

# IMPLEMENTAREA SOFTULUI PENTRU OPTIMIZAREA PARAMETRILOR TEHNICI A SISTEMELOR ELECTROMECHANICE DISTRIBUITE ÎN CADRUL STAȚIEI ORĂȘENEȘTI DE EPURARE A APELOR UZATE

Artiom MOLDOVAN

Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică, Departamentul Inginerie Electrică, Școala Doctorală „Știința Calculatoarelor, Electronică și Energetică”, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Artiom Moldovan, artiom.moldovan@ie.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: Ilie NUCA, conf.univ., Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică, Departamentul Inginerie Electrică,

**Rezumat.** În acest proiect, problema a fost dezvoltarea și implementarea softului pentru optimizarea parametrilor tehnici a sistemelor electromecanice distribuite programabile bazate pe soluții tehnico-științifice ce duc la creșterea exponențială a calității și a eficienței energetice.. Problema științifică importantă rezolvată este cercetarea și elaborarea unui soft standart pentru mai multe tipuri de stații de tratare a apei uzate și anume calcularea corectă a parametrilor tehnici în baza celor tehnologici pentru eficientizarea proceselor tehnologice.

**Cuvinte cheie:** stații de tratare a apelor uzate, pompe, motoare electrice, convertoare statice, sisteme electromecanice distribuite, algoritmi de comandă, controlere programabile, sistem SCADA.

## Introducere

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[1]. Astfel, o instalație de tratare a apelor reziduale uzuale, așa cum se arată și în Fig. 1, 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[2].

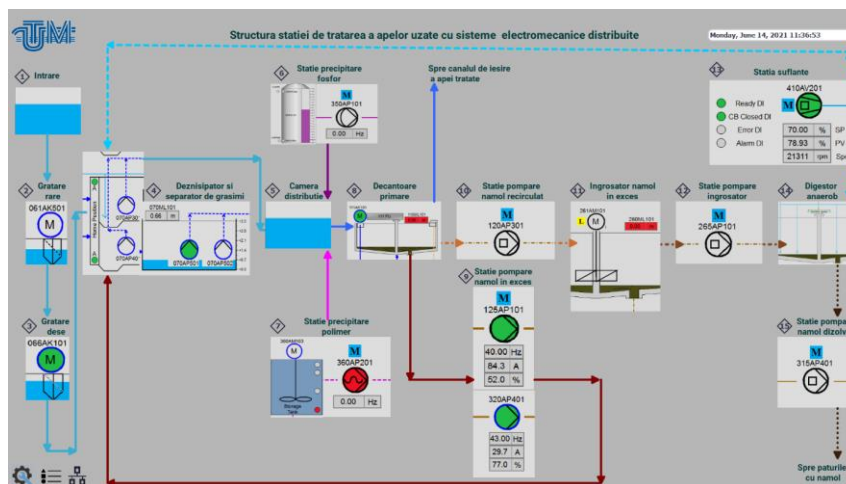


Figura 1. Schema generală a unei stații de tratare [1].

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

- 1) Gratare rare și fine – obiectele în care apa trece o tratare mecanică primară, și este despărțită de materialele ce nu pot trece sита 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 marunt în decantoarele primare.
- 4) Decantoare primare – locul unde se sedimentează particulele ce 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) Digester anaerob – bazinul unde nămolul se dizolvă.
- 11) Stația de pompare nămol dizolvat – stația care pompează nămolul dizolvat spre paturile cu nămol [3].

În funcționarea unei stații de tratare a apelor uzate, principala funcție este de a elimina în mod eficient poluanții din apa uzată sau transformarea lor în compuși mai puțin dăunători, astfel încât efluentul să îndeplinească cerințele de deversare utilizând tehnologii de tratare adecvate și la cele mai scăzute costuri posibile. Reducerea costului se poate realiza și prin recuperarea unor resurse din proces, cum sunt substanțele nutritive, biogazul și apa pentru reutilizare. Datorită interacțiunilor complexe ale diferitelor variabile legate de funcționarea sistemului de tratare, este necesar să se adopte strategii de control avansate care să mențină concentrațiile efluentului sub limita legală cu un cost minim.

### Analiza unui exemplu de configurare a stației în softul elaborat

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 preți pentru energie, cazul a fost analizat pe o perioadă de un an.

În Fig. 2 avem datele stației fără optimizare cu consumul sau și cheltuielile respective.

