



А. Г. РУСИНА, Т. А. ФИЛИППОВА

**РЕЖИМЫ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ
И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СИСТЕМ**

А.Г. РУСИНА, Т.А. ФИЛИППОВА

**РЕЖИМЫ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ
И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СИСТЕМ**



**НОВОСИБИРСК
2 0 1 4**

УДК 621.311.1(075.8)
Р 885

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *Ю.А. Секретарев*,
д-р техн. наук, профессор *А.Г. Фишов*

Русина А.Г.

Р 885 Режимы электрических станций и электроэнергетических систем : учебник / А.Г. Русина, Т.А. Филиппова. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. – 400 с. (Серия «Учебники НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-2463-6

Изложены режимные свойства и режимные задачи электростанций и энергосистем и показана их важность для эффективного управления. Особое внимание уделено энергетическим балансам мощности и электроэнергии. Приведены принципы, модели и методы для задач оптимизации режимов электроэнергетических систем с использованием теории и методов управления режимами и компьютерными технологиями. Для основных задач приведены расчетные примеры.

Материал книги ориентирован на подготовку студентов энергетических специальностей в курсах, которые включаются в учебные планы подготовки бакалавров и инженеров-магистров. Он полезен инженерам энергетических предприятий.

УДК 621.311.1(075.8)

ISBN 978-5-7782-2463-6

© Русина А.Г., Филиппова Т.А., 2014
© Новосибирский государственный
технический университет, 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений.....	11
Предисловие.....	13
Раздел 1. ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕ- СКИХ СИСТЕМ.....	15
Глава 1. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ	17
1.1. Энергетическая система.....	17
1.2. Требования к энергоснабжению потребителей	25
1.3. Иерархичность управления	28
1.4. Средства и системы управления энергетическими объектами	31
1.5. Компьютерные системы управления.....	37
1.6. Бизнес-процесс и экономичность режимов	42
Заключение по главе 1	45
Вопросы для самопроверки	45
Глава 2. ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.....	47
2.1. Потребители электроэнергии	47
2.2. Электроприемники промышленных предприятий	48
2.3. Графики нагрузки потребителей.....	53
2.4. Показатели электропотребления и мощности потребителей	57
2.5. Нагрузка энергосистемы.....	58
Показатели графика нагрузки потребителя (пример расчета)	65
Оценка влияния потребителей электрической энергии на график нагрузки системы и на показатели, характеризующие режим ЭЭС (пример расчета)	66
Заключение по главе 2	67
Вопросы для самопроверки	67
Глава 3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РЕЖИМОВ ЭНЕР- ГОСИСТЕМ	69
3.1. Прогнозирование в управлении производством.....	69
3.2. План и прогноз.....	70



3.3. Процесс планирования	71
3.4. Характеристика методов прогнозирования	74
3.5. Конструирование прогноза	84
3.6. Конструирование графика нагрузки на основе совокупности моделей прогнозирования	86
3.7. Модели прогнозов поправочных коэффициентов к основному прогнозу	88
Создание схемы взаимосвязанных расчетов моделей прогнозирования электропотребления для периодов от месяца до нескольких лет (пример расчета)	91
Построение временных моделей для параметров мощности (пример расчета)	96
Заключение к главе 3	99
Вопросы для самопроверки	99
Глава 4. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АГРЕГАТОВ И ЭЛЕКТРО- СТАНЦИЙ	101
4.1. Технологические схемы электрических станций	101
4.2. Категории мощности агрегатов и электрических станций	106
4.3. Эксплуатационные свойства электростанций	108
4.4. Характеристики агрегатов и электростанций	115
4.5. Энергетические характеристики тепловых электростанций	118
4.6. Способы получения энергетических характеристик	126
4.7. Статистические характеристики станций	130
4.8. Эквивалентные характеристики станций с учетом потерь мощности	131
Заключение по главе 4	132
Вопросы для самопроверки	133
Глава 5. БАЛАНСЫ МОЩНОСТИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	135
5.1. Балансы мощности и электроэнергии системы	135
5.2. Участие станций в энергетических балансах системы	140
5.3. Особенности составления балансов мощности	144
5.4. Особенности составления баланса электроэнергии	147
5.5. Баланс реактивной мощности	150
5.6. Резервы мощности	151



Выбор и размещение оперативных резервов мощностей энергосистемы (пример расчета).....	156
Составление баланса мощности в ЭЭС (пример расчета).....	157
Заключение по главе 5	159
Вопросы для самопроверки	159
Глава 6. ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМОВ ГЭС.....	161
6.1. Особенности режима ГЭС в электроэнергетической системе	161
6.2. Совместная работа нескольких гидростанций в системе	170
6.3. Общая схема расчета суточного баланса мощности гидротепловой ЭЭС....	171
6.4. Расчеты долгосрочных режимов выработки электроэнергии ГЭС	172
6.5. Гидроэлектростанции как объект энергетической системы.....	175
Составление планового энергетического баланса мощности в гидротепловой энергосистеме (пример расчета)	178
Заключение к главе 6.....	181
Вопросы для самопроверки	182
Глава 7. КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.....	183
7.1. Показатели качества электрической энергии	183
7.2. Поддержание качества электрической энергии по частоте	186
7.3. Системы регулирования частоты.....	188
7.4. Плановое регулирование мощности агрегатов и станций	193
7.5. Регулирование качества электроэнергии по напряжению.....	194
Параллельная работа электрических станций и регулирование мощности и частоты системы (пример расчета).....	198
Заключение по главе 7	199
Вопросы для самопроверки	200
Раздел 2. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ЭНЕРГОСИСТЕМ.....	201
Глава 8. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	203
8.1. Базовые положения теории решения задач управления режимами.....	203
8.2. Принципы методологических основ управления	208



