

Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea de Energetică și Inginerie Electrică
Departamentul Inginerie Electrică

Admis la susținere

Șef departament dr.conf. Ilie NUCA

„_” _____ 2023

**CREAREA UNUI SISTEM SCADA NAȚIONAL
PENTRU MONITORIZAREA CENTRALELOR
EOLIENE**

Teză de master

Masterand: _____ (**Rezanov Denis**)

Conducător: _____ (**Cazac Vadim**)

Chișinău – 2023

REZUMAT

Teza conține: 70 pagini, 56 ilustrații, 1 tabel, 50 surse bibliografice

Cuvinte cheie: Sistem SCADA, stație eoliană, monitorizare, dispecerat, remote control, rețea națională de management, telecomandă, sistemul energetic.

Obiectul de studiu: Sistemul SCADA pentru supravegherea și gestionarea stațiilor eoliene.

Scopul general al tezei: Crearea unui sistem SCADA de monitorizare și comandă a stațiilor eoliene.

În această lucrare sa pus problema realizării unui sistem SCADA care v-a da posibilitatea gestionării și monitorizării a stațiilor eoliene, v-a permite îmbunătățirea înțelegerii proceselor care au loc în sistemul de alimentare și transport, în evaluarea eficienței algoritmilor pentru funcționarea sistemelor de control al echipamentelor, sistemelor de protecție.

Prezenta lucrare include:

Identificarea fiecărui sistem în parte și descrierea rolului și funcționalitatea fiecărui. Se determină tipul sistemului SCADA conform cerințelor impuse în caetul de sarcină.

Realizarea topologiei de comunicație între Sistemul SCADA local și Sistemul SCADA național al Î.S. „Moldelectrica”, se aleg echipamentele Hardware, și se elaborează și se configurează Software necesar.

Realizarea interfețelor grafice pentru Sistemul SCADA (cu rol de monitorizare și comandă), și se stabilesc condițiile de comandă. Se v-a efectua repartizarea datelor între cele două sisteme.

Realizarea și implementarea sistemului SCADA s-a efectuat la solicitarea companiei SRL „IraromGrup”, Moldova, în colaborare cu Î.S. „Moldelectrica”.

SUMMARY

The thesis contains: 70 pages, 56 illustrations, 1 table, 50 bibliographic sources.

Keywords: *SCADA system, wind station, monitoring, dispatch, remote control, national management network, remote control, energy system.*

Study object: The SCADA system for the supervision and management of wind farms.

General aim of the thesis: Creation of a SCADA system for monitoring and controlling wind stations.

In this project put the problem of creating a SCADA system was raised that would allow you to manage and monitoring wind stations, allow you to improve the understanding of the processes that take place in the supply and transport system, in the evaluation of the efficiency of algorithms for the operation of equipment control systems, protection.

This project includes:

Identifying each individual system and describing the role and functionality of each. The type of SCADA system is determined according to the requirements imposed in the task list.

Realization of the communication topology between the local SCADA System and the national SCADA System of Î.S. "Moldelectrica", the Hardware equipment is chosen, and the necessary Software is developed and configured.

Realization of graphic interfaces for the SCADA System (with a monitoring and control role), and the control conditions are established. Your data will be distributed between the two systems.

The creation and implementation of the SCADA system was carried out at the request of the company SRL "IraromGrup", Moldova, in collaboration with Î.S. "Moldelectrica".

CUPRINS

INTRODUCERE.....	6
1. SISTEMUL DE MANAGEMENT A STAȚIILOR EOLIENE ȘI A REȚELELOR DE TRANSPORT.....	8
1.1. Analiza stării actuale a sistemului de monitorizare și a rețelelor electrice de transport de înaltă tensiune.	8
1.2. Studiul metodelor și tehnologiilor de control și evidență al centralelor eoliene din RM	17
1.3. Determinarea problemelor privind integrarea centralelor eoliene într-un sistem comun de management cu rețele electrice de înaltă tensiune.....	21
2. REALIZAREA ARHITECTURI ȘI ALEGEREA ECHIPAMENTELOR HARWARE ȘI SOFWARE.....	24
2.1. Arhitectura și echipamentelor de management local.....	24
2.2. Componenta sistemului de monitorizare și control Granit-Mikro.....	26
2.3. Conectarea sistemului SCADA cu echipamente de control a stației.....	33
2.4. Implementarea funcțiilor de evidență, semnalizare și telecomandă.....	35
3. ELABORAREA INTERFEȚEI GRAFICE A SISTEMULUI DE CONTROL ȘI INTERCONECTAREA ACESTUIA CU SCADA NAȚIONALĂ.....	44
3.1. Prezentarea interfeței grafice Granit-Mikro.....	44
3.2. Interconectarea sistemului de control cu SCADA locală și națională.....	56
CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI	65
REFERINȚE BIBLIOGRAFICE	66

