



UNIVERSITATEA **POLITEHNICA** DIN BUCUREȘTI

Școala Doctorală de Inginerie Electrică

TEZĂ DE DOCTORAT

Rezumat

**ACTIONĂRI ELECTRICE PENTRU MONITORIZAREA ȘI DIAGNOSTICAREA
CALIȚĂȚII APELOR PROVENITE DIN PUȚURI FORATE**

**ELECTRICAL DRIVES FOR MONITORING AND DIAGNOSIS OF WATER
QUALITY SYSTEMS FROM DRILLED WELLS**

Doctorand: ing. George - Alexandru SMEU

Conducător de doctorat: Prof. dr. ing. Constantin GHIȚĂ

București 2022

CUPRINS

CAPITOLUL 1	5
INTRODUCERE	5
1.1. SCOPUL TEZEI DE DOCTORAT	5
1.2. ELEMENTE GENERALE PRIVIND SISTEMELE DE MONITORIZARE SI DIAGNOSTICARE A CALITĂȚII APELOR 5	5
1.3. ELEMENTE DE LEGISLAȚIE ȘI FIRME DIN DOMENIUL TEZEI	6
1.4. MULȚUMIRI	6
CAPITOLUL 2	7
SENZORI, TRADUCTOARE, DISPOZITIVE ELECTRONICE ȘI ECHIPAMENTE PENTRU REALIZAREA SISTEMELOR DE MONITORIZARE A CALITĂȚII APELOR	7
➤ SENZORI DE MĂSURĂ PH	7
➤ SENZORI PENTRU DETERMINAREA CONDUCTIVITĂȚII	7
➤ TRADUCTOARE PENTRU MĂSURAREA SALINITĂȚII	7
➤ TRADUCTOARE PENTRU DETERMINAREA TOTALULUI DE SĂRURI DIZOLVATE (TDS)	7
➤ ECHIPAMENTE PENTRU MONITORIZAREA OXIGENUL DIZOLVAT (DO).....	7
CAPITOLUL 3	8
ECHIPAMENTE ȘI DISPOZITIVE ELECTRONICE PENTRU SISTEMELE HIDRAULICE	8
3.1. ACTIONAREA ELECTRICA A ANSAMBLULUI DE POMPARE	8
3.2. INSTALAȚIE DE CORECTARE A PH-ULUI	10
3.3. ETAPELE TEHNOLOGICE ALE TRATĂRII APEI POTABILE.....	11
3.4. MONITORIZAREA ETAPELOR TEHNOLOGICE ALE TRATĂRII APEI POTABILE	11
3.5. BENEFICIILE ECONOMICE ALE AUTOMATIZĂRII PROCESULUI DE TRATARE A APEI	12
3.6. SISTEM DE MONITORIZARE ȘI DIAGNOSTICARE A CALITĂȚII APELOR	13
3.7. CONSIDERENTE SPECIFICE APLICAȚIEI ÎN DIMENSIONAREA ȘI SELECTAREA ECHIPAMENTELOR	14
3.8. ELEMENTELE SISTEMULUI DE MONITORIZARE ȘI DIAGNOSTICARE	15
3.9. PRELUCRAREA ȘI INTERPRETAREA SEMNALELOR	15
3.10. STUDIU DE CAZ EXPERIMENTAL – OPTIMIZARE SISTEM TRATARE LEVIGAT PRIN OSMOZĂ INVERSĂ 16	16
CAPITOLUL 4	18
SISTEM EXPERT CONCEPUT PENTRU STAȚIA DE TRATARE APĂ.....	18
4.1. CARACTERISTICILE UNUI SISTEM EXPERT.....	18
4.2. BAZA DE CUNOȘTINȚE	18
4.3. MOTORUL DE INTERFAȚĂ	19
4.4. BENEFICIILE UNUI SISTEM EXPERT	19
4.5. APLICAREA UNUI SISTEM EXPERT BAZAT PE REGULI ÎN DOMENIUL CONTROLULUI TRATĂRII APEI POTABILE	19
➤ STUDIU DE CAZ: BUTELIE GOALĂ DE CLOR	19
➤ STUDIU DE CAZ: DOP DE VAR	20
➤ ALTE EXEMPLE DE RAȚIONAMENT PENTRU SISTEMELE EXPERT	20
➤ ALTE EXEMPLE PREZENTATE ÎN DETALIU ÎN CADRUL TEZEI!.....	20
CAPITOLUL 5	21
DIAGNOZA UNUI GRUP DE POMPARE	21
5.1. DESCRIEREA SISTEMULUI.....	21

5.2.	DESCRIEREA PROBLEMELOR INTALNITE	21
CAPITOLUL 6	28
IMPLEMENTAREA UNUI SISTEM DE MONITORIZARE - CONTAMINARE.....		28
6.1.	REZUMATUL APLICATIEI.....	28
6.2.	CONTEXTUL APLICAȚIEI.....	28
➤	PUNCTUL DE PLECARÉ:	28
➤	CONCEPTE DE BAZĂ:	28
➤	LISTA CERINȚELOR:	28
➤	UNELTE:.....	29
➤	ARHITECTURA PROGRAMULUI:.....	29
6.3.	PROIECTAREA APLICAȚIEI ȘI EXECUTAREA APLICAȚIEI	29
➤	ELABORAREA BAZEI DE DATE:.....	30
➤	ELABORAREA PROGRAMULUI DE ACHIZIȚIE A DATEI ȘI OREI ULTIMEI MĂSURĂTORI EFECTUATE:	30
➤	ELABORAREA PROGRAMULUI DE ACHIZIȚIE A NUMELUI ȘI VALORII FIECĂRUI PARAMETRU MĂSURAT ÎN TIMPUL ULTIMEI ÎNREGISTRĂRI:	30
➤	ELABORAREA PROGRAMULUI DE ACHIZIȚIE A UNITĂȚII DE MĂSURĂ AFERENTE FIECĂRUI PARAMETRU MĂSURAT ÎN TIMPUL ULTIMEI ÎNREGISTRĂRI:	30
➤	ELABORAREA FERESTREI DE AUTENTIFICARE (FEREAȘTRA 1):.....	30
➤	ELABORAREA FERESTREI HMI (FEREAȘTRA 2):.....	30
➤	ELABORAREA FERESTREI BAZEI DE DATE (FEREAȘTRA 3):	30
➤	FEREAȘTRA DE AUTENTIFICARE:.....	30
➤	FEREAȘTRA HMI (HUMAN MACHINE INTERFACE):	31
➤	FEREAȘTRA BAZEI DE DATE:	31
6.4.	AVANTAJE ȘI DEZAVANTAJE ALE APLICAȚIEI	31
6.5.	CONCLUZII PRIVIND FUNCȚIONAREA APLICAȚIEI	31
CAPITOLUL 7	32
APLICAREA TEHNOLOGIEI IOT ÎN INSTALAȚIILE DE POMPARE A		32
➤	INTRODUCERE	32
➤	ECHIPAMENTE ȘI REȚEA	32
➤	FACTORII DE INFLUENȚĂ A CALITĂȚII APEI	32
➤	STRUCTURA IOT APLICATĂ APEI POTABILE.....	32
➤	APLICAȚII ÎN DOMENIUL SIGURANȚEI ALIMENTARE – APĂ POTABILĂ	33
CAPITOLUL 8	34
CONCLUZII GENERALE ȘI ELEMENTE ORIGINALE		34
8.1.	CONCLUZII GENERALE.....	34
8.2.	CONTRIBUȚII ORIGINALE	36
8.3.	PERSPECTIVE DE CONTINUARE ULTERIOARĂ A CERCETĂRIILOR	37
BIBLIOGRAFIE.....		38

CAPITOLUL 1

INTRODUCERE

1.1. SCOPUL TEZEI DE DOCTORAT

Teza prezentată propune un set de etape cu ajutorul cărora se poate proiecta și automatiza un ansamblu de pompare necesar rețelelor moderne de distribuție a apei potabile. În capitolele tezei sunt parcurse etapele de primă configurare a unui grup de pompare, având ca punct de plecare cerințele hidraulice ale rețelei de distribuție. Sunt prezentate exemple de senzori necesari în procesul de monitorizare și automatizare, împreună cu avantajele și limitările acestora. Totodată, teza conține și exemple concrete de instalații industriale utilizate în procesul tehnologic de obținere a apei potabile prin tratare mecanică și chimică. Aceste instalații se iau în considerare atunci când se dimensionează grupul de pompare și automatizarea acestuia.

Un aspect de noutate îl conferă implementarea unui produs software integrat în modulul pompelor, menit să asigure monitorizarea și autodiagnoza întregului ansamblu de pompare. Acest Sistem Expert este descris în primul rând sub formă teoretică ca un tabel de posibile scenarii. Ulterior sistemul este implementat într-un produs software complet cu bază de date și metode de acționare.

Un alt element de noutate este asigurat de intenția de a implementa întreaga logică de automatizare a Sistemului Expert în grupul de pompare și distribuție, utilizând tehnologia Internet of Things (IoT – internetul lucrurilor). Sub această formă Sistemul Expert poate monitoriza și controla cu succes întregul proces de pompare și distribuție, unificând etapele procesului sub o singură unitate centrală de procesare.

Anexele atașate tezei prezintă ansamblul de linii de cod necesare dezvoltării interfeței Human Machine Interface (HMI – interfață om – mașină). Această interfață este doar o componentă a Sistemului Expert, componentă ce furnizează informațiile de stare ale sistemului către supervisor.

1.2. ELEMENTE GENERALE PRIVIND SISTEMELE DE MONITORIZARE SI DIAGNOSTICARE A CALITĂȚII APELOR

Distribuția de apă potabilă necesită monitorizare continuă datorită impactului asupra sănătății populației. Calitatea apei potabile trebuie asigurată pe întreaga distanță de la grupul de pompare la consumator. Pentru a asigura această siguranță sanitară, apa potabilă este dezinfectată și menținută la o anumită concentrație de Clor. Echilibrul fragil al concentrației de clor trebuie menținut și în timp în funcție de consum, dar și atunci când rețeaua nu este solicitată. Turbiditatea generată în cazul rețelelor îmbătrânite trebuie minimizată pe cât posibil, utilizând practici de pornire lentă a grupurilor de pompare și curățări periodice ale rețelei. Siguranța bacteriologică este asigurată prin dezinfecție și prin monitorizarea activă a calității apei împotriva factorilor de poluare.

1.3. ELEMENTE DE LEGISLAȚIE ȘI FIRME DIN DOMENIUL TEZEI

Legislația națională relevantă referitoare la serviciile publice de alimentare cu apă și de canalizare este sintetizată în: Legea nr. 241/2006, Legea nr. 51/2006, Legea nr. 31/1990, OUG 13/2008, Legea nr. 215/2001, Legea nr. 273/2006, HG 246/2006, Legea nr. 213/1998.

Companiile locale și județene de apă responsabile cu tratarea și distribuția apei potabile;

Companiile de vânzare și distribuție a echipamentelor necesare implementării sistemelor de tratare și a sistemelor de pompare și distribuție, precum: ENVIROTRONIC SRL, NITECH SRL, EDAS EXIM SRL, SITLINE TECHNOLOGY SRL, HACH LANGE ROMANIA, ENDRESS & HAUSER ROMANIA, VEOLIA WATER SOLUTIONS etc.

Companii de consultanță pentru proiectarea și implementarea soluțiilor de tratare, distribuție și monitorizare a apei potabile, precum: PROTOBI, C&V WATER, RAMBOL, STRABAG, HOCHTIEF SOLUTIONS, DANEX INTERNATIONAL, POLIALFA etc.

Companii de automatizare și acționări electrice precum: SITLINE TECHNOLOGY, POLIALFA, SIEMENS, BLUENOTE, CRYSTAL GRUP, DINOTEDAS, SOFTCONTROL etc.

1.4. MULȚUMIRI

Lucrarea realizată este rezultatul unei munci desfășurate de mine ca doctorand pe parcursul stagiului de doctorat. Elaborarea lucrării de față a fost făcută în Departamentul de Mașini, Materiale și Acționări Electrice al Facultății de Inginerie Electrică din Universitatea POLITEHNICA din București. Testele și ansamblurile prezentate sunt realizate cu ajutorul societăților comerciale împreună cu care am participat la diverse proiecte.

În primul rând doresc să exprim mulțumiri deosebite domnului Prof. dr. ing. Constantin GHIȚĂ, conducătorul științific al lucrării, concretizat în îndrumarea atentă și competentă făcută pe întreg parcursul elaborării acestei teze de doctorat. În același timp, mulțumesc și domnilor profesori din comisia de îndrumare: Prof. dr. ing. Tiberiu TUDORACHE, Conf.dr. ing. Aurel-Ionuț CHIRILĂ și Conf.dr.ing. Vasile PETRE, pentru discuțiile constructive și sugestiile făcute la prezentarea rapoartelor de cercetare aferente prezentei teze.

În continuare doresc să mulțumesc personal domnului Prof. dr. ing. Valentin NĂVRĂPESCU de la care am învățat ce înseamnă cu adevărat profesia, gândirea, logica și pasiunea de inginer.

Aduc mulțumiri și Societății Comerciale ENVIROTRONIC SRL care mi-a permis să intru în contact cu proiectele fără de care această teză nu s-ar fi putut realiza, și pentru echipamentele și datele acumulate puse la dispoziție de-a lungul anilor de lucru și cercetare necesare pentru realizarea experimentărilor. În acest sens, menționez pe domnul Lucian GAVRILESCU pentru sprijinul, îndrumarea și răbdarea sa pe întreg parcursul elaborării acestei teze.

În încheiere, dar nu în ultimul rând, doresc să mulțumesc familiei mele pentru condițiile și sprijinul pe care mi le-au creat și oferit pe toată perioada pregătirii tezei de doctorat care au făcut posibilă realizarea acesteia.

CAPITOLUL 2

SENZORI, TRADUCTOARE, DISPOZITIVE ELECTRONICE ȘI ECHIPAMENTE PENTRU REALIZAREA SISTEMELOR DE MONITORIZARE A CALITĂȚII APELOR

➤ *Senzori de măsură pH*

pH-ul se poate descrie ca fiind concentrația ionilor de hidrogen dintr-o soluție lichidă de măsurat, sau poate fi apreciat ca activitatea ionilor respectivi. Pentru măsurarea acestui parametru se utilizează o structură sub formă de tijă alcătuită din sticlă gaz-permisivă. În interiorul acestei structuri se regăsesc 2 electrozi de măsură, sau un electrod combinat, ce creează o diferență de potențial variabilă în funcție de concentrația parametrului studiat.

