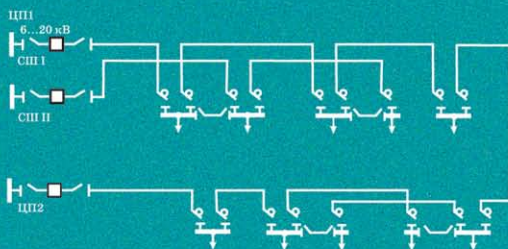




студентам
высших
учебных
заведений

Г.А. Фадеева В.Т. Федин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ



Г.А. Фадеева
В.Т. Федин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

*Допущено
Министерством образования
Республики Беларусь
в качестве учебного пособия
для студентов высших технических
учебных заведений по энергетическим
специальностям*

Под общей редакцией
профессора В.Т. Федина



Минск
«Вышэйшая школа»
2009

УДК 621.316.1:621.311.1(075.8)

ББК 31.27-02я73

Ф15

Рецензенты: кафедра «Электроснабжение» Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого; заведующий кафедрой практической подготовки студентов Белорусского государственного аграрного технического университета доктор технических наук, профессор *В.И. Русан*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.

Фадеева, Г. А.

Ф15 Проектирование распределительных электрических сетей : учеб. пособие / Г. А. Фадеева, В. Т. Федин; под общ. ред. В. Т. Федина. – Минск : Выш. шк., 2009. – 365 с. : ил.

ISBN 978-985-06-1597-8.

Рассматриваются характеристики потребителей электроэнергии, методы определения их расчетных нагрузок, методы расчета распределительных электрических сетей, принципы выбора основных проектных решений, основы принятия решений, направленных на повышение эффективности функционирования распределительных электрических сетей.

Для студентов технических вузов энергетических специальностей. Будет полезно магистрантам, аспирантам, слушателям центров подготовки и повышения квалификации инженерно-энергетиков.

УДК 621.316.1:621.311.1(075.8)

ББК 31.27-02я73

ISBN 978-985-06-1597-8

© Фадеева Г.А., Федин В.Т., 2009

© Издательство «Вышэйшая школа»,
2009

ПРЕДИСЛОВИЕ

Распределительные электрические сети обеспечивают электроэнергией городских, промышленных и сельскохозяйственных потребителей. Протяженность таких сетей существенно выше, чем сетей более высоких напряжений. От правильности выбора схем и параметров распределительных сетей зависит надежность электроснабжения потребителей, качество напряжения, технико-экономические показатели. В данном учебном пособии рассматриваются основы построения и проектирования распределительных электрических сетей напряжением 20...0,38 кВ общего назначения, питающих потребителей городов, поселков, сельских населенных пунктов.

Пособие предназначено для студентов энергетических специальностей учреждений, обеспечивающих получение высшего образования. В качестве основного оно может быть использовано студентами, которые специализируются по электрическим сетям, электроэнергетическим системам, электрическим станциям, системам электроснабжения, а как вспомогательное – студентами экономических и педагогических специальностей энергетического направления. Книга будет полезна инженерам, магистрантам, аспирантам, научным работникам, занимающимся организацией построения распределительных электрических сетей, их проектированием и исследованием. Пособие может быть использовано при переподготовке и повышении квалификации инженеров, экономистов, педагогов энергетического профиля.

При написании пособия авторы использовали свой многолетний опыт преподавания дисциплин электроэнергетического профиля в Белорусском национальном техническом университете. Пособие предполагает знание материала таких дисциплин, как «Теоретические основы электротехники», «Электрические сети», «Конструктивные элементы электрических сетей», «Режимы электрических сетей» и др.

