

УДК 621.315.01

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СЕТИ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТИ

ДЖУНУЕВ Т.А., МАМАКЕЕВА А.К.

КГТУ им. И. Раззакова

[izvestiya@ktu.aknet.kg](mailto:izvestiya@ktu.aknet.kg)

*В статье рассматривается применение интеллектуальных электрических систем к электроэнергетическим системам ограниченной мощности как способ повышения надежности и устойчивости, основанный на применении современных устройств управления режимами таких систем.*

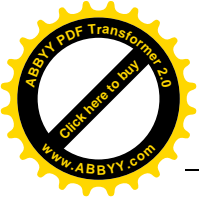
*The article discusses the use of intelligent electrical systems to electricity demand systems as a way to improve the reliability and stability based on the use of modern devices to control the states of such systems.*

В настоящее время ещё нет чёткого определения этого понятия. Умная сеть, сильная сеть, интеллектуальная сеть, активно-адаптивная сеть или сеть Smart Grid, как называют её на Западе. Этот термин применяется к электрическим сетям, которые самостоятельно осуществляют функции самоконтроля, анализа и составления диагностических отчётов. Такие сети позволяют осуществлять бесперебойное электроснабжение с максимальной экономической эффективностью. Новые технологии способны наделять сеть такими свойствами, как самодиагностика и самовосстановление, когда в автоматическом режиме выявляются наиболее слабые участки сети либо аварийно-опасные элементы, и схема сети, опять же автоматически, перестраивается таким образом, чтобы избежать аварии.

Из множества определений интеллектуальной сети в настоящее время можно сформулировать три основные цели, которые должны быть реализованы этим определением;

1. Повышение надёжности электроснабжения потребителей и безотказности, надёжности и устойчивости работы энергосистем;
2. Повышение эффективности расхода энергоресурсов с сохранением требуемых параметров качества электрической энергии;
3. Увеличение доли использования нетрадиционных источников энергии и улучшение за счёт этого экологической обстановки.

Существующие в настоящее время разные концепции Smart Grid затрагивают следующие аспекты:



- экологически более чистый процесс производства электрической энергии;
- управление электротехническим оборудованием;
- мониторинг (контроль, наблюдение, слежение) состояния электротехнического оборудования и режимов его работы;
- автоматизация магистральных распределительных сетей и узловых подстанций и регулирование перетоков мощностей.

При разработке концепций и проектов по внедрению интеллектуальных сетей следует помнить, что Smart Grid – это не просто автоматизация процесса управления производством, передачи и распределения электрической энергии. Это система управления всей электрической сетью, которая в конечном итоге должна стать полностью автоматической, а все имеющиеся автоматизированные системы (АСУ ТП, АСТУ, ССПИ, АСТУЭ, системы мониторинга, системы управления данными и др.) являются лишь инструментом для достижения поставленных целей.

Интегрированные в единую платформу существующие автоматизированные информационные системы позволят по-новому подходить к построению электрических сетей, к ведению режимов их работы и контролю за их состоянием.

Интеллектуальная электрическая сеть в зависимости от сложившихся условий в автоматическом режиме будет производить переконфигурацию для достижения минимума затрат энергоресурсов без снижения надёжности работы.

В условиях чрезвычайных происшествий Smart Grid позволяет быстрее реагировать на ситуацию и восстанавливать работоспособность сети.

Перевод кыргызских национальных электрических сетей в формат активно-адаптивной сети позволит повысить системную надёжность и устойчивость электросетевого комплекса, а также гибко регулировать перетоки мощности, обусловленные изменением генерации и потребления электроэнергии. Для интеллектуальной сети характерны более низкие потери электроэнергии при её передаче и меньшее влияние на экологию.

Сегодня энергетическая система, развиваясь недостаточно быстрыми темпами, в значительной степени устарела и характеризуется высокой степенью морального и физического износа, высокими потерями, низкой степенью развития систем управления, ограниченной функциональностью систем мониторинга и контроля, что приводит к понижению уровня надёжности и устойчивости. Поэтому вопрос о создании сети нового поколения, основанной на последних достижениях науки и техники, стоит очень остро.

