

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII
AL REPUBLICII MOLDOVA**

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

Admis la susținere

Șefă departament:

HLUSOV Viorica, conf. univ., dr

„_____” _____ 2025

**Analiza soluțiilor de racordare a parcurilor fotovoltaice cu
puterea de 1 MW la rețelele electrice de distribuție (6)10kV**

Teză de master

**Masterand: _____ PETRINEAC Iulian,
gr. EE-23M**

**Conducător: _____ STIOPCA Oleg
conf. univ., dr.**

Chișinău, 2025

ADNOTARE

Autor – PETRINEAC Iulian. **Titlul** – *Analiza soluțiilor de racordare a parcurilor fotovoltaice cu puterea de 1 MW la rețelele electrice de distribuție (6)10kV.*

Structura lucrării: lucrarea conține o introducere, patru capitole, concluzii, bibliografie din 33 titluri și 11 link-uri utilizate, 2 anexe, 87 pagini, 30 figuri, 18 tabele.

Cuvinte-cheie: eficiență energetică, resurse sustenabile, surse regenerabile, parc fotovoltaic, racordare la rețea.

Problematika studiului: analiza soluțiilor de racordare a unui parc fotovoltaic cu puterea de 1 MW în satul Speia, raionul Anenii Noi.

Obiectivele studiului: dezvoltarea energiei sustenabile locale și naționale, determinarea soluțiilor de racordare a parcurilor fotovoltaice de producere la rețea de medie tensiune.

Rezultate obținute: în urma studiului s-a demonstrat posibilitatea creșterii eficienței energetice în diferite sectoare economice și sociale din raionul Anenii Noi. De asemenea s-a constatat importanța elaborării corecte a documentației de proiect pentru construcția unui parc fotovoltaic.

ABSTRACT

Author – PETRINEAC Iulian. **Title** – *Analysis of the solutions for the connection of photovoltaic parks with a capacity of 1 MW to the (6)10kV electrical distribution networks.*

Thesis structure: the paper contains an introduction, four chapters, conclusions, bibliography of 33 titles and 11 links used, 2 appendices, 87 pages, 30 figures, 18 tables.

Keywords: energy efficiency, sustainable resources, renewables, photovoltaic park, grid connection.

Study issues: analyzing the solutions for the connection of a photovoltaic park with a capacity of 1 MW in the village of Speia, Anenii Noi district.

The study's objectives: development of local and national sustainable energy, determination of solutions for the connection of photovoltaic generation parks to the medium voltage grid.

Result obtained: the study has demonstrated the possibility of increasing energy efficiency in different economic and social sectors in Anenii Noi district. The importance of the correct elaboration of the project documentation for the construction of a photovoltaic park was also found.

INTRODUCERE	10
1. ASPECTE GENERALE PRIVIND ENERGIA FOTOVOLTAICĂ ÎN REPUBLICA MOLDOVA. PĂRȚILE PRINCIPALE PRIVIND RACORDAREA UNEI CENTRALE FOTOVOLTAICE ÎN REȚEA DE MEDIE TENSIUNE	12
1.1. Etapele dezvoltării energiei fotovoltaice în Republica Moldova	12
1.2. Cadrul legislativ și strategii naționale de dezvoltare a energiei fotovoltaice	13
1.3. Potențialul energiei fotovoltaice al Republicii Moldova	15
1.4. Politica de preț pentru producătorii de energie electrică din surse fotovoltaice în Republica Moldova	17
1.5. Acțiunea ultimilor amendamente legislative pentru consumatorii casnici și industriali în domeniul energiei electrice fotovoltaice	19
1.6. Procedeele de conectare a unei centrale fotovoltaice cu puterea de 1MW în Republica Moldova.....	22
1.7. Diferența între racordarea unei centrale fotovoltaice la tensiune mică (0.23/0.4kV) și tensiune medie (6/10kV)	23
2. METODOLOGIA DE PROIECTARE ȘI CONSTRUCȚIE A UNUI PARC FOTOVOLTAIC CU PUTEREA DE 1 MW	26
2.1. Date inițiale despre locația și amplasarea parcului fotovoltaic cu puterea de 1MW situat în satul Speia, r-nul Anenii Noi.....	26
2.2. Alegerea celulelor fotovoltaice.....	29
2.3. Structurile de montare și conectarea panourilor fotovoltaice.....	33
2.4. Alegerea aparatelor de protecție pe partea de curent continuu	38
2.5. Alegerea invertoarelor DC/AC pentru centrala fotovoltaică.....	41
2.6. Calculul numărului de invertoare și celule fotovoltaice.....	43
2.7. Alegerea postului de transformare pentru racordare la rețea.....	46
2.8. Alegerea echipamentului PT pe partea de joasă tensiune ID-0,4kV.....	47
2.9. Alegerea echipamentului PT pe partea de medie tensiune ID-(6)10kV.....	49
3. STUDIUL DE SOLUȚII PENTRU RACORDAREA LA REȚEA A UNUI PARC FOTOVOLTAIC CU PUTEREA DE 1 MW, SITUAT ÎN RAIONUL ANENII NOI	55
3.1. Analiza racordării centralei fotovoltaice la rețea de medie tensiune - celula 10 kV a PDC168 110/10 kV Șerpeni	55
3.2. Întreruptorul de putere 10 kV	55
3.3. Transformatoarele de curent de fază.....	56
3.4. Transformator de curent de secvență zero.....	57
3.5. Testarea transformatorului de bare 10 kV	58
3.6. Analiza racordării centralei fotovoltaice la rețea de medie tensiune - LEA-(6)10kV.....	59
3.7. Calculul curenților de scurt circuit.....	61
3.8. Protecția prin rele și automatizarea.....	66
3.9. Alegerea cablurilor pentru construcția și racordarea centralei fotovoltaice.....	71