Отдельные вопросы проектирования распределительных сетей рассматривались ранее в ряде учебных пособий [2, 3, 5, 9, 19, 25, 29, 31], монографий, справочников [13–15, 28, 34], в том числе применительно только к сельским либо городским сетям. В данной книге сделана попытка изложения основных общих принципов и методов проектирования городских и сельских сетей, а также частично и распределительных сетей промышленных предприятий, используемых при типовом проектировании. Наряду с этим обобщены методы, связанные с принятием решений по повышению надежности и эффек-

тивности функционирования распределительных электрических сетей. Теоретический материал сопровождается многочисленными примерами решения задач и обширными списками контрольных вопросов для самопроверки. Эти вопросы могут быть использованы для подготовки системы тестов, используемых для диагностики компетенций студентов в области распределительных электрических сетей. Список литературы содержит изданные ранее учебные пособия, монографии, справочники по данному направлению, на которые в тексте сделаны соответствующие ссылки и которые могут быть использованы для углубленного изучения того или иного материала. В приложениях приведен перечень нормативно-технических материалов по распределительным электрическим сетям, которые авторы использовали при подготовке учебного пособия. Кроме того, даны обширные справочные материалы, необходимые для решения задач по всем главам книги, а также для курсового проектирования. В отдельной главе предложены различные варианты (темы) для выполнения студентами курсовой работы. В этой же главе дается материал для оценки компетенций, включающий задачи и вопросы различной трудности, которые требуют интегрированных знаний по отдельным разделам данной дисциплины и по другим дисциплинам.

Учитывая определенные трудности, возникающие у студентов при расчете технико-экономических показателей, авторами были систематизированы и обобщены стоимостные характеристики отдельных элементов распределительных электрических сетей по данным многочисленных конкретных фирм – изготовителей изделий и оборудования. В результате стоимостные характеристики представлены в виде эмпирических зависимостей, удобных для использования в учебном процессе, а также для предварительной оценки стоимости распределительной сети.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность инженеру Е.А. Заборской, вложившей большой труд в подготовку и оформление рукописи.

Авторы благодарны рецензентам – доктору технических наук профессору В.И. Русану и коллективу кафедры «Электроснабжение» Гомельского государственного технического университета (зав. кафедрой – кандидат технических наук доцент А.В. Сычев) за ценные советы и замечания, способствовавшие улучшению рукописи.

Все отзывы и пожелания просьба направлять по адресу: издательство «Вышэйшая школа», пр. Победителей 11, 220048, Минск.

Авторы

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ВЫБОРА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

1.1. Основные термины и определения

Приведем основные термины, используемые в задачах проектирования распределительных сетей.

Линия электропередачи – электроустановка, состоящая из проводов, кабелей, изолирующих элементов и несущих конструкций, предназначенная для передачи электрической энергии между двумя пунктами энергосистемы с возможным промежуточным отбором.

Магистральная линия электропередачи – линия электропередачи, от которой отходит несколько ответвлений.

Воздушная линия электропередачи – линия электропередачи, провода которой поддерживаются над землей с помощью опор и изоляторов.

Кабельная линия электропередачи – линия электропередачи, выполненная одним или несколькими кабелями, уложенными непосредственно в землю, кабельные каналы, трубы, на кабельные конструкции, с соединительными, стопорными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями.

Электрическая подстанция – электроустановка, предназначенная для преобразования и распределения электрической энергии.

Электрическая сеть – совокупность подстанций, распределительных устройств и соединяющих их линий электропередачи, предназначенная для передачи и распределения электрической энергии.

Радиальная линия электропередачи – линия электропередачи, в которую электрическая энергия поступает только с одной стороны.

Радиальная электрическая сеть – электрическая сеть, состоящая из радиальных линий, передающих электрическую энергию от одного источника питания.

Распределительная линия электропередачи – линия электропередачи, к которой подключены трансформаторные подстанции или вводы к электроустановкам потребителей.

Распределительное устройство – электроустановка, предназначенная для приема и распределения электрической энергии на одном напряжении и содержащая коммутационные аппараты и соединяющие их сборные шины (секции шин), устройства управления и защиты.

Распределительный пункт – электрическое распределительное устройство, предназначенное для приема и распределения электрической энергии без преобразования и трансформации, не входящее в состав подстанции.

