

620.9.004

А 90

**А.А. АРУТЮНЯН**

**ОСНОВЫ  
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

0309007

ББК 31.280.7

А 20

УДК 621.311.1.017

**А.А. Арутюнян. Основы энергосбережения. — М.: ЗАО «Энергосервис», 2007. — стр.600**

ISBN 978 -5-900835-98-3

В предлагаемой книге рассматриваются вопросы энергосбережения, связанные с производством и распределением электроэнергии в электрических сетях энергосистем.

В настоящее время в России реализуется система энергетических обследований объектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии, направленная на выявление неоправданных потерь электроэнергии и внедрение энергосберегающих мероприятий. В связи с этим в книге обобщены новые научно-исследовательские и практические результаты, а также поставлены некоторые дискуссионные вопросы.

В частности, рассматриваются методы расчета и анализа технологического расхода, обусловленного собственной нагрузкой энергосистемы, транзитным и межсистемным перетоком. Приведены современные методы нормирования технологического расхода энергии в электрических сетях энергосистем, выполненных в ходе энергетических обследований и энергоаудита электрических сетей.

Изложены результаты исследований по использованию устройств регулирования напряжения в энергосистемах и инженерный метод регулирования напряжения при ограничениях по переключению устройств РПН трансформаторов. Предложена методика оценки оптимального соотношения количества исходной информации и затрат на энергетическое обследование с получаемым экономическим эффектом в результате внедрения энергосберегающих мероприятий.

Книга предназначена для инженерно-технического персонала энергосистем, научных и проектных организаций, а также для студентов электроэнергетических специальностей.

ISBN 978-5-900835-98-3

© ЗАО «Энергосервис», 2007

## Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	5
<b>Глава первая. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСХОД МОЩНОСТИ И ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ .....</b>	<b>20</b>
1.1. Основные определения .....	20
1.2. Составляющие баланса электроэнергии .....	23
1.3. Структура технологического расхода и коммерческих потерь электроэнергии .....	27
1.4. Учет потоков и расхода электроэнергии в энерго- системе .....	31
1.5. Автоматизация сбора и обработки информации о режимах работы электрических сетей .....	36
<b>Глава вторая. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСХОДА ЭНЕРГИИ .....</b>	<b>48</b>
2.1. Основные этапы развития методов расчета .....	48
2.2. Систематизация методов расчета технологического расхода энергии .....	73
2.3. Расчеты ТРЭ при принадлежности всех узлов схемы сети к типу с полной информацией (ПИ) .....	77
2.4. Расчеты ТРЭ при наличии одновременно узлов с полной (ПИ) и с неполной информацией (НПИ) .....	78
2.5. Расчеты ТРЭ при наличии только узлов с неполной информацией (НПИ) .....	82
2.6. Учет особенностей сетей, режимов и назначений расчетов ТРЭ .....	83
2.7. Алгоритм расчета ТРЭ при неполной и минимальной информации .....	86
2.8. Примеры расчетов ТРЭ в электрических сетях 35 кВ и выше .....	89
2.9. Расчет при наличии узлов с малодостоверной информацией (узлы типа МДИ) .....	95

Глава третья. ПОГРЕШНОСТИ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСХОДА ЭНЕРГИИ .....	97
3.1. Классификация погрешностей .....	97
3.2. Тестовый пример .....	99
3.3. Методические погрешности расчетов технологического расхода энергии .....	105
3.4. Случайные погрешности при расчетах технологического расхода энергии .....	116
3.5. Погрешности измерения электроэнергии и величины ее расхода в электрических сетях .....	121

Глава четвертая. МЕТОДЫ РАСЧЕТА УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....	125
4.1. Краткая история развития и применения вычислительной техники для расчета режимов электрических систем ....	125
4.2. Формирование расчетной модели электрической сети ...	128
4.3. Развитие методов расчета установившихся режимов ...	138
4.4. Алгоритм расчета установившегося режима на основе матрицы узловых проводимостей эквивалентного многополюсника .....	145
4.5. Использование гибридных матриц параметров электрических сетей .....	149
4.6. Повышение эффективности методов и алгоритмов расчета установившихся режимов .....	163
4.7. Программная реализация алгоритмов и некоторые результаты экспериментальных исследований .....	174
4.8. Популярныe программы расчета установившихся режимов .....	183

Глава пятая. СНИЖЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСХОДА ПУТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ .....	202
5.1. Основные показатели качества электроэнергии .....	202
5.2. Основные потребители реактивной мощности .....	210
5.3. Основные средства регулирования напряжения .....	214
5.4. Анализ использования средств регулирования напряжения в энергосистемах .....	227

