

СОДЕРЖАНИЕ

Основные термины и определения.....	5
Список сокращений	9
Введение.....	13
1. Общие принципы электроснабжения	15
Контрольные вопросы	26
2. Источники электроэнергии.....	27
2.1. Традиционные источники энергии.....	27
2.2. Генераторы электростанций.....	44
2.2.1. Синхронные генераторы	44
2.2.2. Асинхронизированные генераторы электростанций	46
Контрольные вопросы	48
3. Общая характеристика систем электроснабжения	49
3.1. Системы электроснабжения нетяговых потребителей железнодорожного транспорта	49
3.2. Требования, предъявляемые к системам электроснабжения.....	56
Контрольные вопросы	60
4. Характеристики потребителей	61
4.1. Классификация электроприемников	61
4.2. Характеристики общепромышленных электроприемников.....	67
4.3. Характеристики нетяговых потребителей.....	70
4.4. Уровни систем электроснабжения	74
Контрольные вопросы	76
5. Общие сведения о системах электроснабжения железных дорог.....	77
5.1. История электрификации железных дорог.....	77
5.2. Общие сведения об электрических железных дорогах мира.....	81
5.3. Преимущества электрифицированных железных дорог	82
5.4. Разновидности систем электрической тяги	84
5.5. Система тягового электроснабжения постоянного тока.....	85
5.6. СТЭ переменного тока промышленной частоты	88
5.7. Автотрансформаторные СТЭ переменного тока	91
5.8. Системы тягового электроснабжения переменного тока пониженной частоты	93
5.9. Схемы подключения тяговых подстанций к внешнему электроснабжению	97
Контрольные вопросы	101
6. Электроснабжение предприятий железнодорожного транспорта.....	102
6.1. Схемы электроснабжения предприятий железнодорожного транспорта.....	102
6.2. Центр электрического питания.....	107
6.2.1. Главная понизительная подстанция.....	108
6.2.2. Центральный распределительный пункт	114

6.2.3. Структура высоковольтной распределительной сети	115
6.2.4. Конструктивное исполнение высоковольтной распределительной сети	120
6.3. Цеховые электрические сети.....	141
6.3.1. Режимы нейтрали сетей до 1000 В	142
6.3.2. Структура низковольтной сети	146
6.3.3. Конструктивное исполнение низковольтных сетей	150
Контрольные вопросы	197
7. Электроснабжение нетяговых потребителей на перегонах	199
7.1. Электроснабжение линейных потребителей	199
7.2. Электроснабжение устройств СЦБ	202
7.3. Конструктивное исполнение ВЛ СЦБ.....	212
7.4. Конструктивное исполнение линий продольного электроснабжения	218
7.5. Новые подходы к секционированию ВЛ СЦБ и ПЭ.....	224
7.6. Использование ВЛ продольного электроснабжения в качестве направляющих линий поездной радиосвязи	228
Контрольные вопросы	232
8. Графики электрических нагрузок.....	233
8.1. Вводные замечания	233
8.2. Графики электрических нагрузок.....	233
8.3. Представление нагрузки в виде случайного процесса	237
8.4. Представление нагрузок случайными величинами	240
8.5. Показатели, характеризующие графики нагрузок	243
Контрольные вопросы	251
9. Методика выполнения расчетов электрических нагрузок.....	252
9.1. Расчетные нагрузки для выбора элементов СЭС.....	252
9.2. Расчет электрических нагрузок по методике РТМ-36.18.32.4-92	257
9.3. Определение электрических нагрузок на различных стадиях проектирования.....	262
9.4. Порядок выполнения расчетов для различных уровней системы электроснабжения	263
9.5. Расчет электрических нагрузок для питающих сетей напряжением до 1 кВ с учетом постоянной времени нагрева проводников	272
9.6. Определение расчетных электрических нагрузок от однофазных электроприемников	277
9.7. Определение пиковых нагрузок	283
9.8. Определение расходов электроэнергии	286
Библиографический список	288

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Абонент энергоснабжающей организации — потребитель электрической энергии, энергоустановки которого присоединены к сетям энергоснабжающей организации.

Внутрицеховая подстанция — подстанция, расположенная внутри производственного здания (открыто или в отдельном закрытом помещении).

Главная понизительная подстанция — трансформаторная подстанция на напряжение 35...220 кВ, получающая питание непосредственно от энергоснабжающей организации и распределяющая электроэнергию на более низком напряжении по всему предприятию или его отдельной части.

График нагрузки (нагрузочная диаграмма) — диаграмма, показывающая изменение нагрузок за определенный промежуток времени.

Источник питания — распределительное устройство генераторного напряжения электростанции или распределительное устройство вторичного напряжения понизительной подстанции энергосистемы или подстанции 35...220 кВ промышленного предприятия, к которому присоединены распределительные сети предприятия.

Независимый источник питания электроприемника или группы электроприемников — источник питания, на котором сохраняется напряжение в пределах, регламентированных для послеаварийного режима, при исчезновении его на других источниках питания этих электроприемников.

Подстанция — электроустановка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительных устройств, систем управления и вспомогательных сооружений. В зависимости от преобладания той или иной функции подстанций они называются трансформаторными или преобразовательными.

Подстанция глубокого ввода — подстанция на напряжение 35...220 кВ, выполненная по упрощенным схемам коммутации на первичном напряжении, получающая питание непосредственно от энергосистемы или от узловой распределительной подстанции данного предприятия и предназначенная для питания отдельного объекта или блока цехов предприятия.

Получасовой максимум — активная нагрузка, являющаяся максимальной из средних 30-минутных нагрузок наиболее загруженной смены промышленного предприятия.

Послеаварийный режим — режим, возникающий после отключения поврежденного элемента системы электроснабжения, продолжающийся до восстановления нормального режима, но не более суток.

Потенциал энергосбережения — реальный объем энергии, который возможно экономить при полном использовании имеющихся ресурсов с помощью проведения специальных мероприятий.

Потери активной мощности — активная мощность, расходуемая в элементах электрической сети.

Потребитель электрической энергии — группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещенных на определенной территории.

Приемник электрической энергии (электроприемник) — аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

Приемный пункт (или пункт приема) электроэнергии — электроустановка, на которую поступает электроэнергия на предприятие от внешнего источника питания. В зависимости от потребляемой мощности и от удаленности от источника питания пунктами приема электроэнергии могут быть следующие:

- *присоединение* — ответвление от сборных шин или отпайка от линии, предназначенное для питания какого-либо потребителя или подстанции;
- *распределительный пункт* — распределительное устройство, предназначенное для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации, не входящее в состав подстанции.

Расчетная нагрузка по допустимому нагреву — неизменная во времени 30-минутная нагрузка, которая вызывает такой же нагрев проводников сети или тепловой износ изоляции, как и реальная переменная во времени нагрузка.

Система электропитания — совокупность электроустановок, предназначенных для преобразования параметров электроэнергии первичного источника к виду, удобному потребителю, и для распределения преобразованной энергии между отдельными электроприемниками.

Система электроснабжения — совокупность взаимосвязанных энергоустановок, осуществляющих электроснабжение района, города, предприятия.

