

УДК 681.58:621.316.1
Шифр специальности ВАК 2.4.3.

РАЗРАБОТКА СКРИПТА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ ТИПОВОЙ ТАБЛИЦЫ ДОПУСТИМЫХ ТОКОВЫХ НАГРУЗОК ЛЭП И ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

При управлении режимом электроэнергетической системы необходимо поддержание в актуальном состоянии информации о допустимых токовых нагрузках ЛЭП и электросетевого оборудования. Таблица с вышеперечисленными данными формируется вручную специалистами Службы электрических режимов на основании информации, находящейся в Единой информационной модели (ЕИМ), куда данные поступают из СІМ-портала.

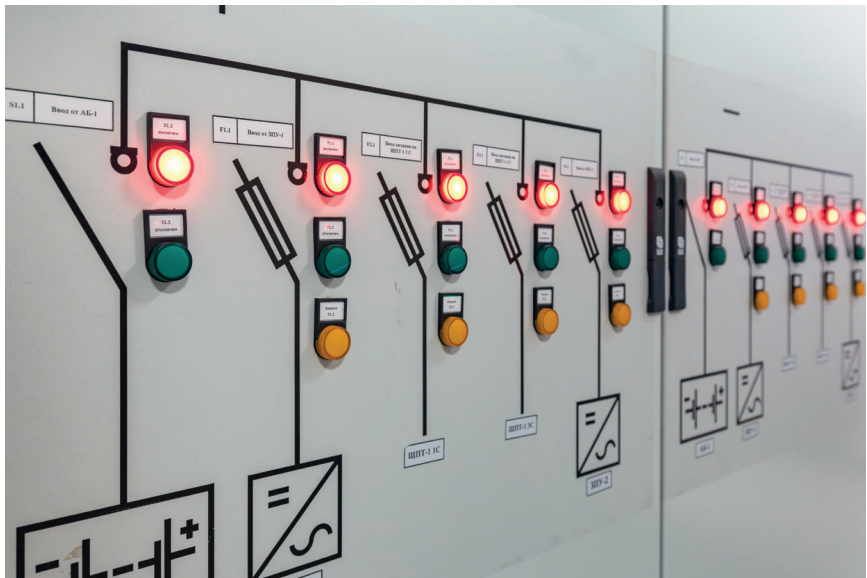
В статье представлены разработанные алгоритмы и скрипт для выгрузки информации о допустимых токовых нагрузках ЛЭП и электросетевого оборудования из ЕИМ. По мнению автора, использование скрипта позволит сократить трудовые затраты специалистов при сопоставлении информации, представленной в таблице и в ЕИМ.

АВТОР:
В.В. Кутявин,
ORCID 0009-0005-0702-1167,
kutyaivin_v@mail.ru,
главный специалист Службы
электрических режимов,
филиал АО «СО ЕЭС»
«Региональное диспетчерское
управление энергосистем
Новосибирской области,
Алтайского края и Республики
Алтай», Новосибирск, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
#скрипт; #допустимые токовые
нагрузки ЛЭП и электросетевого
оборудования

↓ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Кутявин В.В. Разработка скрипта для автоматического формирования типовой таблицы допустимых токовых нагрузок ЛЭП и электросетевого оборудования // Энергия единой сети. 2026. № 2 (81). С. 50–56.



Источник: фотобанк ПАО «Россети»

ВВЕДЕНИЕ

До недавнего времени данные о допустимых токовых нагрузках линий электропередачи (ЛЭП) и электросетевого оборудования предоставлялись субъектами электроэнергетики в виде файлов формата XLSX. На основе этих данных формировалась таблица с токовыми нагрузками ЛЭП и электросетевого оборудования, находящихся в диспетчерском управлении и ведении соответствующей операционной зоны (далее — Таблица).

Начиная с 1 января 2024 г. предоставление в диспетчерские центры вышеперечисленной информации осуществляется субъектами электроэнергетики посредством СІМ-портала. Таблица с этого времени формируется вручную специалистами Службы электрических режимов (далее — Сотрудники) на основании данных, находящихся в Единой информационной модели (ЕИМ), куда они поступают из СІМ-портала.

Программный комплекс СК-11 содержит в себе функциональность, позволяющую формировать Таблицу по данным ЕИМ. Однако полученная Таблица не соответствует подходам по организации контроля токовых ограничений (ТО) сетевых элементов средствами мониторинга токовых нагрузок в ОИК СК-11 и оформлению приложений к Положению по управлению режимами работы энергосистем, согласно которым токовые ограничения

по секционным выключателям и ремонтным переключкам (РП) должны контролироваться отдельно от токовых ограничений по ЛЭП.