➤ *Senzori pentru determinarea conductivității*

Conductivitatea este o măsură a abilității apei de a conduce un curent electric. Aceasta este afectată de prezența solidelor anorganice dizolvate precum anioni (ioni încărcăți negativ) de cloruri, nitrați, sulfati și fosfați sau cationi (ioni încărcăți pozitiv) de sodiu, magneziu, calciu, fier și aluminiu. Compuși organici precum ulei, fenol, alcool și zahăr nu conduc curenți electrici foarte bine așa că au o conductivitate scăzută atunci când sunt prezenți în apă. Conductivitatea este de asemenea afectată de temperatură: cu cât este mai caldă apa, cu atât este mai mare conductivitatea. De aceea, conductivitatea este raportată ca fiind înregistrată la 25°C [1][2].

➤ *Tructoare pentru măsurarea salinității*

Salinitatea se referă la totalul concentrației de săruri dizolvate în apă. Sărurile formează particule ionice în urma dizolvării, astfel salinitatea devine o componentă puternică a conductivității. Salinitatea puternică poate fi măsurată printr-o analiză chimică deplină, metodă dificilă și costisitoare din punct de vedere al timpului. Mai des, salinitatea este estimată utilizând algoritmi bazați pe conductivitate, parametru mai ușor de măsurat. Valorile parametrului pot fi exprimate ca părți per mie (ppt) sau ca unități practice de salinitate (psu) ce compară proba cu un standard de salinitate precum apa mării.

➤ *Tructoare pentru determinarea totalului de săruri dizolvate (tds)*

Aceste traductoare sunt utilizate la măsurătoarea tuturor particulelor dizolvate în proba de apă, mai mici de 2 microni. Include toate substanțele organice și anorganice în stare moleculară, ionizată sau micro-granulare aflate în suspensie. În probele de apă curată, TDS este aproximativ egal cu salinitatea, în timp ce TDS-ul în apele poluate include și substanțele organice. [3]

➤ *Echipamente pentru monitorizarea oxigenul dizolvat (do)*

Aerul atmosferic are o concentrație de oxigen 20%. Peștii și alte organisme acvatice de asemenea necesită oxigen. Termenul de Oxigen Dizolvat (DO sau D.O.) se referă la cantitatea de oxigen liber dizolvat în apă, necesar organismelor acvatice pentru a respira. Standardele de calitate ale apei exprimă concentrații minime de oxigen dizolvat ce trebuie menținute pentru a susține viața și pentru a putea fi folosită în mod benefic. Nivele ale oxigenului dizolvat sub 4-5 mg/l afectează sănătatea peștilor iar cele sub 2mg/l pot avea urmări letale.

CAPITOLUL 3

ECHIPAMENTE ȘI DISPOZITIVE ELECTRONICE PENTRU SISTEMELE HIDRAULICE

Capitolul 3 începe prin a descrie nucleul oricărei rețele hidraulice: pompele. În urma proiectării ansamblului de pompe utilizate, se poate continua cu alegerea echipamentelor de monitorizare, automatizare și protecție necesare pompelor. Tot aici se prezintă criteriile pe baza cărora se dimensionează sistemul de automatizare și control, arhitectura pe care este construită platforma de automatizare și câteva exemple de instalații industriale utilizate în domeniul tratării și pomparei apei potabile [4].

3.1. ACTIONAREA ELECTRICA A ANSAMBLULUI DE POMPARE

Pompele sunt echipamente mecanice de generare a energiei hidraulice. Această energie se caracterizează ca fiind suprapresiunea unui lichid ce se află în mișcare cu o anumită viteză sau cu un anumit debit. Energia hidraulică este rezultatul lucrului mecanic efectuat de un motor electric cuplat unui sistem de punere în mișcare a lichidului.

Convertizoarele moderne de frecvență (CF), cu performanțele lor tehnice și de gabarit deosebite, au adus în ultimii ani o revoluție în tehnica de pompare. Ele au fost integrate în carcasa agregatelor de pompare împreună cu traductoarele de presiune (debit) și cu sistemele de reglare automată a acestor parametri. Ca urmare, pompele clasice au căpătat noi proprietăți, devenind niște surse reglabile și flexibile de energie hidraulică, fiind numite și pompe inteligente. O astfel de pompă este prezentată în figura 3.1.



Fig. 3.1. Pompă având convertizor de frecvență integrat

Semnificațiile notațiilor din figura 3.1. sunt următoarele:

- 1 – bornele de conexiune ale motorului electric, convertizorul de frecvență, regulatorul senzorului de presiune;
- 2 – motorul electric de antrenare;

- 3 – cuplajul mecanic dintre motorul electric și arborele de pompare;
- 4 – traseul hidraulic de măsură diferențială a traductorului de presiune;
- 5 – cuplajul de presiune (flanșă DIN – notație conform standardelor germane);
- 6 – Carcasa conținând arborele de pompare.

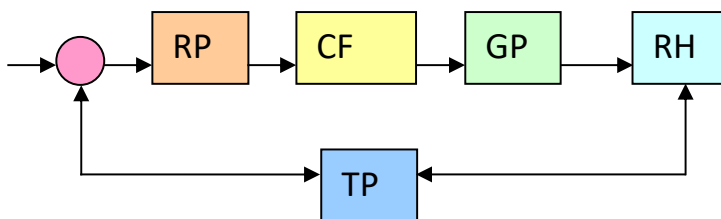


Fig. 3.2. Schema bloc a regulatorului de presiune pentru controlul grupului de pompare

În figura 3.2. este prezentată schema bloc a unui regulator activ de presiune. Dacă se alimentează grupul de pompare (GP) de la un convertizor de frecvență (CF) comandat de către un regulator de presiune (RP) în buclă închisă, nu mai sunt posibile creșterile ale presiunii deoarece traductorul (TP) și regulatorul de presiune (RP) controlează permanent abaterea presiunii reale de la cea prescrisă (nominală), menținând-o nulă și stabilizând astfel presiunea $p = \text{const}$ și înălțimea $H = H_N = \text{const}$ prin modificarea turației motorului și implicit a pompei până la valoarea $n = n_1$. Caracteristica modificată $H_p(Q)$, pentru $n = n_1$, în acest caz, se deplasează paralel în jos, ceea ce conduce la o reducere a puterii electrice consumate, proporțională cu înălțimea diferențială ΔH .

Motoarele electrice din componența pompelor sunt asincrone trifazate. Răcirea se face cu un sistem de conducte plasat în carcasa motorului prin care circula apa de racire. Este permisă funcționarea pompei cu motorul expus pentru perioade scurte de sub 15 min, iar cablul de alimentare CEE este echipat cu plutitor de protecție la mersul în gol. Pentru acționarea motorului electric se utilizează un convertizor de frecvență.

Convertizoarele de frecvență se utilizează pentru reglajul electronic al vitezei motoarelor de acționare. Prin utilizarea acestor convertizoare, se economisește energie electrică și se reduce considerabil uzura materială. În general, convertizoarele de frecvență pornesc și opresc motoarele electrice în mod controlat și infinit variabil. Comparativ cu motoarele electrice alimentate direct, acționarea prin convertizor de frecvență elimină impulsurile de putere și cuplu, ce protejează mecanic transmisia dintre motor și pompă, pompa, rețeaua hidraulică și garniturile. Astfel se reduce considerabil uzura și se prelungește durata de viață a stației de pompare. Procedurile de întreținere și reparațiile se fac mai rar iar costurile scad multumită intervalelor de operare mai lungi și uzurii scăzute a materialelor.

O soluție compactă și integrată, în care convertizorul de frecvență este atașat direct motorului electric, asigură o mai bună coordonare dintre motor și convertizor.

Un grup de pompare utilizează următorii senzori:

- Senzori de tensiune
- Senzori de curent
- Senzori de putere
- Senzori pentru determinarea factorului de putere - $\cos(\varphi)$
- Senzori de presiune
- Senzori de temperatură
- Senzori de vibrații

- Senzori de prezență apă în ulei

În cazul unor pompe inteligente (E-pump), toți senzorii menționați intră în ansamblul de comandă și control montat pe corpul pompei. Având toți acești senzori integrați și conectați în cadrul pompei, nu este necesară achiziția de date sau implementarea unor reguli de acționare sau protecție suplimentare, deoarece pompa deja este controlată local, sub apă, de ansamblul integrat de senzori.

3.2. INSTALAȚIE DE CORECTARE A PH-ULUI

În general, o apă cu un pH scăzut (<6.5) poate fi acidă, ușoară și corozivă. Astfel apa poate primi ioni ale metalelor precum fier, mangan, cupru, plumb și zinc din punctul de tratare, fittinguri sau conducte. Drept urmare, apa cu un pH scăzut poate conține concentrații ridicate de metale toxice, ce pot deteriora prematur instalațiile metalice. Această apă poate avea probleme precum gust metalic sau acru, poate păta îmbrăcămintea și poate lăsa o culoare caracteristică albastră-verde pe chiuvete sau scurgeri. Modul principal de a trata apa cu pH scăzut implică folosirea unui neutralizator. Acesta dozează o soluție în apă ce previne reacția dintre apă și instalații sanitare sau coroziunea electrochimică. O soluție tipică de neutralizare este pulberea de sodă. Neutralizarea folosind pulbere de sodă crește conținutul de sodiu din apă.



Fig. 3.3. Instalație dozare sodă

În principiu, stația este alcătuită dintr-un cofret metalic, tratat chimic împotriva coroziunii, ce va deservi ca protecție mecanică și incintă pentru subansamblul de dozaj. În interiorul cofretului se va monta un panou din blat rezistent chimic, de laborator, pe care se vor instala traseele hidraulice, pompele de dozaj, tabloul electric de alimentare, tabloul de comandă și feedback, un bloc de prize și o lampă ca accesorii. Componentele sunt afișate în figura 3.3. și în figura 3.4.



Fig. 3.4. Ansamblu de dozare sodă

În teză este prezentată în detaliu o asemenea instalație capabilă să corecteze pH-ul în timp real prin dozarea de reactiv.

3.3. ETAPELE TEHNOLOGICE ALE TRATĂRII APEI POTABILE

Ca apa brută să devină potabilă, aceasta trebuie să parcurgă următoarele etape:

- Tratament preliminar
- Coagularea / flocularea
- Sedimentarea (clarificarea)
- Filtrarea
- Dezinfectarea
- Uscarea nămolului
- Fluorizarea
- Corectarea pH-ului

3.4. MONITORIZAREA ETAPELOR TEHNOLOGICE ALE TRATĂRII APEI POTABILE

Prima etapă a procesului o reprezintă pretratarea. Aici apa este curățată de particule mari precum pietre, frunze, lemne ș.a. utilizând grătare rare și dese. Primul parametru monitorizat este debitul apei de intrare în stația de tratare. În funcție de acest debit, se verifică asigurarea cantității apei tratate necesare consumatorilor.

În continuarea liniei de alimentare cu apă se regăsește vana de control a debitului de intrare. Această vană este controlată de debitul instantaneu impus de către operator. Debitul înregistrat de canalul calibrat Parshall intră într-o ecuație diferențială împreună cu debitul impus, iar rezultatul duce la deschiderea suplimentară sau închiderea vanei de intrare.

La intrarea propriu-zisă a stației, se regăsește un prelevator automat de probe. Scopul acestui prelevator este de a obține o probă de apă din linia de alimentare a stației, ce urmează a fi evaluată de către personalul de laborator.

Acționări electrice pentru monitorizarea și diagnosticarea calității apelor provenite din puțuri forate

În continuarea liniei tehnologice se regăsește turbidimetrul pentru apă brută. Scopul acestuia este de a monitoriza turbiditatea apei. Acest parametru denotă gradul de limpezime al apei brute. Particule precum praful sau nisipul sunt detectate de acest senzor.

Pe măsură ce apa înaintează în proces, se regăsește un traductor de pH. Dotat cu electrod din sticlă gaz-permisivă și cu senzor de temperatură, traductorul de pH transformă potențialul electric măsurat, în unități de pH.

Odată ce parametrii de intrare au fost înregistrați și aprobați de sistemul centralizat de date, linia tehnologică începe etapele de tratare ale apei.

Polimerii necesită o stație de preparare. Deși o investiție mai puțin costisitoare decât sulfatul de aluminiu, polimerii se achiziționează în stare granulară, iar înaintea injectării acestora în linia de alimentare cu apă, trebuie preparați. Un sistem de dozare cu șnec dozează pulberi de polimer într-un rezervor cu apă de mici dimensiuni. Apoi un malaxor amestecă și omogenizează polimerul cu apă.

În cele ce urmează amestecul de apă brută cu polimer este mixat rapid pentru a fi omogenizat. Pentru a dispersa reactivul uniform, se utilizează mixere puternice de turație mare, comandate prin intermediul convertizoarelor de frecvență.

Tot în această etapă, pH-ul apei este înregistrat pentru a proteja linia apei împotriva accidentelor sau a pătrunderii materiilor străine. pH-ul și temperatura sunt transmise via (4 - 20mA) către PLC-ul local.

Flocularea, următoarea etapă tehnologică, permite apei să curgă cu viteză redusă printr-un bazin de reacție. Aici particulele de praf și reziduu încep a se atrage datorită încărcării ionice pozitive a apei, și devin flocoane. Sedimentarea (sau clarificarea) începe imediat ce apa parcurge procesul de floculare. În această etapă, apa curge foarte ușor pentru a avea timp să se limpezească.

În continuare, un mixer se utilizează pentru omogenizarea suplimentară a apei de proces. Astfel, orice particule rămase în apă nu se mai pot sedimenta sau depune pe instalații. O ultimă probă este recoltată de către operatorul de laborator în vederea stabilirii eficienței filtrelor și a etapelor de sedimentare și floculare.

Puțurile de apă clară beneficiază de tratament dezinfectant cu clor. Organismele din apă sunt distruse sau neutralizate prin dozarea de clor (Cl_2) în apă, reactivul fiind foarte practic, eficient și economic.

Înainte de pomparea apei finisate, pH-ul apei este ajustat la nivelul optim 7.2 sau 7.4 unități de pH. În vederea ajustării, se dozează var cu ajutorul unor rezervoare suspendate cu valvă de curgere. Varul acționează asupra apei clorinate și crește pH-ul ușor acid ca urmare a proceselor de filtrare și de dozare a reactivilor. Această apă este ulterior pompată către sistemul de distribuție.

La ieșirea din stație, un debitmetru electromagnetic înregistrează debitul apei furnizate rețelei iar totalul de apă furnizată este contorizat în scopuri fiscale. Acest total al apei furnizate este baza pe care stația de tratare apă este plătită pentru serviciile sale.

