

Библиотека энергоэффективности и энергосбережения

Энергоэффективность по отраслям

**Энергосбережение и повышение энергетической
эффективности в электрических сетях**

Справочно-методическое издание

Москва, 2015

Аннотация

Рассмотрены особенности магистральных и распределительных электрических сетей как объекта энергосбережения и повышения энергетической эффективности, структура потребления энергоресурсов в электросетевом комплексе. Приведены перечень основных нормативных документов, термины и определения в области снижения потерь электроэнергии в электрических сетях. Обоснована необходимость системного подхода к повышению энергоэффективности электросетевого комплекса. Выполнен анализ динамики, структуры и потенциала снижения потерь электроэнергии в электрических сетях как основного энергетического ресурса, потребляемого электрическими сетями при оказании услуг по передаче и распределению электроэнергии. Подробно рассмотрены методы и программы расчёта технических и нетехнических потерь электроэнергии и мероприятия по их снижению в электрических сетях напряжением 0,4 – 750 кВ. Особое внимание уделено методам оценки эффективности мероприятий по снижению потерь, методам мониторинга балансов и потерь электроэнергии, сравнительной эффективности электросетевых организаций по энергосбережению и повышению энергетической эффективности. Рассмотрены основные особенности и принципы системы управления энергосбережением и повышением энергетической эффективности в электрических сетях. Уделено внимание зарубежному опыту снижения технических и нетехнических потерь электроэнергии.

Издание предназначено для инженерно-технических работников электросетевых организаций, занимающихся решением проблем снижения технических и нетехнических потерь электроэнергии в электрических сетях, экономии других топливно-энергетических ресурсов, расходуемых при оказании услуг при передаче и распределении электроэнергии, персоналу потребителей электроэнергии, занимающемуся расчётами и снижением потерь электроэнергии в принадлежащим им электрических сетях. Может быть полезно студентам, бакалаврам и магистрам высших учебных заведений, а также аспирантам в области электротехники и электроэнергетики.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Электрические сети как объект энергосбережения и повышения энергоэффективности	6
1.1. Краткая характеристика и перспективы развития электросетевого комплекса России	6
1.1.1. Электросетевой комплекс – инфраструктурная часть электроэнергетики России. Основные критерии и приоритеты его функционирования и развития.	6
1.1.2. Состояние и перспективы развития. Организационная структура электросетевого комплекса.	9
1.1.3. Техническое состояние оборудования и систем учета электроэнергии в магистральных и распределительных электрических сетях	13
1.2. Структура потребления топливно-энергетических ресурсов в электросетевом комплексе	18
Список литературы к главе 1	21
Глава 2. Нормативные требования к энергосбережению и повышению энергетической эффективности в электрических сетях	22
2.1. Нормативная база по энергосбережению и повышению энергетической эффективности электросетевых организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности	22
2.2. Термины и определения	27
2.3. Энергоэффективность – комплексный показатель надежности, качества и экономичности электроснабжения потребителей.	34
Список литературы к главе 2	40
Глава 3. Динамика, структура и потенциал снижения потерь электроэнергии в электрических сетях	41
3.1. Динамика и структура потерь электроэнергии в электрических сетях России	41
3.2. Динамика потерь электроэнергии в электрических сетях ОАО «Россети»	44
3.3. Структура потерь электроэнергии. Влияющие факторы	48
3.4. Динамика и структура потерь электроэнергии в электрических сетях зарубежных электросетевых компаний	53
3.5. Потенциал снижения потерь электроэнергии в электросетевом комплексе	60
3.5.1. Терминология	60

3.5.2 Методы расчета потенциала снижения потерь электроэнергии	63
Список литературы главе 3	68
Глава 4. Методы расчёта технологических потерь электроэнергии в электрических сетях 0,38-750 кВ.	70
4.1. Классификация, этапы и направления развития методов расчёта потерь электроэнергии	70
4.2. Детерминированные и вероятностно-статистические методы расчёта нагрузочных потерь электроэнергии.	80
4.2.1. Общие положения	80
4.2.2. Регрессионные методы расчёта и анализа потерь электроэнергии	83
4.3. Оценка погрешностей расчёта технических потерь электроэнергии в электрических сетях	88
4.3.1. Общие положения	88
4.3.2. Определение погрешностей расчёта структурных составляющих потерь электроэнергии в электрических сетях	89
4.3.3. Анализ влияния среднеквадратической ошибки расчета потерь электроэнергии в одном фидере распределительной сети 6-10 и 0,4 кВ на среднеквадратическую ошибку расчета суммарных потерь электроэнергии	99
4.4. Оценка погрешностей расчёта активных сопротивлений проводов воздушных линий и нагрузочных потерь электроэнергии в них из-за учёта метеоусловий	99
4.5. Микропроцессорный счётчик нагрузочных потерь электроэнергии.	110
4.6. Методы расчёта и измерения потерь мощности и электроэнергии на корону в воздушных линиях электропередачи	111
4.7. Методы расчёта и измерения дополнительных потерь мощности и электроэнергии, не учитываемых в нормативных документах	120
4.7.1. Потери мощности и электроэнергии от несимметрии и несинусоидальности токов в электрических сетях	121
4.7.1.1. Потери мощности и электроэнергии от несимметрии токов и напряжений в электрических сетях	121
4.7.1.2 Потери мощности и электроэнергии от несинусоидальности токов в электрических сетях	123
4.7.2. Измерение и анализ потерь холостого хода распределительных трансформаторов в условиях их эксплуатации	125
	378

