

ALGORITMI PENTRU CONTROLUL ȘI REGLAREA AUTOMATĂ A SISTEMELOR ELECTROMECHANICE DISTRIBUITE PROGRAMABILE PENTRU STAȚIILE DE TRATARE A APELOR UZATE

Artiom MOLDOVAN

Școala Doctorală a Universității Tehnice a Moldovei, Departamentul Inginerie Electrică, Chișinău,
Facultatea Energetică și Inginerie Electrică, UTM, Republica Moldova

Artiom Moldovan , artiom.moldovan@ie.utm.md

Rezumat. În acest proiect, problema a fost dezvoltarea și implementarea unor sisteme electromecanice distribuite programabile bazate pe algoritmi de control și soluții tehnico-științifice avansate pentru creșterea calității și eficienței energetice a proceselor tehnologice de prelucrare a apelor uzate. Problema științifică importantă rezolvată este elaborarea de sisteme electromecanice programabile distribuite pentru automatizarea și eficientizarea proceselor tehnologice din cadrul stațiilor de epurare a apelor uzate.

Cuvinte cheie: stație de epurare, automatizări, sisteme electromecanice, eficiența energetică, procese tehnologice, SCADA.

Introducere

Apa este o resursa vitală pentru om, cu o mare importanță pentru societate. Este utilizată în toate sectoarele industriale, în agricultură, transport, producție de energie, infrastructură. Apele uzate conțin cantități semnificative de poluanți, care duc la epuizarea oxigenului din apă atunci când este evacuată direct în apele de suprafață [1]. Tratarea mecanică sau așa cum este denumită și „etapa de tratare primară” este prima etapă în procesul de epurare a apelor uzate și are ca scop îndepărtarea în principal a materialelor solide din apele uzate, fie că plutesc la suprafața apei sau sunt în suspensie și care sunt separabile prin metode mecanice simple. Etapa de tratare mecanică cuprinde în principal următoarele activități, cărora le corespund instalațiile aferente [5]:

- Separarea materialelor plutitoare la suprafața apei;
- Separarea particulelor mari suspendate în apă;
- Reținerea nisipului din apele uzate;
- Separarea uleiului în apele uzate;
- Decantarea suspensiilor fine.

Descrierea generală a sistemului de tratare la etapa de tratare mecanică

Compoziția apelor uzate variază foarte mult în funcție de zonele în care sunt colectate. Poluanții care contaminatează apa sunt în general solide sau compuși biodegradabili sau lent biodegradabili, nutrienți, substanțe toxice [1], agenți patogeni.

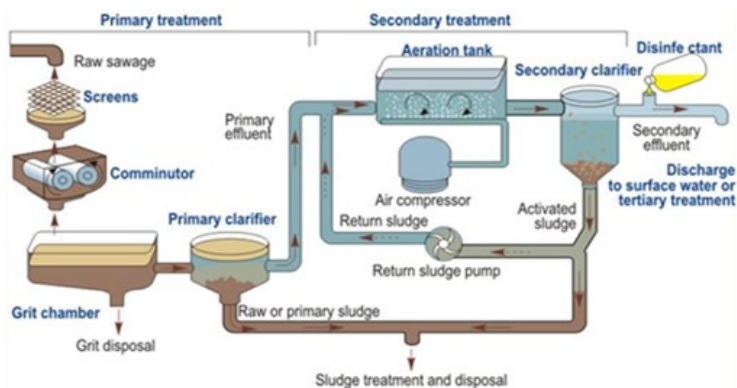


Figura 1. Schema bloc a stației de tratare a apelor uzate [1]

Astfel, o stație comună de tratare a apelor uzate, așa cum se arată în Fig. 1, include mai multe procese de tratare în mai multe etape. Fiecare etapă de tratament este concepută pentru a elimina un anumit tip de poluant. Obiectivul principal al epurării apelor uzate este de a permite deversarea apelor uzate urbane în apele de suprafață, asigurând astfel protecția mediului și a comunităților umane [1].

În sistemul electromecanic al grătarelor este implicat un motor asincron, care rotește transportorul în formă de greblă, iar murdăria mare din apă cade pe transportor, care este pus în funcțiune de un motor asincron. Modul de pornire automată se realizează în funcție de diferența de nivel dintre intrarea și ieșirea din grătare.

După ce trece apa prin sită, aceasta lovește cutia de nisip combinată cu separatoare de grăsimi. Pompa de nisip este antrenată de un motor asincron, motorul este pornit de sistemul automat când ruloul rulant este în mișcare. Macaraua rulantă este acționată de un motor asincron, care cuplează ambele roți ale podului. Puntea racletă rulează conform programului prestabilit în cicluri de către operator. Decantoarele primare au rolul de a reține particulele mici cu dimensiuni mai mici de 0,2 mm și care nu au fost reținute de deznisipator. Aceste particule sunt sub formă de fulgi sau sunt suspendate în apă deoarece au o densitate foarte apropiată de densitatea apei [3].