3.5. BENEFICII ECONOMICE ALE AUTOMATIZĂRII PROCESULUI DE TRATARE A APEI

Datele colectate din industrie indică cele mai mari costuri de întreținere și operare ca fiind pentru lucru (factorul uman), energie și chimicale (reactivi). Astfel, automatizarea în

Aționări electrice pentru monitorizarea și diagnosticarea calității apelor provenite din puțuri forate aceste zone are mare potențial de generare a economiilor. Investiția în economiile tipice prin aplicarea automatizărilor arată valori precum:

- Economii în chimicale: uzual între 15% și 40%;
- Economii în lucru manual: uzual între 5% și 30%, dar au fost înregistrate și valori mai mari în stațiile operate fără asistență umană;
- Economii energetice: uzual între 5% și 35%;

Anumite economii prezentate pot fi datorate aplicării unor automatizări de nivel superior. Nu toate aceste economii sunt atribuite exclusiv operării neasistate.

3.6. SISTEM DE MONITORIZARE ȘI DIAGNOSTICARE A CALITĂȚII APELOR

Principiul de monitorizare, achiziție date și intervenție asupra sistemului în timp real se implementează în structură modificată pentru fiecare sistem în parte. În cazul unui grup de pompare, ansamblul de monitorizare este alcătuit din senzori de proces, cu timp scurt și foarte scurt de răspuns, caracteristică importantă în buclele rapide de reacție. Totodată, senzorii au nevoie la rândul lor de monitorizare din partea unui sistem central, echipat complet pentru a stabili factorii decizionali. De obicei acest sistem se numește SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Dar prin metoda sa de implementare, SCADA poate fi pur teoretic, alcătuit din părți software ce lucrează împreună în vederea înregistrării datelor și implementarea deciziilor, sau poate fi de tip mixt, un sistem complet alcătuit din componente Hardware și Software, înglobate în bucla de reacție.

Sistemele de supraveghere se implementează și sub formă grafică, HMI (Human Machine Interface) pentru a putea fi înțelese, urmărite și modificate cu ușurință de către operatorii stațiilor. Totodată, interfețele grafice le permit acestora să urmărească tendințe actuale sau din trecut, sub formă de grafice, să vizualizeze sau să confirme alarme, să modifice parametrii de funcționare, chiar dacă sistemul este în funcțiune, plus multe alte funcții personalizate de la aplicație la aplicație [5].

Comparând sistemul electronic de monitorizare, achiziție, decizie și intervenție, cu sistemul fizic de reacție, timpul predominant de răspuns al ansamblului va fi întotdeauna cel al elementelor de reacție. Însă acest lucru nu este văzut ca o problemă. Presupunem că un sistem hidraulic alcătuit din conducte și bransamente la consumatori, are o cădere de presiune cauzată de intrarea în funcțiune a unui mare consumator hidraulic. Sistemul de monitorizare sesizează imediat căderea de presiune, valorile noi sunt achiziționate instantaneu în sistemul SCADA, factorul de decizie este rapid și se accesează soluția: creșterea presiunii prin ridicarea vitezei de pompare (mai mult volum, mai mare presiunea). Până în acest punct, timpul de reacție este rapid, de calibrul unei acționări electrice eficiente. De aici, motoarele pompelor funcționează la o turație mai mare, și ideal ar fi ca presiunea să se egalizeze rapid. Apare însă inerția hidraulică a sistemului. Acea lipsă de volum ce cauzează căderea de presiune poate fi completată doar prin pompare, iar grupul este limitat în debit, raportat la timp. Acea inerție hidraulică va cauza un timp de răspuns mult mai mare (sistemul va fi mai lent) ca al întregului ansamblu de monitorizare, achiziție, decizie și reacție. Cu cât se urmărește sistemul de reacție de la senzor la consumator, cu atât timpul de răspuns crește exponențial.

Concluzia acestui sistem implică utilizarea unor componente de achiziție și monitorizare standard. Nu sunt necesare componente ultrarapide sau grupuri de pompare

supradimensionate. Oricum, în punctele cruciale, proiectate să facă față unui consum brusc și mare, se implementează pompe adiționale cu rol redundant dar și cu rol de anclanșare în cazuri de urgență. Dacă o pompă întâmpină probleme ce conduc la oprirea totală a acesteia, în cel mai scurt timp este pornită cea de-a doua pompă pentru a nu afecta procesul tehnologic.

Componenta de diagnosticare a sistemului este diferită de sistemul amintit mai sus. Pentru păstrarea unui ansamblu în regimul nominal (păstrarea acelei sănătăți a sistemului) este necesară monitorizarea altor parametri funcționali, în timp real, diferiți față de cei monitorizați în proces. Aici, se monitorizează temperatura grupului de pompare, curentul absorbit de acesta, puterile absorbite, tensiunea de lucru, vibrațiile, turațiile reductoarelor mecanice ș.a. Acești parametri pot avertiza din timp sistemul cu privire la eventualele probleme, defecțiuni sau posibile avarii. Sensoristica de achiziție este la fel de rapidă precum senzorii de proces, dar elementele de achiziție și reacție sunt mult mai rapide. În aceste condiții, se urmărește protejarea sistemului, implicit protejarea investiției. Ne putem doar imagina ce înseamnă avaria totală a unei pompe, fără autodiagnoză sau operator la fața locului. Grupul este oprit pentru remediere iar beneficiarul final este principalul dezavantajat. Implicit apar repercusiuni financiare la nivelul companiei de apă, odată prin investiția de remediere și altă dată prin pierderile monetare înregistrate.

O altă latură a sistemului centralizat de monitorizare și diagnosticare o reprezintă asigurarea calității apei. Acest aspect este compus din analizele calitative ale apei ce raportează parametri fizico-chimici. Ținând cont de tehnologiile necesare modificării anumitor parametri calitativi, monitorizarea parametrilor se face în anumite etape ale lanțului de tratare, etape după care se poate interveni pentru a corecta apa. Dacă, spre exemplu, pH-ul unei ape nu este stabilizat în zona neutră, pe lângă implicațiile la nivelul sănătății beneficiarului, poate duce la degradarea rapidă a instalațiilor de pompare și furnizare. Degradările se manifestă adesea prin depuneri minerale, coroziune, distrugerea membranelor sau garniturilor etc. Încă din etapele incipiente ale tratării se poate corecta gradul de aciditate sau alcalinitate al apei, prin dozarea anumitor reactivi.

Bucula de reacție proiectată pentru diagnosticare în timp real este una mult mai rapidă. Aceasta nu interacționează cu rețeaua hidraulică propriu-zisă, ci doar cu grupul în sine. Acumularea de informații se face tot cu senzori calitativi, însă diferă parametrii măsurați. Ciclul de protecție culege informații despre motor, despre parametri fizici ai acestuia, despre reacțiile apărute la nivelul cuplajelor, vibrații, tensiuni mecanice, turații ș.a. Mai există însă și ciclul preventiv, al cărui scop este de a monitoriza calitatea (sănătatea) grupului. În principiu caută probleme precum infiltrații de apă în băile de ulei ale reductoarelor sau ale rulmenților, modificarea umidității interne ale componentelor uscate, apariția de zgomote în afara ariei prestabilite de rezonanță (prevenirea cavitației) dar și altele.

3.7. CONSIDERENTE SPECIFICE APLICAȚIEI ÎN DIMENSIONAREA ȘI SELECTAREA ECHIPAMENTELOR

Pornind de la parametrii instalației hidraulice, se dimensionează grupul de pompare. Apoi, se aleg punctele cruciale și opționale de monitorizare a parametrilor hidraulici. Pentru păstrarea rețelei în regim nominal, sunt minimum necesari următorii parametri:

- Presiunea la nivelul rețelei de distribuție
- Nivel rezervor de apă tratată

- Debitul instantaneu al apei pentru managementul consumului
- Debitul total furnizat pentru fiscalizare

Pentru monitorizarea stării grupului de pompare, este necesară instalarea unor senzori adiționali față de cei hidraulici. Motorul electric și reductorul mecanic se vor monitoriza utilizând următoarele componente:

- Traductorul de putere
- Traductorul de curent
- Traductorul de tensiune
- Traductorul de temperatură
- Traductorul de turație
- Senzorul de apă în ulei
- Senzorul de vibrații

3.8. ELEMENTELE SISTEMULUI DE MONITORIZARE ȘI DIAGNOSTICARE

Urmărind sistemul de reacție al procesului, prima componentă, și cea mai costisitoare, o reprezintă senzistica. Aceste elemente transformă caracteristicile fizice ale sistemului în mărimi lucrative. Spre exemplu, un senzor de presiune piezoelectric măsoară poziția unei membrane sensibile și transformă această poziție într-o valoare exprimată în mA, cuprinsă în gama (4 – 20) mA. Acest protocol industrial de transmitere se utilizează de foarte mult timp deoarece implementarea sa este foarte simplă. Un canal analogic de măsură nu necesită alimentare suplimentară. Senzorul are în componență o rezistență ce se modifică odată cu poziția membranei. Astfel, în loc să se pozeze un cablu cu minim 4 conductoare către senzor, se pozează un cablu cu 2 conductoare și ecranaj (alimentare în buclă). Simplitatea sistemului îi dă rezistență în timp. [6]

Senzorii necesari pentru determinarea parametrilor funcționali sunt:

- Traductor de presiune
- Traductor de nivel
- Traductor de turație
- Debitmetre
- Detector de apă în ulei
- Comutator de nivel

3.9. PRELUCRAREA ȘI INTERPRETAREA SEMNALELOR

Odată ce senzistica este aleasă conform aplicației, începe dimensionarea și configurarea traductoarelor de semnale. Aceste interfețe trebuie să fie capabile să achiziționeze semnalele transmise de senzistica, să filtreze aceste semnale, să le rectifice acolo unde este cazul și să le transmită mai departe, condiționate, către intrările analogice și digitale ale PLC-ului. Totodată, interfețele protejează sistemul de achiziție de date în caz de suprasarcină, descărcări accidentale, scurtcircuit. Este convenabil ca într-un astfel de sistem să cedeze un amplificator, ieftin și ușor de înlocuit. Dacă defectul s-ar localiza la nivelul PLC-ului, întregul sistem ar fi dezafectat până la remediere, cu un foarte mare impact economic.

În cele ce urmează, intră în funcțiune componenta software. Valorile măsurate sunt înregistrate în regiștrii de memorie, urmând a fi preluate de sistemul de reacție și în același timp

fiind stocate în memoria pe termen lung pentru apelări viitoare. Revenind la preluarea valorii, PLC-ul interpretează valoarea, o trece prin filtrele de decizie și reacționează, dacă este cazul, în cadrul buclei de reacție. Dacă este impusă o valoare mai mare sau mai mică, direct (de către operator) sau indirect (de către o curbă implementată de funcționare), bucla intră în reacție.

În continuare elementele de reacție traduc semnalele recepționate în modificări ale parametrilor de lucru. Un convertizor spre exemplu, ce funcționează în frecvența preimpusă x , înțelege că trebuie să modifice frecvența până atinge valoarea nouă y . De știut însă, chiar și elementele de reacție pot avea propriile bucle de reacție. În timp real, acestea monitorizează calitatea semnalului emis și intervin fizic asupra sa pentru modelare. Toate aceste bucle denotă timpi de reacție, factori ce trebuie luați în considerare la momentul proiectării.

Așa cum grupul răspunde lent noilor cerințe hidraulice, la fel de lent apare și consumul (în mod normal). Se poate identifica din timp o cădere a presiunii prin monitorizare continuă, și se poate acționa preventiv. Acest principiu este pus în practică sub forma „presurizărilor anticipate”, o practică a companiilor de apă, în apropierea orelor de vârf ale consumului.

3.10. STUDIU DE CAZ EXPERIMENTAL – OPTIMIZARE SISTEM TRATARE LEVIGAT PRIN OSMOZĂ INVERSĂ

Studiul de caz prezentat în continuare reprezintă rezultatul procedurii de parametrizare, testare, optimizare și punere în funcțiune sistem de tratare levigat (apă uzată provenită din celulele de depozitare deșeuri municipale) prin osmoză inversă. În aplicația prezentată mai jos a fost necesară identificarea parametrilor funcționali și a setărilor corecte de operare pentru o instalație de tratare levigat cu 3 baterii de cartușe RO (Reverse Osmosis – osmoză inversă), astfel încât instalația să funcționeze la capacitate maximă indiferent de concentrația levigatului. Cele 3 baterii de cartușe sunt dispuse astfel: RO1 și RO2 sunt amplasate într-un container 1 iar RO3 împreună cu stripper-ul de amoniu sunt amplasate într-un container 2, alipit containerului 1. Experimentele au fost efectuate pe parcursul a 5 zile, iar fiecare reglaj a fost testat individual, deoarece procedura de optimizare a fost una iterativă.

În forma sa actuală, stația de tratare funcționează bazându-se pe datele de presiune în coloanele de osmoză inversă și pe debitul de permeat solicitat de către utilizator. Asta înseamnă că odată pornită, instalația închide sau deschide valva de concentrat astfel încât să obțină debitul impus de permeat la ieșirea din membranele de osmoză inversă. Presiunea maximă setată la nivelul cartușelor de osmoză este de 60 bar, presiunea de avarie este de 64 bar – presiunea la care instalația este oprită de urgență. Debitul de permeat solicitat de către utilizator poate fi susținut de către etapa RO1 o perioadă fixă de timp, până ce se colmatează membranele iar presiunea în coloane crește peste pragul de avarie. Astfel, instalația necesită o reglare constantă de către utilizator a debitului de permeat obținut la ieșirea RO1.

Pentru a corecta acest reglaj continuu, s-a dezbătut problema automatizării valvei de reglaj a debitului de concentrat (denumită în continuare PV101) la ieșirea din RO1. Pentru a crește presiunea din cartușele de osmoză inversă, este necesară închiderea treptată a valvei PV101, în buclă de reacție cu presiunea din coloane. Atunci când presiunea este prea mare, valva se poate deschide, eliberând presiunea sub forma debitului de concentrat ce merge către tratarea suplimentară din RO3.

Debitul de permeat la ieșire din RO1, impus de către operator, rămâne valabil atâta timp cât presiunea din instalație rămâne sub valoarea maximă setată de 60 bar. Stația de tratare va funcționa continuu iar coloanele se vor colmata treptat, ce face ca presiunea să crească. La

atingerea valorii maxime a presiunii, valva PV101 începe să deschidă treptat iar SCADA nu mai ține cont de debitul setat de către utilizator (variabila de reglaj devine presiunea pe cartușele de osmoză inversă). În schimb, următorul prag decisiv îl reprezintă debitul minim de permeat al stației. Reglând valva de control debit concentrat, instalația menține o presiune sigură în cartușele de osmoză inversă, dar debitul de permeat la ieșire din RO1 scade. Acest debit trebuie să fie mai mare ca 0.5 m³/h, altfel etapa RO2 nu primește suficientă apă de tratat. La scăderea debitului de permeat sub valoarea critică, instalația se oprește și începe procedura de spălare chimică pentru a decolmata cartușele de osmoză.