Структура электропотребления — долевое распределение суммарного электропотребления по типам потребителей.

Топливо-энергетический баланс выражает полное количественное соответствие за определенный интервал времени между расходом и приходом энергии и топлива всех видов в энергетическом хозяйстве, включая изменение запасов топливо-энергетических ресурсов.

Узловая распределительная подстанция — центральная подстанция предприятия на напряжение 110...500 кВ, получающая электроэнергию от ЭСО и распределяющая ее (без трансформации или с частичной трансформацией) по подстанциям глубоких вводов 35...220 кВ, расположенным на территории предприятия.

Холодный резерв — полностью смонтированное электрооборудование (трансформатор, линия и т. п.), но отключенное в нормальном режиме работы схемы электроснабжения.

Централизованное электроснабжение — электроснабжение потребителей от энергосистемы.

Централизованный (складской) резерв — электрооборудование, полностью подготовленное к установке на место, находящееся в складе или на другом центральном пункте.

Центральный (главный) распределительный пункт — распределительный пункт, получающий питание непосредственно от ЭСО или заводской станции при напряжении 6...20 кВ и распределяющий его на том же напряжении по всему предприятию или на отдельной его части.

Электрическая нагрузка — мощность, потребляемая электроустановкой в определенный момент времени.

Электрическая сеть — совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории.

Электрическая энергия — форма энергии движущихся электронов или распределения электрического заряда в пространстве.

Электробаланс предприятия — система показателей, характеризующих равновесие в процессах электропотребления. Определяет соответствие количества электроэнергии, поступающей от энергоснабжающей организации и собственных источников потребителя, количеству электроэнергии, потребляемому электроприемниками, с учетом потерь и отпуска другим потребителям.

Электрооборудование — совокупность электротехнических устройств и (или) изделий.

Электроснабжение — обеспечение потребителей электрической энергией.

Электротехнические устройства — устройства, в которых при их работе производится, преобразуется, передается и распределяется электрическая энергия.

Электроустановка — установка, предназначенная для производства или преобразования, передачи, распределения или потребления электрической энергии.

Электрохозяйство предприятия — совокупность генерирующих, преобразующих, передающих электроустановок, посредством которых осуществляется снабжение предприятия электроэнергией и ее эффективное использование в процессе производства. Включает в себя систему электроснабжения, силовое электрооборудование и автоматизацию, электроосвещение, эксплуатацию и ремонт.

Электроэнергетическая система — электрическая часть энергосистемы и питающиеся от нее приемники электрической энергии, объединенные общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии.

Энергетическая система (энергосистема) — совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической энергии и теплоты при общем управлении этим режимом.

Энергетический паспорт промышленного потребителя топливно-энергетических ресурсов — нормативный документ, отражающий баланс

потребления и содержащий показатели эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в процессе хозяйственной деятельности объектами производственного назначения, а также содержащий энергосберегающие мероприятия.

Энергопотребление — физическая величина, отражающая количество потребляемого хозяйственным субъектом энергоресурса определенного качества. Используется для расчета показателей энергоэффективности.

Энергосбережение — реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное использование энергетических ресурсов и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии.

Эффективное использование электроэнергии — достижение технической возможной и экономически оправданной эффективности использования электроэнергии при существующем уровне развития технологии и одновременном снижении техногенного воздействия на окружающую среду.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АВР — автоматический ввод резервного питания
- АПВ — автоматическое повторное включение
- АПШ — полуавтоматический шлагбаум
- АРВ — автоматический регулятор возбуждения
- АСКУЭ — автоматизированная система контроля и учета электропотребления
- АСТГ — асинхронизированный турбогенератор
- АТ — автотрансформатор
- АЭД — асинхронный электродвигатель
- АЭС — атомная электростанция
- БСК — батарея статических конденсаторов
- ВВ ЭП — высоковольтные электроприемники
- ВВЭР — водо-водяной энергетический реактор
- ВЛ — воздушная линия электропередачи
- ВЛИ — воздушные линии с изолированными проводами
- ВН — высшее напряжение
- ВРУ — вводно-распределительное устройство
- ВУ — вводное устройство
- ВЭУ — ветроэнергетическая установка
- ГеоТЭС — геотермальная электростанция
- ГПП — главная понизительная подстанция
- ГРП — главный распределительный пункт
- ГТУ — газотурбинная установка
- ГЭН — график электрических нагрузок
- ГЭС — гидравлическая электростанция
- ДГУ — дизельная генераторная установка
- ДЛР — линия электропередачи «два провода — рельс»
- ДЭС — дизельная электростанция
- ЖД — железная дорога
- ИБП — источник бесперебойного питания
- ИЭЭС ААС — интеллектуальная ЭЭС с активно-адаптивной сетью
- ИП — источник питания

КБ — конденсаторная батарея
КЗ — короткое замыкание
КЛ — кабельная линия
КПД — коэффициент полезного действия
КРУ — комплектное распределительное устройство
КРУН — комплектное распределительное устройство наружной установки
КС — контактная сеть
КТП — комплектная трансформаторная подстанция
КТПН — комплектная трансформаторная подстанция наружной установки
КТСМ — комплекс технических средств модернизации
КЭС — конденсационная электростанция
ЛТ — линейный трансформатор
ЛЭП — линия электропередачи
ММО — многогранная металлическая опора
МПЗ — межподстанционная зона
МТЗ — максимальная токовая защита
НВ — нейтральная вставка
НВ ЭП — низковольтные электроприемники
НК — никель-кадмиевый
НН — низшее напряжение
НП — нетяговый потребитель
ОВ — обмотка возбуждения
ОРУ — открытое распределительное устройство
ОУ — осветительная установка
ПВ — продолжительность включения
ПГВ — подстанция глубокого ввода
ПГУ — парогазовая установка
ПКР — повторно-кратковременный режим
ПКЭ — показатели качества электроэнергии
ПП — питающий провод
ПСт — подстанция
ПС — пост секционирования
ПУЭ — правила устройства электроустановок

ПЭ — продольное электроснабжение
РГ — установка распределенной генерации
РМ — реактивная мощность
РОУ — редуционно-охладительное устройство
РП — распределительный пункт
РПН — регулирование напряжения под нагрузкой
РУ — распределительное устройство
РЭН — расчет электрических нагрузок
РЭС — район электроснабжения нетяговых потребителей
СГ — синхронный генератор
СБП — система бесперебойного питания
СВЭ — система внешнего электроснабжения
СИП — самонесущие изолированные провода
СН — среднее напряжение
СПС — силовые питающие сети
СПЭ — сшитый полиэтилен
СРС — силовые распределительные сети
СТЭ — система тягового электроснабжения
СЦ — серебряно-цинковый
СЭЖД — система электроснабжения магистральной железной дороги
СЭП — система электропитания
СЭС — система электроснабжения
ТОУ — токоограничивающее устройство
ТП — тяговая подстанция
ТрП — трансформаторная подстанция
ТСН — трансформатор собственных нужд
ТЭД — тяговый электродвигатель
ТЭО — технико-экономическое обоснование
ТЭР — топливно-энергетические ресурсы
ТЭС — тепловая электростанция
ТЭЦ — теплоэлектроцентраль
УБП — устройство бесперебойного питания
УДП — устройство дистанционного питания

