



Universitatea
Ștefan cel Mare
Suceava



Program comun de doctorat cu Dublă Diplomă
Domeniul Inginerie Electrică

**STUDII PRIVIND SINTEZA ȘI OPTIMIZAREA
SISTEMELOR ELECTROMECHANICE DISTRIBUITE
PENTRU STAȚIILE DE TRATARE A APELOR UZATE**

REZUMAT

Conducători științifici

Laurențiu Dan MILICI,
prof. univ. dr. ing., USV

Ilie NUCA,
conf. univ. dr. ing., UTM

Autor:
drd. ing. **Artiom MOLDOVAN**

Suceava – 2024 – Chișinău

Cuprins

INTRODUCERE.....	4
Capitolul 1. STADIUL ACTUAL AL SISTEMELOR ELECTROMECHANICE DISTRIBUITE PENTRU STAȚIILE DE TRATARE A APELOR UZATE	5
1.1. PROBLEME ACTUALE DE TRATARE A APELOR UZATE ȘI ROLUL SISTEMELOR ELECTROMECHANICE ÎN REZOLVAREA LOR	5
1.2. SINTEZA ȘI STADIUL ACTUAL AL SISTEMELOR ELECTROMECHANICE DISTRIBUITE PROGRAMABILE	8
1.3. MODELE MATEMATICE UTILIZATE ÎN PROIECTAREA ȘI SIMULAREA PROCESELOR DE TRATARE A APELOR UZATE	11
1.4. STRUCTURA GENERALĂ A STAȚIEI ȘI PROCEDEE TEHNOLOGICE DE TRATARE A APELOR UZATE	13
1.4.1. Structura ierarhică a stației de epurare.....	13
1.4.2. Procedee de tratare a apelor uzate.....	15
1.5. STRUCTURI TIPICE ALE SISTEMELOR ELECTROMECHANICE UTILIZATE ÎN CADRUL STAȚIILOR DE EPURARE	16
1.5.1. Structura sistemului electromecanic al treptei de tratare mecanică	16
1.5.2. Structura sistemului electromecanic al treptei de tratare biologică	16
1.5.3. Structura sistemului electromecanic al treptei de tratare a nămolului	17
1.6. ELEMENTE DE ACȚIONARE ȘI AUTOMATIZARE ALE SISTEMELOR ELECTROMECHANICE DISTRIBUITE PROGRAMABILE	17
1.6.1. Motoare electrice de acționare	18
1.6.2. Convertoare electronice de putere	19
1.6.3. Senzori și traductoare.....	20
1.6.4. Controlere logice programabile PLC	20
1.6.5. Sisteme de supervizare și achiziții de date SCADA	21
1.7. CONCLUZII.....	21
Capitolul 2. DEZVOLTAREA STRUCTURILOR TOPOLOGICE ALE.....	22
SISTEMELOR ELECTROMECHANICE DISTRIBUITE	22
PENTRU STAȚIILE DE TRATARE A APELOR UZATE.....	22
2.1. METODE MATEMATICE UTILIZATE PENTRU MODELAREA SISTEMELOR ELECTROMECHANICE DISTRIBUITE.....	22
2.2. METODE DE CONTROL ALE SISTEMELOR ELECTROMECHANICE DISTRIBUITE..	23
2.3. ASPECTE TEHNOLOGICE PRIVIND STAȚIILE DE TRATARE A APELOR UZATE...	24
2.4. ECHIPAMENTE DE MONITORIZARE ȘI CONTROL FOLOSITE ÎN CADRUL STAȚIEI DE TRATARE A APEI	25
2.5. SCHEME TOPOLOGICE CU SISTEM DE COMANDĂ ȘI CONTROL DISTRIBUIT....	26
2.6. CONCLUZII.....	27

Capitolul 3. SINTEZA ȘI OPTIMIZAREA SISTEMELOR ELECTROMECHANICE PROGRAMABILE PENTRU STAȚIILE DE TRATARE A APELOR UZATE	27
3.1. <i>SCHEMELE FUNCȚIONALE ELECTRICE ALE SEM DISTRIBUITE</i>	27
3.2. <i>SCHEMELE PRINCIPIALE A SISTEMULUI DE COMUNICAȚIE ȘI CONTROL ÎN CADRUL STAȚIEI DE TRATARE A APELOR UZATE.....</i>	28
3.3. <i>ARHITECTURA SISTEMULUI INFORMAȚIONAL DE SIMULARE A STRUCTURII ELECTROMECHANICE ÎN CADRUL STAȚIILOR DE TRATARE A APEI UZATE</i>	29
3.4. <i>SELECTAREA ECHIPAMENTELOR ELECTROMECHANICE DISTRIBUITE OPTIME CONFORM DATELOR SIMULATE</i>	30
3.4.1. Elemente de acționare și automatizare grătare rare și dese.....	30
3.4.2. Elemente de acționare și automatizare deznisipator și separator de grăsimi	31
3.4.3. Elemente de acționare și automatizare a decantoarelor primare	31
3.4.4. Elemente de acționare și automatizare a stației de precipitare.....	31
3.4.5. Elemente de acționare și automatizare a stației de precipitare polimer	31
3.4.6. Elemente de acționare și automatizare a stației de pompare nămol în exces	32
3.4.7. Elemente de acționare și automatizare a stației de pompare nămol recirculate	32
3.4.8. Elemente de acționare și automatizare îngroșător nămol.....	32
3.4.9. Elemente de acționare și automatizare a stației de pompare nămol îngroșat	32
3.4.10. Elemente de acționare și automatizare a stației cu suflante	32
3.4.11. Elemente de acționare și automatizare a stației de pompare nămol dizolvat	32
3.5. <i>ANALIZA COMPARATIVĂ A UNEI STAȚII CONFIGURATE DIFERIT</i>	33
3.6. <i>ANALIZA UNUI SISTEM IMPLEMENTAT ȘI PROIECTAT PARȚIAL ÎN BAZA SIMULĂRII STAȚIEI DE TRATARE A APEI UZATE</i>	34
3.7. <i>CONCLUZII.....</i>	37
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI	37
REFERINȚE BIBLIOGRAFICE	40

INTRODUCERE

Rezultatele lucrării ar contribui la îmbunătățirea situației în sectorul tratării apelor uzate și în consecință asigurarea Obiectivului de Dezvoltare Durabilă 6 al ONU și la atingerea obiectivelor trasate în HG nr. 950 din 25.11.2013 „Cu privire la cerințele de colectare, epurare și deversare a apelor uzate în sistemul de canalizare și/sau în corpuri de apă pentru localitățile urbane și rurale”, cerințele de colectare, epurare și deversare a apelor uzate în sistemul de canalizare și/sau în corpuri de apă pentru localitățile urbane și rurale.

Sistemele electromecanice conțin în structura sa convertoare electromecanice care convertesc energie electrică în energie mecanică (regim motor) și viceversa a energiei mecanice în cea electrică (regim generator). Datorită performanțelor intrinseci, sistemele electromecanice indiscutabil dețin cota majoritară în acționarea mașinilor de lucru și instalațiilor tehnologice. Sistemul electromecanic al unei mașini de lucru cu o funcție tehnologică concretă, în afara convertorului electromecanic, poate conține convertorul static electronic de putere, echipamente electrice de comutație și protecție, unitatea de control, transmisia mecanică, senzori și traductoare. Pentru automatizare, asigurarea calității și productivității necesare întreprinderile moderne de producere dispun de un număr considerabil de sisteme electromecanice fiecare cu funcția sa individuală, care printr-un sistem electromecanic ierarhic superior sunt corelate în timp și spațiu și conduc la realizarea produsului preconizat. Evident, componența și structura sistemului electromecanic superior depinde de tipul produsului și structura întreprinderii. Ultima afirmație se referă și la stațiile de tratare a apelor uzate, care reprezintă entități tehnologice complexe, bazate pe un număr de câteva sute de sisteme electromecanice ale instalațiilor tehnologice primare cu puterea totală până la 1-2 MW.

Stațiile de tratare a apelor uzate pot funcționa în regimuri optime și cu cheltuieli minime doar la automatizarea totală a proceselor tehnologice respective. Fiecare instalație tehnologică primară (pompe de apă și nămol, ventilatoare, mixere, dozatoare, transportoare etc) este pusă în mișcare de către un sistem electromecanic de acționare individual, iar în cadrul unei stații de tratare a apelor uzate programabile distribuite în timp și spațiu. Deoarece puterea electrică de consum a stațiilor de tratare a apelor este foarte mare, problema majorării eficienței energetice este una primordială, cât și posibilitatea producerii energiei din surse regenerabile (din nămol). Pe această dimensiune, conform planului REPowerEU, adoptat de CEE în 2022, se preconizează până în 2030 creșterea eficienței energetice cu 42 % și a ponderii energiei din surse regenerabile cu 45 %, cât și reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră cu 55% (față de 1990).

Așadar, cu privire la stațiile de tratare a apelor uzate, apare necesitatea dezvoltării (sub)sistemelor electromecanice ale instalațiilor tehnologice primare, cât al sistemului electromecanic ierarhic superior distribuit în timp și spațiu.

Un concept nou în domeniul sistemelor electromecanice distribuite poate fi integrarea și utilizarea extinsă a tehnologiilor de automatizare, comunicație și control în sistemele de tratare a apelor uzate. Acest concept se concentrează pe optimizarea performanței și eficienței sistemelor electromecanice distribuite prin implementarea soluțiilor avansate de control și monitorizare.

Soluțiile tehnico-științifice elaborate în cadrul tezei de doctorat permit integrarea sistemelor electromecanice distribuite în procesele tehnologice automatizate de tratare apelor uzate în vederea creșterii indicilor tehnologici de performanță și a eficienței energetice.

STADIUL ACTUAL AL SISTEMELOR ELECTROMECHANICE DISTRIBUITE PENTRU STAȚIILE DE TRATARE A APELOR UZATE

1.1. PROBLEME ACTUALE DE TRATARE A APELOR UZATE ȘI ROLUL SISTEMELOR ELECTROMECHANICE ÎN REZOLVAREA LOR

Problemele actuale de tratare a apelor uzate sunt diverse și complexe, iar sistemele electromecanice joacă un rol crucial în rezolvarea acestor provocări. Iată câteva dintre problemele majore și modul în care sistemele electromecanice contribuie la soluționarea lor:

- Calitatea apei uzate. Apa uzată conține substanțe și contaminanți nocivi care pot afecta mediul înconjurător și sănătatea umană. Sistemele electromecanice sunt responsabile de îndepărtarea eficientă a acestor contaminanți prin diverse procese de tratare, cum ar fi sedimentarea, aerarea, filtrarea și sterilizarea. Echipamentele precum pompele, compresoarele, agitatoarele și sistemele de dozare asigură funcționarea optimă a acestor procese.
- Eficiența și economia de energie. Consumul de energie este o provocare majoră în stațiile de tratare a apelor uzate, iar costurile asociate pot fi semnificative. Sistemele electromecanice joacă un rol esențial în îmbunătățirea eficienței energetice prin utilizarea motoarelor cu randament ridicat, tehnologiilor de reglare a vitezei (variatoare de frecvență) și sisteme de recuperare a energiei. Aceste tehnologii ajută la reducerea consumului de energie și la optimizarea costurilor de operare.
- Gestionarea și monitorizarea sistemelor. Stațiile de tratare a apelor uzate sunt complexe și necesită o gestionare adecvată pentru a asigura funcționarea optimă și conformitatea cu standardele de mediu. Sistemele electromecanice distribuite sunt utilizate pentru monitorizarea și controlul proceselor, înregistrarea datelor și alarmarea în cazul defecțiunilor sau condițiilor anormale. Acestea contribuie la eficientizarea operațiunilor și la asigurarea unui mediu de lucru sigur și conform normelor.
- Durabilitate și gestionarea deșeurilor. Stațiile de tratare a apelor uzate generează deșeuri solide și lichide, care trebuie gestionate în mod corespunzător. Sistemele electromecanice sunt responsabile de procesele de gestionare și tratare a deșeurilor, cum ar fi separarea și tratarea noroiului, precum și de îndepărtarea substanțelor chimice și a subproduselor reziduale. Aceste procese contribuie la reducerea impactului asupra mediului și la promovarea principiilor de economie circulară.
- Adaptabilitate și scalabilitatea. Necesitățile și volumul de apă uzată pot varia în funcție de zonele geografice și de densitatea populației. Sistemele electromecanice distribuite trebuie să fie adaptabile și scalabile pentru a face față cerințelor variabile de tratare a apelor uzate. Aceasta permite o gestionare eficientă și flexibilă a resurselor și a infrastructurii de tratare.

În ansamblu, sistemele electromecanice reprezintă o componentă esențială în tratarea apelor uzate, ajutând la îmbunătățirea calității apei, eficienței energetice, gestionării și monitorizării sistemelor, durabilității și adaptabilității. Prin aplicarea tehnologiilor adecvate și inovatoare, aceste sisteme contribuie la reducerea impactului asupra mediului și la asigurarea unui management eficient și sustenabil al apelor uzate.

În Republica Moldova, tratarea apei este reglementat prin mai multe directive și acte normative emise de autoritățile competente. Iată câteva dintre principalele directive și reglementări care se aplică în acest domeniu:

- Legea apelor nr. 272/2004: Această lege stabilește cadrul general pentru protecția, utilizarea și managementul resurselor de apă din Republica Moldova. Ea include dispoziții privind tratarea apelor uzate și stabilirea standardelor de calitate a apei. [13]
- Norme sanitare de calitate a apei utilizate în scopuri de alimentare cu apă și a apei uzate nr. 45/2010: Aceste norme stabilesc cerințele de calitate pentru apa utilizată în scopuri de alimentare cu apă potabilă și pentru apa uzată deversată în mediul înconjurător. Ele cuprind limitele admise pentru diferite parametri chimici, biologici și fizici.
- Regulamentul cu privire la controlul și supravegherea stării apelor de suprafață și subterane nr. 10/2007: Acest regulament stabilește procedurile și metodologiile pentru monitorizarea și supravegherea calității apelor de suprafață și subterane. Acesta include cerințe specifice privind prelucrarea și tratarea apelor uzate. [9]
- Regulamentul cu privire la autorizarea activității de deversare a apelor uzate în sistemul de canalizare publică sau în alte surse de apă nr. 71/2007: Acest regulament stabilește cerințele și procedurile pentru autorizarea și monitorizarea deversării apelor uzate în sistemele de canalizare publică sau în alte surse de apă. El impune condiții și limite pentru calitatea apei uzate deversate. [13]
- Planurile de management ale apei: Acestea sunt documente strategice care vizează gestionarea și protecția resurselor de apă în Republica Moldova. Aceste planuri includ, printre altele, măsuri specifice pentru tratarea și reducerea impactului apelor uzate asupra mediului.
- Decizia Guvernului privind aprobarea Planului Național de Acțiuni pentru implementarea Directivei Cadru privind Apa 2000/60/CE: Această decizie stabilește strategia și acțiunile necesare pentru implementarea Directivei Cadru privind Apa în Republica Moldova. Aceasta include aspecte legate de tratarea apelor uzate și protecția resurselor de apă.[9]
- Directiva 91/271/CEE cu privire la tratarea apei uzate urbane. Prezenta directivă se aplică colectării, tratării și evacuării apelor urbane reziduale, precum și tratării și evacuării apelor uzate care provin din anumite sectoare industriale. Prezenta directivă are ca obiectiv protejarea mediului împotriva deteriorării datorate evacuărilor de ape reziduale. [52]
- Directivei 98/83/CE privind calitatea apei destinată consumului uman. Aceasta directivă are ca scop protejarea sănătății publice prin asigurarea unei ape destinate consumului de o înaltă calitate microbiologică și fizico-chimică, crearea cadrului legislativ în vederea asigurării unei monitorizări a parametrilor de calitate ai apei potabile, prin standarde și metode actualizate, bazate pe cele mai noi informații și date științifice din domeniu, întărirea sistemului de supraveghere, monitorizare și control a calității apei potabile pe tot parcursul lanțului de distribuție, de la captare și până la robinetul consumatorului, stabilirea obligației de informare a consumatorilor într-un mod corect, periodic și mai ales prompt și adecvat în cazul apariției vreunei situații punctuale sau generale de deteriorare a calității sau/și cantității apei furnizate, cu posibil impact pe sănătate, accesul universal al tuturor cetățenilor la apa potabilă. [53]
- Legea apelor Nr. 272 din 23-12-2011, Publicat : 01-02-2024 în Monitorul Oficial Nr. 46-49 art. 70. Prezenta lege, parțial armonizată cu directivele Consiliului: nr.91/271/CEE din 21 mai 1991 privind tratarea apelor urbane reziduale și nr.91/676 CEE din 12 decembrie 1991 privind protecția apelor împotriva poluării cu nitrați proveniți din surse agricole, cu directivele

Parlamentului European și ale Consiliului: nr.2000/60/CE din 23 octombrie 2000 privind stabilirea unui cadru de politică comunitară în domeniul resurselor de apă; nr.2006/7/CE din 15 februarie 2006 privind gestionarea calității apei pentru scăldat; nr.2007/60/CE din 23 octombrie 2007 privind evaluarea și gestionarea riscurilor de inundații; nr.2008/105/CE din 16 decembrie 2008 privind standardele de calitate a mediului în domeniul apei, creează cadrul legal necesar gestionării, protecției și folosinței apelor. [61]

- LEGE Nr. 303 din 13-12-2013 privind serviciul public de alimentare cu apă și de canalizare. Publicat : 14-03-2014 în Monitorul Oficial Nr. 60-65 art. 123. Scopul prezentei legi este crearea cadrului legal pentru înființarea, organizarea, administrarea, reglementarea și monitorizarea funcționării serviciului public de alimentare cu apă potabilă, tehnologică, de canalizare și de epurare a apelor uzate menajere și industriale (în continuare – serviciu public de alimentare cu apă și de canalizare) în condiții de accesibilitate, disponibilitate, fiabilitate, continuitate, competitivitate, transparență, cu respectarea normelor de calitate, de securitate și de protecție a mediului. [62]
- HOTĂRÂRE Nr. 199 din 20-03-2014 cu privire la aprobarea Strategiei de alimentare cu apă și sanitație (2014 – 2030). Publicat : 28-03-2014 în Monitorul Oficial Nr. 72-77 art. 222. În hotărâre sânt aplicate viziuni recente privind dezvoltarea domeniului alimentării cu apă și sanitației și utilizate noțiuni noi ca: plan de alimentare cu apă și sanitație (PAAS), care este un document de planificare a investițiilor pentru dezvoltarea pe termen lung a infrastructurii de alimentare cu apă și sanitație, elaborat pentru o anumită regiune, raion sau localitate (municipiu, oraș, sat, comună), astfel încât să se potrivească perfect cu sistemele existente și cu disponibilitățile și constrângerile ce vizează sursele de apă locale și cu prevederile legislației în vigoare. [63]

În Republica Moldova procesul tehnologic de tratament al apelor reziduale include două trepte – tratament mecanic și tratament biologic. În anul 2018 volumul total al apelor uzate tratate prin metoda mecanică a fost de 98,8% iar cea biologică – 96.1 % biologic. Aproximativ 2,4% din volumul total al apei evacuate nu a fost supus nici unui tratament.

