



**Universitatea Tehnică a Moldovei**

Programul de masterat **Inginerie Electrică**

**PROIECTAREA UNEI CENTRALEI  
FOTOVOLTAICE ON GRID CU  
«CONTORIZAREA NETA»**

**Teză de master**

**Masterand: Evgheni GOLUBTOV**

**Conducător: lect. univ. Octavian MANGOS**

**Chișinău – 2024**

## REZUMAT

Teza conține 65 pagini, 51 imagini, 4 tabele și 35 surse bibliografice.

**Scopul tezei:** Proiectarea unei centralei fotovoltaice și elaborarea schemelor de comandă a centralei-

**Obiect de studiu:** Centrala fotovoltaica on grid cu contorizarea neta -

**Cuvinte cheie:** centrala fotovoltaica, sistem de control, invertor electric, controler programabil, SmarLogger.

**În primul capitol** s-a făcut analiza comparativă și descrierea componentelor a centralei fotovoltaice. La finalul capitolului s-a făcut o comparativă între contorizarea netă și facturarea netă.

**Capitolul doi** este dedicat pentru managementul energetic al întreprinderii. În acest capitol s-a făcut toate analizele energetice pentru întreprindere.

**În capitolul trei** s-a proiectat centrala fotovoltaica și toate componentele principale ale centralei. La finalul capitolului s-a prezentat schema electrică a centralei și schema de monitorizare a centralei.

**Capitolul patru** cuprinde partea economică a proiectului realizat și anume cheltuielile ce țin de componentele principale necesare pentru centrala fotovoltaica și alte cheltuieli economice.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Работа содержит 64 страниц, 51 рисунок, 4 таблицы и 35 библиографических источников.

**Цель работы:** Проектирование фотоэлектрической электростанции и разработка схем управления электростанцией.

**Тема изучения:** Фотоэлектрическая централь on grid на системе чистого учета. ▸

**Ключевые слова:** фотоэлектрическая электростанция, система контроля, солнечный инвертор, программируемый контроллер, SmarLogger.

**Первая глава:** проведен сравнительный анализ и описание компонентов фотоэлектрической установки. В конце главы было проведено сравнение системы чистого учета (Net Metering) и системы чистого выставления счетов (Net Billing).

**Вторая глава:** посвящена энергетическому менеджменту предприятия. В этой главе был проведен весь энергетический анализ компании.

**Третья глава:** проектировка фотоэлектрической установки и всех основных компонентов станции. В конце главы были представлены: электрическая схема установки и схема мониторинга установки.

**Четвертая глава:** включает экономическую часть завершеного проекта, а именно расходы, связанные с основными компонентами, необходимыми для фотоэлектрической установки, и другие экономические расходы.

## SUMMARY

The contents of the thesis are 65 pages, 51 images, 4 tables, and 17 bibliographic sources.

**The purpose of thesis:** Designing a photovoltaic power plant and developing control schemes for the power plant.

**Object of study:** Photovoltaic plant on grid with net metering.

**Keywords:** photovoltaic plant, control system, electric inverter, programmable controller, SmarLogger.

**In the first chapter,** the comparative analysis and description of the components of the photovoltaic plant was made. At the end of the chapter, a comparison was made between net metering and net invoicing.

**Chapter two is** dedicated to the energy management of the enterprise. In this chapter, all the energy analyzes for the company were done.

**Chapter three** designed the photovoltaic plant and all the main components of the plant. At the end of the chapter, the electrical diagram of the plant and the monitoring diagram of the plant were presented.

