



**Universitatea Tehnică a Moldovei**  
**Programul de masterat Inginerie Electrică**

**Cercetarea invertoarelor statice speciale  
utilizate în sisteme fotovoltaice de conversie a  
energiilor**

**Teză de master**

**Masterand: Mihai Robu**

**Conducător: lect. Superior Corneliu Ghertescu**

**Chișinău – 2018**

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

**Admis la susținere**

Șef departament dr.conf. Ilie NUCA

„11” \_\_\_\_\_ 2018

**Cercetarea invertoarelor statice speciale  
utilizate în sisteme fotovoltaice de conversie  
a energiilor**

**Teză de master**

Masterand: Robu (Mihai Robu)

Conducător: Ghertescu (lector superior Corneliu Ghertescu)

**Chișinău – 2018**

## REZUMAT

**Teza conține:** 60 pagini, 53 ilustrații, 2 tabele și 43 surse bibliografice

**Cuvinte cheie:** panou fotovoltaic, baterie de acumulare, controler de încărcare, invertoare statice.

**Scopul general al tezei:** Studiul invertoarelor statice care să folosească o eficiență maximă în procesului de conversie a energiei fotovoltaică.

**Actualitatea temei:** Invertoarele sunt o parte importantă a sistemului fotovoltaic tocmai datorită faptului că fără ele, energia captată de panourile fotovoltaice de la soare, nu ar putea fi transformată în energie electrică necesară pentru punerea în funcțiune a televizorului, a frigiderului, a aspiratorului și a mașinii de spălat din locuința, etc. Alegerea corectă a tipului de inverter este un lucru foarte important în proiectarea unui sistem PV, întrucât de acest lucru depinde capacitatea sistemului fotovoltaic, caracteristicile sistemului și nu în ultimul rând prețul sistemului PV.

### **Memoriul explicativ include:**

Capitolul 1 conține o trecere în revistă a noțiunilor generale despre sistemele fotovoltaice, starea actuală în evoluția sistemelor PV, metode de comandă în sistemele PV de conversie a energiei și problema eficienței energetice de conversie într-un sistem fotovoltaic.

În capitolul 2 a fost descrisă structura generală a sistemului PV. A fost descris fiecare element în parte a sistemului.

Capitolul 3 conține o descriere teoretică a principiului de funcționare a invertoarelor statice speciale utilizate în sistemele PV de conversie a energiei. Sunt descrise două tipuri de invertoare solare, inverter off-grid cu funcții multiple MULTIPLUS și inverter on-grid MULTIGRID.

În capitolul 4 este prezentată o simulare a unui panou PV și a unui convertor.

### Concluzii:

O modalitate foarte bună de a rezolva problema poluării mediului este folosirea celulelor fotovoltaice. Energia solară este o energie verde, curată, având de partea ei sprijinul multor oameni. În prezent un dezavantaj al conversiei fotovoltaice în energie electrică este neîndeplinirea cerințelor de putere din punct de vedere fizic și economic, care nu sunt suficiente pentru cerințele actuale, însă în acest domeniu există timp și bani investiți în cercetare și în dezvoltare, și va dura foarte puțin până când energia solară va deveni o modalitate eficientă de furnizare a energiei electrice.

## SUMMARY

**Thesis content:** 60 pages, 53 images, 2 tables and 43 references.

**Key words:** photovoltaic panel, accumulator battery, charging controller, static inverters.

**The general purpose of the thesis:** Study of static inverters that use maximum efficiency in the photovoltaic energy conversion process.

**The actuality of the subject:** Inverters are an important part of the photovoltaic system precisely because without them, the energy captured by the solar panels from the sun can not be converted into the electrical energy needed to operate the TV, the refrigerator, the vacuum cleaner and the washing machine in the house, etc. The correct choice of the inverter type is a very important thing in designing a PV system, because this depends on the capacity of the photovoltaic system, the characteristics of the system and last but not least the PV system price.

**The explanatory memo includes:**

Chapter 1 contains an overview of the general concepts of photovoltaic systems, the current state of PV systems evolution, control methods in PV energy conversion systems, and the issue of energy efficiency conversion in a photovoltaic system.

In Chapter 2, describes the general structure of the PV system. Each element of the site was described.

Chapter 3 contains a theoretical description of the principle of operation of special static inverters used in PV energy conversion systems. Two types of solar inverters, the MULTIPLUS off-grid inverter and the MULTIGRID on-grid inverter are described.

In chapter 4, presents a simulation of a PV panel and a converter.

Conclusions: A great way to solve the problem of environmental pollution is using photovoltaic cells. Solar energy is a green, clean energy, with the support of many people. At present, a disadvantage of photovoltaic conversion to electricity is the failure to meet the physical and economic power requirements that are not sufficient for current requirements, but in this area there is time and money invested in research and development, and it will take very long until solar energy becomes an efficient way of supplying electricity.

