

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева
Сибирского отделения Российской академии наук

Г.Ф. КОВАЛЁВ

**УЧЕТ ФАКТОРА НАДЕЖНОСТИ
ПРИ ОЦЕНКЕ СИСТЕМНЫХ ЭФФЕКТОВ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

Ответственный редактор
член-корреспондент РАН *Н.И. Воронай*



НОВОСИБИРСК
«НАУКА»
2018

УДК 621.311

ББК 31

К 56

Ковалёв, Г.Ф. Учет фактора надежности при оценке системных эффектов в электроэнергетике / отв. ред. Н.И. Воропай; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т систем энергетики им. Л.А. Мелентьева. – Новосибирск: Наука, 2018. – 217 с.

ISBN 978–5–02–019164–8.

В монографию включены примеры учета надежности электроснабжения при оценке системных эффектов от функционирования электроэнергетических систем. Приведенные примеры являются результатом обобщения большой практической работы по оценке технико-экономических системных эффектов с учетом надежности на уровнях от Единой электроэнергетической системы страны до автономных региональных систем небольшой мощности. Оценки выполнялись автором на протяжении более чем 50 лет по заданиям органов управления экономикой страны.

Основное внимание уделено методам и моделям, которые были разработаны под руководством автора и которые позволяют оценивать указанные эффекты с учетом фактора надежности.

Книга предназначена для научных работников, специалистов и менеджеров, занимающихся анализом технико-экономических эффектов в электроэнергетической отрасли. Будет также полезна как учебный материал для аспирантов и студентов энергетических учебных заведений.

Рецензенты:

д.т.н. *С.М. Сендеров,*

д.т.н. *А.Д. Соколов,*

д.т.н. *В.Р. Чупин.*

Утверждено к печати Ученым советом Института систем энергетики
им. Л. А. Мелентьева СО РАН

ISBN 978–5–02–019164–8.

© Ковалёв Г. Ф., 2018

© Институт систем энергетики

им. Л. А. Мелентьева СО РАН, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	3
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБЛЕМЫ НАДЕЖНОСТИ ЭЭС НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ	6
1.1. Необходимость учета надежности при оценке системных эффектов	6
1.1.1. Основы и практика комплексной технико-экономической оценки намечаемых мероприятий в ЭЭС.....	6
1.1.2. Задачи, требующие оценки эффективности на уровне экономики страны, отрасли или объекта.....	9
1.2. Сложности учета фактора надежности при оценке экономического и системного эффектов	10
1.3. Ущерб (компенсационные затраты) от снижения надежности ЭЭС.....	11
1.3.1. Оценка ущерба в ЭЭС и у потребителей от нарушения нормального электроснабжения.....	11
1.3.2. Последствия от нарушения электроснабжения для всего общественного производства.....	14
1.3.3. Стоимостная оценка удельного ущерба от недоотпуска электроэнергии потребителям.....	14
1.3.4. Учет последствий от длительных крупномасштабных недоотпусков электроэнергии.....	16
1.4. Существующие способы и средства учета надежности; упрощенные и приближенные приемы учета надежности.....	17
1.5. Резюме по главе 1.....	21
2. МЕТОДИКА УЧЕТА НАДЕЖНОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ СИСТЕМНЫХ ЭФФЕКТОВ	23
2.1. Учет разных условий управления и последовательность учета единичных свойств надежности.....	23
2.2. Проблемы согласования надежности звена снабжения первичными энергоресурсами, генерирующего звена и сетевого звена.....	26
2.3. Проблема согласования надежности ЭЭС на различных временных и территориальных уровнях управления ими.....	29
2.4. Рекомендации по методам и средствам учета фактора надежности при проектировании ЭЭС.....	30
2.4.1. Нормативный и детерминистический подходы.....	30
2.4.2. Упрощенные вероятностные расчеты надежности.....	31
2.4.3. Уточненные расчеты надежности.....	32
2.5. Резюме по главе 2.....	33
3. ПОДХОДЫ И МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЭС	35
3.1. Применение нормативов надежности.....	35
3.2. Детерминистические подходы.....	37
3.3. Упрощенные вероятностные методы и модели.....	40
3.4. Уточненная оценка и оптимизация надежности сложных ЭЭС.....	54
3.5. Моделирование различных способов распределения дефицитов мощности и энергии в ЭЭС.....	62
3.6. Резюме по главе 3.....	63
4. ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТНЫХ СВОЙСТВ СОВРЕМЕННЫХ ЭЭС	64
4.1. Необходимость исследования надежности свойств ЭЭС и свойств соответ-	64