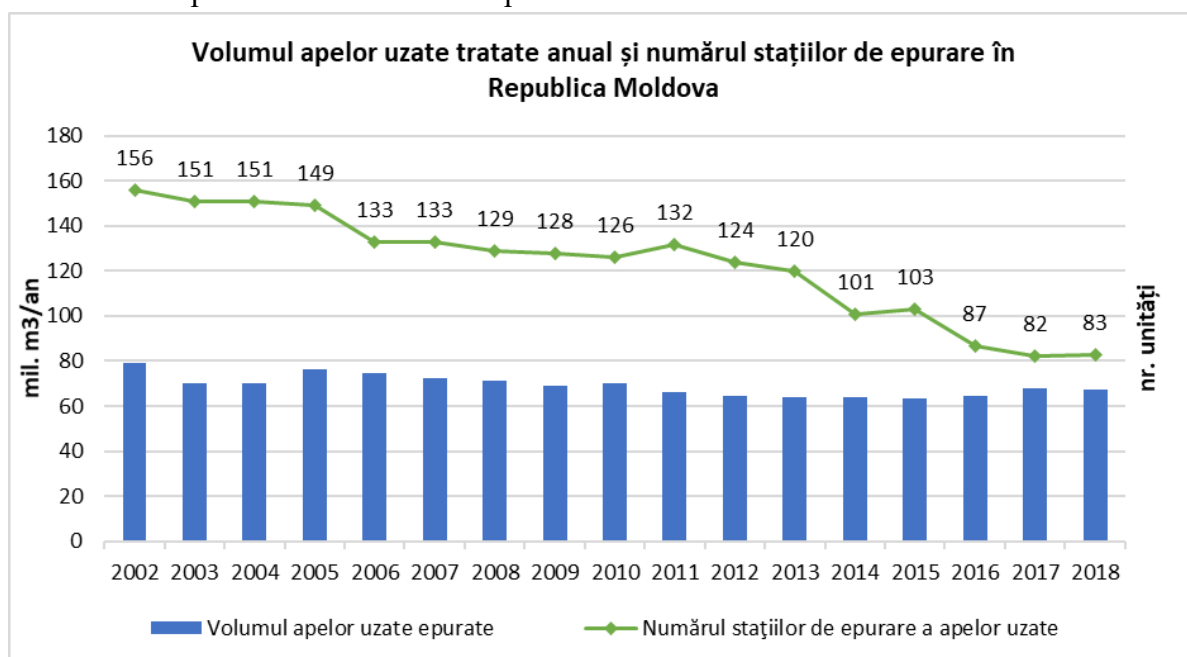


Fig. 1.1 Volumul apelor uzate tratate anual și numărul stațiilor de epurare în Republica Moldova [51]

Statistica în România arată că în anul 2022 lungimea totală a apeductelor și rețelelor publice de distribuție a apei a constituit 19,0 mii km și, comparativ cu anul precedent, s-a extins cu 15,9% sau 245,8 km de rețele noi construite (cu 68,7 km în mediu urban și 177,1 km în mediul rural). Din lungimea totală, 18,5 mii km aparțin sistemelor date în exploatare, iar 0,5 mii km – sistemelor care nu sunt date în exploatare, dar deservește populația. Cea mai mare pondere a lungimii apeductelor și rețelelor publice nou construite a fost înregistrată în localitățile din regiunea Nord – 137,0 km (55,7%) și din regiunea Centru – 76,4 km (31,1%). În anul 2022 au funcționat efectiv 18,9 mii km de apeducte și rețele publice de distribuție a apei (99,5% din lungimea totală).

În anul 2022 acces la sistemele publice de alimentare cu apă au avut 55 municipii și orașe și 891 localități rurale, ceea ce reprezintă 61,7% din localitățile țării. Circa 60,3% din satele Moldovei au avut acces la alimentare cu apă potabilă din sistemele publice⁴. Din total localități cu acces la sistemele publice de alimentare cu apă, 907 dispun de sisteme publice de alimentare cu apă date în exploatare. Comparativ cu anul 2018, numărul localităților cu acces la sistemele publice de alimentare cu apă date în exploatare s-a majorat cu 12,8%.

Tabelul 1.1 Tabel cu Numărul localităților cu acces la sistemele publice de alimentare cu apă date în exploatare și lungimea apeductelor și rețelelor de distribuție a apei, pe medii, 2018-2022 [30]

	2018	2019	2020	2021	2022
Numărul localităților cu acces la sisteme publice de alimentare cu apă	804	831	868	890	907
inclusiv:					
urban	53	53	53	54	55
rural	751	778	815	838	852
Lungimea totală a rețelelor publice de distribuție a apei potabile, km	16,232.5	16,778.2	17,441.3	17,933.9	18,545.6
inclusiv:					
urban	5,974.9	6,046.9	6,124.8	6,133.0	6,242.4
rural	10,257.6	10,731.3	11,316.5	11,800.9	12,303.2

Din volumul total de ape uzate generate și colectate în sistemele de canalizare au fost evacuate în receptorii naturali aproximativ 1.779 mil. m³, din care circa 486 mil. m³ fără epurare. Apele uzate epurate, în volum de circa 1.293 mil. m³, au fost evacuate prin: stațiile de epurare urbane 924 mil. m³, prin stațiile de epurare industriale 309 mil. m³ și prin stațiile de epurare independente 60 mil. m³.

1.2.SINTEZA ȘI STADIUL ACTUAL AL SISTEMELOR ELECTROMECHANICE DISTRIBUITE PROGRAMABILE

Stadiul actual al sistemelor electromecanice distribuite pentru stațiile de tratare a apelor uzate este unul în continuă evoluție. În ultimii ani, au fost realizate progrese semnificative în ceea ce privește tehnologiile și soluțiile utilizate în acest domeniu. Sistemele electromecanice distribuite sunt responsabile pentru procesele de tratare și gestionare a apelor uzate într-o stație de epurare.

Aceste stații de epurare includ echipamente și componente precum pompe, compresoare, ventilatoare, generatoare, sisteme de monitorizare și control, și altele.

Printre principalele tendințe și inovații în acest domeniu se numără:

- Automatizarea și implementarea tehnologiei digitale - utilizarea sistemelor de control și monitorizare avansate, bazate pe tehnologii de automatizare și internetul lucrurilor (IoT), ce permite o gestionare mai eficientă a proceselor de tratare a apelor uzate. Aceasta include

monitorizarea în timp real, ajustarea automată a parametrilor și detectarea rapidă a problemelor sau defecțiunilor.

- Eficiența energetică - o atenție din ce în ce mai mare este acordată eficienței energetice în sistemele electromecanice. Se utilizează tehnologii și echipamente cu consum redus de energie, precum motoare cu randament ridicat, variatoare de frecvență și sisteme de recuperare a energiei.
- Utilizarea energiei regenerabile - stațiile de tratare a apelor uzate devin tot mai interesate de utilizarea surselor de energie regenerabilă pentru a-și reduce impactul asupra mediului și pentru a-și asigura autonomia energetică. Aceasta poate include instalații solare, turbine eoliene sau sisteme de cogenerare.
- Tehnologii avansate de tratare - noi tehnologii de tratare a apelor uzate au fost dezvoltate, oferind soluții mai eficiente și ecologice. De exemplu, se utilizează tot mai multe sisteme de tratare biologică avansată, cum ar fi procesele cu membrană sau tehnologiile bazate pe biofile.
- Mentenanță predictivă și asistență virtuală - utilizarea inteligenței artificiale și a analizei predictive ajută la identificarea în avans a potențialelor defecțiuni sau probleme în sistemele electromecanice distribuite. Acest lucru permite programarea intervențiilor de mentenanță în mod pro activ, reducând timpul de inactivitate și costurile asociate.

Deducem deci că domeniul stațiilor de epurare este un domeniu dinamic, în care inovațiile și tehnologiile noi continuă să fie dezvoltate pentru a îmbunătăți performanța, eficiența și sustenabilitatea proceselor de tratare a apelor uzate.

Un sistem electromecanic simplu este un dispozitiv sau o mașină care combină componente mecanice și electrice pentru a efectua o funcție de bază. Aceste sisteme sunt compuse din părți elementare, cum ar fi motoare, senzori și actuatoare, și au o structură și un mod de operare relativ ușor de înțeles. Un exemplu de sistem electromecanic simplu ar fi o pompă, care include un motor electric și șurub mecanic pentru a împinge mase solide cu o careva presiune monitorizată. **În Eroare! Fără sursă de referință.** este prezentat schematic un sistem electromecanic simplu.

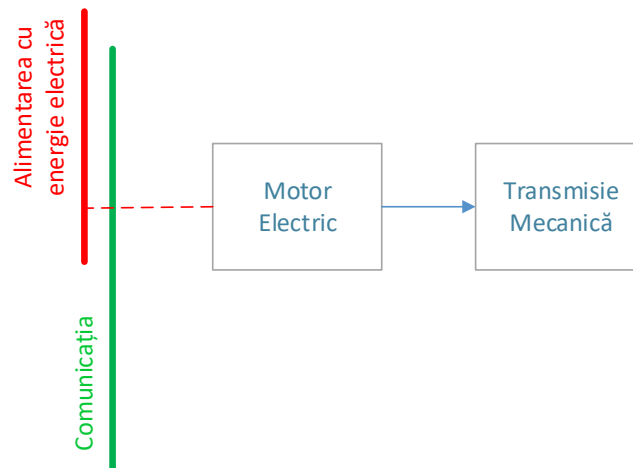


Fig. 1.2 Sistem electromecanic simplu [elaborat de autor]

Un sistem electromecanic complex este o combinație de multiple subsisteme electromecanice simple care interacționează pentru a realiza funcții mai avansate și variate. Aceste sisteme au o arhitectură mai sofisticată și includ componente suplimentare pentru control și feedback, cum ar fi controlere programabile (PLC-uri) și senzori avansați. Un exemplu de sistem electromecanic complex este un robot industrial, care folosește motoare, actuatoare și senzori pentru a efectua sarcini

precise și variate într-un mediu industrial. Un sistem electromecanic complex poate fi numit un HUB electromecanic. În **Fig. 1.3** este prezentat schematic un sistem electromecanic complex.

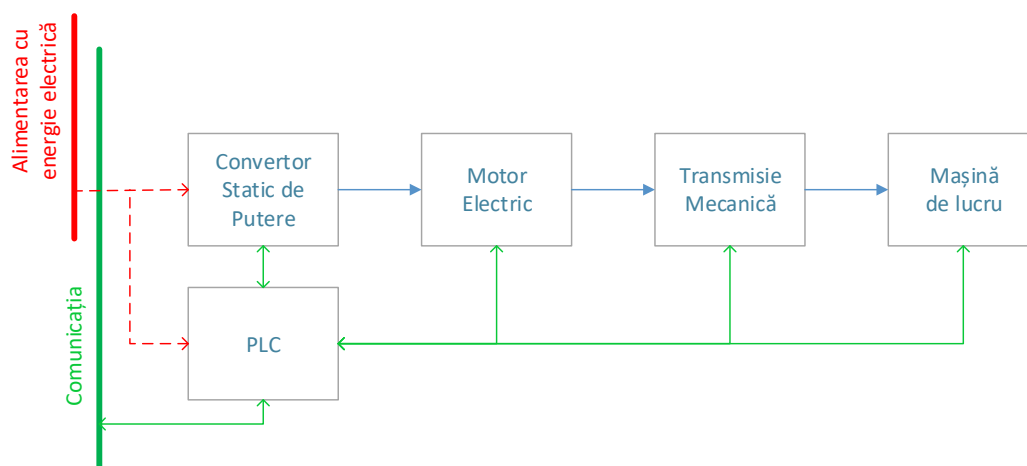


Fig. 1.3 Sistem electromecanic complex [elaborat de autor]

Sisteme electromecanice distribuite sunt rețele de sisteme electromecanice complexe interconectate, care sunt răspândite într-o anumită zonă geografică și coordonate pentru a funcționa ca un întreg unitar. Aceste sisteme utilizează tehnologii de comunicație și control la distanță pentru a monitoriza și gestiona procesele în mod eficient și în timp real.

Sistemele distribuite permit monitorizarea în timp real a parametrilor critici la nivel local, ceea ce duce la o detectare și răspuns rapid la probleme. Capacitatea de control distribuit permite ajustări locale și optimizări care îmbunătățesc performanța generală a sistemului.

În **Fig. 1.4** este prezentat schematic un sistem electromecanic distribuit.

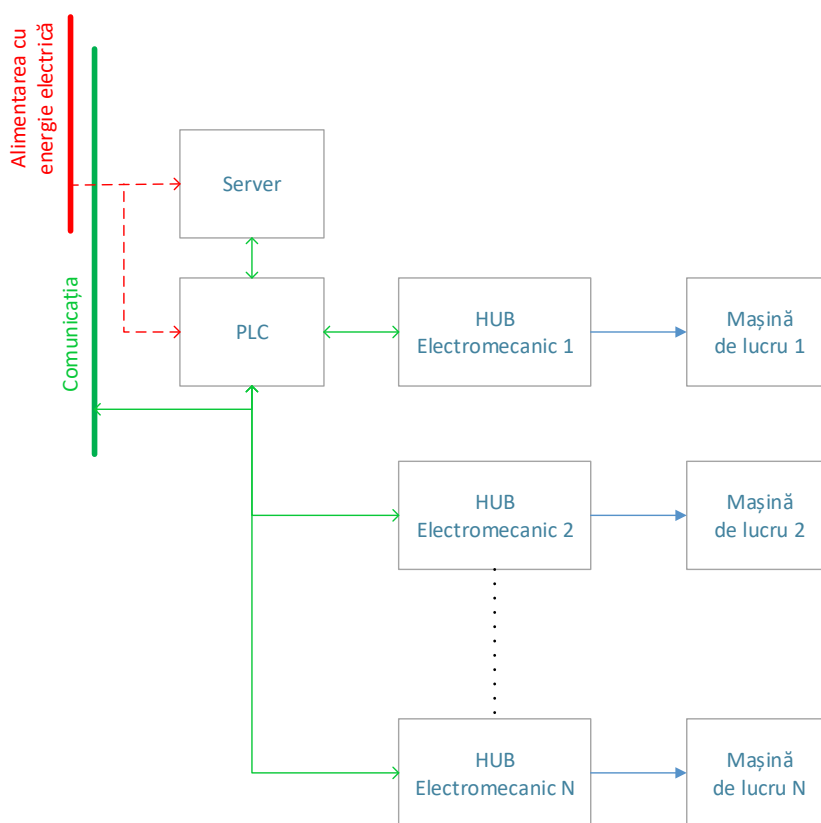


Fig. 1.4 Sistem electromecanic distribuit [elaborat de autor]

Definiția sistemului electromecanic distribuit se referă la un sistem complex format din componente electromecanice interconectate și distribuite într-o rețea extinsă. Aceste componente pot include motoare electrice, pompe, ventilatoare, supape, senzori, traductoare, controlere logice programabile (PLC-uri), sisteme SCADA, echipamente de comunicații și altele.

1.3. MODELE MATEMATICE UTILIZATE ÎN PROIECTAREA ȘI SIMULAREA PROCESELOR DE TRATARE A APELOR UZATE

Există mai multe modele matematice utilizate în proiectarea și simularea proceselor de tratare a apelor uzate în stațiile de epurare. Iată câteva exemple de modele matematice comune utilizate în acest domeniu:

- Modelul cinetic al reactorului. Acest model este utilizat pentru a descrie reacțiile chimice și biologice care au loc în reactorul de tratare a apelor uzate, cum ar fi procesele de biodegradare, nitrificare sau denitrificare.
- Legea vitezei reacției. Legea vitezei reacției este utilizată pentru a descrie relația dintre viteza reacției și concentrațiile substanțelor chimice într-un reactor. Aceasta poate fi exprimată în funcție de concentrațiile reactanților și de constantele de viteză ale reacției [26]. De exemplu, pentru o reacție de ordinul I, legea vitezei poate fi exprimată astfel:

$$v = k \times [A] \quad (1.1)$$

Unde:

v - viteza reacției,

k - constanta de viteză,

$[A]$ - concentrația reactantului A .

- Ecuația de bilanț material. Ecuația de bilanț material este utilizată pentru a calcula schimbările de concentrație ale substanțelor chimice într-un reactor în funcție de viteza reacției și de volumul reactorului [27]. Ecuația de bilanț material poate fi exprimată astfel:

$$d[A]/dt = v \cdot V \quad (1.2)$$

Unde:

$d[A]/dt$ - rata de schimbare a concentrației reactantului A în funcție de timp,

v - viteza reacției,

V - volumul reactorului.

- Reacții în serie. Pentru reacții care au loc în serie, adică una după alta, se poate utiliza o serie de ecuații de bilanț material și legi ale vitezei pentru a calcula concentrațiile substanțelor chimice în funcție de timp și de constantele de viteză ale reacțiilor individuale.
- Modelul hidraulic al conductelor se concentrează pe fluxul apei și pe caracteristicile hidraulice ale conductelor din sistemul de canalizare. Acesta permite evaluarea distribuției presiunii, a vitezei și a nivelului apei în conducte, pentru a optimiza proiectarea și funcționarea sistemului. Iată câteva dintre formulele comune utilizate în modelul hidraulic al conductelor:
- Ecuația lui Bernoulli [28]: Ecuația lui Bernoulli este utilizată pentru a descrie relația dintre presiune, viteză și altitudine într-un fluid în mișcare într-o conductă. Ecuația lui Bernoulli este exprimată astfel:

$$P + 0,5\rho v^2 + \rho gh = \text{constanta} \quad (1.3)$$

Unde:

P - presiunea fluidului,

ρ - densitatea fluidului,

v - viteza fluidului,

g - accelerația gravitațională,

h - diferența de altitudine.

- Ecuația generală a conservării energiei [29]: Ecuația generală a conservării energiei este utilizată pentru a calcula presiunea într-o conductă în funcție de caracteristicile geometrice ale conductei și de parametri de flux. Ecuația este exprimată astfel:

$$P = \rho gh + 0,5\rho v^2 + \lambda L/D(v^2/2g) \quad (1.4)$$

Unde:

P - presiunea în conductă,

ρ - densitatea fluidului,

g - accelerația gravitațională,

h - înălțimea de la referință,

v - viteza fluidului,

λ - coeficientul de fricțiune,

L - lungimea conductei,

D - diametrul conductei.

- Ecuația lui Darcy-Weisbach [32]: Ecuația lui Darcy-Weisbach este utilizată pentru a calcula pierderile de presiune datorate frecării într-o conductă. Ecuația este exprimată astfel:

$$\Delta P = \lambda(L/D)(v^2/2g) \quad (1.5)$$

Unde:

ΔP - pierderea de presiune în conductă,

λ - coeficientul de fricțiune,

L - lungimea conductei,

D - diametrul conductei,

v - viteza fluidului,

g - accelerația gravitațională.

- Modelul de sedimentare este folosit pentru a simula procesul de sedimentare a particulelor solide în sedimentatoare sau decantoare. Modelul estimează viteza de sedimentare a particulelor și distribuția acestora în funcție de caracteristicile particulelor și parametri operaționali ai sedimentatorului. Modelul de sedimentare este utilizat pentru a descrie comportamentul particulelor solide într-un proces de sedimentare, cum ar fi într-o stație de tratare a apelor uzate. Iată câteva exemple de formule comune utilizate în modelul de sedimentare:

- Viteza de sedimentare reprezintă viteza la care particulele solide se depun pe măsură ce se deplasează în jos într-un mediu lichid. Aceasta poate fi calculată folosind ecuația lui Stokes [33], care este exprimată astfel:

$$V_s = (2/9)(\rho_p - \rho_f)g \cdot d^2/\mu \quad (1.6)$$

Unde:

V_s - viteza de sedimentare,
 ρ_p - densitatea particulelor solide,
 ρ_f - densitatea fluidului,
 g - accelerația gravitațională,
 d - diametrul particulelor,
 μ - vâscozitatea fluidului.

- Gradul de sedimentare reprezintă măsura în care particulele se depun și se acumulează într-un anumit strat de sediment. Acesta poate fi calculat utilizând ecuația lui Richardson-Zaki [34], care este exprimată astfel:

$$\varepsilon = (1 - \varepsilon_0) \exp(-\alpha \cdot H) \quad (1.7)$$

Unde:

ε - gradul de sedimentare,
 ε_0 - gradul inițial de sedimentare,
 α - constanta de sedimentare,
 H - înălțimea stratului de sediment.