Declarația privind asumarea răspunderii

INTRODUCERE

Actualitatea temei de cercetare. Cu majorarea bruscă a numărului de surse regenerabile de energie electrică, instalate în RM, crește și cererea la asigurarea fiabilității și securității energetice a țării. Generarea energiei regenerabile este imprevizibilă și are un caracter intermitent. Prin urmare, integrarea energiei regenerabile în sistemul energetic fără a compromite calitatea energiei electrice este o sarcină descurajantă.

Implementarea sistemului SCADA de monitorizare și control a stațiilor eoliene v-a permite îmbunătățirea înțelegerii proceselor care au loc în sistemul de alimentare și transport, evaluarea eficienței algoritmilor pentru funcționarea sistemelor de control al echipamentelor, sistemelor de protecție. Majoritatea turbinelor eoliene nu sunt capabile să mențină puterea reactivă în sistemul de transport. Odată cu pătrunderea energiei de la stații eoliene, datorită inerției mai mici a generatoarelor, se modifică și comportamentul frecvenței energiei electrice în sistem. Pătrunderea energiei eoliene reduce în general eficiența și calitatea puterilor energetice.

Scopul acestei lucrări este de a aduce o contribuție cu caracter științifico-practic la soluționarea problemei eficientizării managementului energetic, în cadrul întreprinderii ÎS „Moldelectrica”. Prezentarea soluției de gestionare eficientă și calitativă a energiei electrice prin implementarea sistemului SCADA în stații eoliene și interconectarea lor în sistemul de management a rețelei de transport a Republicii Moldova. Toate acestea vor avea un impact pozitiv asupra creșterii securității în alimentare și asupra diversificării surselor de energie ale RM.

Obiectivele cercetării sunt: elucidarea fundamentelor teoretico-metodologice ale managementului energetic; dezvoltarea aspectelor tehnologice și metodologice de eficientizare și a sistemului de management energetic național; dezvoltarea metodologiei de interconectare a sistemului de control și evidență a stațiilor eoliene.

Pentru materializarea scopului propus, au fost stabilite următoarele *sarcini*:

- analiza evoluției managementului energetic și efectuarea precizărilor conceptuale asupra funcțiilor acestuia din perspectiva elucidării fundamentelor teoretico-metodologice ale unui sistem de management energetic eficient;
- identificarea problemelor de control și evidență a centralelor eoliene și a rețelei de transport în RM;
- evaluarea potențialului tehnic a instalațiilor electrice de management a energiei electrice;
- soluționarea problemei de integrarea centralelor eoliene într-un sistem comun de monitorizare și control cu rețele electrice transport de înaltă tensiune.

În calitate de suport teoretico-științific, metodologic, informațional și statistic au servit cercetările savanților autohtoni și celor din străinătate, care au studiat problemele legate de

managementul energetic a SER. De asemenea, au fost utilizate lucrările publicate în revistele de specialitate și în culegerile materialelor conferințelor științifico-practice.

Suportul metodologic l-au constituit metodele care au fost aplicate, și anume: observarea, compararea, statistica, analiza sistemului energetic, sinteza, simulări și modelarea. Tehnicile de analiză în procesul cercetării au fost de natură tehnică, logică și statistică.

În calitate de *instrumente de cercetare* au servit compararea, ordonarea și tehnici proiective. Suportul informațional și statistic constă în actele legislative aprobate și publicate în acest domeniu de Agenție Națională pentru Reglementare în Energetică a RM, materialele operatorului sistemului de transport Î.S. „Moldelectrica”, datele companiilor cu stații eoliene instalate, interviuarea experților, etc.

