

**УДК 621.316.722.076.12**

Н.О. Хабибулина, студент гр. ЭПмз-211 (КузГТУ)  
Научный руководитель Р.В. Беляевский, к.т.н., доцент (КузГТУ)  
О.В. Попова, к.т.н., доцент (КузГТУ)  
г. Кемерово

## **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ВНЕДРЕНИЕ АКТИВНО-АДАПТИВНЫХ СЕТЕЙ SMART GRID**

Эпоха передачи электроэнергии с помощью переменного тока началась в конце девятнадцатого века. Сначала процесс развития был на уровне ограниченных энергорайонов и низкого напряжения. При увеличении местных систем энергоснабжения и установления связи на передачу электроэнергии на дальние расстояния, появлялись проблемы в виде регулирования напряжения и его дальнейшей стабильности. Это было связано с неравномерным распределением реактивной нагрузки в сети [1].

Примерно в середине шестидесятых появились первые статические компенсирующие устройства реактивной мощности, управление которыми осуществлялось на основе постоянного тока. Их заслуги заключались в коротком времени отклика и в снижении потерь энергии.

Отношения потребителей и энергоснабжающих компаний на территории бывшего СССР долгие годы регулировались скидками и (или) надбавками к тарифам за электроэнергию.

В годы перестройки, когда произошел развал СССР и в стране был экономический упадок, документы, которые регулировали компенсацию реактивной мощности были признаны утратившими силу. Именно по этой причине внимание к проблеме компенсации реактивной мощности заметно снизилось. В сложившихся условиях реактивные нагрузки значительно подросли, зарождая появление новых энергорайонов, с пониженным уровнем напряжения.

В 2005 году после аварии в Мосэнерго были ужесточены правила и требования к абонентским сетям. В соответствии с этими правилами собственник сети должен выполнять следующие обязанности:

- содержание электрооборудования по компенсации реактивной мощности в работоспособном состоянии;
- обеспечение параметров качества электроэнергии;
- обеспечение корреляции реактивной мощности к активной на границе балансовой принадлежности.

Был разработан и введен ГОСТ 32144-2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [2]. Показатели и нормы качества электрической энергии в точках передачи электричества пользователям электросетей высокого, среднего или низкого напряжения определяются стандартом. В соответствии с ГОСТом в точке передачи электрической энергии есть продолжительные изменения характеристик напряжения и случайные события.

Внезапное или значимое изменение формы напряжения представляют из себя случайные события, порождающие отклонение параметров от номинальных. Воздействие со стороны и повреждения электрооборудования, неотъемлемо относятся к ним. Для этих событий в настоящем стандарте есть справочные данные.

Плановое отключение, воздействие нелинейных нагрузок, а также изменение нагрузки – это все относится к продолжительным изменениям напряжения. Для них характерны длительные отклонения параметров от номинальных значений. В представленном стандарте показатели и нормы качества электроэнергии определены.

Согласно Приказу Минэнерго РФ от 23.06.2015 N 380 о порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, основным нормативным показателем в часы больших и (или) малых суточных нагрузок является коэффициент реактивной мощности. В зависимости от номинального уровня напряжения коэффициент реактивной мощности имеет свое максимальное значение, превышение которого нежелательно для потребителя. Во-первых, превышение максимального значения коэффициента реактивной мощности служит основанием нарушения обязательств перед энергоснабжающей организацией, как бездоговорное потребление электроэнергии. Во-вторых, появляются неминуемые потери активной мощности, связанные с неравномерным распределением реактивной мощности в сети. Также преобладающие реактивные нагрузки становятся причиной понижения уровня напряжения и приводят к ухудшению качества электропитания.

Поэтому во всем мире начал увеличиваться спрос к активно-адаптивным сетям. Это новое направление в электроэнергетике, основанное на базе новой технологической основы – Smart Grid (или «умные сети») [3].

Smart Grid представляет собой беспрецедентную возможность перевести энергетическую отрасль в новую эру надежности, доступности и эффективности. рис.1.

