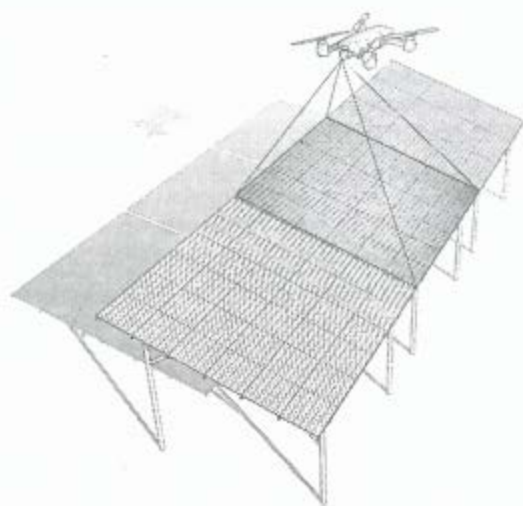


П.Н. Кузнецов, Д.Ю. Котельников, Л.Ю. Юферев

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Учебное пособие



Москва 2022

УДК 621.311.25(075.8)
ББК 31.637я73
К 89

Работа была выполнена при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонда содействия инновациям).

Рецензенты:

Гусаров Валентин Александрович – д.т.н., заведующий лабораторией автоматизированного электропривода и энергетического оборудования на возобновляемых источниках энергии ФГБНУ ФНАЦ ВИМ;

Вологдин Сергей Валентинович – д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Защита информации в компьютеризированных системах», профессор кафедры «Информационные системы» ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»

Кузнецов П.Н., Котельников Д.Ю., Юферев Л.Ю.

К 89 Энергетическая эффективность фотоэлектрических установок:
Учебное пособие – М.: Издательство «Спутник +», 2022. – 196 с.

ISBN 978-5-9973-6319-2

Предлагаемое учебное пособие предназначено для формирования фундаментальных знаний, а также системного мышления в области проектирования и эксплуатации фотоэлектрических установок у обучающихся высших учебных заведений. Рассматриваются особенности анализа и математического моделирования, методы и методики проведения экспериментальных исследований и измерений параметров, а также мониторинга и диагностики солнечных фотоэлектрических установок.

Все теоретические сведения иллюстрируются примерами. В конце каждой главы приведены вопросы для самопроверки, а в заключительной части учебник включает методические указания по выполнению практических работ для формирования необходимых компетенций у обучающихся. Пособие может одновременно использоваться в качестве учебника и методических рекомендаций для выполнения практических работ.

Предназначено для преподавателей вузов, студентов и аспирантов, обучающихся по направлениям, связанных с электроэнергетикой, в частности: 2.4.5 Энергетические системы и комплексы; 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы; 13.03.02, 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», а также для слушателей отделений переподготовки и повышения квалификации в области возобновляемой энергетики.

Рекомендовано в качестве учебного пособия ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» кафедрой «Возобновляемые источники энергии и электрические системы и сети» (протокол №1/22 от 10.01.2022 г.) для направлений 13.03.02, 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» и 14.06.01 «Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии», в частности по дисциплинам «Энергетические установки на основе возобновляемых видов энергии»; «Применение солнечной энергетики»; «Информационно-управляющие системы и комплексы энергоустановок на основе ВИЭ»; «Энергоаудит».

УДК 621.311.25(075.8)
ББК 31.637я73

Отпечатано с готового оригинал-макета.
ISBN 978-5-9973-6319-2

© Кузнецов П.Н., Котельников Д.Ю., Юферев Л.Ю., 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	8
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	10
1.1. Эквивалентные схемы замещения фотоэлектрических преобразователей.....	11
1.2. Моделирование характеристик солнечных фотоэлектрических установок с последовательной коммутацией.....	18
1.3. Моделирование характеристик солнечных фотоэлектрических установок с параллельной и смешанной коммутации.....	30
ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	50
2.1. Методика измерения вольт-амперных характеристик фотоэлектрических установок в соответствии с ГОСТ.....	50
2.2. Экспериментальное исследование характеристик фотоэлектрических установок с различными вариантами коммутации, способами отбора энергии, условиями освещенности.....	66
2.2.1. Обработка экспериментальных данных.....	70
2.2.2. Средства измерения и контроля.....	72
2.2.3. Протокол испытаний.....	77
2.2.4. Пример проведения эксперимента.....	78
ГЛАВА 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ	92
3.1. Понятие и принцип работы искусственной нейронной сети.....	95
3.2. Применение искусственных нейронных сетей.....	101
3.2.1. Искусственные нейронные сети для кластеризации.....	102
3.2.2. Искусственные нейронные сети для классификации.....	103
3.2.3. Искусственные нейронные сети для идентификации.....	106
3.2.4. Машинное обучение.....	109
3.2.5. Инструментарий для реализации нейронных сетей.....	110
3.3. Автоматизированный комплекс мониторинга и диагностики СЭС.....	115
3.3.1. Принцип работы автоматизированного комплекса.....	117
3.3.2. Математическая модель оценки производительности комплекса.....	121
ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ	128
Практическая работы № 1 «Измерение вольтамперных характеристик фотоэлектрических установок».....	128
Практическая работа № 2 «Анализ функционирования и расчет МРРТ контроллеров фотоэлектрических установок».....	137
Практическая работы № 3 «Автоматизированное измерение метеорологических параметров».....	150
Практическая работа № 4 «Использование алгоритмов машинного зрения для детектирования фотоэлектрических модулей».....	161
Библиографический список	188