Sumarul compartimentelor tezei. Teza include introducerea, 3 capitole, compartimentul ce ține de concluziile finale ale tezei, lista bibliografică.

În *Introducere* este expusă importanța subiectului de cercetare, actualitatea temei, argumentarea alegerii temei de cercetare, scopul și obiectivele tezei și sumarul compartimentelor tezei.

Capitolul 1 „Sistemul de management a stațiilor eoliene și a rețelelor de transport” conține o analiză a stării actuale a managementului energetic, situației existente și problemelor privind controlul, evidență, monitorizare a părților componente a întregului sistem energetic al țării. Sunt analizate noțiunile, conceptele și teoriile expuse în literatura de specialitate pornind de la primele idei despre managementul energetic până la standardizarea conceptului de management energetic. Se atrage o atenție deosebită calității serviciilor de distribuție a energiei electrice și protecția consumatorilor.

Capitolul 2 „Realizarea arhitecturii și alegerea echipamentelor hardware și software”

Sunt determinate echipamentele necesare pentru implementarea sistemului SCADA în stații eoliene. S-au prezentat schemele de conexiune a sistemului nou de control cu cel preinstalat în cadrul stației, volumul senzorilor, releelor de comutație, semnalelor de avariere. S-a realizat schemele de conexiune a acestora și a analizatorilor calității energiei electrice generate.

Capitolul 3 „Elaborarea interfeței grafice a sistemului de control și interconectarea acesteia cu SCADA națională” conține prezentarea părții grafice a aplicației de monitorizare și control la punctul de dispetcerat local, setările utilajului pentru interconectarea cu SCADA națională. S-au evidențiat părțile pozitive ale acestei interconectări în privința dezvoltării securității, fiabilității sistemului energetic al RM.

În *Concluzii și recomandări* sunt generalizate constatările și concluziile de bază ale cercetării, sunt formulate recomandările principale privind eficientizarea managementului energetic din Republica Moldova.

BIBLIOGRAFIE

1. AGENȚIA NAȚIONALĂ PENTRU REGLEMENTARE ÎN ENERGETICĂ. Disponibil: [<http://anre.md/raport-de-activitate-3-10>] Accesat:[09.10.22]
2. BALANȚA ENERGETICĂ A REPUBLICII MOLDOVA, edițiile 2007-2021 Disponibil: [https://statistica.gov.md/ro/balanta-energetica-a-republicii-moldova-editiile-2007-2021-9668_59503.html] Accesat:[11.10.22]
3. MUNTEANU ION *Teza de doctor în economie „Efiencitizarea sistemului de management energetic la nivelul autorităților publice locale”*.
4. R A P O R T privind activitatea Agenției Naționale pentru Reglementare în Energetică în anul 2019
<https://anre.md/storage/upload/administration/reports/495/RAPORT%20DE%20ACTIVITAT E%202019%20FINAL%2030.11.2020.docx.pdf> Accesat:[11.10.22]
5. Raport anual de activitate 2020 ANRE
<https://anre.md/storage/upload/administration/reports/751/R%20A%20P%20O%20R%20T%20ANRE%202020%20Final.pdf> Accesat:[11.10.22]
6. RAPORT ANNUAL DE ACTIVITATE 2021 ANRE.
<https://anre.md/storage/upload/administration/reports/956/Raport%202021%20Final%201.pdf>
Disponibil :[10.10.22]
7. Registrul producătorilor eligibili <https://anre.md/2022-3-395> Accesat:[12.10.22]
8. BEJAN, I.; BALABAN, G. *Automatizări și telecomunicații în energetica*. București: E.D.P. 2016.
9. HOTĂRÂRE Nr. 251 din 05-07-2019 cu privire la aprobarea Regulamentului privind confirmarea statutului de producător eligibil
https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=127695&lang=ro Accesat:[12.10.22]
10. Starea sistemului energetic al Republicii Moldova
https://moldelectrica.md/ro/activity/system_state Accesat:[12.10.22]
11. H O T Ă R Ă R E cu privire la aprobarea clauzelor obligatorii ale contractului pentru achiziționarea energiei electrice produse din surse regenerabile nr. 252/2019 din 05.07.2019 Monitorul Oficial nr.230-237/1282 din 19.07.2019
12. CARABULEA, A., CARABOGDAN. I. GH. *Modele de bilanțuri energetice reale și optime*. București: Academiei R.S.R., 1982. 327 p.