Распределительная электрическая сеть – электрическая сеть, обеспечивающая распределение электрической энергии между пунктами потребления.

Замкнутая электропередача – электрическая сеть, каждая линия электропередачи которой входит хотя бы в один замкнутый контур.

Линия с равномерно распределенной нагрузкой – линия электропередачи, в которой по всей длине или на отдельных участках на равных расстояниях друг от друга подключены равные нагрузки.

Приемник электрической энергии – аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в энергию другого вида.

Потребитель электрической энергии – электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещенных на определенной территории; предприятие, организация, территориально обособленный цех, строительная площадка, квартира, у которых приемники электрической энергии присоединены к электрической сети и используют электроэнергию; юридическое или физическое лицо, осуществляющее пользование электрической энергией (мощностью).

Центр питания – распределительное устройство генераторного напряжения электростанции или распределительное устройство вторичного напряжения понизительной подстанции энергосистемы, к которому присоединены распределительные сети данного района.

Независимый источник питания – источник питания, на котором сохраняется напряжение в допустимых пределах при исчезновении его на другом или других источниках питания.

Категория потребителя электрической энергии – условное разделение потребителей электрической энергии в зависимости от требований к надежности их электроснабжения.

Система электроснабжения – совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией.

Компенсирующее устройство – устройство, предназначенное для выработки и (или) потребления реактивной мощности в узле нагрузки энергосистемы или изменения реактивных параметров (реактивного сопротивления, реактивной проводимости) линии электропередачи.

Глубокий ввод – система электроснабжения потребителя от электрической сети высшего класса напряжения, характеризующаяся наименьшим числом ступеней трансформации.

1.2. Стадийность проектирования и состав проектной документации

Общая задача проектирования распределительных электрических сетей заключается в технико-экономическом обосновании схем развития сетей. При этом комплексно решаются вопросы электроснабжения существующих и новых потребителей с учетом заданных требований надежности электроснабжения и установленных требований к качеству электроэнергии.

Для проектирования распределительной сети используется информация о нагрузках существующих потребителей и намечаемом их росте, месте расположения и нагрузках новых потребителей, вводе новых центров питания (питающих подстанций). При проектировании схем развития сетей напряжением 6...20 кВ выполняются следующие виды работ:

- анализ схемы электроснабжения существующих потребителей и технического состояния действующих сетей;
- анализ существующих электрических нагрузок;
- определение расчетных нагрузок на перспективный период;
- разработка и технико-экономическое обоснование схемы развития сетей, включающие выбор конфигурации сети, марок проводов и кабелей, средств регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности, средств компенсации емкостных токов;
- электрические расчеты нормальных и послеаварийных режимов;
- определение ограничений, накладываемых релейной защитой и автоматикой;
- определение объемов строительства и реконструкции;
- расчет необходимых капитальных затрат на развитие сети в рассматриваемый период.

Разработанные схемы развития сети являются основанием для выполнения конкретных проектов отдельных объектов. Проектирование осуществляется по техническим условиям, выдаваемым электроснабжающей организацией на основании перспективных схем развития электрической сети. Содержание технических условий зависит от вида и назначения объекта проектирования. В них указываются источники основного и резервного электроснабжения, конструктивное исполнение линий (воздушные или кабельные), расчетный ток короткого замыкания на шинах источника, требования к трассам линий и надежности электроснабжения и т.д.

Проекты разрабатываются на основании задания на проектирование. Приведем пример такого задания для участка электрической сети напряжением 10...0,38 кВ.