4.7.3.Измерение и анализ потерь мощности и электроэнергии в контактных соединениях и предохранителях распределительных устройств трансформаторных подстанций 6-10/0,4 кВ, в скрутках проводов 0,4 кВ	130
Список литературы к главе 4	133
Глава 5. Структура нетехнических потерь электроэнергии	137
5.1. Нетехнические потери, обусловленные погрешностями измерений отпущенной в сеть и полезно отпущенной электроэнергии потребителям	137
5.2. Нетехнические потери, обусловленные занижением отпуска электроэнергии потребителям из-за за недостатков энергосбытовой деятельности	138
5.3. Нетехнические потери, обусловленные задолженностью по оплате за электроэнергию	144
5.4. Нетехнические потери, обусловленные погрешностями расчета технических потерь электроэнергии в электрических сетях	146
5.5 Терминология в области нетехнических (коммерческих) потерь электроэнергии	146
5.6. Методы расчёта численных значений структурных составляющих нетехнических потерь электроэнергии	148
5.6.1. Методика экспертной оценки структурных составляющих нетехнических потерь электроэнергии	148
5.6.2. Методы расчёта количества неучтённой потребленной электроэнергии	150
5.7. Последовательность действий персонала субъектов электроэнергетики по обнаружению фактов несанкционированного потребления (хищений) и выявлению неучтённой электроэнергии	157
5.7.1. Для абонентов со счётчиками непосредственного включения	157
5.7.2 Для бытовых и промышленных потребителей с трехфазными счетчиками трансформаторного включения	161
5.8. Приборы для проверки схем включения счетчиков и вторичных цепей трансформаторов тока и напряжения	162
5.8.1 Специализированные портативные приборы производства НПП «Марс-Энерго»: «Энерготестер ПКЭ», «ПЭМ-02И» и «Энергомонитор 3.3Т1»	164
5.8.2.Автономный индикатор сетевого тока «Аист»-ЭИ3008 и индикатор «ПОИСК» ЭИ3007М для поиска скрытой электропроводки производства ООО предприятие «ЗИП-Научприбор»	166

5.8.3. Многофункциональный прибор «Квант» для контроля тока нагрузки и определения мест повреждения в распределительных электросетях	168
5.8.4. Устройство измерительное переносное УИП8535 производства ЗАО «Энергопромтрейдинг» для определения падения напряжения на проводах, соединяющих низковольтную сторону измерительного трансформатора напряжения и счётчик электроэнергии	171
Список литературы к главе 5	173
Глава 6. Программное обеспечение расчётов потерь электроэнергии в электрических сетях	175
6.1. Краткая характеристика программных комплексов по расчёту потерь электроэнергии	175
6.2. Программный комплекс РТПЗ	178
6.2.1. Назначение	178
6.2.2. Перечень решаемых задач	181
6.2.3. Сервисные и пользовательские возможности	183
6.2.4. Расчёт структурных составляющих технологических потерь электроэнергии	184
6.2.5. Расчёт фактических и допустимых небалансов электроэнергии	209
6.2.6. Расчёт токов короткого замыкания	212
6.2.7. Аналитический блок	214
6.2.8. Объекты внедрения. Сертификация	217
6.3. Перспективы развития программного обеспечения по расчётам балансов и потерь электроэнергии	217
Список литературы к главе 6	229
Глава 7. Мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в электрических сетях	231
7.1. Цели, задачи, принципы и приоритетные направления политики ОАО «Россети в области энергосбережения, повышения энергетической эффективности, инновационного развития и экологии.	231
7.2. Мероприятия по снижению технических потерь электроэнергии при её передаче по магистральным электрическим сетям напряжением 220 кВ и выше.	235
7.2.1. Оптимизация режимов электрических сетей 220-750 кВ по реактивной мощности и напряжению	236
	380