**Chapter four** includes the economic part of the completed project, namely the expenses related to the main components required for the photovoltaic plant and other economic expenses.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1. ТЕХНИЧЕСКАЯ И ТАРИФНАЯ БАЗА ДЛЯ ФЭС В РМ.....	12
1.1 Необходимые акты и документация.....	12
1.2 Принципы работы СЭС.....	18
1.2.1 Принцип работы PV-станции.....	18
1.2.1.1 Автономная СЭС.....	19
1.2.1.2 Сетевые СЭС.....	19
1.2.1.3 Гибридные СЭС.....	20
1.3 Тарифы оплаты электроэнергии.....	22
1.3.1 Net Metering (contorizarea netă).....	22
1.3.2 Net Billing.....	26
1.4 Net Metering vs Net Billing.....	26
1.4.1 Структура оплаты тарифа на примере поставщика Premier Energy.....	27
1.4.2 Выгодность механизма Net Billing.....	27
2. МЕНЕДЖМЕНТ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	28
2.1 Анализ потребления электроэнергии.....	28
2.2 Анализ основных потребителей электроэнергии.....	31
2.3 Прогнозируемая ежемесячная генерация станции.....	32
2.4 Оценка прибыли и окупаемости ФЭС.....	33
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЭС.....	35
3.1 Сбор исходных данных.....	35
3.2 Проектировка DC части ФЭС.....	36
3.3 Проектирование AC-части ФЭС.....	43
3.3.1 Типы электросетей.....	43
3.3.2 Выбор кабеля AC.....	47
3.3.2.1 Выбор кабеля AC по току инвертора.....	47
3.3.2.2 Выбор кабеля AC по падению напряжения.....	47
3.3.2.3 Выбор кабеля AC способу прокладки.....	49
3.3.3 Выбор защитного аппарата.....	49
3.3.3.1 Выбор защитного аппарата по току трехфазного короткого замыкания.....	49
3.3.3.2 Выбор защитного аппарата по току однофазного короткого замыкания.....	50
3.3.3.3 Выбор защитного аппарата по защите от перегруза.....	50
3.3.4 Сбор схемы AC.....	51
3.4 Проектировка системы мониторинга.....	51
3.4.1 SmartLogger.....	53
3.4.3 Анализатор сети.....	56

3.4.3 Сборка щита мониторинга .....	57
3.5 Проектировка системы заземления.....	58
4. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ.....	59
4.1 Общий анализ затрат.....	59
4.2 Расчет основных материалов и комплектующих .....	59
4.3 Расчет расчёт физической сборки системы .....	62
4.4 Расчет износа основных инструментов монтажа .....	62
ВЫВОДЫ .....	64
БИБЛИОГРАФИЯ .....	65

## ВВЕДЕНИЕ

Солнечная электростанция – инженерная установка, преобразующая солнечную радиацию в электроэнергию, разными способами, напрямую зависящими от типа построенной станции [1].

21 век – это век, когда мы сильнее всего задумываемся о энергетических ресурсах в настоящем и энергетических ресурсах в будущем для нашей страны. Являясь страной без собственных энергетических запасов и полезных ископаемых, мы вынуждены закупать все необходимые для нормальной жизни страны, энергетические ресурсы. Что не всегда благоприятно сказывается на конечной цене за источник энергии, а это очень большая проблема, государственного масштаба, требующая очень хорошо обдуманных решений и одним из этих решений является использование альтернативных источников электроснабжения.

Как правило каждый источник альтернативного электроснабжения имеет ряд своих специфических особенностей, согласно которым и принимается решение об его использовании. Так как Республика Молдова находится по большей части в зоне степей, еще и достаточно близко к экватору, солнечный год у нас достаточно продолжителен, что создает достаточно благоприятные условия для использования солнечных электростанций (далее СЭС).

СЭС очень хороший вариант для Молдовы так как продолжительность жизненного цикла электростанции очень длительная. В среднем продолжительность жизненного цикла PV-модулей от 20 до 25 лет. Продолжительность жизненного цикла инвертора от 15 до 25 лет. Срок жизни опорных конструкций для ФЭМ, если они выполнены согласно всем стандартам и нормам строительства в среднем от 25 до 30 лет. Срок эксплуатации кабельных трасс, если их монтаж выполнен согласно нормам ПУЭ, в среднем около 30 лет. Взяв во внимание все выше перечисленные сроки, можно сказать, что при внимательно выполненной проектировке и качественном монтаже, соответствующим всем нормам и правилам ПУЭ а так-же при своевременном выполнении сервисного обслуживания, СЭС может прослужить примерно 25-30 лет, без капитального ремонта и глобальной замены основного оборудования или несущей системы крепления ФЭМ

Основным преимуществом солнечных электростанций и одновременно их самым большим недостатком является то, что это метеорологически зависимая установка. В течение зимнего периода генерация ФЭС снижается до 20% относительно генерации в летний период. Это связано с увеличением осадков, меньшей продолжительностью светового дня и изменением оптимального угла падения солнечных лучей. [2].

