

УДК 621.311:017

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЭС ТЕХНОЛОГИЯМИ SMART GRID.

Тайна К.А.

Научный руководитель — к.т.н., доцент Петруша Ю.В.

Термин SMART GRID (умные или интеллектуальные сети) официально используется с 2003 г.. Однако единой трактовки этого понятия в мире до сих пор нет. В мировой практике для определения структуры SMART GRID используются ее различные атрибуты и признаки (табл.1). В западных странах SMART GRID связывают, прежде всего, с интеграцией возобновляемых источников энергии с электроэнергетическими системами и формированием у электрических сетей активных и адаптивных свойств, таких как самодиагностика и самовосстановление. Также акцент делается на АСКУЭ, соединенные в единую информационную сеть и позволяющие оптимизировать расход энергии в разное время суток. В России SMART GRID называется интеллектуальной электроэнергетической системой с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС). Под ней понимается комплекс электрооборудования (воздушные линии передачи, трансформаторы, выключатели и т. п.), подключенный к генерирующим источникам и потребителям на новых принципах, технологиях передачи и управления процессами. Предполагается объединение на новом технологическом уровне электрических сетей, потребителей и производителей электроэнергии в единую автоматизированную систему с активно-адаптивной сетью[1].

Признаки SMART GRID в различных странах, табл.1

США	Европейский союз	Россия
Способность к самовосстановлению после сбоев в подаче электроэнергии	Гибкость – способность сети подстраиваться под требования потребителей электроэнергии	Насыщенность активными элементами, позволяющими изменять топологические параметры сети
Возможность активного участия в работе сети потребителей	Доступность для подключения новых пользователей, в том числе потребительских генерирующих источников	Насыщенность датчиками, измеряющими текущие режимные параметры сети
Устойчивость к физическому и кибернетическому вмешательству злоумышленников	Надежность – способность сети гарантировать защищенность и качество поставки электроэнергии в условиях массового	Развитые системы сбора и обработки данных, а также управления активными элементами сети и электроустановками потребителей

	применения цифровых технологий	
Обеспечение требуемого качества передаваемой электроэнергии	Экономичность – максимальное применение инновационных технологий в построении, управлении и регулировании функционированием сети	Мониторинг и управление топологическим состоянием сети, а также взаимодействием со смежными энергетическими объектами в режиме реального времени
Обеспечение синхронной работы источников генерации и узлов хранения электроэнергии	Безопасность – недопущение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды	Развитые системы автоматического анализа текущего состояния сети, построения прогнозов, поддержки принятия решений
Обеспечение появления новых высокотехнологичных продуктов и рынков		Высокое быстродействие систем информационного обмена, обработки, анализа и управления
Повышенная эффективность работы энергосистемы в целом		

В Объединенной энергетической системе (ОЭС) Беларуси термин «SMART GRID» в распределительных электрических сетях определен СТП 09110.47.104–11 ГПО «Белэнерго». В соответствии с SMART GRID представляет собой систему нового поколения, интегрирующую производителей, потребителей электроэнергии и электрические сети, образуя единое информационное и коммуникационное пространство. SMART GRID позволяет в реальном времени отслеживать и контролировать режимы работы всех участников процесса выработки, передачи и потребления электроэнергии, оперативно реагировать в автоматическом режиме на изменения параметров и осуществлять бесперебойное электроснабжение с максимальной экономической эффективностью при снижении влияния человеческого фактора. SMART GRID представляет собой совокупность линий электропередачи разных классов номинального напряжения, активных устройств электромагнитного преобразования электроэнергии, коммутационных аппаратов, устройств защиты и автоматики, информационно-технологических и адаптивных управляющих систем[2]. При проектировании

интеллектуальной части SMART GRID используются современные средства управления, новые системы диагностики и высокоскоростные системы передачи информации. В этом же документе SMART GRID определяется как главное направление перспективного развития распределительных электрических сетей Белорусской энергосистемы.

