

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
AL REPUBLICII MOLDOVA**

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

**DEZVOLTAREA COGENERĂRII ENERGIEI,
BAZATE PE TEHNOLOGIA SOLAR-HIBRIDĂ PVT**

Teză de master

Student: _____ **APOSTOL Irina,**
gr. EM-20M

Conducător: _____ **ARION Valentin,**
prof. univ., dr. hab.

Chișinău, 2021

ADNOTARE

Autor – APOSTOL Irina. **Titlul** – *Dezvoltarea cogenerării energiei, bazate pe tehnologia solar-hibridă PVT.*

Structura lucrării: Lucrarea conține o introducere, cinci capitole, concluzii, bibliografie din 19 titluri și 10 link-uri utilizate, 75 pagini, 32 figuri, 16 tabele.

Cuvinte-cheie: Sisteme de alimentare centralizată cu energie termică, Surse regenerabile de energie, panouri solar hibride, stocarea energiei termice, cogenerare.

Problematika studiului: Determinarea fezabilității integrării surselor solar-hibride în sistemele de alimentare centralizată cu energie termică din Republica Moldova, particularități și caracteristici ale instalațiilor solar-hibride PVT.

Obiectivele studiului: Implementarea surselor regenerabile de energie, reducerea impactului negativ asupra mediului, cercetarea panourilor solar-hibride.

Rezultate obținute: În urma studiului s-au calculat cheltuielile aferente construcției unui SACET în or. Strășeni, cu folosirea surselor solar-hibride. S-a demonstrat că această tehnologie este una costisitoare în special din cauză că trebuie să fie acompaniată de sisteme de stocarea a energiei termice, deci se consideră mai puțin fezabilă în comparație cu integrarea pompelor de căldură în SACET, dar mai avantajoasă decât utilizarea combustibilului fosil.

ABSTRACT

Author – APOSTOL Irina. **Title** – *Development of energy cogeneration, based on hybrid PVT solar technology*

Thesis structure: The paper comprises an introduction, five chapters, conclusions, 19 references and 10 links used, 75 pages, 32 figures, 16 tables.

Keywords: District heating systems, renewable energy sources, hybrid solar panels, thermal energy storage, Combined Heat and Power.

Study issues: determining the feasibility of integrating solar-hybrid sources in district heating systems in the Republic of Moldova, features and characteristics of PVT solar-hybrid installations.

The study's objectives: Implementation of RES, reduction of negative impact on the environment, research of solar-hybrid panels.

Result obtained: Following the study, the expenses related to the construction of a DHS in using solar-hybrid sources were calculated. This technology has been shown to be expensive, because it must be accompanied by heat storage systems, so it is considered less feasible compared to the integration of heat pumps into DHS, but better than using fossil fuels.

CUPRINS

INTRODUCERE	9
1. ENERGIA SOLARĂ ȘI TEHNOLOGII DE VALORIFICARE A ACESTEIA	10
1.1. Potențialul solar	10
1.1.1 Potențialul solar global.....	10
1.1.2. Potențialul solar mediu al Republicii Moldova.....	10
1.1.3. Potențialul solar pentru o regiune exactă.....	12
1.2. Metode de valorificarea energiei solare	13
1.2.1. Panourile fotovoltaice.....	13
1.2.2. Colectoarele solare.....	14
1.2.3. Tehnologia solar-hibridă PVT.....	15
1.2.4. Alte tehnologii de valorificare a energiei solare.....	16
1.3. Valorificarea energiei solare în profil teritorial	17
1.3.1 Valorificarea energiei solare la nivel mondial.....	17
1.3.2. Valorificarea energiei solare în Republica Moldova.....	18
2. PREZENTAREA GENERALĂ A TEHNOLOGIEI SOLAR-HIBRIDE	20
2.1. Caracteristicile tehnice ale panourilor solar-hibride	20
2.1.1. Principiul de funcționare a tehnologiei solar-hibride.....	20
2.1.2. Eficiența cogenerării bazate pe tehnologia solara-hibridă PVT.....	22
2.1.3. Structura panourilor solar-hibride.....	23
2.2. Tehnologia PVT la nivel mondial	23
2.2.1. Cele mai frecvent utilizate tehnologii PVT.....	23
2.2.2. Utilizarea tehnologiei solar-hibride la nivel mondial.....	24
2.3. Avantajele și dezavantajele tehnologiei PVT	27
2.3.1. Avantajele tehnologiei PVT.....	27
2.3.2. Dezavantajele tehnologiei PVT.....	28
3. CLASIFICAREA PANOURILOR SOLAR-HIBRIDE	29
3.1. Tipurile panourilor solar-hibride	29
3.1.1. Cele mai des întâlnite tehnologii PVT	29
3.1.2. Producția de instalații PVT la nivel mondial.....	30
3.2. Colectoare PVT cu lichid și cele cu aer	31
3.2.1 Colectoare PVT cu lichid.....	31
3.2.2 Colectoare PVT cu aer.....	32
3.3. Colectoare PVT neacoperite și cele acoperite	32
3.3.1. Colectoare PVT neacoperite.....	32
3.3.2 Colectoare PVT acoperite.....	33
3.4. Concentratoare PVT (CPVT)	34
3.5. Tehnologia optimă a PVT pentru integrarea în SACET	34
4. UTILIZAREA PANOURILOR SOLAR-HIBRIDE	36
4.1. Caracteristicile tehnice ale instalațiilor de cogenerare PVT	36
4.1.1. Aplicațiile panourilor solar-hibride.....	36
4.1.2. Orientarea și unghiul de înclinare optim al panourilor.....	37