УЗО — устройство защитного отключения
УРП — узловая распределительная подстанция
ЦРП — центральный распределительный пункт
ШМА — магистральный шинопровод
ШРА — распределительный шинопровод
ЩК — щиток кроссировочный
ЭДС — электродвижущая сила
ЭН — электрическая нагрузка
ЭП — электроприемник
ЭПС — электроподвижной состав
ЭС — электрическая станция
ЭСО — энергоснабжающая организация
ЭЭ — электроэнергия
ЭЭС — электроэнергетическая система
VPP — virtual power plant

ВВЕДЕНИЕ

Железнодорожный транспорт имеет развитую инфраструктуру, связанную единым технологическим процессом и включающую в себя предприятия по обслуживанию и ремонту подвижного состава, путевого хозяйства, а также объекты СЦБ и связи. Эффективная работа инфраструктуры железных дорог требует надежного обеспечения электроэнергией. Для решения этой задачи необходим комплексный подход, основанный на взаимодействии всех специалистов, работающих в области систем обеспечения движения поездов. Поэтому в учебный план подготовки специалистов по этим системам введена дисциплина «Электропитание и электроснабжение нетяговых потребителей», предусматривающая изучение систем электроснабжения и электропитания нетяговых потребителей железнодорожного транспорта. Задачами освоения этой дисциплины являются следующие:

- овладение методами проектирования и эксплуатации систем электроснабжения и электропитания нетяговых потребителей;
- изучение нормативно-технической базы в области систем электроснабжения;
- овладение способами повышения надежности и энергоэффективности в системах электроснабжения и электропитания нетяговых потребителей железнодорожного транспорта.

В данном учебном пособии изложены вопросы построения систем электроснабжения и электропитания нетяговых потребителей железных дорог, приведено описание основного электрооборудования, применяемого в стационарной электроэнергетике железнодорожного транспорта. Пособие предназначено для студентов, проходящих подготовку по специализации «Электроснабжение железных дорог».

В первой главе сформулированы общие принципы построения систем электроснабжения: децентрализованный, когда обеспечение электроэнергии осуществляется за счет собственных источников, централизованный, при котором электроэнергия поступает из электроэнергетической системы, а также основанный на использовании установок распределенной генерации.

Во второй главе рассмотрены источники электроэнергии, описаны технологические схемы электростанций, синхронные и асинхронизированные генераторы. Сформулированы требования, предъявляемые к системам электроснабжения.

В третьей главе дана общая характеристика систем электроснабжения и представлены требования, предъявляемые к ним.

Четвертая глава посвящена потребителям электроэнергии. В ней приведены характеристики промышленных электроприемников, а также нетяговых потребителей железных дорог.

В пятой главе даны общие сведения о системах электроснабжения железных дорог, отмечены преимущества электрификации, описаны различные виды систем тягового электроснабжения. Представлены схемы подключения тяговых подстанций к внешнему электроснабжению.

В шестой главе рассмотрены вопросы электроснабжения предприятий железнодорожного транспорта, описаны высоковольтные и низковольтные промышленные сети.

Седьмая глава посвящена вопросам электроснабжения нетяговых потребителей на перегонах. Описано конструктивное исполнение ВЛ СЦБ и линий продольного электроснабжения. Уделено внимание новым подходам к секционированию ВЛ СЦБ и ПЭ. Рассмотрены вопросы использования ЛЭП продольного электроснабжения в качестве направляющих линий поездной радиосвязи.

В восьмой главе рассмотрены вопросы, связанные с анализом графиков электрических нагрузок. Даны необходимые теоретические сведения о случайных процессах и величинах, подробно описаны показатели, характеризующие графики нагрузок.

Девятая глава посвящена вопросам определения расчетных электрических нагрузок. Описан порядок выполнения расчетов для различных уровней систем электроснабжения. Дана методика расчета электрических нагрузок однофазных электроприемников, приведены расчетные формулы для определения расходов электроэнергии.

Ввиду учебного характера данной работы конкретные библиографические ссылки в тексте пособия опущены, однако в заключительной части приведен полный список использованной при его написании литературы.

1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Под электроснабжением понимается обеспечение потребителей электроэнергией (рис. 1.1).

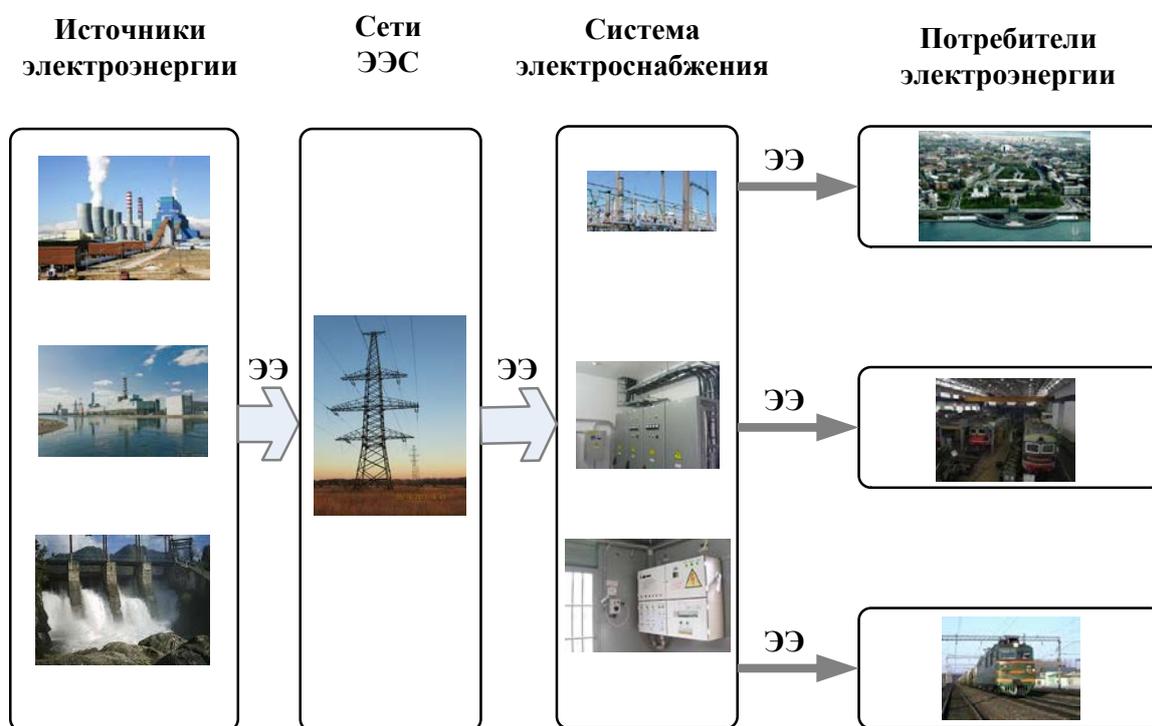


Рис. 1.1. Электроснабжение

Потребители электрической энергии — это группы электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещенных на определенной территории. В свою очередь под электроприемниками понимаются аппараты, агрегаты, механизмы, предназначенные для преобразования электрической энергии в другой вид энергии (рис. 1.2).