7.2.2. Системы утилизации тепла трансформаторов и автотрансформаторов Σ для снижения расхода на собственные нужды подстанций.	
7.3. Мероприятия по снижению технических потерь электроэнергии при её распределении по электрическим сетям 0,4-110 кВ.	253
7.4. Реконструкция и инновационное развитие электросетевого комплекса, внедрение энергосберегающего оборудования и современных технических решений.	255
7.5. Мероприятия по снижению нетехнических потерь электроэнергии. Совершенствование, модернизация и автоматизация систем учёта электроэнергии.	260
7.5.1. Опыт и перспективы применения систем интеллектуального учёта электроэнергии	261
7.6. Сокращение расхода ТЭР на хозяйственные нужды в зданиях, строениях и сооружениях.	274
7.7 Мероприятия по сокращению расхода моторных топлив, горюче-смазочных материалов, используемых для оказания услуг по передаче электроэнергии	275
7.8 Оптимизация системы управления бизнес-процессами повышения эффективности. Внедрение системы энергетического менеджмента и управления человеческими ресурсами	275
7.9. Развитие энергосервисной деятельности.	281
Список литературы к главе 7	287
Глава 8. Методы расчёта экономической эффективности мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях	289
8.1. Методы расчёта планируемой эффективности мероприятий по снижению технических потерь электроэнергии	289
8.1.1. Общие положения и принципы расчёта	289
8.1.2. Расчёт эффективности мероприятий по оптимизации схемных и режимных параметров в условиях эксплуатации электрических сетей и оперативного управления их режимами	290
8.1.2.1. Оптимизация установившихся режимов электрических сетей по реактивной мощности и уровням напряжения	290

8.1.2.2. Ввод в работу неиспользуемых средств регулирования напряжения под нагрузкой (РПН) и автоматического регулирования	292
8.1.2.3. Оптимизация уровней напряжения на слабозагруженных воздушных линиях электропередачи с целью снижения потерь электроэнергии на корону в неблагоприятных климатических условиях	296
8.1.2.4. Оптимизация распределения нагрузки между подстанциями переключениями в ее схеме	296
8.1.2.5. Оптимизация мест размыкания контуров электрических сетей с различными номинальными напряжениями	297
8.1.2.6. Отключение трансформаторов в режимах малых нагрузок трансформаторов на подстанциях с двумя или более трансформаторами. Отключение в режимах малых нагрузок одной цепи на двухцепных линиях электропередачи	298
8.1.2.7. Сокращение продолжительности технического обслуживания и ремонта основного оборудования сете	300
8.1.2.8. Выполнение эксплуатационных и ремонтных работ под напряжением на воздушных линиях электропередачи	301
8.1.2.9. Снижение расхода на собственные нужды подстанций	301
8.1.2.10 Выравнивание нагрузок фаз в электрических сетях 0,4 кВ	304
8.1.3 Расчет эффективности мероприятий (комплекса мероприятий), внедряемых в составе инвестиционных проектов по развитию, реконструкции и модернизации электрических сетей, вводу в работу энергосберегающего оборудования, инновационной техники и технологий.	305
8.1.3.1. Замена перегруженных, установка и ввод в эксплуатацию дополнительных силовых трансформаторов на действующих подстанциях. Замена недогруженных силовых трансформаторов	305
8.1.3.2. Замена силовых трансформаторов, автотрансформаторов на новое с пониженными уровнями потерь мощности холостого хода и короткого замыкания	307
8.1.3.3. Реконструкция линий электропередачи с заменой провода на большее сечение	307
8.1.3.4. Применение на реконструируемых и вновь строящихся линиях электропередачи новых конструкций проводов и кабелей с повышенной	382

удельной электрической проводимостью	309
8.1.3.5. Установка и ввод в работу устройств компенсации реактивной мощности в электрических сетях энергосистем	309
8.1.3.6. Применение мероприятий (в том числе накопителей электроэнергии), направленных на выравнивание графиков нагрузки электросетей	311
8.1.3.7. Методические подходы к оценке системного эффекта от мероприятий, связанных с электросетевым строительством, к экономическому обоснованию вариантов развития, реконструкции и модернизации электрической сети	312
8.2. Оценка эффективности мероприятий по совершенствованию расчётного и технического учёта электроэнергии	318
8.3. Методика оценки фактического эффекта от внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии	321
8.3.1. Оценка фактического эффекта от внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии	321
8.3.2. Оценка изменения технических потерь электроэнергии	322
8.3.3. Оценка суммарного фактического эффекта от внедрённых мероприятий по снижению потерь электроэнергии в исследуемом периоде	324
Список литературы к главе 8	327
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	328
Приложение 1 Относительные потери электроэнергии в электрических сетях зарубежных стран в 2009-2011 г.г.	333
Приложение 2 Методика расчета технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям в базовом периоде	336
Приложение 3 Оценочные значения эффектов от внедрения мероприятий по снижению потерь	367
Приложение 4 Примеры расчёта эффективности некоторых инновационных мероприятий.	368