Таким образом современная интеллектуальная сеть должна включать системы управления, в том числе такие как DMS – системы программного управления распределительными сетями, OMS – системы управления аварийными отключениями, GIS – геоинформационные системы, системы управления мобильными рабочими бригадами, которые интегрируются с системами управления основными фондами, и SCADA – системами диспетчерского контроля и сбора данных.

Всё это в совокупности принесёт ощутимый экономический эффект, приведёт к сокращению энергопотерь, повышению эффективности управления сетями, и, как результат, росту качества и надёжности поставок электроэнергии конечным потребителям.

При создании активно-адаптивной сети должны быть использованы современные средства управления, новые системы диагностики и высокоскоростные системы передачи информации.

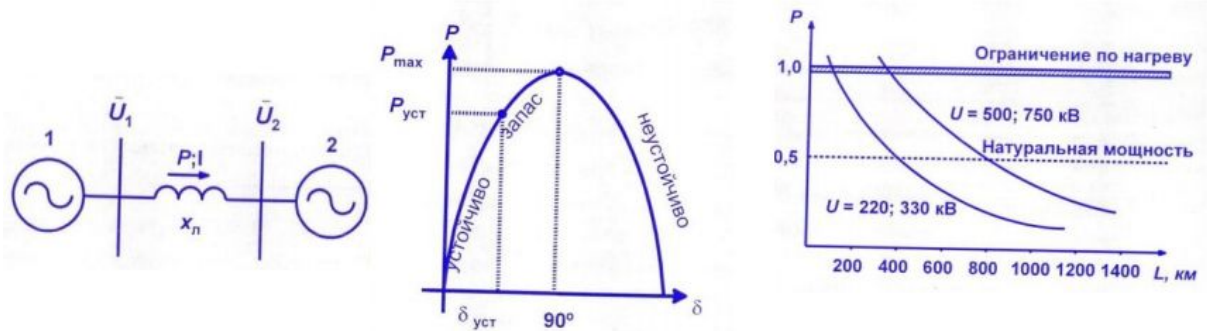
В свою очередь интеллектуальная сеть требует разработки и внедрения целого комплекса инновационного оборудования и технологий, иного подхода к планированию, проектированию, строительству и эксплуатации объектов сети.

Одним из основных элементов активно-адаптивной сети является «цифровая» подстанция. Создание таких подстанций является общемировой тенденцией, работы над такими проектам ведутся в Европе, США, Японии, Индии и Китае. Идея «цифровой» подстанции заключается в создании систем контроля, защиты и управления нового поколения, в которых вся информация рождается, перерабатывается и управляет оборудованием в цифровом формате.

В качестве одного из этапов построения интеллектуальной сети должно стать создание единой автоматизированной системы технологического управления. Такая система должна быть направлена на повышение контроля за состоянием сети, на предотвращение возникновения нештатных режимов, на создание систем онлайн-мониторинга и на интеллектуальную диагностику состояния оборудования. Применение таких систем повысит эффективность управления функционированием и пропускной способностью электросетей как в нормальных, так и аварийных и послеаварийных режимах, позволит обеспечить надёжный приём и транспортировку энергии и получать качественную информацию о режимах и состоянии ЭС.

На первом же этапе создания современных интеллектуальных электроэнергетических систем они должны строиться на интеграции традиционных систем и процессов в энергетике с новыми коммуникационными технологиями и целостной многоуровневой автоматизированной системой управления.

Проведённые исследования показывают, что пропускная способность линий 220-750 кВ ограничивается нагревом проводов и устойчивостью электропередачи (рис. 1), причём для линий напряжением 220 и 330 кВ – как нагревом, так и устойчивостью, а для линий напряжением 500 и 750 кВ – в основном устойчивостью.



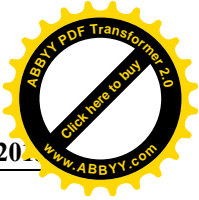
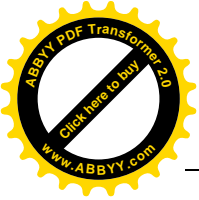


Рис. 1. Зависимость пропускной способности линий от дальности передачи

С увеличением же длины линий устойчивость является основным фактором, ограничивающим предел передаваемой мощности. Положение усугубляется тем, что запас устойчивости электропередачи при большой длине линии вообще невелик.