Для автоматизированного формирования Таблицы в АО «СО ЕЭС» ОДУ Сибири был разработан программный комплекс «Программа автоматизации вывода информации». Работа комплекса требует подготовки и поддержания в актуальном состоянии большого объема исходных данных, что увеличивает трудозатраты сотрудников и повышает вероятность появления ошибок при формировании Таблицы.

Необходимо средство автоматизации, которое позволит автоматически формировать Таблицу по данным ЕИМ.

ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДА

Таблица содержит ТО проводов участков ЛЭП и ошиновок, выключателей, разъединителей, трансформаторов тока (ТТ), высокочастотных заградителей (ВЧЗ) и устройств релейной защиты и автоматики (УРЗА).

Информация о ТО вышеперечисленных объектов хранится и постоянно актуализируется в ЕИМ — цифровой модели Единой энергетической системы (ЕЭС) России, которая детально описывает ее основные элементы, их свойства и связи в виде стандартизованных определений

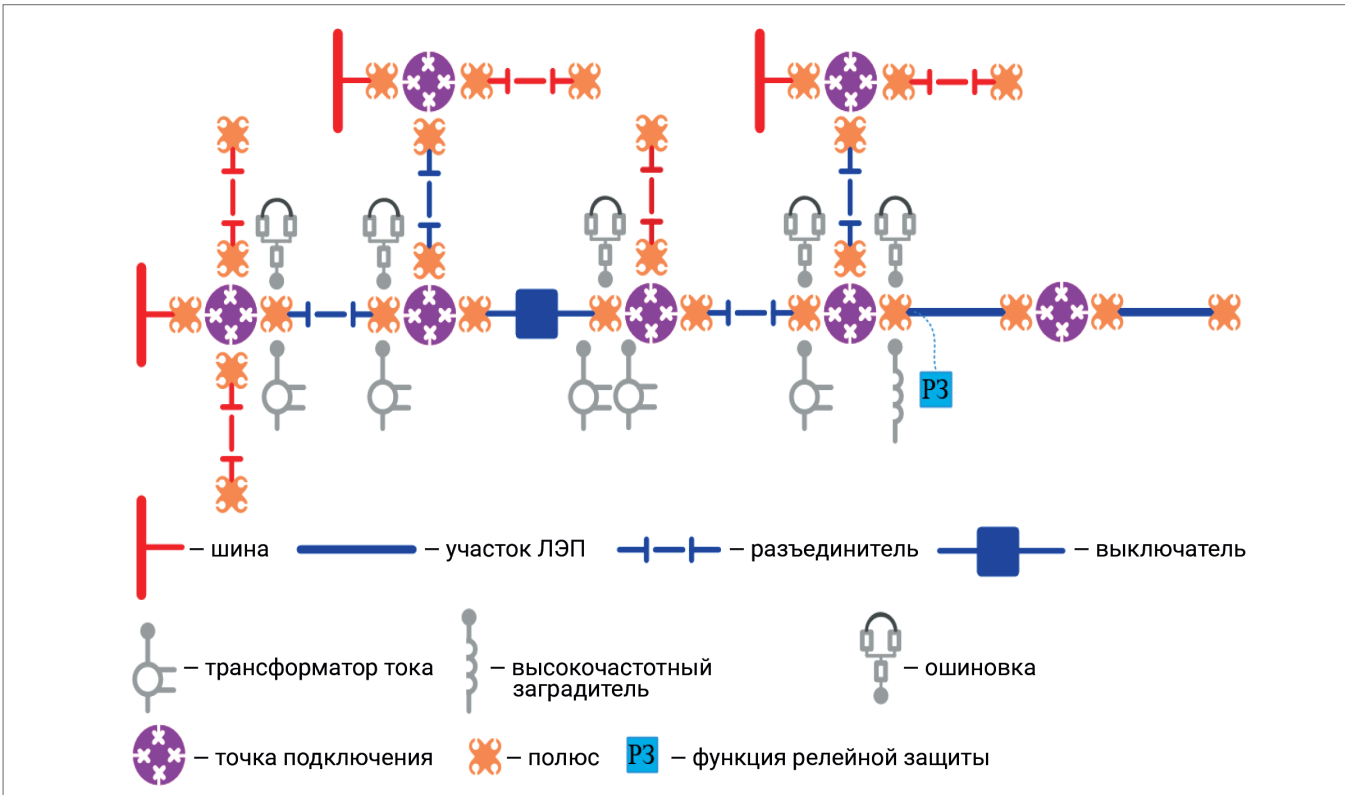


Рис. 1. Схема связи МТЗ, основного и вспомогательного оборудования в ЕИМ

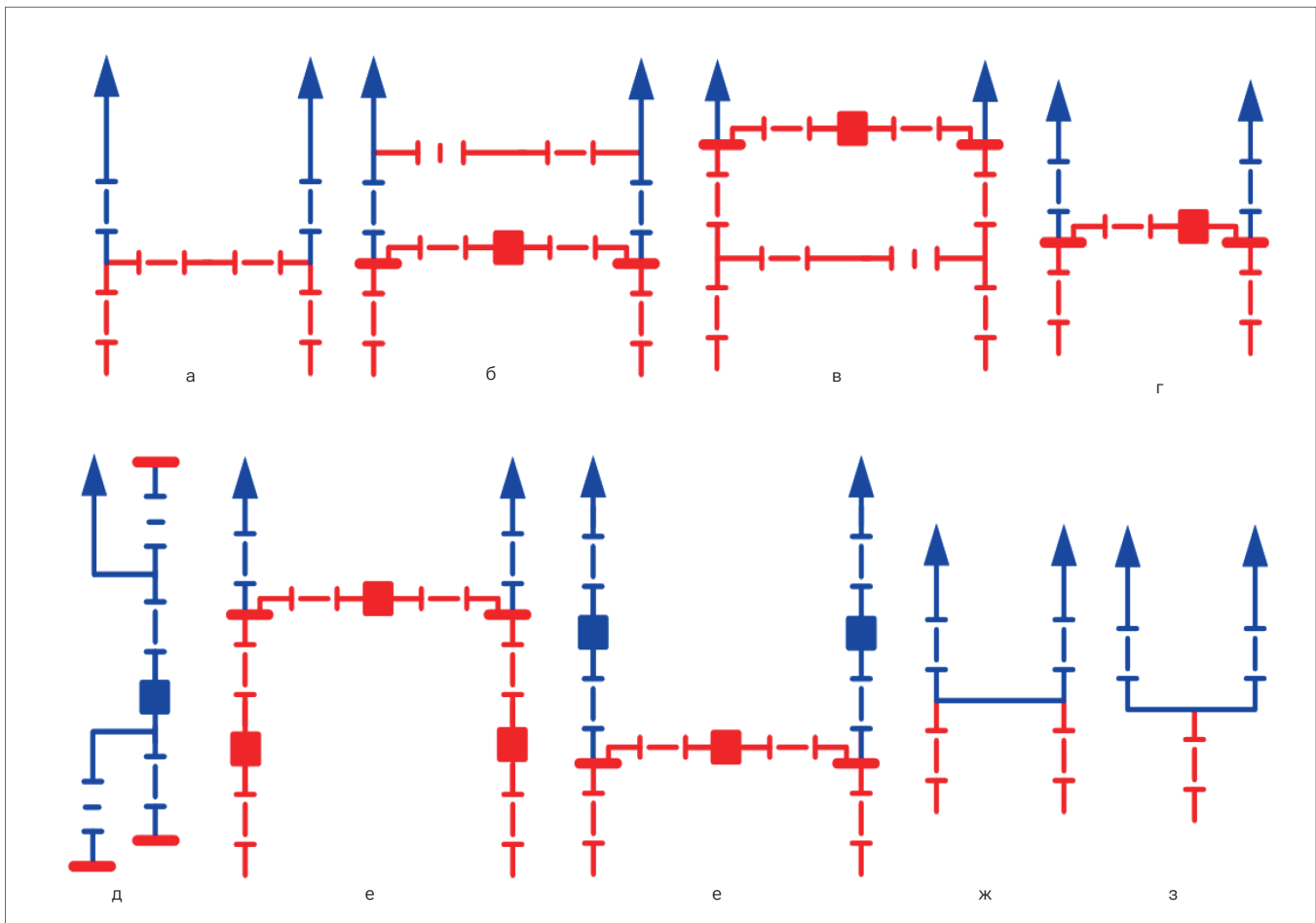


Рис. 2. Основные схемы распределительного устройства с номинальным напряжением 110 кВ

и понятий в соответствии с международными стандартами МЭК 61970 и МЭК 61968 (CIM) [1].