Aceste modificări ale logicii de automatizare permit funcționarea la capacitate maximă a instalației de tratare. Stația este construită pentru a trata încărcări mari ale levigatului (concentrații mari de materie dizolvată), prezente în celulele de depozitare deșeurilor complet încărcate (celule pline). Atunci când stația trebuie să trateze levigat curat sau slab încărcat (de ex rezultat după ploii sau topirea zăpezii), debitele la care poate lucra sunt mult mai mari, deoarece încărcătura slabă a levigatului creează o cădere de presiune mai mică față de un levigat încărcat. Prin optimizarea etapelor de tratare cu osmoză inversă, crește randamentul întregii stații, iar debitul de apă tratată se dublează. Acum stația poate funcționa constant la presiune maxim admisă, indiferent de încărcătura levigatului, ce poate să difere în funcție de anotimp sau condiții meteo.

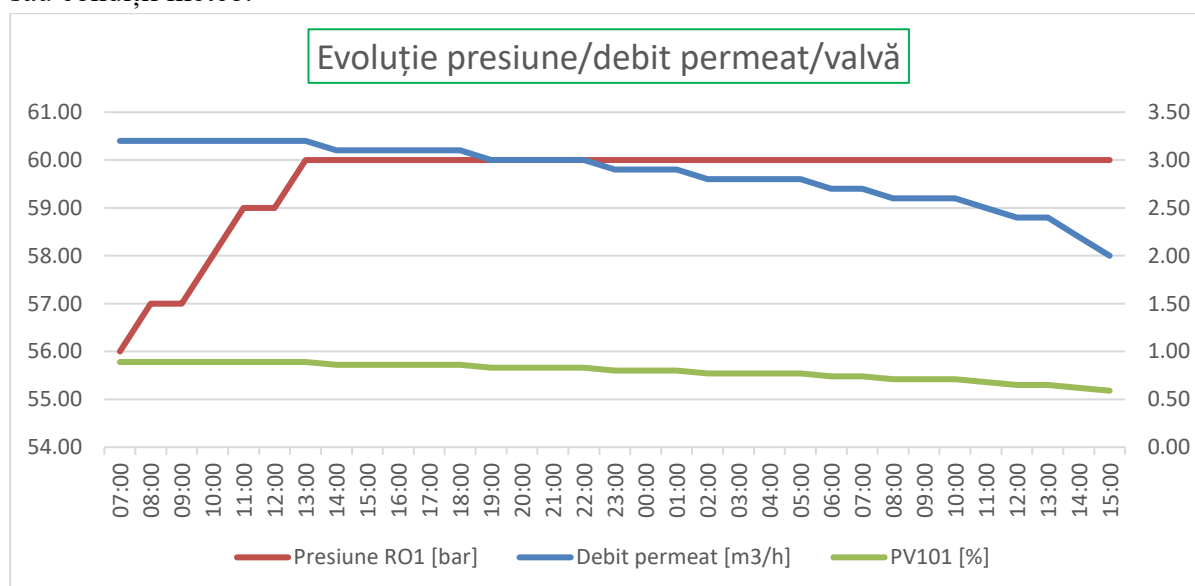


Fig. 3.5. Rezultate experimentale

În figura 3.5. Este evidențiată logica de reglaj a vanei PV101, în condiția atingerii presiunii maxime admise. În acest caz, debitul maxim admis, și impus de către operator, este 3.2 m³/h. Instalația păstrează debitul constant prin deschiderea și închiderea vanei PV101. Atunci când presiunea atinge 60 bar, vana este deschisă treptat pentru a păstra presiunea, în detrimentul debitului.

CAPITOLUL 4

SISTEM EXPERT CONCEPUT PENTRU STAȚIA DE TRATARE APĂ

Sistemul expert reprezintă un algoritm de calcul puternic, ce înglobează cunoștințele unui operator, expert în domeniul aplicat. Totodată, acest sistem reușește să simuleze logica din spatele fiecărei decizii umane, ajungând astfel la soluționarea problemei apărute fără a se lovi de acea inflexibilitate a sistemelor de calcul pur numerice. Denumirea de sistem expert derivă din capacitatea acestui algoritm de a egala puterea/criteriile de decizie și experiența celor mai pregătiți experți din domeniu [7]. Arhitectura de bază a unui sistem expert este prezentată în figura 4.1.

4.1. CARACTERISTICILE UNUI SISTEM EXPERT

Principalele caracteristici ale unui sistem expert sunt:

- Performanță ridicată – capabil să execute calcule mult mai rapid ca un operator;
- Ușor de înțeles – adaptat limbajului universal, în unele cazuri operatorul nu este pregătit pe domeniu dar trebuie să fie capabil să înțeleagă sistemul;
- Fiabil – nu are marjă de eroare în cazul unor decizii greșite;
- Timp de răspuns scurt – precum intuiția umana, sistemul ia o decizie în timp foarte scurt și acționează asupra procesului.

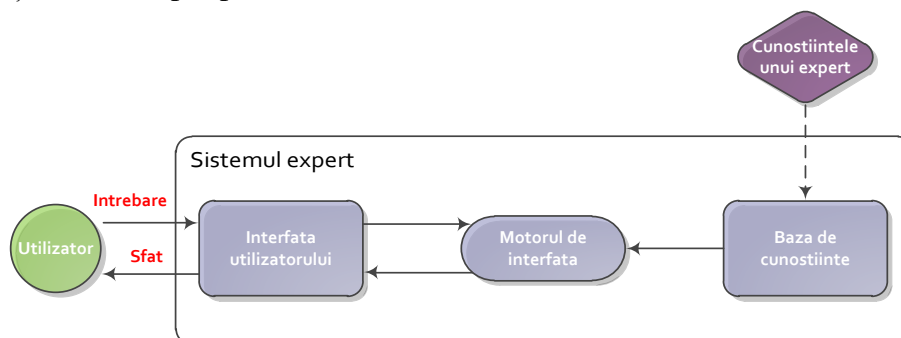


Fig. 4.1. Schema de bază a unui sistem expert

4.2. BAZA DE CUNOȘTINȚE

Conține date referitoare la un anumit domeniu și cunoștințe de înaltă calitate. Cunoștințele sunt necesare pentru demonstrarea inteligenței. Succesul oricărui sistem expert se bazează pe colectarea de cunoștințe/experiențe exacte și corecte.

Datele sunt acumulări de evenimente. Informația este organizată ca date și evenimente legate de domeniul unei sarcini. Datele, informațiile și experiențele trecute, așezate împreună, se consideră cunoștințe.

Baza de cunoștințe a unui sistem expert este o acumulare de date factice și euristice:

- Cunoștințe factuale – reprezintă cunoștințe acceptate la nivel general de către inginerii și profesorii din domeniul sarcinii;
- Cunoștințe euristice – parte a cunoștințelor dobândite prin practică, judecată precisă, abilitatea de a evalua și prin prezumții.

4.3. MOTORUL DE INTERFAȚĂ

Utilizarea procedurilor și regulilor eficiente de către motorul de interfață este esențială în deducerea unei soluții corecte. În cazul unui sistem expert bazat pe cunoștințe, motorul de interfață acumulează și manipulează cunoștințele de la o bază de informații pentru a atinge o anumită soluție. [8]

Un sistem expert bazat pe reguli realizează următoarele operații:

- Aplica regulile în mod repetat în evenimente, obținute prin aplicarea regulilor în trecut;
- Adaugă cunoștințe noi în bază dacă este necesar;
- Rezolvă conflictele dintre reguli atunci când mai multe reguli se aplică unui caz particular;

Pentru a recomanda o soluție, motorul de interfață utilizează următoarele strategii:

1. Înlănțuire progresivă
2. Înlănțuire regresivă

4.4. BENEFICIILE UNUI SISTEM EXPERT

- Valabilitate - sunt disponibile grație producției în masă a programelor software;
- Costuri reduse de producție - prețul este unul rezonabil, astfel sunt accesibile;
- Viteza - sunt foarte rapide, acestea reduc timpul de lucru al fiecărui individ;
- Rata scăzută a erorilor - rata de producere a erorilor este mai mică față de cea umană;
- Reducerea riscurilor - pot funcționa în medii periculoase;
- Răspuns stabil - pot funcționa în regim nominal fără emoții, fără încordare sau oboseală.

4.5. APLICAREA UNUI SISTEM EXPERT BAZAT PE REGULI ÎN DOMENIUL CONTROLULUI TRATĂRII APEI POTABILE

Potrivit studiilor și înțelegerii de bază a problemelor din tratarea apei, motivele pentru dezvoltarea unui sistem expert bazat pe reguli, în acest domeniu, pot fi rezumate astfel:

- Cunoștințele în acest domeniu sunt bazate pe experiențe și aceste experiențe au fost obținute în mai mulți ani;
- Domeniul necesită o gamă largă de cunoștințe;
- Cunoștințele și experiențele sunt slab documentate;
- Problemele sunt soluționate utilizând tehnici de logică simbolică;
- Există experți cooperanți și dornici în domeniul stațiilor de tratare ape;
- Problema este suficient de importantă pentru a fi luată în calcul.

➤ *Studiu de caz: butelie goală de clor*

În continuare este descrisă o serie de evenimente în procedura de raționament, în vederea identificării cauzei creșterii turbidității apei tratate:

1. O turbiditate mare a apei tratate a fost identificată de către turbidimetrul instalat la ieșirea din stația de tratare. Observând această problemă, procedura generală în mintea operatorului este de a găsi cauza. Dacă problema ar fi fost cauzată de un defect de echipament, atunci filtrul teoretic potrivit de soluționare este apelat. Dacă problema ar fi fost cauzată de schimbări ale turbidității apei brute, culorii apei brute sau alte motive,

Acționări electrice pentru monitorizarea și diagnosticarea calității apelor provenite din puțuri forate

atunci se reglează dozajul de alumină în conformitate cu turbiditatea apei tratate. Operatorul trebuie să determine care dintre cele 2 cauze a generat problema.

2. Operatorul poate să creadă că problema este cauzată de o modificare a turbidității apei brute. Dacă da, următoarea etapă este de a determina o ajustare a dozajului de alumină. Dacă nu, operatorul consideră că are de a face cu un defect de echipament.
3. Operatorul confirmă că sursa de apă brută nu prezintă modificări prin verificarea acesteia. În acest moment operatorul caută să identifice un defect de echipament în stație.
4. Nivelul de turbiditate după filtre este verificat în panoul de control; acesta observă că toate nivelele sunt normale
5. Următoarea verificare a fost efectuată la nivelul sistemului de dozaj alumină. Rata de dozaj setată poate fi comparată cu rata de dozaj calculată. S-a identificat că rata curentă de dozaj este asemănătoare cu valoarea setată. Astfel se elimină posibilitatea unui defect la nivelul instalației de dozaj alumină.
6. Operatorul a luat în considerare apoi posibilitatea unui defect la nivelul sistemului de silicat activat. Acest sistem include un debitmetru de dozaj, o pompă de apă, butelii de clor, o valvă de control automată, rezervoare cu silicat activat și silicatoare. Apa și clorul sunt livrate silicatorului pentru a compune silicat activat. Proporțiile de apă și clor sunt foarte importante în determinarea calității silicatului activat. Presiunea clorului este controlată de o valvă automată. Silicatul activat compus de silicator este livrat către rezervoarele de stocare.
7. Debitmetrul de dozaj silicat activat a fost verificat pentru a observa dacă apar deviații între valoarea indicată și valoarea setată. Nu existau deviații. Apoi un test cu gel a fost efectuat pentru a verifica calitatea silicatului activat. Acest test arată o performanță scăzută a silicatului.
8. Presiunea scăzută a clorului este de obicei cauzată de o butelie goală sau de un defect la nivelul valvei cu auto-control. S-a descoperit că butelia de clor era aproape goală.

Apoi concluzia a fost că defectul a cauzat problema turbidității mărite a apei tratate din pricina relațiilor de cauzalitate exprimate astfel:

1. Cantitatea de clor din butelie era foarte mică;
2. Cantitatea livrată silicatorului era mult mai mică față de nominal;
3. Proporția de clor în silicatul activat nu era corectă;
4. Calitatea silicatului activat era slabă;
5. Coagularea apei în camerele de amestec și din rezervorul de sedimentare nu era eficientă;
6. Rezultatul a fost o turbiditate mărită a apei tratate.

➤ *Studiu de caz: dop de var*

Un studiu de caz asemănător celui de mai sus, ce implică un dop de var în instalația de dozare, este prezentat în detaliu în cadrul tezei.

➤ *Alte exemple de raționament pentru sistemele expert*

➤ *Alte exemple prezentate în detaliu în cadrul tezei:*

- Hipoclorinator - Sistem automatizat de clorinare
- Clorinare gazoasă
- Clorinator cu gaz, montaj direct

CAPITOLUL 5

DIAGNOZA UNUI GRUP DE POMPARE

5.1. DESCRIEREA SISTEMULUI

Pentru a se alimenta cu apă de la rețeaua publică, marea majoritate a întreprinderilor și a instituțiilor folosesc sisteme de pompare proprii. Acestea au rolul de a furniza o presiune care să satisfacă toate posturilor instalate, iar cele mai multe dintre ele dispun și de rezervoare tampon capabile să asigure cantitatea de apă necesară atât pentru consumul din timpul nopții (când presiunea din rețeaua publică scade foarte mult) cât și pentru eventualele intervenții de stingere a incendiilor.

Datorită faptului că pentru consumuri reduse (de exemplu pe timpul nopții) se utilizează o singură pompă, celelalte stând practic în rezervă, apar solicitări neuniform distribuite. Pentru a încărcă uniform pompele (active și rezerve calde) și a le egaliza gradul de uzură, echipamentul de automatizare trebuie să le pornească cu prioritate pe cele cu o durată mai redusă de funcționare, respectiv să aplice o procedură de rotație. Mai mult, pentru a elimina regimurile de lucru prelungite, după un număr de ore de operare continuă, se va aplica de asemenea o procedură de rotație.