Epurarea biologică este o etapă superioară în procesul de epurare a apelor uzate urbane și este numită și epurare secundară, așa cum se arată în Fig. 2.

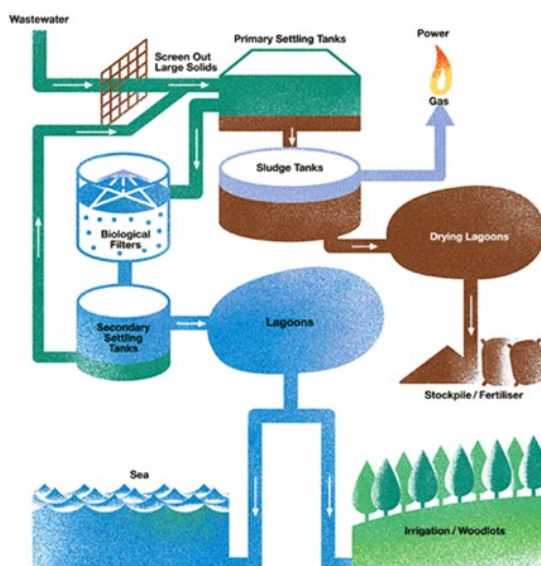


Figura 2. Schema bloc a tratamentului biologic [5]

Produsele organice din apele uzate sunt adsorbite și concentrate pe suprafața biomasei, unde sub acțiunea enzimelor eliberate de celulele microorganismelor, substanțele organice sunt descompuse în componente mai mici și pot pătrunde în celula microorganismelor unde sunt metabolizate. Prin metabolism se obțin produse de descompunere precum: CO_2 , H_2O , energie, dar și noi microorganisme prin multiplicare. Rolul principal în purificarea biologică îl au bacteriile [2]. Aceste microorganisme care consumă materie organică din apele uzate pot trăi și se pot multiplica în prezența sau absența oxigenului.

Epurarea biologică se realizează în rezervoare cu nămol activ în care are loc aerarea artificială, prin introducerea aerului printr-un sistem de conducte. Există construcții în care epurarea biologică aerată a apei are loc în prezența unui amestec de nămol și apă uzată, accelerarea procesului se realizează prin introducerea unei cantități de nămol activ, numit așa deoarece conține microorganisme care prelucrează substanțe organice în apă și prin suflarea de aer pentru a susține procesele de oxidare.

Algoritmi de control și reglare automată a sistemelor electromecanice distribuite în cadrul unei stații

În sala cu grătare sunt disponibile opt grătare. Lățimea sitei de 20 mm servește la curățirea apei uzate. Cinci canale sunt utilizate pentru instalarea ecranului fin cu funcționare mecanică automată.

Clădirea este dotată cu ventilatoare suplimentare. Ventilatoarele sunt controlate de termostatul de cameră local. Un detector de scurgeri de gaz este o rată necesară în această clădire. Reglarea automată a grătarelor stației de tratare a apelor uzate este prezentată în Fig. 3.

| Parameters | | Value | Parameters | | Value |
|--|------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------------|-------|
| Working Mode | | <input checked="" type="checkbox"/> Level Difference | Line No 1 | <input type="button" value="Enable"/> | |
| | | <input checked="" type="checkbox"/> Time Operating | Line No 2 | <input type="button" value="Enable"/> | |
| Level Difference | Start | 0.08 m | Line No 3 | <input type="button" value="Enable"/> | |
| | Stop | 0.03 m | Line No 4 | <input type="button" value="Enable"/> | |
| Time operating | Working Time | 1.00 min | Line No 5 | <input type="button" value="Enable"/> | |
| | Pause Time | 15.00 min | Start Temperature 06AL101 | 25.00 °C | |
| Continuous work | Level Difference Start | 0.30 m | Stop Temperature 06AL101 | 24.00 °C | |
| | Level Start | 3.30 m | Level 061ML106 for Change Container | 90.0 % | |
| | Working Time | 3 min | | | |
| Additional Time for Conveyors 061AC001, 061AC002 | | 5 s | | | |
| Additional Time for Conveyor 061AC003A | | 5 s | | | |

Figura 3. Reglarea automată a grătarelor rare și fine [5]

Nivelul apei în amonte și în aval de grătarele rare și fine este măsurat prin măsurători de nivel. O diferență de nivel predefinită a apei (aprox. 10 cm) începe operațiunea de curățare a unui grătar. Grătarele și transportoarele sunt interblocate și funcționează sincron. Transportoarele încep să funcționeze cu puțin timp înainte de funcționarea grătarelor. Când grătarele opresc o secvență de timp preselectată (30 de secunde) mai târziu, transportoarele se opresc și ele. Sensorul de nivel măsoară nivelul de umplere al containerului și permite schimbarea punctului de descărcare [5].