4. EFICIENȚA ECONOMICĂ ȘI IMPACTUL ASUPRA MEDIULUI A PARCULUI FOTOVOLTAIC DE 1MW PROIECTAT.....	74
4.1. Costurile de investiții pentru construcția parcului fotovoltaic.....	74
4.2. Cheltuieli anuale de operare și mentenanță.....	76
4.3. Veniturile generate și perioada de recuperare a investițiilor.....	77
4.4. Impactul asupra mediului a centralei fotovoltaice proiectate.....	8
CONCLUZII	82
BIBLIOGRAFIE	83
ANEXE	85
A1. Schema electrică monofilară de conectare a panourilor solare la invertor.....	85
A2. Schema electrică monofilară de racordare a postului de transformare la rețea (6)10kV.....	86

INTRODUCERE

Energia fotovoltaică reprezintă una dintre cele mai promițătoare surse regenerabile de energie, oferind o alternativă curată și sustenabilă față de combustibilii fosili. În contextul Republicii Moldova, unde dependența energetică externă și impactul schimbărilor climatice sunt preocupări majore, implementarea și extinderea parcurilor fotovoltaice sunt esențiale pentru atingerea obiectivelor naționale privind energia regenerabilă și reducerea emisiilor de carbon.

Un parc fotovoltaic cu o putere instalată de 1 MW poate contribui semnificativ la mixul energetic al țării, dar pentru ca această energie să fie utilizată eficient, este necesară racordarea corectă la rețeaua electrică națională. În Republica Moldova, rețelele de 10 kV sunt considerate ideale pentru racordarea instalațiilor de această capacitate, deoarece oferă un echilibru între eficiența transmisiei și costurile investiționale. Procesul de racordare implică o serie de pași tehnici și administrativi, care includ studiul de fezabilitate, proiectarea infrastructurii necesare și obținerea avizelor și aprobărilor de la autoritățile competente.

Principalele aspecte care trebuie abordate în procesul de racordare sunt:

- *Realizarea unui studiu de fezabilitate:* Acesta analizează atât potențialul parcului fotovoltaic de a produce energie, cât și capacitatea rețelei locale de a prelua și distribui energia generată. Studiul include evaluări privind tensiunea de scurtcircuit, rezistențele liniei și impactul asupra stabilității rețelei.
- *Obținerea aprobărilor necesare:* Autoritățile naționale de reglementare în domeniul energiei, precum Agenția Națională pentru Reglementare în Energetică (ANRE), joacă un rol important în aprobarea proiectelor de racordare. De asemenea, este necesară o colaborare strânsă cu operatorul sistemului de distribuție pentru a asigura compatibilitatea cu rețeaua de 10 kV.
- *Proiectarea și construirea infrastructurii de racordare:* Aceasta implică instalarea transformatoarelor, cablurilor de medie tensiune, echipamentelor de protecție și monitorizare, precum și realizarea unui punct de conexiune la rețea. De asemenea, este importantă respectarea standardelor internaționale și locale pentru siguranță și calitate în construcția și operarea acestor instalații.
- *Soluții de echilibrare a fluctuațiilor de producție:* Deoarece energia solară este variabilă, trebuie adoptate soluții pentru a menține stabilitatea rețelei. Printre acestea se numără utilizarea invertoarelor de calitate, sisteme de stocare a energiei și tehnologii de gestionare inteligentă a rețelei pentru a preveni dezechilibrele în alimentare.
- *Costuri și modele economice:* Racordarea la rețea presupune costuri considerabile pentru investiții în infrastructură, dar și taxe de racordare impuse de operatorii de distribuție. Totodată, în funcție de reglementările în vigoare, dezvoltatorii de parcuri fotovoltaice pot beneficia de subvenții, tarife preferențiale sau mecanisme de sprijin pentru promovarea energiei regenerabile.

