impune asimilarea unor noi tehnologii apărute și implică instruirea continuă a tehnicienilor.

Cercetările din această lucrare au avut ca punct de plecare observarea modului prin care furnizorii de echipamente își dezvoltă utilajele ce vor să le vândă, totul fiind axat pe economie și profit. Ca specialist în domeniu, prima provocare din cariera de inginer a fost cea de a pune în funcțiune o linie de îmbuteliere a apei în flacoane PET. Împreună cu o echipă de tehnicieni din partea dezvoltatorului de echipamente am instalat linia dar, până la punerea ei în funcțiune au trebuit rezolvate multe probleme tehnice specifice. Din acest motiv am început studiul acestor tipuri de utilaje reușind, prin soluțiile tehnice găsite, creșteri importante ale randamentului pe liniile de îmbuteliere aflate în exploatare și întreținere. Sistemele realizate au fost implementate pe o linie de îmbuteliere inovativă pentru piața europeană, care folosește un nou tip de flacon pentru apa îmbuteliată ce avea mai puțin cu 50% material PET, dar ca orice lucru nou a venit după el cu problemele sale.

7.2. CONTRIBUȚII TEORETICE

În cadrul tezei de față au fost abordate și analizate sistemele automate de monitorizare a fluxurilor de producție pe liniile de fabricație.

- A fost sintetizat un istoric al sistemelor automate și al celor distribuite prin marcarea principalelor etape și echipamente care au jalonat în timp și spațiu apariția celei de a patra revoluții industriale. S-a subliniat nevoia schimbării de paradigmă socială impusă de tehnologiile industriale ce au o evoluție mult mai rapidă decât capacitatea de adaptare a umanității într-o societate a cunoașterii.
- A fost realizată o clasificare a sistemelor automate de comandă și control existente în acest moment în industria mondială și o prezentare succintă a particularităților acestora pentru a pune în evidență performanțele și modul în care acestea pot răspunde cerințelor din industrie.
- S-au sintetizat principalele aspecte legate de comunicațiile digitale industriale, modelul și structura standardului OSI cu prezentarea rolului fiecărui nivel. S-a pus accent pe familia de protocoale industriale seriale larg utilizate în liniile de fabricație moderne subliniindu-se principalele performanțe tehnice și particularități.
- Prezentarea structurată amănunțită a liniilor de îmbuteliere a băuturilor nealcoolice cu principalele mașini și echipamente de pe liniile de fabricație precum și sistemele auxiliare, care trebuie sincronizate astfel încât să nu apară întreruperi pe fluxul de producție, rebuturi sau posibile contaminări.
- Analiza punctelor critice aflate pe linia de fabricație și îmbuteliere în care, prin analiză și inovare, se pot aduce contribuții care să conducă la reducerea consumurilor energetice, scăderea amprentei ecologice și creșterea productivității cu investiții minime.
- Elaborarea unor algoritmi specifici liniilor de fabricație automate, destinați funcționării unor sisteme de prevenție a întreținerii accidentale, ce au ca intrare semnale de la sisteme instrumentale distribuite pe baza cărora identifică posibilitatea apariției unor posibile avarii și care pot micșora cu până la 30 % cheltuielile destinate întreruperilor accidentale.
- Elaborarea unui algoritm destinat exploatării eficiente a compresoarelor de aer dintr-o stație de preparare a aerului comprimat, algoritm ce poate fi implementat pe un sistem digital industrial cu scopul reducerii consumului energetic și al costurilor de exploatare și întreținere.
- Elaborarea unei metodologii care să stea la baza testării eficienței unui sistem de control al logisticii prin managementul operațiilor efectuate de motostivuitoarele ce deservesc o fabrică în vederea obținerii unor concluzii cu privire la avantajele economice rezultate în urma implementării.

7.3. CONTRIBUȚII PRACTICE ȘI EXPERIMENTALE

Principalele contribuțiile practice și experimentale ce rezultă din activitatea de cercetare prezentată în această lucrare sunt

- Proiectarea, realizarea și testarea unui sistem de prevenție al întreținerii accidentale asupra sistemelor mecanice ce au în componența lor motoare asincrone, sistem care poate preveni defecțiunile accidentale prin monitorizarea parametrilor tensiune și curent ai motorului asincron cu ajutorul unui dispozitiv conectat prin Internet la un server și care poate emite mesaje de informare pentru echipa de întreținere. Acest sistem, ușor configurabil și adaptabil, transmite

informații cu privire la existența unor probleme tehnice, permite identificarea posibilei probleme, evaluează dacă aceasta a mai existat în trecut și când. Toate aceste informații sunt analizate în baza fișelor de întreținere conducând la o mai bună gestiune a evenimentelor.

