

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Лоскутов А. Б., д-р техн. наук, проф.,

Соснина Е. Н., канд. техн. наук, доц.,

Лоскутов А. А., магистрант

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

## НОВЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ РОССИИ

sosnina@ntu.nnov.ru

*Рассмотрена концепция развития электрических распределительных сетей высокого напряжения ЭЭС России как распределенной «интеллектуальной» сети с интегрированной системой управления. Предложена сотовая конфигурация электрической распределенной сети. Показана необходимость построения распределенной сети первого уровня на напряжении 20 кВ и приведен принцип формирования узла нагрузки 20 кВ.*

**Ключевые слова:** электрическая распределенная сеть, типовой узел нагрузки первого уровня, интегрированная система управления, управляющий модуль.

Развитие электроэнергетики ассоциируется, прежде всего, с ростом мощности электростанций. Но в результате бурного роста генерации отстают два других компонента - электрические сети и системы управления. Участвовавшие крупные системные аварии порождают предчувствие концептуального кризиса в электроэнергетике.

Единая энергетическая система России является уникальной по территории параллельной работы, конфигурации электрических сетей и централизации оперативного управления. Поэтому для нее потребуется своя концепция перехода на качественно новый уровень технологий и управления. Это тем более актуально, что ее основные фонды наполовину физически и морально изношены, во многих районах едва справляются с максимумами нагрузки потребителей, а новая структура хозяйственного управления затрудняет сохранение технологической целостности системы, а особенно ее эффективное и надежное развитие. В таких условиях концепция дальнейшего развития ЭЭС России как целостной системы крайне актуальна и заслуживает самого серьезного внимания.

Принципиально новыми являются подходы, при которых ведущая роль отводится ядру электроэнергетической системы - электрической сети как структуре, обеспечивающей надежность и эффективность связи генерации и потребителя. Современные технические средства корректировки параметров электрических сетей вместе с новыми

системами сбора, передачи и обработки информации, быстродействующими программами оценки состояния (текущего режима) и прогнозирования будущих узких мест энергосистемы, а также гибкой системой управления (сочетание централизованного и локального управления) всеми ее элементами способны вывести электроэнергетику на качественно новый уровень.

В настоящее время в электроэнергетике России сложилась следующая ситуация:

- значительно сократился ввод новых мощностей (с 6-12 до 0,4-0,6 ГВт в год);
- износ энергетического оборудования достиг угрожающих размеров;
- возможности выработки электроэнергии постепенно сокращаются;
- невозможно вести централизованный учет баланса потребления электроэнергии;
- отсутствует управление потреблением электроэнергии в бытовом секторе;
- невозможно осуществлять полное автоматическое управление распределением ресурсов электроэнергии на всех уровнях потребления;
- отсутствует возможность сбора полной статистики и оперативной информации по каждому потребителю, включая бытовой сектор;
- развитие электрических сетей производится только за счет потребителей. Сетевые компании не имеют возможностей привлечения прямых инвестиций;
- высоки риски технических и экономических потерь от неплатежей и

воровства для генерирующих и сетевых компаний.

Исправить сложившуюся ситуацию можно изменением подхода к построению распределительных электрических сетей.

Как правило, конфигурацию электрических сетей большинства городских сетевых районов и

сетевых компаний определяют распределительные сети 6-10 кВ. Типовая схема присоединения потребителей к электрической сети 6-10 кВ (одна рабочая секционированная выключателем система шин) приведена на рис. 1.