4.1.3.	Potențialul energetic al panourilor solar-hibride.....	38
4.1.4.	Caracteristicile tehnice a unor modele PVT.....	39
4.2.	Stocarea energiei termice produse în instalațiile PVT.....	40
4.2.1.	Necesitatea stocării energiei termice în cazul utilizării tehnologiei PVT.....	40
4.2.2.	Principiul general de funcționare a sistemelor de stocare a energiei termice.....	41
4.2.3.	Tehnologii de stocare a energiei termice.....	42
4.2.4.	Tehnologia optimă pentru stocarea energiei termice	45
4.2.5.	Costurile tehnologiei alese pentru stocarea energiei termice.....	46
4.3.	Caracteristicile economice ale instalațiilor de cogenerare PVT.....	47
4.3.1.	Costurile instalațiilor de cogenerare PVT.....	47
4.3.2.	Costul nivelat al energiei și durata de recuperare pentru tehnologia PVT.....	48
5.	EXEMPLE DE UTILIZARE A TEHNOLOGIEI PVT ÎN CADRUL SACET OR. STRĂȘENI.....	49
5.1.	Prezentarea datelor inițiale pentru SACET or. Strășeni.....	49
5.1.1.	Sarcina de energie termică în Republica Moldova.....	49
5.1.2.	Sarcina de energie termică necesară pentru cartierul considerat.....	50
5.1.3.	Distribuția sarcinii pe surse de energie și alegerea cotei optime pentru tehnologia PVT.....	51
5.2.	Definirea caracteristicilor tehnice pentru SACET or. Strășeni în cazul implementării tehnologiei PVT.....	53
5.2.1.	Stabilirea caracteristicilor tehnice pentru instalația PVT.....	53
5.2.2.	Stabilirea caracteristicilor tehnice pentru celelalte surse în cadrul SACET-ului.....	55
5.2.3.	Stabilirea caracteristicilor tehnice pentru sistemul de stocare ales.....	56
5.2.4.	Distribuția sarcinii și a producției de energie în cadrul SACET-ului considerat.....	57
5.3.	Determinarea cheltuielilor necesare pentru implementarea SACET-ului.....	58
5.3.1.	Determinarea cheltuielilor necesare pentru tehnologia PVT.....	58
5.3.2.	Determinarea cheltuielilor necesare pentru celelalte surse de energie.....	60
5.3.3.	Determinarea cheltuielilor necesare pentru stocarea energiei termice.....	62
5.3.4.	Determinarea cheltuielilor totale pentru SACET or. Strășeni.....	63
5.4.	Determinarea indicatorilor economico-financiari.....	63
5.4.1.	Determinarea costului nivelat al energiei produse (CNAE)	63
5.4.2.	Determinarea venitului net actualizat (VNA)	64
5.4.3.	Determinarea ratei interne de rentabilitate (RIR)	65
5.4.4.	Determinarea duratei de recuperare a investiției (Dra)	66
5.5.	Compararea indicatorilor economico-financiari.....	68
5.5.1.	Compararea indicatorilor economico-financiari cu indicatorii variantei de referință	68
5.5.2.	Determinarea indicatorilor economico-financiari în baza datelor reale.....	68
5.5.3.	Compararea indicatorilor sursei PVT cu ale unei surse pe combustibil fosil.....	70
	CONCLUZIE.....	72
	BIBLIOGRAFIE.....	73

INTRODUCERE

Cu toții cunoaștem că societatea umană a intrat într-o nouă era a energiei în care generarea centralizată nu mai este o prioritate, iar în locul tehnologiilor de generare centralizată vin cele de generare distribuită (sau descentralizată). La nivel european, acestea în mare parte includ sursele noi, regenerabile de energie, numite prescurtat SER.

O sursă cu popularitate crescândă de valorificare a energiei regenerabile sunt panourile fotovoltaice. Acestea sunt o tehnologie de transformare a energiei luminoase din razele solare în energie electrică, datorită stratului semiconductor de la suprafața panourilor. Cu toate acestea, principalele dezavantaje ale panourilor fotovoltaice sunt costul ridicat și randamentul scăzut.

Panourile fotovoltaice disponibile la moment au un randament de circa 15-20%, iar în cazul supraîncălzirii acestora, randamentul se poate chiar înjumătăți. Din această cauză apare necesitatea răcirii forțate a panourilor solare. Răcirea poate avea loc cu un agent termic suplimentar, care va prelua căldura, care ulterior ar putea fi valorificată.