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. *Солнечная электростанция*. [online], 2023, [accesat 27.09.2023]. Disponibil: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная\\_электростанция](https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_электростанция).
2. *Системы PV-центральной*. [online], 2023, [accesat 27.09.2023]. Disponibil: [http://opalsucces.md/solar\\_heating/Despre\\_energia\\_solar](http://opalsucces.md/solar_heating/Despre_energia_solar).
3. *Принцип работы солнечной электростанции*. [online], 2023, [accesat 1.10.2023]. Disponibil: <https://greensystem.com.ua/ru/blog/princip-raboty-solnecnoi-elektrostancii>.
4. *Агентство по энергоэффективности*. [online], 2023, [accesat 1.10.2023]. Disponibil: <https://www.aee.md/ru/news/mecanismul-de-contorizare-neta-pentru-sistemele-de-panouri-solare-capata-tot-mai-mare-cerere-din-partea-popula-iei>.
5. *Premier Energy Distribution*. [online], 2023, [accesat 02.10.2023]. Disponibil: <https://premierenergydistribution.md/ru/racordarea-la-retea-formular#no-back>.
6. *Net Billing*. [online], 2023, [accesat 05.10.2023]. Disponibil: <https://ua-energy.org/uk/posts/model-rynku-chy-vytrymaie-net-billing-konkurentsiiu-iz-zelenym-taryfom>.
7. *Возобновляемая энергия*. [online], 2023, [accesat 05.10.2023]. Disponibil: <https://newsmaker.md/rus/novosti/vozobnovlyemaya-energiya-prerogativa-bogatyh-kak-vlasti-byut-po-rukam-teh-kto-reshil-ustanovit-doma-solnechnye-paneli/>.
8. *Принцип работы МРРТ*. [online], 2023, [accesat 06.10.2023]. Disponibil: <https://www.solnechnye.ru/controllery-zaryada/vybor-controllera-zaryada-MRPT.htm>.
9. *Huawei support*. [online], 2023, [accesat 08.10.2023]. Disponibil: <https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100253093/42646d25/product-introduction>.
10. *Системы заземления*. [online], 2023, [accesat 14.10.2023]. Disponibil: [https://zandz.com/ru/biblioteka/sistemy\\_zazemlenieya\\_tns\\_tnc\\_tncs\\_tt\\_it/](https://zandz.com/ru/biblioteka/sistemy_zazemlenieya_tns_tnc_tncs_tt_it/).
11. *SmartDongle*. [online], 2023, [accesat 16.10.2023]. Disponibil: <https://www.huawei-solarsystem.ru/product/solnechnye-inventory-huawei/optsii-dlya-invertorov/smart-dongle-wlan-fe-4g/>.
12. *SmartLogger*. [online], 2023, [accesat 20.10.2023]. Disponibil: <https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100108365/70ceb7c5/technical-specifications-of-the-smartlogger>.
13. *Библия электрика: ПУЭ, ПОТЭЭ, ПТЭЭП. 9 издание*. ISBN- 978-5-04-160187-4, издательство: Эксмо, Москва 2022 г.
14. *Беляев А.В. Выбор аппаратуры, защита кабелей в сетях 0,4кВ*. ISBN- 5-283-04403-3, Издательство: Энергоатомиздат, Ленинград, 1988 г.