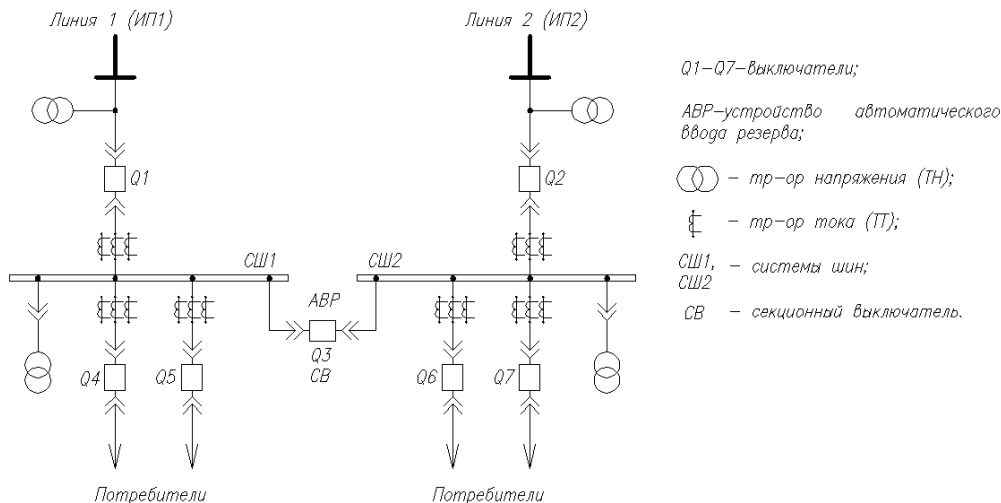


Рисунок 1. Типовая схема распределительного пункта (узла нагрузки) 6-10 кВ в распределительной сети

Достоинства данной схемы: простота, наглядность, экономичность, достаточно высокая надежность. Однако имеется ряд недостатков: при ремонте одной секции ответственные потребители, питающиеся от двух секций, остаются без резерва, а потребители, нерезервированные по сети, отключаются на все время ремонта; при аварии на секционном выключателе или при его отказе в момент короткого замыкания на одной из секций, происходит отключение обоих источников питания.

В последнее время с ростом требований по надежности электроснабжения более широко стали применяться кольцевые схемы и схемы с применением третьего независимого источника питания. Однако, с точки зрения надежности и

равномерности распределения нагрузок наиболее рациональными являются равномерно-распределенные сети.

Распределенная электрическая сеть представляет собой совокупность равномерно-распределенных узлов потребления электрической энергии, соединенных между собой равномерно-загруженными линиями одинакового сечения. Новизна заключается в том, что вся территория города, района покрывается равномерно-распределенной сетью. Чтобы распределительную сеть сделать распределенной, предлагается конфигурация сети в виде шестиугольников. Примеры таких сетей приведены на рис. 2 (а, б, в).