Deznisipatorul reprezintă prima etapă a procesului biologic, urmând principiile unui proces de adsorbție-nămol-activat. Îndepărtarea nisipului și rezervorul de aerare au funcția combinată, este tratarea biologică și îndepărtarea nisipului și grăsimilor. Reglarea automată a îndepărtării nisipului și grăsimii este prezentată în Fig. 4.

| Parameters | 070PU1 | 070PU2 |
|--|---------|--------|
| Period of Scraper Bridge | 0 min | 23 min |
| Number of Cycles | 1 | 1 |
| Delay at Position A | 60 min | 60 min |
| Delay at Position B | 0 min | 0 min |
| Level 070ML101 | | |
| Start Level 07AP50* | 0.85 m | |
| Stop Level 07AP50* | 0.55 m | |
| Time duty and standby 070AP501 și 070AP502 | 2.00 h | |
| Additional Time for 070AK001 | 10.00 s | |

Figura 4. Parametrii de reglare ai deznisipatorului [5]

Două rezervoare sunt echipate cu o punte de raclere comună. Podul răzuitor îndepărtează nisipul și gunoiul. Puntea de raclere începe să ruleze din poziția de parcare din partea de afluent a rezervorului în direcția spre evacuare. Două pompe submersibile pentru nămol sunt instalate pe un pod. În timpul deplasării până la capăt, nisipul este pompat într-un canal de colectare a nisipului, un canal la 2 bazine. Amestecul nisip-apă curge gravitațional de la canalul de colectare la groapa comună de colectare a nisipului. Podul răzuitor este interblocat cu nivel în groapă cu pompe de transfer de nisip. Pompa de transfer de nisip este interblocată cu clasificatorul de nisip, pornirea pompei determină și pornirea clasificatorului de nisip. Dacă pompa se oprește, clasificatorul rămâne în funcțiune pentru o secvență de timp predefinită. La atingerea poziției de capăt a rezervorului.

După o perioadă preselectată, racleta își schimbă direcția de mișcare spre admisie. Pompa de nisip continuă să funcționeze până când puntea de raclere ajunge în poziția de parcare pe partea de admisie a rezervorului. Lama de gunoi este ridicată și menținută în poziția ridicată în timp ce racleta rulează înapoi la admisia rezervorului. Puntea racletă funcționează ciclic, controlat în timp de dulapul

de control. După un timp predefinit, secvență (4 ore), racleta începe să funcționeze pentru o cantitate predefinită de cicluri [5].

Buncărele de nămol sunt conectate prin conducte de evacuare a nămolului DN 300 cu stația primară de pompare a nămolului. La fiecare conductă de evacuare a nămolului este instalată o supapă acționată electric. Această stație de pompare constă și în stația de pompare a nămolului de retur, echipată cu 2 pompe centrifuge ca pompe de retur a nămolului la etapa combinată și camera de îndepărtare a grăsimilor. Pompele de retur de nămol sunt controlate de convertizoare de frecvență. Un raport preselectat de nămol de retur (13,6 % la debitul pe vreme uscată) calculează debitul de nămol de retur necesar. Calculul se face cu un debit mediu de intrare, măsurat printr-o măsurătoare de debit, pe o perioadă de timp de 1 h înmulțit cu raportul dat. Cele patru robinete acționate electric din conductele de nămol de la buncărul de nămol al rezervoarelor sunt deschise, iar măsurarea debitului reglează debitul calculat. Aproximativ 80 % din debitul total de nămol retur este pompat de o pompă. Reglarea automată a stației de pompare a nămolului de retur este prezentată în Fig. 5.

| 125 Return Sludge Pumping Station Settings | |
|--|--------------------------|
| Parameters | Value |
| Return Sludge range (120MF001) | 1400.0 m ³ /h |
| Operation Time Duty and Standby | 2 h |
| Parameters of PID regulator | |
| P | 1.00 |
| I | 10.00 |
| D | 5.00 |

Figura 5. Parametrii de reglare automată a stației de pompare nămol [5]

Stația de pompare a nămolului digerat funcționează automat. Pompele de nămol digerat sunt controlate de un senzor de nivel instalat în interiorul puțului situat între digesterul aerob și rezervorul de sedimentare primară.