## CUPRINS

<b>1. STADIUL ACTUAL IN DOMENIUL SISTEMELOR FOTOVOLTAICE DE CONVERSIE A ENERGIILOR.....</b>	<b>5</b>
1.1. Noțiuni generale despre sisteme fotovoltaice.....	5
1.2. Stadiul actual și evoluția sistemelor fotovoltaice.....	5
1.3. Metode de comandă în sisteme fotovoltaice de conversie a energiilor.....	7
1.4. Problema eficienței energetice într-un sistem fotovoltaic de conversie a energiilor.....	9
<b>2. PRODUCEREA ENERGIEI ELECTRICE CU AJUTORUL SISTEMELOR FOTOVOLTAICE DE CONVERSIE A ENERGIEI.....</b>	<b>13</b>
2.1. Structura generală a sistemului fotovoltaic de conversie a energiilor.....	13
2.2. Panoul fotovoltaic.....	13
2.3. Sisteme de montaj a panourilor fotovoltaice.....	18
2.4. Controlerul de încărcare.....	19
2.5. Baterii de stocare în sisteme electrice solare.....	23
2.6. Invertorul solar.....	32
<b>3. INVERTOARELE STATICE SPECIALE UTILIZATE IN SISTEME FOTOVOLTAICE.....</b>	<b>35</b>
3.1. Considerente generale.....	35
3.2. Invertor off-grid cu functii multiple MULTIPLUS 800 VA.....	41
3.3. Invertor on-grid MULTIGRID 3000 VA.....	46
<b>4. SIMULAREA UNUI SISTEM DE CONVERSIE A ENERGIEI FOTOVOLTAICE IN ENERGIE ELECTRICA DE CURENT ALTERNATIV.....</b>	<b>50</b>
4.1. Modelarea putere-tensiune a unui panou fotovoltaic.....	50
4.2. Modelarea unui convertor.....	53
<b>CONCLUZII.....</b>	<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAFIE.....</b>	<b>58</b>

## BIBLIOGRAFIE

1. [http://www.academia.edu/7515791/Energia\\_Solara\\_Proiect\\_DD](http://www.academia.edu/7515791/Energia_Solara_Proiect_DD)Soluții de optimizare a conversiei energiei fotovoltaice în energie electrică (Optimization solutions of photovoltaic energy conversion into electricity)
2. <Http://pvtrin.eu/assets/media/PDF/Publications/Informational%20Material/Installing%20PV-Practical%20guide/68.pdf>
3. <Http://www.termika.md/ro/noutati/91-evolutia-pietei-a-panourilor-fotovoltaice>
4. <Http://www.nplindia.in/inorganic-photovoltaic-devices>
5. IEA International Energy Agency, „PVPS Report -A Snapshot of Global PV 1992-2013 Preliminary, Trends Information from the IEA PVPS Programme (Report IEA-PVPS T1-24:2014),” IEA-PVPS (Photovoltaic Power Systems Programme).
6. [Http://www.tuiasi.ro/uploads/files/Rezumat\\_Viorel\\_Banu.pdf](Http://www.tuiasi.ro/uploads/files/Rezumat_Viorel_Banu.pdf)
7. European Photovoltaic Industry Association (EPIA), Principal authors and analysts: G. Masson, S. Orlandi, M. Rekinge, „Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018,” Intersolar Europe, Brussels, 2014.
8. <Https://www.esolar.ro/tehnologie-solara-fotovoltaica/invertoare-pentru-panouri-fotovoltaice.html>
9. <Https://www.esolar.ro/tehnologie-solara-fotovoltaica/invertoare-pentru-panouri-fotovoltaice/invertoare-fotovoltaice-on-grid-cu-injectare-in-retea.html>
10. <Https://profyheat.com/produs/sistem-fotovoltaic-on-grid/>
11. <Https://profyheat.com/produs/sistem-fotovoltaic-cu-autonomie/>
12. <Http://m.ro.sinosolarcharger.com/info/principle-and-application-of-inverter-in-photo-25191148.html>
13. <Https://www.scribd.com/doc/127131102/Conversia-energiei-solare-in-energie-electrica>
14. <Http://www.ganz.ro/uploaded-images/files/Indrator%20proiectare%20solare.pdf>
15. <Http://ecoprofit.ro/eficienta-sistemelor-solare-creste-galopant-s-a-ajuns-la-aproape-50/>
16. <Https://www.capteazaenergia.ro/energia-solara-captata-de-panouri-solare-in-forma-de-disc-parabolic/>
17. <Http://ecoprofit.ro/wp-content/uploads/2015/06/energie-solara-eficienta-ecoprofit-5.jpg>
18. <Https://suleacosti.files.wordpress.com/.../18-studiul-structurii-unui-sistem-fotovoltaic.doc>
19. <Http://www.ie.ucv.ro/elee/RO/realisations/energiesrenouvelables/filieresolaire/panneauxphotovoltaiques/Cellule/Cellule>

