

Министерство образования и науки Российской Федерации  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

В.П. ШОЙКО

# АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Утверждено  
Редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного пособия

НОВОСИБИРСК  
2012

УДК 621.311-52(075.8)  
Ш 78

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *А. Г. Филиов*;  
зав. сектором перспективного развития энергосистем филиала  
ОАО «НТЦ электроэнергетики» – СибНИИЭ,  
канд. техн. наук, доц. *А. П. Долгов*

Работа подготовлена на кафедре АЭЭС

**Шойко В.П.**

Ш 78 Автоматическое регулирование в электрических системах :  
учеб. пособие / В.П. Шойко. – Новосибирск : Изд-во НГТУ,  
2012. – 195 с.

ISBN 978-5-7782-1909-0

Рассмотрены основы теории автоматического регулирования линейных систем: основные понятия и принципы управления, математическое описание систем регулирования, устойчивость и качество систем регулирования.

Изложены физические основы регулирования напряжения и реактивной мощности, частоты и активной мощности. Показано получение линеаризованных уравнений и структурной схемы простой регулируемой электрической системы. Приведено описание систем регулирования возбуждения и скорости вращения синхронных машин. Рассмотрены модели систем возбуждения, регуляторов возбуждения, системных стабилизаторов и регулятора скорости вращения гидрогенератора. Изложены начальные шаги по использованию Simulink для моделирования динамических систем.

Учебное пособие отвечает требованиям Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по подготовке бакалавров и магистрантов направления 140400 – «Электротехника и электроэнергетика». Пособие может быть полезно для аспирантов электроэнергетических специальностей.

УДК 621.311-52(075.8)

ISBN 978-5-7782-1909-0

© Шойко В.П., 2012

© Новосибирский государственный  
технический университет, 2012

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ.....	7
1.1. Основные понятия и принципы управления .....	7
1.1.1. Основные понятия.....	7
1.1.2. Принципы управления.....	8
1.1.3. Основные виды алгоритмов функционирования .....	10
1.1.4. Законы регулирования .....	12
1.1.5. Классификация систем регулирования .....	12
1.2. Математическое описание систем регулирования .....	15
1.2.1. Уравнения динамики и статики .....	15
1.2.2. Линеаризация.....	16
1.2.3. Формы записи дифференциальных уравнений.....	20
1.2.4. Преобразование Лапласа. Передаточная и переходная функции .....	22
1.2.5. Частотные характеристики.....	27
1.2.6. Типовые динамические звенья и их характеристики.....	33
1.2.7. Преобразование структурных схем .....	38
1.2.8. Получение передаточной функции и характеристического уравнения по структурной схеме .....	44
1.3. Устойчивость систем регулирования.....	48
1.3.1. Определение устойчивости.....	48
1.3.2. Условия устойчивости .....	49
1.3.3. Критерии устойчивости.....	52
1.3.4. Определение областей устойчивости .....	64
1.4. Качество систем регулирования.....	80
1.4.1. Показатели качества.....	81
1.4.2. Методы коррекции автоматических систем .....	83
1.4.3. Коррекция систем с помощью обратных связей .....	84
1.4.4. Частотный метод синтеза последовательного корректирующего устройства .....	89

2. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	95
2.1. Регулирование напряжения и реактивной мощности.....	95
2.1.1. Физические основы регулирования напряжения и реактивной мощности .....	95
2.1.2. Системы возбуждения синхронных генераторов.....	102
2.1.3. Основные типы автоматических регуляторов возбуждения .....	108
2.1.4. Структурные схемы и математическое описание моделей САРВ.....	116
2.1.5. Уравнения простой регулируемой электрической системы.....	137
2.1.6. Структурная схема простой регулируемой электрической системы.....	143
2.1.7. Свободные и вынужденные колебания в электрических системах.....	147
2.2. Регулирование скорости вращения и частоты .....	149
2.2.1. Физические основы регулирования частоты и активной мощности .....	149
2.2.2. Система регулирования скорости первичных двигателей генераторов ЭЭС.....	153
2.2.3. Статические и динамические характеристики турбин.....	155
2.2.4. Основные типы регуляторов скорости и их структурные схемы.....	161
2.2.5. Уравнения и структурная схема системы регулирования скорости вращения синхронного генератора .....	165
Задачи .....	171
Приложение .....	181
Библиографический список.....	193