В настоящее время работы по построению концепции создания интеллектуальных сетей развиваются в основном в направлении их автоматизации. Это прежде всего относится к новым схемным и конструктивным решениям городских сетей, а также к построению единого информационного пространства, базирующегося на современных измерительных и коммуникационных технологиях. Существующие и перспективные схемные и конструктивные решения, позволяющие автоматизировать процесс управления режимами городских электрических сетей в условиях SMART GRID, весьма разнообразны. К схемным решениям можно отнести: широкое применение источников распределенной генерации (турбины внутреннего сгорания, фотоэлектрические установки, ветроустановки, мини-ГЭС и т. д.); сложность и объемность схем, имеющих большое количество резервных связей между распределительными пунктами 6–10 кВ, которые в нормальном режиме могут быть отключены; привязку схем перспективного развития сетей 0,4–10 кВ к карте местности с учетом перспективного строительства или реконструкции, планируемые изменения в характере нагрузок и генерации; наличие требуемого уровня автоматизации с применением интеллектуальных устройств; содержание технических решений по увеличению пропускной способности, управляемости, надежности функционирования, эффективности и безопасной эксплуатации сетей [1].

Кроме того, схемы распределительных городских электрических сетей должны соответствовать определенным техническим решениям, мероприятиям и требованиям. Рекомендуемые технические решения: в сетях с преобладанием кабельных линий электропередачи рекомендуется применять двухлучевую (разных типоразмеров), а также петлевую схемы построения сети. Магистральный принцип предусматривает построение магистрали в сети напряжением 6–10 кВ от независимого источника питания (ПС 35–110/10 (6)) до точки соединения, через пункт АВР (как правило, РП или ОТП), с другой магистралью от другого независимого источника питания.

В свою очередь новое строительство и реконструкцию городских сетей следует осуществлять на основе:

- выбора оптимального схемного решения построения сети города (района города) в зависимости от расположения источников питания;
- применения в кабельных сетях преимущественно кабелей 0,4–10 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена и высоконадежной кабельной арматурой;
- применения (в условиях большой стесненности и при количестве кабелей (в пучке) более 20) блочных канализаций (как правило, с толстостенными полиэтиленовыми трубами) и (или) туннелей (в крупных городах);
- использования малогабаритных БКТПБ и РП в блочном исполнении с оборудованием 10 кВ на базе вакуумных (элегазовых) выключателей;

- применения на ВЛИ (в местах малоэтажной и частной застройки) многоцепных опор повышенной прочности с возможностью подвески СИП большого сечения (до 95–120 мм²);

- наличия генерирующих источников в распределительной сети.

К конструктивным можно отнести следующие решения: в трансформаторных подстанциях вместо масляных выключателей и выключателей нагрузок с механическими приводами необходима установка вакуумных выключателей нагрузок с поддержкой дистанционного управления по каналам связи устройств телемеханики[1].

Применение реклоузеров позволяет удаленно управлять электроснабжением потребителей и при необходимости автоматически отключать поврежденные участки сети, добиваясь сокращения времени восстановления электроснабжения, снижения частоты повреждений линии и соответственно объема ремонтных работ.

Применение современного оборудования, конструкций, материалов и эффективных технологий (кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, отличающейся возможностью вертикальной прокладки и повышенной надежностью в эксплуатации; муфт из термоусаживаемого полиэтилена, обладающих более длительным сроком службы и высокими диэлектрическими свойствами, и т. д.).

Информационная система SMART GRID строится на оперативноинформационных комплексах (ОИК), включающих: устройства телеизмерения параметров режима электрической системы, сбора и агрегирования информации, каналы связи, базы данных, системы оперативного отображения параметров режима, программного обеспечения, обрабатывающего результаты телеизмерений и формирующего задания для объектов диспетчерского управления, электронные журналы – средства регистрации событий и диспетчерских команд[2].

Для того чтобы электрическая сеть превратилась в SMART GRID, недостаточно внедрения на ее объектах отдельных «умных» элементов. Требуется также адекватное информационное обеспечение, т. е. создание единого информационно-технологического пространства[2].

Известно, что в правовом поле SMART GRID опирается на пять семейств международных стандартов, два из которых посвящены общей информационной модели (CIM), необходимой для оперативного сбора и обмена данными между аппаратурой и сетями. Для этой цели целесообразно иметь современные базы данных городских электрических сетей и телемеханические средства сбора и передачи информации. В информационном поле важнейшим элементом SMART GRID в сетях любого уровня является цифровая подстанция. Информация с цифровых подстанций SMART GRID концентрируется и передается на следующий уровень управления – в SMART-диспетчерские, потому что цифровые подстанции в присутствии постоянного обслуживающего персонала не нуждаются[1]. Сопоставление традиционных и интеллектуальных электрических сетей показано в табл. 2

