



Universitatea Tehnică a Moldovei

Programul de masterat **Inginerie Electrică**

STUDIUL FEZABILITĂȚII PANOURILOR FOTOVOLTAICE

Teză de master

Masterand: Petru DRAGAN

Conducător: conf. univ. dr. Andrei CHICIUC

Chișinău – 2021

REZUMAT

Teza conține 57 pagini, 39 imagini, 15 tabele și 30 surse bibliografice

Scopul tezei: Analiza metodelor de eficientizare a consumului de energie electrică prin utilizarea pompelor de căldură pentru a scurta timpul de achiziție al sistemului fotovoltaic.

Obiect de studiu: Sistemul fotovoltaic on grid proiectat la teza de licență .

Cuvinte cheie: Radiația solară, combustibili fosili, emisii de CO₂, protecția mediului, celule solare, fezabilitate, eficiența energetică, securitatea energetică, scenarii energetice, racordare la rețea, pompa de căldură, COP, energie geotermală, .

Primul capitol a analizat situația mondială în domeniul surselor de energie regenerabilă, importanța sistemelor fotovoltaice în ansamblu cu pompe de căldură și viziunea țărilor dezvoltate pentru aceste sisteme. A fost introdus conceptul unei case complet electrice a viitorului.

În capitolul doi s-a proiectat un sistem fotovoltaic conectat la rețea care satisface cerințele de consum a unei locințe situate în s. Bănești r. Telenesti. În acest capitol s-a determinat locația și modul de amplasare, potențialul energetic, sau ale panourilor, invertorul cablurilor, echipamentele de protecție și s-a proiectat suportul pentru panouri. În final s-a estimat rata de performanță (RP) a sistemului determinată de pierderile de radiație solară și pierderile electrice după care a fost posibilă estimarea generării de energie electrică.

Al treilea capitol descrie tipurile de pompe de căldură, principiul de funcționare, coeficientul de performanță COP, avantajele și dezavantajele fiecărui tip și principiile de dimensionare a pompelor de căldură. Se selectează și o pompă pentru sistemul proiectat în funcție de condițiile de analiză.

În capitolul patru rezultatele sunt discutate în ceea ce privește condițiile de limită economică. Se estimează costul echipamentelor și lucrărilor de implementare, economiile anuale și timpul de răscumpărare.

SUMMARY

The thesis contains 57 pages, 39 images, 15 tables and 30 bibliographic sources

The aim of the thesis: Analysis of methods for streamlining electricity consumption by using heat pumps to shorten the acquisition time of the photovoltaic system.

Object of study: On grid photovoltaic system designed for the bachelor's thesis.

Keywords: Solar radiation, fossil fuels, CO₂ emissions, environmental protection, solar cells, feasibility, energy efficiency, energy security, energy scenarios, grid connection, heat pump, COP, geothermal energy,.

The first chapter analyzed the world situation in the field of renewable energy sources, the importance of photovoltaic photovoltaic systems as a whole with heat pumps and the vision of developed countries for these systems. The concept of a fully electric house of the future was introduced.

In the second chapter we designed a photovoltaic system connected to the grid that meets the consumption requirements of a home located in the village of Bănești r. Telenesti. In this chapter we determined the location and location, energy potential, or chosen panels, inverter cables, equipment and the panel support was designed. Finally, the system performance rate (RP) determined by the losses of solar radiation and electrical losses was estimated, after which it was possible to estimate the generation of electricity.

The third chapter describes the types of heat pumps, the principle of operation, the COP coefficient of performance, the advantages and disadvantages of each type and the sizing principles of heat pumps. A pump is also selected for the designed system according to the analysis conditions.

In chapter four the results are discussed in terms of economic boundary conditions. It is estimated the cost of equipment and implementation works, annual savings and redemption time.