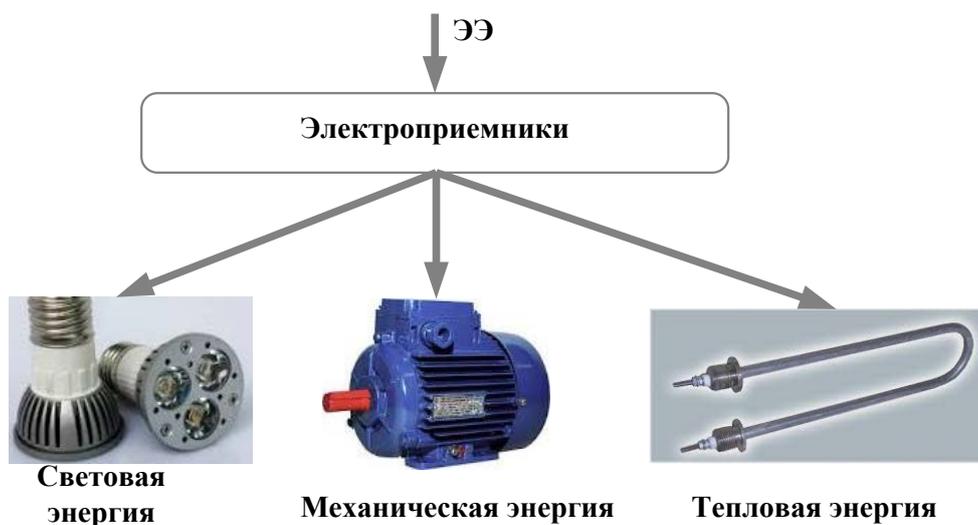


Рис. 1.2. Преобразование электроэнергии в электроприемниках

В настоящее время применяются три принципа электроснабжения:

- децентрализованный, когда обеспечение электроэнергией осуществляется за счет собственных источников (рис. 1.3);
- централизованный, при котором электроснабжение осуществляется от электроэнергетической системы (рис. 1.4);
- распределенная генерация, когда наряду с централизованным электроснабжением применяются потребительские генерирующие установки (рис. 1.5).

