



Н. К. Полюянович, О. В. Качелаев  
Д. В. Бурьков, М. Н. Дубяго, А. Ю. Будко

# Управление и планирование энергопотреблением в энергосетях и использованием прикладных пакетов MATLAB и LabView

учебное пособие



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-технологическая академия

**Н. К. ПОЛУЯНОВИЧ**

**О. В. КАЧЕЛАЕВ**

**Д. В. БУРЬКОВ**

**М. Н. ДУБЯГО**

**А. Ю. БУДКО**

**УПРАВЛЕНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ  
ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ В ЭНЕРГОСЕТЯХ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИКЛАДНЫХ ПАКЕТОВ  
МАТЛАВ И LABVIEW**

*Учебное пособие*

Ростов-на-Дону-Таганрог  
Издательство Южного федерального университета  
2024

УДК 62-83(075.8)

ББК 34.43я73

П536

*Печатается по решению кафедры электротехники и мехатроники  
института радиотехнических систем и управления  
Южного федерального университета (протокол № 4 от 22.11.24 г.)*

**Рецензенты:**

кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники  
и мехатроники института радиотехнических систем и управления,  
Южного федерального университета *В. А Костюков*  
начальник отдела обучения научно-исследовательского центра супер-ЭВМ  
и нейрокомпьютеров, кандидат технических наук, доцент *М. Г. Левина*

**Полуянович Н.К.**

П536 Управление и планирование энергопотреблением в энергосетях и использованием прикладных пакетов MATLAB и LabView : учебное пособие / Н. К. Полуянович, О. В. Качелаев, Д. В. Бурьков, М. Н. Дубяго, А. Ю. Будко ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2024. – 146 с.  
ISBN 978-5-9275-4815-6

В учебном пособии приводятся краткие теоретические основы методов управления автономно работающего генератора с включением синхронного генератора на параллельную работу по способу самосинхронизации, а также методы защиты электрооборудования, переходные процессы в электрических системах при различных режимах работы синхронного генератора. Основная цель работы состоит в том, чтобы научить студентов практическому приложению знаний и навыков по отдельным разделам курса "Системы управления энергоснабжением и электрооборудованием", приобретению самостоятельности при решении конкретных технических задач. Предназначено для использования в учебном процессе направления 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» по профилю «Интеллектуальные электроэнергетические системы и технологии».

УДК 62-83(075.8)

ББК 34.43я73

ISBN 978-5-9275-4815-6

- © Южный федеральный университет, 2024
- © Полуянович Н. К., Качелаев О. В., Бурьков Д. В., Дубяго М. Н., Будко А. Ю., 2024
- © Оформление. Макет. Издательство Южного федерального университета, 2024

# СОДЕРЖАНИЕ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....	6
ВВЕДЕНИЕ .....	12
1. РУЧНОЕ/АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВКЛЮЧЕНИЕМ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА НА ПАРАЛЛЕЛЬНУЮ РАБОТУ ПО СПОСОБУ САМОСИНХРОНИЗАЦИИ (ПРОИЗВОДСТВО ЭЭ) .....	15
1.1. Теоретический раздел .....	15
1.2. Электрические схемы соединений .....	21
1.3. Указания по проведению эксперимент .....	25
Контрольные вопросы .....	32
2. РУЧНОЕ/АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ АВТОНОМНО РАБОТАЮЩЕГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА (ПРОИЗВОДСТВО ЭЭ) .....	33
2.1. Теоретический раздел .....	33
2.1.1. Внешняя характеристика генератора .....	34
2.1.2. Регулировочная характеристика генератора .....	35
2.1.3. Регулирование частоты вращения турбины .....	36
2.2. Электрические схемы соединений .....	39
2.3. Указания по проведению эксперимента .....	44
Контрольные вопросы .....	49
3. ПРОДОЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТА ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ (РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА) .....	50
3.1. Теоретический раздел .....	50
3.2. Электрическая схема соединений .....	51
3.3. Указания по проведению эксперимента .....	55
Контрольные вопросы .....	59
4. МАКСИМАЛЬНАЯ ТОКОВАЯ ЗАЩИТА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ (РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА) .....	60
4.1. Теоретический раздел .....	60
4.2. Электрические схемы соединения .....	64
4.3. Описание электрической схемы соединений .....	68
4.4. Указания по проведению эксперимента .....	68
Контрольные вопросы .....	72
5. ПЕРЕХОДНЫЙ ПРОЦЕСС В ОДНОМАШИННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА К ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ (ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ) .....	73