- Proiectarea, realizarea și testarea unui al doilea sistem de management al întreținerii, prin care preia de la un sistem distribuit toate semnalele importante ce sunt prezente într-un utilaj, sistemul le prelucrează, apoi le stochează. În funcție de avariile care apar pe mașină și sunt raportate de echipa de intervenție către sistem, acesta devine capabil de a face predicții de avarii ce pot apărea, prin identificarea unor paternuri și tipologii de avarii știute de către acesta. Sistemul prezentat este capabil de a testa cu ajutorul unor senzori eventualele defecțiuni la mixerele de carbonatare a apei, făcând măsurarea cantității de dioxid de carbon din apa ce urmează a fi îmbuteliată. În cazul în care apar suspiciuni asupra faptului că există probleme legate de carbonatare, sistemul oprește procesul de îmbuteliere și anunță persoanele capabile să verifice și să rezolve problema, totul în mod automat.
- Proiectarea, realizarea, implementarea și testarea unui sistem de management al compresoarelor conectate într-o stație de preparare a aerului comprimat, sistem ce folosește un algoritm matematic pentru a controla funcționarea mai multor compresoare de aer, ce sunt conectate la aceleași tancuri de stocare. Sistemul reușește ca, prin calcule și analize, să folosească și compresoarele într-un mod eficient, astfel încât să se obțină substanțiale economii de energie electrică, scăderea costurilor de funcționare, un număr redus de activități de întreținere precum și o regularitate și o periodicitate a acestora. Sistemul propus este conectat la Internet și fiind conectat la compresoare va anunța utilizatorul de necesitatea unor intervenții asupra unor componente din cadrul stației de compresare a aerului.
- Implementarea și testarea unui sistem evoluat de management al compresoarelor conectate într-o stație de preparare a aerului comprimat, care este un sistem interconectat cu utilajele ce consumă aerul produs de stația de preparare și care poate folosi compresoarele în vederea producției aerului comprimat într-un mod inteligent, pregătindu-i consumatorului aer comprimat doar când acesta are nevoie, obținându-se astfel o reducere de 40 % a energiei electrice consumate și o scădere substanțială a costurilor de funcționare și întreținere.
- Proiectarea, implementarea, testarea și optimizarea unui sistem de control al logisticii prin managementul operațiilor efectuate de motostivuitoarele ce deservesc o fabrică, sistem ce își propune să gestioneze inteligent modul de transport al materiilor prime și al produselor din depozite, cu ajutorul unor servere și al unor dispozitive interconectate cu ajutorul unei rețele IoT. Sistemul este capabil să localizeze cu ajutorul rețelei wireless fiecare motostivuitor sau dispozitiv interconectat, și în funcție de acea poziție acesta va transmite sarcini specifice, astfel încât să se minimizeze distanța parcursă. Sistemul este capabil să comunice cu toate echipamentele prezente pe piață de gestiune a depozitelor dar și cu echipamentele industriale ce pregătesc paletul la ieșirea de pe linia de fabricație pentru stocarea în depozit.
- Proiectarea unui sistem de eficientizare a cuptoarelor de încălzire a preformelor în procesul de suflare, prin folosirea de recuperatoare de energie din aerul evacuat din cuptor și refolosirea acesteia pentru reducerea gradienților termici din mediu sau la intrarea în cuptor. Deoarece cuptorul folosește o cantitate mare de energie electrică pentru a încălzi preformele și a

le pregăti pentru a lua forma finală a flaconului, din acest proces rezultă o cantitate foarte mare de căldură evacuată fie în mediul ambiant al utilajului, fie afară. Sistemul propus folosește schimbătoare de căldură aer-apă, prin care preia căldura evacuată din cuptor și o refolosește prin încălzirea aerului de admisie în acesta, apa caldă obținută poate fi folosită pentru a încălzi încăperi sau poate fi stocată pentru momente în care mediul din încăperea în care se află utilajul necesită creșterea temperaturii pentru reducerea gradienților termici ambientali. Sistemul odată implementat asigură cuptorului o inerție termică, eliminând posibilitatea de a produce flacoane defecte în cazul în care există variații mari de temperatură a mediului.