Denumire obiecte	Putere totala instalata kW	Ore lucru	Procent funcționare	Consum 24h	Preț LEU	
Senzori și valve	10.0 kW	24.00 h		200.0 kWh	121.0000.0 LEU	
Gratare rare	17.000 kW	24.00 h	100.00 %	17.000 kWh	600.000 kWh	105000.0 LEU
Gratare dese	14.000 kW	24.00 h	100.00 %	14.000 kWh	336.0 kWh	105000.0 LEU
Deznisipator și separator de grăsimi	5.200 kW	24.00 h	100.00 %	5.200 kWh	536.0 kWh	60000.0 LEU
Camera distributie						
Statie precipitare fosfor	5.400 kW	24.00 h	100.00 %	5.400 kWh	348.0 kWh	168000.0 LEU
Statie precipitare polimer	10.0 kW	24.00 h	100.00 %	5.000 kWh	120.0 kWh	170000.0 LEU
Decantare primare	15.000 kW	24.00 h	100.00 %	15.000 kWh	360.0 kWh	100000.0 LEU
Statii pompare nămol în exces	200.000 kW	24.00 h	100.00 %	5.500 kWh	6000.0 kWh	60000.0 LEU
Statie pompare nămol recirculat	11.000 kW	24.00 h	100.00 %	11.000 kWh	264.0 kWh	120000.0 LEU
Ingrosator nămol în exces	5.500 kW	24.00 h	100.00 %	5.500 kWh	132.0 kWh	15000.0 LEU
Statie pompare ingrosator	5.500 kW	24.00 h	100.00 %	5.500 kWh	132.0 kWh	60000.0 LEU
Statie suflante	480.500 kW	24.00 h	100.00 %	88.500 kWh	10764.0 kWh	900000.0 LEU
Digester anaerob						
Statie pompare nămol dizolvat	2.200 kW	24.00 h	100.00 %	2.200 kWh	52.8 kWh	100000.0 LEU
<b>TOTAL</b>	<b>754.312 kW</b>			<b>2.200 kWh</b>	<b>18103.450 kWh</b>	<b>3226000.0 LEU</b>

Figura 2. Reglarea automată a grătarelor rare și fine [8]

Structura stației de tratarea a apelor uzate cu sisteme electromecanice distribuite

Saturday, November 13, 2021 14:04:52

Denumire obiecte	Putere totala instalata kW	Ore lucru	Procent functionare	Consum 24h	Pret LEU	
Senzori si valve	16,812 kW	24,00 h		259,5 kWh	1213000,0 LEU	
Gratare rare	17,000 kW	16,00 h	100,00 %	17,000 kW	272,000 kWh	105000,0 LEU
Gratare dese	14,000 kW	16,00 h	100,00 %	14,000 kW	224,0 kWh	105000,0 LEU
Deznisipator si separator de grasimi	5,200 kW	70,00 h	100,00 %	5,200 kW	224,0 kWh	80000,0 LEU
Camera distributie						
Statie precipitare fosfor	5,400 kW	24,00 h	80,00 %	11,360 kW	272,6 kWh	168000,0 LEU
Statie precipitare polimer	10,812 kW	24,00 h	80,00 %	4,320 kW	103,7 kWh	150000,0 LEU
Decantatoare primare	15,000 kW	16,00 h	95,00 %	14,250 kW	226,0 kWh	100000,0 LEU
Statii pompare namol in exces	200,000 kW	20,00 h	70,00 %	3,850 kW	2800,0 kWh	90000,0 LEU
Statie pompare namol recirculat	11,000 kW	8,00 h	100,00 %	11,000 kW	88,0 kWh	120000,0 LEU
Ingrasator namol in exces	5,500 kW	24,00 h	95,00 %	5,225 kW	125,4 kWh	15000,0 LEU
Statie pompare ingrasator	5,500 kW	20,00 h	70,00 %	3,850 kW	77,0 kWh	80000,0 LEU
Statia suflante	448,500 kW	24,00 h	85,00 %	381,225 kW	9149,4 kWh	900000,0 LEU
Digestor anaerob						
Statie pompare namol dizolvat	2,200 kW	16,00 h	70,00 %	1,540 kW	24,6 kWh	100000,0 LEU
<b>TOTAL</b>	<b>754,312 kW</b>			<b>13728,250 kWh</b>	<b>3226000,0 LEU</b>	