- Concentrația particulelor solide într-un mediu lichid poate fi calculată utilizând bilanțul de masă și ecuația de conservare a masei [29]. De exemplu, pentru un flux constant și uniform, ecuația de conservare a masei poate fi exprimată astfel:

$$dC/dt = -V_s \cdot A \cdot C \quad (1.8)$$

Unde:

dC/dt - rata de schimbare a concentrației particulelor în funcție de timp,
 V_s - viteza de sedimentare,
 A - aria de secțiune transversală a mediului lichid,
 C - concentrația particulelor solide.

1.4. STRUCTURA GENERALĂ A STAȚIEI ȘI PROCEDEE TEHNOLOGICE DE TRATARE A APELOR UZATE

1.4.1. Structura ierarhică a stației de epurare

Structura funcțională a unei stații de epurare cuprinde diferite secțiuni și procese care sunt responsabile pentru tratarea apelor uzate. Aceasta poate varia în funcție de dimensiunea și complexitatea stației, dar iată o structură funcțională tipică a unei stații de epurare [17]:

- 1) Stația de prelevare și pompare. Această secțiune este responsabilă pentru colectarea apelor uzate brute și pentru pomparea acestora în stația de epurare. Aceasta include conducte de colectare, posturi de prelevare și stații de pompare.
- 2) Prelucrarea preliminară. Această secțiune implică prelucrarea preliminară a apelor uzate pentru îndepărtarea materiilor solide mari și a impurităților. Aceasta poate include grătare, site, separatori de nisip și de grăsimi pentru eliminarea materiilor solide și a grăsimilor din apa uzată brută.
- 3) Stația de tratare biologică. Această secțiune este responsabilă pentru procesul principal de tratare biologică a apelor uzate. Aici are loc dezvoltarea și activitatea microorganismelor care descompun și îndepărtează compușii organici din apa uzată. Aceasta poate include reactori

biologici, cum ar fi bazinele aerate, bazinele cu membrană sau bazinele cu biofile, în funcție de tehnologia utilizată.

- 4) Sedimentarea și separarea solid-lichid. După procesul de tratare biologică, apa uzată trece prin etape de sedimentare și separare pentru a îndepărta particulele solide și a obține un lichid clar. Aceasta poate implica utilizarea decantoarelor, discurilor de sedimentare sau altor echipamente de separare solid-lichid.
- 5) Filtrarea și clorinarea. După sedimentare, apa uzată poate fi supusă unui proces suplimentar de filtrare pentru a îndepărta orice particule fine sau sedimente rămase. În unele cazuri, apa uzată este tratată și dezinfectată prin clorinare sau prin utilizarea altor metode de sterilizare pentru a asigura o calitate a apei potabile acceptabilă.
- 6) Procese suplimentare și tratare avansată. În funcție de nevoile specifice ale stației de epurare și de calitatea apei deversate, pot fi implementate și alte procese suplimentare, cum ar fi tratarea azotului și a fosforului, filtrarea avansată sau tratarea cu ozon.
- 7) Gestionarea deșeurilor și a noroiului. O secțiune importantă este dedicată gestionării deșeurilor și a noroiului rezultat în urma procesului de tratare a apelor uzate. Aceasta poate implica procese de deshidratare, de ardere sau de utilizare a noroiului ca fertilizant sau biogaz.
- 8) Secțiunea de administrare și control. Această secțiune include sala de control, laboratoarele de analiză, facilitățile de stocare a substanțelor chimice și echipamentele de monitorizare și control necesare pentru gestionarea și supravegherea stației de epurare.

Aceasta este o structură funcțională generală a unei stații de epurare, dar este important de menționat că poate varia în funcție de specificul și capacitatea stației. De asemenea, anumite procese și secțiuni pot fi integrate sau pot lipsi, în funcție de necesități și tehnologiile utilizate în tratarea apelor uzate.

O instalație de tratare a apelor reziduale uzuale, așa cum se arată și în **Fig. 1.5**, include mai multe procese de tratare în mai multe etape. Fiecare etapă de tratare este proiectată pentru a elimina un anumit tip de substanță poluantă. Obiectivul principal al tratării apelor uzate este de a permite deversarea apelor uzate urbane în apele de suprafață, asigurând, astfel, protecția mediului și a comunităților umane.

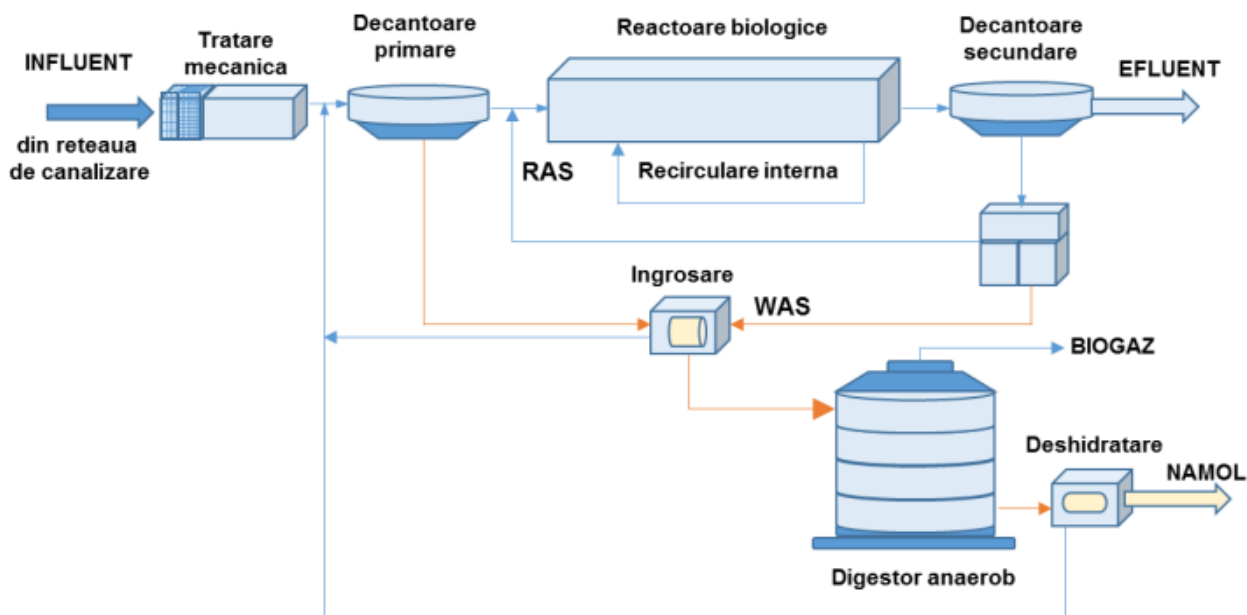


Fig. 1.5 Schema generală a unei stații de tratare [17]

Schema de tratare se alege pe baza unor calcule tehnice și economice comparative între mai multe variante realizate prin considerarea mai multor factori, cum sunt: existența de terenuri disponibile pentru stația de tratare care nu pot avea alte utilizări din punct de vedere economic, existența unui spațiu suficient pentru realizarea unei zone de protecție sanitară în jurul stației de epurare, obligativitatea încadrării între limitele legale ale valorilor de concentrații cu încărcări ale efluentului în urma procesului de epurare, existența unui receptor (emisar) la o distanță acceptabilă în care se deversează apele tratate, posibilități de depozitare, transport sau distrugere a cantităților de nămol rezultate în procesele de tratare și, nu în ultimul rând, posibilitatea asigurării stației de tratare cu personal calificat.

1.4.2. Procedee de tratare a apelor uzate

Există mai multe metode de tratare a apelor uzate utilizate în stațiile de epurare. Aceste metode sunt proiectate pentru a îndepărta poluanții și contaminanții din apa uzată, asigurându-se că aceasta îndeplinește standardele de calitate impuse. Iată câteva dintre metodele comune de tratare a apelor uzate [11]:

- **Tratarea biologică.** Această metodă implică utilizarea microorganismelor (bacterii, fungi) pentru a descompune compușii organici din apa uzată. Procesul de tratare biologică poate avea loc într-un reactor biologic aerob sau anaerob, unde microorganismele metabolizează și elimină compușii organici. Acest proces poate fi facilitat de sisteme de aerare, care furnizează oxigen necesar activității microorganismelor.
- **Sedimentarea.** Metoda de sedimentare implică separarea particulelor solide mai grele de apa uzată prin gravitație. Apa uzată este lăsată să se odihnească într-un sedimentator, ceea ce permite sedimentarea particulelor mai mari și a noroiului în partea inferioară. Apa limpede de deasupra este apoi transferată pentru etapele ulterioare de tratare.
- **Filtrarea.** Filtrarea implică trecerea apei uzate prin medii filtrante, cum ar fi nisipul, cărbunele activat sau membrane. Aceste medii de filtrare rețin particulele suspendate, coloizii și alte substanțe, asigurând obținerea apei curate. Procesul de filtrare poate fi utilizat în combinație cu alte metode pentru a îmbunătăți calitatea apei.
- **Sterilizarea.** Sterilizarea este utilizată pentru distrugerea microorganismelor patogene și a bacteriilor din apa uzată. Cel mai comun agent de sterilizare este clorul sau compușii de clor, care sunt adăugați în apă pentru a distruge microorganismele. Alte metode de sterilizare includ radiațiile ultraviolete și ozonul.
- **Tratarea chimică.** Tratarea chimică implică utilizarea substanțelor chimice pentru a ajuta la îndepărtarea poluanților din apa uzată. De exemplu, substanțele coagulante sunt adăugate pentru a ajuta la formarea flacoanelor care aglomerează particulele, facilitând procesul de sedimentare. De asemenea, substanțele de precipitare pot fi adăugate pentru a îndepărta metalele grele și alte substanțe.
- **Tratarea avansată.** Tratarea avansată se referă la utilizarea unor metode suplimentare pentru a îmbunătăți calitatea apei uzate. Aceasta poate include procese precum osmoza inversă, adsorbția pe cărbune activat, tratamentele cu membrană sau alte tehnologii avansate.

Acestea sunt doar câteva dintre metodele comune utilizate în tratarea apelor uzate. În funcție de specificul și necesitățile stației de epurare, pot fi implementate și alte tehnologii și metode specifice pentru a asigura o tratare eficientă și adecvată a apelor uzate.

1.5. STRUCTURI TIPICE ALE SISTEMELOR ELECTROMECHANICE UTILIZATE ÎN CADRUL STAȚIILOR DE EPURARE

1.5.1. Structura sistemului electromecanic al treptei de tratare mecanică

Structura sistemului electromecanic al treptei de tratare mecanică într-o stație de epurare poate include mai multe componente și echipamente. Iată o structură tipică a sistemului electromecanic pentru tratarea mecanică a apelor uzate [12]:

- Grătare. Prima etapă a treptei de tratare mecanică implică utilizarea grătarelor pentru a îndepărta materialele solide mari din apa uzată brută. Aceste grătare pot fi grătare cu bare groase sau grătare cu plăci perforate și au rolul de a reține obiectele mari precum crengi, hârtie, plastic și alte deșeuri solide.
- Sită statică sau rotativă. După grătare, apa uzată trece printr-o sită statică sau rotativă. Această etapă ajută la îndepărtarea particulelor mai mici, precum nisipul, pietrele și alte deșeuri solide mici. Sita poate fi echipată cu elemente de filtrare adecvate pentru dimensiunea și natura particulelor din apa uzată.
- Separatoare de grăsimi. Uneori, înainte de a ajunge la următoarea etapă a tratamentului mecanic, apa uzată trece printr-un separator de grăsimi. Acesta are rolul de a colecta și îndepărta uleiurile, grăsimile și substanțele solubile în grăsimi care plutesc la suprafață.
- Hidrocicloane sau echipamente de sedimentare. După etapele de grătare, sitare și separare a grăsimilor, apa uzată poate fi direcționată către hidrocicloane sau echipamente de sedimentare. Acestea utilizează forța centrifugă sau gravitația pentru a separa și a îndepărta particulele suspendate mai grele din apa uzată, permițându-le să se așeze la fundul echipamentului.
- Echipamente de dezinfectare. Uneori, înainte de a părăsi treapta de tratare mecanică, apa uzată poate trece printr-un proces de dezinfectare. Acesta poate include utilizarea substanțelor chimice de dezinfectare, cum ar fi clorul sau ozonul, sau utilizarea tratamentului termic pentru distrugerea bacteriilor și microorganismelor patogene.

Aceasta este o structură generală a sistemului electromecanic al treptei de tratare mecanică. Este important de menționat că echipamentele și componente specifice pot varia în funcție de capacitatea stației de epurare și de tehnologiile utilizate. În plus, pot exista și alte componente, cum ar fi pompele, motoarele și sistemele de control și monitorizare, care asigură funcționarea eficientă a sistemului electromecanic.

1.5.2. Structura sistemului electromecanic al treptei de tratare biologică

Structura sistemului electromecanic al treptei de tratare biologică într-o stație de epurare poate include mai multe componente și echipamente. Iată o structură tipică a sistemului electromecanic pentru tratarea biologică a apelor uzate [12]:

- Rezervoare sau bazine de tratare. Această etapă implică utilizarea rezervoarelor sau bazinelor pentru tratarea biologică a apelor uzate.
- Sisteme de aerare. Sistemele de aerare furnizează oxigen în apă pentru a susține activitatea microorganismelor responsabile de tratarea biologică a apelor uzate.
- Sisteme de agitare. Sistemele de agitare ajută la menținerea uniformității amestecului în rezervoarele de tratare biologică.

- Echipamente de monitorizare și control. Pentru a asigura funcționarea eficientă a treptei de tratare biologică, se utilizează echipamente de monitorizare și control.
- Sisteme de recirculare. Unele stații de epurare utilizează sisteme de recirculare pentru a returna o parte din apa tratată înapoi în rezervoarele de tratare biologică.
- Echipamente de sedimentare și separare. După treapta de tratare biologică, apa uzată trece prin echipamente de sedimentare și separare pentru a îndepărta particulele solide și a obține un lichid clar.
- Echipamente de măsurare și analiză. Pentru a monitoriza calitatea apei tratate și performanța treptei de tratare biologică, se utilizează echipamente de măsurare și analiză.

Aceasta este o structură generală a sistemului electromecanic al treptei de tratare biologică. Echipamentele și componente specifice pot varia în funcție de capacitatea stației de epurare, de tehnologia utilizată și de specificul proceselor de tratare biologică implementate.

1.5.3. Structura sistemului electromecanic al treptei de tratare a nămolului

Structura sistemului electromecanic al treptei de tratare a nămolului (sau noroiului) într-o stație de epurare poate include mai multe componente și echipamente. Iată o structură tipică a sistemului electromecanic pentru tratarea nămolului:

- Pompe de nămol. Pentru a transfera nămolul din diferite secțiuni ale stației de epurare, se folosesc pompe de nămol.
- Sistem de pre-tratare a nămolului. Înainte de a fi supus tratamentului propriu-zis, nămolul poate fi supus unei pre-tratări.
- Echipamente de deshidratare. Pentru reducerea conținutului de umiditate din nămol și obținerea unei consistențe mai solide, se utilizează echipamente de deshidratare.
- Echipamente de tratare termică. În unele cazuri, nămolul poate fi supus unui tratament termic pentru a reduce conținutul de apă și a distruge microorganisme și bacteriile prezente.
- Echipamente de depozitare a nămolului. După tratarea nămolului, acesta poate fi stocat în rezervoare sau bazine de depozitare până când este pregătit pentru eliminare sau valorificare ulterioară.
- Sisteme de transport al nămolului. Pentru a transfera nămolul către locul de eliminare sau valorificare, se folosesc sisteme de transport.
- Echipamente de valorificare a nămolului. În cazul în care nămolul este valorificat în loc să fie eliminat, se pot utiliza echipamente specifice pentru procesarea ulterioară a acestuia.

Echipamentele și componente specifice pot varia în funcție de capacitatea stației de epurare, de tehnologia utilizată și de specificul nămolului tratat.

1.6. ELEMENTE DE ACȚIONARE ȘI AUTOMATIZARE ALE SISTEMELOR ELECTROMECHANICE DISTRIBUITE PROGRAMABILE

Elementele de acționare și automatizare ale sistemelor electromecanice distribuite programabile (SED-urilor) includ o varietate de componente care facilitează controlul și operarea sistemului. Aceste elemente asigură funcționarea coordonată și eficientă a diferitelor echipamente electromecanice și procese din cadrul sistemului. Iată câteva exemple de astfel de elemente:

- Controlere programabile (PLC). Controlerele programabile sunt componente esențiale ale sistemelor electromecanice distribuite programabile [40].

- **Senzori.** Sensorii sunt utilizați pentru a măsura diferite variabile și parametri din sistem, precum nivelul apei, temperatura, presiunea, fluxul și altele.
- **Actuatoare.** Actuatoarele sunt componente responsabile de acționarea echipamentelor electromecanice în funcție de comenzi primite de la controlerul programabil.
- **Interfețe de operator (HMI).** Interfețele de operator (sau interfețele om-mașină) permit operatorilor umani să interacționeze cu sistemul.
- **Rețele de comunicație.** SED-urile pot implica și rețele de comunicație pentru transmiterea datelor între diferitele componente ale sistemului.
- **Software de programare și control.** SED-urile necesită software specializat pentru programarea și configurarea controlerelor programabile.

Aceste elemente lucrează împreună pentru a controla și gestiona eficient diferitele procese și echipamente din cadrul sistemului, asigurând funcționarea coordonată și optimizată a acestuia.

1.6.1. Motoare electrice de acționare

Motoarele electrice de acționare sunt componente cheie ale sistemelor electromecanice, care transformă energia electrică în energie mecanică pentru a genera mișcare în diferite echipamente și mecanisme. Există mai multe tipuri de motoare electrice utilizate în aplicațiile de acționare, fiecare având caracteristici și avantaje specifice.

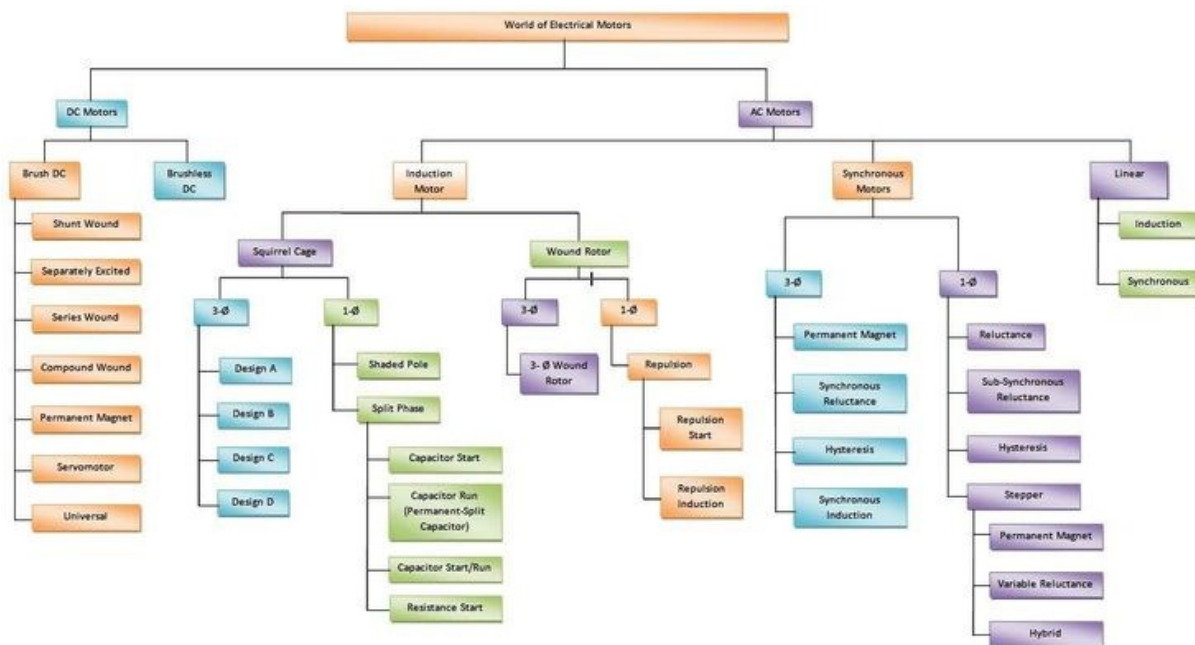


Fig. 1.6 Structura ierarhică a tipurilor de motoare [56]

Câteva dintre cele mai comune tipuri de motoare electrice de acționare:

- **Motoare de curent continuu (CC).** Motoarele de curent continuu sunt alimentate cu curent continuu și sunt utilizate într-o gamă largă de aplicații.
- **Motoare asincrone (AC).** Motoarele asincrone, cunoscute și sub numele de motoare de inducție, sunt cele mai comune motoare utilizate în aplicațiile industriale.

