

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

В статье рассматриваются основные подходы к реализации принципов интеллектуальных сетей применительно к распределительному сетевому комплексу. Описывается опыт реализации нескольких проектов интеллектуальных сетей в США. Показываются преимущества использования возможностей современных систем связи и телекоммуникации в электроэнергетике и описываются изменения в топологии электрических сетей, которые становятся возможными благодаря использованию новых интеллектуальных систем.

ДОЛЕЖИЛЕК Д. ДЖ., директор по технологии Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.

ШВАЙЦЕР С. Л., менеджер по маркетингу Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.

Сегодня понятия интеллектуальная сеть, IntelliGrid, и надежная интеллектуальная сеть используются для описания технологий автоматической и быстрой локализации повреждений, восстановления электроснабжения, мониторинга нагрузки, поддержания и восстановления устойчивости для более надежной выработки, передачи и распределения электроэнергии. В общих словах, термины описывают использование микропроцессорных интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ), которые обмениваются между собой данными для выполнения задач, прежде выполнявшихся людьми или не выполнявшихся вовсе. Такие ИЭУ контролируют состояние энергосистемы, принимают рациональные решения и затем предпринимают меры по сохранению устойчивости и производительности сети. Применение технологий у себя дома позволит конечным потребителям регулировать собственное потребление в соответствии со своими нуждами. Для управления потреблением и нагрузкой потребители должны иметь информацию и адаптивную систему электроснабжения. Интеллектуальная сеть – это набор информационных источников и АСУ, которая управляет электроснабжением, распознает изменения нагрузки и реагирует на них соответствующим образом. Различные биллинговые стратегии, зависящие от времени или типов потребления, накопления или продажи электроэнергии, станут частью интеллектуальных реше-

ний. В настоящей статье говорится о технологиях защиты и автоматизации на уровне распределения, и приводятся примеры из реальной жизни.

Интеллектуальная автоматизация процесса распределения электроэнергии направлена не только на поддержание и восстановление устойчивости системы, но также и на оценку всех возможных последствий, с целью обеспечения автоматизации по принципу «лучшего выбора». Простой пример включает в себя определение объемов потребления до происшествия и оценку объемов поданной электроэнергии во все узлы сети. Использование подобной информации и знания, позволяющие дать краткосрочную оценку изменений параметров спроса, приводят к выбору лучшей стратегии перестройки системы. Все это позволяет построить решение, уменьшающее последствия аварии или происшествий и обеспечивающее электроснабжение без провалов, скачков и перерывов.

Обе группы систем автоматизации распределения (САР) соответствуют требованиям по надежности интеллектуальной сети; они различаются по имеющимся связям и функциональным возможностям. Реализация САР включает модуль централизованного принятия решений, контроллер автоматизации распределения (КАР), который координирует связи и логику между ИЭУ. Такая реализация называется централизованной САР. Вторая реализация – распределенная (децентрализованная) САР – не имеет КАР,

а связь и логика между ИЭУ работают по принципу одноранговости.

Рассмотреть централизованную САР можно на рабочем примере нескольких систем, которые используются American Electric Power (AEP), одной из крупнейших электроэнергетических компаний США. Децентрализованную САР можно рассмотреть на примере инновационной системы восстановления и обеспечения бесперебойного электроснабжения реализованной в компании Public Service Electric and Gas Company (PSE&G). Такая модель – это развитие стандартной кольцевой схемы, в которой просто дублируются большие части системы.

Xcel Energy продолжает внедрять новые технологии для совершенствования системы электроснабжения, а также улучшения ее характеристик в части защиты окружающей среды в долгосрочной перспективе. Рассмотрение проекта «Интеллектуальная Подстанция» Xcel Energy не ограничивается только техникой автоматизации, а распространяется на такие вопросы, как аналитика, оценка рисков, оптимизация активов для улучшения электроснабжения. Наконец проект Xcel Energy SmartGridCity™ является отличным примером объединения нескольких подстанций и большого количества контрольных точек в единую систему электроснабжения. Наблюдение за сетью и контрольными точками позволяет производить глубокий анализ и обеспечивать понимание процессов

электроснабжения на всей объединенной сети территории. Система информационного управления обеспечивает более эффективное энергоснабжение, сокращая потребность в дополнительной пропускной способности линий, позволяя осуществлять информационно-ориентированную оптовую покупку электроэнергии и управление выбросом углерода.