Pret echipament fara optimizare: 2013000,0 LEU  
 Pret echipament cu optimizare: 1238400,0 LEU  
 Diferenta pret echipament: 1213000,0 LEU  
 Pret energie fara optimizare: 7400706,0 LEU  
 Pret energie cu optimizare: 5612108,0 LEU  
 Diferenta pret energie: 1788598,0 LEU  
 Suma investitii echipament: 1264000,0 LEU  
 Suma economii din energie: 1788598,0 LEU  
 Perioada recuperare investitii: 1,8 ANI

Figura 3. Parametrii de reglare ai deznisipatorului [8]

În Fig. 3 este modelată stația optimizată, cu ore de funcționare conform procesului tehnologic, cu posibile încărcări aproximativ aproape de date reale. La optimizarea stației am primit o suma de bani, care în decursul a 2-3 ani de zile, ne rascupara investițiile în echipament. Desigur construcția unei stații mai are partea civilă, dar dacă fiecare parte constructivă a stației ar fi simulată, s-ar putea de optimizat proiectarea ei, care la rândul său, o să aducă beneficii pe tot parcursul funcționării stației[4]. Cu ajutorul acestui soft, a fost proiectată partea electrică a sistemului electromecanic distribuit în cadrul stației de tratare a apelor uzate din orașul Cantemir, Republica Moldova. Sarcina de bază a fost reducerea puterii instalate. Încă o sarcină importantă a fost calcularea consumului de curent electric, pentru a calcula care sunt cheltuielile pentru întreținerea acestei stații. Echiparea electromecanică și modul de funcționare a fiecărui obiect în parte va fi descrisă mai jos în capitolele următoare.

### Analiza parametrilor tehnici și tehnologici prin instrumentul grafic în stația de tratare a apelor uzate

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

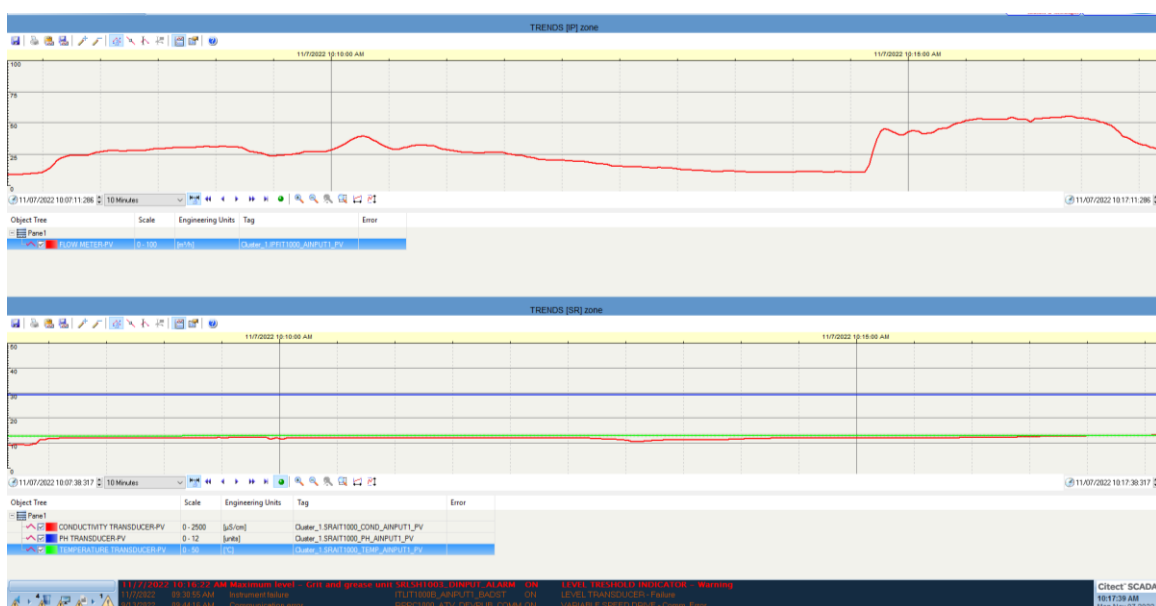


Figura 4. Exemplu pagină grafice pentru pretratere [7]

Toate variabilele analogice așa ca 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/trataă, nămol, substanțe dozate ș.a.