Задание на проектирование

1. Наименование объекта	Электрическая сеть напряжением 10...0,38 кВ агрогородка «Лесной» Минской области от подстанции 110/10 кВ «Верхняя»
2. Основание для проектирования	Заявка на проектно-исследовательские работы для строительства объектов будущих лет
3. Вид строительства	Новое строительство
4. Стадийность проектирования	Строительный проект
5. Марки и площадь сечения проводов воздушных линий	Обосновываются проектом
6. Материал опор	Железобетон
7. Тип трансформаторных подстанций	Комплексные трансформаторные подстанции Минского электротехнического завода
8. Количество и мощность трансформаторных подстанций	Обосновываются проектом
9. Основные показатели: номинальное напряжение протяженность линий электропередачи	10 и 38 кВ Обосновывается проектом
10. Заказчик проектно-исследовательских работ	РУП «Минскэнерго»
11. Проектная организация	РУП «Белэнергосетьпроект»
12. Генеральная подрядная строительная организация	ОАО «Белсельэлектрострой»
13. Срок выполнения строительного проекта	Согласно договору
14. Дополнительные условия	Воздушные линии напряжением 0,38 кВ выполнить самонесущими изолированными проводами

Задание на проектирование составляется с учетом требований энерго- и ресурсосбережения, удобства и безопасности обслуживания сети. Задание подписывается руководителем подразделения заказчика, отвечающего за перспективное развитие объекта, утверждается одним из руководителей заказчика и согласовывается с главным инженером проектной организации.

Проектирование осуществляется в соответствии с действующими нормативно-техническими документами. К ним относятся:

- Строительные нормы и правила (СНиП);
- Правила устройства электроустановок (ПУЭ);
- Нормы проектирования электрических сетей напряжением 0,38...10 кВ;
- Методические указания по выбору мощности силовых трансформаторов напряжением 10...0,4 кВ на подстанциях сельскохозяйственного назначения;
- Типовая инструкция по компенсации емкостного тока замыкания на землю в электрической сети напряжением 6...35 кВ и др.

Среди документов имеются такие, положения которых подлежат неукоснительному выполнению (СНиП, ПУЭ, стандарты). В других документах отражены направляющие положения; при этом во многих случаях проектировщику предоставляется определенная свобода в выборе решений. При этом обязательность выполнения требований характеризуется словами «должен», «следует», «необходимо», а слова «как правило» означают, что это требование является преобладающим и отступление от него должно быть обосновано. Слово «рекомендуется» означает, что данное решение является одним из лучших, но не обязательным. Для возможности применения решения в виде исключения (как вынужденного) используется слово «допускается».

Перечень основных нормативно-технических документов, применяемых при проектировании распределительных электрических сетей, приведен в прил. 1.

Проектирование может быть *двухстадийным* и *одностадийным*. При двухстадийном проектировании выполняются *архитектурный* и *строительный проекты*. Последний разрабатывается на основании утвержденного архитектурного проекта, в качестве которого может выступать, например, проект «Схема развития электрических сетей напряжением 110 кВ заданного района». Одностадийное проектирование применяется для объектов, сооружение которых предполагается по проектной документации массового и повторного при-

менения, а также для технически несложных объектов. В этом случае разрабатывается только строительный проект. Проектирование распределительных электрических сетей выполняют, как правило, одностадийным.

Все проекты можно разделить на проекты для нового строительства, расширения и реконструкции. К *новому строительству* относится сооружение участков сети для присоединения новых потребителей, изменения конфигурации сети, повышения надежности электроснабжения, сооружение участков сети взамен физически изношенных. *Расширение сети* выполняется преимущественно за счет работ на подстанциях, например при установке на действующей подстанции второго трансформатора. При *реконструкции сети* предусматривается изменение ее электрических параметров, установка дополнительного оборудования для повышения надежности электроснабжения, качества электроэнергии и пропускной способности. При реконструкции сети может производиться замена проводов на линиях, перевод сети с напряжения 6 кВ на 10 кВ, замена коммутационных аппаратов и другого электрооборудования, установка компенсирующих и секционирующих устройств, средств автоматизации и управления.

Содержание конкретных проектов определяется заданием на проектирование. В состав строительного проекта распределительных сетей обычно входят следующие разделы:

- 1) исходные данные;
- 2) технико-экономические показатели;
- 3) электротехнические решения;
- 4) строительные решения;
- 5) охрана окружающей природной среды;
- 6) охрана труда и техника безопасности;
- 7) организация строительства;
- 8) паспорт строительного проекта.