- Sistemul de monitorizare multipunct al temperaturii cuptorului de încălzire a preformelor, la fiecare trecere dintr-un segment de încălzire în celălalt, proiectat, oferă informațiile necesare controlului lămpilor de încălzire a preformelor în funcție de temperatură. Acest sistem este capabil să elimine pierderile de energie electrică generate de programarea eronată de către operatorul uman a intensității aprinderii lămpilor, sugerând acestuia eventuale modificări ale rețetei de încălzire a preformelor în funcție de specificațiile primite de la furnizor, după ce au fost introduse pe linia de suflare. Liniile de fabricație furnizate pe piață utilizează un sistem fix, nereglabil. Controlul sistemului complex de încălzire al preformelor pe linia de suflare ar putea completa configurația- standard a acestor echipamente și recomandăm să facă parte din sistemul de control general al cuptorului pentru a reduce substanțial rebuturile în cazul liniilor de fabricație asamblate în zone cu variații mari ale temperaturilor zi-noapte sau între anotimpuri.
- Studiul folosirii lămpilor de încălzire a preformelor de tip SilverCoated, lămpi care sunt foarte eficiente în direcționarea luminii și căldurii provenite din radiații infraroșii. Acest tip de lampă a mai fost testat, dar datorită caracteristicilor tehnice diferite de a celorlalte tipuri de lămpi se consideră că nu poate fi folosită în același cuptor cu alt tip constructiv de lampă IR. În urma analizelor efectuate de autor, se constată că folosirea acestora în întregul cuptor poate aduce economii mari de energie.

7.4. PERSPECTIVE DE DEZVOLTARE ULTERIOARĂ A TEMEI

Ca direcții de studiu și cercetare, în viitor pot fi abordate următoarele tematici

- Posibilitatea integrării sistemelor proiectate, realizate și testate în teză, în sistemele distribuite ale utilajelor, fără a mai fi necesară adăugarea de noi sisteme de comandă;
- Utilizarea noilor protocoale și sisteme de comunicație fără fir apărute, mult mai sigure decât sistemele Wi-Fi și care pot fi vulnerabile pentru atacuri cibernetice sau au o funcționare deficitară în zone cu câmpuri electromagnetice perturbatoare puternice;
- Dezvoltarea unui sistem unic de gestionare și management a utilajelor prezente într-o fabrică, prin care toate acestea să fie capabile să schimbe informații între ele în vederea sincronizării producției, sau să transmită date de interes (resursa umană);
- Dezvoltarea de sisteme ce au la bază realitatea augmentată, care sunt capabile de a dirija tehnicienii exact la locul intervenției și de a citi date din utilaje prin acea interfață;

- Utilizarea sistemelor de determinare exactă și rapidă a calității produselor îmbuteliate, capabile de a identifica greșelile și de a elimina produsul neconform din circuitul de produse finite;
- Dezvoltarea unui centru de cercetare pentru studiul calității produselor îmbuteliate, a utilajelor folosite în producția acestora și dezvoltarea de noi produse;
- Dezvoltarea unor noi produse pe piață, compatibile cu electrocasnicele *Smart*, produse care vor face parte din lumea conectată, care vor avea etichete electronice;
- Colaborarea cu diverse companii producătoare de utilaje din domeniu, pentru a dezvolta utilaje eficiente bazate pe un mediu interconectat prin Internet of Things.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

[8]. BATIONO, Y. J.; EZZATI-JIVAN, N.; DAGENAIS, M. R. *Efficient cloud tracing: From very high level to very low level.* In: Consumer Electronics (ICCE), 2018 IEEE International Conference on. IEEE, 2018. p. 1-6.

[11]. BORZA, A. *Managementul întreţinerii şi reparării utilajelor.* Editura Economică, Cluj-Napoca, 1995.