- Motoare sincrone (AC). Motoarele sincrone au un rotor care se sincronizează cu frecvența curentului alternativ aplicat și sunt utilizate în aplicații care necesită control precis al vitezei și sincronizarea cu rețeaua electrică.
- Motoare pas cu pas. Motoarele pas cu pas sunt utilizate în aplicații care necesită poziționare precisă sau control al mișcării cu pași discreți.
- Motoare liniare. Motoarele liniare convertesc energia electrică direct în mișcare liniară, eliminând necesitatea unor mecanisme de transmisie.

Fiecare tip de motor are caracteristici și avantaje specifice, iar alegerea unui motor depinde de cerințele specifice ale aplicației, precum puterea necesară, controlul, viteza, poziționare și eficiența energetică.

1.6.2. Convertoare electronice de putere

Convertoarele electronice de putere sunt dispozitive care transformă energia electrică dintr-o formă în alta, în funcție de cerințele sistemului. Acestea sunt utilizate pentru a regla tensiunea, curentul sau forma undei de tensiune într-un circuit electric. Convertoarele de putere sunt prezente într-o varietate de aplicații, de la echipamentele electronice de uz casnic până la aplicații industriale și de transport.

Câteva exemple comune de convertoare electronice de putere:

- Convertoare de curent continuu - curent continuu (CC-CC). Aceste convertoare sunt utilizate pentru a regla și a converti nivelul de tensiune sau curent continuu dintr-un circuit în altul.
- Convertoare de curent alternativ - curent continuu (AC-CC). Aceste convertoare transformă energia electrică de la o sursă de curent alternativ în curent continuu.
- Convertoare de curent continuu - curent alternativ (CC-AC). Aceste convertoare transformă energia electrică de la o sursă de curent continuu în curent alternativ.
- Convertoare de curent alternativ - curent alternativ (AC-AC). Aceste convertoare sunt utilizate pentru a converti energia electrică de la o sursă de curent alternativ într-un alt nivel de tensiune, frecvență sau formă de undă.
- Convertoare de energie regenerativă. Aceste convertoare sunt utilizate în aplicații în care energia electrică generată în timpul procesului de regenerare sau frânare a unui sistem poate fi recuperată și utilizată în alte scopuri.

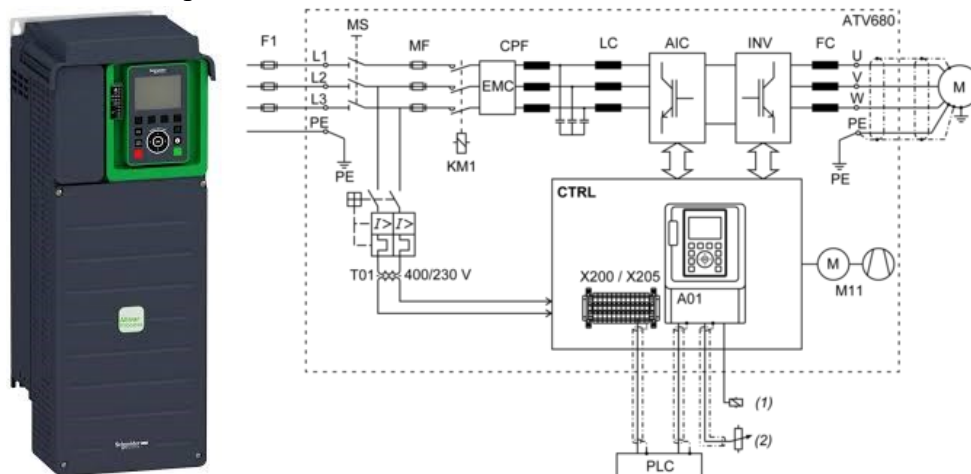


Fig. 1.7 Exemplu unui convertor de frecvență AC-AC [57]

Convertoarele de putere joacă un rol important în eficientizarea și controlul energetic al sistemelor electrice, permițând conversia și reglarea eficientă a energiei electrice pentru a satisface cerințele specifice ale aplicației.

1.6.3. Senzori și traductoare

Senzorii și traductoarele sunt componente esențiale într-un sistem electromecanic distribuit și joacă un rol crucial în monitorizarea și controlul eficient al sistemului. Acestea colectează și convertește informațiile fizice, cum ar fi temperatură, presiune, nivel, flux, vibrație etc., în semnale electrice care pot fi utilizate pentru a lua decizii și a controla diverse echipamente și procese. Iată câteva motive importante pentru care senzorii și traductoarele sunt esențiale într-un sistem electromecanic distribuit:

- Monitorizarea și măsurarea. Senzorii și traductoarele furnizează informații în timp real despre diferitele variabile și parametri ale sistemului, precum temperatură, presiune, nivel, flux, vibrație etc.
- Controlul și reglarea. Senzorii și traductoarele oferă date critice pentru controlul și reglarea sistemului.
- Siguranța și protecția. Senzorii și traductoarele joacă un rol esențial în asigurarea siguranței și protecției sistemului și a operatorilor.
- Eficiența și economia de energie. Senzorii și traductoarele ajută la optimizarea eficienței și economiei de energie în sistemul electromecanic distribuit.
- Diagnosticare și mentenanță predictivă. Senzorii și traductoarele sunt utilizate pentru a furniza date critice pentru diagnoza și mentenanța sistemului.

1.6.4. Controlere logice programabile PLC

Controlerele logice programabile (PLC-urile) joacă un rol crucial în cadrul stațiilor de tratare a apelor uzate, asigurând controlul și monitorizarea eficientă a proceselor și echipamentelor. Iată câteva dintre rolurile cheie ale PLC-urilor în stațiile de tratare a apelor uzate:

- Controlul și reglarea proceselor. PLC-urile sunt utilizate pentru a controla și regla diferitele procese din stația de tratare a apelor uzate. Acestea pot controla și monitoriza pompele, ventilatoarele, agitatoarele, supapele, sistemele de aerare și alte echipamente pentru a asigura funcționarea corespunzătoare a proceselor de tratare a apelor uzate.
- Integrarea sistemelor și echipamentelor. Stațiile de tratare a apelor uzate implică adesea o varietate de echipamente și sisteme, cum ar fi pompe, ventilatoare, senzori, echipamente de sedimentare, sisteme de recirculare și multe altele.
- Monitorizarea și alarmele. PLC-urile sunt responsabile pentru monitorizarea și supervizarea funcționării stației de tratare a apelor uzate.
- Înregistrarea datelor și rapoarte. PLC-urile pot înregistra și stoca datele de monitorizare, permițând generarea de rapoarte și analiza ulterioară.
- Flexibilitate și reconfigurabilitatea. PLC-urile sunt programabile, ceea ce le oferă flexibilitate și capacitatea de a fi reconfigurate în funcție de nevoile specifice ale stației de epurare.

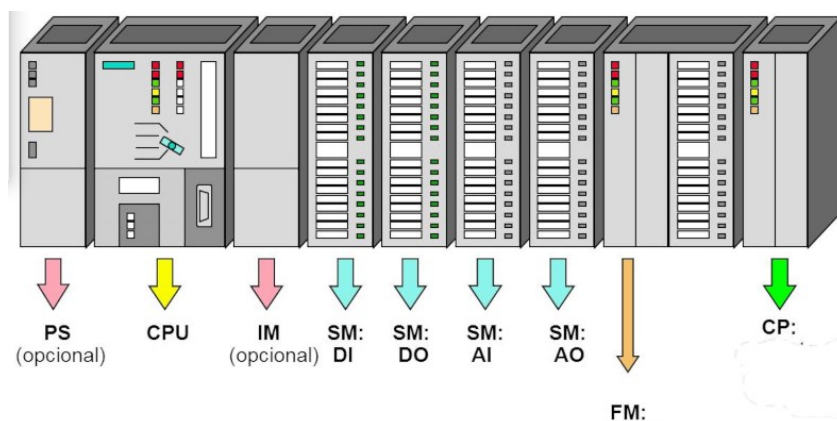


Fig. 1.8 Structura tipică a unui PLC cu module de extensie [16]

1.6.5. Sisteme de supervizare și achiziții de date SCADA

Sistemele SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) joacă un rol vital în cadrul stațiilor de tratare a apelor uzate, asigurând monitorizarea, controlul și gestionarea eficientă a întregului sistem.

Iată câteva dintre rolurile cheie ale sistemelor SCADA în stațiile de tratare a apelor uzate:

- Monitorizarea și controlul proceselor. Sistemele SCADA permit monitorizarea în timp real a diferitelor procese din stația de tratare a apelor uzate. Acestea colectează date și informații de la senzori și echipamente din întreaga stație și le afișează într-o interfață vizuală centralizată. Operatorii pot urmări starea proceselor, parametrii cheie și eventualele alarme sau avertizări, permițându-le să ia măsuri imediate pentru a menține funcționarea optimă a stației [44].
- Integrarea și coordonarea echipamentelor. Sistemele SCADA facilitează integrarea și coordonarea echipamentelor și sistemelor din stația de tratare a apelor uzate. Ele permit centralizarea informațiilor și controlul asupra diferitelor componente și sisteme, cum ar fi pompe, ventilatoare, agitatoare, filtre, supape și multe altele. Acest lucru asigură funcționarea sincronizată și optimizată a întregului sistem, permițând operatorilor să monitorizeze și să controleze toate aspectele stației de epurare de la un singur punct de control.
- Înregistrarea și gestionarea datelor. Sistemele SCADA înregistrează și stochează datele de monitorizare într-o bază de date centrală.
- Alarme și notificări. Sistemele SCADA detectează și generează alarme în cazul depășirii limitelor presetate sau apariției unor condiții anormale.
- Raportare și analiză. Sistemele SCADA oferă funcționalități avansate de raportare și analiză. Acestea permit generarea de rapoarte automate, grafice și tendințe, care pot fi utilizate pentru analiza performanței sistemului, evaluarea eficienței operaționale, detectarea problemelor recurente și optimizarea proceselor.

1.7. CONCLUZII

1. Automatizarea și implementarea sistemelor inteligente de control, cum ar fi SEM și SCADA, permit monitorizarea și reglarea mai eficientă a proceselor, reducând necesitatea intervenției umane directe.

2. Un accent crescut pe sustenabilitate se observă prin recuperarea resurselor, cum ar fi energia din digestia anaerobă a nămolului și reciclarea apei. De asemenea, există o îmbunătățire în eficiența energetică a proceselor de tratare.
3. Există o conștientizare crescândă a importanței protejării mediului, reflectată în reglementări mai stricte privind calitatea apei deversate și în eforturi de minimizare a impactului asupra ecosistemelor.
4. Stațiile se confruntă cu provocări, cum ar fi creșterea populației, poluarea industrială și schimbările climatice. Totuși, acestea oferă și oportunități pentru inovații și dezvoltarea de noi tehnologii.
5. Stațiile de tratare a apelor uzate devin tot mai integrate și adaptabile, capabile să răspundă la variații ale debitului de apă uzată și la schimbări ale compoziției acesteia.
6. Stațiile de tratare a apelor uzate se află într-un proces de transformare continuă, adaptându-se la noile provocări și tehnologii pentru a proteja sănătatea publică și mediul înconjurător.

Capitolul 2.

DEZVOLTAREA STRUCTURILOR TOPOLOGICE ALE SISTEMELOR ELECTROMECHANICE DISTRIBUITE PENTRU STAȚIILE DE TRATARE A APELOR UZATE

2.1. METODE MATEMATICE UTILIZATE PENTRU MODELAREA SISTEMELOR ELECTROMECHANICE DISTRIBUITE

Există mai multe metode matematice utilizate în analiza și modelarea sistemelor electromecanice distribuite. Aceste metode permit descrierea și înțelegerea comportamentului sistemelor, precum și proiectarea și optimizarea acestora.

Metodele matematice comune utilizate în domeniul sistemelor electromecanice distribuite sunt:

- Ecuatiile diferențiale sunt utilizate pentru a descrie relațiile dintre variabilele de interes și derivata acestora în funcție de timp. În cazul sistemelor electromecanice distribuite, aceste ecuații pot descrie relațiile dintre variabilele fizice, cum ar fi tensiunea, curentul, viteza, poziția etc., în funcție de variabilele de intrare, proprietățile sistemului și condițiile de mediu.
- Teoria circuitelor electrice este utilizată pentru a analiza comportamentul electric al sistemelor electromecanice distribuite. Aceasta implică aplicarea legilor circuitelor, cum ar fi legea lui Ohm, legile lui Kirchhoff și teoria rețelelor, pentru a determina relațiile dintre tensiuni și curenți în componentele electrice și conexiunile acestora.
- Analiza Fourier [48] este o metodă utilizată pentru a descompune semnalele complexe în componente simple, denumite armonice. În cazul sistemelor electromecanice distribuite, aceasta poate fi utilizată pentru a analiza spectrul de frecvențe al semnalelor și a identifica componentele dominante și fenomenele asociate, cum ar fi rezonanța sau armonicele.
- Metoda elementelor finite este utilizată pentru a modela și analiza comportamentul structurilor și componentelor mecanice în sistemul electromecanic distribuit. Aceasta implică împărțirea

componentei în elemente mai mici și descrierea proprietăților și comportamentului fiecărui element. Apoi, ecuațiile de echilibru și condițiile de contur sunt rezolvate pentru a obține răspunsurile sistemului în funcție de variabilele de interes.

- Modelarea și simularea bazate pe computer implică utilizarea software-urilor specializate pentru a crea modele matematice ale sistemelor electromecanice distribuite și a simula comportamentul acestora. Aceasta permite analiza și evaluarea performanței sistemului, optimizarea designului și testarea diferitelor scenarii de funcționare înainte de implementare fizică.

Ca exemplu, controlul orientat pe câmp (FOC) pentru o mașină asincronă (ASM) este modelat în Simulink® folosind componente Simscape™ Electrical™. Modelul se bazează pe exemplul Simscape acționare asincronă trifazată cu control senzor (Simscape Electrical) .

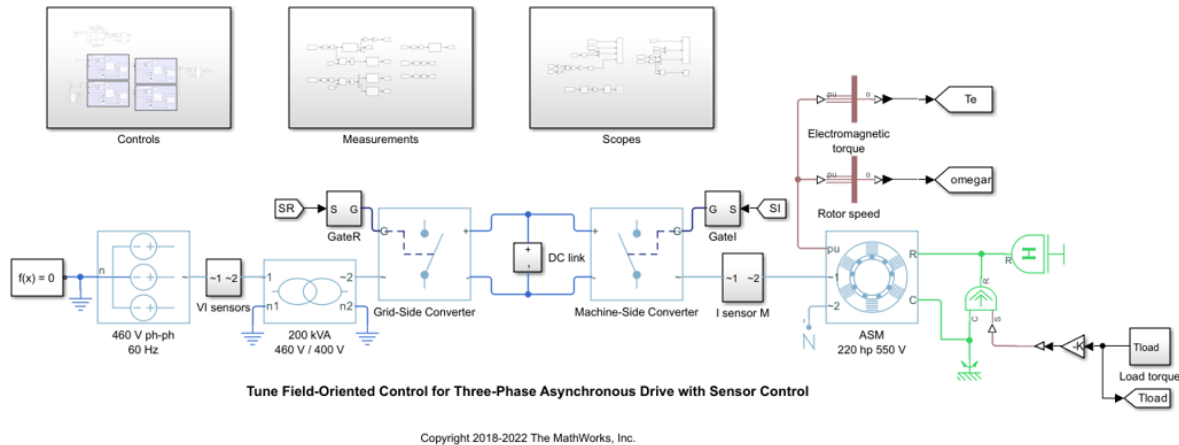


Fig. 2.1 Blocul Closed-Loop PID Autotuner pentru a regla controlul orientat pe câmp (FOC) pentru o mașină asincronă [elaborat de autor]

Controlul orientat pe câmp controlează curenții trifazați ai statorului ca vector. FOC se bazează pe proiecții, care transformă un sistem trifazat dependent de timp și dependent de viteză într-un sistem cu două coordonate variate în timp. Aceste transformări sunt Transformarea Clarke, Transformarea Park și transformările lor inverse. Aceste transformări sunt implementate ca blocuri în cadrul subsistemului Controls.

Avantajele utilizării FOC pentru a controla motoarele de curent alternativ includ:

- Cuplul și fluxul controlate direct și separate;
- Gestionare precisă în tranzitoriu și în stare de echilibru;
- Performanță similară în comparație cu motoarele de curent continuu.

2.2. METODE DE CONTROL ALE SISTEMELOR ELECTROMECHANICE DISTRIBUITE

Există mai multe metode de control utilizate în sistemele electromecanice distribuite, care permit reglarea și monitorizarea eficientă a acestor sisteme. Metodele de control comune utilizate în domeniul sistemelor electromecanice distribuite sunt:

- Controlul la nivel local. Aceasta este o metodă de control utilizată pentru a regla și monitoriza individual componentele sau echipamentele din sistemul electromecanic distribuit. Aceasta poate implica utilizarea controlerelor locale, cum ar fi PLC-uri (Controlere Logice Programabile), pentru a gestiona funcționalitatea și performanța individuală a componentelor,

precum pompe, ventilatoare, motoare etc. Controlul la nivel local permite o reglare fină a fiecărui element în funcție de cerințele specifice și monitorizarea lor individuală.

- Controlul distribuit. Această metodă implică distribuirea funcționalității de control între mai multe unități sau controlere în sistemul electromecanic distribuit. Aceasta poate include controlul individual al unor secțiuni sau zone specifice ale sistemului, care pot fi controlate și monitorizate independent. Controlul distribuit permite o abordare modulară și flexibilă, facilitând integrarea și gestionarea eficientă a sistemului.
- Controlul centralizat. Această metodă implică centralizarea controlului întregului sistem electromecanic distribuit printr-un singur controler sau sistem SCADA. Acesta permite monitorizarea și controlul global al întregului sistem, precum și luarea deciziilor pe baza datelor colectate de la diferite componente și senzori. Controlul centralizat facilitează gestionarea sistemului în ansamblu, optimizarea performanței și implementarea algoritmilor de control avansați.
- Controlul adaptiv. Aceasta este o metodă de control care permite sistemului să se adapteze automat la modificările în mediul sau în cerințele operaționale. Controlul adaptiv utilizează algoritmi și modele matematice pentru a ajusta parametrii de control în timp real, în funcție de informațiile obținute de la senzori și de la sistem. Aceasta ajută la menținerea performanței optime a sistemului, chiar și în fața variabilității și perturbațiilor.
Controlul adaptiv este o tehnică de control care utilizează algoritmi și tehnologii pentru a ajusta automat parametrii de control în funcție de condițiile din mediul de operare. Acest control poate monitoriza continuu starea procesului și poate lua decizii pentru a menține performanța sau calitatea procesului în limitele specificate, chiar și în fața perturbațiilor sau schimbărilor de mediu.
- Controlul predictiv. Aceasta este o metodă de control care utilizează modele matematice și informații istorice pentru a anticipa comportamentul viitor al sistemului și a lua decizii de control în avans. Controlul predictiv poate utiliza algoritmi de optimizare și strategii de control pentru a asigura performanța optimă a sistemului într-o perioadă de timp dată. Aceasta poate fi utilă în aplicații în care există constrângeri de performanță sau în care este necesară anticiparea și adaptarea rapidă la schimbările din mediul sistemului.