Приложения должны содержать задание на проектирование; перечень организаций, с которыми произведены согласования; ведомость технического состояния существующих линий напряжением 10 и 0,38 кВ; ведомость технического состояния потребительских трансформаторных подстанций напряжением 10/0,38 кВ; паспорт воздушных линий напряжением 10 и 0,38 кВ; таблицы расчета линий; материалы обследования трасс линий с согласованиями; расчет продолжительности строительства и т.д.

К пояснительной записке проекта прилагается комплект необходимых чертежей.

1.3. Основные направления модернизации, реконструкции и развития распределительных электрических сетей

Постепенный естественный физический износ оборудования, конструкций, материалов в электрических сетях приводит к снижению надежности электроснабжения, а увеличение подключенных к сети нагрузок – к снижению качества электроэнергии и повышению потерь электроэнергии. Уровень автоматизации объектов сети оказывается недостаточным. Поэтому возникает необходимость модернизации электрических сетей и их технического перевооружения, которые должны осуществляться на современных принципах и современной элементной базе.

Рассмотрим кратко основные направления совершенствования распределительных сетей. Повышение надежности электроснабжения может быть достигнуто за счет сооружения новых разукрупняющих подстанций напряжением 110...220/6...20 и 110/35/6...20 кВ, являющихся центрами питания (ЦП) распределительных сетей, а также путем уменьшения радиуса действия этих сетей. Данная мера одновременно направлена на повышение качества электрической энергии, особенно в сочетании с применением автоматических регуляторов напряжения трансформаторов ЦП и вольтодобавочных трансформаторов. Повышению надежности электроснабжения способствует применение секционирующих пунктов, особенно с использованием автоматических секционирующих устройств (СУ) – реклоузеров на базе вакуумных выключателей, таких средств автоматизации, как автоматическое включение резерва, устройств для определения мест повреждения сети, применение микропроцессорных устройств для систем контроля, защиты, управления, средств связи и передачи данных, многоуровневых автоматизированных систем учета электроэнергии.

Проектные решения должны применяться на основе использования современного энергоэффективного электрооборудования, новых конструкций опор, проводов, в том числе изолированных и защищенных, кабелей (прежде всего с изоляцией из сшитого полиэтилена), кабельных муфт, линейной арматуры, изоляторов различных типов. Проектировщик должен ориентироваться на применение усовершенствованных конструкций трансформаторных подстанций (ТП) напряжением 6...20/0,38 кВ, трансформаторов с гарантийным сроком работы 30–40 лет, распределительных пунктов (РП), распре-

делительных устройств (РУ), выключателей, не требующих периодических ремонтов. Все это будет способствовать увеличению продолжительности межремонтного периода, снижению времени и средств на обслуживание сети. Актуально применение таких конструкций воздушных линий и ТП, которые позволяют осуществлять ремонтные работы без снятия напряжения (например, опоры с горизонтальным расположением проводов, разъемные зажимы и т.п.).

Существенное значение при проектировании имеют схемные решения. При технико-экономическом обосновании может оказаться целесообразным применение сетей напряжением 6...35 кВ с компенсированной нейтралью, резистивным и комбинированным заземлением нейтрали. Выравниванию нагрузок по фазам способствует применение трехфазных линий на ответвлениях от магистралей вместо трехфазно-однофазной системы.

Для повышения экономической эффективности функционирования в распределительных сетях должны применяться средства компенсации реактивных нагрузок, места установки и мощности которых обосновываются соответствующими расчетами.

Актуальны вопросы применения повышенных напряжений распределительных сетей, например 10 кВ вместо 6 кВ, в ряде случаев 20 кВ вместо 10 кВ.

В заключение отметим, что при проектировании распределительных сетей первостепенное внимание должно уделяться обеспечению надежности электроснабжения. Именно этот фактор оказывает решающее влияние на формирование схемы сети, характер резервирования, средства автоматизации, выбор типов оборудования.