5.1. Теоретический раздел .....	73
5.1.1. Особенности работы генератора на сеть .....	73
5.1.2. Включение генератора на параллельную работу с сетью .....	74
5.2. Указания по проведению эксперимента .....	82
5.2.1. Подключение генератора к сети методом точной синхронизации .....	84
5.2.2. Подключение генератора к сети методом самосинхронизации .....	86
Контрольные вопросы .....	88
6. ПЕРЕХОДНЫЙ ПРОЦЕСС ПРИ СИММЕТРИЧНОМ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ, ПИТАЮЩЕЙСЯ ОТ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА (ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ) .....	89
6.1. Теоретический раздел .....	89
6.1.1. Уравнения переходного процесса синхронной машины .....	89
6.2. Указания по проведению эксперимента .....	95
Контрольные вопросы .....	100
7. ПУСК, УПРАВЛЕНИЕ И РЕГИСТРАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА КОМПЬЮТЕРЕ (УПРАВЛЕНИЕ LABVIEW) .....	101
7.1. Теоретический раздел .....	101
7.2. Описание электрических схем соединений .....	104
7.3. Указания по проведению эксперимента .....	105
Контрольные вопросы .....	111
8. САР И САУ ДЛЯ СГ .....	112
8.1. Теоретическое обоснование .....	112
8.1.1. Линейные законы управления .....	113
8.1.2. Передаточные функции систем автоматического управления .....	114
8.1.3. Стандартные настройки систем автоматического управления .....	115
8.2. Настройка системы стабилизации частоты синхронного генератора (ССЧГ) на оптимум по модулю (Системы автоматизированного управления) ..	117
8.2.1. Синтез РЧ для настройки ССЧГ на ОМ .....	119
8.2.2. Получение переходных характеристик в прикладном программном па- кете Simulink .....	120
8.2.3. Построение переходных характеристик в прикладном программном пакете Simulink .....	125
8.2.4. Анализ переходных характеристик и оценка установившихся ошибок системы .....	125
Контрольные вопросы .....	131
8.3. Настройка системы стабилизации частоты синхронного генератора на симметричный оптимум (Системы автоматизированного управления) .....	131
8.3.1. Синтез РЧ для настройки ССЧГ на СО .....	132

## *Содержание*

---

8.3.2. Моделирование ССЧСГ с РЧ в системе <i>Simulink</i> .....	134
8.3.3. Анализ переходных характеристик и оценка установившихся ошибок системы .....	134
Контрольные вопросы .....	138
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	139
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	140
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	141

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Полуянович, Н. К.* Электрический привод [Текст] / учебное пособие Н. К. Полуянович – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. – 265 с.
2. «Ставропольский государственный аграрный университет» Лабораторные работы. Электрическая часть электростанций и подстанций [Электронный ресурс]. – URL: <https://old.stgau.ru/company/personal/user/15104/files/lib/Электрическая%20часть%20электростанций%20и%20подстанций>.
3. *Карпеш, М. А.* Производство электрической энергии [Текст] / руководство по выполнению базовых экспериментов. ПЭЭ.001 РБЭ (933) / М. А. Карпеш, П. Н. Сенигов – Челябинск: Инженерно-производственный центр «Учебная техника», 2007. – 94 с.
4. Системы автоматического регулирования и управления [Текст] / Ч. 1. Практикум; сост.: В. М. Бутаков, П. П. Павлов. – Казань: Каз. гос. энерг. ун-т., 2017. – 27 с.

*Учебное издание*

ПОЛУЯНОВИЧ Николай Константинович  
КАЧЕЛАЕВ Олег Вадимович  
БУРЬКОВ Дмитрий Владимирович  
ДУБЯГО Марина Николаевна  
БУДКО Артем Юрьевич

**УПРАВЛЕНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ  
ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ В ЭНЕРГОСЕТЯХ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИКЛАДНЫХ ПАКЕТОВ  
МАТЛАВ И LABVIEW**

*Учебное пособие*

Редакторы: *З. И. Надточий, Н. И. Лунёва*

Корректоры: *З. И. Надточий, Н. И. Лунёва*

Компьютерная верстка *И. А. Бобровской*

Подписано в печать 24.12.2024 г.

Бумага офсетная. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub> Усл. печ. лист. 8,49.

Уч. изд. лист 5,0. Тираж 30 экз. Заказ № 9800.

Издательство Южного федерального университета.

Отпечатано в отделе полиграфической, корпоративной и сувенирной продукции

Издательско-полиграфического комплекса КИБИ МЕДИА ЦЕНТРА ЮФУ.

344091 г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1, тел. (863) 243-41-66.