Echipamentul de automatizare trebuie să protejeze sistemul de pompare să nu lucreze fără apă (în gol). Pentru aceasta el trebuie să fie capabil să preia un semnal furnizat fie de un senzor sau de un traductor de presiune montat pe conducta de aspirație (dacă alimentarea se face direct de la rețeaua publică), fie de la un senzor sau de la un traductor de nivel instalat în rezervor. Semnalarea lipsei apei se face tot printr-o avertizare sonoră și luminoasă.

5.2. DESCRIEREA PROBLEMELOR INTALNITE

Problemele apărute în exploatarea grupului de pompare, notate în continuare cu "P", apar ca urmare a diverselor evenimente sau înșiruirii de evenimente, denumite în continuare motive [9]. Pentru stabilirea bazei de funcționare a sistemului expert, se descriu următoarele probleme posibile:

- P1 – Probleme la punerea în funcțiune
- P2 – Probleme la ciclarea pompelor
- P3 – Pompele principale sau secundare nu se pot opri (cu debitmetru instalat)
- P4 – Pompele principale sau secundare nu se pot opri (fără debitmetru instalat)
- P5 – Probleme la nivelul valvei de limitare a presiunii
- P6 – Alarmă la monitorul de faze
- P7 – Alarmă generală la monitorul de faze
- P8 – Problemă de debit scăzut / alarmă senzor (debitmetru defect)
- P9 – Problema la nivelul senzorului de debit, Alarmă generală

În continuare sunt prezentate, în tabelul 5.1. pentru problemele P1 și P2, Defectele semnalate, Motivele apariției defectelor, și Soluțiile propuse pentru eliminarea motivelor și implicit stingerea defectelor. Asemănător, Problemele P3 - P9 sunt descrise în cadrul tezei,

Tab. 5.1. Tabelul de legătură între Problemele, Defecte, Motive si Soluții

Problema		Defectul		Motivul		Soluția	
P1	Probleme la punerea în funcțiune	D1.1	Pompele nu pornesc	M1.1.1	Poziționare incorectă a butoanelor	S1.1.1.1	Se verifică butoanele de stare ale pompelor pentru indicații.
						S1.1.1.2	Se activează pompele poziționând butoanele în poziția de Pornit.
				M1.1.2	Alarmer de funcționare	S1.1.2.1	Se verifică și se confirmă orice alarmă activă.
				M1.1.3	Siguranțe termice sau întrerupătoare activate	S1.1.3.1	Se verifică întrerupătoarele și siguranțele termice al motoarelor.
						S1.1.3.2	Se oprește alimentarea și se resetează întrerupătoarele și siguranțele.
				M1.1.4	Descărcătoare declanșate	S1.1.4.1	Se verifică indicatorul descărcătoarelor trifazate și monofazate pentru culoarea verde.
		S1.1.4.2	Se înlocuiesc descărcătoarele declanșate.				
		D1.2	Pompele nu pornesc în funcție de timpii de lucru, determinând astfel presiunea de refulare să scadă drastic	M1.2.1	Setări incorecte ale presiunii de lucru	S1.2.1.1	Se scade parametrul de setare pentru gama de presiune astfel încât pompele să reacționeze la condiții de presiune mai scăzută.
						S1.2.1.2	Se reduce intervalul de presiune si/sau durata de acceptare a presiunii scăzute.
				M1.2.2	Gama de presiune scăzută incorect setată	S1.2.2.1	Se reduc parametrii de lucru pentru capetele de Min și Max ale gamei de presiune scăzută.
						S1.2.2.2	Se testează pentru a asigura funcționarea pompei principale doar în caz de necesar debit, și nu în caz de menținere presiune.
		D1.3	Pompele principale pornesc atunci când nu este necesar de debit	M1.3.1	Pierderi apă prin rețeaua hidraulică	S1.3.1.1	Se verifică rețeaua hidraulică și muștele de refulare pentru pierderi mari de apă.
						S1.3.1.2	Se verifică valva de limitare a presiunii pentru refulare prematura sau scurgeri constante.

Acțiuni electrice pentru monitorizarea și diagnosticarea calității apelor provenite din puțuri forate

						S1.3.1.3	Se verifică sistemele de filtrare automate pentru curățare continuă.
				M1.3.2	Setări incorecte ale presiunii de lucru	S1.3.2.1	Se scade parametrul de setare pentru gama de presiune astfel încât pompele să reacționeze la condiții de presiune mai scăzută.
						S1.3.2.2	Se reduce intervalul de presiune și/sau durata de acceptare a presiunii scăzute.
				M1.3.3	Gama de presiune scăzută incorect setată	S1.3.3.1	Se crește parametrul de lucru pentru capătul de Min al gamei de presiune scăzută, astfel încât pompele principale să nu mai pornească la evenimente de menținere a presiunii.
				M1.3.4	Valvele de verificare ale pompelor prezintă scurgeri	S1.3.4.1	Se verifică starea valvelor de verificare ale pompelor.
P2	Probleme la ciclarea pompelor	D2.1	Pompele nu par să funcționeze alternativ conform comenzilor	M2.1.1	Nu sunt respectate performanțele Electrice, Mecanice și Hidraulice	S2.1.1.1	Se verifică și se resetează întrerupătoarele de circuit.
						S2.1.1.2	Se verifică rețeaua hidraulică pentru pierderi de apă.
						S2.1.1.3	Se verifică stația de pompare pentru pierderi de apă: valva de limitare a presiunii, valvele de verificare ale pompelor, sistemul de filtrare automată și alte valve solenoidale de control.
				M2.1.2	Parametrii de pornire și oprire nu sunt setați corespunzător	S2.1.2.1	Se verifică parametrii de oprire la suprapresiune și pornire la presiune scăzută pentru a asigura o plajă suficientă de lucru
						S2.1.2.2	Se verifică intervalul de așteptare între pornirea pompei 1 și pornirea pompei 2, astfel încât să permită stabilizarea pompei 1 înaintea pornirii pompei 2.

Acțiuni electrice pentru monitorizarea și diagnosticarea calității apelor provenite din puțuri forate

		D2.2	Pompele funcționează asistate de debitmetru sau convertizor de frecvență	M2.2.1	Parametrii de lucru în funcție de debitmetru nu sunt corect implementați	S2.2.1.1	Debitul trebuie să depășească valoarea parametrului implementat pentru oprire la debit, apoi să scadă sub valoarea parametrului pentru oprire.
						S2.2.1.2	Se scade parametrul de oprire la debit.
				M2.2.2	Parametrii de lucru în funcție de convertizor nu sunt corect implementați	S2.2.2.1	Se compară valoarea indicată de convertizor în timpul furnizării debitului minim. Se scade parametrul de lucru al convertizorului cu 5% față de valoarea stabilizată a convertizorului la furnizarea debitului minim.
		D2.3	Pompele funcționează în funcție de curbele de pompare	M2.3.1	Se compară programul necesarului de debit cu graficele de pompare ale pompelor	S2.3.1.1	Dacă debitul solicitat în program este mai mic sau la limită față de debitul minim recomandat de curbele de pompare, se modifică programul de furnizare debit pentru a funcționa mai aproape de curbele nominale.
						S2.3.1.2	Dacă debitul programat este pe curba nominală, sau deasupra acesteia, se reduce debitul la 25%, apoi se crește treptat la 50% și ulterior la 100%. Acest reglaj va avea ca efect reducerea șocurilor și stabilizează răspunsul pompelor.

În continuare sunt trasate graficele de dependență dintre elementele de diagnosticare pentru problemele P1 și P2.

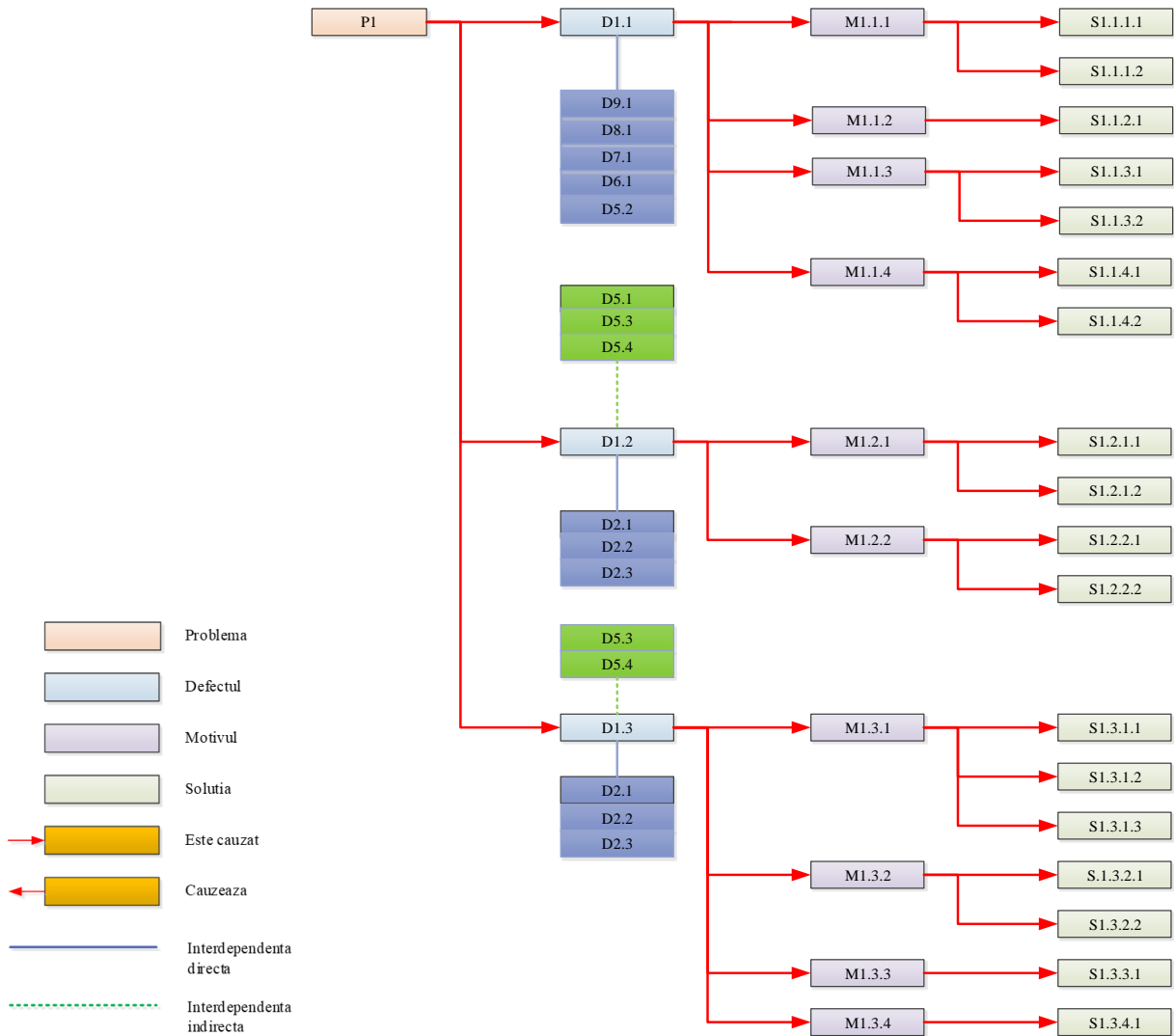


Fig. 5.1. P1 – Probleme la punerea în funcțiune

P1 descrie problemele ce pot fi întâmpinate în cazul pornirii grupului de pompare, la prima activare, după instalare. Punerea în funcțiune a grupului oferă posibilitatea testării reale și parametrizării corecte, cu adaptările necesare la mediul de lucru. D1.1 impune lipsa de reacție a pompelor în situația pornirii acestora. Ca motive principale pentru apariția acestui defect regăsim:

- Poziționarea incorectă a butoanelor. Butoanele de selectare a alimentării cu energie electrică pot fi trecute pe modul „Oprit”, iar pompele nu primesc tensiune, sau butoanele de selectare a regimului de lucru (automat sau manual, local sau la distanță) nu sunt poziționate corespunzător modului de utilizare dorit. Acest motiv poate fi anulat prin poziționarea corespunzătoare a selectoarelor, respectiv butoanelor. Un alt motiv poate fi butonul de urgență cu reținere. Dacă acest buton nu este reșezat în poziția „normal-închis”, sistemul este deconectat de la tensiune.
- Alarmerile de funcționare pot avea ca efect oprirea alimentării pompelor sau interblocarea contactoarelor/releelor. Aceste alerte pot fi informative sau pot fi grave, rezultând un sistem

blocat până la înlăturarea problemelor apărute. Îndată ce problema a fost eliminată, mesajele de alarmare sunt confirmate, acțiune ce resetează sistemele de interblocare.

- Siguranțele termice sau întrerupătoarele declanșate pot opri complet sistemul de pompare. Se urmărește cauza pentru care aceste siguranțe au fost declanșate, iar după soluționare și răcire, pompele pot fi repornite. Descărcătoarele blochează sistemul în caz de suprasarcină sau supratensiune. De obicei, acestea sunt în locuite în caz de declanșare. Ulterior, sistemul se resetează.