[12]. BOSTELMAN, R.; SHACKLEFORD, W. *Advanced sensing towards improved forklift safety*. In Proceedings of the 10th Performance Metrics for Intelligent Systems Workshop 2010, pp. 101-106, ACM.

[14]. BROOKS, D. W.; GILES, G. A. *PET packaging technology*. Ed:Taylor & Francis US, 2002.

[26]. CONG, P., et al. *Developing User Perceived Value Based Pricing Models for Cloud Markets*. IEEE Transactions on Parallel & Distributed Systems, 2018, 12: 2742-2756.

[29]. DENIS, Gerard; EVRARD, Alain. *Thermal treatment unit for the manufacture of pet containers*. U.S. Patent No 5,308,233, 1994.

[37]. ELLIOTT, B. *Compressed Air Operations Manual*. McGraw-Hill Professional, 2010.

[65]. IAMANDI, I., FILIP, R. *Etică şi responsabilitate socială corporativă în afacerile internaţionale*. Editura Economică, 2008.

[69]. JENNIFER, T. *Richard Arkwright and technology.* History 58.192, 1973.

[72]. JOHNSON, D. G. *Programmable controllers for factory automation*. Marcel Dekker, Inc., 1987.

[74]. KULKARNI, S. T.; UNNI, M. PK. *Process for the preparation of fast reheat (FRH) bottle grade polyethyleneterephthalate (PET) resin.* U.S. Patent No 7,479,517, 2009.

[85]. MARI K., K.; OLSEN, P.; DONNELLY, K, A.; *Implementing traceability: practical challenges at a mineral water bottling plant*. Ed:British Food Journal, 2010, 112.2: 187-197.

[88]. MCQUISTON, Faye C.; PARKER, Jerald D. *Heating, ventilating, and air conditioning: analysis and design.* 1982.

[93]. NAGAMACHI, M. *Kansei engineering: a new ergonomic consumer-oriented technology for product development.* International Journal of industrial ergonomics, 1995, p. 3-11.

[100]. POTORAC, A.; *Rețele de calculatoare - curs universitar.* Universitatea „Ștefan cel Mare" Suceava, 2016

[109]. SANSEBASTIANO, G.; ZONI, R.; BIGLIARDI, L.; *Cleaning and disinfection procedures in the food industry general aspects and practical applications*. In: Food Safety. Springer US, 2007. p. 253-280.

[121]. TOLIYAT, A. H.; KLIMAN, G. B. *Handbook of Electric Motors*. CRC Press, 2004.

[122]. TOMPKINS, J. A.; SMITH, J. D. The warehouse management handbook. In: Tompkins press, 1998.

[123]. TUMMALA, R. *Fundamentals of microsystems packaging*. Ed: McGraw Hill Professional, 2001.

[126]. UMAR, M.; KHAN, N.; AGHA, M. H.; ABBAS, M. *SAP-ERP Implementation: Change Management Model using Qualitative Approach*. International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS), 2016, p. 9.

[128]. VENKATARAMANI, G., et al. *A review on compressed air energy storage–A pathway for smart grid and polygeneration*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016, 62: 895-907.

[133]. WEBB, J. W.; RONALD, A. *Programmable logic controllers: principles and applications.* Prentice Hall PTR, 1998.

[134]. WEBER, R. H.; WEBER, R. Internet of things. Ed: Springer ,Vol. 12, New York, USA, 2010.

[143]. ZHANG, C, et al. *Rotary ultrasonic machining of optical K9 glass using compressed air as coolant: A feasibility study*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 2014, 228.4: 504-514.

[146]. ZHU, Q.; WANG, R.; CHEN, Q.; LIU, Y.; QIN, W. *Iot gateway: Bridgingwireless sensor networks into internet of things.* In: Embedded and Ubiquitous Computing (EUC), 2010 IEEE/IFIP 8th International Conference, p. 347-352.

[157]. ***https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/65/Beebe_Windmill_Isometric_of_Machinery_Long_Island_NY.jpg, accesat la 24.06.2017

Lista lucrărilor personale publicate în domeniul tezei de doctorat

[161]. **PAȚA, S. D**.; POIENAR, M.; CENUȘĂ, M.; MILICI, D. L. *Automated system for optimising the production of compressed air with a compressors station*. In:

International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE), Iași, Octombrie 2016, p. 458-461.

