



Фролов Ю. М., Шелякин В. П.

Основы электроснабжения:

Учебное пособие. 1-е изд.

Рекомендовано УМО вузов РФ по агроинженерному образованию в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению «Агроинженерия»

ISBN 978-5-8114-1385-0

Год выпуска 2012

Тираж 1000 экз.

Формат 16,5×23,5 см

Переплет: твердый

Страниц 432

Цена 1 079,98 руб.

Учебное пособие представляет собой систематизированное изложение основных разделов курса «Электроснабжение» с учетом современных достижений в области энергосбережения в энергетике России и состоит из двух частей.

В первой части приводятся общие сведения об электроэнергетике. Материал части разделен на три главы по принципу «производство — преобразование — особенности исполнения способов передачи электроэнергии».

Материал второй части разделен на шесть глав и посвящен вопросам проектирования и оптимизации систем электроснабжения, а также экономической оценке принимаемых технических решений. Каждая глава содержит теоретические сведения и примеры расчета объектов энергосистем. Описываются общепринятые и перспективные направления развития технологий энергосбережения.

Учебный материал пособия соответствует государственному общеобразовательному стандарту по направлению «Агроинженерия» при подготовке бакалавров. Также пособие может быть полезно студентам электротехнических специальностей, изучающим электроснабжение как учебную дисциплину, и специалистам-практикам широкого профиля деятельности.

Рецензенты:

В. Д. Волков — доктор технических наук, профессор, проректор по учебной работе Международного института компьютерных технологий; *Ю. А. Медведько* — кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой эксплуатации энергетического оборудования и электрических машин ФГОУ ВПО Азово-Черноморской государственной агроинженерной академии.

Введение

Целями и задачами данного учебного издания являются подготовка студентов к практическому применению теоретических знаний, полученных при изучении учебной дисциплины «Электроснабжение», развитие навыков студентов в рациональном выборе основного энергетического оборудования электрических станций и подстанций, распределительных устройств и аппаратуры защит, выработка комплексного подхода к выбору средств управления режимами энергопотребления и качеством электрической энергии.

Первая часть пособия состоит из трех глав, в которых рассмотрены способы производства электрической энергии с использованием традиционных топливных энергоресурсов, энергоресурсов рек, атомной энергии, а также с использованием возобновляемых источников энергии, в том числе энергии ветра, солнца, геотермальных вод, энергии приливов и отливов, биологических источников энергии. Приведена структура энергетики Российской Федерации, схемы электрических соединений источников энергии, в том числе энергетических блоков и электростанций. Изложены сведения о видах защиты энергетического оборудования, представлены составляющие системы электроснабжения, в том числе источники производства электрической энергии, трансформаторные и распределительные подстанции, линии передачи электроэнергии, выбор оптимального напряжения в системах электроснабжения, режимы нейтрали электрических сетей.

Вторая часть состоит из шести глав и посвящена расчету нагрузок, выбору и проверке электрооборудования систем электроснабжения. Рассмотрены графики нагрузки потребителей электроэнергии, режимы работы электроустановок сельхозпредприятий, способы определения расчетных нагрузок потребителей и мощности трансформаторных подстанций, их схемные решения и выбор коммутационной и защитной аппаратуры.

Изложены принципы построения электрических сетей систем электроснабжения, основные положения о статической и динамической устойчивости электрических систем, способы повышения устойчивости систем электроснабжения.

Показаны основные причины и виды коротких замыканий в системах электроснабжения, даны способы составления и преобразования расчетных схем для расчета токов короткого замыкания в сетях выше 1000 В при симметричных и несимметричных коротких замыканиях, отмечены особенности определения токов короткого замыкания в низковольтных сетях и приведены методики расчета токов при несимметричных коротких замыканиях в них.

Значительное внимание уделено вопросу качества электроэнергии в системах электроснабжения: рассмотрены показатели качества электроэнергии и их влияние на работу электроприемников, определение и контроль показателей качества в системах электроснабжения, автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ), электротехнический и технологический ущерб от ухудшения качества электроэнергии.

Важная роль в электроснабжении отводится надежности. Многочисленные исследования показали, что связь между энергосистемой, ее элементами и внешней средой носит вероятностный характер. Это обусловило разработку теории надежности энергосистем на основе ее вероятностно-статистической природы поведения. Вероятность наступления определенного события или выполнения заданных требований может быть определена, рассчитана, оценена, измерена, испытана, распределена между отдельными частями системы, объекта, аппаратуры. В связи с этим в учебном пособии рассмотрены основные положения и показатели теории надежности с практическим применением ее положений для определения надежности различных систем электроснабжения. Сравнительная оценка методов определения надежности показала, что коэффициентный метод расчета надежности весьма прост для использования и не требует знания значений интенсивностей отказов элементов, входящих в систему.

Фролов Ю. М., Шелякин В. П.

Основы электроснабжения:

Учебное пособие. 1-е изд.

Содержание

Введение 3

ЧАСТЬ I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ 4

1. Производство электрической энергии 4

- 1.1. Способы производства электрической энергии 4
 - 1.1.1. Традиционные способы производства электрической энергии 4
 - 1.1.2. Способы производства электрической энергии от возобновляемых источников энергии 11
- 1.2. Структура электроэнергетики России 18
 - 1.2.1. Генерирующие мощности до 2006 г. 18
 - 1.2.2. Электрические сети до 2006 г. 22
 - 1.2.3. Производство электрической энергии 24
- 1.3. Схемы электрических соединений источников энергии 43
 - 1.3.1. Схемы электрических соединений энергетических блоков 43
 - 1.3.2. Главные схемы электрических соединений электростанций 44
- 1.4. Виды защит электроэнергетического оборудования 46
 - 1.4.1. Назначение релейной защиты энергоблоков 46
 - 1.4.2. Общие принципы выполнения комплекса релейной защиты блока 48
 - 1.4.3. Назначение защит блока генератор–трансформатор 48
 - 1.4.4. Многофункциональные микропроцессорные системы защиты 56

2. Системы электроснабжения 57

- 2.1. Источники производства электрической энергии 58
 - 2.1.1. Турбогенераторы 58
 - 2.1.2. Гидрогенераторы 66
- 2.2. Трансформаторные и распределительные подстанции 69
 - 2.2.1. Классификация подстанций 69
 - 2.2.2. Электрооборудование подстанций 73
 - 2.2.3. Силовые трансформаторы 77
 - 2.2.4. Типы трансформаторных подстанций 85
- 2.3. Передача электроэнергии потребителю 88
 - 2.3.1. Воздушные линии электропередачи 88
 - 2.3.2. Канализация электроэнергии кабельными линиями 97
- 2.4. Напряжения в системах электроснабжения 103
 - 2.4.1. Рекомендации по выбору напряжения в электрических сетях 109
 - 2.4.2. Краткие выводы 110

3. Режимы нейтрали электрических сетей 110

- 3.1. Характеристика режимов нейтрали 110

3.1.1. Системы с изолированной нейтралью	114
3.1.2. Системы с компенсированной нейтралью	118
3.1.3. Системы с глухозаземленной нейтралью	120
3.1.4. Выбор режима нейтрали электроустановок	122
3.2. Система обозначений электроустановок напряжением до 1 кВ	123
3.3. Защитные и рабочие заземления	128
3.4. Части установок, подлежащие заземлению и занулению	132
3.5. Краткие выводы	136

ЧАСТЬ II. РАСЧЕТ НАГРУЗОК, ВЫБОР И ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ 138

4. Потребители электрической энергии 138

4.1. Потребители электроэнергии и их графики нагрузки	138
4.2. Определение расчетных нагрузок потребителей электроэнергии	145
4.2.1. Последовательность определения расчетной нагрузки	142
4.2.2. Методы определения расчетных электрических нагрузок	146
4.3. Режимы работы электроустановок сельхозпредприятий. Выбор электрооборудования	164
4.3.1. Некоторые особенности нагрузочных диаграмм	164
4.3.2. Системы водоснабжения. Водоподъемные установки	165
4.3.3. Вентиляционные системы	172
4.3.4. Транспортные средства в животноводстве и птицеводстве	175
4.3.5. Электропривод кормоприготовительных машин	178
4.3.6. Электропривод установок для уборки навоза и помета	180
4.3.7. Электропривод подъемно-транспортных механизмов	185
4.3.8. Электропривод лесопильных рам	189

5. Трансформаторные и распределительные подстанции 193

5.1. Главные схемы и элементы трансформаторных и распределительных подстанций	193
5.1.1. Критерии и принципы построения схем на стороне высшего напряжения	193
5.1.2. Подстанции по упрощенным схемам без выключателей на стороне высшего напряжения (подстанции первой категории)	199
5.1.3. Схемы электрических соединений проходных подстанций с малым числом линий и выключателей (сетевые подстанции второй категории)	206
5.1.4. Главные схемы мощных узловых подстанций с применением выключателей нагрузки	208
5.1.5. Схемы на стороне среднего и низшего напряжений	213
5.1.6. Схемы переключательных пунктов	217
5.2. Виды и типы сельскохозяйственных подстанций	219
5.2.1. Общие сведения	219
5.2.2. Трансформаторные подстанции в сельской местности	220
5.2.3. Краткие выводы	224
5.3. Определение мощности трансформаторов и трансформаторных подстанций	226
5.3.1. Выбор числа трансформаторов	226
5.3.2. Выбор мощности трансформаторов	227
5.3.3. Общие выводы по выбору числа и мощности силовых трансформаторов	231
5.4. Выбор коммутационной и защитной аппаратуры на подстанциях	231
5.4.1. Общие сведения	231
5.4.2. Высоковольтная коммутирующая аппаратура	232
5.4.3. Электротехнические конструктивные элементы подстанций	239
5.4.4. Измерительные компоненты трансформаторных подстанций	242
5.4.5. Защита трансформаторов на подстанциях	244
5.4.6. Пример расстановки защит на трансформаторах	262

6. Электрические сети систем электроснабжения 264

6.1. Основные типы схем электрических сетей	264
6.2. Радиальные сети и принципы их построения	266
6.3. Магистральные схемы и принципы их построения	268
6.4. Замкнутые электрические сети	276
6.5. Особенности электрических сетей сельскохозяйственных потребителей	278
6.5.1. Общие сведения	278
6.5.2. Распределительные электрические сети сельскохозяйственного назначения	282
6.5.3. Кольцевые сети в сельском хозяйстве	283
6.6. Устойчивость электрических систем	285
6.6.1. Общие сведения	285
6.6.2. Статическая устойчивость электросистем	287
6.6.3. Динамическая устойчивость электросистем	294

7. Токи короткого замыкания в системах электроснабжения 300

7.1. Общие сведения	300
7.2. Переходные процессы при симметричном коротком замыкании обмотки статора синхронной машины	303
7.3. Расчет токов короткого замыкания сети напряжением выше 1000 В	305
7.3.1. Сопротивления отдельных элементов системы	307

7.3.2. Общее сопротивление системы	309
7.3.3. Определение токов и мощности КЗ	310
7.3.4. Аналитическое определение токов и мощностей КЗ	311
7.3.5. Определение токов и мощности трехфазного КЗ по расчетным кривым затухания	312
7.4. Расчет токов короткого замыкания сети напряжением до 1000 В	314
7.4.1. Учет синхронных и асинхронных электродвигателей при расчете токов КЗ	318
7.5. Расчет токов при несимметричных коротких замыканиях	326
7.5.1. Общие сведения	326
7.5.2. Сопротивления отдельных элементов обратной последовательности	329
7.5.3. Сопротивления отдельных элементов нулевой последовательности	330
7.5.4. Преобразование исходной схемы замещения в эквивалентную результирующую	333
8. Качество электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения	339
8.1. Показатели качества электроэнергии	339
8.1.1. Отклонение частоты	341
8.1.2. Отклонение напряжения	342
8.1.3. Колебания напряжения	344
8.1.4. Несинусоидальность тока и напряжения	344
8.1.5. Несимметрия напряжения	348
8.1.6. Провалы и кратковременные исчезновения напряжения	350
8.1.7. Временное перенапряжение	352
8.1.8. Импульсное напряжение	352
8.2. Влияние качества электроэнергии на работу электроприемников	353
8.2.1. Электротехнический и технологический ущерб от ухудшения КЭ	354
8.2.2. Влияние отклонения частоты	355
8.2.3. Влияние отклонения напряжения	355
8.2.4. Влияние колебаний напряжения	359
8.2.5. Влияние несимметрии напряжения	360
8.3. Определение показателей качества электроэнергии	361
8.3.1. Расчет установившегося отклонения напряжения	361
8.3.2. Определение колебаний напряжения	362
8.3.3. Определение несинусоидальности напряжения	363
8.3.4. Определение несимметрии напряжений	364
8.3.5. Измерение отклонения частоты	366
8.3.6. Измерение провала напряжения	366
8.3.7. Измерение импульсов напряжения	367
8.3.8. Измерение временного перенапряжения	369
8.4. Контроль показателей качества в системах электроснабжения	369
8.5. Анализ показателей качества электроэнергии	372
8.5.1. Анализ качества электрической энергии по установившемуся отклонению напряжения	372
8.5.2. Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии	375
9. Надежность электроснабжения	383
9.1. Общие сведения о проблеме надежности электроснабжения	383
9.2. Основные положения и показатели теории надежности	385
9.2.1. Общие сведения о показателях теории надежности	385
9.2.2. Законы распределения времени безотказной работы элементов и времени работы между отказами систем	389
9.2.3. Законы распределения времени восстановления систем	394
9.2.4. Определение надежности на стадии проектирования	394
9.3. Определение надежности систем электроснабжения	395
9.4. Сравнительная оценка методов определения надежности	413
Заключение	415
Список литературы	416