15. Голубев М.Л. *Расчет токов короткого замыкания в электросетях 0,4-35кВ*. ISBN- 2-302-04000-0, Издательство: Энергия, Москва, 1980 г
16. Sergiu FINCIUC. *Economia Intreprinderii*. [online], 2023, [accesat 20.11.2023]. Disponibil: [http:// teams.microsoft.com /course/view.php?id=868](http://teams.microsoft.com/course/view.php?id=868).
17. *НДС изменения, внесенные в налоговый кодекс в 2023 году*. [online], 2023, [accesat 20.11.2023]. Disponibil <https://monitorul.fisc.md/nds-izmeneniya-vnesennye-v-nalogovyj-kodeks-v-2023-g.-/> .
18. *Sisteme de conversie a energiilor regenerabile/ I. Bostan, V. Dulgheru, I. Sobor, V. Bostan, A. Sochirean, Univ. Tehn. a Moldovei. – Ch.: „Tehnica - Info”, 2007, - 592 p. ISBN 978-995-63-076-4*
19. *Surse regenerabile de energie: Curs de prelegeri / I. Sobor, D. Caragheaur, Ș. Nosadze; Min. Educației și Tineretului, Univ. Tehnică a Moldovei.- Chișinău; UTM, 2006.- 380 p. ISBN 978-9975-45-020-1*
20. T. Ambros, V. Arion, A.Guțu, I.Sobor, T.Todos, D.Ungureanu. *Surse regenerabile de energie.– Manual, Chișinău, Editura „Tehnica-Info”, 1999.-434 p. ISBN9975-910-79-3*
21. *Atlasul Resurselor Energetice Eoliene al Republicii Moldova/Ion Sobor, Andrei Chiciuc, Vasile Rachier; Univ. Tehn. a Moldovei, AWS Truepower UL (Spania), Wind Power Energy SRL (România).- Chișinău: 2017. - 176 p. ISBN 978-9975-87-215-7.*
22. *Energia regenerabilă. Studiu de fezabilitate. P. Todos, I. Sobor, D. Ungureanu, A. Chiciuc, M. Pleșca. Ch.:Min. Ecologiei, Conctr. și Dezv. Teritor. UNDP Moldova, Chișinău, 2002. – 157 p. ISBN 9975-9581-4-1*
23. *Instrucțiuni metodice pentru efectuarea lucrărilor de laborator. O. Mangos, V. Rachier. 2023, format electronic.*
24. *Surse regenerabile de energie. Adrian Badea, Horia Necula. București: Editura AGIR, 2013. 620 p. ISBN 978-973-720-469-1*
25. *Renewable Energy. Power for a Sustainable Future. Second Edition. Editor Godfrey Boyle. Oxford University Press. – 2004, 452 p. ISBN 0-19-926178-4*
26. I. Bostan, A. Gheorghe, V. Dulgheru, I. Sobor, V. Bostan, A. Sochirean. *Resilient Energy Systems. Renewables: Wind, Solar, Hydro. Ed. Springer. 2013, 507 p. ISBN 978-94-007-4188-1*
27. М.В.Голицын, А.М.Голицын, Н.В.Пронина. *Альтернативные энергоносители* ISBN- 5-02-033065-5, Издательство: Наука, Москва, 2004 г
28. Свен Уделл. *Солнечная энергия и другие альтернативные источники энергии* ISBN- 978-5-94074-662-1, Издательство: Знание, Москва, 1980 г

29. Gevorkian P. *Альтернативные источники энергии в проектировании зданий* ISBN-978-5-94074-662-1, Издательство: The McGraw-Hill Companies, Нью-Йорк, 2009 г
30. Велицко В.В., Прохоров А.И. *Автономные энергоустановки на местных видах горючих и возобновляемых источниках энергии, базирующиеся на адаптивном термодинамическом цикле и системе без нагнетательной циркуляции рабочего тела.* ISBN- 978-5-94074-662-1, Издательство: ОЦР Технологии, Москва, 2015 г
31. Л.М. Четошникова. *Нетрадиционные возобновляемые источники энергии* ISBN-978-5-94074-662-1, Издательство: ЮУрГУ, Южноуральск, 2010 г
32. Volker Quaschnig. *Understanding Renewable Energy Systems* ISBN- 978-5-94074-662-1, Издательство: Carl Hanser Verlag GmbH & Co KG, München, 2005 г
33. В. Е. Агабеков, К. Н. Гусак, Ж. В. Игнатович *Нетрадиционные возобновляемые источники энергии* ISBN- 978-985-08-2038-9, Издательство: Беларуская навука, Минск, 2016 г
34. Министерство образования республики Беларусь. *Альтернативные топливно-энергетические ресурсы: экономико-управленческие аспекты использования в условиях инновационного развития общества* ISBN- 978-985-08-2038-9, Издательство: Беларуская навука, Новолоцк, 2017 г
35. Андрей Кашкаров. *Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции общества* ISBN- 978-5-94074-662-1, Издательство: ДМК Пресс, Москва, 2011 г