Cuprins

1. INTRODUCERE	5
2. SISTEMUL PV-HP	7
2.1 Sistemul fotovoltaic.....	8
2.2 Amplasarea sistemului fotovoltaic	9
2.3 Datele tehnice ale instalatiei	9
2.4 Invertorul	11
2.5 Calcularea performantei panourilor fotovoltaice conform bazei de date meteorologice PVGIS SHARH...	14
2.6 Calculul productiei de energie	15
2.7 Constructia suportului pentru panouri	18
3. POMPA DE CALDURĂ	22
3.1 Principiul de funcționare	23
3.2 Clasificarea pompelor de căldură	23
3.3 Surse de căldură	24
3.4 Eficiența pompelor de căldură	26
3.5 Procesele fizice	27
3.6 Regimuri energetice de funcționare	27
3.7 Pompa de căldură aer – apă	27
3.8 Pompa de căldură apă – apă.....	28
3.9 Pompa de căldură sol – apă	29
3.10 Pompa de căldură sol - apa cu colectori orizontali	29
3.11 Pompa de căldură sol - apă cu sonde	30
3.12 Principii de dimensionare ale pompelor de căldură	31
3.13 Necesarul de căldură pentru încălzire	32
3.14 Necesarul de apă pentru pompa de căldură	33
3.15 Pompa de căldură Termo Casa.....	34
3.16 Agenții de lucru folosiți în pompele de căldură.....	35

3.17 Condiții impuse agenților de lucru	35
3.18 Calculul de alegere a agenții de lucru utilizați în pompele de căldură	35
3.19 Calculul termic al pompelor cu agentul frigorific ales	36
3.20 Descrierea aplicației	38
4. CALCULE FINANCIARE	43
4.1 Analiza tehnico - economică privind posibilitatea de utilizare a energiei geotermale	43
4.1.2 Pompa de căldură în comparație cu sistemele convenționale	44
4.2 Studiul fezabilității sistemului PV	48
4.2.1 Calcule financiare	48
4.2.2 Costul echipamentului	48
4.2.3 Costul dezvoltării proiectului	49
4.2.4 Venitul anual	49
CONCLUZIE	52
BIBLIOGRAFIE	53

1. Introducere

În ultimele decenii, nevoia de a genera energie într-un mod mai eficient și mai durabil împreună cu cererea pentru sisteme reversibile de încălzire și răcire a crescut semnificativ. În consecință, conceptul de pompe de căldură (HP) alimentate cu energie solară fotovoltaică (PV) a devenit foarte atractiv pentru a potrivi cererea de încălzire/răcire cu o sursă de energie regenerabilă și ecologică. Această lucrare prezintă un studiu de fezabilitate pentru sistemele PV-HP și a indicatorilor cheie de performanță.

Consumul mondial de energie a crescut datorită creșterii populației mondiale. În prezent, lumea consumă peste 8477,4 milioane de tone echivalent petrol (tep) de energie primară în fiecare an. Marea majoritate a acestei energii este obținută prin arderea combustibililor fosili, nuclear și hidroelectricitate. Există probleme cu această situație actuală, deoarece rezervele de combustibili fosili sunt limitate și există potențial de încălzire globală. În viitorul apropiat este prevăzută o creștere rapidă continuă a populației mondiale, crescând de la 6 miliarde la 8 miliarde în următorii 25 de ani și se așteaptă să crească până la 10 miliarde de oameni până la mijlocul secolului XXI. O astfel de creștere a populației va avea un impact dramatic asupra cererii de energie, cel puțin dublând-o până în 2050, chiar dacă țările dezvoltate adoptă politici mai eficiente de conservare a energiei, astfel încât consumul lor de energie să nu crească deloc în acea perioadă. Cândva, la mijlocul secolului al XXI-lea, lumea va avea nevoie de o nouă sursă de energie sigură, curată și economică pentru a satisface atât nevoile națiunilor în curs de dezvoltare, cât și cele dezvoltate. Pentru a acoperi necesarul de energie, se fac cercetări pentru energia convențională sau regenerabilă.

Mai mult, acest fenomen vizează Republica Moldova, care depinde în mare măsură de resursele energetice importate, acest fapt este demonstrat de actuala criză energetică, în consecință, avem o nevoie urgentă de utilizare mai intensivă a surselor de energie regenerabilă.