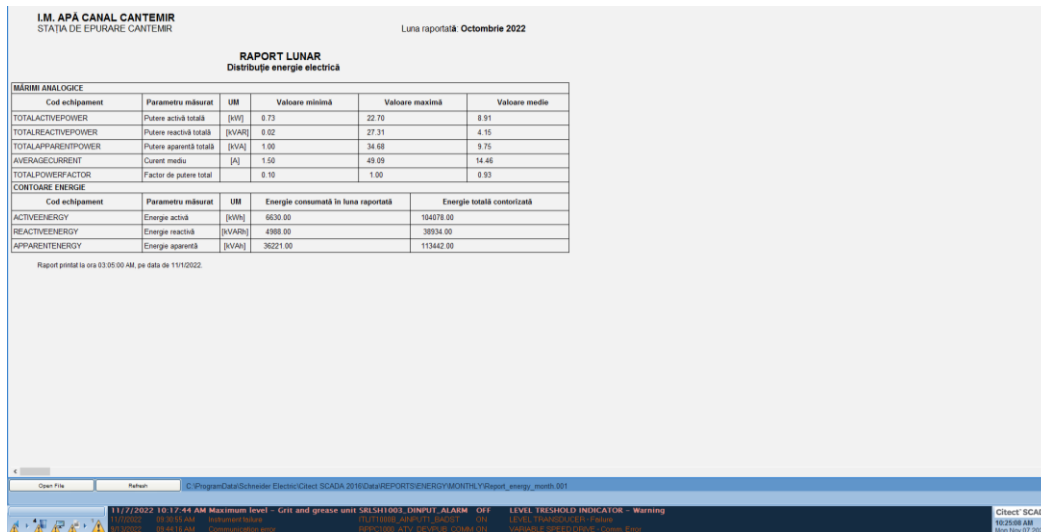


Figura 5. Exemplu raport energie electrică lunar [7]

Conform raportului din Fig. 5 se poate analiza consumul total de energie electrică. La cazul dat lunar. Cu ajutorul softului elaborate, prin simulare, sau ajuns la aceste date pana a fi construită stația. Acest consum a fost mai mare, dar fiind faptul ca am putut micșora puterile instalate si automatiza procesul tehnologic în așa fel ca echipamentele să funcționeze la maxima eficiență energetică, am putut micșora acest consum. Ce a dus la micșorarea chetuielilor lunare, în unele cazuri și micșorarea prețului pe echipament

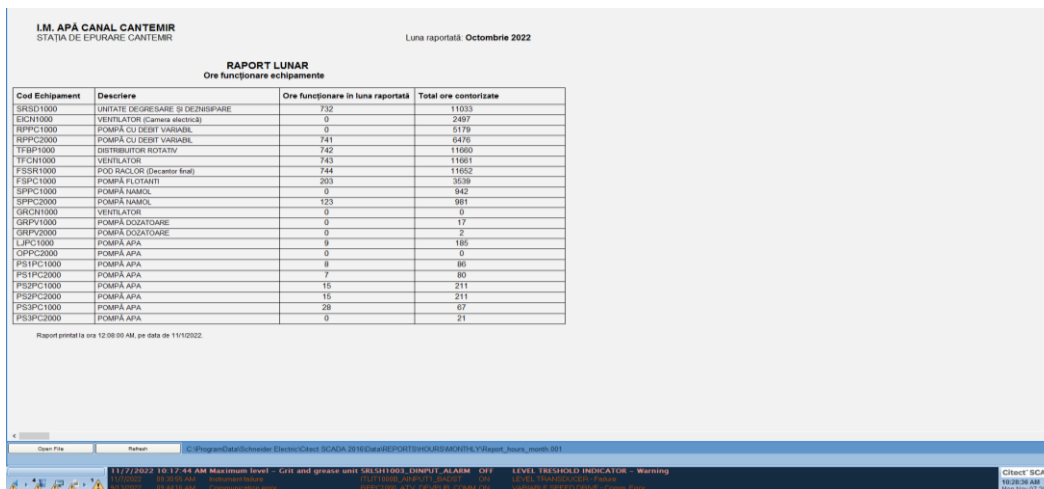


Figura 6. Exemplu raport ore funcționare lunar [7]

Conform raportului din Fig. 6 se poate analiza diagrama de funcționare a fiecărui echipament în parte. La fel cu ajutorul softului proiectat au fost calculate orele aproximative lunare, și ajustate

pentru a calcula 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 langa faptul ca funcționează mai puțin în timp, dar și mai eficient. Cu ajutorul PLC-ului și modului de funcționare automatizat echipamentele funcționează doar când e necesar conform sarcinii tehnologice, micșorând cheltuielile și măbind termenul de funcționare fără defecte mecanice sau electrice [5].