20. Surse regenerabile de energie: curs de prelegeri / Ion SOBOR, Diana CARAGHIAUR, Șota NOSADZE, Daniela DIMOV, Inesa LISNIC; coord. : Ion SOBOR; ref. Șt. : Andrei CHICIUC; UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI. – Ch. : UTM, 2006.
21. Ghid practic privind iluminatul stradal in zonele rurale ale Moldovei / Liobomir CHIRIAC, Nicolare MOGOREANU, Ion MUNTEAN, Sergiu APARATU, Ion Tornea ; Institutul de Dezvoltare si Initiative Sociale “Viitorul”, 2015
22. [Http://www.energy-sun.org/fotovoltaic/solar-tracker.php](http://www.energy-sun.org/fotovoltaic/solar-tracker.php)
23. \*\*\*<http://www.altestore.com/howto/Solar-Power-Residential-mobilev/Components-for-your-Solar-Panel-Photovoltaic-System/a82/>
24. [Https://www.emag.ro/controler-xantrex-c40-eco-c40/pd/D4ZMM7BBM/](https://www.emag.ro/controler-xantrex-c40-eco-c40/pd/D4ZMM7BBM/)
25. ILUMINAT FOTOVOLTAIC ÎN COMUNITĂȚILE URBANE ȘI RURALE , Drd. Ing. Ionuț CIOBANU 1, Prof. Dr. Ing. Radu PENTIUC 2 1Universitatea „Politehnica“ – București, 2Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava, 2016
26. [Http://www.y-solar.com/bencandy.php?Fid-78-id-891-page-1.htm#Include](http://www.y-solar.com/bencandy.php?Fid-78-id-891-page-1.htm#Include)
27. [Https://pvgreen.wordpress.com/2015/01/24/regulator-controller-de-incarcare-solar-pwm/](https://pvgreen.wordpress.com/2015/01/24/regulator-controller-de-incarcare-solar-pwm/)
28. [Http://www.autostrada.md/stiri/util-bateriile-de-acumulatori-si-intretinerea-acestora](http://www.autostrada.md/stiri/util-bateriile-de-acumulatori-si-intretinerea-acestora)
29. [Http://www.rhcforum.ro/topic/38974-despre-acumulatori/](http://www.rhcforum.ro/topic/38974-despre-acumulatori/)
30. [Http://www.esolar.ro/sfaturi-utile/ce-tip-de-regulator-de-incarcare-a-bateriilor-alegem-pwm-sau-mppt.html](http://www.esolar.ro/sfaturi-utile/ce-tip-de-regulator-de-incarcare-a-bateriilor-alegem-pwm-sau-mppt.html)
31. [Http://www.autostrada.md/stiri/util-bateriile-de-acumulatori-si-intretinerea-acestora](http://www.autostrada.md/stiri/util-bateriile-de-acumulatori-si-intretinerea-acestora)
32. [File:///C:/Users/Mihai%20Robu/Desktop/Teza%20Master/lucraredisertatieetme-Ioan-viorelbanu.pdf](file:///C:/Users/Mihai%20Robu/Desktop/Teza%20Master/lucraredisertatieetme-Ioan-viorelbanu.pdf)
33. [Https://www.ecodirect.com/Solectria-SIP-p/solectria-sip.htm](https://www.ecodirect.com/Solectria-SIP-p/solectria-sip.htm)
34. [Http://elth.ucv.ro/fisiere/probleme%20studentesti/Cursuri/Convertoare%20statice/Convertoare%20statice%20-%20IEC.pdf](http://elth.ucv.ro/fisiere/probleme%20studentesti/Cursuri/Convertoare%20statice/Convertoare%20statice%20-%20IEC.pdf)
35. [L8-studiul-structurii-unui-sistem-fotovoltaic](#)
36. [Http://free-energy-monitor.com/index.php/energy/fotovoltaice](http://free-energy-monitor.com/index.php/energy/fotovoltaice)
37. [File:///C:/Users/Mihai%20Robu/Desktop/Teza%20Master/invertoare.pdf](file:///C:/Users/Mihai%20Robu/Desktop/Teza%20Master/invertoare.pdf)
38. [295791621-Convertoare-c-c-c-a-Invertoare](#)
39. [Knopt, H., Analysis, Simulation, and Evaluation of Maximum Power Point Tracking \(MPPT\) Methods for Solar Powered Vehicle, Master Thesis, Portland State University, 1999](#)
40. [Http://em.ucv.ro/elee/RO/realisations/energiesrenouvelables/Enjeux/Productionelectricite/1\\_cours.htm](http://em.ucv.ro/elee/RO/realisations/energiesrenouvelables/Enjeux/Productionelectricite/1_cours.htm)
41. [Http://www.vlab.pub.ro/research/dcnet/CONSORTIUM/Sinteza.pdf](http://www.vlab.pub.ro/research/dcnet/CONSORTIUM/Sinteza.pdf)
42. <https://www.victronenergy.ro/inverters-chargers/multiplus-12v-24v-48v-800va-3kva#pd-nav-secondimage>