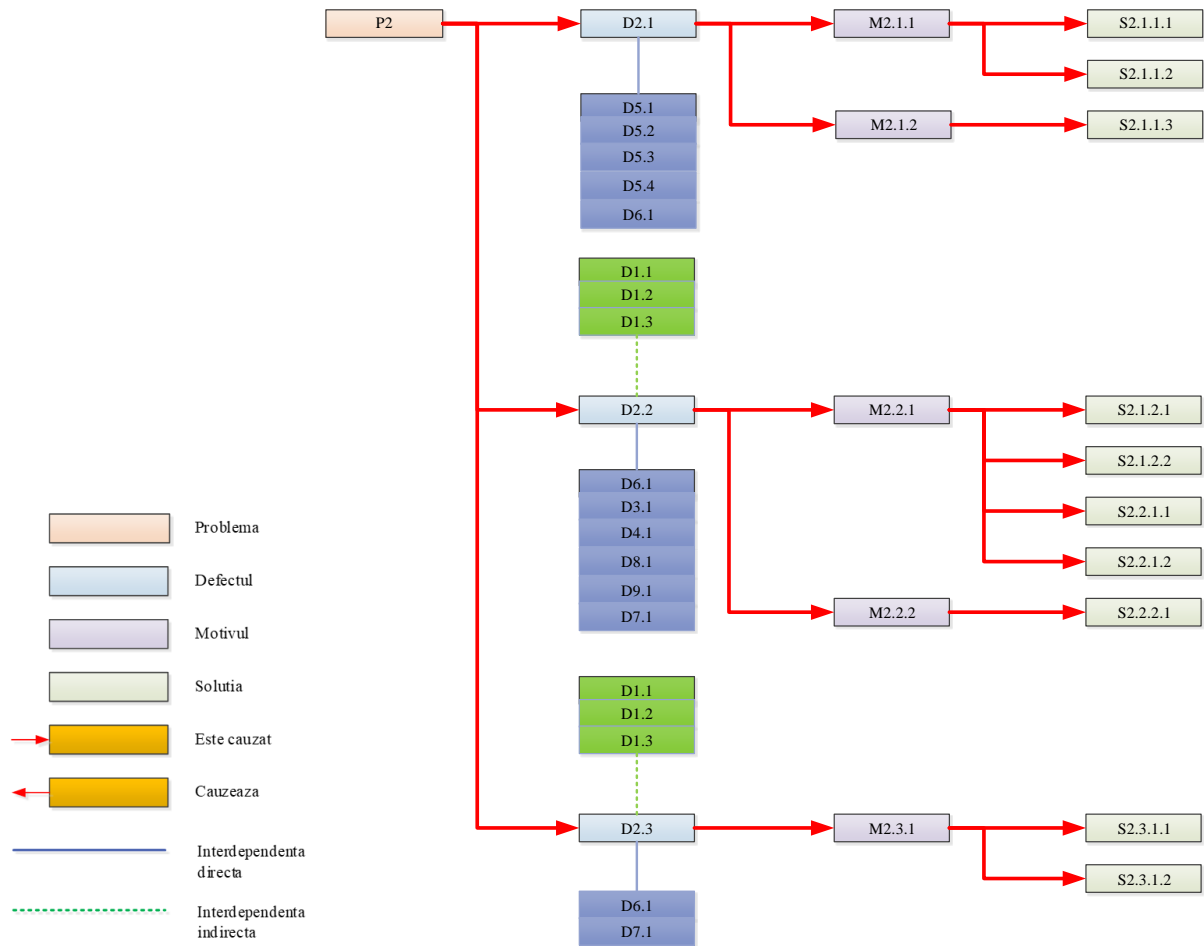


Fig. 5.2. P2 – Probleme la ciclarea pompelor

Pornirea pompelor în funcție de timpii de lucru este o procedură ce trebuie reglată în momentul punerii în funcțiune. Setările inițiale sau cele universale nu se vor aplica întotdeauna situației întâlnite la fața locului. Setările incorecte ale presiunii de lucru vor atrage după sine probleme în izolația hidraulică, defectarea garniturilor sau a membranelor și chiar distrugerea consumatorilor de apă și a rețelei hidraulice. Presiunea trebuie proiectată și menținută la o valoare fixă \pm o marjă de inerție. Dacă presiunea de pornire setată este mai mare ca presiunea existentă în rețea, pompele nu vor porni. Pentru depanare, se va regla presiunea de pornire aproape de valoarea zero. Totodată, este posibil ca intervalul de întârziere al pornirii să fie prea mare, acesta poate fi redus la zero în faza de punere în funcțiune.

Ulterior punerii în funcțiune, pompele au o conduită de funcționare ce respectă anumiți pași de lucru și etapele de acționare proiectate. În regimul nominal de funcționare, un grup de pompare va cicla pompele, astfel încât uzura să fie distribuită uniform. Pompele nu vor funcționa alternativ dacă apar avarii în regimul de funcționare, dacă setările implementate nu permit funcționarea alternativă sau dacă alte elemente adiționale de acționare împiedică această funcționare. Un prim pas de verificare a pompelor în această situație este de a reseta eventualele alarme și de a stabili poziția corespunzătoare a comutatoarelor de pornire/oprire, local/distanță. Ulterior, se verifică intervalul de așteptare între pornirea pompei 1 și pornirea pompei 2, astfel încât să permită stabilizarea pompei 1 înaintea pornirii pompei 2. Un alt motiv îl reprezintă eventualele defecte la nivelul instalației hidraulice. Dacă apar pierderi de apă în cadrul instalației sau în cadrul valvelor de verificare, filtrare și control, pompa de menținere va funcționa continuu și nu va ajunge în perioada de repaus setată, astfel nu permite pompei secundare să intervină în funcționare.

În cazul în care funcționarea pompelor este semiautomată, acestea funcționează conform curbelor de pompare implementate în SCADA. Dacă aceste grafice de pompare implică un debit mai mic față de cel nominal al pompelor, funcționarea acestora poate fi afectată. În astfel de situații se alege o soluție ce impune ridicarea presiunii din rețeaua hidraulică, puțin peste maximul implementat, astfel încât rețeaua să fie încărcată hidraulic, iar pompele să poată intra în regimul de pauză (se utilizează rețeaua pe post de vas de expansiune).

În cadrul tezei, se prezintă detaliat filozofia, graficele și cauzalitatea problemelor P3 – P9.

Observatie: În graficele prezentate în figurile 5.1 și 5.2 se prezintă cu linii pline dependențele directe dintre defecte, motive și soluții, care apar și în tabelul 5.1 și cu linii punctate dependențele indirecte care nu apar în acest tabel.

CAPITOLUL 6

IMPLEMENTAREA UNUI SISTEM DE MONITORIZARE - CONTAMINARE

6.1. REZUMATUL APLICATIEI

Obiectivul tezei de doctorat este realizarea unui produs software pentru monitorizarea în timp real a unei stații de tratare a apei. Echipamentul monitorizat este alcătuit din unitate centrală și senzori. Comunicația dintre interfața software și echipamentul fizic va fi realizată prin cablu Ethernet. Principalele avantaje și dezavantaje ale unei asemenea aplicații sunt aduse în discuție, precum și posibilele utilizări ale acesteia [10].

Senzorul TriOS este conectat prin cablu la un controler, TriBox 2. Acest controler este responsabil pentru configurarea senzorului și pentru convertirea datelor brute de bază ale senzorului în unități de transmisie, cum ar fi registrele de protocol ModBUS. Valorile salvate în aceste registre sunt extrase prin intermediul tehnicilor software de răspuns la interogări, cum ar fi un sondaj ModBUS [11].

6.2. CONTEXTUL APLICAȚIEI

Sistemele automatizate de tratare, epurare și prelucrare a apelor potabile, uzate și industriale au apărut simultan cu necesitatea îndeplinirii proceselor tehnologice nocive, desfășurate în medii toxice sau inflamabile, sau a proceselor din zone izolate ori dificil de monitorizat de către utilizator. Totodată, multe etape de determinare ale compușilor organici efectuate în laborator necesită timp de analiză, reactivi consumabili, personal calificat, medii adecvate. Utilizarea sistemelor automatizate înlătură necesitatea asigurării tuturor factorilor tehnologici menționați mai sus, păstrează costurile de exploatare cu mult sub cele de achiziționare și asigură precizie ridicată la fiecare pas al procesului tehnologic

➤ *Punctul de plecare:*

Primul pas al aplicației a fost alegerea tipului de proces tehnologic monitorizat. În proiectul de dezvoltare europeană, conducerea combinatului dorește să construiască o stație de tratare a apei rezultate din procesul tehnologic de prelucrare al petrolului. Întreaga zona de monitorizare este considerată zonă Ex (cu pericol de explozie), astfel trebuie ales un echipament pe măsură. Parametrii supravegheați la intrarea în bazinele biologice ale stației de epurare sunt CCO-Cr (reprezintă concentrația mastică de oxigen echivalentă cu cantitatea de bicromat de potasiu consumată pentru oxidarea în mediu acid a materiilor organice dizolvate și în suspensie prezente în apele uzate), fenol și TSS (cantitatea de suspensii solide).

➤ *Concepte de bază:*

Principiul de bază al ansamblului se referă la achiziția de date de către echipamentul fizic, afișarea datelor ultimei măsurători pe ecranul aparatului, afișarea datelor ultimei măsurători pe interfața software, înregistrarea tuturor datelor într-o bază de date accesibilă online.

➤ *Lista cerințelor:*

Soft-ul trebuie să poată înregistra cu succes în baza de date informațiile preluate de la echipamentul de măsură, să afișeze datele ultimei măsurători, să dispună de interfață de autentificare pentru securizarea datelor și să beneficieze de posibilitatea apelării bazei de date.

➤ *Unelte:*

Pentru realizarea produsului software se utilizează:

- Dev-C++ - mediu de dezvoltare software complet pentru limbajele de programare C și C++, având compilator integrat [12];
- Microsoft Visual C++ 2010 Express – mediu de dezvoltare integrat pentru limbajele C și C++ având posibilitatea de dezvoltare grafică a proiectului sub Interfața de utilizare Windows [13];
- MySQL Workbench 6.0 CE – unealtă de dezvoltare, administrare, proiectare, creare și întreținere a bazelor de date SQL [14];
- MySQL Connector Net 6.7.4 – modul software dezvoltat de către Oracle, menit să facă legătura dintre soft-urile ce comunică prin interfață ODBC cu o bază de date MySQL;
- MySQL Server 5.6 – sistem liber de management al comunicațiilor dintre baze de date.

➤ *Arhitectura programului:*

În principiu, programul va fi alcătuit din 3 ferestre: Prima fereastră va fi cea de autentificare, unde utilizatorul își va introduce datele de acces, urmând să fie direcționat către fereastra a 2-a dacă datele sunt corecte. Fereastra a 2-a reprezintă interfața dintre utilizator și echipamentul de măsură. Aceasta va avea mai multe câmpuri ce se vor actualiza cu informațiile măsurate la intervalul de timp setat de echipamentul de măsură. La apăsarea butonului aferent bazei de date, programul lansează o a 3-a fereastră în care se poate analiza baza de date înregistrată de la începutul procesului până în prezent (figura 6.1.). Semnificația HMI din fereastra 2 se referă la interfața om-mașină (Human Machine Interface) [15].

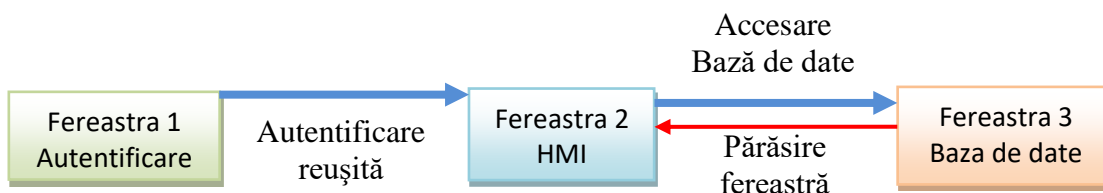


Fig. 6.1. Arhitectura programului

6.3. PROIECTAREA APLICAȚIEI ȘI EXECUTAREA APLICAȚIEI

Pentru a stabili tipul protocolului de comunicație dintre program și echipamentul de măsură este necesară selectarea unui aparat ce îndeplinește condițiile menționate în paragraful anterior. Astfel pentru aplicația LukOil se alege senzorul UV-VIS spectrofotometric TriOS ProPS capabil să determine coeficientul de absorbție spectrală al mostrei în gama 200-380nm, unitatea centrală TriOS TriBox II capabilă să preia informații de la senzorul UV-VIS și să le transforme în date aferente concentrațiilor compușilor, să alocă adrese de memorie acestor date și să le transmită prin intermediul cablului Ethernet cu ajutorul protocolului ModBus TCP [16]. Senzorul UV-VIS poate măsura doar coeficientul de absorbție spectrală al lichidului la diferite lungimi de undă. Astfel echipamentul are înscris în memorie un algoritm de traducere al acestui spectru în date pentru

utilizator. Coeficientul de absorbție cuprins între 200 și 230 nm indică în mg/l concentrația de nitrați din apă. Între 230 și 300 nm se poate citi încărcarea organică (CCO-Cr) a apei, iar între 300 și 360nm se pot observa solidele aflate în suspensie.

➤ *Elaborarea bazei de date:*

În mediul de programare MySQL Workbench, se creează legatura la serverul local MySQL ce va fi utilizat pe durata exploatarei programului. Se creează o baza de date cu numele „trios”. În interiorul acestei baze de date se creează 2 tabele. Unul va fi denumit „login”, ce va conține datele necesare autentificării în interiorul programului, iar cel de-al 2-lea tabel, „data”, ce va conține toate informațiile stocate pe parcursul rulării programului [17].

➤ *Elaborarea programului de achiziție a datei și orei ultimei măsurători efectuate:*

În Anexa 1 se regăsește întregul cod de apelare via ModBUS TCP a regiștrilor de memorie Dată și oră.

➤ *Elaborarea programului de achiziție a numelui și valorii fiecărui parametru măsurat în timpul ultimei înregistrări:*

Anexa 2 prezintă programul conceput pentru apelarea via ModBUS a valorilor măsurate și a denumirii parametrului măsurat.

➤ *Elaborarea programului de achiziție a unității de măsură aferente fiecărui parametru măsurat în timpul ultimei înregistrări:*

Asemănătoare cu Anexa 1 și Anexa 2, Anexa 3 prezintă preluarea datelor aferente unităților de măsură utilizate de către echipamentul apelat. După inițializare și conectare la baza de date, începe telegrama de apelare ModBUS și se recepționează răspunsul.

➤ *Elaborarea ferestrei de autentificare (fereastra 1):*

Cu ajutorul mediului de dezvoltare Visual C++ 2010 Express, s-au creat în timp util toate ferestrele interfeței grafice [18]. Pentru început s-a implementat posibilitatea autentificării utilizatorului, pentru a împiedica posibilitatea furtului de date. Această pagină va conține un câmp destinat numelui de utilizator, un câmp destinat parolei utilizatorului, un buton de ieșire, un buton de confirmare, sigla dezvoltatorului și un link către pagina web a dezvoltatorului. Codul de dezvoltare pentru Fereastra 1 se regăsește în Anexa 4.

➤ *Elaborarea ferestrei hmi (fereastra 2):*

Această pagină va conține un câmp destinat datei și orei curente, un câmp destinat barei de progres ce indică grafic timpul rămas până la următoarea măsurătoare, un buton de ieșire, un buton de acces bază de date, sigla dezvoltatorului și un câmp destinat datei și orei ultimei măsurători efectuate. Codul de dezvoltare pentru Fereastra 2 se regăsește în Anexa 5.

➤ *Elaborarea ferestrei bazei de date (fereastra 3):*

Această pagină va conține un câmp destinat afișării bazei de date, un buton de încărcare a bazei de date și un buton de ieșire. Codul aferent dezvoltării pentru Fereastra 3 este prezentat în Anexa 6.