2.3. ASPECTE TEHNOLOGICE PRIVIND STAȚIILE DE TRATARE A APELOR UZATE

Există mai multe aspecte tehnologice importante în ceea ce privește stațiile de tratare a apelor uzate. Acestea includ tehnologii și echipamente utilizate pentru tratarea apei, monitorizarea și controlul proceselor, gestionarea nămolului și protecția mediului înconjurător. Iată câteva dintre aspectele tehnologice cheie:

- Prelucrarea primară este primul pas în tratarea apelor uzate și implică îndepărtarea impurităților solide și mari din apa brută. Acest proces poate include grătare, sitare, deznisipare, decantare primare și separatoare de nămol. Aceste tehnologii permit îndepărtarea particulelor solide, a nisipului și a altor impurități grosiere din apă.
- Tratarea biologică este unul dintre procesele cheie în stațiile de tratare a apelor uzate și implică utilizarea microorganismelor pentru a descompune și a elimina substanțele organice din apă.

Aceasta poate fi realizată prin intermediul proceselor de aerare, biofiltru, lăzi de nisip și alte tehnologii de biofiltrare. Microorganismele metabolizează substanțele organice și transformă poluanții în compuși mai puțin dăunători.

- Tratarea chimică implică utilizarea substanțelor chimice pentru a trata și a îndepărta poluanții din apa uzată. Aceasta poate include utilizarea coagulanților și a floclanților pentru a agrega și a îndepărta particulele și substanțele solide din apă. De asemenea, pot fi utilizate substanțe dezinfectante, cum ar fi clorul, pentru a distruge microorganismele patogene.
- Tratarea avansată este utilizată pentru a îndepărta substanțele și poluanții recalcitranti care nu pot fi eficient eliminați prin metodele tradiționale. Aceasta poate include tehnologii precum osmoza inversă, nanofiltrarea, adsorbția cu cărbune activ, oxidarea avansată și altele. Aceste tehnologii permit eliminarea substanțelor chimice, a metalelor grele și a altor poluanți persistenți.

Stațiile de tratare a apelor uzate utilizează sisteme SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) și alte tehnologii de monitorizare și control pentru a supraveghea și a regla procesele. Aceste sisteme permit colectarea și înregistrarea datelor de la senzori, gestionarea alarmelor, monitorizarea performanței sistemului și luarea de decizii bazate pe date.

O atenție tot mai mare este acordată eficienței energetice în stațiile de tratare a apelor uzate. Aceasta implică utilizarea de tehnologii și echipamente eficiente energetic, precum și utilizarea energiilor regenerabile pentru alimentarea sistemului. Exemple includ utilizarea sistemelor de cogenerare, de biogaz și de energie solară pentru a reduce consumul de energie și a minimiza impactul asupra mediului.

2.4. ECHIPAMENTE DE MONITORIZARE ȘI CONTROL FOLOSITE ÎN CADRUL STAȚIEI DE TRATARE A APEI

Există o serie de echipamente de monitorizare și control utilizate în cadrul stațiilor de tratare a apelor pentru a asigura funcționarea eficientă și sigură a proceselor. Iată câteva exemple de echipamente comune utilizate în stațiile de tratare a apelor uzate:

Senzori de nivel și presiune sunt utilizați pentru a măsura nivelul apei în diferite rezervoare și canale, precum și presiunea în diferite puncte ale sistemului. Aceste informații sunt utilizate pentru a monitoriza și controla volumul de apă, debitul și presiunea în diferite etape ale procesului de tratare a apelor uzate. Senzorii permit sistemului să monitorizeze starea diferitelor componente și parametri, aceasta ajută la detectarea precoce a problemelor și la prevenirea defectelor sau a avariei echipamentelor.

Senzori de temperatură sunt utilizați pentru a măsura temperatura apei în diferite puncte ale sistemului. Informațiile privind temperatura sunt importante pentru monitorizarea și controlul proceselor chimice și biologice, precum și pentru asigurarea condițiilor optime pentru dezvoltarea microorganismelor în treptele de tratare biologică.

Senzori de pH și conductivitate sunt utilizați pentru a măsura nivelul de aciditate (pH-ul) și conductivitatea apei. Aceste informații sunt esențiale în reglarea proceselor chimice și biologice, precum și pentru monitorizarea calității apei și a nivelului de poluare.

Sisteme de monitorizare a gazelor sunt utilizate pentru a detecta și a monitoriza nivelul gazelor toxice, cum ar fi hidrogenul sulfurat (H_2S) și metanul, care pot fi prezente în anumite etape

ale procesului de tratare a apelor uzate. Aceste sisteme de monitorizare a gazelor asigură siguranța personalului și previn situațiile periculoase.

PLC-urile sunt utilizate pentru controlul și reglarea automată a diferitelor procese și echipamente în stația de tratare a apelor uzate. Acestea preiau informațiile de la senzori și utilizează algoritmi de control pentru a acționa și a monitoriza pompele, ventilatoarele, supapele, agitatoarele și alte echipamente în funcție de cerințele sistemului.

Sisteme SCADA sunt utilizate pentru monitorizarea, controlul și gestionarea centralizată a întregului sistem de tratare a apelor uzate. Aceste sisteme oferă o interfață centrală pentru vizualizarea și controlul diferitelor procese, colectarea și înregistrarea datelor, generarea de rapoarte și alarme, precum și gestionarea sistemului în ansamblu.

Configurația specifică a echipamentelor poate varia în funcție de dimensiunea stației, de procesele de tratare utilizate și de cerințele specifice ale sistemului.

2.5. SCHEME TOPOLOGICE CU SISTEM DE COMANDĂ ȘI CONTROL DISTRIBUIT

Există o serie de scheme topologice pentru monitorizarea și controlul distribuit în cadrul stațiilor de tratare a apelor pentru a asigura funcționarea eficientă și sigură a proceselor. Un exemplu de structura a sistemului SCADA și a echipamentelor distribuite conectate prin comunicația Profinet sunt prezente în Fig. 2..

Întregul sistem poate fi împărțit în 2 categorii și anume: sistemul de control și monitorizare de la distanță al stației de epurare a apei uzate și cel de control și monitorizare de la nivelul echipamentelor, adică local.

Sistemul SCADA la nivelul dispeceratului este alcătuit din 2 server-e de proces în conexiune redundantă, echipamentele de rețelistică necesare pentru recepționarea/transmisia datelor de la obiectivele de pe teren. Echipamentele server și de rețelistică sunt adăpostite într-un rack, respectiv vor fi alimentate de surse de tensiune neîntreruptibile, câte una pentru fiecare server.

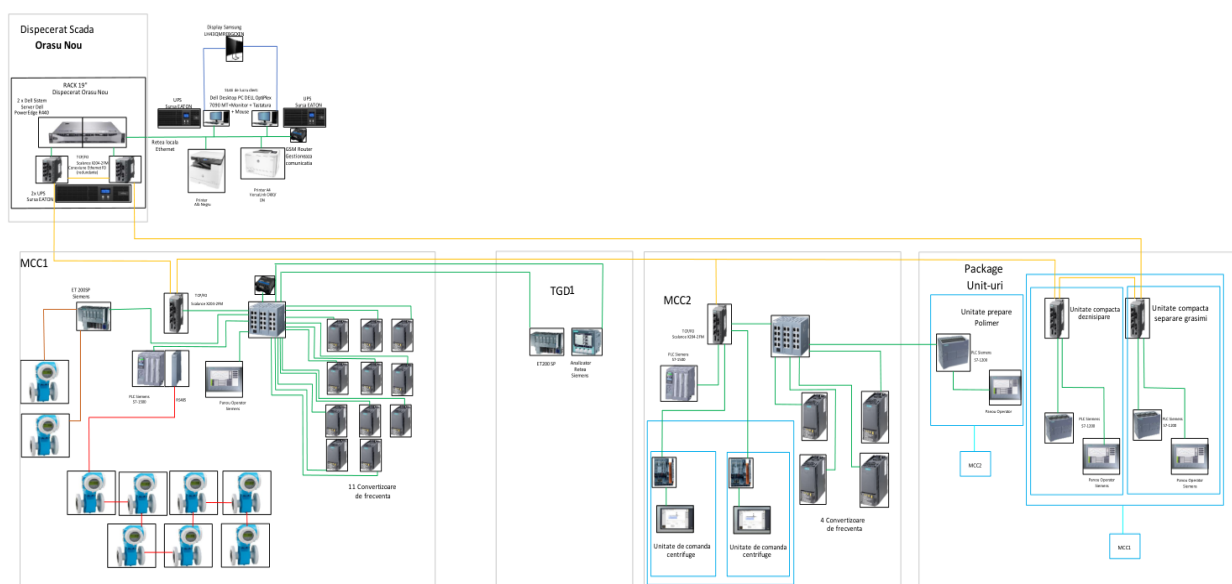


Fig. 2.2 Arhitectura unui sistem SCADA în cadrul WWTP [elaborat de autor]

Principala linie de comunicație a sistemului SCADA cu obiectivele din teren, din punct de vedere al dispeceratului sunt pe rețea cablată cu fibra optică iar între echipamentele de la dispecerat rețea industrială Ethernet la fel ca și între echipamentele din fiecare stație. În cadrul acestui sistem redundant, operatorul are posibilitatea de a monitoriza și de a controla toate echipamentele din întreaga stație.

2.6. CONCLUZII

1. Concluziile privind dezvoltarea structurilor topologice ale sistemelor electromecanice distribuite pentru stațiile de tratare a apelor uzate subliniază progresele semnificative și direcțiile viitoare în acest domeniu.
2. Metodele matematice permit proiectarea și implementarea algoritmilor de control avansați pentru a menține parametrii critici ai procesului în limitele specificate. Acești algoritmi pot ajusta automat parametrii operaționali, cum ar fi debitul de apă, nivelurile, concentrațiile de substanțe chimice etc., pentru a obține o eficiență maximă în tratarea apei.
3. Metodele de optimizare matematică pot fi utilizate pentru a găsi configurații și parametri operaționali optime ale stației de tratare a apei uzate, având în vedere multiplele variabile și restricții. Aceste optimizări pot duce la economii semnificative de costuri și la o performanță mai bună a stației.
4. Sistemele de control avansat pot detecta și reacționa rapid la schimbările neprevăzute din mediul înconjurător sau în proces, cum ar fi fluctuațiile în calitatea apei de intrare sau defectele echipamentelor. Aceasta ajută la evitarea problemelor majore și la menținerea stabilității procesului.
5. Implementarea IA și a analizei de date în stațiile de tratare a apei uzate ajută la optimizarea proceselor, la identificarea schemelor de funcționare și la anticiparea potențialelor probleme.
6. Un trend emergent este reutilizarea apei tratate pentru scopuri non-potabile, reducând astfel presiunea asupra resurselor de apă dulce.
- 7.

Capitolul 3.

SINTEZA ȘI OPTIMIZAREA SISTEMELOR ELECTROMECHANICE PROGRAMABILE PENTRU STAȚIILE DE TRATARE A APELOR UZATE

3.1. SCHEMELE FUNCȚIONALE ELECTRICE ALE SEM DISTRIBUITE

Schemele funcționale electrice ale sistemelor electromecanice distribuite (SEM distribuite) variază în funcție de aplicație și configurația specifică a sistemului. Cu toate acestea, există anumite elemente comune în aceste scheme funcționale. Iată câteva componente cheie care pot fi prezente în schemele funcționale electrice ale SEM distribuite:

- Alimentarea cu energie electrică include sursele de alimentare și distribuția energiei electrice către diferitele componente ale sistemului, cum ar fi motoarele electrice, pompele, ventilatoarele etc. Poate include transformatoare, panouri de distribuție, siguranțe și protecții împotriva supratensiunilor.

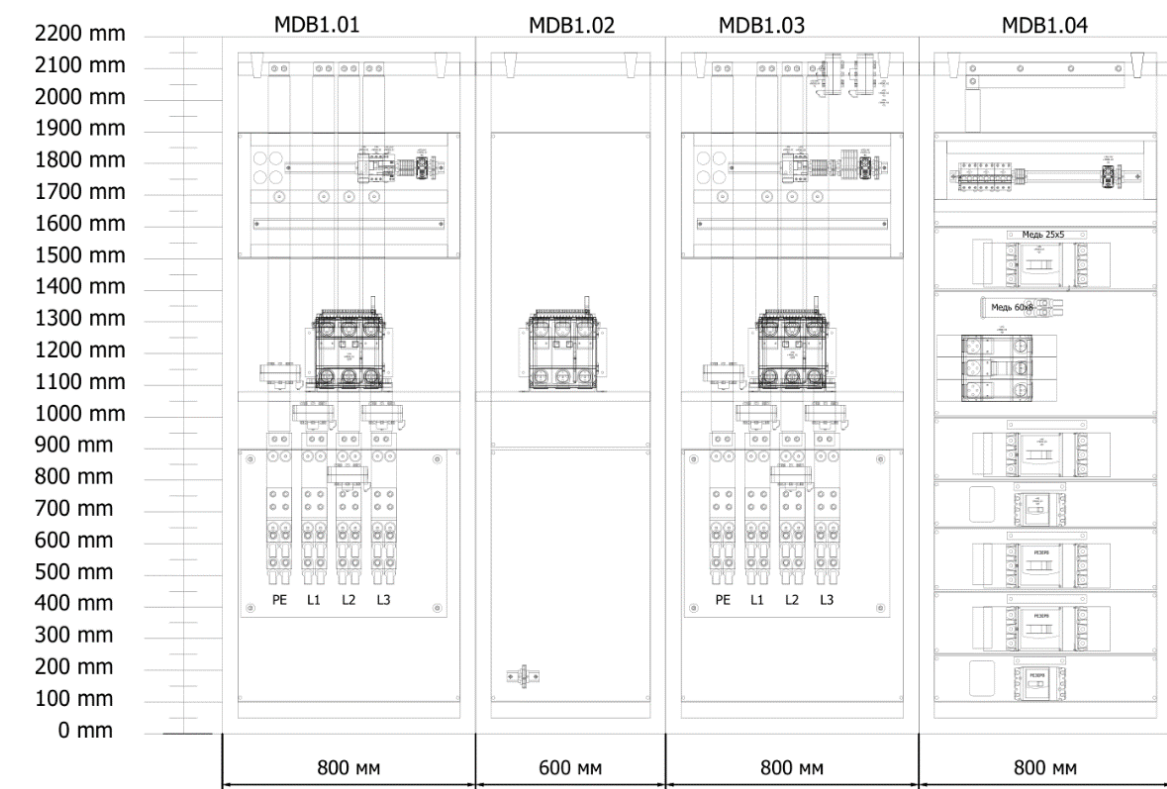


Fig. 3.1 Exemplu de panouri electrice destinate alimentării cu energie electrică a stației de tratare
[elaborat de autor]

- Motoarele electrice sunt utilizate pentru acționarea componentelor mecanice din sistem, cum ar fi pompele, ventilatoarele, agitatoarele etc. Motoarele pot fi controlate utilizând sisteme de control precum variatoare de viteză, soft startere sau direct prin intermediul contactoarelor.
- Senzori și traductoare sunt utilizate pentru a monitoriza și a măsura diferitele variabile din sistem, cum ar fi temperatura, presiunea, nivelul, debitul etc. Senzorii și traductoarele furnizează semnale de la componentele fizice către controlerele sau sistemul de control.

Configurația și detaliile schemei pot varia în funcție de specificațiile sistemului și cerințele aplicației.

3.2. SCHEMELE PRINCIPIALE A SISTEMULUI DE COMUNICAȚIE ȘI CONTROL ÎN CADRUL STAȚIEI DE TRATARE A APELOR UZATE

Schemele principale ale sistemului de comunicare și control în cadrul unei stații de tratare a apelor uzate pot varia în funcție de arhitectura și specificațiile sistemului respectiv. Cu toate acestea, există anumite elemente comune care sunt prezente în majoritatea schemelor principale ale sistemelor de comunicare și control în cadrul stațiilor de tratare a apelor.

Senzori și traductoare măsoară și monitorizează diferite variabile ale sistemului, cum ar fi nivelul apei, presiunea, temperatura, pH-ul, conductivitatea și altele. Acești senzori și traductoare convertesc măsurătorile fizice în semnale electrice.

Unitatea de măsurare și control (UMC) este responsabilă pentru prelucrarea semnalelor provenite de la senzori și traductoare. Aceasta poate include amplificatoare, convertoare analog-digitale și alte circuite electronice pentru a prelucra semnalele și a le aduce la nivelul necesar pentru procesarea ulterioară.

Controler logic programabil (PLC) primește semnalele procesate de la UMC și efectuează algoritmi de control pentru a regla diferitele componente ale sistemului. Aceasta poate include controlul pompei, valvei, aeratoarelor, mixerelor și altor echipamente cheie în stația de tratare a apelor uzate.

Sistemul de comunicații include componentele și infrastructura de comunicații utilizate pentru a transfera date între diferitele componente ale sistemului. Comunicațiile pot fi realizate prin cabluri, rețele de fibră optică, rețele fără fir (Wi-Fi) sau alte tehnologii de comunicații.

3.3. ARHITECTURA SISTEMULUI INFORMAȚIONAL DE SIMULARE A STRUCTURII ELECTROMECHANICE ÎN CADRUL STAȚIILOR DE TRATARE A APEI UZATE

Apa uzată sau apa reziduală conține cantități semnificative de poluanți, care duc la epuizarea oxigenului din apă atunci când este deversată direct în apele de suprafață. Compoziția apelor reziduale variază în mare măsură în funcție de zonele de unde sunt colectate. Substanțele poluante care contaminează apa sunt, în general, solide sau compuși biodegradabili sau lent biodegradabili, nutrienți, substanțe toxice, organisme patogene etc. Astfel, o instalație de tratare a apelor reziduale uzuale, așa cum se arată și în Fig. 3.5, include mai multe procese de tratare în mai multe etape. Fiecare etapă de tratare este proiectată pentru a elimina un anumit tip de substanță poluantă. Obiectivul principal al tratării apelor uzate este de a permite deversarea apelor uzate urbane în apele de suprafață, asigurând, astfel, protecția mediului și a comunităților umane.