8.3. Системы в энергетике	211
Заключение.....	213
Вопросы для самопроверки	213
Глава 9. ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ.....	215
9.1. Оптимальное управление режимами	215
9.2. Математическая формулировка задач оптимизации.....	218
9.3. Методы нелинейного программирования	221
9.4. Градиентный метод	223
9.5. Метод неопределенных множителей Лагранжа	227
9.6. Эффективность управления.....	229
9.7. Научные принципы решения задач оптимизации режимов	231
9.8. Информационное моделирование режимных задач.....	233
9.9. Задачи и модели оптимизации режимов	237
Заключение по главе 9	242
Вопросы для самопроверки	243
Глава 10. НАИВЫГОДНЕЙШЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ ПОТРЕБИ- ТЕЛЕЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ	245
10.1. Задачи оптимального распределения нагрузки	245
10.2. Оптимальное распределение нагрузки между ТЭС в тепловой энерго- системе.....	246
10.3. Распределение нагрузки в энергосистеме с ГЭС и ТЭС.....	251
10.4. Распределение нагрузки между агрегатами станций	257
10.5. Распределение реактивных нагрузок.....	260
10.6. Реализация распределения нагрузки при эксплуатации электростан- ций и энергосистем.....	262
Распределение активной мощности между электрическими станциями ме- тодом равенства относительных приростов (пример расчета).....	264
Распределение активной мощности между электрическими станциями ме- тодом равенства относительных приростов с учетом потерь мощности в сетях (пример расчета)	266
Распределение активной мощности между электрическими станциями ме- тодом приведенного градиента (пример расчета)	268
Заключение по главе 10	271
Вопросы для самопроверки	271



Глава 11. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ	273
11.1. Учет режима электрических сетей при решении общесистемных задач оптимизации режимов.....	273
11.2. Упрощенный алгоритм оптимизации режима энергосистемы	276
11.3. Использование принципа адресных расчетов.....	279
11.4. Эквивалентная электрическая схема	286
Адресные расчеты потоков мощности (пример расчета)	287
Заключение по главе 11	291
Вопросы для самопроверки	291
Глава 12. ОПТИМАЛЬНЫЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	293
12.1. Эквивалентные характеристики электростанций.....	293
12.2. Энергетические характеристики станции с одинаковыми агрегатами.....	294
12.3. Построение эквивалентных характеристик станции методом динамического программирования.....	296
12.4. Построение эквивалентных характеристик станции при заданном составе работающих агрегатов.....	300
12.5. Эквивалентные характеристики ТЭС	304
12.6. Среднеинтервальные характеристики	307
Построение характеристики станции методом динамического программирования (пример расчета)	308
Заключение по главе 12	311
Вопросы для самопроверки	311
Глава 13. ВЫБОР СОСТАВА АГРЕГАТОВ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ	313
13.1. Характеристика задачи	313
13.2. Выбор состава агрегатов в тепловой энергосистеме.....	318
13.3. Внутростанционная оптимизация режима ГЭС	320
13.4. Библиотека эквивалентных характеристик ТЭС	324
Выбор состава работающих агрегатов ГЭС с использованием метода направленного перебора вариантов (пример расчета).....	325
Заключение по главе 13	328
Вопросы для самопроверки	328



Глава 14. ОПТИМИЗАЦИЯ ДЛИТЕЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ГЭС	329
14.1. Долгосрочная оптимизация режимов	329
14.2. Математическая модель оптимизации режима водохранилища оди- ночной ГЭС с использованием градиентного метода	331
14.3. Последовательная корректировка длительного режима водохрани- лища	339
Заключение по главе 14	341
Вопросы для самопроверки	342
Глава 15. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ РЕШЕ- НИИ РЕЖИМНЫХ ЗАДАЧ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕ- МАХ	343
15.1. Компьютерные системы и их возможности	343
15.2. Вычислительные системы расчета режимов ЭЭС с интеллектуальны- ми возможностями	346
15.3. Инновационные возможности определения алгоритмической схемы решения режимных задач	348
15.4. Интерактивный режим прогнозирования оперативного графика на- грузки	351
15.5. Основные положения разработки информационного блока для пер- спективных расчетов энергетических балансов	354
Заключение к главе 15	358
Заключение	359
Библиографический список	361
Приложения	363
<i>Приложение 1.</i> Оперативное планирование режимов ЭЭС (пример расчета)	365
Вопросы для самопроверки	387
<i>Приложение 2.</i> Состояние энергетики России	388
Глоссарий	397