Deoarece digesterul aerob este un rezervor cu flux, nămolul digerat în funcție de cantitatea de nămol brut de intrare se revarsă într-o conductă care direcționează nămolul digerat prin gravitație printr-un puț către stația de pompare a nămolului digerat printr-o tragere deschisă acționată electric. În colectorul de aspirație, valoarea pH-ului și temperatura sunt măsurate și transferate în sistemul SCADA [2]. Datele sunt doar cu titlu informativ.

Pompele sunt acționate într-o secvență alternativă pentru a minimiza uzura pompelor. Ciclul între pompe se face automat când a trecut un timp de funcționare preselectat. Reglarea automată a stației de pompare a nămolului digerat este prezentată în Fig. 6.

| 315 Digested Sludge Pumping Station Settings | | | |
|---|--|---|--|
| Parameters | Value | | |
| Start Level 400.4ML101 for pumps 315AP*** | 0.00 m | | |
| Stop Level 400.4ML101 for pumps 315AP*** | 0.00 m | | |
| Max Alarm Level 400.4ML101 | 0.00 m | | |
| Minimal Dry Solid Concentration to Stop | 0.00 mg/l | | |
| Expected Daily Quantity | 0.00 m ³ /d | | |
| Operation Time Duty and Standby | 0 h | | |
| <table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>Setting for Fans 315AL001</p> <p>Start Temperature 0.00 °C</p> <p>Stop Temperature 0.00 °C</p> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p>Setting for Heating 315AL006</p> <p>Start Temperature 0.00 °C</p> <p>Stop Temperature 0.00 °C</p> </td> </tr> </table> | | <p>Setting for Fans 315AL001</p> <p>Start Temperature 0.00 °C</p> <p>Stop Temperature 0.00 °C</p> | <p>Setting for Heating 315AL006</p> <p>Start Temperature 0.00 °C</p> <p>Stop Temperature 0.00 °C</p> |
| <p>Setting for Fans 315AL001</p> <p>Start Temperature 0.00 °C</p> <p>Stop Temperature 0.00 °C</p> | <p>Setting for Heating 315AL006</p> <p>Start Temperature 0.00 °C</p> <p>Stop Temperature 0.00 °C</p> | | |

Figura 6. Parametrii de reglare automată a stației de pompare nămol [5]

Nămolul îngroșat este aspirat de 2 pompe. Conducta de evacuare este prevăzută cu o măsurătoare de solid uscat, care împreună cu senzorul de nivel al păturii de nămol oprește sau pornește pompele de evacuare.

Un nivel de nămol aprox. 0,20 m mai sus decât un nivel preselectat cca. 4,0 m pune pompele în funcțiune. La 30 cm sub acest nivel, pompa se oprește. Conducta de aspirație este prevăzută cu o măsurătoare de solid uscat. O valoare minimă a solidului uscat de aprox. 4,5 % corespunde unui nivel minim al păturii de nămol care oprește pompele de evacuare. O valoare maximă a solidului uscat de aprox. 5,0 % va corespunde nivelului maxim al păturii de nămol care pornește pompele de evacuare [5].

Rezervorul de precipitant este prevăzut cu senzori de nivel. Patru pompe de dozare a precipitantului furnizează clorura ferică către conductele de evacuare a nisipului și îndepărtarea grăsimii. Două dintre aceste pompe de dozare a precipitantului furnizează clorura ferică către conducta din camera de nisip, care este alimentată prin camera de distribuție. Această linie include un senzor de debit.

Concluzii

În urma monitorizării stației s-a constatat că cu ajutorul implementării acestor algoritmi de control, poluanți care iese din stație, se încadrează în limitele prevăzute de legislație, având un impact minor asupra mediului. După automatizarea fiecărui obiect din stație, echipamentul funcționează cu o eficiență de 60% față de sistemul neautomatizat. În fiecare secundă se salvează datele de la toți senzorii din stație, pe baza acestor date, se generează rapoarte automate, sau generate de către operatori la momentul dorit, cu ajutorul acestor parametri din sistemul SCADA se poate analiza eficiența energetică a sistemelor electromecanice distribuite în stația de tratare a apelor uzate și calitatea apei în urma implementării acestor algoritmi de monitorizare și control.

Referințe

1. A. MOLDOVAN, I. NUCA, “Automation of Wastewater Treatment Plant”, SIEMEN 2019. Moldova, Chisinau.
2. NUCA ILIE, Acționări electrice. Note de curs. Chișinău, 2011, 90 p. (format electronic).
3. <http://elearning.utm.md/moodle/course/view.php>.
4. V. IVANOV, Sisteme integrate de monitorizare și control pentru echipamente electrice, Editura Universitaria, Craiova, 2008.
5. MILICI L.D., MILICI M.R, Aplicații ale sistemelor de monitorizare și transmisii de date. Editura didactică și pedagogică, București, 2014, ISBN 978-973-30-3639-5, 202 pag.
6. Functional Design Script, nepublicat.