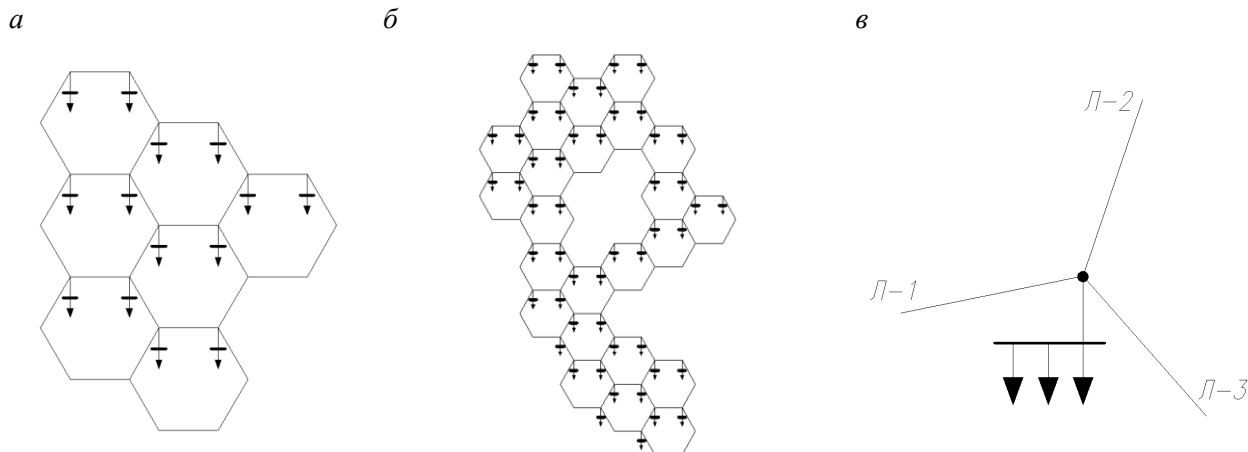


Рисунок 2. Узлы нагрузок – сеть первого уровня  
 а – принцип формирования сети; б – территориально распределенная сеть; в – принцип формирования узла нагрузки

Принцип формирования узла нагрузки показан на рис. 2, в. В узел приходит три луча. Один луч – питающий (питает нагрузку), второй – резервный (т.е. находится в горячем резерве), третий – транзитный (осуществляет транзит мощности).

Данная сеть инвариантна: питающий луч может стать, при необходимости, транзитным или резервным, транзитный может стать питающим, резервный – транзитным и т. п. Варианты питания типового узла нагрузки показаны на рис.3.

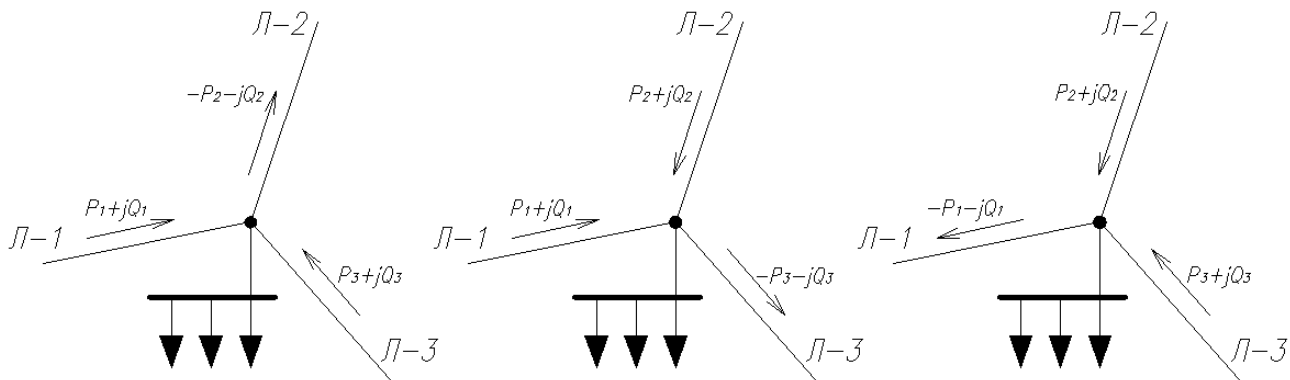


Рисунок 3. Варианты питания типового узла нагрузки первого уровня

Данную распределительную сеть можно конфигурировать в зависимости от территории и необходимости в узлах нагрузки, как показано на рис. 2, б.

Электрическая распределенная сеть является многоуровневой, в зависимости от распреде-

ляемой мощности и напряжения. В распределенной сети первого уровня узлы нагрузки представляют собой распределительные пункты 6-20 кВ, а в сети второго уровня узлы являются подстанциями 110-220-500 кВ (рис. 4).

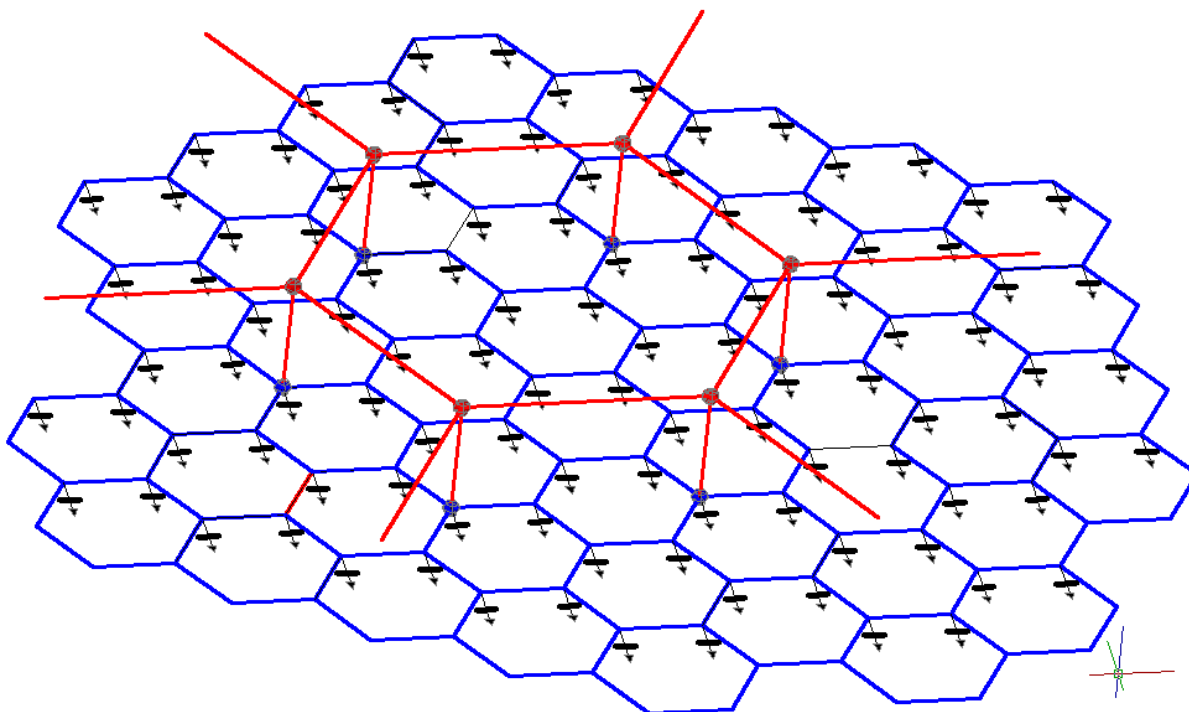


Рисунок 4. Узлы нагрузок – сеть второго уровня

Плечо (расстояние) между узлами нагрузок определяется плотностью нагрузок. Безусловно, нет необходимости строить правильные шести-

угольники распределенной сети. Классификация объектов электроснабжения позволяет опреде-

лить плотности нагрузок для различных категорий городов, районов, и пр.

Следует отметить, что наиболее рационально выполнять распределительную сеть на напряжении 20 кВ, вместо 6-10 кВ. Применение напряжения 20 кВ значительно сократит число крупных узловых подстанций; снизит потери электроэнергии в ЛЭП; за счёт укрупнения

трансформаторных подстанций сократит число трансформаций (при каждой трансформации теряется от 5 до 7 % мощности и энергии). Например, вместо 500/220, 220/110 и 110/10 – 6 кВ может быть одна трансформация 500/20 кВ.

Примером распределительного устройства узла нагрузки в распределительной сети 20 кВ может стать схема (рис. 5).

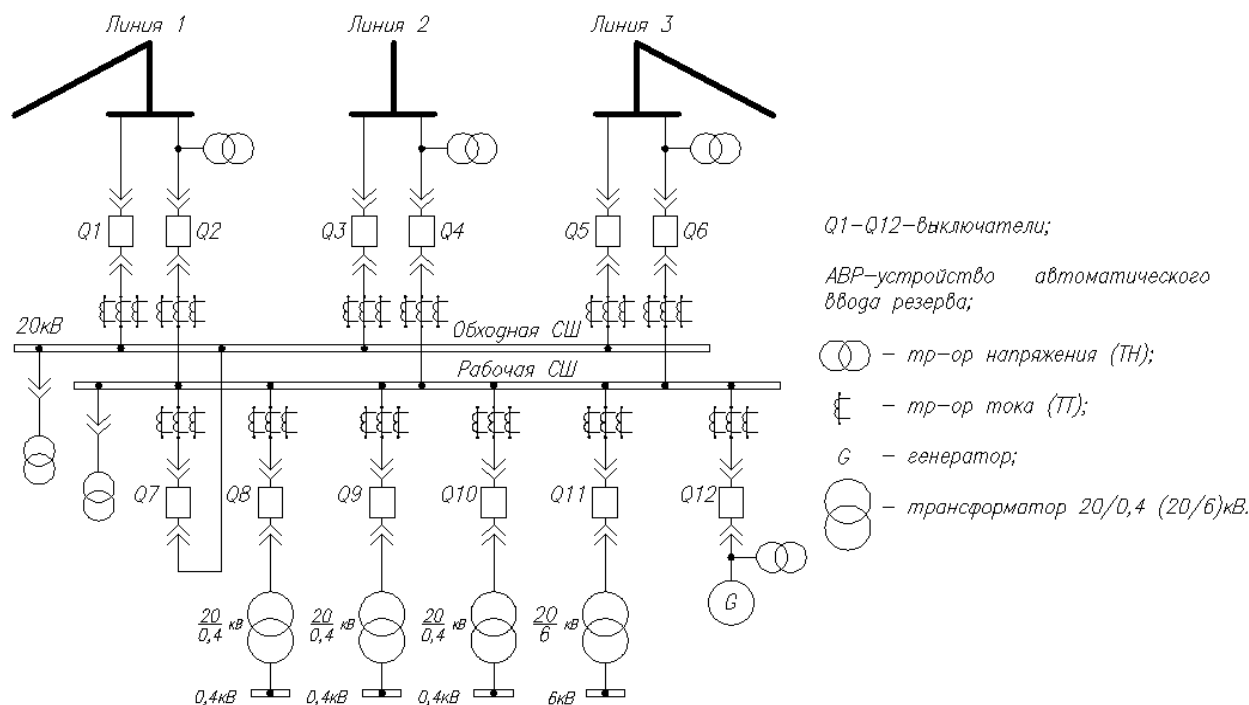


Рисунок 5. Типовая схема узла нагрузки в распределительной сети 20 кВ

В данной схеме имеются две системы шин: рабочая и обходная; рабочие и обходные выключатели, служащие для инвариантных переключений и выполнения профилактических, ремонтных работ. Так же возможно подключение генераторов на напряжение 20 кВ малой и средней мощности, в том числе и на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ). Схема имеет ограниченное количество вариантов состояния, поэтому легко алгоритмируется.

Будущая энергетическая сеть России представляет собой интеграцию элементов энергосетей в виде генераторов, средств и сетей их подключения, магистральной сети доставки, распределительных сетей, потребителей вместе с компьютерной сетью, покрывающей всю энергосеть. Такая сеть должна быть аналогом Интернет и основываться на едином пространстве имен и унифицированной системе протоколов. С помощью данной компьютерной информацион-

ной сети будет осуществляться управление устройствами энергосети.

Узловым элементом таких сетей является интегрированный управляющий модуль (рис.6), позволяющий реализовать функции управления, защиты, хранения и передачи информации, а так же функцию оплаты за электроэнергию.

Сегодня таких интегрированных устройств нет ни в РФ ни в мире. Создание интегрированной системы управления потребует объединения усилий компаний, занимающихся разработкой и производством устройств защиты, управления и автоматизации электроустановок с разработчиками информационных систем и технологий передачи данных в среде силовых проводников под нагрузкой, а также организаторов производства финансовых операций с использованием электронных средств. В последнее время большие надежды в решении этой задачи возлагаются на технологии, которые объединяют под общим названием *Smart grid* [1].

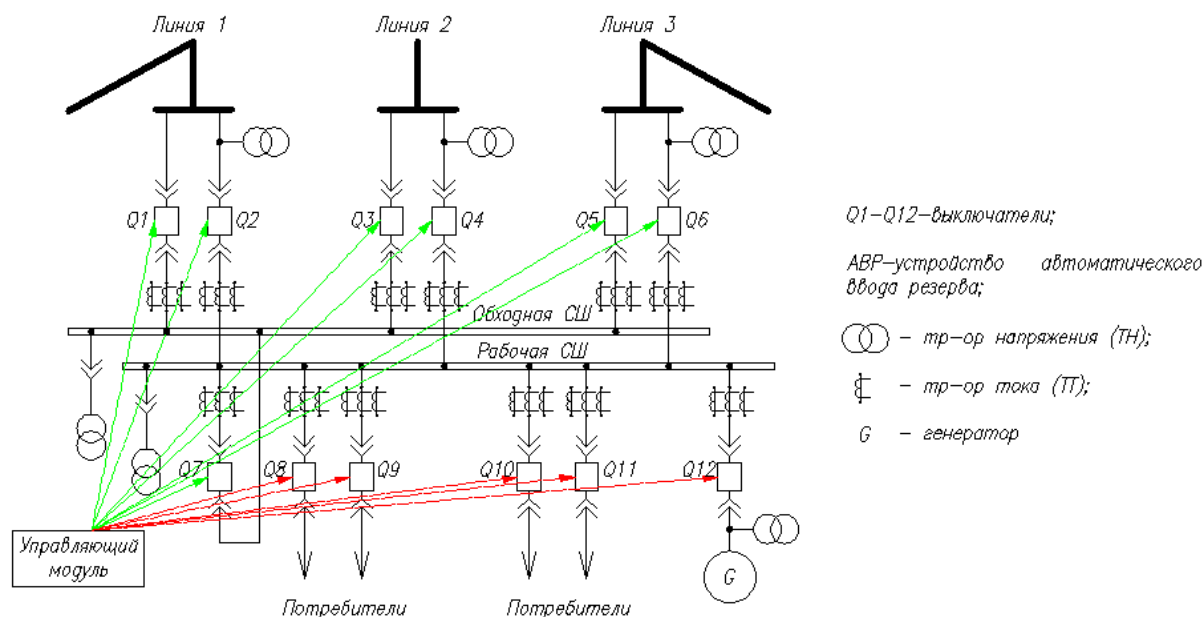


Рисунок 6. Автоматизация узла нагрузки с помощью управляющего модуля

Новые распределительные сети обладают рядом преимуществ:

- возможность конфигурировать, изменять сеть при необходимости в узлах присоединения нагрузок;
- возможность управления потреблением электроэнергии;
- возможность подключения генерации малой и средней мощности (по отношению к суммарной мощности узла), что в конечном счете снизит потери электрической энергии;
- оборудование может быть унифицированным и комплектным, которое может изготавливаться и налаживаться в заводских условиях;
- полная автоматизация алгоритмов и процессов управления сетевого оборудования;
- применение напряжения 20 кВ позволит значительно уменьшить потери электроэнергии в линиях;
- предлагаемая конфигурация сети может реализовываться поэтапно, в том числе в существующих распределительных сетях и распределительных устройствах.

К недостатку приведенных сетей можно отнести: значительное увеличение стоимости оборудования.

Реализация предлагаемой концепции существенно повысит надежность и экономичность функционирования и развития ЕЭС России, улучшит качество обслуживания потребителей электрической энергии при удешевлении поставляемой электроэнергии и сопутствующих услуг. Будет построена саморазвивающаяся энергосистема без диспетчерского управления, что потребует, в свою очередь, глубокой автоматизации и генерирующих агрегатов.

Новый подход к построению электрических сетей станет привлекательным для инвесторов, вкладывающих средства в развитие энергетики на долгую перспективу.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кобец, Б. Б. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid [Текст]/ Б.Б. Кобец, И.О. Волкова. – М.: ИАЦ «Энергия», 2010. -208с.