➤ *Fereastra de autentificare:*

La completarea câmpurilor cu date de autentificare eronate, urmată de apăsarea butonului „Login”, apare următoarea fereastra. La apăsarea butonului „x” de ieșire, apare următoarea fereastră de confirmare a opririi aplicației. La efectuarea unui click pe banner-ul „LOGO COMPANIE”, se deschide o pagină de web browser către adresa

http://www.adresa_companiei.com. La apăsarea butonului „Exit”, aplicația se închide, iar la apăsarea butonului „Login”, cu datele de autentificare corect introduse, fereastra 1 se închide și se lansează fereastra 2.

➤ *Fereastra hmi (human machine interface):*

Toate datele de pe fereastra HMI se vor extrage din baza de date MySQL, de pe ultimul rând introdus de către cele 3 programe dezvoltate anterior în Dev-C++. La apăsarea butonului „Exit” aplicația se oprește. La apăsarea butonului „Database”, fereastra 2 este ascunsă iar fereastra 3 este lansată.

➤ *Fereastra bazei de date:*

La apăsarea butonului „Exit”, fereastra 3 dispare iar fereastra 2 revine. La apăsarea butonului „Load”, câmpul destinat bazei de date se populează cu tabela „data” din baza de date „trios”.

6.4. AVANTAJE ȘI DEZAVANTAJE ALE APLICAȚIEI

Aplicația prezentată mai sus este construită personalizat pentru senzorul TriOS ProPS LSA. Toate datele obținute prin intermediul scripturilor dezvoltate personalizat sunt interpretate și salvate în baza de date MySQL într-un format specific. La apelarea bazei de date din ferestrele HMI de date, programul este construit special pentru a citi baza de date într-un mod personalizat, astfel încât să nu afișeze valori greșite operatorului.

Întregul pachet de software este creat personalizat pentru senzorul TriOS. Principalul avantaj este că nu vor exista erori în citirea datelor, scrierea datelor în baza de date, afișarea informațiilor achiziționate în HMI. De asemenea, programul este deja setat pentru îmbunătățiri și dezvoltare viitoare, cum ar fi: o dată și o perioadă personalizată în care datele să fie afișate, o opțiune personalizată de reprezentare grafică, o funcție de export a bazei de date, o funcție de comparare între diferite seturi de date și altele.

6.5. CONCLUZII PRIVIND FUNCȚIONAREA APLICAȚIEI

Întregul pachet de software este rapid, ocupă puțin spațiu și este ușor de rulat. Majoritatea proceselor funcționează în fundal, astfel încât operatorul să nu fie distras de date inutile. În cazul în care scriptul nu poate extrage datele de la senzor, sunt afișate mesaje de eroare specifice pentru ca operatorul să interpreteze problema. Utilitatea acestui produs software poate fi rezumată la lipsa sa de complexitate, iar pentru această aplicație aceasta se potrivește cel mai bine nevoilor beneficiarului. În acest caz, a fost folosită o unitate PC de laborator de calitate pentru a accesa direct datele de la senzorul TriOS. Nu este nevoie de SCADA, PLC și alte instalații hardware complexe. A fost necesară, proiectată și furnizată o soluție simplă și directă PC-Sensor [10].

Astfel de aplicații pot fi adaptate cu ușurință oricărui tip de senzor care poate comunica prin protocolul ModBUS, prin simpla schimbare a adresei de registru de date din scrisorile de interogare. Chiar dacă se folosește un senzor analog, un controler logic programabil (PLC) poate obține semnalul 4-20mA. Valoarea măsurată poate fi interpretată și scalată direct la o valoare a concentrației, care este apoi salvată la o anumită adresă de registru de date. Astfel, aplicația prezentată este universal adaptabilă.

CAPITOLUL 7

APLICAREA TEHNOLOGIEI IOT ÎN INSTALAȚIILE DE POMPARE A APEI POTABILE

➤ *Introducere*

Monitorizarea inteligentă este definită ca o metodă utilizată pentru monitorizare, control, administrare și optimizare a rețelei, utilizând diferite tehnici computerizate, ce asigură clienților unelte și informații. Internetul lucrurilor (Internet of Things – IoT) alcătuiește o parte importantă a monitorizării inteligente, ce conectează oameni și echipamente cu ajutorul tehnologiei senzorilor wireless [19].

➤ *Echipamente și rețea*

Echipamentele de monitorizare a rețelei, fie ele debitmetre, senzori de presiune sau datalogger-i acustici [20], se pot clasifica în următoarele tipuri, în funcție de modul de transmisie a datelor:

- Cu transmisie GSM/GPRS/LTE/5G;
- Cu transmisie wireless către un receptor aflat în apropiere (spre exemplu un repetitor sau un receiver aflat instalat pe un stâlp de iluminat în apropiere);
- Cu transmisie wireless, într-un anumit interval orar, către un receptor aflat în deplasare (patrulare);

Aceleași echipamente pot fi:

- Echipamente alimentate continuu la rețea (pentru zonele accesibile și facile);
- Echipamente cu baterii de acumulare (pentru zonele izolate și dificil de accesat).

➤ *Factorii de influență a calității apei*

Factorii fizici includ temperatura, turbiditatea și conductivitatea apei. Turbiditatea este opacitatea sau efectul de turbare datorat materialelor microscopice dizolvate în soluție, și are o valoare tipică de peste 1 NTU (Nephelometric Turbidity Units – unități nefelometrice de turbiditate). Temperatura crescută afectează nivelul de oxigen dizolvat din apă și implicit calitatea apei. Factorii biologici sunt determinați de prezența bacteriilor, virusurilor, algelor și pesticidelor, ce de asemenea afectează direct calitatea apei.

Rețeaua tehnologică auto-adaptivă reprezintă factorul tehnologic ce susține conceptul de apă inteligentă. Selecția stațiilor, fuziunea datelor și previziunile statistice lucrează împreună pentru deciziile luate rapid în timp real, într-o situație de urgență [21].

Nivelul, presiunea, debitul și viteza sunt factori calitativi ai apei distribuite, ce trebuie luați în considerare pe parcursul colectării datelor. Senzorii ultrasonici și debitmetrele pot fi utilizate la detectarea vitezei și la identificarea modificărilor apărute în debitul apei [22].

➤ *Structura IoT aplicată apei potabile*

Conform schemei de la figura 7.1. reducerea cu până la 10% a consumului de apă per consumator se realizează strict prin limitarea presiunii la nivelul coloanei de apă. În condițiile în care presiunea este monitorizată și transmisă către dispecerat în mod continuu, aceasta este și reglată în mod activ.

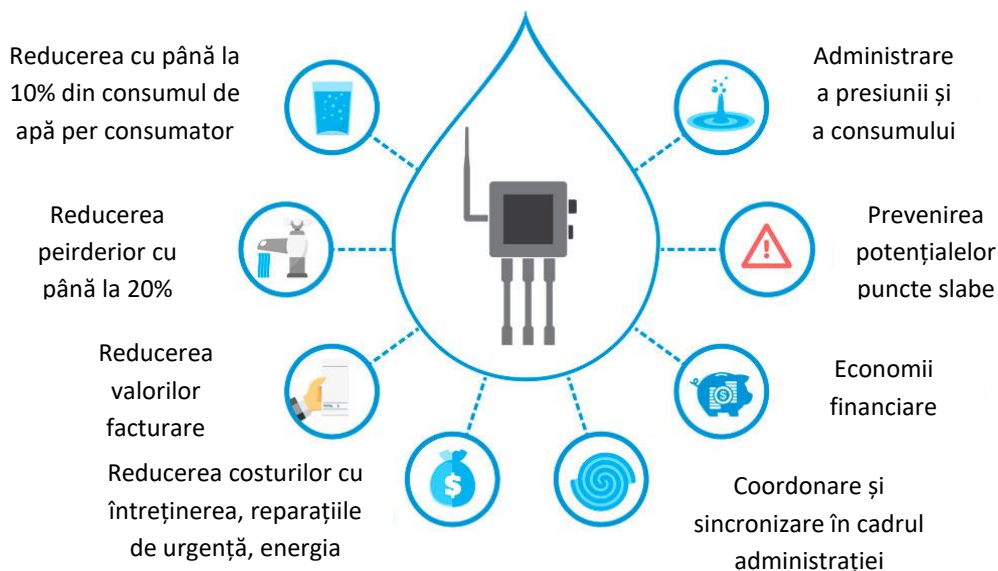


Fig. 7.1. Beneficiile soluțiilor inteligente în industria apei [23]

În vechile scheme de echilibrare a presiunii unui tronson, se monitoriza activ doar presiunea din punctul cel mai defavorizat, dar se compensa presiunea întregului tronson. Astfel, anumite zone ale tronsonului beneficiau de o presiune mărită, dar nenesară, crescând indirect debitul (indexul) la nivelul consumatorului [24].

Reducerea pierderilor cu până la 20% se obține prin controlul activ al distribuției de apă în momentele de consum minim. În anumite intervale orare, precum la amiază sau pe timpul nopții, necesarul de consum este unul redus, astfel rețeaua poate fi reglată în mod activ spre economisire. Totodată, în condițiile în care sistemul Expert identifică o avarie sau un comportament neobișnuit al unui anumit tronson de rețea, elementele dinamice pot izola acest tronson, îl pot ocoli, și îl pot semnaliza corespunzător pentru percepția operatorului de sistem. Economii aduse de un asemenea sistem activ și autopilotat sunt substanțiale, dar în același timp, starea de sănătate a instalației este ținută sub control și evaluată continuu. [25]

O altă ramură aflată în plină dezvoltare o reprezintă monitorizarea și tratamentul apelor uzate, prin tehnologie IoT, cu utilizarea apei rezultate în activitățile gospodărești, aducând o economie considerabilă a apei potabile [26].

➤ *Aplicații în domeniul siguranței alimentare – apă potabilă*

Un set de echipamente, dotate cu mijloace de conexiune la internet, printre care un debitmetru, un senzor de presiune a apei, un senzor de pH sau clor, pot colabora pentru a monitoriza în continuu calitatea apei din rețeaua de transport. Sistemele disponibile pe piață permit implementarea acestor puncte de control cu ușurință, la costuri reduse. Interfețele de achiziție și prelucrare de date sunt din ce în ce mai simplificate, nefiind necesare cunoștințe avansate sau instruirii specializate pentru a le putea opera. Scopul acestor simplificări este întocmai acela de a ușura volumul de lucru la care este supus operatorul, iar sistemele expert au tendința de a prelua sarcinile și responsabilitățile operatorilor [27].

CAPITOLUL 8

CONCLUZII GENERALE ȘI ELEMENTE ORIGINALE

8.1. CONCLUZII GENERALE

Lucrarea abordează un domeniu modern, al sistemelor de monitorizare și diagnosticare a calității apelor utilizate pentru consumuri casnice și industriale, pentru sistemele de irigații și în orice situații în care sunt necesare cantități de ape curate. Apa este un factor important ce influențează sănătatea și economia și din această cauză toate problemele care țin de utilizarea apei trebuie tratate cu toată seriozitatea. Acesta este și scopul prezentei teze de doctorat. Elaborarea tezei s-a bazat pe dezvoltarea unor aplicații simple, lipsite de costuri, de monitorizare în timp real a parametrilor unei stații de tratare a apei. S-au folosit limbaje de programare, disponibile fără costuri pe platformele online. Distribuția de apă potabilă necesită monitorizare continuă datorită impactului asupra sănătății populației. Calitatea apei potabile trebuie asigurată pe întreg traseul de distribuție al acesteia de la grupul de pompare la consumator.

Capitolul 1 al lucrării prezintă o introducere în problematica tezei de doctorat. Se prezintă scopul tezei de doctorat, elementele generale și specifice pe care trebuie să le îndeplinească sistemele de monitorizare și diagnosticare a calității apelor și principalele firme implicate în domeniu. De asemenea, se evidențiază principalele texte legislative care guvernează domeniul apelor. Se aduc mulțumiri celor care au ajutat autorul lucrării în realizarea tezei de doctorat.

În *capitolul 2* se prezintă elementele principale care compun sistemele de monitorizare a calității apelor. Se descriu senzorii, traductoarele, dispozitivele electronice și echipamentele care intră în componența acestor elemente: senzorii de măsură pH, senzorii pentru determinarea conductivității apelor, pentru măsurarea oxigenului dizolvat, traductoarele pentru măsurarea salinității și pentru determinarea sărurilor dizolvate în apă.

Capitolul 3 reprezintă o parte consistentă a tezei de doctorat și se referă la principalele echipamente și dispozitive utilizate în sistemele hidraulice. La început se analizează un ansamblu de pompare, pornind de la descrierea caracteristicilor tehnice ale pompelor utilizate, arătându-se elementele de noutate folosite, cum ar fi convertizoarele integrate de frecvență cu performanțe tehnice deosebite. Aceste convertizoare au adus în ultimii ani multe noutăți în tehnica de pompare fiind integrate în carcasa agregatelor de pompare împreună cu traductoarele de presiune și cu sistemele de reglare automată a parametrilor. Capitolul 3 prezintă în continuare instalația de corectare a pH-ului apei și etapele tehnologice ale proceselor de tratare ale apelor: coagularea, sedimentarea, filtrarea, dezinfectarea, fluorizarea. Se descriu beneficiile economice ale procesului de tratare a apelor și descrierea schemei bloc a unui sistem aferent. Capitolul se încheie cu un studiu de caz experimental privind optimizarea unui sistem de tratare a apei uzate, provenită din celulele de depozitare a deșeurilor municipale, prin osmoză inversă folosind trei baterii speciale succesive. Rezultatele experimentale se finalizează cu un grafic general privind evoluția presiunii apelor, a debitului acestora și a modului de acționare a valvei de reglaj a debitului de concentrat, astfel încât instalația să funcționeze la capacitatea maximă în orice situație.

În **capitolul 4** se prezintă elementele principale ale unui sistem expert utilizat în stațiile de tratare a apei. Se analizează caracteristicile principale ale sistemului, baza de cunoștințe a sistemului și motorul de interfață al acestuia. Se descriu etapele care trebuie urmate pentru crearea unui sistem expert: proiectarea sistemului, dezvoltarea acestuia, testarea sistemului și întreținerea lui. Beneficiile unui sistem expert pentru sistemul hidraulic sunt prezentate din punctul de vedere al executantului dar și al beneficiarului, analizându-se pe larg regulile care trebuiesc aplicate în etapa de acumulare a cunoștințelor și de dezvoltare ulterioară a sistemului. Sunt prezentate și trei studii de caz privind un sistem automatizat de clorinare gazoasă, un sistem de clorinare directă și un sistem care identifică cauzele care pot produce o alarmă în sistemul de dozaj al laptelui de var.