Участки ЛЭП и соответствующее им коммутационное и вспомогательное оборудование в дереве объектов ЕИМ принадлежат разным родительским объектам и не имеют прямых связей между собой. Выявление соответствия между участками ЛЭП и относящимся к ним оборудованием требует понимания структуры хранения данных в ЕИМ, а также иерархии классов, их связей и атрибутов CIM-модели.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ И СВЯЗЬ ОБЪЕКТОВ В ЕИМ

В Таблице учитываются ТО оборудования, соединяющего участок ЛЭП с шиной или с точкой разделения перетока мощности на составляющие в том случае, если шина в схеме РУ не предусмотрена (далее — основное оборудование).

Помимо ТО основного оборудования в Таблице учитываются и ТО вспомогательного оборудования, к которому относятся ТТ, ВЧЗ и ошиновка.

На некоторых ЛЭП по условиям обеспечения необходимой чувствительности не удастся отстроить максимальную токовую защиту (МТЗ) от нагрузочных режимов. Для предотвращения ложного срабатывания МТЗ в нормальном режиме токовая нагрузка ЛЭП ограничивается величиной, которая учитывается в ТО участка ЛЭП.

Схема связи МТЗ, основного и вспомогательного оборудования в ЕИМ представлена на рисунке 1.

Основное оборудование имеет свои полюсы, которые присоединяются к точкам подключения, соединяя элементы между собой. Вспомогательное оборудование подключается к полюсам основного оборудования. МТЗ в ЕИМ определяется классом RelayProtection (Функция релейной защиты) и имеет связь ProtectionEquipments (Устройства Защиты) с участком ЛЭП.

Эксплуатационные ограничения (ЭО) элементов сети определяются классом OperationalLimitSet (НаборЭксплОграничений). Полюса основного оборудования имеют связь OperationalLimitSet (ЭксплПределы) с ЭО. Связь OperationalLimitSetType (ТипГруппыЭксплПределов) указывает на тип ЭО.