Сопоставление традиционной электрической сети и SMART GRID, табл.1

Показатель сравнения	Традиционная сеть	SMART GRID
Сети потребителей		
Автоматизированная система управления энергопотреблением, в том числе с привлечением потребителей-регуляторов к участию в режимном управлении	Нет	Есть
Автоматизированная система учета электропотребления	Частично	Повсеместно
Система регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности	Частично	В необходимом объеме
Местные (резервные) источники генерации	Практически отсутствуют	Широкое применение малой генерации и накопителей электроэнергии
Наличие интерфейса связи с единым центром управления	Нет	Есть
Интеллектуальные энергосберегающие технологии в системах электроснабжения, в том числе такие, как «умный дом», «умный город»	Практически отсутствуют	Повсеместно
Распределительные сети общего назначения		
Системы автоматического контроля поузлового баланса активной и реактивной мощностей	Незначительно	Повсеместно
Системы контроля качества электроэнергии в узлах сети	Незначительно	Повсеместно
Системы централизованного автоматического управления нагрузкой	Нет	Есть
Наличие управляемых сетевых элементов, изменяющих параметры сети	Незначительно	Много
Наличие систем управления для поддержания баланса при выделении узлов сети на изолированную работу	Нет	Есть
Системы контроля и управления надежностью электроснабжения	Нет	Есть

Системообразующие сети объединенных энергосистем		
Системы автоматического контроля поузлового баланса активной и реактивной мощностей, потерь электроэнергии	Нет	Есть
Системы контроля напряжения в контрольных точках сети	Не развиты	Повсеместно
Система оперативной оценки текущего состояния (режимов) сети	Пассивная	Активная
Наличие сетевых элементов, изменяющих топологию сети по управляющим воздействиям	Нет	Есть
Система автоматического контроля загрузки критических сечений и выдачи управляющих воздействий для их разгрузки	Есть	Дополнительно – автоматическое управление параметрами и конфигурацией сети
Система регулирования частоты и активной мощности в отделившихся энергорайонах при аварийных ситуациях	Не развита	Автоматическая
Система автоматизированной реконфигурации электрических сетей	Локальная	Есть
Межсистемные сети		
Система оперативной оценки текущего состояния (режимов) сети	Пассивная	Активная
Система автоматического контроля загрузки электропередачи и выдачи управляющих воздействий для ее разгрузки (при перегрузках)	Есть	Дополнительно – автоматическое управление параметрами и конфигурацией сети

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного анализа интеллектуальных сетей можно сделать следующие выводы:

1. SMART GRID представляет собой сверхуправляемую, интеллектуальную, распределенную, самодиагностирующуюся и самовосстанавливающуюся систему, состоящую из информационно-телекоммуникационной и электроэнергетической частей, в которой активно-адаптивными сетями объединены в единое информационно-коммутиционное пространство комплекс электрооборудования и клиенты, которые

одновременно могут являться потребителями и производителями электроэнергии.

2. SMART GRID – симбиоз электроэнергетики, электроники, информационных технологий, телекоммуникаций, сенсоров, программного обеспечения и математики.

3. Традиционно рассчитываемые режимные параметры в условиях SMART GRID являются наблюдаемыми, поэтому большинство задач управления режимами, характерных для традиционных городских распределительных сетей, в условиях SMART GRID в будущем теряют свою актуальность.

4. Задачи управления режимами городских электрических сетей в условиях SMART GRID требуют применения более сложных и дорогих многоуровневых математических моделей, учитывающих влияние разнообразных средств регулирования, режимную реакцию активно-адаптивной части сетей и распределенной малой генерации, в том числе использующей нетрадиционные источники энергии.

5. Основное направление развития автоматической системы управления режимами городских электрических сетей в условиях SMART GRID – разработка методов и алгоритмов распределенных расчетов на основе многоуровневых математических моделей с использованием блочно-параллельной обработки данных в условиях распределенных высокопроизводительных вычислительных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Короткевич, М.А., Основные направления совершенствования эксплуатации электрических сетей/ М.А. Короткевич.— Минск: ЗАО «Техноперспектива», 2003. — 373с.
2. Защита сетей 6-35кВ от перенапряжений/ Халилов Ф.Х. [и др.]; под общ. Ред. Ф.Х. Халилова.—СПб: Петербургский энергетический институт повышения квалификации энергетики Российской Федерации, 2001.— 216с.