Capitolul 5 se ocupă de diagnoza tehnică a unui grup de pompare și este o continuare firească a capitolului 4. La început se definesc problemele posibile care pot apărea ca urmare a unor evenimente sau înșiruri de evenimente. Aceste probleme sunt notate cu P1, P2, ..., P9 și se referă la punerile în funcțiune, la ciclarea pompelor principale și de rezervă, la defectarea anumitor componente ale sistemului hidraulic, la posibilele alarme generate de defecțiuni, la neîndeplinirea unor condiții de funcționare normală (senzori defecți, debit scăzut etc.). Pentru fiecare din cele 9 probleme se centralizează într-un tabel sintetic cauzele care au condus la apariția fiecărei probleme, la soluțiile posibile de rezolvare și la remediile posibile pentru înlăturarea problemei respective. Pentru a scoate în evidență mai bine prezentarea celor 9 probleme se prezintă și 9 grafice de dependențe directe (trasate cu linii pline) și de dependențe indirecte (trasate cu linii punctate) dintre elementele de diagnosticare ale celor 9 probleme. În acest fel se pot urmări, pe aceste grafice, mult mai ușor, legăturile dintre diferitele defecte, motive sau soluții de Îmbunătățire.

În **Capitolul 6** se construiește o aplicație practică și se realizează un produs software pentru monitorizarea în timp real a unei stații de tratare a apei. Echipamentul pentru monitorizare este alcătuit dintr-o unitate centrală și din senzori. Comunicația dintre interfața software și echipamentul fizic este realizată prin cablu Ethernet. Sunt prezentate principalele avantaje și dezavantaje ale unei asemenea aplicații și sunt aduse în discuție posibilele utilizări ale acesteia. Produsul realizat în lucrare este relativ ieftin, ușor de instalat și exploatat pe orice platformă de operare Microsoft Windows, ce beneficiază de o interfață prietenoasă, bază de date, posibilitatea apelării bazei de date și afișarea datelor achiziționate de către echipamentul fizic aflat la distanță. Principiul de bază al aplicației se referă la achiziția de date de către echipamentul fizic, afișarea datelor ultimei măsurători pe ecranul aparatului și pe interfața software și înregistrarea tuturor datelor într-o bază de date accesibilă online. Soft-ul realizat preia datele de la echipamentele de măsurare și securizează aceste date folosind medii de calcul actualizate (Dev-C++; Microsoft Visual C++ 2010; MySQL Workbench 6.0 CE; MySQL Connector Net 6.7.4; MySQL Server 5.6). În principiu, programul este alcătuit din 3 ferestre (fereastra de introducere a datelor de acces ale utilizatorului, fereastra care asigură interfața dintre utilizator și echipamentul de măsură și fereastra în care se poate analiza baza de date înregistrată de la începutul procesului până în prezent). Aplicația realizată este sigură și împiedică preluarea frauduloasă a datelor obținute și a rezultatelor prelucrate.

În **Capitolul 7** este prezentată aplicarea tehnologiei IoT (Internet of Things – Internetul lucrurilor) în instalațiile de pompare a apei potabile. Aceasta este o tehnologie inteligentă și permite transferul de informație între diverse echipamente interconectate. Structura acestei tehnologii

conține descrierea elementelor componente, mărimile ce trebuie monitorizate și beneficiile aduse în aplicațiile concrete privind distribuția apei potabile, punând accent pe siguranța și sănătatea acestei distribuții. Rețeaua unui sistem IoT, aplicat distribuției de apă, combină procesarea, administrarea și transmiterea datelor acumulate prin intermediul senzorilor. De asemenea, se administrează și componentele de rețea și tehnologiile de transmisie a datelor cu ajutorul protocoalelor de comunicație. Automatizarea procesului de pompare folosind tehnologia IoT implică costuri relativ mari de implementare, deoarece fiecare zonă monitorizată și contorizată are nevoie de senzori de presiune instalați în zonele problematice, debitmetre de apă pentru controlul furnizării de apă, echipamente speciale pentru detecția acustică a pierderilor de apă și vane de control a debitelor sau a presiunilor.

8.2. CONTRIBUȚII ORIGINALE

Lucrarea de doctorat tratează o temă de interes în continuă expansiune privind sistemele hidraulice de tratare și distribuție a apei potabile, sisteme care se găsesc în număr mare în mediul urban și din ce în ce mai mult și în mediul rural.

Principalele contribuții originale ale tezei de doctorat sunt următoarele:

- Realizarea unei documentări aprofundate privind senzorii și traductoarele utilizate în sistemele hidraulice de tratare și monitorizare a apelor potabile, cu descrierea fiecărui tip și prezentarea principalelor caracteristici tehnice și tehnologice ale acestora;
- Prezentarea sistematică a ansamblului de pompare a apei potabile în sistemul hidraulic, stabilirea de criterii pentru dimensionarea sistemului de automatizare și control al ansamblului și definirea cerințelor tehnice și tehnologice de funcționare optimă.
- Introducerea unor scheme bloc de monitorizare ierarhică a grupului de pompare și a rețelei hidraulice în vederea automatizării proceselor de pompare și de distribuție a apei potabile.
- Realizarea unui studiu de caz experimental privind optimizarea unui sistem de tratare a apei uzate, provenită din celulele de depozitare a deșeurilor municipale, prin osmoză inversă, folosind trei baterii speciale succesive, astfel încât instalația să funcționeze la capacitatea maximă în orice situație.
- Definirea caracteristicilor unui sistem expert aferent unei stații de tratare și pompare apă potabilă și construirea sistemului astfel încât să existe posibilitatea îmbunătățirii permanente a performanțelor acestuia pe baza acumulării de experiență practică în funcționare.
- Analiza ierarhică detaliată a problemelor (notate cu P), a defectelor aferente fiecărei probleme (notate cu D), a motivelor acestor defecte (notate cu M) și a soluțiilor de îmbunătățire (notate cu S) care apar în funcționarea unei stații de tratare și pompare a apei.
- Explicitarea legăturilor directe (realizate cu linii pline) și indirecte (realizate cu linii punctate) între elementele P, D, M și S, descrise mai sus, ținând seama că un anumit defect poate fi cauzat din mai multe motive și acesta poate conduce la una sau mai multe probleme de funcționare ale sistemului.

- Realizarea de figuri cu legături directe sau indirecte între elementele D, M și S, pentru fiecare dintre cele 9 probleme avute în vedere la crearea sistemului expert și notarea acestora în mod ierarhic cu scopul de a ușura implementarea lor în cadrul sistemului expert.
- Realizarea practică a unei aplicații software pentru monitorizarea în timp real a unei stații de tratare și pompare a apei potabile și asigurarea unei comunicații sigure între beneficiarul aplicației și echipamentele fizice ale stației. Folosind această aplicație se pot lua automat decizii de funcționare corectă a sistemului hidraulic. În același timp, aplicația poate înregistra automat în baza de date informațiile preluate de la echipamentele de măsurare și poate să afișeze datele ultimei măsurători, asigurând și securizarea acestor date.
- Realizarea unui studiu privind monitorizarea inteligentă, controlul, administrarea și optimizarea unei rețele hidraulice pe baza tehnologiei IoT, un concept nou propus recent de Kevin Ashton, pentru transferul de informații între diferite echipamente interconectate.

8.3. PERSPECTIVE DE CONTINUARE ULTERIOARĂ A CERCETĂRILOR

Perspectivile viitoare de continuare a cercetărilor realizate în prezenta teză de doctorat sunt multiple. Cele mai importante pot fi următoarele:

- Dezvoltarea cu noi elemente ale sistemului expert propus în lucrare prin luarea în considerație a mai multor probleme care pot apărea în funcționarea sistemului și implicit prin mărirea numărului de soluții de remediere a defectelor posibile.
- Îmbunătățirea aplicației software pentru monitorizarea în timp real a unei stații de tratare și pompare a apei.
- Dezvoltarea de sisteme expert și în alte domenii tehnice.
- Realizarea de colaborări cu companii și cu specialiști din domeniile abordate în teza de doctorat.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Hach [online]. [2015] [cited 18.11.2015], URL: <http://uk.hach.com/conductivity-sensors/3700-analogue-inductive-conductivity-sensors/family?productCategoryId=25114174831>
- [2] Volker M., Eberheim A., Pechstein T., Inductive conductivity sensor, Patent US7965167 B2 din 21.06.2011.
- [3] Armstrong D., Duroux P., Emde C., Blum A.L., Are ion sensitive field effect transistor pH electrodes useful for prolonged ambulatory pH monitoring? [online]. [1998] [cited 17.11.2015], URL: https://www.hon.ch/OESO/books/Vol_5_Eso_Junction/Articles/art077.html
- [4] George Alexandru SMEU, Constantin GHITA, Aurel-Ionut CHIRILA, Dragos Ioan DEACONU and Valentin NAVRAPESCU, “Compunerea unui grup de pompare apă potabilă pregătit pentru tehnologia IOT”, The Symposium on Electrical Machines, 17th edition SME'21, 19 Noiembrie 2021, APME, vol. 17, nr. 1, pp. 108–123, feb. 2022. <https://www.doi.org/10.36801/apme.2021.1.14>, Bucharest, Romania.
- [5] SMEU George – Alexandru, „Automatic conveyor belt driving and sorting using SIEMENS step 7-200 programmable logic controller”, The 8th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), May 23 – 25, 2013, Bucharest Romania (Conferință BDI), INSPEC Accession Number: 13778612, DOI: 10.1109/ATEE.2013.6563408, Electronic ISBN:978-1-4673-5980-1, Print ISBN:978-1-4673-5979-5, CD:978-1-4673-5978-8, Print ISSN: 2068-7966.
- [6] Zude Z., Quan L., Quingsong A., Cheng X., Intelligent monitoring and diagnosis for modern mechanical equipment based on the integration of embedded technology and FBGS technology, 2011.
- [7] Expert systems [online]. [2017] [cited 18.06.2017], URL: <http://www.uky.edu/BusinessEconomics/dssakba/instmat/esreview.pdf>
- [8] Jackson P., Introduction to expert systems, Addison-Wesley, 1986.
- [9] Abhirami K., Karlmarx L.R., A novel fault-tolerant control scheme for water distribution systems, 2013 International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability, 2013.
- [10] SMEU George-Alexandru, „Development of a graphic interface for trios sensors”, Buletin Științific, Seria C: Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor, ISSN (print): 2286-3540 / (online): 2286-3559, Universitatea Politehnică București, în curs de apariție, conform adeverintei anexate (indexare ISI).
- [11] Vacca J.R., Handbook of sensor networking, Taylor & Francis Ltd, cited 16.01.2022
- [12] Bloodshed [online]. [2017] [cited 18.06.2017], URL: <http://www.bloodshed.net/devcpp.html>

- [13] Locke B., Visual C++ for Visual Basic Developers, 2002.
- [14] MySql Work Bench [online]. [2017] [cited 18.06.2017], URL: <http://mysqlworkbench.org/learn/>
- [15] DEACONU Ioan - Dragos, CHIRILA Aurel-Ionut, SMEU George - Alexandru, GHITA Constantin, NAVRAPESCU Valentin, „An Efficient SCADA System Designed for Water Treatment Plants”, The 11th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), March 28 – 30, 2019, Bucharest Romania (Conferință ISI), INSPEC Accession Number: 18724421, DOI: 10.1109/ATEE.2019.8725005, Electronic ISBN:978-1-7281-0101-9, USB ISBN:978-1-7281-0100-2, Print on Demand(PoD) ISBN:978-1-7281-0102-6, Electronic ISSN: 2159-3604, Print on Demand(PoD) ISSN: 2068-7966, WOS:000475904500160.
- [16] RTA automation [online]. [2017] [cited 18.06.2017], URL: <http://www.rtaautomation.com/modbustcp/>
- [17] Alvaro F., SQL: Easy SQL Programming & Database Management For Beginners, Your Step-By-Step Guide To Learning The SQL Database (SQL Series Book 1), Amazon Digital Services LLC, 2016.
- [18] Iulia Ioana ANGHEL, Roberta Ștefana CĂLIN, Maria Lavinia NEDELEA, Iulia Cristina STĂNICĂ, Cătălin TUDOSE, Costin Anton BOIANGIU, SOFTWARE DEVELOPMENT METHODOLOGIES: A COMPARATIVE ANALYSIS, U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol. 84, Iss. 3, 2022
- [19] Sarawi S.A., Anbar M., Alieyan K., Alzubaidi M., Internet of Things (IoT) communication protocols: Review, IEEE International Conference on Information Technology, 2017.
- [20] Wu Y., Kim K., Henry M. F., Toumi K. Y., Design of a leak sensor for operating water pipe systems, IEEE International Conference on Intelligent Systems and Robots, 2017.
- [21] Qi J., Yang P., Min G., Amft O., Dong F., Xu L., Advanced internet of things for personalized healthcare systems: A survey, 2017.
- [22] Ramesh M.V., Nibi K.V. Kurup A., Mohan R., Aiswarya A., Arsha A., Sarang P.R. Water quality monitoring and waste management using IoT, IEEE Global Conference on Humanitarian Technologies, 2017.
- [23] Libelium, [online]. [2019] [cited 14.07.2019], URL: <http://www.libelium.com/smart-water-sensors-to-monitor-waterquality-in-rivers-lakes-and-the-sea/>
- [24] Ye Y., Liang L., Zhao H., Jiang Y., The system architecture of Smart Water grid for Water security, In Elsevier 12th International Conference on Hydroinformatics (HIC), 2016.
- [25] Aurel - Ionuț Chirilă, Ioan - Dragoș Deaconu, Valentin Năvrăpescu, Constantin Ghiță, SMEU George - Alexandru, „Internet of Things applications in water pumping stations and distribution networks”, International Symposium on Fundamentals of Electrical Engineering, November 5 – 7, 2020, Bucharest,

Romania (Simpozion ISI), INSPEC Accession Number: 21759611, DOI: 10.1109/ISFEE51261.2020.9756161, Electronic ISBN:978-1-7281-9038-9, USB ISBN:978-1-7281-9037-2, Print on Demand(PoD) ISBN:978-1-7281-9039-6, WOS:000812321500031.

[26] Menon G. S., Ramesh M. V., Divya P., A low cost wireless sensor network for water quality monitoring in natural water bodies, IEEE Global Conference on Humanitarian Technologies, 2017.

[27] George Alexandru SMEU, Constantin GHIȚĂ, Aurel Ionuț CHIRILĂ, Dragoș Ioan DEACONU, “Aplicarea tehnologiei IOT în industria apei”, The Symposium on Electrical Machines, 17th edition SME'21, 19 Noiembrie 2021, APME, vol. 17, nr. 1, pp. 124–130, feb. 2022. <https://www.doi.org/10.36801/apme.2021.1.15>, Bucharest, Romania.