Având în vedere importanța crescândă a reducerii impactului asupra mediului al sistemului nostru energetic, pompele de căldură (HP) și sistemele fotovoltaice (PV) au devenit un tandem foarte popular în cercetările recente. Pompele de căldură sunt foarte eficiente în ceea ce privește conversia energiei electrice în energie termică și folosesc de obicei aerul ambiental, apa sau forajele subterane, care sunt considerate a fi regenerabile, ca surse termice. Prin urmare, sunt o tehnologie de vârf pentru încălzire și răcire care pe piața europeană a crescut cu peste 10% anual din 2007, și cu 12,5% doar în perioada 2017–2018. În ceea ce privește piața fotovoltaică, necesitatea reducerii ponderii surselor de energie electrică poluante face ca aceasta

să crească și mai rapid: capacitatea totală cumulativă instalată fotovoltaică a crescut aproximativ de la 40 la 400 GWp în perioada 2010–2017, la o rată medie anuală de creștere de 36,8% . Aceste piețe care se dezvoltă rapid favorizează reduceri semnificative ale costurilor pentru ambele tehnologii datorită economiilor de scară. În general, cuplarea sistemelor PV și HP duce la o alternativă economică, eficientă energetic și ecologică pentru încălzire și răcire.

Energia fotovoltaică (PV) este una dintre cele mai promițătoare surse de energie regenerabilă pentru alimentarea HP și pentru reducerea impactului acestora asupra mediului din mai multe motive. În primul rând, tehnologia fotovoltaică poate fi aplicată atât la instalațiile mari și centralizate, cât și la cele mici și descentralizate, iar eficiența sa este aproape independentă de dimensiunea sistemului și de aplicarea acestuia. În al doilea rând, costul energiei fotovoltaice poate fi similar cu tariful de energie electrică în aplicațiile care nu dispun de orice sistem de stocare a energiei și chiar mai mic în sistemele mari de energie, ceea ce îl face competitiv cu aproape orice altă sursă de energie. Acest lucru este deosebit de important pentru aplicațiile de răcire în care cererea termică se potrivește cu generarea de energie fotovoltaică (orele însorite la amiază sunt de obicei cele mai calde) și, prin urmare, dispozitivele de stocare pot să nu fie necesare.

Cercetări privind PV-HP pentru țara și piața noastră sunt încă destul de puține , deoarece prețurile ridicate ale panourilor solare PV au reprezentat o barieră economică până când au început să scadă. Tocmai aceasta a fost motivația acestei lucrări, care prezintă o analiză a celor mai recente studii despre PV-HP, analizând indicatorii cheie de performanță tehnică cât și cei economici. Această lucrare contribuie la căutarea de noi indicatori de performanță pentru sistemele PV-HP care să faciliteze compararea rezultatelor studiilor de cercetare și să permită verificarea calității performanței PV-HP a sistemelor reale care, în viitor, vor ajunge pe piață și vor face obiectul unor cadre contractuale cu privire la performanța lor și la utilizarea energiei regenerabile.

Cercetarea are ca scop continuarea proiectului de diploma care a estimat capacitatea de producție și randamentul de energie electrică de la o centrală fotovoltaică (PV) on-grid, utilizat pentru alimentarea unei locuințe situată în r-nul Telenești s-tul Bănești cu un consum de cca 3200 kW/an prin completarea acestuia cu o pompă de căldură sol-apă cu colector.

În continuare vor fi prezentate:

- În secțiunea 2 este descris sistemul fotovoltaic investigat la licență.
- În secțiunea 3 sunt prezentate rezultatele simulărilor detaliate ale sistemului de încălzire.
- În final, în secțiunea 4, rezultatele sunt discutate cu privire la condițiile de limită economice.