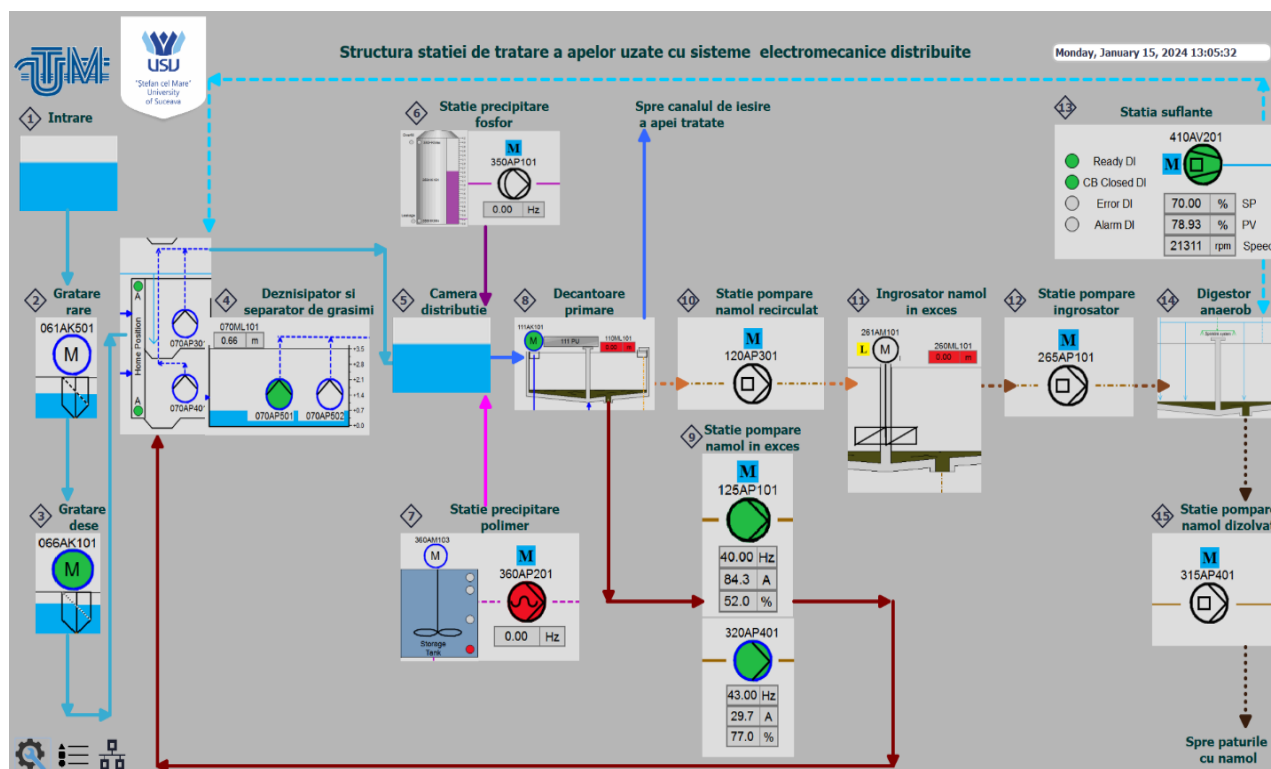


Fig. 3.2 Schema generală a unei stații de tratare [elaborat de autor]

Schema de tratare se alege pe baza unor calcule tehnice și economice comparative între mai multe variante realizate prin considerarea mai multor factori, cum sunt: existența de terenuri disponibile pentru stația de tratare care nu pot avea alte utilizări din punct de vedere economic,

existența unui spațiu suficient pentru realizarea unei zone de protecție sanitară în jurul stației de epurare, obligativitatea încadrării între limitele legale ale valorilor de concentrații cu încărcări ale efluentului în urma procesului de epurare, existența unui receptor (emisar) la o distanță acceptabilă în care se deversează apele tratate, posibilități de depozitare, transport sau distrugere a cantităților de nămol rezultate în procesele de tratare și, nu în ultimul rând, posibilitatea asigurării stației de tratare cu personal calificat.

Structura unei stații de tratare a apei uzate este alcătuită din următoarele obiecte, care sunt obligatoriu prezente:

- 1) Grătare rare și fine – obiectele în care apa trece printr-o tratare mecanică primară și este despărțită de materialele ce nu pot trece sita grătarelor.
- 2) Deznisipator și separator de grăsimi – obiectul în care este sedimentat nisipul din apă, și pompat în exterior. La fel tot aici din cauza căderii libere cu un debit mare a apei, este eliminată spuma, care la fel conține murdării.
- 3) Stațiile de precipitare fosfor și polimer – aceste stații dozează cantitatea dorită de fier pentru a elimina fosforul din apă, și cantitatea dorită de polimer pentru a sedimenta mai bine nisipul mărunț în decantoarele primare.
- 4) Decantoare primare – locul unde se sedimentează particulele ce nu au fost sedimentate în deznisipator.
- 5) Stația de pompare nămol recirculate – nămolul care este sedimentat la fundul decantorului este pompat în îngroșătorul de nămol.
- 6) Stația de pompare nămol în exces – nămolul amestecat cu apă este repompat în deznisipator, deoarece este o cantitate în exces.
- 7) Îngroșătorul de nămol – este bazinul în care se amestecă cantitatea de nămol, pentru a ridica viscozitatea, și de a elimina apa din el, să fie mai ușor de dizolvat.
- 8) Stație de pompare îngroșător – pompează nămolul din îngroșător în bazinul de dizolvare.
- 9) Stația suflante – obiectul cu un număr calculat de suflante, care pompează aer în bazinul de aerare a deznisipatorului și în bazinul de dizolvare a nămolului.
- 10) Digeste anaerob – bazinul unde nămolul se dizolvă.
- 11) Stația de pompare nămol dizolvat – stația care pompează nămolul dizolvat spre paturile cu nămol.

3.4. SELECTAREA ECHIPAMENTELOR ELECTROMECHANICE DISTRIBUITE OPTIME CONFORM DATELOR SIMULATE

3.4.1. Elemente de acționare și automatizare grătare rare și dese

Grătarele rare sunt proiectate pentru a îndepărta solidele mai mari de 20 mm. Solidele din grătarele rare sunt transportate automat de două transportoare cu bandă și un transportor cu bandă rotativ. Materialul este aruncat în recipiente. Două containere cu câte $X \text{ m}^3$ fiecare trebuie să fie prevăzute pentru instalare în exteriorul clădirii, unde se vor depozita substanțele solide scoase din apa uzată. Operația de curățare a grătarelor este controlată prin măsurarea nivelului apei în amonte și în aval de grătare. Dacă diferența de nivel atinge un nivel preselectat, un grătar va începe curățarea. Transportorul va începe mișcarea benzii și aproximativ la 1 minut după încheierea procesului de curățare, transportorul se va opri. Transportoarele trebuie să fie dimensionate pentru valoarea

maximum de m^3/h necesari. Un număr necesar de canale de bypass de urgență trebuie să fie proiectate în jurul grătarelor în cazul defectării totale a tabloului electric.

3.4.2. Elemente de acționare și automatizare deznisipator și separator de grăsimi

Podul raclor este instalat pe două bazine. Acesta îndepărtează nisipul și spuma. Podul raclor începe să ruleze din zona parcării admisiei bazinului, în direcția curgerii cursului de apă. În timpul deplasării către capătul bazinului, una dintre cele două pompe de nisip este în funcțiune și un amestec de nisip/apă este pompat către un canal de colectare a nisipului amplasat la înălțime. Amestecul de nisip/apă este transportat gravitațional la camera de colectare a nisipului. De acolo nisipul este pompat cu ajutorul unei pompe submersibile către clasificatorul de nisip. Dispozitivul de spălare a nisipului este instalat în interiorul clădirii grătarelor rare și dese.

3.4.3. Elemente de acționare și automatizare a decantoarelor primare

Apele uzate din decantoare vor fi evacuate în canalul de evacuare. Decantoarele primare sunt echipate cu raclete, care colectează nămolul decantat în buncărul central al decantorului primar. Deșeurile sunt colectate într-un buncăr de gunoi deservit de grinda de gunoi la podul racletei. Deșeurile de la decantoare sunt colectate într-o cameră de deșuri situată în apropierea peretelui exterior și curg gravitațional către stația primară de pompare a nămolului. Deșeul gravitează direct către stația de pompare a nămolului dizolvat. Buncărele de nămol sunt conectate prin conducte noi de evacuare a nămolului cu stația primară de pompare a nămolului. Racletele funcționează continuu.

3.4.4. Elemente de acționare și automatizare a stației de precipitare

Instalația de dozare este operată și controlată automat de unitatea prefabricată comună. Reglarea dozajului va fi făcută automat sau manual.

Precipitatul este livrat de o pompă funcțională. Aceasta trebuie să fie prevăzută și o pompă suplimentară de rezervă. Pompele trebuie să fie făcute din material rezistente la acțiunea sărurilor de fier și aluminiu. Debitul este înregistrat în sistemul SCADA. În cazul funcționării defectuoase a pompei, pompa de rezervă va porni automat.

În cazul avariei stației de precipitare unitatea prefabricată de control dă un semnal sistemului SCADA. Repunerea în funcțiune trebuie făcută manual după o inspecție vizuală.

3.4.5. Elemente de acționare și automatizare a stației de precipitare polimer

Sistemul de preparare a polimerilor este conceput ca o instalație automată de preparare a pulberii polimerice. Depozitarea pulberii polimerice este concepută pentru un consum de X zile, calculate de către partea de achiziții. Soluția de polimer va fi dozată în puțurile de distribuție ale rezervoarelor de sedimentare primară proporțional cu debitul apei uzate. Stația de polimer este echipată cu patru pompe de dozare. Sunt prevăzute două pompe de dozare redundante pentru fiecare dintre liniile lor de dozare. Fiecare pompă este echipată cu un senzor de temperatură și un senzor de presiune ca dispozitiv de protecție. În aval de pompe este proiectat un senzor de debit pentru fiecare linie. Fiecare flux are o unitate de diluare cu un injector pentru a realiza post-diluarea cu apă potabilă.

3.4.6. Elemente de acționare și automatizare a stației de pompare nămol în exces

Buncărele de nămol ale decantoarelor primare sunt conectate prin conducte de evacuare a nămolului cu stația primară de pompare a nămolului. La fiecare conductă de evacuare a nămolului este instalată o vană acționată electric. Această stație de pompare constă în stația de pompare a nămolului în exces, echipată cu 2 pompe centrifuge ca pompe de retur nămol la etapa combinată și cameră de îndepărtare a grăsimilor și deznisipator. Pompele de nămol în exces sunt controlate de convertizoare de frecvență. Un raport preselectat de nămol de retur (13,6 % la debitul de vreme uscată) calculează debitul de nămol în exces necesar. Calculul se face cu un debit mediu de intrare, măsurat printr-o măsurare de debit, pe o perioadă de timp de 1 h înmulțit cu raportul dat.

3.4.7. Elemente de acționare și automatizare a stației de pompare nămol recirculate

Deșeurile de la sedimentarea primară sunt direcționate către stația de pompare. Cele patru conducte separate de evacuare a nămolului sunt conectate la un colector situat pe partea de aspirație a ambelor stații de pompare nămol în exces și recirculate. Stația primară de pompare a nămolului este conectată la colectorul de aspirație al stației de pompare a nămolului în exces. Stația primară de pompare a nămolului va fi echipată cu trei pompe cu lobi rotativi.

3.4.8. Elemente de acționare și automatizare îngroșător nămol

Dispozitivul de îngroșare este construit ca un rezervor circular din beton, cu baza înclinată spre un buncăr de jos situat în centrul rezervorului. Conducta de alimentare se termină la înălțimea nivelului apei în centrul rezervorului.

3.4.9. Elemente de acționare și automatizare a stației de pompare nămol îngroșat

Pompele transportă nămolul de la îngroșătorul primar de nămol la digestorul aerob. Nămolul îngroșat este extras de 2 pompe (1 duty + 1 standby). Țeava de extragere este prevăzută cu o măsurătoare de solid, care împreună cu senzorul de nivel al păturii de nămol oprește sau pornește pompele de evacuare.

3.4.10. Elemente de acționare și automatizare a stației cu suflante

Aerul comprimat este produs în stația de suflante. Sunt instalate trei (2 funcționale și 1 de rezerva) suflante. Suflantele pentru aerare sunt localizate adiacent de bazinele cu nămol aerat activat, într-o clădire, pentru a proteja echipamentul împotriva condițiilor meteorologice și pentru a proteja mediul înconjurător de zgomotul generat de suflante.

3.4.11. Elemente de acționare și automatizare a stației de pompare nămol dizolvat

Stația de pompare a nămolului dizolvat este formată din două unități de pompare separate. Pentru evacuarea apei este prevăzută o pompă de evacuare, care pornește funcționarea automată în cazul unei scurgeri detectate de un senzor de nivel digital. Pompa este instalată în bazinul de pompare existent.

3.5. ANALIZA COMPARATIVĂ A UNEI STAȚII CONFIGURATE DIFERIT

În regim de simulare a fost configurată o stație fără optimizare, lipsită de un sistem de automatizare, informativ și de control și o variantă de optimizare cu schimbarea sarcinii de lucru, schimbarea timpului de funcționare ce au dus la schimbări de consum de energie, respectiv și preț pentru energie, cazul a fost analizat pe o perioadă de un an.

În Fig. 3.3 sunt prezentate datele stației fără optimizare cu consumul și cheltuielile corespunzătoare.

Denumire obiecte	Putere totală instalată kW	Ore lucru	Procent funcționare	Consum 24h	Pret EUR
1. Senzori si valve	10.812 kW	24.00 h		259.5 kWh	60650.0 EUR
2. Gratare rare	17.000 kW	20.00 h	100.00 %	340.000 kWh	3750.0 EUR
3. Gratare dese	14.000 kW	20.00 h	100.00 %	280.0 kWh	3750.0 EUR
4. Deznisipator si separator de grasimi	5.200 kW	14.00 h	100.00 %	280.0 kWh	4000.0 EUR
5. Camera distributie					
6. Statie precipitare fosfor	5.400 kW	24.00 h	100.00 %	340.8 kWh	8400.0 EUR
7. Statie precipitare polimer	10.812 kW	24.00 h	100.00 %	129.6 kWh	7500.0 EUR
8. Decantoare primare	15.000 kW	24.00 h	100.00 %	360.0 kWh	5000.0 EUR
9. Statii pompare namol in exces	200.000 kW	24.00 h	100.00 %	4800.0 kWh	4600.0 EUR
10. Statie pompare namol recirculat	11.000 kW	24.00 h	100.00 %	264.0 kWh	6000.0 EUR
11. Ingrosator namol in exces	5.500 kW	24.00 h	100.00 %	132.0 kWh	
12. Statie pompare ingrosator	5.500 kW	16.00 h	100.00 %	88.0 kWh	4000.0 EUR
13. Statia suflante	448.500 kW	24.00 h	100.00 %	10764.0 kWh	
14. Digestor anaerob					
15. Statie pompare namol dizolvat	2.200 kW	16.00 h	100.00 %	35.2 kWh	5000.0 EUR
TOTAL	754.312 kW			17865.890 kWh	60650.0 EUR

Numar zile: 30 zile

Total zile*kWh: 535976.700 kWh

EUR/kWh: 0.26 EUR

Total EUR: 139353.900 EUR

Fig. 3.3 Simularea unei stații de tratare a apei uzate neautomatizate-neoptimizată [elaborat de autor]

Denumire obiecte	Putere totală instalată kW	Ore lucru	Procent funcționare	Consum 24h	Pret EUR
1. Senzori si valve	10.812 kW	24.00 h		259.5 kWh	60650.0 EUR
2. Gratare rare	17.000 kW	20.00 h	50.00 %	8.500 kWh	3750.0 EUR
3. Gratare dese	14.000 kW	20.00 h	40.00 %	5.600 kWh	3750.0 EUR
4. Deznisipator si separator de grasimi	5.200 kW	14.00 h	50.00 %	112.0 kWh	4000.0 EUR
5. Camera distributie					
6. Statie precipitare fosfor	5.400 kW	24.00 h	50.00 %	7.100 kWh	8400.0 EUR
7. Statie precipitare polimer	10.812 kW	24.00 h	50.00 %	2.700 kWh	7500.0 EUR
8. Decantoare primare	15.000 kW	24.00 h	70.00 %	10.500 kWh	5000.0 EUR
9. Statii pompare namol in exces	200.000 kW	24.00 h	50.00 %	2.750 kWh	4600.0 EUR
10. Statie pompare namol recirculat	11.000 kW	24.00 h	50.00 %	5.500 kWh	6000.0 EUR
11. Ingrosator namol in exces	5.500 kW	24.00 h	75.00 %	4.125 kWh	
12. Statie pompare ingrosator	5.500 kW	16.00 h	50.00 %	2.750 kWh	4000.0 EUR
13. Statia suflante	448.500 kW	24.00 h	50.00 %	224.250 kWh	5382.0 kWh
14. Digestor anaerob					
15. Statie pompare namol dizolvat	2.200 kW	16.00 h	50.00 %	1.100 kWh	5000.0 EUR
TOTAL	754.312 kW			9139.688 kWh	60650.0 EUR

Numar zile: 30 zile

Total zile*kWh: 274190.700 kWh

EUR/kWh: 0.29 EUR

Total EUR: 79515.290 EUR

Fig. 3.4 Simularea unei stații de tratare a apei uzate automatizate-optimizată [elaborat de autor]

În Fig. 3.4 este modelată stația optimizată, cu ore de funcționare conform procesului tehnologic, cu posibile încărcări aproape de date reale. La optimizarea stației am primit o sumă de bani, care în decursul a 2 - 3 ani de zile, ne răscumpără investițiile în echipament. Desigur construcția unei stații mai are partea civilă, dar dacă fiecare parte constructivă a stației ar fi simulată, s-ar putea optimiza proiectarea ei, care la rândul său, o să aducă beneficii pe tot parcursul funcționării stației de tratare a apelor uzate.

3.6. ANALIZA UNUI SISTEM IMPLEMENTAT ȘI PROIECTAT PARȚIAL ÎN BAZA SIMULĂRII STAȚIEI DE TARTARE A APEI UZATE

În baza software-ului elaborat, a fost proiectată partea electrică a sistemului electromecanic distribuit în cadrul stației de tratare a apei uzate din orașul Cantemir, Republica Moldova. Sarcina de baza a fost reducerea puterii instalate și optimizarea sistemului automatizat. Încă o sarcină importantă a fost calcularea consumului de curent electric, pentru a calcula care sunt cheltuielile pentru întreținerea acestei stații.

Partea grafică a stării echipamentelor de măsurare analogice, sunt redată în două ferestre a sistemului SCADA.

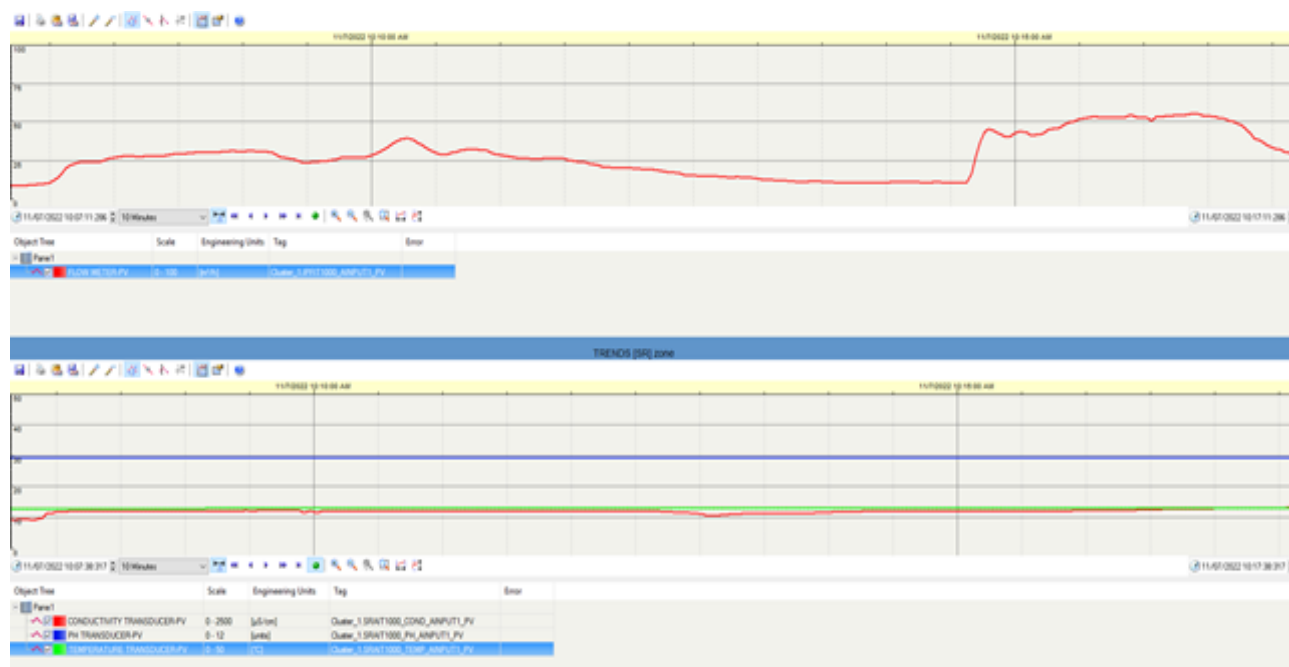


Fig. 3.5 Exemplu pagină cu grafice pentru pre-tratare [21]

Toate variabilele analogice cum ar fi cele de la senzorii de nivel, traductorii de presiune, debitmetrele și analizatoarele de proces sunt afișați în sistemul SCADA prin instrumentul *Process Analize*. Operatorul poate selecta orice configurație dorită, pe o perioadă preselectată pentru a analiza procesul tehnologic. Toate datele graficelor sunt salvate în arhiva softului și pot fi analizate și printate în orice moment de timp.