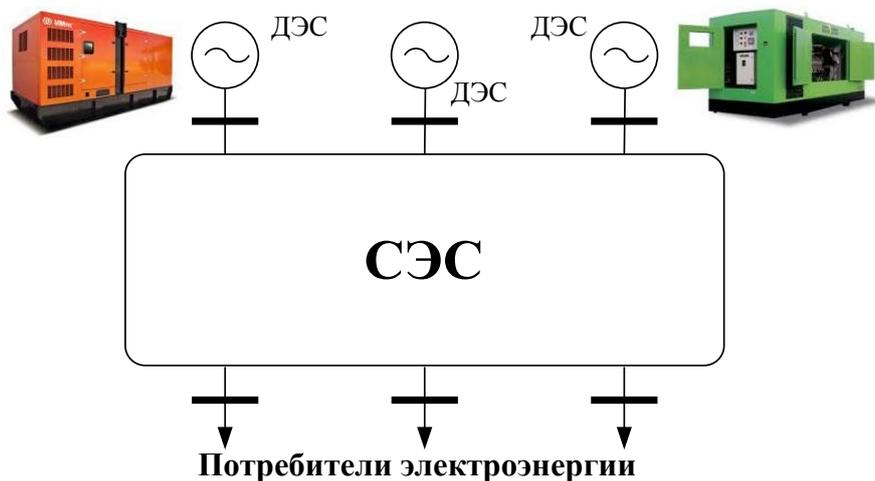


Рис. 1.3. Децентрализованное электроснабжение

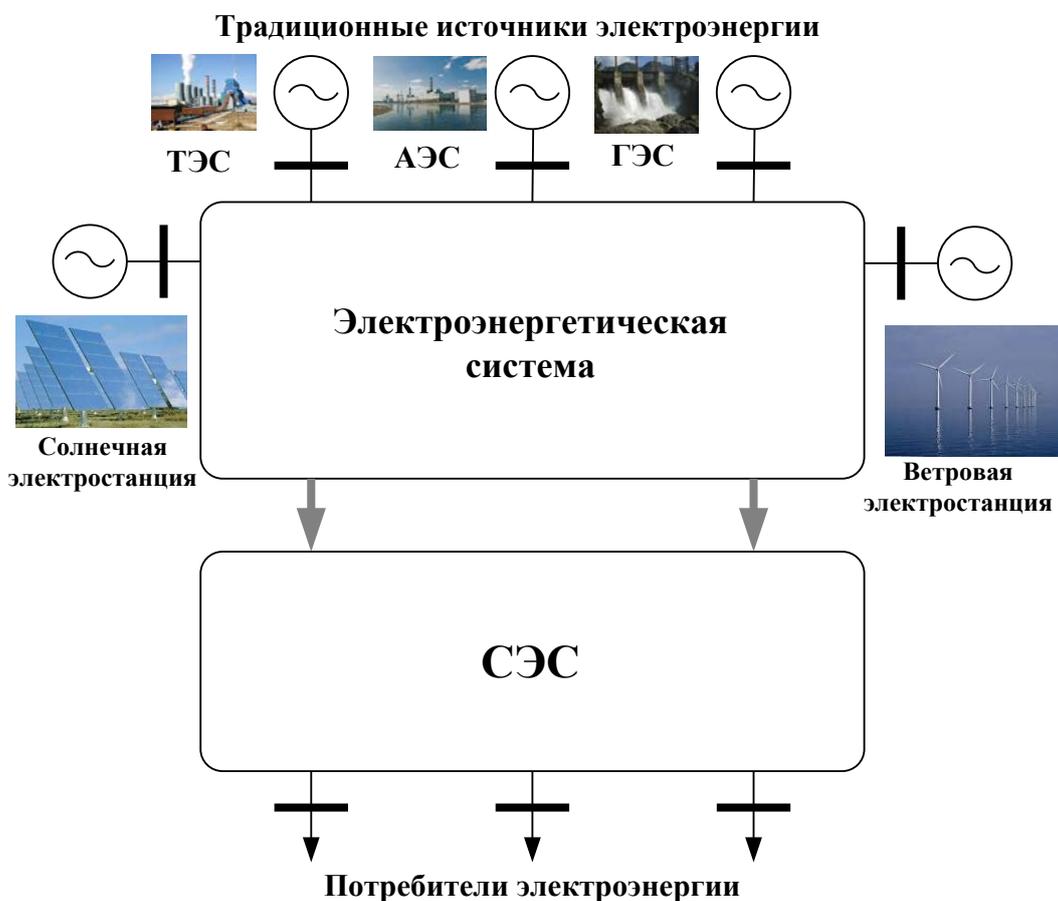


Рис. 1.4. Централизованное электроснабжение

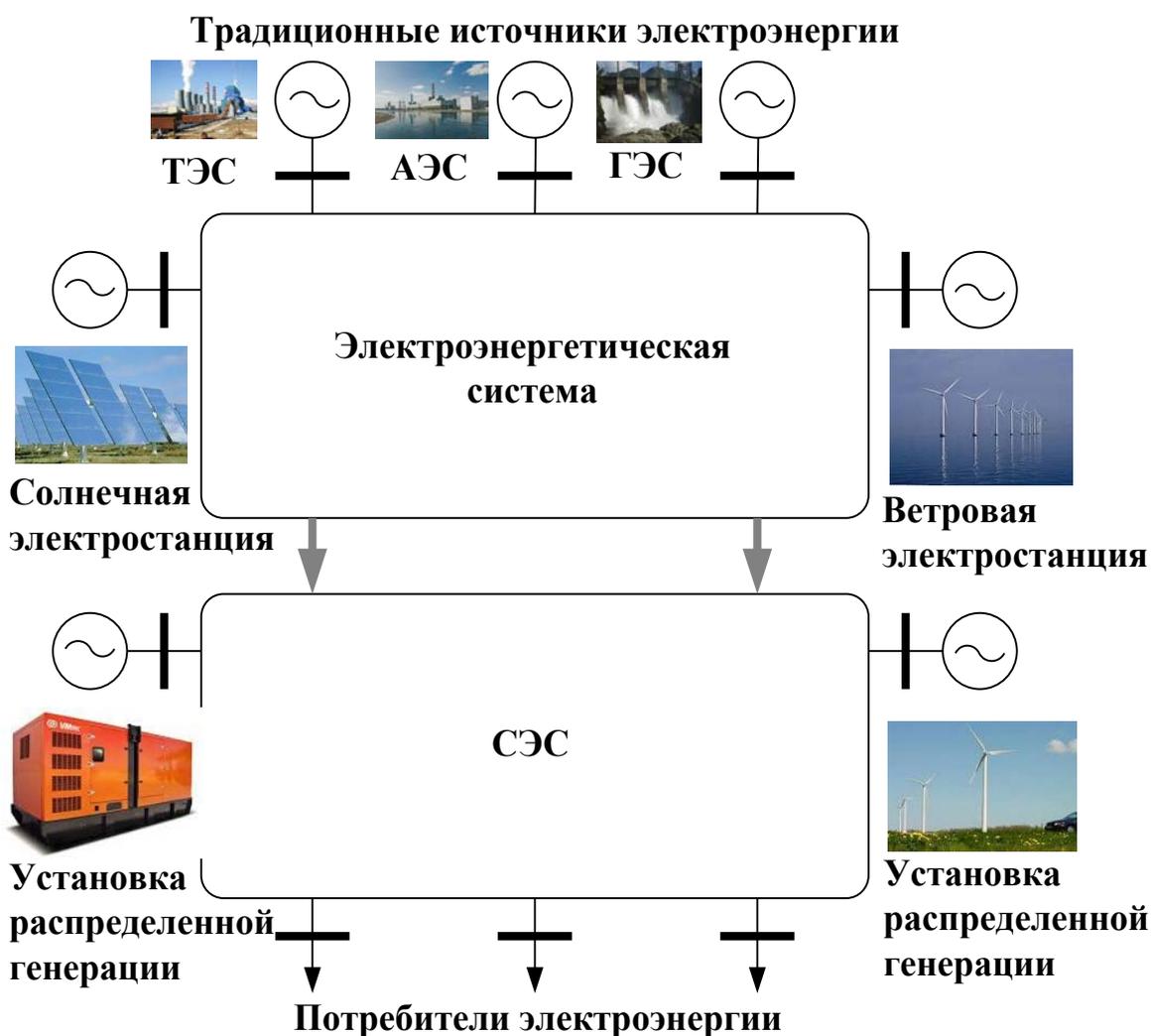


Рис. 1.5. СЭС с установками распределенной генерации

На современном этапе развития электроэнергетики большинство потребителей получают электроэнергию от ЭЭС. Децентрализованное электроснабжение используется в удаленных и труднодоступных районах. Системы электроснабжения с установками распределенной генерации получают распространение в последние годы в связи с реализацией концепции интеллектуальных электрических сетей — smart grid.

Под системой электропитания понимается совокупность электроустановок, предназначенных для преобразования параметров электроэнергии первичного источника к виду, удобному потребителю, и распределения преобразованной энергии между отдельными электроприемниками (*рис. 1.6*).

Например, в состав СЭП для питания электронной аппаратуры могут входить следующие устройства:

- выпрямители, преобразующие переменный ток в постоянный;
- инверторы, осуществляющие обратное преобразование;
- преобразователи напряжения (конверторы), изменяющие напряжение постоянного тока;
- стабилизаторы, обеспечивающие стабильность напряжения на зажимах электронных устройств;

- корректоры коэффициента мощности, поддерживающие высокий $\cos\phi$ на входе выпрямителей;
- агрегаты гарантированного питания на базе дизельных генераторных установок;
- источники бесперебойного питания на основе аккумуляторных батарей.