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.

În afară de aceste cerințe de control al instalației, reglementările locale și cerințele autorităților pentru înregistrarea, manipularea datelor, răspunsul la alarmă și arhivarea sunt îndeplinite prin utilizarea unui sistem de automatizare, control și SCADA de ultima generație.

Controlul de supraveghere și achiziția de date (SCADA) și sistemele de control automat PLC sunt furnizate pentru controlul și monitorizarea centralizate a instalației. Software-ul SCADA este CITECT. Aranjamentul general al controlului automat este inclus ca ecrane în SCADA.

Sistemul SCADA este amplasat într-o cameră de control special construită. Sala de control este dotată cu mobilier respectiv echipamentelor sistemului SCADA. Pentru parametrii critici sunt furnizate facilități de rezervă pentru stocarea pe disc de date.

Sistemele SCADA sunt echipate cu o sursă de alimentare neîntreruptibilă on-line, cu baterie limitată, pentru a permite monitorizarea stării de bază a centralei în timpul întreruperilor scurte de alimentare.

Sistemul de supraveghere și control al instalației (SCADA) cuprinde[6]:

- Un server SCADA care este și o stație de operare pentru monitorizare, control și supravegherea operațiunilor în stație.

- Loc de muncă SCADA pentru administrare (numai citire).

- O rețea de proces Ethernet pentru a lega PLC-ul principal de proces și serverul SCADA.

- Un comutator.

- Un router GSM.

- Controlere logice programabile (PLC-uri) pentru controlul procesului automatizat.

Serverul de bază are următoarea configurație tehnică:

5. Processor – intel Core i7 3,0 GHz.

6. Memorie – 16 GB RAM.

7. HDD – 1 TB.

8. Ethernet Gigabit controller incorporate.

9. Placa video incorporate.

10. Tastatură USB.

11. Maus USB.

12. Monitor LED cu diagonala de 21.5”

Adițional serverul este echipat cu printer A3 și cu o memorie hard externă pentru back-up informație.

Conform Fig.7 comunicația între echipamente este realizată prin interfața de comunicare paralelă ETHERNET. Comunicația este realizată între serverele SCADA, PLC, HMI și convertizoare de frecvență. La fel este prezentă și comunicația prin GSM cu stațiile de pompare a apei brute.

Sistemul SCADA CITECT este echipat cu o licență de 1500 variabile, care poate fi reînnoită la necesitate. Sistemul SCADA îndeplinește următoarele funcții de bază:

13. Afișarea dinamică/statică a echipamentelor din stație.

14. Arhivarea pe termen lung/scurt a tuturor datelor și acțiunilor.

15. Vizualizarea graficelor.

16. Afișarea alarmelor curente/arhivă, la fel și luarea la cunoștință de către operator.

17. Printarea alarmelor, graficelor cu legarea de timp real/timp arhivă.

18. Arhivarea evenimentelor.

19. Menținerea echipamentelor și raportarea.
20. Monitorizarea și managementul proceselor automatizate.

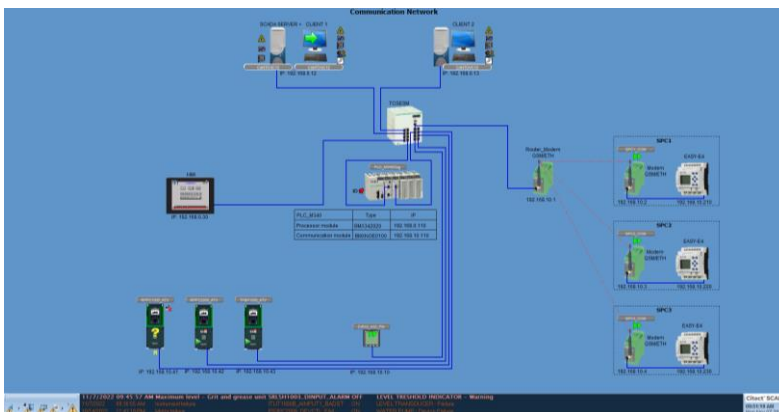


Figura 7. Sistem de comunicație în stație și extern [7]

Este prevăzut un sistem ierarhic de protecție prin parolă pentru a preveni accesul neautorizat la diferitele niveluri și funcții din cadrul sistemului de control.