13. CARABULEA, A. *Principii și modele privind proiectarea operațională a managementului sistemelor de energie*. București: Editura Academiei Române, 2016.
14. CERINȚE TEHNICE SUPLIMENTARE FAȚĂ DE SURSELE REGENERABILE DE ENERGIE. Disponibil: [<http://moldelectrica.md/files/docs/cerinte-tehnice-fata-de-centralele-electrice-regenerabile.pdf>] Accesat:[17.10.22]
15. GOLOVANOV, N., POSTOLACHE, P.; TOADER, C. *Eficiența și calitatea energiei electrice*. București, 2017.
16. HOTĂRÂRE ANRE NR. 190 DIN 30 AUGUST 2005. *Instrucțiune pentru calcularea consumului tehnologic de energie electrica in rețelele electrice*.
17. HOTĂRÂRE ANRE nr. 382 din 02.07.2010. *Regulamentul privind măsurarea energiei electrice în scopuri comerciale*.
18. HOTĂRÎRE NR.811 DIN 29.10.2015. CU PRIVIRE LA PROGRAMUL DE SECURITATE CIBERNETICĂ A REPUBLICII MOLDOVA PENTRU ANII 2016-2020.
19. «ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ. ПОДГОТОВКА ПЕРСОНАЛА И ПОДДЕРЖАНИЕ ЕГО КВАЛИФИКАЦИИ» №3/2007
<http://www.amac.md/Biblioteca/data/16/01/22/05/2007.03.pdf> Accesat:[20.10.22]
20. HOTĂRÂRE ANRE NR. 227 DIN 29 NOIEMBRIE 2006. Regulamentul privind funcționarea în paralel cu sistemul electroenergetic a centralelor electrice destinate uzului intern, Hotărâre ANRE nr. 227 din 29 Noiembrie.
21. RAPORT ȘTIINȚIFIC: *Elaborarea planului de dezvoltare a rețelelor electrice de transport în perioada anilor 2018-2027*. Chișinău, 2017.
22. Tudor Ciuru, *Echipamente Moderne de Automatizare si Utilaje Tehnologice Industriale*.
Îndrumar de documentare, programare si aplicare practica. Editura Tehnica – INFO, Chisinau 2009
23. Vasile Rachier, *Utilizarea si programarea controlerelor*, îndrumar de curs.
24. Virginia Ivanov *Sisteme integrate de monitorizare si control pentru echipamente electrice*, Editura Universitaria, Craiova, 2008
25. Stuart A. Boyer *Scada : Supervisory Control and Data Acquisition*
26. SCADA System Fundamentals
<https://www.cedengineering.com/userfiles/SCADA%20System%20Fundamentals-R1.pdf>
Accesat:[22.10.22] Accesat:[22.10.22]
27. Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)
https://www.researchgate.net/publication/353142664_Supervisory_Control_And_Data_Acquisition_SCADA
28. SCADA BASED AUTOMATION SYSTEM Using MODBUS protocol

<https://core.ac.uk/download/pdf/55305302.pdf> Accesat:[22.10.22]