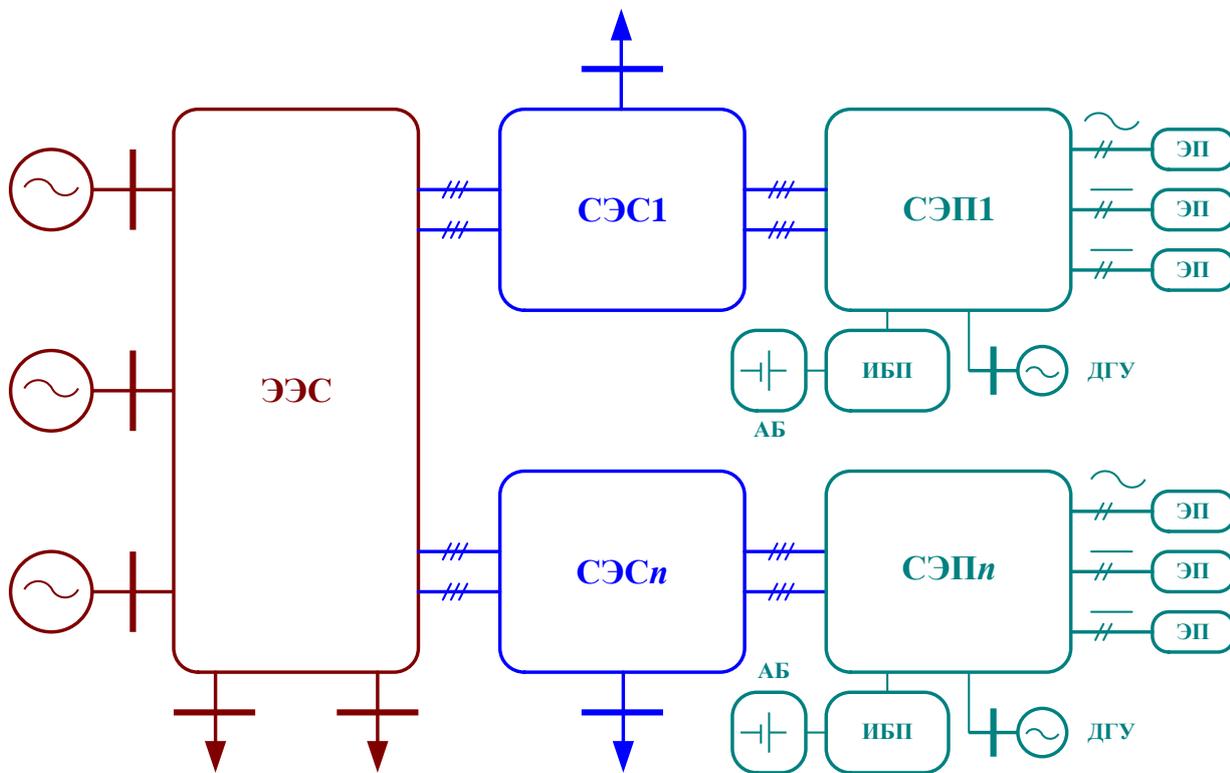


Рис. 1.6. ЭЭС, СЭС и СЭП

Электроэнергетическая система — это совокупность устройств для выработки, передачи, распределения и потребления электроэнергии (рис. 1.7). ЭЭС включает электрическую часть энергосистемы и питающиеся от нее приемники электрической энергии, объединенные общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии.

Энергетическая система (энергосистема) — это совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической энергии и теплоты при общем управлении этим режимом.

Структурная схема технологических процессов в ЭЭС и СЭС представлена на рис. 1.8. В отличие от других отраслей промышленного производства электроэнергетика обладает следующими особенностями:

- производство, транспорт, распределение и потребление электроэнергии происходит практически одновременно, поэтому ЭЭС и СЭС, отдельные звенья которых могут быть удалены друг от друга на сотни километров, объединены в единый сложный механизм;

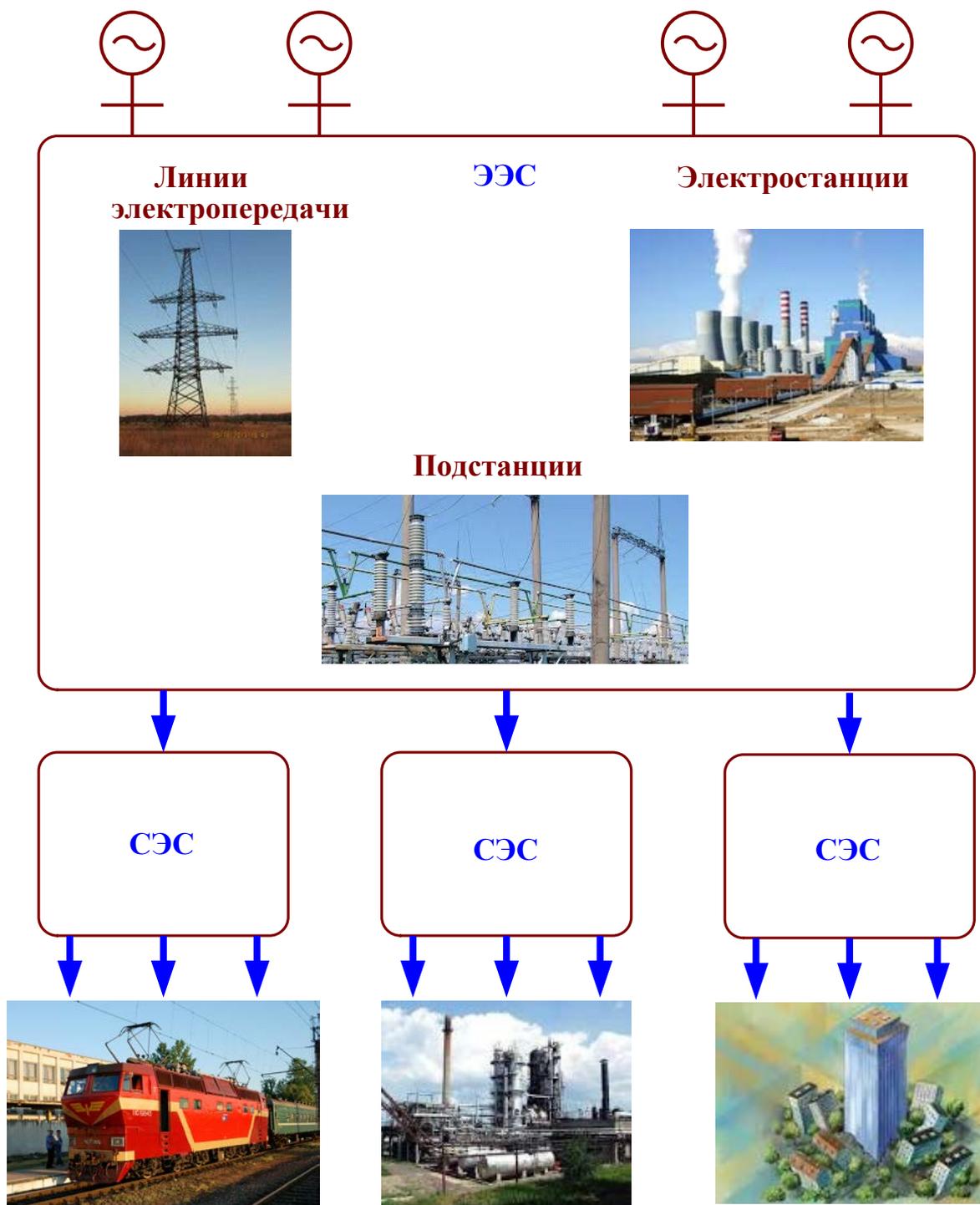


Рис. 1.7. Структурная схема ЭЭС

- электроэнергетика ЭЭС и СЭС характеризуются быстротой протекания переходных процессов: волновые процессы совершаются в тысячные доли секунды, электромагнитные процессы — в десятые доли секунд;
- обеспечивает ЭЭ все отрасли промышленности, транспорт, связь, отличающиеся технологиями производства, способами преобразования ЭЭ, многообразием электроприемников;
- имеет место значительная временная неравномерность производства и потребления энергии.