Pentru a analiza în timp procesul tehnologic au fost create câteva tipuri de rapoarte zilnice, lunare și anuale:

1. Consum de energie.
2. Orele de funcționare.

3. Parametrii de proces (debite, nivele, presiuni, pH, umiditate etc.) grupați pe trepte de proces.
4. Volume de apă brută/tratată, nămol, substanțe dozate ș.a.

Interfața utilizatorului într-un sistem SCADA este adesea reprezentată sub formă de grafică, inclusiv diagrame, panouri de control și indicatori vizuali. Această interfață grafică face ca datele să fie ușor de accesat și înțeles. Sistemul SCADA poate utiliza diagrame și grafice pentru a afișa tendințe, evoluții sau variații ale parametrilor de proces în timp real. Aceste grafice pot fi utile pentru a identifica modele sau anomalii în date. Folosirea animațiilor și a culorilor poate face datele să fie mai ușor de urmărit și de interpretat. Utilizarea analizei grafice într-un sistem SCADA are ca scop facilitarea înțelegerii și a luării deciziilor rapide în legătură cu operațiile și procesele. Acest aspect grafic contribuie la îmbunătățirea eficienței și a siguranței sistemului, oferind operatorilor o viziune clară și intuitivă asupra datelor și evenimentelor. Rapoartele sunt generate în mod regulat pentru a oferi un rezumat al stării și performanței sistemului într-o zi specifică. Ele conțin informații despre parametrii procesului, alarme, evenimente și evoluții ale datelor. Rapoartele săptămânale sau lunare furnizează o imagine mai amplă a performanței într-o perioadă mai lungă de timp. Acestea includ tendințe, statistici și analize ale datelor colectate pe parcursul săptămânii sau lunii. Rapoartele sunt esențiale pentru luarea de decizii informate, pentru monitorizarea performanței și pentru respectarea reglementărilor în cadrul sistemelor SCADA.

RAPORT LUNAR Distribuție energie electrică					
MĂRIMI ANALOGICE					
Cod echipament	Parametru măsurat	UM	Valoare minimă	Valoare maximă	Valoare medie
TOTALACTIVEPOWER	Putere activă totală	[kW]	0.73	22.70	8.91
TOTALREACTIVEPOWER	Putere reactivă totală	[kVAR]	0.02	27.31	4.15
TOTALAPPARENTPOWER	Putere aparentă totală	[kVA]	1.00	34.68	9.75
AVERAGECURRENT	Curent mediu	[A]	1.50	49.09	14.46
TOTALPOWERFACTOR	Factor de putere total		0.10	1.00	0.93
CONTOARE ENERGIE					
Cod echipament	Parametru măsurat	UM	Energie consumată în luna raportată	Energie totală contorizată	
ACTIVEENERGY	Energie activă	[kWh]	6630.00	104078.00	
REACTIVEENERGY	Energie reactivă	[kVARh]	4988.00	38934.00	
APPARENTENERGY	Energie aparentă	[kVAh]	36221.00	113442.00	

Fig. 3.6 Exemplu raport energie electrică lunar [21]

Conform raportului din Fig. 3.6 se poate analiza consumul total de energie electrică. La cazul dat lunar. Cu ajutorul aplicației software elaborată, prin simulare, sa ajuns la aceste date până a fost construită stația. Acest consum a fost mai mare, dar pentru că am putut micșora puterile instalate și automatiza procesul tehnologic în așa fel ca echipamentele să funcționeze la maximă eficiență energetică, a fost micșorat consumul de energie, lucru ce a dus la diminuarea cheltuielilor lunare, în unele cazuri și micșorarea prețului pe echipament.

Conform raportului din Fig. 3.7 se poate analiza diagrama de funcționare a fiecărui echipament în parte. La fel, cu ajutorul aplicației software proiectată au fost calculate orele aproximative lunare, și ajustate pentru a evalua consumul de energie electrică totală preventiv. Conform acestor date este vizibil că unele echipamente lucrează fără oprire, unele sunt echipate cu convertizor de frecvență și pe lângă faptul ca funcționează mai puțin în timp, sunt și mai eficiente. Cu ajutorul PLC-ului și modului de funcționare automatizat echipamentele funcționează doar când este necesar conform sarcinii tehnologice, micșorând cheltuielile și măbind termenul de funcționare fără defecte mecanice sau electrice.

RAPORT LUNAR
Ore funcționare echipamente

Cod Echipament	Descriere	Ore funcționare în luna raportată	Total ore contorizate
SRSD1000	UNITATE DEGRESARE ȘI DEZNISIPARE	732	11033
EICN1000	VENTILATOR (Camera electrică)	0	2497
RPPC1000	POMPĂ CU DEBIT VARIABIL	0	5179
RPPC2000	POMPĂ CU DEBIT VARIABIL	741	6476
TFBP1000	DISTRIBUITOR ROTATIV	742	11660
TFCN1000	VENTILATOR	743	11661
FSSR1000	POD RACLOR (Decantor final)	744	11652
FSPC1000	POMPĂ FLOTANTI	203	3539
SPPC1000	POMPĂ NAMOL	0	942
SPPC2000	POMPĂ NAMOL	123	981
GRCN1000	VENTILATOR	0	0
GRPV1000	POMPĂ DOZATOARE	0	17
GRPV2000	POMPĂ DOZATOARE	0	2
LJPC1000	POMPĂ APA	9	185
OPPC2000	POMPĂ APA	0	0
PS1PC1000	POMPĂ APA	8	86
PS1PC2000	POMPĂ APA	7	80
PS2PC1000	POMPĂ APA	15	211
PS2PC2000	POMPĂ APA	15	211
PS3PC1000	POMPĂ APA	28	67
PS3PC2000	POMPĂ APA	0	21

Fig. 3.7 Exemplu raport ore funcționare lunar [21]

Pentru o funcționare economică și fiabilă a unei stații moderne de tratare a apelor uzate, este inevitabil ca operatorii stației să obțină toate informațiile relevante și să aibă o imagine de ansamblu asupra stării actuale a tuturor proceselor instalației din camera de control.

Tabelul 3.1 Tabel cu date comparative a stației analizate [elaborat de autor]

Mărimea	Calculată	Optimizată	Măsurată
Puterea totală minimă, [kW]	2	1.5	0,73
Puterea totală medie, [kW]	12	9,6	8,91
Puterea totală maximă, [kW]	32	25	22,7
Energia activă lunară, [kWh]	8928	7142.4	6630
Abaterea de la valoarea măsurată, [%]	25,7	7,2	0,0

În baza calculelor primite după simularea softului au fost selectate corect echipamentele electromecanice din cadrul stației de tratare. Conform Tabelului 3.1 în baza simulării realizate cu aplicația software s-a obținut consumul energetic a stației de aproximativ 7 %, durata de exploatare a fost mărită cu aproximativ 2-3 ani și cheltuielile pe întreținere micșorate cu aproximativ cu 5 %. Alegerea echipamentelor a fost optimizată din punct de vedere a eficienței energetice și a modului de funcționare. Conform datelor din graficele extrase pe o perioadă de un an de zile în funcționare, este evident ca stația de tratare își îndeplinește toate funcțiile tehnologice cu ajutorul sistemelor electromecanice distribuite elaborate corect la etapa proiectării. În baza rapoartelor referitoare la orele de funcționare a echipamentelor electromecanice este clar că sistemul electromecanic distribuit este corect automatizat și echipat cu echipament pentru funcționare eficientă și optimă. Datele asupra consumului energetic după simularea folosind aplicația software propusă sunt aproximativ egale cu datele primite în rapoartele energetice după funcționarea timp de un an în regim autonom, concluzie ce demonstrează veridicitatea datelor calculate. Softul proiectat a fost un instrument de baza la momentul proiectării acestei stații de tratare a apei uzate, cu ajutorul căruia au fost selectate echipamente de noua generație, cu un randament de funcționare înalt și cu o eficiență energetică

ridicată. Toate aceste proprietăți tehnice au adus la o bună funcționalitate a sistemelor electromecanice distribuite ce își îndeplinesc funcția la cel mai înalt nivel conform procesului tehnologic prestabilit.

3.7. CONCLUZII

- 1) Simularea funcționării stației de tratare a apelor uzate este un instrument de bază în etapa de proiectare, unde apare posibilitatea de a analiza fiecare SEM economic și funcțional.
- 2) O asemenea simulare poate aduce economii financiare în timp pentru beneficiar, dacă este dispus să investească bani în acest proiect.
- 3) În baza simulării, inginerul proiectant a părții electrice are datele tehnologice calculate ceea ce micșorează riscul de apariție a unei abateri de la funcționarea în parametrii tehnologici prestabiliți a stației, la alegerea echipamentului.
- 4) Aplicația software realizată în cadrul tezei este un instrument util, ce permite identificarea unor greșeli la combinarea echipamentelor electromecanice într-un SEM, sau între SEM-ce distribuite.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

1. Teza de doctorat, intitulată „Sinteza și optimizarea sistemelor electromecanice distribuite programabile pentru stațiile de tratare a apelor uzate”, a reprezentat o cercetare complexă care s-a concentrat pe analiza și sinteza sistemelor electromecanice distribuite. Prin intermediul acestei cercetări, s-a dezvoltat o aplicație software, care poate calcula niște valori a echipamentelor electromecanice în etapa de proiectare. Ca rezultat calculele și analiza proiectantului, pot optimiza selectarea echipamentului electromecanic în vederea optimizării parțiale sau complete.
2. Tratarea apelor uzate reprezintă o problemă actuală importantă, care se realizează în cadrul unor stații speciale cu multiple instalații complexe distribuite în spațiu și dotate cu motoare electrice. Problema tehnică principală constă în crearea sistemelor electromecanice cu diferite destinații distribuite în spațiu, care necesită sincronizare în timp, conform procesului tehnologic cu parametrii energetici optimi de funcționare. Din aceste considerente este util de a avea un instrument, cel elaborat în cadrul cercetării, care să simuleze interconectarea sistemelor electromecanice.
3. Calcularea parametrilor tehnici ai echipamentelor este cel mai important punct în cadrul proiectării unei stații de tratare a apei uzate. Un astfel de model este un instrument util pentru un proiectant electric sau de automatizare. Dezvoltarea acestui model pe viitor cu partea de comanda și senzorială va aduce la următoarele beneficii:
 - Un calcul automat pentru puterea fiecărui element în parte și a stației în total;
 - Calculul consumului energetic pentru fiecare obiect în parte, cel calculat și cel real ales de către inginer. În baza acestui calcul, se poate schimba un echipament cu unul mai eficient, sau se pot identifica alți pași pentru a eficientiza consumul energetic, la fel și costul echipamentelor.

4. Cu ajutorul acestui model se poate calcula budgetul de întreținere a unei asemenea stații.
5. În baza aplicației software elaborată pentru proiectarea stațiilor de tratare a apei uzate, a fost proiectată parțial stația de epurare din orașul Cantemir.
6. În baza calculelor primite după simulare au fost selectate corect echipamentele electromecanice din cadrul stației de tratare. În baza simulării a fost redus consumul energetic a stației la aproximativ 13%, durata de exploatare a fost mărită cu aproximativ 2 - 3 ani și cheltuielile de întreținere micșorate cu aproximativ cu 5 %.
7. Alegerea echipamentelor a fost optimizată din punct de vedere a eficienței energetice și a modului de funcționare. Conform datelor din graficele extrase pe o perioadă de un an de zile în funcționare, este evident ca stația de tratare își îndeplinește toate funcțiile tehnologice cu ajutorul sistemelor electromecanice distribuite evaluate corect la etapa proiectării. În baza rapoartelor a orelor de funcționare a echipamentelor electromecanice este clar că sistemul electromecanic distribuit este corect automatizat și echipat cu echipament în vederea funcționării eficiente și optime. Datele asupra consumului energetic după simularea software sunt aproximativ egale cu datele primite în rapoartele energetice după funcționarea la un an în regim autonom, concluzie ce demonstrează veridicitatea datelor calculate.
8. Aplicația software proiectată, realizată și testată a fost un instrument de baza la momentul proiectării unor stații de tratare a apei uzate, cu ajutorul căreia au fost selectate echipamente de nouă generație, cu un randament de funcționare înalt și cu o eficiență energetică ridicată. Toate aceste proprietăți tehnice au adus la o buna funcționalitate a sistemelor electromecanice distribuite ce își îndeplinesc funcția la cel mai înalt nivel conform procesului tehnologic prestabilit.

CONTRIBUȚII TEORETICE

- Realizarea pe baza documentației studiate a unei sinteze cu privire la inovațiile ce au marcat dezvoltarea tehnologiilor utilizate în tratarea apelor uzate în ultimii ani și tendințele viitoare.
- Analiza echipamentelor și elementelor componente ale unei stații de epurare a apelor uzate și a structurii unei stații de epurare moderne.
- Analiza legislației naționale, a actelor normative și a reglementărilor ce stau la baza tratării apei.
- Analiza studiilor științifice cu privire la tratarea apelor uzate și a metodelor folosite pentru monitorizarea și evaluarea calității apei într-o economie circulară sustenabilă.
- Analiza și sinteza modelelor matematice utilizate în proiectarea și simularea proceselor de tratare a apelor uzate în stațiile de epurare, prezentarea principalelor relații matematice ce stau la baza acestor modelări.
- Identificarea rolului pe care sistemele electromecanice îl pot avea în tratarea apelor uzate.
- Analiza reglementărilor naționale cu privire la calitatea apei potabile și de uz industrial.
- Analiza metodelor de tratare a apelor uzate conform literaturii de specialitate.
- Realizarea structurii tipice pentru un sistem electromecanic destinat stațiilor de epurare pentru tratarea mecanică, tratarea biologică, tratarea nămolului.
- Studiul elementelor de acționare și automatizare a sistemelor electromecanice distribuite dintr-o stație de epurare.

- Analiza convertoarelor de putere utilizate în transformarea și adaptarea puterii electrice în sistemele de acționare, precum și a sistemelor numerice de comandă și control al acestora (PLC).
- Analiza sistemelor de supervizare și achiziție a datelor pentru sistemele de epurare.
- Prezentarea metodelor matematice utilizate pentru modelarea sistemelor electromecanice distribuite.
- Analiza literaturii de specialitate cu privire la metodele de control al sistemelor electromecanice distribuite.
- Evaluarea aspectelor tehnologice privind stațiile de tratare a apelor uzate.
- Analiza schemelor topologice cu sistem de comandă și control distribuit

CONTRIBUȚII EXPERIMENTALE

- Definirea structurii ierarhice și a blocurilor componente a unei stații de epurare a apelor.
- Realizarea unei scheme funcționale pentru o stație de tratare a apelor uzate pe baza unor calcule tehnice și economice comparative.
- Proiectarea schemelor funcționale electrice ale sistemului electromecanic distribuit pentru o stație complexă de epurare a apei.
- Alegerea echipamentelor de monitorizare și control pentru stațiile de tratare a apei.
- Proiectarea schemelor principiale pentru sistemul de comunicație și control din cadrul stației de tratare a apelor uzate.
- Proiectarea și realizarea aplicației software destinate modulelor de optimizare a funcționării pentru:
 - acționare și automatizare grătare rare și dese,
 - acționare și automatizare deznisipator și separator de grăsimi,
 - acționare și automatizare a decantoarelor primare,
 - acționare și automatizare a stației de precipitare,
 - acționare și automatizare a stației de precipitare polimer,
 - acționare și automatizare a stației de pompare nămol în exces,
 - acționare și automatizare a stației de pompare nămol recirculate,
 - acționare și automatizare îngroșător nămol,
 - acționare și automatizare a stației de pompare nămol îngroșat,
 - acționare și automatizare a stației cu suflante,
 - acționare și automatizare a stației de pompare nămol dizolvat
- Evaluarea experimentală a aplicației software de modelare și analiză.

PERSPECTIVE DE DEZVOLTARE ULTERIOARĂ A TEMEI

În ceea ce privește direcțiile de cercetare viitoare pot fi abordate următoarele aspecte:

- Se preconizează implementarea aplicației software și în alte proiecte care urmează a fi realizate de firme din Republica Moldova și România.
- Se va lucra la optimizarea aplicației software în colaborare cu AI, pentru a primi o simulare cât mai aproape de realitate, cu puncte de previzibilitate mai solide decât sunt în acest moment.
- Dezvoltarea unei baze de date care să lucreze cu aplicația software și care să fie conectată cu cataloage de firmă și cu specificul aplicației.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- [1] *Sergiu Ivanov*, Modelare și simulare. Sisteme electromecanice, procese de mediu. Ed.Universitaria, 2007, ISBN:978-973-742-626-0.
- [2] *Ion Boldea, Syed A. Nasar*, Electric Drives, Third Edition. 2022, Published June 13, 2022 by CRC Press, ISBN 9781032339955, - 672 p.
- [3] *Aurel Campeanu*, Dinamica masinilor electrice de curent alternativ. Editie de sinteza AGIR, 2021, 978-973-720-852-1, - 400 p.
- [4] *Ilie Nucă*, Mașini și Acționări Electrice. Note curs și lucrări practice. UTM, Chișinău, 2017.
<http://elarning.utm.md/moodle/course/view.php?id:4>, accesat decembrie 2023
- [5] *Ilie Nucă*, Acționări electrice. Note de curs. Chișinău, 2011, 90 p. (format electronic).
<http://elearning.utm.md/moodle/course/view.php>. accesat decembrie 2023
- [6] ****, Procedee și echipament de epurare a apelor; Romania, Universitatea “Petru Maior” Tg. Mureș, 2011.
<http://www.amac.md/Biblioteca/data/17/08/Romania/80-Procedee-Si-Echipamente-de-Epurare-a-Apei.pdf> accesat decembrie 2023
- [7] *Gheorghe Manolea*, Acționări electromecanice. Tehnici de analiză teoretică și experimentală. Ed.Universitaria, Craiova, 2003.- 312 p. (varianta electronica)
- [8] *Sergiu Caraman*, Strategii de control avansat al proceselor de epurare biologică a apelor reziduale.
https://www.ugal.ro/files/resurse_umane/2018/didactic_auxiliar_si_nedidactic/angajari/19_11_REZUMAT_TEZA_DE_DOCTORAT_-_romana.pdf accesat decembrie 2023
- [9] ***, Hotărâre de Guvern Republica Moldova Nr. 950 din 25-11-2013 pentru aprobarea Regulamentului privind cerințele de colectare, epurare și deversare a apelor uzate în sistemul de canalizare și/sau în corpuri de apă pentru localitățile urbane și rurale.
https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=120783&lang=ro accesat decembrie 2023
- [10] ***, Hotărâre de Guvern Republica Moldova Nr. 833 din 10-11-2011 cu privire la Programul național pentru eficiență energetică 2011-2020.
https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=110334&lang=ro accesat decembrie 2023
- [11] *Panaïtescu Mariana*, Tehnici de epurare ape uzate. îndrumar de proiectare stație de epurare; Editura Nautica, 2011.
<http://www.amac.md/Biblioteca/data/18/Utilities/Epurare.pdf> accesat decembrie 2023
- [12] *Ciobanu, Natalia*. Aplicarea sistemelor informaționale în dirijarea și optimizarea stațiilor de epurare biologică a apelor uzate (SCADA): [teză de doctor în științe ingineresti].
http://www.cnaa.md/files/theses/2021/56848/natalia_ciobanu_abstract.pdf accesat decembrie 2023
- [13] ***, Technology Io Link.
<https://www.turck.se/sma/iolink-2577.php> accesat decembrie 2023
- [14] Schema Fluxului Tehnologic de Epurare A Apelor Uzate.
<https://www.scribd.com/doc/250703309/Schema-Fluxului-Tehnologic-de-Epurare-a-Apelor-Uzate> accesat decembrie 2023
- [15] ***, Pressure Sensor, Transducer, and Transmitter Explained.
<https://images.app.goo.gl/DzQCTEL48aBCz4z96> accesat decembrie 2023