Printre provocările acestui proces se numără gestionarea variabilității producției de energie solară, asigurarea stabilității rețelei și respectarea normelor de siguranță și calitate. De asemenea, costurile legate de infrastructură și taxele de racordare pot influența fezabilitatea economică a proiectului. Cu toate acestea, beneficiile pe termen lung ale integrării energiei fotovoltaice în rețeaua electrică națională sunt considerabile, contribuind nu doar la creșterea capacității interne de producție a energiei, dar și la dezvoltarea durabilă și reducerea amprentei de carbon a Republicii Moldova.

BIBLIOGRAFIE

1. MOLDOVAN, A. (2014). *Energy Community and Moldova's Renewable Commitments. European Integration Studies.*
2. Agenția pentru eficiență energetică. (2016). *LP10: Legea privind promovarea utilizării energiei regenerabile.* Disponibil: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=144985&lang=ro#
3. UNDP. (2015). *Solar Energy Feasibility in Moldova.* Disponibil: <https://adaptation-undp.org/lighting-way-climate-resilient-energy-moldova>
4. Raportul EU4Energy din 2019. Disponibil: <https://www.iea.org/programmes/eu4energy>
5. Invest Moldova, art. *Obiectivele ambițioase ale Moldovei în domeniul energiei verzi.* Disponibil: <https://invest.gov.md/obiectivele-ambitioase-ale-moldovei-in-domeniul-energiei-verzi/>
6. Ministerul Energiei al Republicii Moldova, *Strategia energetică a Republicii Moldova pentru anul 2030.* Disponibil: <https://www.legis.md/cautare/downloadpdf/68103>
7. Ministerul Energiei al Republicii Moldova, *Strategia energetică a Republicii Moldova pentru anul 2050.*
Disponibil: https://energie.gov.md/sites/default/files/concept_strategia_energetica_act._clean_1.pdf
8. Ministerul Energiei al Republicii Moldova. Disponibil: <https://energie.gov.md/ro>
9. Centrul Național pentru Energie Durabilă. Disponibil: <https://cned.gov.md/ru>
10. Agenția Națională pentru Reglementare în Energetică. Disponibil: <https://anre.md/>
11. Ministerul Infrastructurii și Dezvoltării Regionale al Republicii Moldova. Disponibil: <https://midr.gov.md/>
12. European Bank for Reconstruction and Development, (2022). *Raport privind energia regenerabilă în Moldova.*
13. ERHAN, F. *Influența modurilor asimetrice asupra indicilor de fiabilitate funcțională a sistemelor distributive.* Jurnal de energie durabilă, Oradea, România, 2019, vol. 10, nr. 1, p. 6-9.
14. NAIE, ed. 7. *Norme de exploatare a instalațiilor electrice.*
15. Portalul datelor metereologice în întreaga lume – Weather Spark. Disponibil: <https://weatherspark.com/>
16. ROGER, A. Messenger și Jerry Ventre, *Photovoltaic Systems Engineering*
17. JAMES, P. Dunlop, *Photovoltaic Systems*
18. Proiect tipic 407-03-456.87 *Scheme electrice principale ID 6-750 kV.*
19. TISHCENKO, Y. N., MOVSESOVA, N. S., BARYBINA, Y. G., *Handbook on Designing Electricity Supply.* Moscow ENERGOATOMIZDAT 1990.

20. GOST P50030.1-2000. *Low-voltage distribution and control equipment. Part 1. General requirements and test methods.*
21. GOST P50030.2-99. *Low-voltage distribution and control equipment. Part 2. Circuit breakers.*
22. GOST P50030.7.1-2000. *Low-voltage distribution and control equipment. Part 7. Auxiliary electrical equipment.*
23. GOST 10518-88. *Electrical insulation systems.*
24. CTO 56947007-29.240.02.001-2008. *Methodological guidelines for protection of 0.4-10 kV power distribution networks from lightning overvoltages.*
25. GOST 774601. *Current transformers. General technical conditions.*
26. KIREEVA, E.A., Tsyruk S.A. *Modern complete transformer substations and switchgears with voltage 6(10)-35_0,4 kV (reference materials).* BET v.107. 2007.
27. NEBRAT, I.L. *Calculations of short-circuit currents in 0,4 kV networks. 2001.*
28. RD 153-34.0-20.527-98. *Guidelines for calculation of short-circuit currents and selection of electrical equipment.*
29. BELYAEV, D.V. *Selection of equipment, protections and cables in 0.4 kV networks.* BEM v.617. 1988
30. SHABAD, M.A. *Current transformers in relay protection schemes.* BET in. 1. 1998.
31. CTO 56947007-35.240.01.023-2009. *Automated information and measuring systems of commercial metering.*
32. GOST16555-75 *Power three-phase hermetic oil-sealed transformers. Technical conditions.*
33. ARION, Valentin, HLUSOV, Viorica, GHERMAN, Cristina. *Economia Surselor de Energie.* Choşinău, Editura “Tehnica-UTM”, ISBN 978-9975-45-435-3, ©2016, UTM.