Множество идей разработано для того, чтобы конечному потребителю предоставить больше информации о профиле его энергопотребления. Обладая такой информацией, потребители могут принимать более обоснованные решения в направлении коррекции своего образа жизни и профессиональной деятельности, как пользователи электрической сети, становясь образованными потребителями электроэнергии, благодаря возможностям «интеллектуальных» домашних устройств, помогающих им в этом.

Эта работа посвящена вопросу максимизации уже существующих, но зачастую не выявленных возможностей интеллектуальной сети распределения электроэнергии. Устройства, делающие сеть интеллектуальной, выполняют функции измерения, управления и передачи данных, что делает максимально эффективным применение интеллектуальных устройств бытового назначения у потребителей. Конкретные примеры кратко описывают три проекта интеллектуальных сетей, находящихся в эксплуатации, которые используют специализированные информационные устройства в распределительных сетях.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ, УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ, РАЗРАБОТАННЫЕ ЭКСПЕРТАМИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮТ ОТЛИЧНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Объединение интеллектуальных электронных устройств, предназначенных для защиты, управления и контроля энергосистемы, в единую сеть обеспечивает непревзойденные эксплуатационные характеристики. Традиционные устройства измерения и управления: удаленные устройства телемеханики (АРМ) и программируемые логические контроллеры (ПЛК) – име-

ют общее, неспецифическое назначение. Такие устройства содержат в себе минимальное количество, а возможно, и вовсе не содержат информации по функциональности составных частей энергосистемы. Потребителю необходимо было настраивать их для своих нужд путем разработки, проверки и поддержки алгоритмов и параметров. Даже такие конечные пользователи, как профессиональные разработчики программного обеспечения, знакомые с аппаратными и прикладными требованиями, должны были дополнительно изучать характеристики процесса обработки данных, устройства памяти и надежности, установленные производителем на свое оборудование и устройства управления. ИЭУ напротив настроены еще до развертывания системы, благодаря опыту и знаниям, используемым еще при разработке.

ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ, ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЯЗИ ДЛЯ ИНФОРМИРОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ИЭУ

ИЭУ, используемые в электрических сетях энергообъектов и промышленных предприятий, – это многофункциональные устройства. Они используются в первую очередь как ЭВМ, а также как источники информации и средства автоматизации. Так как ИЭУ собирают данные об энергосистеме и затем выполняют дополнительные расчеты и реализуют логику, они создают специальную локальную базу данных, в которой хранятся данные об энергосистеме, в которой они работают. Поэтому в дополнение к текущим значениям эти ИЭУ записывают информацию об исправности, эксплуатационные характеристики и историю всей энергосистемы, а также отдельных устройств, таких как трансформаторы, выключатели и другое первичное оборудование. Все это и составляет «интеллект» ИЭУ, который они проявляют в процессе эксплуатации.

Протоколы и каналы связи, имеющиеся в ИЭУ и устройствах связи, позволяют интегрировать информацию. Лучшие практические методы интеграции разрабатываются на основе глубокого понимания информации, используемой для определения лучших путей передачи данных. Эти методы позволяют ИЭУ обмениваться данными:

- Между ИЭУ
- С компьютерами и контроллерами, поддерживающими процесс автоматизации
- С операторами и инженерами через ЧМИ

Таким образом, связь делает ИЭУ интеллектуальными, информированными и организованными в структуру.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СЕТИ

Автоматизация электроэнергетических систем включает в себя автоматизацию процессов выработки электроэнергии и электроснабжения потребителей. Автоматизация электроснабжения является составной частью автоматизации электроэнергетических систем и подразделяется на автоматизацию процессов передачи и распределения электроэнергии. Вместе мониторинг и управление системой электроснабжения на подстанциях и непосредственно на линиях позволяют уменьшить недоотпуск электроэнергии при повреждениях и сократить длительность перерывов в электроснабжении. Термин «Автоматизация электроснабжения» предполагает автоматизацию процесса электроснабжения бытовых и промышленных потребителей по распределительным сетям.