- [16] ***, Real-time water quality monitoring of River Ganga (India) using internet of things. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1574954122002205> accesat decembrie 2023
- [17] ***, Renovation of Automation System Based on Industrial Internet of Things: A Case Study of a Sewage Treatment Plant. <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/8/2175> accesat decembrie 2023
- [18] **Artiom Moldovan and Ilie Nuca**, Automation of Wastewater Treatment Plant, 2019 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIELMEN.2019.8905867. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8905867> accesat decembrie 2023
- [19] **Artiom Moldovan, Ilie Nuca, Dan Milici, Mahmud Abu Bandora**. Conceptual Design for the Performance of Public Infrastructure and Utilities în Urban Water Treatment Plants. Published in: 2023 2023 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN). DOI: 10.1109/SIELMEN59038.2023.10290752. Electronic ISBN: 979-8-3503-1524-0. Print on Demand(PoD) ISBN: 979-8-3503-1525-7.
- [20] **Artiom Moldovan**, Implementarea softului pentru optimizarea parametrilor tehnici a sistemelor electromecanice distribuite în cadrul stației orașenești de epurare a apelor uzate. In: Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor. Vol.1, 5-7 aprilie 2023, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Tehnica-UTM, 2023, pp. 105-111. ISBN 978-9975-45-828-3. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/187437 accesat decembrie 2023
- [21] **Artiom Moldovan**, Automation and integration în SCADA system of the wastewater treatment plant în Cantemir, Moldova. Published in: 2023 10th International Conference on Modern Power Systems (MPS). DOI: 10.1109/MPS58874.2023.10187500. Electronic ISBN:979-8-3503-2682-6. Print on Demand(PoD) ISBN:979-8-3503-2683-3.
- [22] **Artiom Moldovan**, Algoritmi pentru controlul și reglarea automată a sistemelor electromecanice distribuite programabile pentru stațiile de tratare a apelor uzate. In: Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor. Vol.1, 29-31 martie 2022, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Tehnica-UTM, 2022, pp. 118-122. ISBN 978-9975-45-828-3.. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/161572
- [23] ***, Caracteristici PLC 1200. <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html> accesat decembrie 2023
- [24] ***, Caracteristici HMI KTP700. Disponibil: <https://sieportal.siemens.com/en-gb/search?scope=knowledgebase&Type=siePortal&SearchTerm=&SortingOption=CreationDateDesc&EntryTypes=all&Page=0&PageSize=20&ProductId=302298> accesat decembrie 2023
- [25] ***, Caracteristicile electromagnetice a debitmetrului electromagnetic. Disponibil: <http://ro.xktransmitters.com/flow-meters/endress-hauser-flowmeter/best-discount-endress-hauser-50w-53w-wide.html> accesat decembrie 2023
- [26] ***, Ecuația vitezei de reacție. https://ro.wikipedia.org/wiki/Ecua%C8%9Bia_vitezei_de_reac%C8%9Bie accesat decembrie 2023
- [27] ***, Ecuația de bilanț material. <https://cadredidactice.ub.ro/gavrilalucian/files/2012/10/operatii-unitare-vol-1.pdf> accesat decembrie 2023
- [28] ***, Ecuația lui Bernoulli.

- <https://www.scribd.com/doc/242415151/Ecuatia-Lui-Bernoulli> accesat decembrie 2023
- [29] ***, Ecuatia generală a conservării energiei.
<https://www.scrigroup.com/educatie/fizica/CONSERVAREA-ENERGIEI64269.php> accesat decembrie 2023
- [30] *Claudia Marțiș, Hedeșiu H.*, Sisteme electromecanice, Editura Mediamira, Cluj-Napoca, 2007, ISBN 978-973-713-168-3.
- [31] *Hedeșiu H, Marțiș C, Folea S*, Proiectarea grafică a sistemelor SCADA, Editura Mediamira, Cluj-Napoca, 2007, ISBN 978-973-713-167-6.
- [32] ***, Ecuatia lui Darcy-Weisbach.
[https://polaridad.es/ro/Ecu%C8%9Bia-Darcy-Weisbach%2C-un-instrument-esen%C8%9Bial-pentru-analiza-fluidelor-din-conducte./](https://polaridad.es/ro/Ecu%C8%9Bia-Darcy-Weisbach%2C-un-instrument-esen%C8%9Bial-pentru-analiza-fluidelor-din-conducte/) accesat decembrie 2023
- [33] ***, Ecuatia lui Darcy-Weisbach.
<https://www.scribd.com/doc/93623697/Legea-Lui-Stokes> accesat decembrie 2023
- [34] ***, Ecuatia lui Richardson-Zaki.
https://pure.tudelft.nl/ws/portalfiles/portal/47701445/1_s2.0_S0032591018309227_main.pdf accesat decembrie 2023
- [35] *Sorin Mușuroi*, Electric Drives, Timișoara, Editura Politehnica, 2020, ISBN 978-606-35-0393-1.
- [36] ***, Ecuatia Freundlich.
https://en.wikipedia.org/wiki/Freundlich_equation accesat decembrie 2023
- [37] *Mihaela Ciopec*, Modelul cinetic de adsorbție, ecuația de pseudo-ordine.
https://www.upt.ro/img/files/2016-2017/abilitare/ciopec/Mihaela_Ciopec-Teza_abilitare_ro.pdf accesat decembrie 2023
- [38] ***, Ecuatia Monod.
http://omicron.ch.tuiasi.ro/~mgav/pdf/PCB/2014_2015/Curs_17.pdf accesat decembrie 2023
- [39] ***, Variația concentrației substanței organice în digesterul anaerob.
<https://lemvigbiogas.com/BiogasHandbookRO.pdf> accesat decembrie 2023
- [40] *Vasile Rachier*, Utilizarea și Programarea Controlerelor. Note de curs. Chișinău, 2016, 62 p. (format electronic).
- [41] **Artiom Moldovan**, Dezvoltarea Sistemului de Control al Sistemului de Tracțiune Asincronă Hexafazătă. Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor. Chișinău, 23-25 martie, 2021
- [42] *L. Dan Milici*, Circuite numerice. Introducere în sistemele de calcul. București. Editura Matrix Rom, 2012.
- [43] *Mariana Milici, Dorel Cernomazu, L. Dan Milici*, Electrochemical and electromechanical pumps and actuators with liquid - documentary collection of patent literature 2000 – 2010, Editura Cygnus, 2011, ISBN 978-973-1768-33-5, 5200 pag.
- [44] *L. Dan Milici, Mariana Milici*, Aplicații ale sistemelor de monitorizare și transmisii de date – Editura didactică și pedagogică, București, 2014, ISBN 978-973-30-3639-5, 202 pag.
- [45] *L. Dan Milici, Mariana Milici, Gabriela Rață*, Măsurări electrice și electronice, senzori și traductoare - îndrumar de lucrări practice – Editura didactică și pedagogică.
- [46] ***, Formula asociată cu modelul cu doi vectori.
<https://www.math.uaic.ro/~manastas/geomsup/cap.1.vectori%20.pdf> accesat decembrie 2023
- [47] ***, Teoria sistemelor.

- https://profs.info.uaic.ro/~fliacob/An2/2016-2017/Modelare%20matematica_resurse/Teoria%20sistemelor.pdf accesat decembrie 2023
- [48] ***, Analiza Fourier.
http://www.demm.ee.tuiasi.ro/eduard-lunca/cem/Capitolul_3_CEM.pdf accesat decembrie 2023
- [49] Ștefan I. Maksay, Diana A. Bistrian, Introducere în metoda elementelor finite. Editura Cermi Iasi. 2008, 1082 pag.
- [50] ***, Ecuatiile lui Maxwell.
<https://www.scribd.com/doc/69570991/Ecuatiile-Lui-Maxwell> accesat decembrie 2023
accesat ianuarie 2024
- [51] ***, C15 – Instalații de tratare a apelor uzate în Republica Moldova.
<https://am.gov.md/ro/content/c15-%E2%80%93-instala%C8%9Bii-de-tratare-aper-uzate-%C3%AEn-republica-moldova> accesat ianuarie 2024
- [52] ***, Directiva 91/271/CEE cu privire la tratarea apei uzate urbane.
<http://amac.md/Biblioteca/data/29/03/29/13.1.pdf> accesat ianuarie 2024
- [53] ***, Directivei 98/83/CE privind calitatea apei destinată consumului uman.
<https://insp.gov.ro/2023/01/19/ordonanta-guvernului-privind-calitatea-apei-destinata-consumului-uman/> accesat ianuarie 2024
- [54] ***, Activitatea sistemelor publice de alimentare cu apă și de canalizare în anul 2022,
https://statistica.gov.md/ro/activitatea-sistemelor-publice-de-alimentare-cu-apa-si-de-canalizare-in-anul-202-9780_60431.html accesat ianuarie 2024
- [55] ***, Exemplu – Sistem de transport industrial cu PLC S7 1200,
<https://www.realpars.com/blog/siemens-s7-1200-plc-selection-guide> accesat ianuarie 2024
- [56] ***, Structura ierarhică a tipurilor de motoare electrice,
<https://www.pinterest.com/pin/365917538471674051/> accesat ianuarie 2024
- [57] ***, Tipuri de convertoare electronice de putere,
<https://electronicscoach.com/types-of-power-electronic-converters.html> accesat ianuarie 2024
- [58] ***, Exemplu unei diagrame pentru un convertor de frecvență,
<https://electronicscoach.com/types-of-power-electronic-converters.html> accesat ianuarie 2024
- [59] ***, Distribuția apei și evacuarea apelor uzate în România, anul 2021,
https://insse.ro/cms/files/publicatii/publicatii%20statistice%20operative/distributia_apei_si_evacuarea_aper_uzate_in_anul_2021.pdf accesat ianuarie 2024
- [60] ***, Tune Field-Oriented Controllers for an Asynchronous Machine Using Closed-Loop PID Autotuner Block,
<https://www.mathworks.com/help/slcontrol/ug/tune-field-oriented-controllers-for-an-asynchronous-machine-using-closed-loop-pid-autotuner-block.html> accesat ianuarie 2024
- [61] ***, Legea apelor nr. 272/2011, Publicat : 01-02-2024 în Monitorul Oficial Nr. 46-49 art. 70.
https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=23003&lang=ro accesat februarie 2024
- [62] ***, LEGE Nr. 303 din 13-12-2013 privind serviciul public de alimentare cu apă și de canalizare. Publicat : 14-03-2014 în Monitorul Oficial Nr. 60-65 art. 123.
https://www.legis.md/cautare/getResults?lang=ro&doc_id=129126 accesat februarie 2024
- [63] ***, HOTĂRÂRE Nr. 199 din 20-03-2014 cu privire la aprobarea Strategiei de alimentare cu apă și sanitație (2014 – 2030). Publicat : 28-03-2014 în Monitorul Oficial Nr. 72-77 art. 222.
https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=122590&lang=ro accesat februarie 2024
- [64] *Bratby, John*. Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment. 2nd ed. London, UK: IWA Publishing, 2006.

- [65] *Gerardi, Michael H.* Nitrification and Denitrification in the Activated Sludge Process. New York: John Wiley & Sons, 2002.
- [66] *Grady, C. P. Leslie Jr., Glen T. Daigger, and Henry C. Lim.* Biological Wastewater Treatment. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, Inc. 1999.
- [67] *Henze, Mogens, Mark C.M. Loosdrecht, George A. Ekama, and Damir Brdjanovic.* Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design. London: IWA Publishing, 2008.
- [68] *Jenkins, David, Michael G. Richard, and Glen T. Daigger.* Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking, Foaming, and Other Solids Separation Problems. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2004.
- [69] *Lee, C. C. and Shun Dar Lin.* Handbook of Environmental Engineering Calculations. New York: McGraw-Hill, 2000.
- [70] *Metcalf & Eddy.* Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th ed. Boston: McGraw-Hill, 2003.
- [71] *Spellman, Frank R. and Joanne E. Drinan.* Wastewater Stabilization Ponds. Boca Raton, FL: CRC Press, 2014.
- [72] *Turovskiy, Izrail S. and P. K. Mathai.* Wastewater Sludge Processing. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- [73] *Wahlberg, Eric J.* Activated Sludge Wastewater Treatment: Process Control & Optimization for the Operations Professional. Lancaster, PA: DEStech Publications, Inc., 2019.
- [74] *Skoog, Douglas A., Donald M. West, F. James Holler, and Stanley R. Crouch.* Fundamentals of Analytical Chemistry. Boston, MA: Cengage, 2022. Tenth Edition.
- [75] *Zumdahl, Steven S., Susan A. Zumdahl, and Donald J. DeCoste.* Chemistry: An Atoms First Approach. Boston, MA: Cengage, 2021. Third Edition.

Lucrări publicate de autor în domenii conexe:

- [1] **Artiom Moldovan**, Ilie Nuca, Dan Milici, Mahmud Abu Bandora. Conceptual Design for the Performance of Public Infrastructure and Utilities în Urban Water Treatment Plants. Published in: 2023 2023 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN). DOI: 10.1109/SIELMEN59038.2023.10290752. Electronic ISBN: 979-8-3503-1524-0. Print on Demand(PoD) ISBN: 979-8-3503-1525-7.
- [2] **Artiom Moldovan**, Implementarea softului pentru optimizarea parametrilor tehnici a sistemelor electromecanice distribuite în cadrul stației orașenești de epurare a apelor uzate. In: Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor. Vol.1, 5-7 aprilie 2023, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Tehnica-UTM, 2023, pp. 105-111. ISBN 978-9975-45-828-3.. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/187437
- [3] **Artiom Moldovan**, Automation and integration în SCADA system of the wastewater treatment plant în Cantemir, Moldova. Published in: 2023 10th International Conference on Modern Power Systems (MPS). DOI: 10.1109/MPS58874.2023.10187500. Electronic ISBN:979-8-3503-2682-6. Print on Demand(PoD) ISBN:979-8-3503-2683-3.
- [4] *Ciprian Bejenar, Marian Bejenar, Artiom Moldovan, Mahmoud Abu-Bandora*, Method and system for programmed control of conductive charging systems. Buletin Științific Nr. 4/2023, ISSN 2501-3157, Cercetări și inovații în viziunea tinerilor cercetători, Academia Forțelor Terestre „Nicolae Bălcescu” Sibiu, 2023, indexat: <https://europub.co.uk/journals/the-scientific-bulletin-addendum-J-29336>, <https://essentials.ebsco.com/>

- [5] *Mahmoud Abu Bandora, Visarion Catalin Ifrim, Artiom Moldovan*, PV System Efficiency under Various Conditions by Monitoring the MPPT, The 13th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering, March 23-25, 2023, Bucharest, Romania, IEEE indexing, IEEE Xplore - Conference Table of Contents
- [6] *Ciprian Bejenar, Artiom Moldovan*, Constantin Cornel Tuduriu, Anna Sabadas, Socket Safety System. Buletin Științific Nr. 4/2023, ISSN 2501-3157 Cercetări și inovații în viziunea tinerilor cercetători, Academia Forțelor Terestre „Nicolae Bălcescu” Sibiu, 2023, indexat: <https://europub.co.uk/journals/the-scientific-bulletin-addendum-J-29336>, <https://essentials.ebsco.com/>
- [7] *Artiom Moldovan*, Algoritmi pentru controlul și reglarea automată a sistemelor electromecanice distribuite programabile pentru stațiile de tratare a apelor uzate. In: Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor. Vol.1, 29-31 martie 2022, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Tehnica-UTM, 2022, pp. 118-122. ISBN 978-9975-45-828-3.. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/161572
- [8] *Artiom Moldovan*, Synthesis and implementation of biogas production in wastewater treatment plant. In: Journal of Engineering Sciences. 2022, vol. 29, nr. 2, pp. 144-150. ISSN 2587-3474. DOI: [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(2\).14](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(2).14)
- [9] *Ciprian Bejenar, Artiom Moldovan, Anna Sabadaș, Alexei Pianih*, Extension Device for the Diagnosis of Conductive Charging Systems. Buletin Științific Nr. 4/2022, ISSN 2501-3157. Cercetări și inovații în viziunea tinerilor cercetători. Academia Forțelor Terestre „Nicolae Bălcescu” Sibiu, 2022, indexat: <https://europub.co.uk/journals/the-scientific-bulletin-addendum-J-29336>, <https://essentials.ebsco.com/>.
- [10] *Mihai Cenușă, Ovidiu-Magdin Țanța, Ciprian Bejenar, Artiom Moldovan*, Resistive Current Sensor. Buletin Științific Nr. 4/2022, ISSN 2501-3157. Cercetări și inovații în viziunea tinerilor cercetători. Academia Forțelor Terestre „Nicolae Bălcescu” Sibiu, 2022, indexat: <https://europub.co.uk/journals/the-scientific-bulletin-addendum-J-29336>, <https://essentials.ebsco.com/>.
- [11] *L. Dan Milici, Artiom Moldovan, Ilie Nucă*, Elaborarea metodei de calcul a parametrilor electromecanici a echipamentelor din cadrul unei stații de tratare a apei uzate în baza proiectului tehnologic predefinit. International fair of innovation and creative education for youth, ICE-USV. University ”Ștefan cel Mare” of Suceava, 6th Edition, 10 - 12 July 2022. P 109.
- [12] *Ilie Nuca, Vadim Cazac, Marcel Burduniuc, Artiom Moldovan, Costică Nițucă, Gabriel Chiriac, Georgel Gabor*, A Hybrid Charging System Design for Electric Vehicles with Autonomous Power Source. In: Sielmen Proceedings of the 11th International Conference on Electromechanical and Energy Systems. Ediția 11, 7-8 octombrie 2021, Iași. Chișinău: Pro Libra, 2021, pp. 487-490. ISBN 978-166540078-7. DOI: <https://doi.org/10.1109/SIELMEN53755.2021.9600328>
- [13] *Artiom Moldovan, Ilie Nuca, L. Dan Milici*, Anaerobic - Aerobic WWTP for a non-alcoholic liquid products factory. In: Sielmen Proceedings of the 11th International Conference on Electromechanical and Energy Systems. Ediția 11, 7-8 octombrie 2021, Iași. Chișinău: Pro Libra, 2021, pp. 336-340. ISBN 978-166540078-7. DOI: <https://doi.org/10.1109/SIELMEN53755.2021.9600395>
- [14] *Ciprian Bejenar, Alexei Pianih, Marcel Pocris, Artiom Moldovan*. Method and System for Power Supplying Isolated Electrical Consumers. Romania <https://usv.ro/salonul-international-al-inovarii-si-cercetarii-stiintifice-studentesti-cadet-inova21/>

- [15] **Artiom Moldovan**, Dezvoltarea sistemului de control pentru sistemul de tracțiune cu motor asincron hexafazat. In: Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor. Vol.1, 23-25 martie 2021, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Tehnica-UTM, 2021, pp. 127-130. ISBN 978-9975-45-699-9.
https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/133786
- [16] **Artiom Moldovan, Ilie Nuca**. Automation of Wastewater Treatment Plant. In: Sielmen Proceedings of the 13th international conference on electromechanical and power systems. Ediția 13, 9-11 octombrie 2019, Craiova. New Jersey, SUA: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019, p. 0. ISBN 978-172814011-7. DOI:
<https://doi.org/10.1109/SIELMEN.2019.8905867>
- [17] **Artiom Moldovan, Ilie Nuca**, Rehabilitation of Wastewater Treatment Plant Gardabani. Annals of the University of Craiova, Electrical Engineering series, No. 43, Issue 1, 2019, pp.57-63; ISSN 1842-4805
- [18] **Artiom Moldovan, Ilie Nuca**, Dezvoltarea sistemului de control al sistemului de tracțiune asincronă hexafazată. Published in: 2021 Technical Scientific Conference of Undergraduate, Master, PhD students.