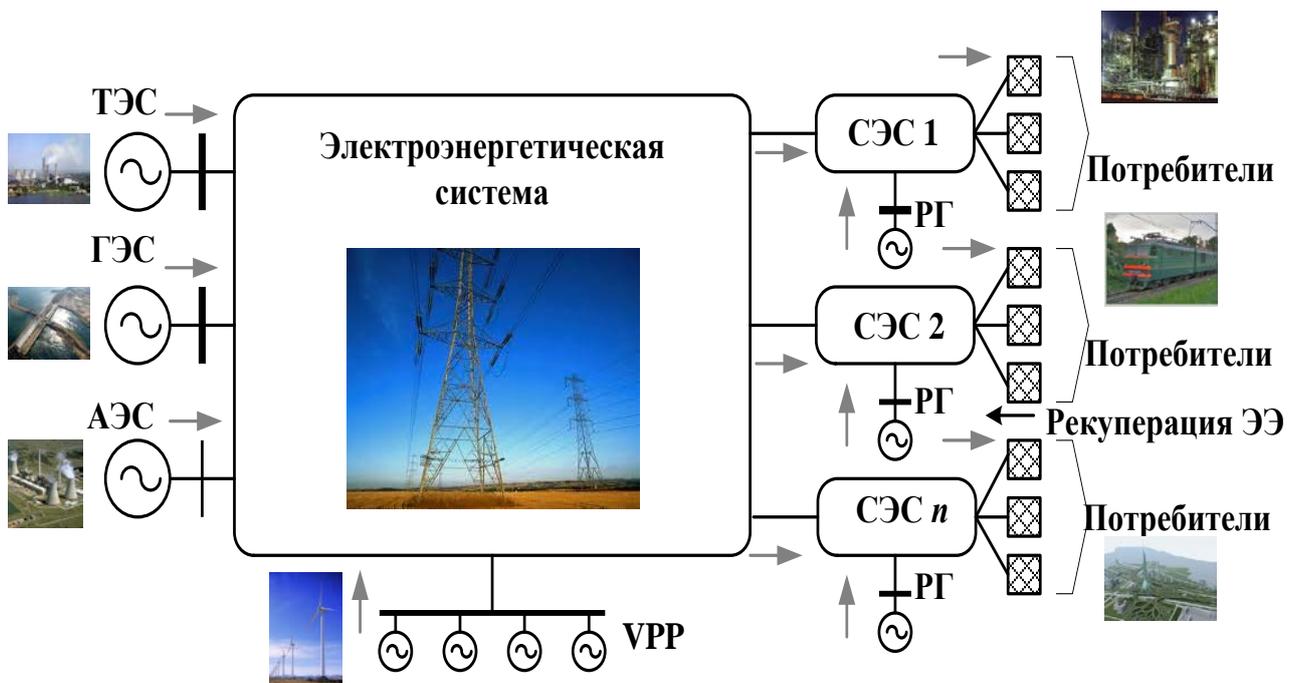


Рис. 1.8. Схема технологического процесса выработки, передачи, распределения и потребления электроэнергии

Быстрота протекания процессов в ЭЭС и СЭС требует обязательного применения автоматических устройств: аппаратов релейной защиты, автоматических регуляторов, устройств автоматического управления. Правильный выбор и настройку этих устройств можно выполнить только при учете работы всей системы как единого целого.

ЭЭС и СЭС (СЭП) включают элементы, которые можно подразделить на три вида:

- *силовые элементы* — генераторные агрегаты, осуществляющие преобразование первичных ТЭР в электроэнергию; трансформаторы и выпрямительные установки, посредством которых производится изменение параметров тока и напряжения; линии электропередач, выполняющие передачу электроэнергии; коммутационная аппаратура, с помощью которой производится включение или отключение отдельных элементов ЭЭС (СЭС, СЭП);

- *измерительные устройства*, к которым можно отнести трансформаторы тока и напряжения, с помощью которых осуществляется подключение электроизмерительных приборов, а также средств контроля и управления к высоковольтным и многоамперным цепям;

- *средства контроля и управления*, к которым относятся устройства релейной защиты, а также автоматические регуляторы, системы телемеханики и связи.

Состояние ЭЭС в заданный момент времени или на определенном временном интервале называется режимом, который характеризуется вектором параметров, включающем величины напряжений, мощностей и токов элементов, а также частоты. Этот вектор характеризует технологические процессы производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии. Если пара-

метры режима находятся в установленных нормативными документами пределах, то режим ЭЭС называется установившимся, если происходит их вариация — то переходным.

Основная задача ЭЭС и СЭС состоит в экономичном и надежном электроснабжении потребителей; при этом отсутствуют перегрузки основных элементов, а показатели качества электроэнергии на зажимах электроприемников соответствуют нормативным документам. Указанные требования предъявляются к нормальным установившимся режимам работы ЭЭС и СЭС. Допускается работа ЭЭС в утяжеленных режимах, которые характеризуются меньшими уровнями надежности, наличием перегрузок отдельных элементов и ухудшением качества электроэнергии, не выходящим за допустимые пределы. Наиболее опасными являются аварийные режимы, вызванные короткими замыканиями и разрывами цепей передачи электроэнергии. Для предотвращения развития аварий применяются средства автоматического и оперативного управления. После отключения поврежденных элементов ЭЭС переходит в послеаварийный режим, который отличается пониженными уровнями надежности и экономичности и не полностью отвечает требованиям по качеству ЭЭ. Время нахождения ЭЭС в таком режиме ограничивается и принимаются все меры для восстановления нормальной работы системы.

Эффективная работа ЭЭС невозможна без управления всеми видами режимов; при этом для разных режимов задачи управления существенно различаются:

- для нормальных режимов задачи управления состоят в обеспечении экономичного и надежного электроснабжения потребителей при высоком качестве ЭЭ;
- эти задачи для утяжеленных режимов заключаются, прежде всего, в обеспечении надежного электроснабжения, но при наличии допустимых перегрузок основных элементов, некотором снижении экономичности и ухудшении показателей качества ЭЭ;
- посредством управления аварийными режимами достигается локализация аварии и ликвидация ее последствий;
- цель управления в послеаварийных режимах состоит в быстром переходе к нормальному установившемуся режиму.

Переходный режим ЭЭС представляет собой набор процессов с различной скоростью протекания (рис. 1.9):

- волновые — 1...100 мкс (рис. 1.10, 1.11);
- электромагнитные — 10...500 мс (рис. 1.12);
- электромеханические — 0,1...10 с (рис. 1.13);
- длительные электромеханические — от нескольких минут до десятков минут;
- теплоэнергетические процессы в генерирующих агрегатах электростанций (рис. 1.14).

Различная скорость протекания указанных процессов позволяет рассматривать их по отдельности и упрощать математическое описание ЭЭС. При анализе волновых процессов ЛЭП можно не учитывать изменение скоростей

роторов генераторов, так как за время протекания этих процессов их можно считать постоянными. Расчеты электромагнитных процессов допустимо проводить, рассматривая ЛЭП как элементы с сосредоточенными параметрами и также не учитывать изменения скоростей вращения роторов электрических машин. При рассмотрении электромеханических процессов можно не учитывать динамические свойства статических элементов ЭЭС, но учет изменений скоростей роторов является обязательным.