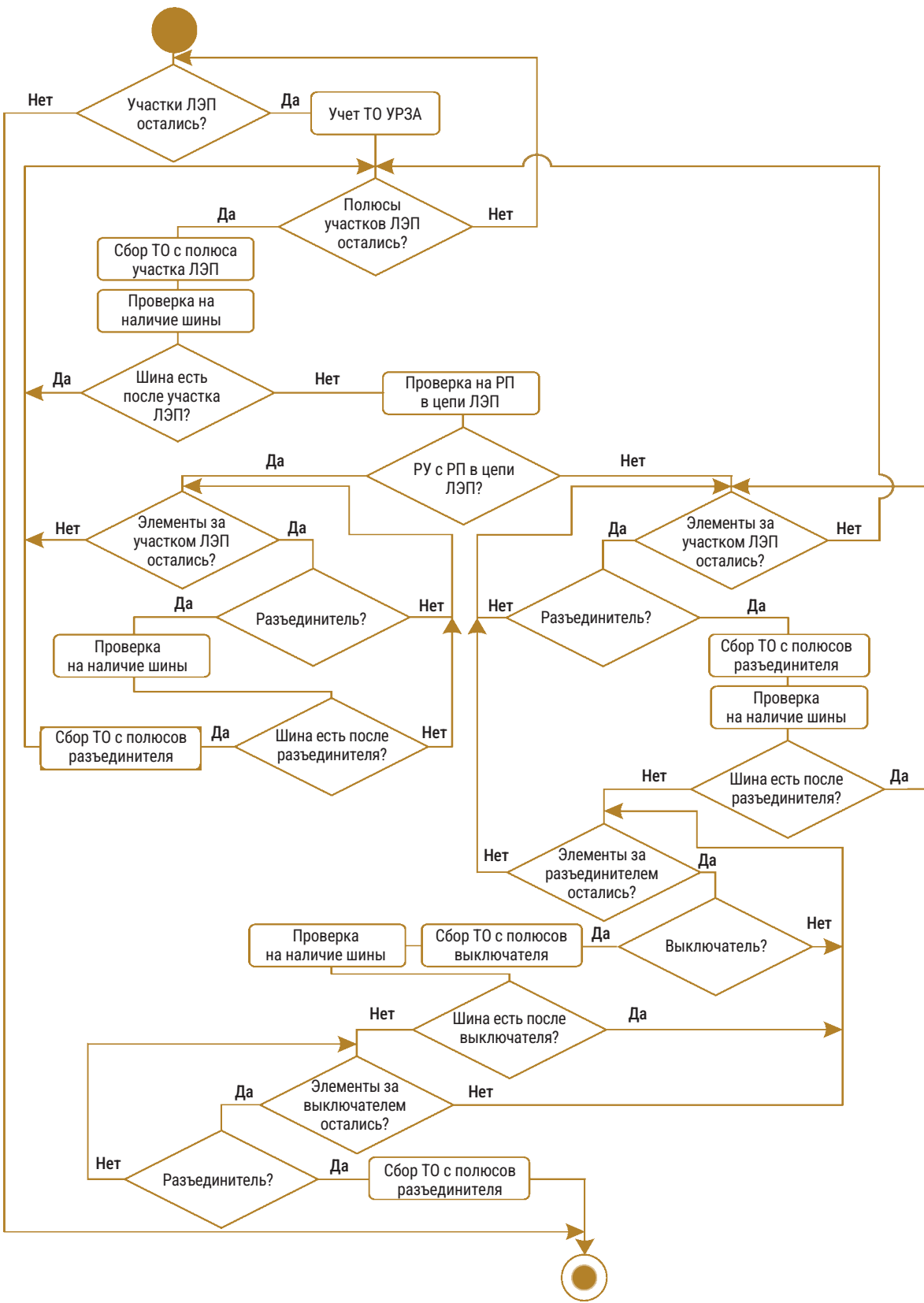


Рис. 3. Алгоритм циклического обхода по объектам ЕИМ для сбора информации о ТО

ЛЭП могут иметь как один участок, так и несколько. Подходы к хранению ТО для ЛЭП с одним участком и с несколькими участками различаются. Если у ЛЭП один участок, то он соединяется с двумя ПС, в связи с чем требуется разделение информации о ТО оборудования на первой и второй ПС. Скрипт проверяет количество участков у ЛЭП: если участок один, то ТО по каждой ПС записываются в отдельную строку (ВЛ 1 в таблице 1). Важно, чтобы в первой строке хранилась информация о ТО оборудования той ПС, которая находится в начале наименования ЛЭП. Скрипт определяет принадлежность оборудования к той или иной ПС и проверяет наличие наименования ПС в наименовании ЛЭП. По результату отнесения ПС к началу или к концу наименования ЛЭП скрипт записывает ТО в соответствующей последовательности. На ЛЭП с несколькими участками каждый участок соединяется не более чем с одной ПС, поэтому для каждого участка записывается только одна строка с ТО по оборудованию (ВЛ 2 в таблице 1).

Выходной файл формата CSV сохраняется по пути, указанному пользователем с помощью диалогового окна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан скрипт на языке программирования С#, запускаемый в Редакторе скриптов модели СК-11, для загрузки данных по ТО ЛЭП и электросетевого оборудования из ЕИМ. Алгоритм средства автоматизации основан на циклическом обходе элементов электрической сети по их связям с сохранением информации об элементах в требуемом виде.

Скрипт позволяет сократить трудовые затраты сотрудников при сопоставлении информации, представленной в Таблице и в ЕИМ. Средство автоматизации может служить основой для автоматического формирования Таблицы установленной формы по данным ЕИМ. Способ формирования Таблицы с помощью скрипта не требует подготовки и поддержания в актуальном состоянии информации о ТО в дополнительных базах данных.

В статье рассмотрены подходы к выгрузке данных по ТО ЛЭП с номинальным напряжением 110 кВ. Для сетей 220 и 500 кВ подходы отличаются в связи с возможным наличием дополнительного разъединителя в цепи ЛЭП. В таком случае циклический обход осуществляется по цепочке элементов «разъединитель — разъединитель — выключатель — разъединитель».

Рисунки к статье предоставлены автором.

↓ СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Беляев Н.А. Сопровождение и развитие Единой информационной модели ЕЭС России в иерархической структуре диспетчерского управления АО «СО ЕЭС» //

Руководящие материалы по проектированию и эксплуатации электрических сетей. 2021. URL: <https://rum.cis-ees.ru/news/edinaya-informacionnaya-model-ees-rossii-i-eyo-razvitie-tema-notera-zhurnala-rum/> (Дата обращения 25.05.2025).



УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕМ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

ПАПКОВ Б.В., ОСОКИН В.Л.

М.: ТОНКИЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, 2023. 440 С.

