

**MINISTERUL EDUCAȚIEI 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.

„_____” _____ 2026

**Proiectarea instalației de racordare a turbinei eoliene
Nordex N60 cu puterea 1,3MW.**

Teză de master

Masterand:

DOLGHI Alexei,

gr. En-24 M

Conducător:

TIRSU Mihai

conf. univ., dr.

Chișinău, 2026

ADNOTARE

Autor – DOLGHI Alexei, **Titlul** – *Proiectarea instalației de racordare a turbinei eoliene Nordex N60 cu puterea 1,3 MW.*

Structura lucrării: 3 capitole, concluzii, referințe bibliografice și anexe; lucrarea are un volum total de 60 pagini de text, 16 figuri și 3 tabele.

Cuvinte cheie: instalații eoliene, instalații de racordare, conectare la rețea, protecție.

Problematika studiului: Studiul propune implementarea surselor de energie regenerabilă și anume a energiei eoliene în rețele de distribuție de medie tensiune 10kV a operatorului de distribuție S.A. RED-Nord. Analizând din punct de vedere a producerii energiei electrice autohtone montarea turbinelor eoliene sau a parcurilor eoliene are un impact pozitiv și anume micșorarea gradului de dependentă energetică și trecerea de la combustibilii fosili la surse aproape inofensive fata de mediu. Totodată racordarea turbinelor eoliene la rețea creează un sir de probleme în sistemul energetic. Problemele majore sunt: crearea perturbațiilor în sistem, fluctuații de frecvență în afara limitelor admisibile. Un moment destul de important este că turbinele eoliene nu pot fi instalate mereu unde intensitatea vântului este optimă. De regulă turbinele eoliene nu se montează la distante mari de la stațiunile electrice.

Obiectivele studiului: Lucrarea prezintă exemplu concret care este pus (racordat la tensiune 10kV) în lucru și reprezintă un caz real. Montarea turbinelor eoliene este o soluție bine venită referitor la strategia de dezvoltare energetică, însă este o problemă în rețelele de distribuție, stațiuni care sunt învechite și în general nu prea sunt prevăzute pentru așa ceva. Un factor destul de problematic este ca turbinele sunt prevăzute pentru rețelele de 20 kV unde nu creează așa cadrei de tensiune în momentele de deconectare automată, pornire oprire sau la viteze ale vântului de peste 20m/s. Protecția turbinelor eoliene este foarte sensibilă ceea ce provoacă o mulțime de erori și deconectări avariate.

Rezultate obținute: În urma efectuării calculelor s-a ajuns la concluzia că pentru proiectarea racordării la rețeaua de distribuție 10kV este necesar de studii ample nu numai asupra parametrilor tehnici al utilajelor și rețelelor, dar și asupra locului montării, accesibilității și intensității vânturilor pe tot parcursul anului. Eficiența economică depinde foarte mult de starea generatorului eolian și nu în ultimul rând de analiza curenților de aer care predomină pe parcursul anului. Rentabilitatea din punct de vedere tehnic a turbinelor eoliene este caracterizată nu în ultimul rând și de distanța magistralei rețelelor de distribuție și secțiunii conductorului acestora.

Din punct de vedere economic turbinele eoliene sunt mai rentabile decât panourile solare și produc energie electrică mai stabil.

CUPRINS

Pag.

INTRODUCERE	9
1. DESCRIEREA GENERALA A ENERGIEI EOLIENE	11
1.1. Clasificarea turbinelor eoliene.....	11
1.2. Producerea energiei eoliene la nivel mondial	13
1.3. Studiul privind evaluarea potențialului eolian a Republicii Moldova.....	15
1.4. Descriere generală a instalației Nordex N60	21
2. PROIECTAREA SISTEMULUI DE RACORDARE A TURBINEI NORDEX N60 ÎN REȚEAUA 10kV A OPERATORULUI DE DISTRIBUTIE SA”RED-Nord	23
2.1 Determinarea soluțiilor tehnice.....	23
2.2 Calculul protecțiilor prin relele.....	25
2.3 Desene si scheme electrice de execuție privind racordarea si sincronizarea turbinei cu rețeaua de distribuție LEA-10 kV.....	49
2.4 Sistemul de împământare a turbinei eoliene, Nordex N60.....	53
2.5 Impactul asupra mediului a unei turbine eoliene.....	55
3. EFICIENȚA ECONOMICĂ A TURBINEI EOLIENE	58
3.1 Eficiența economică a turbinei eoliene (second-hand) Nordex N60.....	58
3.2 Eficiența economică a turbinei eoliene (nouă) Nordex N60.....	59
CONCLUZIE	61
BIBLIOGRAFIE	62

INTRODUCERE

Energia eoliană este o formă de energie regenerabilă, curată și inepuizabilă, produsă prin transformarea energiei cinetice a vântului în electricitate cu ajutorul turbinelor. Aceasta reprezintă o soluție prioritară la nivel mondial pentru tranziția energetică, având o creștere rapidă, cu tehnologii terestre și offshore care reduc dependența de combustibilii fosili.

Energia eoliană este unul dintre sectoarele de energie regenerabilă cu cea mai rapidă dezvoltare în ultimele decenii. Dezvoltarea tehnologiilor moderne a condus într-un ritm foarte rapid la producerea instalațiilor eoliene cu randament foarte înalt încât costul energiei eoliene au devenit comparabil cu costul energiei electrice generate de centralele termice cu combustibili fosili, precum cărbunele păcura și gazul. Combustibilii tradiționali utilizați la centralele termoelectrice sunt epuizabili, iar rezultatul arderii acestora duc la poluarea degradantă a mediului înconjurător și în cele din urmă la încălzirea globală, pe când energia eoliană este inepuizabilă și practic nu poluează mediul înconjurător.