- WAMS (Wide Area Measurement System) – широкомасштабная система измерения на основе фазоров PMU – Phasor Measurement Unit;
- технология управляемых систем электропередачи переменного тока – Flexible Alternative Current Transmission System (FACTS);
- векторное управление на основе синхронизированных векторных измерений;
- РГ – распределительная генерация на уровне крупных электропотребителей;
- СМНР – системы мониторинга переходных режимов;
- новые типы силового оборудования подстанций, воздушных линий электропередачи, УЩР, УПК, СТАТКОМ и др. с встроенными цифровыми измерительными и управляющими органами;
- системы измерения электроэнергии и параметров режима электрической сети;
- системы информационной коммуникации, управление оборудованием и режимом сети.

Рис. 1. Активно-адаптивные сети системы Smart Grid

Так как расчет поставлен не только на энергоснабжающие предприятия и организации, но и на потребителей, то внедрение активно-адаптивных сетей набирает популярность. рис.2.



Рис. 2. Мировой опыт внедрения элементов системы Smart Grid

Элементы системы Smart Grid включают в себя не только инновационно – дистанционное управление оборудованием, но и информационные системы с быстрым реагированием на ситуацию. Когда каждая секунда важна и принятие оперативного и эффективного решения в ситуации неопределённости имеет большое значение. Они могут выдавать информацию о потребностях сети, всех её участниках и состоянии, производя самомониторинг.

Иначе говоря, Smart Grid – это цифровая технология, которая обеспечивает двустороннюю связь между коммунальным предприятием и его потребителями с помощью датчиков. Охарактеризовать инженерно-технологические решения системы Smart Grid следует последующими атрибутами:

- гибкость;
- надежность;
- доступность;
- экономичность.

К безусловным атрибутам активно-адаптивной сети относятся компьютерные приложения. Способность прогнозировать процессы, производить анализ данных, автоматически предлагать решения или реагировать на происходящие события, базируясь только на применении компьютерных приложений, позволяет нам управлять сложными объектами и процессами. За счет правильного распределения нагрузки и снижения потерь активной энергии в кабельных и воздушных линиях увеличивается продуктивность сети. Также повышается надежность электроснабжения и увеличивается срок бесперебойной работы [4].

Основными и приоритетными задачами развития направления Smart Grid являются:

- уменьшение потерь энергетических ресурсов;
- усиление надежности и увеличение стабильности функционирования системы при обнаружении аварийных ситуаций и хакерского вмешательства;
- использование в управление элементами энергосистемы современных компонентов;
- повышение энергоэффективности при участии в работе сети потребителей;
- достижения синхронизма между источниками генерации;
- вывод высокотехнологичных и энергоэффективных продуктов на мировой рынок.

В результате увеличения тотального спроса на товары smart-учета энергоресурсов, ожидается, что в ближайшем будущем развитие систем технологий Smart Grid будут демонстрировать абсолютную стабильность.

Список литературы:

1. Компенсация реактивной мощности [Электронный ресурс]: Информационный ресурс. Хомов Электро. – Режим доступа: <https://khomovelectro.ru/articles/kompensatsiya-reaktivnoy-moshchnosti.html>
2. ГОСТ 32144 – 2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М: Стандартинформ, 2014. – Введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2014 г. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 июля 2013 г. №400-ст.
3. Определение типа FACTS-устройств V 2.0 [Электронный ресурс]: Информационный ресурс. Международная энергосберегающая компания. – Режим доступа: <http://iescorporation.org/facts/index.html>
4. Smart Grid(умные сети)Интеллектуальные сети электроснабжения [Электронный ресурс]: Информационный ресурс. tadviser. – Режим доступа: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:Smart\\_Grid](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:Smart_Grid)

Информация об авторах:

Хабибулина Надежда Олеговна, студент гр. ЭПмз-211, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул.Весенняя, д.28, [212192@kuzstu.ru](mailto:212192@kuzstu.ru)

Беляевский Роман Владимирович, к.т.н., доцент, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул.Весенняя, д.28, [brv.egpp@kuzstu.ru](mailto:brv.egpp@kuzstu.ru)

Попова Ольга Владимировна, к.т.н., доцент, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул.Весенняя, д.28, [popovaov@kuzstu.ru](mailto:popovaov@kuzstu.ru)