Известно, что передаваемая по линии без потерь активная мощность (AM) и потребляемая по её концам реактивная мощность (PM) в зависимости от угла передачи  $\delta$  определяются по следующим формулам: [1,2].

$$P = \frac{U_1 U_2}{X_{\bar{E}}} \sin \delta; Q_1 = \frac{U_1(U_1 - U_2 \cos \delta)}{X_{\bar{E}}}; Q_2 = \frac{U_2(U_2 - U_1 \cos \delta)}{X_{\bar{E}}}; \quad (1)$$

где  $U_1, U_2$  - напряжения в начале и в конце линии;  $X_{\bar{r}}$  - индуктивное сопротивление линии;  $\delta$  - угол между векторами  $U_1, U_2$ .

Ограничения величины передаваемой мощности  $P_0$  вызваны необходимостью обеспечить статическую устойчивость в нормальном режиме с нормативным коэффициентом запаса статической устойчивости по передаваемой мощности:

$$K_{\zeta \bar{A} \bar{r}} = \frac{D_{ID} - D_0}{D_0} 100 \% > 20\%, \quad (2)$$

где  $P_{ID}$  - предел передаваемой мощности линии, имеющей по концам напряжения  $U_1$  и  $U_2$

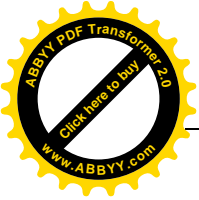
$$P_{ID} = \frac{U_1 U_2}{X_{\bar{E}}}. \quad (3)$$

Эта мощность может быть достигнута при максимально возможном угле  $\delta = \pi/2 = 90^\circ$ .

Также нужно обеспечить динамическую устойчивость в аварийном режиме и передачу требуемой мощности по ЛЭП в послеаварийном режиме с нормативным коэффициентом запаса  $K_{\text{зап}} > 8\%$ .

Как следует из выражения (1), предел передаваемой мощности  $P_{ID}$  длинных ВЛ может быть увеличен за счёт снижения (компенсации) сопротивления линии путем:

1) деления линии на части при установке в середине линии статического тиристорного компенсатора реактивной мощности (СТК).



отключение СТК может привести к потере устойчивости электропередачи;

2) введения в линию устройства продольной компенсации (УПК) с ёмкостным сопротивлением  $X_c$ . Кроме повышения пропускной способности линии, УПК позволяют перераспределять мощность между параллельными линиями электропередачи за счёт изменения сопротивления ВЛ.

Для перераспределения мощности между параллельными линиями неодинаковой длины, а также разных классов напряжений применяют фазоповоротные устройства (ФПУ).

Все эти устройства являются классическими и изменяют передаваемую по линии мощность, воздействуя на один из трех параметров: СТК - на напряжение, ПК - на сопротивление линии, а ФПУ - на угол передачи.

Таким образом, основой повышения управляемости и надежности таких электроэнергетических систем является применение устройств FACTS, современных цифровых автоматизированных устройств управления, защиты и передачи информации, системы мониторинга состояния и диагностики оборудования, работающих в режиме on-line.

В электрических сетях и системах Кыргызстана возможно применение различных устройств FACTS, но предпочтение при прочих близких технико-экономических характеристиках должно отдаваться тем устройствам, которые обладают способностью глубокого регулирования реактивной мощности, высокого быстродействия, оптимизации потокораспределения мощности, ограничения токов короткого замыкания.

В первую очередь необходимо развернуть комплексную работу по выбору и проектированию пилотных электросетевых проектов, на которых могут быть внедрены технологии FACTS. Это проекты второй цепи ЛЭП-500 кВ Юг-Север; ПС-500 кВ «Датка» и «Кемин»; каскад Камбаратинских ГЭС; каскад Верхнее-Нарынских ГЭС и Каракеченская ГРЭС.

### Литература

1. Веников В.А, Жуков Л.А., Поспелов Г.Е. Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей. Под ред Веникова В.А. - М.: Высшая школа, 1975. - 344 с. с ил.
2. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем /Под./ ред. Л.А. Жукова. М.: Энергия, 1979.