În acest sens, în ultimii ani tot mai intens au început să se dezvolte panourile solar-hibride, care produc în cogenerare energie termică și electrică. Panourile solar-hibride, sau prescurtat PVT, sunt o nouă tehnologie de cogenerare, care poate fi folosită atât la nivel casnic, cât și în cadrul Sistemelor de Alimentare Centralizată cu Energie Termică.

În această lucrare ne-am propus drept scop efectuarea unei cercetări asupra dezvoltării cogenerării energiei bazate pe tehnologia solar-hibridă PVT, determinarea avantajelor și dezavantajelor tehnologiei și posibilitatea încadrării acesteia într-un SACET din Republica Moldova.

Sursele de energie regenerabilă, într-un viitor mai îndepărtat, cu siguranță vor domina în balanța energetică europeană și mondială. Această tendință este determinată de mai mulți factori, principalii fiind necesitatea reducerii gazelor cu efect de seră și, respectiv, combaterii poluării și a schimbărilor climatice, epuizarea combustibililor fosili, creșterea costului energiei și sporirea continuă a consumului de energie.

BIBLIOGRAFIE

1. BĂLAN, Mugur. *Energia solară. Particularități ale energiei solare*, București, 2018. 19 p.
2. <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/moldova>
3. APOSTOL Irina, *Proiectarea unui sistem de alimentare centralizată cu energie termică pentru or. Strășeni, bazat pe utilizarea surselor regenerabile*, Chișinău, UTM, 2020. 111 p.
4. <https://globalatlas.irena.org/workspace>
5. https://ourworldindata.org/grapher/global-energy-substitution?country=~OWID_WRL
6. <https://ourworldindata.org/grapher/share-elec-by-source>
7. International Renewable Energy Agency, *Renewable capacity highlights*, 2021. 3 p.
8. IRENA, *Renewables Readlines Assessment*, Republic of Moldova, 2019. 64 p.
9. International Energy Agency, *World Energy Outlook*, 2019. 810 p.
10. International Energy Agency, *Renewables 2020. Global status report*, 2020. 367 p.
11. *Raport privind activitatea Agenției Naționale pentru Reglementare în Energetică în anul 2020*, 2021. 170 p.
12. https://ro.qaz.wiki/wiki/Photovoltaic_thermal_hybrid_solar_collector
13. <https://www.thegreenage.co.uk/article/the-impact-of-temperature-on-solar-panels/>
14. UL ABDIN, Zain, RACHID, Ahmed, *A Survey on Applications of Hybrid PV/T Panels*, 2021, 23 p.
15. https://www.solarthermalworld.org/sites/default/files/news/file/2021-02-27/iea_shc_task_60_pvt_technology-position-paper-dec2020.pdf
16. International Energy Agency, *Solar & Heating Programe, Existing PVT systems and solutions*, 130 p.
17. DIWANIA, Sourav, *Photovoltaic–thermal (PV/T) technology: a comprehensive review on applications and its advancement*, 2019. 22 p.
18. SOURAV, Diwania, SANJAY, Agrawal2, ANWAR S. Siddiqui, SONVEER Singh, *Photovoltaic–thermal (PV/T) technology: a comprehensive review on applications and its advancement*, 54 p.
19. <https://energie-verde.ro/produse/panouri-fotovoltaice-2/>
20. MINCIUC Eduard, *Raport privind diverse solutii de acumulare a caldurii si posibilitatea integrarii lor la ENET SA, Creșterea competitivității ENET SA Focșani prin dezvoltarea și diversificarea serviciilor oferite și optimizarea tehnologiilor moderne de producere combinată a energiei electrice și termice*, 2017, 39 p.
21. International Energy Agency, *Role of ST in Furure.*, 2017. 139 p.

22. International Energy Agency, Solar & Heating Programme, *Key Performance Indicators for PVT Systems*, 33 p.
23. International Energy Agency, *Solar & Heating Programme, PVT Systems*, 71 p.
24. International Energy Agency, Solar & Heating Programme, *Basic concepts of PVT collector technologies, applications and markets*, 25 p.
25. geoportal.md
26. Studiului Agenției pentru Eficiență Energetică, *Evaluarea pieței și identificarea tehnologiilor optime pentru implementarea proiectelor de energie regenerabilă prin valorificarea potențialului energiei solare*, Chișinău, 2020
27. <https://pdf.archiexpo.com/pdf/solimpeks-solar/solimpeks-catalog/74376-352735.html#open2098999>
28. BARAN Andreea Irina, *Optimizarea sistemelor de instalații echipate cu pompe de căldură pentru valorificarea formelor de energie regenerabilă și recuperabilă*, Iași 2019, 59 p.
29. ARION, V., HLUSOV, V., GHERMAN, C., ȘVEȚ, O. *Ghid privind evaluarea economică a proiectelor din domeniile eficienței energetice și energiilor regenerabile*, Chișinău 2014, Universitatea Tehnică a Moldovei, 203 p, ISBN 978-9975-57-163-0.