[162]. PAȚA, S. D.; POIENAR, M.; CENUȘĂ, M.; MILICI, D. L. *Automatically prevention of accidentally maintenance system*. In: International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE), Iași, Octombrie 2016, p. 458-461.

[163]. PAȚA, S. D.; POIENAR M.; CENUȘĂ M.; MILICI L. D. (2017). *Controling the speed of asynchronous motor with a tiny module controller*. In: 7th International Conference on Modern Power Systems 2017, 6-9 june 2017, Cluj-Napoca, România.

[164]. PAȚA, S. D.; CENUȘĂ, M.; POIENAR, M. *Method and installation for milk controlling and management*. In: Buletinul Științific al Academiei forțelor terestre ”Nicolae Bălcescu”, Sibiu, România, Nr. 3/2018, ISSN 2501-3157.

[165]. PAȚA, S. D.; MILICI L. D.; UNGUREANU, C.; OLARIU, E.D.; POIENAR, M.; BOBRIC, C.; IRIMIA, D.; PENTIUC, R.; POPA, C.; RAȚĂ, M. *Metodă și instalație pentru manipularea și gestionarea laptelui.* Cerere de Brevet de Invenţie nr. A/01108 din 13.12.2017.

[166]. PAȚA, S. D *Studiul actual al cercetărilor în domeniul sistemelor instrumentale distribuite utilizate în industria alimentară* – Raport I în cadrul stagiului de pregătire pentru doctorat. Suceava: Universitatea „Ştefan cel Mare”, Facultatea de Inginerie Electrică şi Ştiinţa Calculatoarelor, Ianuarie, 2017.

[167]. PAȚA, S. D.; *Contribuții preliminare, teoretice și experimentale cu privire la unele variante de sisteme automate de monitorizare a fluxurilor de producție pe liniile de fabricație* – Raport II în cadrul stagiului de pregătire pentru doctorat. Suceava: Universitatea „Ştefan cel Mare”, Facultatea de Inginerie Electrică şi Ştiinţa Calculatoarelor, Iulie, 2017.

[168]. PAȚA, S. D.; *Sistem de determinare a calității surselor de apă potabilă* – Lucrare de Licență. Suceava: Universitatea „Ştefan cel Mare”, Facultatea de Inginerie Electrică şi Ştiinţa Calculatoarelor, iulie, 2013.

[169]. PAȚA, S. D.; CTC-SYS Sistem automat pentru optimizarea managementului operațional liniilor de îmbuteliere a apelor minerale – Lucrare de Disertație. Suceava: Universitatea „Ştefan cel Mare”, Facultatea de Inginerie Electrică şi Ştiinţa Calculatoarelor, Iulie, 2015.

[170]. PAȚA, S. D.; CIUFUDEAN C.H..; FILOTE C..; BUZDUGA C.; ORHEI, L.G.;TORAC-MITRIC, A. L. ; MARUSIC G. *Sistem de monitorizare a calității apei potabile* Cerere de Brevet de Invenţie nr. A/0922 din 03.12.2012.

[171]. PAȚA, S. D.; CIUFUDEAN C.H..; FILOTE C.; BUZDUGA C.; LUNCAȘU, L.I.;TORAC-MITRIC, A. L. *Sistem pentru dozarea aditivilor în sarea recristalizată* Cerere de Brevet de Invenţie nr. A/0494 din 05.07.2013.

[172]. PAȚA, S. D.; CIUFUDEAN C.H..; BUZDUGA C.; LUNCAȘU, L.I.;TORAC-MITRIC, A. L. *Sistem pentru estimarea riscului de avalanșă* Cerere de Brevet de Invenţie nr. A/0495 din 05.07.2013.

[173]. PAȚA, S. D.; ORHEI, L.G.;TORAC-MITRIC, A. L. *Sistem de monitorizare a calității apei potabile* Publicat în cadrul Sesiunii internaționale de comunicări științifice ale studenților ELSTUD 2013 ISSN 2066 – 6551..

[175]. PAȚA, S. D..;TORAC-MITRIC, A. L. *Sistem pentru monitorizarea calității surselor de apă potabilă* Publicat în cadrul Conferinței Internaționale „Zilele Tehnice Studențești" Ediția XVII, Volumul VIII 2013 ISSN 2066-3617.