Хотя каждая сеть и уникальна, во всех системах автоматизации подстанций сетей передачи и распределения и линий можно выделить общие составляющие:

- Система диспетчерского управления и сбора данных (SCADA)
- Автоматизация распределения: определение места повреждения, автоматическая изоляция повреждения, автоматическое секционирование и автоматическое восстановление
- Автоматизация подстанции: УРОВ, АПВ, контроль батарей, автоматическое включение подстанции и АВР
- Система управления потреблением электроэнергии (EMS): управление активной мощностью, управление реактивной мощностью, контроль и регулирование напряжения, управление производством электроэнергии, и симметрирование нагрузки трансформаторов и линий электропередачи
- Анализ повреждений, оптимизация активов и техобслуживание устройств

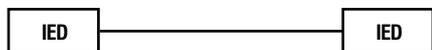


Рис. 1. Одноранговая связь по локальной сети LAN

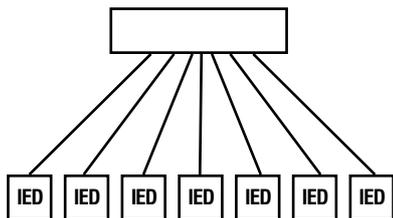


Рис. 2. Конфигурация «звезда» обеспечивает простую и надежную LAN

Системы без автоматического управления все же имеют возможности дистанционного мониторинга и диспетчерского управления оборудованием, в том числе:

- Выключателями и автоматизированными коммутационными аппаратами
- Неавтоматизированными коммутационными аппаратами и предохранителями
- Конденсаторными батареями
- Регулированием напряжения
- Дистанционным контролем и управлением качеством электроэнергии

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПРОТОКОЛЫ – БОЛЕЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ, ЧЕМ SCADA-ПРОТОКОЛЫ

Специализированные протоколы SMART Protocols, разработанные экспертами в области производства и передачи электроэнергии для удовлетворения особых потребностей, предназначены для осуществления перемежающейся многопользовательской связи. ИЭУ разрабатывались для обеспечения большого объема информации об энергосистеме и оборудовании с использованием различных, но совместимых между собой, методов перемежающейся связи. Поток данных между устройствами значительно улучшает применение как отдельных устройств, так и устройств, интегрированных в сеть.

Данные протоколы поддерживают множество схем централизованной и одноранговой связи. На рисунке 1 показана простая локальная сеть (LAN), содержащая два ИЭУ, расположенные рядом друг с другом, с одноранговой связью между собой.

На рисунке 2 показана простая LAN. Конфигурация «звезда» позволяет сетевому контроллеру использовать соответствующие протокол и скорость передачи данных, необходимые для связи с каждым ИЭУ. Каждый канал может иметь разный набор перемежающихся протоколов, работающих на разных скоростях и даже по разным принципам (т.е. радиочастотные, медные, последовательный оптоволоконный канал, Ethernet). Хотя многие новые системы рассчитаны на работу ИЭУ с одним протоколом, многие эксплуатируемые ИЭУ и другие интеллектуальные применения только выигрывают от использования нескольких протоколов – это обеспечивает большую свободу в выборе устройств, поскольку требование поддерживать только один определенный протокол отсутствует. Другое преимущество состоит в том, что потеря одного канала связи не приводит к отсутствию связи в сети.

