

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

В.И. Пантелеев, Л.Ф. Поддубных

**МНОГОЦЕЛЕВАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ
И АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

Монография

Красноярск
СФУ
2009

УДК 621.311.008.2
П 16

Рецензенты: Секретарёв Ю.А., д-р тех. наук, проф., заведующий кафедрой систем электроснабжения Новосибирского государственного технического университета;
Ушаков В.Я., д-р тех. наук, проф., заведующий кафедрой электроэнергетических систем и высоковольтной техники Томского политехнического университета, заслуженный деятель науки России

Пантелеев В.И.

П 16 Многоцелевая оптимизация и автоматизированное проектирование управления качеством электроснабжения в электроэнергетических системах: монография / В.И.Пантелеев, Л.Ф. Поддубных. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2009. – 194 с.

ISBN 978-5-7638-1924-3

Рассмотрены различные аспекты управления качеством электроснабжения (УКЭС) в условиях неопределённости на основе развития методов многоцелевой оптимизации. Рассматриваются различные методы принятия решения, разработка адаптивных моделей УКЭС в составе технологических АСУ электроэнергетических систем, проблемы создания эффективных алгоритмов УКЭС с учетом кибернетических свойств ЭЭС и обеспечения устойчивости приближенных решений гибридных моделей УКЭС.

Рассчитана на научных работников, аспирантов, магистрантов и инженерно-технических работников, исследующих и эксплуатирующих электроэнергетические системы.

ISBN 978-5-7638-1924-3

© Сибирский
федеральный
университет, 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Введение.....	9
Глава 1. Структурные преобразования в энергетике и современные проблемы функционирования электроэнергетических систем.....	13
1.1. Анализ проблемы принятия решений в электроэнергетических системах	14
1.2. Информационные технологии поддержки принятия решений в энергосистемах.....	20
1.3. Развитие информационных технологий принятия решений в автоматизированной системе диспетчерского управления распределительных электрических сетей.....	24
1.4. Комплексная задача проектирования и управления качеством электроснабжения	27
Глава 2. Алгоритмическая модель автоматизированного проектирования информационно-технологической подсистемы многоцелевой оптимизации управления качеством электроснабжения	31
2.1. Задание исходных данных объекта проектирования.....	32
2.1.1. <i>Перечень базовых задач подсистемы.....</i>	<i>33</i>
2.2. Проектирование эпистемологических уравнений иерархии подсистемы качества электроснабжения.....	43
2.2.1. <i>Уравнение исходной системы. Переменные и параметры проектирования</i>	<i>44</i>
2.2.2. <i>Система данных и среда системы</i>	<i>48</i>
2.2.3. <i>Порождающая направленная система с поведением.....</i>	<i>54</i>
2.2.4. <i>Структурированная система</i>	<i>64</i>
2.2.5. <i>Идентификация и реконструкция системы</i>	<i>69</i>
Глава 3. Декомпозиционный алгоритм многоцелевой оптимизации качества электроснабжения.....	75
3.1. Формулирование и обоснование целевых условий	76
3.2. Учет динамики качества электроснабжения	79
3.3. Аппроксимационное моделирование структуры предпочтений лиц, принимающих решение. Блок-схема декомпозиционного алгоритма многоцелевой оптимизации	81
3.3.1. <i>Скалярная модель сетевой иерархии критериев</i>	<i>83</i>

3.3.2. Формирование исходного множества альтернатив. Однокритериальная оптимизация	84
3.3.3. Дискретная оптимизация области равнооптимальных решений	85
3.3.4. Оценка информационной важности и ранжирование критериев.....	86
3.3.5. Нормализация области равнооптимальных решений.....	89
3.3.6. Формулирование уравнения компромиссной области	90
3.3.7. Формулирование уравнений дооптимизации решений в компромиссной области	92
3.3.8. Определение вектора параметров компромиссного управления	93
3.3.9. Формулирование скалярного критерия декомпозиционного алгоритма многоцелевой оптимизации	93