29. Андреев Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В. - *SCADA-системы: взгляд изнутри*.
30. L.M. Thompson *Industrial Data Communications*
31. BMR vývoj a výroba elektronických systémů pro měření a regulaci topení, měření elektrické energie, kompenzace. Disponibil: [<https://www.bmr.cz/>] Accesat:[01.11.22]
32. STUDIU EXPERIMENTAL ASUPRA TURBINELOR EOLIENE CU AX VERTICAL ECHIPATE CU ROTOARE CU UN SINGUR ETAJ Disponibil: [https://www.utgjiu.ro/revista/ing/pdf/2012-3/1_Lucian%20RUS.pdf] Accesat:[01.11.22]
33. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ МУЛЬТИМОДУЛЬНОЙ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СКОРОСТИ ВЕТРА И НАГРУЗКИ Disponibil: [<https://science-education.ru/ru/article/view?id=11407>] Accesat:[05.11.22]
34. Noțiuni despre aeromotor Disponibil: [<http://www.ie.ucv.ro/eLEE/RO/realisations/EnergiesRenouvelables/FiliereEolienne/Generalites/Etudeappliquee/EtudeappliqueeEolien3.htm>] Accesat:[05.11.22]
35. Научно производственное предприятие «Промэкс» - Disponibil: [<https://promex.com.ua/produksiya/moduli-mikrogranit>] Accesat:[07.11.22]
36. Dicționarul explicativ al limbii române, <http://dexonline.ro/>
37. Our automation solutions for Energy: Renewable Energy. Grid Engineering. Monitoring Disponibil:[<https://www.bachmann.info/de>] Accesat:[07.11.22]
38. Оборудование и услуги Гранит-Микро - Disponibil:[<http://www.granit-micro.ru/ALL/produkt.htm>] Accesat:[07.11.22]
39. MFR 13. Multi Function Relay. Protection. · Complete generator protection in one unit Disponibil:[<http://jewoneng.co.kr/Services/Products/PDF/Power-Management/Woodward-MFR-13.pdf>] Accesat:[08.11.22]
40. OPERATION MANUAL Plant and Remote Control Software of the Wind Turbine Generator System Manufacturer: GE Wind Energy GmbH Holsterfeld 16 2002
41. M E T O D I C A cu privire la măsurarea, monitorizarea și analiza parametrilor de calitate a energiei electrice Disponibil:[<http://www.amac.md/Biblioteca/data/16/01/04/07.1.pdf>] Accesat:[09.11.22]
42. RAPORT LA STUDIUL DE IMPACT ASUPRA MEDIULUI PENTRU “PARC EOLIAN, INSTALARE TURNURI MONITORIZARE SI CONTROL, RACORDARE LA SISTEMUL ENERGETIC NATIONAL Disponibil:[https://www.eib.org/attachments/pipeline/20110247_eia_ro.pdf] Accesat:[09.11.22]

43. Surse regenerabile de energie: Curs de prelegeri / I. Sobor, D. Caragheaur, Ș. Nosadze; Min. Educației și Tineretului, Univ. Tehnică a Moldovei.- Chișinău; UTM, 2006.- 380 p. ISBN 978-9975-45-020-1.
44. EFICACITATEA STAȚIILOR EOLIENE ȘI ANALIZA POSIBILITĂȚILOR DE UTILIZARE A ENERGIEI EOLIENE CA SURSĂ ALTERNATIVĂ DE ENERGIE
http://repository.utm.md/bitstream/handle/5014/2785/Conf_UTM_2014_Vol_III_pg441_444.pdf?sequence=1&isAllowed=y Accesat:[09.11.22]
45. Automatizați instalațiile de energie eoliană
https://www.weidmueller.ro/ro/companie/piete_industrii/eoliene/instalatii_automatizate_de_energie_eoliana.jsp Accesat:[10.11.22]
46. Plan de Dezvoltare a Rețelelor Electrice de Transport în perioada anilor 2018-2027
<https://moldelectrica.md/files/docs/TYNDP.pdf> Accesat:[10.11.22]
47. Перспективы применения синхронизированных векторных измерений
<http://digitalsubstation.com/blog/2018/05/07/perspektivy-primeneniya-sinhronizirovannyh-vektornyh-izmerenij/> Accesat:[10.11.22]
48. Wind Energy - The Facts Partea I : Tehnologia - <https://www.wind-energy-the-facts.org/partea-i--tehnologia.html> Accesat:[12.11.22]
49. Wind Energy - The Facts Partea II: Integrarea in rețelele electrice <https://www.wind-energy-the-facts.org/part-ii-integrarea-in-reelele-electrice.html> Accesat:[12.11.22]
50. Wind Energy - The Facts Partea VI : Scenarii de viitor și obiective <https://www.wind-energy-the-facts.org/partea-vi--scenarii-de-viitor-i-obiective.html> Accesat:[12.11.22]