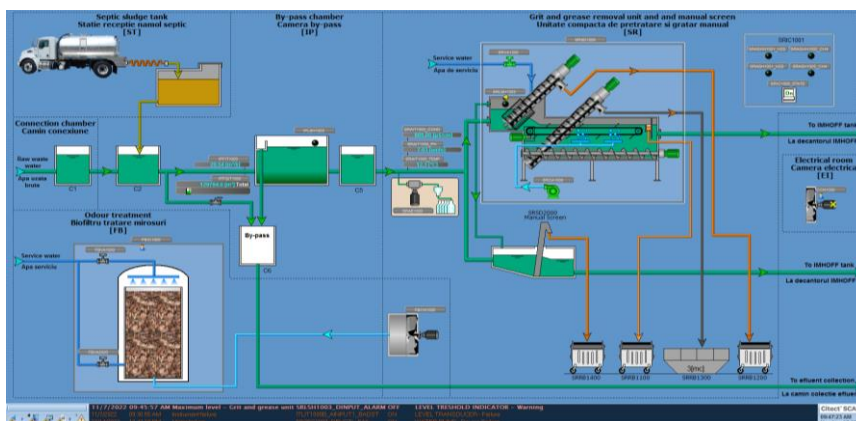


Figura 8. Exemplu de pagină a sistemului SCADA [7]

Diagramele cu obiecte și echipamente sunt afișate pe sistemul SCADA. De obicei, vizualizarea lor se bazează pe P&ID-ul proiectului și acoperă toate zonele de proces, după caz Fig. 8. PLC-ul este utilizat pentru a efectua următoarele operații de bază:

1. Furnizarea de comenzi către diferite unități și actuatori pe baza secvenței predefinite de funcționare pentru îndeplinirea interblocării de siguranță și optimizarea funcționării.
2. Citirea valorilor diferiților parametri de proces din instrumentele de câmp și analizatoare, run și condițiile de declanșare/defecțiune ale convertizoarelor de frecvență, starea deschis/închis și condițiile de declanșare/defecțiune ale supapelor motorizate, consumul de energie de la analizatorul de rețea etc.
3. Comunicarea cu software-ul SCADA bazat pe PC pentru a obține funcționalitatea, stocarea datelor și raportarea lor.

### Concluzii

1. În baza softului elaborat pentru proiectarea stațiilor de tratare a apei uzate, a fost proiectată stația de epurare din orașul Cantemir.
2. În baza calculelor primite după simularea softului au fost selectate corect echipamentele electromecanice din cadrul stației de tratare.
3. În baza simulării softului a fost consumul energetic a stației cu aproximativ 20%, durata de exploatare a fost marită cu aproximativ 2-3 ani și cheltuielile pe întreținere micșorate cu aproximativ cu 5 %.

4. Alegerea echipamentelor a fost optimizată din punct de vedere a eficienței energetice și a modului de funcționare.
5. 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.
6. În baza rapoartelor a orelor de funcționare a echipamentelor electromecanice este clar că sistemul electromecanic distribuit este corect automatizat și echipat cu echipament respectiv funcționării eficiente și optime.
7. Datele asupra consumului energetic după simularea softului sunt aproximativ egale cu datele primite în rapoartele energetice după funcționarea a unui an în regim autonom. Concluzie ce demonstrează veridicitatea datelor calculate.
8. 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 buna funcționalitate a sistemelor electromecanice distribuite ce își îndeplinesc funcția la cel mai înalt nivel conform procesului tehnologic prestabilit.

### Referințe

1. MOLDOVAN A, NUCA, I. “Automation of Wastewater Treatment Plant”, SIELMEN 2019. Moldova, Chisinau.
2. MOLDOVAN A., “Algoritmi pentru controlul și reglarea automată a sistemelor electromecanice distribuite programabile pentru stațiile de tratare a apelor uzate”, Technical Scientific Conference of Undergraduate, Master, PhD students Technical University of Moldova, 29-31 martie 2022.
3. NUCA I., *Accionări electrice. Note de curs*. Chișinău, 2011, 90 p. (format electronic). <http://elearning.utm.md/moodle/course/view.php>.
4. IVANOV V., *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. *Procedee și echipament de epurare a apelor. Romania*, Universitatea “Petru Maior” TG. MUREȘ, 2011, 200p. (format electronic).  
<http://www.amac.md/Biblioteca/data/17/08/Romania/80-Procedee-Si-Echipamente-de-Epurare-a-Apei.pdf>
7. Sistemul SCADA în cadrul stației de epurare Cantemir, nepublicat.
8. Aplicație dezvoltată în softul TiaPortal V17.