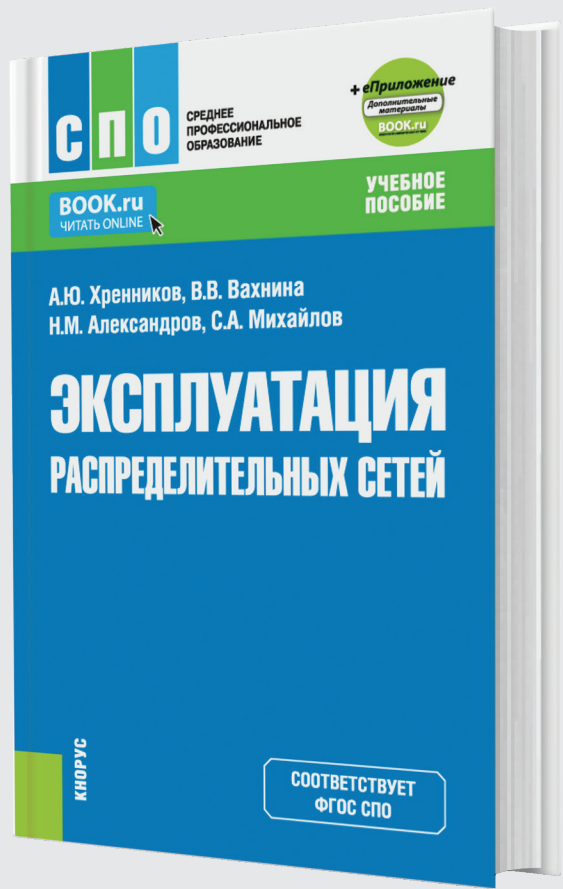
Поставлены задачи управления электропотреблением в условиях перехода электроэнергетики к интеллектуальным системам с активно-адаптивной сетью в целях обеспечения надежности, безопасности и эффективности систем электроснабжения (СЭС) потребителей. Показаны сложность современных СЭС и необходимость учета системности проблемы анализа и расширения надежностных свойств интеллектуальных электрических систем. Приводится формализованное описание современных СЭС, отмечена необходимость расширения понятия «надежность», рассмотрены вопросы кибербезопасности. Определены особенности рационального управления объектами современной СЭС, включая системы распределенной генерации с возобновляемыми источниками энергии и активные элементы потребителей. Особое внимание уделено вопросам экономики надежности СЭС и управления электропотреблением.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ. УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ХРЕННИКОВ А.Ю., ВАХНИНА В.В., АЛЕКСАНДРОВ Н.М., МИХАЙЛОВ С.А.

МОСКВА; КНОРУС, 2026. — 304 С.

ISBN: 978-5-406-15645-2



Учебное пособие раскрывает схемы подстанций, схемы собственных нужд, оперативного тока, электромагнитной блокировки; трансформаторные подстанции и распределительные пункты; ячейки комплектных распределительных устройств (КРУ); испытания, дефекты трансформаторов, выключателей, сборных шин и изоляторов, трансформаторов тока и напряжения; устройство, эксплуатация воздушных линий (ВЛ) 0,4–20 кВ, 35–110 кВ, неисправности и диагностика ВЛ; низковольтное оборудование ТП и РП до 1000 В, его испытания и неисправности. Показано устройство кабелей 0,4–10 кВ, 35–110 кВ, испытания, дефекты, ремонт кабелей; раскатка и прокладка, монтаж муфт, заземление, электробезопасность, защита от перенапряжений. Рассмотрены виды релейной защиты: повреждения в распределительных сетях, защита от коротких замыканий, поиск мест повреждения и замыканий на землю в сетях 6–35 кВ, обнаружение мест повреждения (ОМП) ВЛ, оперативные переключения и переговоры, типовые бланки переключений, автоматизированные рабочие места (АРМ), переключения на подстанциях нового поколения, АРМ зарядных станций электромобилей в условиях мегаполисов, действия диспетчера РЭС в аварийных ситуациях, электрические измерения, испытания и учет электроэнергии. Учебное пособие соответствует ФГОС СПО последнего поколения.

Основано на многолетнем опыте работы в электроэнергетической отрасли. В конце каждой главы имеется список контрольных вопросов и тем для подготовки рефератов и докладов, а также список литературных источников для более глубокого изучения специальности.

Предназначено для специалистов технических служб предприятий электрических и распределительных сетей и электрических станций, для аспирантов, студентов электроэнергетических специальностей.