Глава 4. Методы и модели многоцелевого прогнозирования векторных решений качества электроснабжения 95

4.1. Энтропийный метод прогноза компромиссных параметров управления	97
4.2. Метод оптимального прогноза качества электроснабжения на основе управляемых цепей Маркова.....	100
4.2.1. Многоцелевая двухуровневая модель управления	105
4.3. Программная модель «стимула» компромиссного управления.....	105
4.4. Модели и методы проектного прогноза качества электроснабжения.....	106
4.4.1. Динамическая модель оптимального развития электрической сети.....	107
4.4.2. Метод многоцелевого прогноза качества электроснабжения в условиях развития электрической сети	107
4.4.3. Неопределенность динамической модели оптимального развития электрической сети	110
4.4.4. Метод многоцелевого прогноза качества электроснабжения в условиях неопределенности развития электрической сети.....	113
4.4.5. Метод прогноза информационной важности критериев.....	114

Глава 5. Алгоритм многоцелевой оптимизации коммерческого управления качеством электроснабжения.....119

5.1. Формулирование обобщённого критерия коммерческого управления	120
5.2. Обоснование способов оптимальности межсистемной координации управления	122

5.3. Формирование информационно-энергетической области коммерческого управления	123
5.4. Разработка критерия предпочтительности компромиссных параметров коммерческого управления.....	126
5.5. Разработка автоматического критерия гарантированного результата качества электроснабжения.....	128
Глава 6. Анализ устойчивости приближенных решений качества электроснабжения	133
6.1. Формулирование задачи устойчивости гибридной модели качества электроснабжения	134
6.2. Метод анализа устойчивости компромиссных решений декомпозиционного алгоритма многоцелевой оптимизации	137
6.3. Метод анализа устойчивости максиминной модели управления..	143
6.4. Безопасность реализации компромиссного управления	150
Глава 7. Многоцелевая оптимизация проектирования качества электроснабжения распределительных электрических сетей	155
7.1. Требования к специфическому обеспечению подсистемы качества электроснабжения в составе технологической автоматизированной системы управления электроэнергетической системой.....	156
7.2. Решение задач многоцелевой оптимизации компенсации реактивной мощности и качества электроэнергии.....	158
7.2.1. Компенсация реактивных нагрузок распределительных электрических сетей	158
7.2.2. Многоцелевая оптимизация межсистемной компенсации реактивной мощности и качества электроэнергии	159
7.3. Математическое моделирование качества электроснабжения на обучающей физической модели системы электроснабжения.....	160
Заключение.....	162
Список литературы	164
Приложения	181

Предисловие

Электроэнергетические системы (ЭЭС) представляют собой сложнейшие комплексы, объединяемые единством процессов производства, передачи и распределения электроэнергии между её потребителями. Современные ЭЭС охватывают огромные территории и зачастую территориально являются не только межрегиональными, но и межгосударственными.

Их основная цель – надежное энергоснабжение потребителей качественной электроэнергией. Причём от качества электроэнергии, поставляемой потребителям, во многом зависит и эффективное её использование на стороне потребителя.

Поскольку процессы производства и потребления электроэнергии неразрывны во времени, качество электроэнергии определяется и характером потребления, а задача управления качеством электроснабжения становится многоаспектной проблемой, решать которую необходимо на многих уровнях и на основе методов теории систем и системного анализа.

В предлагаемой вашему вниманию монографии нашли отражение результаты многолетних исследований, проводившихся авторами и под их руководством в Красноярском государственном техническом университете (ныне Сибирский федеральный университет).

Конечный вид монографии и её содержание сложились и в результате замечаний рецензентов: профессора Ю.А. Секретарёва (Новосибирский государственный технический университет) и заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора В.Я. Ушакова (Томский политехнический университет), за что авторы выражают им глубокую благодарность.

Авторы надеются, что монография окажется полезной для специалистов-энергетиков, научных работников, аспирантов и магистрантов, исследующих проблемы современной энергетики.