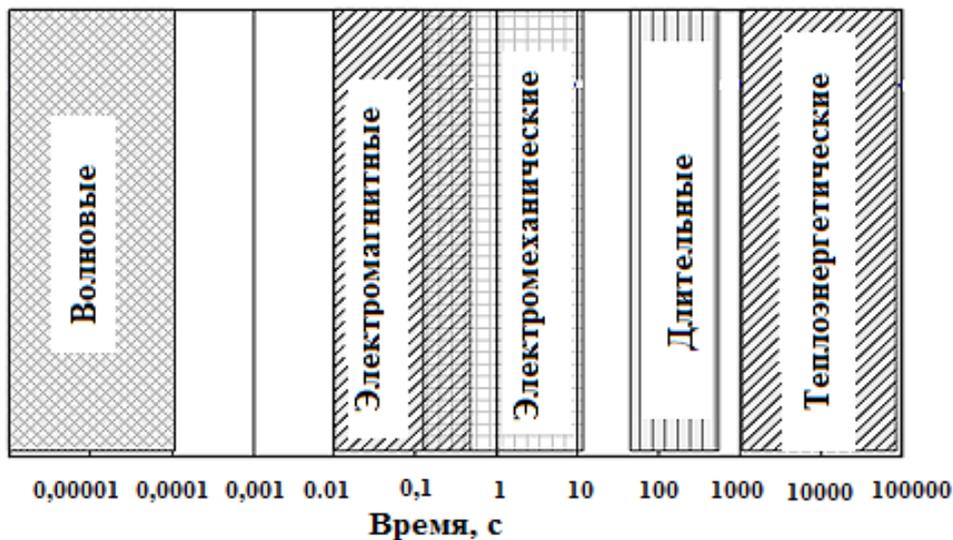


Рис. 1.9. Виды переходных процессов

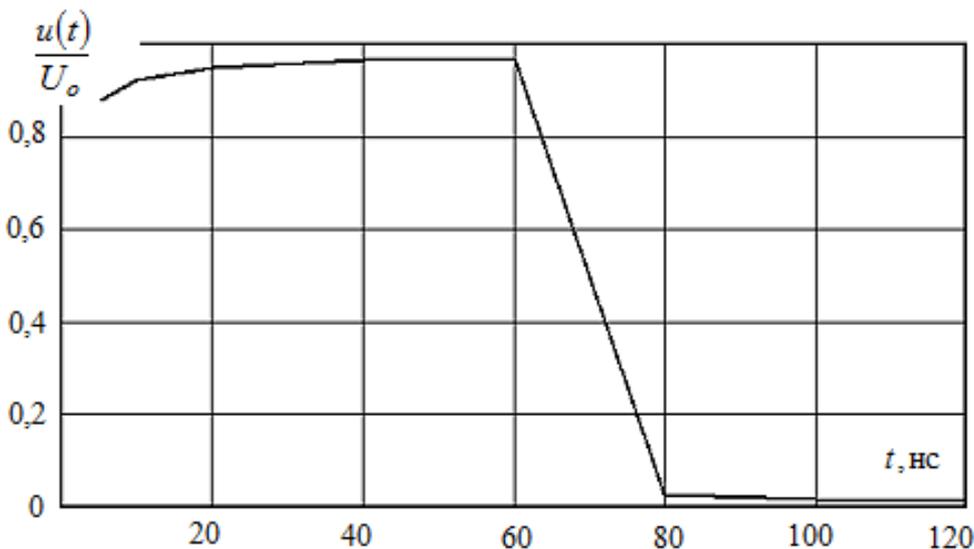


Рис. 1.10. Пример искажения прямоугольного импульса при распространении по коаксиальному кабелю 15 кВ

Задачи управления отдельными видами переходных процессов существенно различаются:

- цель управления волновыми процессами состоит в улучшении условий функционирования изоляции путем снижения перенапряжений с помощью разрядников и реакторов;

- задачи управления электромагнитными процессами заключаются в уменьшении токов короткого замыкания с помощью использования токоограничивающих устройств: реакторов, трансформаторов с расщепленными обмотками, резонансных и сверхпроводящих ТОУ и др.;
- основная задача управления электромеханическими процессами состоит в обеспечении устойчивости работы ЭЭС и узлов нагрузки.

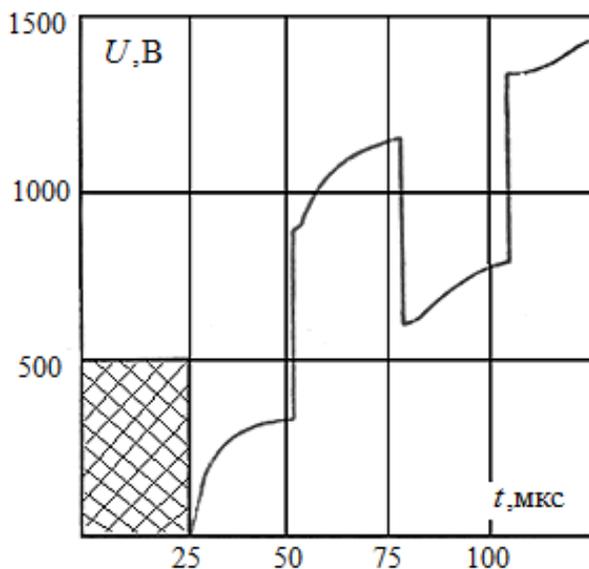


Рис. 1.11. Многократные отражения волн напряжения в симметричной трехпроводной системе

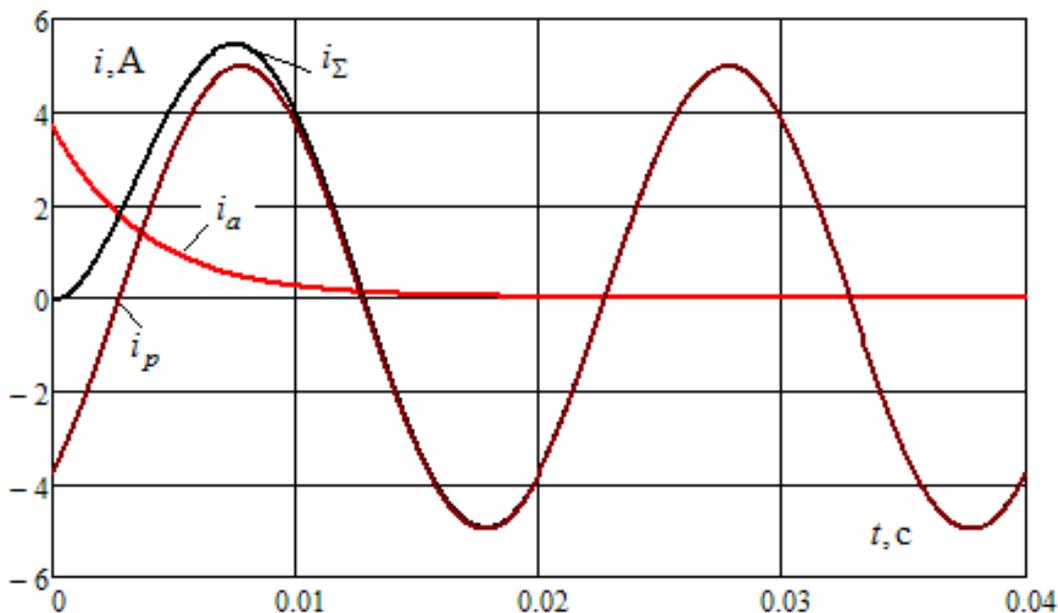


Рис. 1.12. Пример электромагнитного переходного процесса при КЗ:

- i_k — полный ток КЗ;
- i_p — периодическая слагающая;
- i_a — аperiodическая слагающая

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru