Технические решения для повышения надежности эксплуатации распределительных электрических сетей в рамках цифровой трансформации



Андрей МАЙОРОВ, заместитель генерального директора — главный инженер компании «Россети»

21 декабря 2018 года Советом директоров ПАО «Россети» утверждена концепция «Цифровая трансформация 2030»[1], положениями которой необходимо руководствоваться, в том числе при реализации инвестиционных программ. В представленной статье читателям предложен обзор основных технических решений, предусмотренных обновленной редакцией Единой технической политики компании «Россети», подготовленной в целях реализации концепции цифровой трансформации.

ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ И ЦИФРОВАЯ СЕТЬ

Цифровизация производственных процессов — это внедрение цифровых технологических решений в производственную деятельность, в том числе переход к цифровым питающим центрам и цифровым электрическим сетям. Основная отличительная черта цифровой электрической сети и цифрового питающего центра — возможность удаленного наблюдения и управления с использованием современных цифровых технологий.

Приказом ПАО «Россети» от 29.03.2019 № 64 утверждены СТО «Цифровой питающий центр» и «Цифровая электрическая сеть».

Цифровая подстанция является важным элементом цифровой электрической сети. Это автоматизированная подстанция, оснащенная взаимодействующими в режиме единого времени цифровыми информационными и управляющими системами и функционирующая без присутствия постоянного дежурного персонала. Принципиальная схема работы цифровой подстанции представлена на рисунке 1.

Оборудование цифровой подстанции имеет следующие особенности и отличия от подстанций традиционной конструкции:

- оптические измерительные трансформаторы или наличие аналого-цифровых преобразователей — *формирование цифрового сигнала*;
- микропроцессорная релейная защита, интегрированная в шину процесса и шину подстанции — *полная селективность (избирательность), отключение только поврежденного участка сети*;

[1] *О необходимых шагах по реализации концепции «Цифровая трансформация 2030» читайте в интервью с заместителем генерального директора — главным инженером компании «Россети» А.В. Майоровым, опубликованном в журнале «ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение» № 2(53), март-апрель 2019 (Прим. ред.).*

– наличие широкополосных каналов связи — *передача информации в центр управления сетями, дистанционное управление*;
– наличие контроллеров телемеханики — *контроль параметров сети, возможность управлять коммутационными аппаратами*;
– интеллектуальные приборы учета на всех присоединениях (технический учет) — *контроль уровней напряжения и качества электроэнергии.*

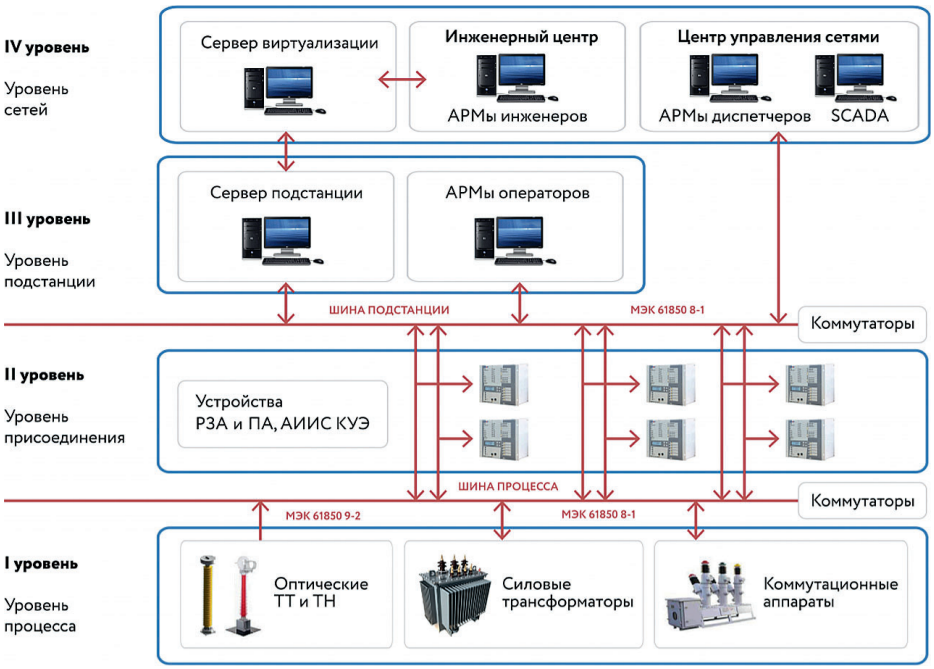


Рис. 1. Принципиальная схема цифровой подстанции

Переход к цифровым электрическим сетям и цифровым подстанциям — это необходимый шаг на пути цифровизации электроэнергетики. Цифровая электрическая сеть — это организационно-техническое объединение электросетевых объектов, оснащенных цифровыми системами измерения параметров режима сети, мониторинга состояния оборудования и линий электропередачи, защиты и противоаварийной автоматики, сетевого и объектового управления, информационный обмен между которыми осуществляется по единым протоколам с обеспечением временной синхронизации. Общая схема такой сети представлена на рисунке 2.

Цифровая электрическая сеть обладает следующими отличительными признаками:
– наблюдаемость и управляемость всех элементов сети в режиме реального времени;
– поддержка функций самодиагностики и самовосстановления сети;
– интеллектуальный учет потребления электроэнергии;
– интеграция всех элементов сети в SCADA / OMS / DMS с возможностью телеуправления;
– использование цифровых систем связи и оборудования с поддержкой протоколов МЭК 61850;
– ведение актуальной CIM-модели всех элементов сети и их совокупности в соответствии МЭК 61968/61970.
– цифровая сеть передачи данных, обеспечивающая передачу информации с заданными параметрами качества.

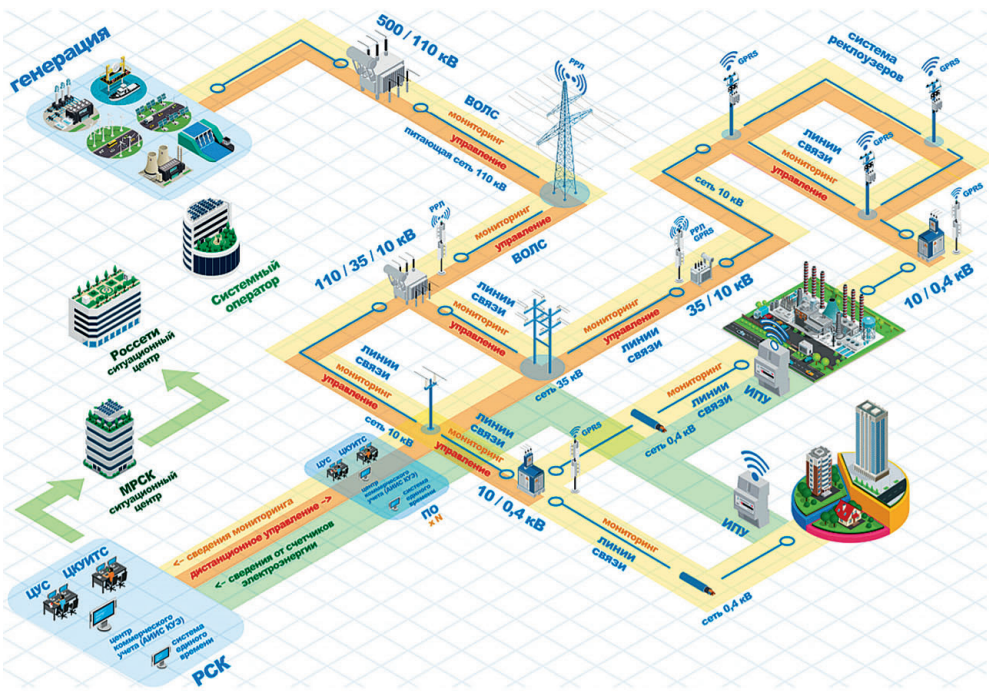


Рис. 2. Общий вид цифровой электрической сети

ЕДИНАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

С учетом положений концепции «Цифровая трансформация 2030» разработан проект обновленной редакции Единой технической политики в электросетевом комплексе ПАО «Россети», который в настоящее время находится в стадии согласования и доработки с учетом поступающих предложений.

Обновленная Единая техническая политика направлена на:

- реализацию задач Стратегии развития электросетевого комплекса Российской Федерации;
- выполнение функций и задач ПАО «Россети»;
- реализацию мероприятий по цифровой трансформации технологических и производственных процессов Группы компаний «Россети»;
- получение совокупности эффективных технических, технологических и организационных требований и решений, обеспечивающих повышение эффективности, надежности, безопасности, экономичности передачи и распределения электроэнергии.

В Единую техническую политику в электросетевом комплексе ПАО «Россети» включены новые разделы:

1) требования к разработке схем развития электросетевого комплекса и схем выдачи мощности объектов генерации;
2) требования по сетевому резервированию и применению автономных источников питания;
3) координация уровней токов короткого замыкания;
4) особенности развития электрических сетей мегаполисов;
5) мобильные и модульные подстанции;
6) инженерная инфраструктура;
7) требования к ВЛ, проходящим в сложных климатических, геологических и особых условиях;
8) кабельные коллекторы и подземные сооружения;
9) требования к системам телемеханики РП, РТП, СП, ТП и столбовым ТП 6-10 кВ;
10) цифровая электрическая сеть;
11) вставки постоянного тока и асинхронизированные электромеханические преобразователи частоты;
12) аккумуляторные батареи большой мощности и накопители электроэнергии.

В части оперативно-технологического управления[1] Единая техническая политика предусматривает переход от существующей трехуровневой структуры ОТУ к одноуровневой системе. Планируется реализация Концепции развития системы оперативно-технологического и ситуационного управления через выстраивание единой административной и оперативной вертикали ОТУ на базе ЦУС. Также Единой технической политикой сформулированы принципы развития и требования к автоматизированной системе оперативно-технологического и ситуационного управления (АСОТиСУ) для автоматизации и повышения эффективности решения задач управления электросетевыми объектами.

В части управление активами и ремонтной деятельности Единая техническая политика предусматривает реализацию перехода от системы планово-предупредительного вида организации ремонта на электросетевых объектах к организации ремонта по фактическому техническому состоянию и планирование технических воздействий с учетом оценки последствий отказа (рисков) оборудования ПС и ЛЭП. Такой подход призван обеспечить оптимальный уровень технико-экономического состояния электросетевых объектов и показателей энергетической эффективности электросетевых активов, оптимизацию затрат на ремонтную деятельность, модернизацию и техническое перевооружение электросетевых объектов с обеспечением необходимого уровня безопасности, эксплуатационной надежности и качества электроснабжения потребителей.

Развитие риск-ориентированного подхода к управлению электросетевыми активами позволит обеспечить эффективное распределение ресурсов и финансовых средств на эксплуатацию, модернизацию и техническое перевооружение основных фондов, находящихся в критическом и неудовлетворительном техническом состоянии. При этом, при условии эксплуатации оборудования и ЛЭП без отклонения от номинальных параметров и выполнении необходимых технических воздействий, ограничения, связанные с выработкой нормативного срока, установленного заводом-изготовителем, могут быть сняты.

Для распределительных сетей 6–35 кВ в Единую техническую политику включены требования для реализации следующих направлений:

- автоматизация определения поврежденного участка с функцией самовосстановления неповрежденных участков сети;
- минимизация времени отключения КЗ за счет повышения быстродействия алгоритмов и применения новых технических решений;
- обеспечение селективности работы защит на каждом участке сети;
- сокращение времени принятия решений оперативным и диспетчерским персоналом в аварийных ситуациях за счет передачи информации на уровни управления объектами;
- в сети среднего напряжения должны применяться схемы с управляемыми автоматическими выключателями (реклоузерами) с функцией дистанционного управления;
- ВЛ 6–35 кВ должны оснащаться устройствами определения места КЗ топографического типа, позволяющими передавать информацию о поврежденном участке сети;
- в электрической сети 6–35 кВ должны применяться устройства защиты, интегрированные с системами, обеспечивающими самовосстановление неповрежденных участков;

[1] *Подробнее о развитии системы ОТУ и СУ в рамках Концепции цифровой трансформации читайте в статье А.В. Майорова, опубликованной в предыдущем Специальном выпуске журнала «ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение» для компании «Россети» № 2(13) июнь 2019 (Прим. ред.).*

– ВЛ 6–35 кВ должны оснащаться устройствами АПВ на головном выключателе линии и дистанционно управляемыми разъединителями на секционирующих пунктах и присоединениях ВЛ.

С учетом изложенного выше распределительными электросетевыми компаниями, входящими в Группу компаний «Россети», в числе прочих при новом строительстве и реконструкции объектов электрических сетей должны применяться следующие технические решения:

1. **Устройства определения места КЗ** (рисунок 3), оснащенные системой передачи информации в центр управления сетями, позволяют снизить время поиска аварийного участка, а при оснащении сети дистанционно управляемыми разъединителями — локализовать аварийный участок.
2. **Реклоузеры 6–10 кВ,** установка которых на ВЛ (рисунок 4) позволяет локализовать поврежденный участок электрической сети и с минимальной выдержкой времени осуществить переход на резервную схему электроснабжения.
3. В кабельных распределительных сетях 6–10 кВ с изолированной нейтралью должны применяться **датчики тока и направления мощности**, устанавливаемые в ячейках ПС, с функцией передачи данных оперативному персоналу для определения и локализации поврежденного участка сети.
4. Деятельность оперативно-выездных и ремонтных бригад должна быть организована с применением **программно-аппаратных комплексов**, обеспечивающих автоматизацию и цифровизацию процессов планирования, исполнения и контроля работ на электросетевых объектах.



Рис. 3. Устройства определения места КЗ

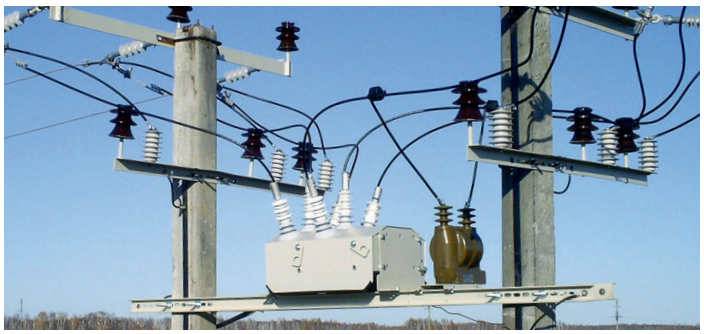


Рис. 4. Установка на ВЛ реклоузеров 6–10 кВ

В силу высокой концентрации электрических нагрузок и большого числа ответственных и социально значимых потребителей **схемные решения сетей 20 кВ** мегаполисов имеют свои особенности. Увеличение единичных мощностей, большая разветвленность и повышенные требования к надежности электроснабжения потребителей мегаполиса требуют применения новых решений в части обеспечения селективности отключения поврежденного участка. Одностороннее подключение нагрузки определяет неизбежность кратковременного перерыва электроснабжения на время переключения на резервный источник питания, что неприемлемо для современных ответственных потребителей мегаполиса.

Для действующих сетей 20 кВ, построенных с применением выключателей нагрузки, должен осуществляться поэтапный переход на автоматическое управление выключателями нагрузки:

1-й этап — использование специальной автоматики, обеспечивающей определение поврежденного участка (снижает время поиска места повреждения и время восстановления электроснабжения).

2-й этап — доработка комплекса с применением телеуправления выключателями нагрузки (позволяет автоматически перестраивать сеть без участия человека и сохранить электроснабжение максимально возможного числа потребителей).

С целью повышения надежности сетей 20 кВ мегаполисов на наиболее ответственных участках целесообразно применение дифференциальных защит линий (рисунок 5).

Использование дифференциальной защиты линии, основанной на дифференциальном сравнении фаз токов по концам защищаемой линии, с применением волоконно-оптических каналов связи позволяет сократить выдержки времени ступенчатых защит. При использовании микропроцессорной техники дифференциальные защиты могут быть реализованы на программном уровне в единых устройствах. Применение силового кабеля 20 кВ со встроенными волоконно-оптическими линиями связи позволяет обеспечить трехкратное резервирование каналов связи для целей защиты.

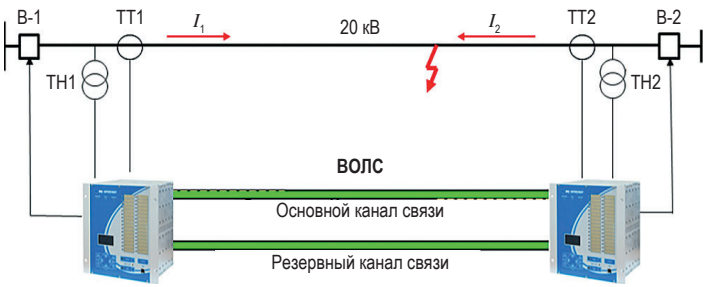


Рис. 5. Принципиальная схема дифференциальной защиты линии 20 кВ

Перерыв электроснабжения потребителей на время срабатывания автоматики, допускаемый ПУЭ, является неприемлемым для потребителей мегаполиса, оснащенных современными инженерными системами и коммуникациями, не допускающими перерывов электроснабжения. Для обеспечения бесперебойного электроснабжения целесообразно использовать схему двухстороннего питания ТП.

Для организации двухстороннего питания ТП должны быть оснащены выключателями с полным комплектом защиты и автоматики. Защита КЛ должна осуществляться дифференциальной защитой линии с передачей сигналов по каналу связи. Двухстороннее питание магистральной КЛ может осуществляться от одного (рисунок 6) или от разных питающих центров (рисунок 7).

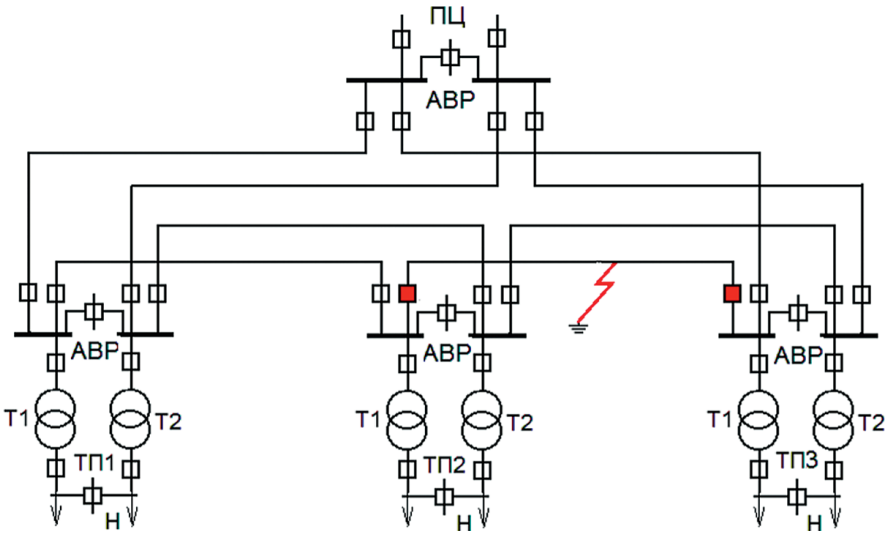


Рис. 6. Вариант организации двухстороннего питания магистральной КЛ от одного питающего центра

Реализация двухстороннего питания требует полной цифровизации действия защиты и автоматики, организации надежных резервированных каналов связи и оснащения всех подстанций цифровыми терминалами защиты и автоматики.

При реализации двухстороннего питания должно быть осуществлено протекание уравнительной мощности, протекание полной мощности нагрузки, диспетчеризация режима нагрузки, поддержание режима в системе с замкнутой КЛ 20 кВ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные в данной статье новые технические решения являются лишь малой частью, небольшим примером обновленной Единой технической политики ПАО «Россети», призванной способствовать расширению применения цифровых технологий в распределительных сетях в целях повышения надежности и эффективности их эксплуатации. В целом, по оценке технического руководства компании, распределительные электрические сети обладают большим потенциалом по повышению надежности эксплуатации с применением современных, в том числе цифровых технологий. Сетевым компаниям, входящим в группу «Россети», надлежит обеспечить максимально широкое внедрение современных технических решений при наличии соответствующих технико-экономических обоснований.

Цифровая трансформация технологических и производственных процессов Группы компаний «Россети» обеспечит высокую конкурентоспособность наших услуг, а также защищенность инфраструктуры в условиях информационного общества.

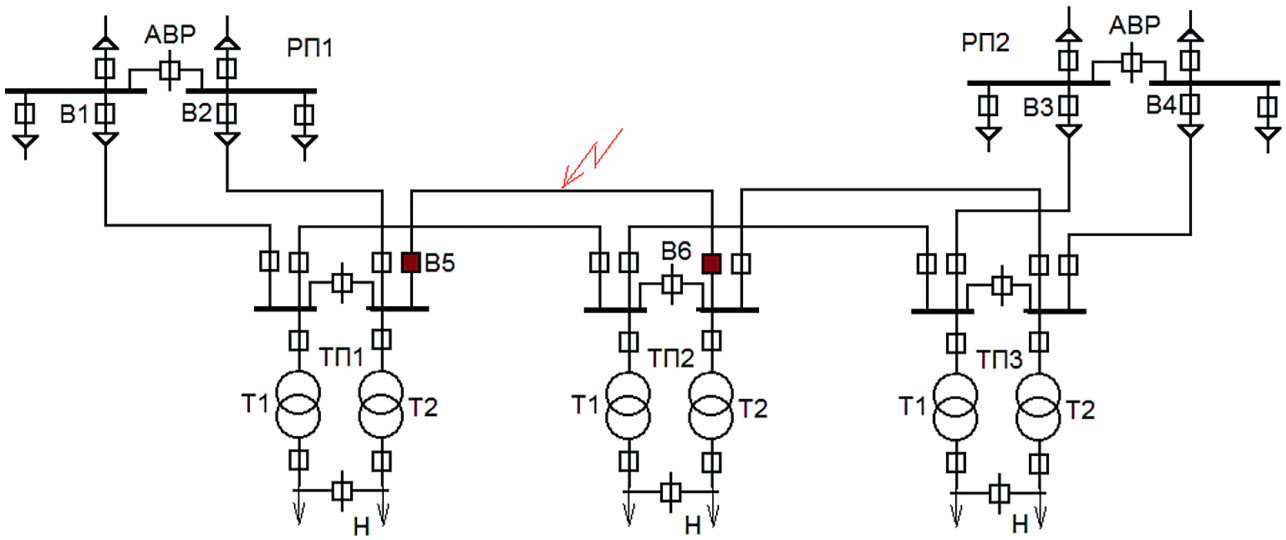


Рис. 7. Вариант организации двухстороннего питания магистральной КЛ от разных питающих центров