1.4. Характеристика электроприемников и нагрузок отдельных потребителей

С точки зрения обеспечения надежности электроснабжения потребители разделяются на категории: первую, первую особую, вторую и третью. Перечень городских и сельскохозяйственных потребителей различных категорий надежности приведен в прил. 2 (табл. П.2.1).

К соответствующей категории могут быть отнесены как отдельные электроприемники, так и их группа. При этом под *группой электроприемников* понимается их совокупность, характеризующаяся одинаковыми требованиями к надежности электроснабжения, например жилая 9-этажная застройка. Группой электроприемников могут считаться также отдель-

ные потребители, например водопроводная насосная станция, птицефабрика, котельная, детский сад.

В состав потребителей могут входить электроприемники разных категорий надежности. Так, в жилых домах высотой 16 этажей и более лифты, эвакуационное освещение и освещение безопасности относятся к первой категории, а остальные электроприемники (общее освещение, электроприемники квартир) – ко второй; ряд электроприемников отделений интенсивной терапии и реанимации, операционных, родильных блоков больницы относится к первой особой категории, другие электроприемники – к первой или второй категории.

На территории предприятий, городов, поселков, сельских районов, агрогородков находятся электроприемники разных категорий надежности, поэтому при проектировании распределительных сетей необходимо учитывать существующие местные условия. В большинстве своем городские и сельские электрические сети не имеют потребителей, относящихся к первой особой категории надежности, за исключением объектов Министерства по чрезвычайным ситуациям, Министерства внутренних дел, Министерства обороны, таможен и пограничных переходов, телефонной связи, радиовещания, телевидения, правительственных учреждений, электроприемников зданий посольств, банков. Однако на территории крупных городов располагаются здания повышенной этажности, многофункциональные центры, уникальные здания и сооружения, предназначенные для одновременного пребывания в них большого количества людей (театры, концертные залы, дворцы спорта и т.п.). Такие объекты содержат электроприемники первой особой категории (например, лифты, предназначенные для подъема пожарных подразделений в общественных зданиях высотой более 50 м), и их электроснабжение выполняется по индивидуальным проектам.

Электроприемники промышленных потребителей в зависимости от характера технологического процесса, режима работы и места установки наиболее часто относятся к первой или второй категории надежности.

Электроприемники первой категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников, и перерыв в их электроснабжении может быть допущен только на время автоматического включения резервного питания, которое предусматривается, как правило, непосредственно на вводе к электроприемникам. Независимым источником питания является секция или система шин электростанции либо подстанции, которая, в свою очередь, имеет питание от независимого источника. Обе секции или системы шин не должны

быть связаны между собой или должны иметь связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной секции либо системы шин. Независимым источником питания могут являться резервные связи по сети напряжением 0,38 кВ от ТП, питающихся по сети напряжением 6...10 кВ от другого независимого источника. В качестве независимого источника питания могут использоваться также аккумуляторные батареи, специальные агрегаты бесперебойного питания, дизель-генераторы и т.п.

Для электроснабжения объектов первой особой категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника, в качестве которого могут использоваться шины генераторного напряжения электростанций, агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т.д.

Если резервированием электроснабжения нельзя обеспечить необходимую непрерывность технологического процесса электроприемников первой категории или если резервирование экономически нецелесообразно, то предусматривают технологическое резервирование путем установки резервных технологических агрегатов или специальных устройств безаварийного останова технологического процесса.

На промышленных предприятиях с особо сложными технологическими процессами, требующими длительного времени на восстановление рабочего режима, например на металлургических и химических заводах, к источникам питания предъявляются дополнительные повышенные требования, определяемые особенностями технологических процессов.

Для электроприемников второй категории допускаются перерывы в электроснабжении на время включения резервного питания действиями оперативного персонала. Электроснабжение объектов второй категории должно предусматриваться от двух независимых источников. Допускается временное (до появления второго независимого источника) питание от одного источника. В послеаварийных режимах допускается электроснабжение объектов второй категории по временным связям.