O turbina eoliană este o instalație ce transformă energia cinetică a vântului în energie mecanică, iar apoi este convertită în energie electrică prin intermediul generatoarelor de curent electric. Turbinele eoliene moderne sunt de o varietate foarte mare având diametrul turbinei de la zeci de centimetri până la zeci de metri; cu numărul de pale a turbinei de la 1 până la 24 și chiar mai multe, iar după plasarea turbinei în curenții de aer există turbine cu ax orizontal sau vertical; cu pale elicoidale sau tambure etc.

Energia eoliană este cunoscută omenirii de cel puțin 2.000 de ani; în ultimii 10-20 de ani, utilizarea sa pentru generarea de energie electrică s-a extins rapid. În prezent, peste 40.000 de turbine eoliene au fost instalate în întreaga lume. În anul 2024 a fost atins un total de energie produsă de generatoarele eoliene în capacitate totală de 1100 GW. Turbinele eoliene moderne au o capacitate cuprinsă între 1-10 kilowați și 10-12 megawați și permit o conversie rentabilă și extrem de fiabilă din punct de vedere economic a energiei eoliene în energie electrică.

Vântul este mișcarea direcțională a maselor de aer. Energia eoliană poate fi considerată o formă de energie solară, deoarece soarele este sursa principală care influențează fenomenele meteorologice de pe pământ. Vântul este generat de încălzirea inegală a suprafeței pământului de către soare. Suprafețele de apă și zonele acoperite de nori se încălzesc mult mai lent; în consecință, suprafața terestră expusă radiațiilor solare se încălzește mai repede. Aerul de deasupra suprafeței încălzite se încălzește și se ridică, creând zone de joasă presiune.

Aerul din zonele de înaltă presiune se deplasează spre zonele de joasă presiune, creând astfel vânt.

Viteza vântului depinde de altitudine. În apropierea solului, vântul încetinește din cauza anumitor obstacole de la suprafața pământului. Astfel, vânturile sunt mai puternice la altitudini mai mari față de sol. Energia eoliană este o ramură a energiei asociată cu dezvoltarea metodelor și mijloacelor de conversie sau mai bine zis de transformare a energiei eoliene în energie mecanică, termică sau electrică.

Energia eoliană nu necesită arderea combustibililor fosili (vântul este practic nepuizabil), nu produce emisii de dioxid de carbon și nu generează deșeuri radioactive, care rămân periculoase timp de sute de mii de ani. Ecologiștii consideră energia eoliană una dintre cele mai importante industrii pentru combaterea emisiilor de gaze cu efect de seră și a schimbărilor climatice.

Cu toate acestea, există o serie de dezavantaje, inclusiv:

- generarea intermitentă și neregulabilă de energie electrică;
- costuri de capital mai mari pe unitatea de capacitate în comparație cu centralele termice tradiționale;
- necesitatea dezvoltării infrastructurii rețelei;
- impactul zgomotului, vizual și electromagnetic asupra mediului și sănătății umane.

BIBLIOGRAFIE

1. Ministerul Energiei al Republicii Moldova – Strategia energetică a Republicii Moldova până în 2030. <https://energie.gov.md>.
2. ANRE – Raport anual privind sectorul energiei electrice (edițiile 2022–2024). <https://anre.md/rapoarte-anuale>.
3. Centrul Național pentru Energie Durabilă. *Capacități instalate ale surselor de energie regenerabilă în Republica Moldova* [citată 17.02.2026]. Disponibil: <https://cned.gov.md/ro/content/capacitati-instalat>.
4. Caracteristici tehnice ale turbinei eoliene Nordex N60. <https://ru.wind-turbine-models.com/turbines/77-nordex-n60>.
5. Resursele de energie eoliană și posibilitățile de exploatarea a acestora în Republica Moldova. <https://ibn.idsi.md/>.
6. Global Wind Energy Council (gwec)"Global Wind Report 2021" Brussels, Belgia, 2021
7. Worldwide Wind Capacity Reaches 744 Gigawatts – An Unprecedented 93 Gigawatts added in 2020. <https://wwindea.org/worldwide-wind-capacity-reaches-744-gigawatts>.
8. Teză de doctor în științe tehnice “EVALUAREA POTENȚIALULUI ENERGETIC EOLIAN AL REPUBLICII MOLDOVA”. http://www.cnaa.md/files/theses/2016/24496/vasile_rachier_thesis.pdf.
9. Nordex N60/1300 – Manufacturers and turbines. https://www.thewindpower.net/turbine_en_12_nordex_n60-1300.php.
10. Шабад М.А. Трансформаторы тока в схемах релейной защиты. БЭТ в.1. 1998г.
11. Шабад М.А. Расчёты РЗА распределительных сетей. 1985г.
12. Шабад М.А. Защита трансформаторов распределительных сетей. 1981г.
13. Шабад М.А. Защита от однофазных замыканий на землю в сетях 6-35 кВ. 2001г.
14. STO 56947007-29.120.70.241-2017 Технические требования к микропроцессорным устройствам РЗА.
15. Руководящие указания по РЗА. Выпуск 1. Защита генераторов, работающих на сборные шины.
16. NAIE-2011. Normele de amenajare în instalațiile electrice.
17. GOST R 51237-98 Общие термины и определения ВЭУ.
18. GOST R 51237-98 Классификация видов ВЭУ.

