

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**А. А. Герасименко, В. Б. Нешатаев**

**ОПТИМАЛЬНАЯ КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ  
МОЩНОСТИ В СИСТЕМАХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Монография

Красноярск  
СФУ  
2012

УДК 621.315  
ББК 31.27  
Г371

Рецензенты:

*Кононов Ю. Г.*, д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой «Автоматизированные электроэнергетические системы и электроснабжение» Северо-Кавказского государственного технического университета;

*Кунгс Я. А.*, канд. техн. наук, проф. кафедры «Системозенергетика» Красноярского государственного аграрного университета, заслуженный энергетик РФ

**Герасименко, А. А.**

Г371

Оптимальная компенсация реактивной мощности в системах распределения электрической энергии : монография / А. А. Герасименко, В. Б. Нешатаев. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 218 с.

ISBN 978-5-7638-2630-2

Разработаны основные теоретические положения для статистического моделирования электрических нагрузок, расчёта потерь электроэнергии, оптимальной компенсации реактивной мощности, заключающейся в определении мест размещения, устанавливаемых мощностей и оптимальной загрузки источников реактивной мощности как в проектируемых, так и в эксплуатируемых распределительных сетях и системах с учётом всей совокупности электрических режимов. Все теоретические проработки алгоритмизированы. Оптимизационные алгоритмы реализованы в виде программ для ЭВМ.

Предназначена специалистам по оптимизации режимов в электроэнергетических системах, может быть полезна магистрантам, аспирантам электроэнергетического профиля.

**УДК 621.315  
ББК 31.27**

ISBN 978-5-7638-2630-2

© Сибирский федеральный университет, 2012

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Методы оптимизации режимов по реактивной мощности и расчёта потерь электроэнергии в распределительных сетях энергосистем .....</b>	<b>13</b>
1.1. История возникновения проблемы компенсации реактивной мощности в единой энергосистеме Российской Федерации .....	14
1.2. Математическая постановка оптимизационной задачи .....	18
1.3. Формирование целевой функции расчётных затрат.....	24
1.4. Общая характеристика методов и программ оптимизации режимов .....	29
1.5. Общая характеристика методов расчёта потерь электроэнергии .....	36
<b>2. Определение потерь электроэнергии и интегральных характеристик режимов на основе стохастического моделирования нагрузок .....</b>	<b>42</b>
2.1. Получение матрицы корреляционных моментов мощностей и её свойства .....	43
2.2. Краткое описание метода главных компонент .....	46
2.3. Вероятностно-статистическое моделирование электрических нагрузок методом главных компонент.....	48
2.4. Алгоритм расчёта потерь электрической энергии и интегральных характеристик режимов .....	53
2.5. Оценка погрешности расчёта потерь электроэнергии методом статистических испытаний.....	61
2.6. Пример определения обобщённых графиков нагрузки и расчёта потерь электроэнергии для сети 110 кВ .....	70
2.7. Алгоритм определения температуры жил, уточнения активного сопротивления и потерь электроэнергии в кабельных линиях.....	74
2.7.1. Необходимость определения температуры жил силовых кабелей.....	75
2.7.2. Уравнения теплового баланса.....	78
2.7.3. Особенности расчёта тепловых сопротивлений элементов кабеля и окружающей среды.....	80
2.7.4. Алгоритм и аналитические зависимости для определения температуры жил кабелей .....	82
2.7.5. Оценка точности расчёта температуры жил кабелей.....	85

<b>3. Методика и алгоритм оптимального выбора источников реактивной мощности в системах распределения электрической энергии.....</b>	<b>89</b>
3.1. Оптимизация мгновенных режимов при моделировании нагрузок математическими ожиданиями мощностей.....	90
3.1.1. Математическая постановка задачи.....	90
3.1.2. Выбор зависимых и независимых переменных, смена базиса.....	90
3.1.3. Формирование выражения приведенного градиента.....	92
3.1.4. Определение шага оптимизации.....	94
3.1.5. Ввод в допустимую область параметров режима.....	95
3.1.6. Алгоритм оптимизации мгновенных режимов.....	97
3.1.7. Пример оптимизации режима средних нагрузок для сети 110 кВ.....	98
3.2. Стохастическая оптимизация режимов на интервале времени при моделировании нагрузок обобщёнными графиками.....	101
3.2.1. Математическая постановка задачи.....	101
3.2.2. Выбор зависимых и независимых переменных для компонент собственных векторов и моделирующих коэффициентов.....	101
3.2.3. Формирование выражения приведенного градиента.....	102
3.2.4. Алгоритм стохастической оптимизации на интервале времени.....	104
3.2.5. Пример стохастической оптимизации режимов на суточном интервале времени для сети 110 кВ.....	106
3.3. Особенности формирования выражения целевой функции расчётных затрат.....	111
3.4. Алгоритм оптимального выбора источников реактивной мощности.....	115
3.5. Пример оптимального выбора источника реактивной мощности для сети 110 кВ.....	118
3.6. Особенности вычисления приведенного градиента.....	121
3.6.1. Вычисление приведенного градиента при моделировании нагрузок математическими ожиданиями мощностей..	121
3.6.2. Вычисление приведенного градиента при моделировании нагрузок обобщёнными графиками.....	123
<b>4. Программная реализация алгоритмов и оценка точности расчёта на примере центральной части красноярской энергосистемы .....</b>	<b>128</b>
4.1. Общая характеристика программы оптимизации мгновенных режимов по реактивной мощности OPRES .....	128
4.2. Общая характеристика программы стохастической оптимизации режимов по реактивной мощности на интервале времени ORESA .....	132

4.3. Оптимизация режимов по реактивной мощности центральной части Красноярской энергосистемы и оценка точности расчёта ..	136
4.3.1. Общая характеристика центрального энергоузла Красноярской энергосистемы .....	136
4.3.2. Составление схемы замещения и определение расчётных нагрузок .....	139
4.3.3. Расчёт и анализ исходных установившихся режимов .....	141
4.3.4. Формирование матрицы корреляционных моментов мощностей и получение обобщённых графиков нагрузки .....	142
4.3.5. Оценка точности стохастической оптимизации режимов ...	144
<b>Заключение .....</b>	<b>147</b>
<b>Список литературы.....</b>	<b>149</b>
<b>Приложение 1 .....</b>	<b>164</b>
<b>Приложение 2 .....</b>	<b>178</b>
<b>Приложение 3 .....</b>	<b>184</b>
<b>Приложение 4 .....</b>	<b>204</b>