Электроприемники третьей категории могут питаться от одного источника электроэнергии. Перерывы в электроснабжении допускаются на время, необходимое для подачи временного питания, ремонта или замены поврежденного оборудования, но не более чем на одни сутки.

Для питания устройств пожарной и охранной сигнализации электроприемники второй и третьей категории должны иметь автономный независимый источник (например, аккумуляторную батарею).

Изменения нагрузок потребителей, групп электроприемников, отдельных электроприемников во времени отображают графики нагрузок. Различают суточные, сезонные, годовые графики активной, реактивной, полной нагрузки. Вид графика нагрузки потребителя определяется характером электропотребления конкретных электроприемников или групп электроприемников. Групповые графики нагрузок складываются из индивидуальных графиков электроприемников, входящих в данную группу. На рис. 1.1 показаны условные графики активной нагрузки отдельных электроприемников.

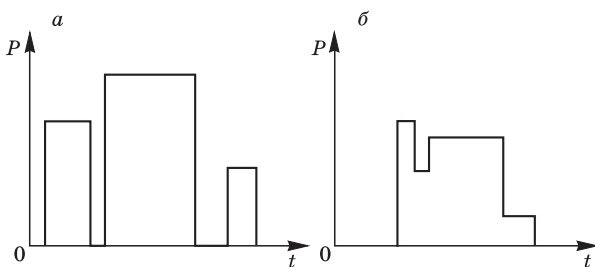


Рис. 1.1. Условные графики активной нагрузки:
а – лифта; б – бытовой электроплиты

Изменение нагрузки потребителей во времени имеет случайный характер. На стадии проектирования невозможно точно учесть, какую мощность будет потреблять в тот или иной момент электроплита в квартире, станок промышленного предприятия, электродвигатель транспортера и т.п. Длительные наблюдения за характером изменения потребляемой мощности и тока отдельными электроприемниками и группами электроприемников позволили выявить общие закономерности изменения нагрузок, называемые *типовыми графиками нагрузки*. Такие графики и позволяют при проектировании учитывать поведение как отдельных электроприемников и их групп, так и потребителей в целом. На рис. 1.2 приведены суточные типовые графики нагрузки некоторых потребителей.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ВЫБОРА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ	5
1.1. Основные термины и определения	5
1.2. Стадийность проектирования и состав проектной документации.....	7
1.3. Основные направления модернизации, реконструкции и развития распределительных электрических сетей.....	11
1.4. Характеристика электроприемников и нагрузок отдельных потребителей	12
1.5. Расчетные электрические нагрузки	18
1.6. Инженерные изыскания.....	29
<i>Примеры решения задач</i>	<i>42</i>
<i>Вопросы для самопроверки.....</i>	<i>47</i>
2. КРИТЕРИИ И МЕТОДЫ ВЫБОРА ОСНОВНЫХ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ.....	49
2.1. Критерии технико-экономического анализа.....	49
2.2. Технические критерии и ограничения.....	54
2.3. Методы расчета и анализа режимов распределительных электрических сетей с симметричной нагрузкой по фазам	60
2.4. Расчет и анализ режимов распределительных сетей с несимметричной нагрузкой по фазам	70
2.5. Выбор площади сечения проводников по экономическим соображениям	76
2.6. Выбор площади сечения проводников по допустимой потере напряжения	79
2.7. Выбор площади сечения проводников по условию нагревания ..	84
2.8. Особенности выбора площади сечения изолированных проводов и кабелей с поливинилхлоридной изоляцией и изоляцией из сшитого полиэтилена.....	87
2.9. Подход к расчету токов короткого замыкания	88
2.10. Влияние воздушных линий электропередачи на линии связи....	91
2.11. Выбор количества и мощности трансформаторных подстанций ..	97
2.12. Основы выбора электрооборудования трансформаторных подстанций.....	102
<i>Примеры решения задач</i>	<i>104</i>
<i>Вопросы для самопроверки.....</i>	<i>126</i>
3. ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ.....	130
3.1. Системы напряжений распределительных электрических сетей ...	130