	ствующих моделей.....	65
4.2	Исследование совместной работы моделей “СОЮЗ” и “ЯНТАРЬ”.....	67
4.3.	Исследование надежности тестовых схем (отечественных и зарубежных).....	68
4.3.1.	Результаты исследований балансовой надежности ЭЭС по тестовой схеме с помощью программы “ЯНТАРЬ”.....	73
4.3.2.	Сопоставительный анализ результатов исследований надежности ЭЭС, выполненных с помощью разных программ.....	75
4.3.3.	Расчеты надежности тестовой схемы IEEE.....	83
4.4.	Сравнение детерминистических и вероятностных подходов.....	82
4.4.1.	Расчеты генерирующего звена.....	85
4.4.2.	Пример расчета надежности линии электропередачи.....	86
4.5.	Идентификация “слабых” по надежности мест в ЭЭС.....	88
4.6.	Учет надежности стареющего оборудования в условиях кризиса энергетики....	91
4.7.	Сопоставительный анализ получения вероятностных характеристик оборудования различными способами.....	94
4.8.	Влияние накопителей энергии на уровень надежности ЭЭС	99
4.9.	Особенности объединения ЭЭС на параллельную работу.....	103
4.10.	Надежность и снижение частоты в системе.....	104
4.11.	Терминологические рекомендации.....	104
4.11.1	Способы учета нагрузки при выборе генераторной мощности в условиях управления развитием ЭЭС.....	106
4.11.2.	Исходные позиции предлагаемого представления мощностей.....	107
4.11.3.	Предложения к составлению балансов мощности.....	108
4.12.	Получение функций распределения вероятностей загрузки линий электропередачи.....	110
4.13.	Резюме по главе 4.....	111
5.	ПРАКТИКА ОЦЕНКИ СИСТЕМНЫХ ЭФФЕКТОВ С УЧЕТОМ НАДЕЖНОСТИ. ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ КРУПНЫХ ЭНЕРГООБЪЕДИНЕНИЙ	111
5.1.	Общая характеристика проблемы.....	111
5.2.	Учет надежности электроснабжения при обосновании системной эффективности нового источника электроэнергии.....	114
5.3.	Оценка составляющих системного ущерба от вывода из работы ненадежных АЭС.....	126
5.4.	К оценке надежности при исследовании электроэнергетической безопасности страны.....	136
5.5.	Оценка надежности ЭЭС Дальнего Востока РФ на перспективу.....	140
5.6.	5.6. Исследование надежности межгосударственного объединения ЭЭС Дальнего Востока России и Японии.....	146
5.7.	Резюме по главе 5.....	148
6.	ПРАКТИКА ОЦЕНКИ СИСТЕМНЫХ ЭФФЕКТОВ С УЧЕТОМ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ УДАЛЕННЫХ РАЙОНОВ....	148
6.1.	Общая характеристика проблемы.....	151
6.2.	Обеспечение надежного электроснабжения золоторудного месторождения “Сухой Лог” (Иркутская область).....	159
6.3.	Обеспечение надежного электроснабжения острова Ольхон и Приольхонья на Байкале.....	165
6.4.	Вопросы надежного электроснабжения удаленных газовых промыслов.....	175
6.5.	Резюме по главе 6.....	176
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	178
	ЛИТЕРАТУРА	183
	ПРИЛОЖЕНИЯ	

П.1.	Нормирование надежности ЭЭС.....	183
П.1.1.	Нормирование надежности электроснабжения.....	183
П.1.2.	Системные нормативы надежности.....	184
П.1.3.	Нормирование надежности распределительных сетей.....	196
П.1.4.	Нормативы надежности оборудования.....	196
П.1.5.	Нормирование вычислительных инструментов.....	197
П.2.	. Классификация и соотношения составляющих генераторных мощностей и резервов.....	199
П.2.1.	Характеристика терминов и понятий генераторных мощностей и резервов при прогнозировании и планировании развития ЭЭС (этап А).....	199
П.2.2.	Характеристика терминов и понятий генераторных мощностей и резервов при планировании эксплуатации ЭЭС (этап Б).....	204
П.2.3.	Характеристика терминов и понятий генераторных мощностей и резервов при текущем управлении ЭЭС для момента времени t (этап В).....	207
П.2.4.	Характеристика терминов и понятий генераторных мощностей и резервов, используемых в отчетных данных о работе ЭЭС (этап Г).....	211
СОДЕРЖАНИЕ		214