5.5. Основные недостатки устройств РПН, выявленные эксплуатацией .....	236
5.6. Использование источников реактивной мощности в энергосистемах .....	239
5.7. Методика регулирования напряжения при ограничениях по переключению регулирующих устройств .....	240
5.8. Информационное обеспечение .....	245
5.9. Определение оптимальных временно-стабильных коэффициентов трансформации трансформаторов .....	247
5.10. Оценка чувствительности напряжения узлов при изменении коэффициентов трансформации трансформаторов и мощностей присоединенных компенсирующих устройств .....	249
5.11. Коррекция значений КТТ и мощностей присоединенных ИРМ .....	257
5.12. Программная реализация методики .....	261
5.13. Примеры использования временно стабильных коэффициентов трансформации трансформаторов .....	263

## Глава шестая. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ И ЭНЕРГОАУДИТ КАК ОСНОВНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ .....

6.1. Организация работ по энергосбережению .....	275
6.2. Основы энергетического обследования и энергоаудита ...	287
6.3. Методики проведения энергетических обследований ...	291
6.4. Порядок организации и проведения энергоаудита предприятий и организаций .....	295
6.5. Энергетическое обследование предприятий электрических сетей .....	297
6.6. Обследование энергосбытовой деятельности .....	300

## Глава седьмая. СНИЖЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСХОДА И ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ .....

7.1. Энергетическое обследование электросетевой компании .....	306
--	-----

7.1.1. Краткая характеристика электросетевой компании ...	308
7.1.2. Организационная структура управления электросетевой компанией .....	309
7.2. Обследование энергосбытовой деятельности .....	314
7.2.1. Основные задачи Энергосбыта .....	314
7.2.2. Организация учета электроэнергии .....	317
7.2.3. Динамика технологического расхода и потерь электроэнергии .....	320
7.3. Мероприятия по снижению технологического расхода электроэнергии в электрических сетях .....	327
7.4. Мероприятия по снижению коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях .....	329
7.4.1. Организационные мероприятия по снижению коммерческих потерь .....	333
7.4.2. Технические мероприятия по снижению коммерческих потерь .....	341
7.4.3. Практические расчеты и анализ «коммерческих» потерь .....	348
7.4.4. Коммерческие потери, обусловленные неодновременностью оплаты за электроэнергию бытовыми потребителями .....	350
7.4.5. Коммерческие потери, обусловленные хищением электроэнергии .....	356
 <b>Глава восьмая. НОРМАТИВЫ</b>	
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСХОДА ЭНЕРГИИ .....	361
8.1 Общие положения и принципы нормирования ТРЭ .....	361
8.2. Укрупненная оценка нормативов условно-постоянных и переменных технологических расходов электрической энергии .....	366
8.3. Анализ нормативов технологического расхода электроэнергии на ее передачу .....	369
8.4. Основные причины корректировки нормативов электросетевой компании .....	369

<b>Глава девятая. ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСХОДА ЭНЕРГИИ</b> .....	376
9.1. Основные задачи имитационного моделирования .....	377
9.2. Имитационное моделирование адаптивной системы регулирования напряжения .....	379
9.3. Основные этапы формирования имитационной модели для анализа технологического расхода энергии в электрических сетях .....	384
9.4. Генерирование случайных чисел .....	386
9.5. Использование регрессионных моделей .....	392
9.6. Использование метода главных компонент .....	397
9.7. Комплексная программа имитационного моделирования технологического расхода энергии .....	402
9.8. Результаты имитационного анализа технологического расхода и других режимных параметров .....	408
<b>Глава десятая. ОЦЕНКА СООТНОШЕНИЯ ЗАТРАТ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ С ЭКОНОМИЧЕСКИМ ЭФФЕКТОМ</b> .....	423
10.1. Составляющие затрат на энергетическое обследование предприятия электрических сетей .....	423
10.2. Общие закономерности эффективного управления системами .....	427
10.3. Определение экономически оправданного количества информации .....	433
10.4. Оценка максимального экономического эффекта в зависимости от количества информации .....	435
10.5. Определение экономической эффективности при рыночных отношениях .....	437
10.6. Оценка ожидаемого экономического эффекта мероприятий по результатам энергетического обследования .....	441

ПРИЛОЖЕНИЯ.....	443
Приложения к второй главе.....	444
П1. Инструкция программы расчета технологического расхода энергии в радиальных электрических сетях 6-35 кВ.....	444
П2. Алгоритм программы расчета технологического расхода энергии в электрических сетях 0,4 кВ.....	472
Приложение к шестой главе.....	478
Энергетический паспорт предприятия электрических сетей.....	478
Приложение к восьмой главе.....	506
Положение об организации в Министерстве промышленности и энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям.....	506
Порядок расчета и обоснования нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям.....	511
Литература.....	567