3.2. Принципы построения схем распределительных электрических сетей	131
3.3. Выбор конструктивного исполнения распределительных электрических сетей.....	146
3.4. Подход к выбору режима нейтрали распределительных электрических сетей.....	158
3.5. Способы ограничения токов короткого замыкания	173
3.6. Выбор средств регулирования напряжения и проверка обеспечения его качества	175
3.7. Принципы выбора устройств защиты и автоматики и их размещения в распределительных сетях.....	187
3.8. Типовые проекты	193
3.9. Строительные решения.....	198
3.10. Охрана окружающей среды.....	201
3.11. Охрана труда и техника безопасности.....	201
3.12. Организация строительства.....	202
3.13. Техничко-экономические показатели и паспорт строительного проекта	204
<i>Примеры решения задач</i>	<i>206</i>
<i>Вопросы для самопроверки.....</i>	<i>218</i>
4. ВЫБОР СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИО- НИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ	221
4.1. Пути повышения пропускной способности распределительных сетей	221
4.2. Определение оптимального радиуса действия распределительной сети.....	231
4.3. Оптимизация количества и мест установки секционирующих устройств.....	235
4.4. Выбор мощности и мест размещения средств компенсации реактивных нагрузок.....	245
4.5. Источники электроэнергии в распределительных электрических сетях	247
4.6. Формализованные методы выбора проектных решений распределительных сетей	251
4.7. Учет неопределенности исходной информации при проектировании распределительных сетей	258
4.8. Многокритериальный подход при проектировании распределительных сетей	262
<i>Примеры решения задач</i>	<i>268</i>
<i>Вопросы для самопроверки.....</i>	<i>301</i>
5. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА КОМПЕ- ТЕНТНОСТИ	303
5.1. Развитие сельской распределительной электрической сети напряжением 10 кВ.....	303

5.2. Развитие сельской электрической сети напряжением 10 кВ в условиях неопределенности исходной информации	304
5.3. Разработка проекта распределительной электрической сети напряжением 10 кВ	305
5.4. Повышение эффективности функционирования распределительной электрической сети	306
5.5. Электрическая сеть городского микрорайона	307
5.6. Электрическая сеть многоэтажного жилого дома	309
5.7. Электрическая сеть здания общественного назначения	310
5.8. Электрическая сеть индивидуальной жилой застройки.....	311
5.9. Электрическая сеть индивидуального жилого дома	312
5.10. Задачи для оценки компетентности.....	313
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	322
1. Основные нормативно-технические документы, применяемые при проектировании распределительных электрических сетей.....	322
2. Характеристики потребителей электрической энергии	324
3. Технические характеристики воздушных линий электропередачи...	343
4. Технические характеристики кабельных линий электропередачи....	348
5. Технические характеристики трансформаторных подстанций	356
СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ	359
ЛИТЕРАТУРА.....	361

Учебное издание

Фадеева Галина Анатольевна
Федин Виктор Тимофеевич

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СЕТЕЙ**

Учебное пособие

Редактор *Е.В. Малышева*
Художественный редактор *Т.В. Шабунько*
Технический редактор *Н.А. Лебедевич*
Корректоры *О.И. Голденкова, Т.В. Кульнис*
Компьютерная верстка *И.С. Оликсевич*

Подписано в печать 21.10.2008. Формат 84 × 108/32. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс». Офсетная печать. Усл. печ. л. 19,32. Уч.-изд. л. 19,80. Тираж 2000 экз. Заказ

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”». ЛИ № 02330/0131768 от 06.03.2006. Пр. Победителей, 11, 220048, Минск. <http://vshph.com>

Открытое акционерное общество «Барановичская укрупненная типография». ЛП № 02330/0131659 от 02.02.2006. Ул. Советская, 80, 225409, Барановичи.