Bibliografie

1. Raport anual de activitate ANRE 2018 <http://www.anre.md/raport-de-activitate-3-10>
2. Recent Facts about Photovoltaics in Germany
<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/recent-facts-about-photovoltaics-in-germany.pdf>
3. Ghidul Prosumatorului <https://www.anre.ro/ro/legislatie/prosumatori>
4. LEGE Nr. 10 din 26.02.2016
https://premierenergy.md/sites/default/files/LG_10_2016_surse%20regenerabile.pdf
5. EVALUAREA GRADULUI DE PREGATIRE PRIVIND VALORIFICAREA ENERGIEI REGENERABILE <https://www.irena.org/publications/2019/Feb/Renewables-Readiness-Assessment-Republic-of-Moldova-Romanian>
6. Sistemul de informații geografice fotovoltaice (PVGIS) <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>
7. Politica energetică a Uniunii Europene <https://www.mae.ro/node/1624>
8. Regulamentul privind racordarea la rețelele electrice și prestarea serviciilor de transport și de distribuție a energiei electrice, aprobat prin Hotărârea nr. 168 din 31.05.2019
9. Asigurarea securității energetice a Republicii Moldova: Oportunități interne și externe
<http://www.e-democracy.md/files/asigurarea-securitatii-energetice-moldova.pdf>
10. Handbook for Solar Photovoltaic (PV) Systems
11. SHELL SCENARIOS SKY MEETING THE GOALS OF THE PARIS AGREEMENT
<https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios/shell-scenario-sky.html>
12. Manualul Instalatorilor pentru Sisteme Fotovoltaice Solare
<http://www.abmee.ro/wp-content/uploads/2017/02/PVTRIN-Manualul-Instalatorului.pdf>
13. Declarația privind securitatea aprovizionării pentru Republica Moldova, MEI, Chișinău.
www.energy-community.org/dam/jcr:038ab4ac-868f-4103-92c3-006fd19a9f0b/2017_SoS_ML.pdf
14. Competitive Selection and Support for Renewable Energy <https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Regional-Group/Europe/EBRD-EnCS-IRENA-RE-Auction-Guidelines-2018---FINAL.pdf?la=en&hash=D38AE032CE412F784A687A113648E6488C22B81F>.
15. *The design and simulation software for photovoltaic systems*
<https://valentin-software.com/en/products/pvsol-premium/>
16. *PV simulation software* <https://solargis.info/index.html>

17. Electrical installation handbook Protection, control and electrical devices
[http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/c71c66c1f02e6575c125711f004660e6/62a0d62a5b94c434c12577e300394f0f/\\$FILE/6th+Edition.pdf](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/c71c66c1f02e6575c125711f004660e6/62a0d62a5b94c434c12577e300394f0f/$FILE/6th+Edition.pdf)
18. Products - Renewables <https://www.geocore.cz/en/produkty-obnovitelne-zdroje/>
19. A Study on Grid Connected PV system (PDF) GRID-CONNECTED PV SYSTEM WITH MPPT CONTROL (researchgate.net)
20. Unikátní tepelná čerpadla pro vytápění a chlazení - PDF Stažení zdarma (docplayer.cz)
21. Инструкция по проектированию viessmann <https://www.c-o-k.ru/library/catalogs/viessmann/60891.pdf>
22. <https://www.c-o-k.ru/library/instructions/viessmann/teplovye-nasosy/61193.pdf>
23. https://viessmann.academy/disk/docs/equipment/Vitocal/5829_519_05_2017_PA_Vitocal_basic.pdf
24. https://geothermal.climatemaster.com/?https%3A%2F%2Fgeothermal.climatemaster.com%2F&campaignid=13668954377&adgroupid=123541337225&keyword=ground%20source%20heat%20pump&device=c&qclid=Cj0KCQiAqvaNBhDLARIsAH1Pq52Pbg_i4F57ZahHP7h0_BcrhMcd1Cr5UWOwrnlo9J0Q6WF-qF_laBxkaAhm0EALw_wcB
25. https://mdpi-res.com/d_attachment/energies/energies-11-01786/article_deploy/energies-11-01786.pdf
26. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844019363510>
27. https://www.researchgate.net/publication/335138373_Combinations_of_heat_pump_and_photovoltaics_for_renovated_buildings
28. <https://issuu.com/uponoruk/docs/ground-energy-technical-information>
29. <https://www.geocore.cz/jak-usetrit-za-topeni/>
30. markus.ro/new/wp-content/uploads/2021/05/Catalog-Markus-2021-web-compressed.pdf