ОРГАНИЗОВАННЫЕ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ И ИНФОРМИРОВАННЫЕ ИЭУ ОБЕСПЕЧИВАЮТ ОРИЕНТАЦИЮ В ОБСТАНОВКЕ

Сбор и обработка данных в ИЭУ создают большой объем информации об активах, включая текущее состояние и архивную информацию об ИЭУ, оборудовании энергосистемы, которым ИЭУ управляет, и связи в сети. Эта ценная информация обеспечивает ориентацию в обстановке в части состояния, производительности, текущем состоянии и истории оборудования, энергосистемы и ее окружения. Различные типы данных требуют различных способов обработки, хранения и передачи. Выделяются следующие типы данных:

- Команды управления и диагностики ИЭУ
- Состояние защиты
- Телесигнализация
- Измерения
- Информация о повреждении
- Сообщение регистратора событий
- Сигнализация
- Текущее состояние
- Команды диагностики и управления аппаратами
- Состояние оборудования
- График нагрузки
- Качество электроэнергии

- Производительность канала связи
- Данные, передаваемые ИЭУ без предварительного запроса
- Погода и окружающая среда
- Уставки
- Версии продукта, программного обеспечения и встроенных программ

Ориентация в обстановке, т.е. знание о событии на основании данных о прошлых событиях и текущей физической среде, дает более высокую производительность как автоматизированных систем, так и персонала. Объединенные в сеть интеллектуальные ИЭУ еще больше повышают производительность посредством автоматического сбора и хранения данных об энергосистеме. Например, к таким данным могут относиться ежемесячные отчеты о срабатываниях реле и коммутационных аппаратов, данные измерений счетчиков, отчеты о состоянии коммутационных аппаратов и данные термического мониторинга силовых трансформаторов. В условиях срабатывания при повреждениях, ИЭУ помогают повысить эффективность работы диспетчера за счет предоставления данных о месте повреждения. Использование отчетов регистратора событий и расширенных возможностей сигнализации в центрах управления позволяет усовершенствовать процесс анализа событий, что ведет к более точному определению состояния оборудования и более быстрому восстановлению нормальной работы. ИЭУ, объединенные в единую сеть, повышают эффективность за счет более точного мониторинга нагрузки и температуры силового трансформатора, собирая дополнительную информацию с метеостанций, установленных на объекте. Информация о метеорологической обстановке, контролируемая устройством, включает в себя информацию о температуре окружающей среды, скорости ветра, осадках, солнечном излучении. Более полный объем информации о состоянии трансформатора, такой как архив режимов работы, текущий режим работы, состояние окружающей среды, позволяет анализировать режим работы системы охлаждения трансформатора и проводить другие операции, связанные с управлением активами. В итоге все департаменты энергокомпании, включая департамент планирования ремонтов, обеспечены актуальной информацией, позволяющей принимать обоснованные решения.

Автоматизация электроснабжения в компании AEP с использованием ИЭУ и централизованным управлением

Компания American Electric Power (AEP) использует интеллектуальные контроллеры электроснабжения для автоматического выполнения реконфигурации сети при повреждении какого-либо участка, посредством управления ИЭУ, установленных на подстанциях и линиях. Система анализирует текущую ситуацию и обнаруживает повреждения, затем изолирует поврежденный участок линии и восстанавливает электроснабжение на неповрежденных участках, тем самым значительно снижая время перебоев электроснабжения. В таком случае система управления электроснабжением эффективно снижает количество и длительность перебоев электроснабжения, а также количество затронутых потребителей, а затем выдает отчет о предпринятых действиях.

Функцией контроллера электроснабжения является определение наличия установившихся повреждений или поврежденных перемычек в распределительной сети. Контроллер сначала выполняет операции по изоляции поврежденного участка линии, а затем восстанавливает электроснабжение неповрежденных участков от рабочего, либо резервных источников, если они доступны. После стадии четкого планирования функций контроллер выполняет следующие логические операции:

1. Инициализация – после подачи напряжения на контроллер он определяет начальное состояние и параметры системы.

2. Режим готовности – после инициализации контроллер готов к работе, но не активирован, пока не подана соответствующая команда или не произойдет автоматический ввод в работу.

3. Рабочий режим – после ввода в работу контроллер следит за изменениями состояния элементов системы

4. Обновление состояния – система определяет изменение состояния и передает информацию об этом в контроллер

5. Анализ – контроллер обрабатывает информацию об изменении состояния системы для выбора программы дальнейших действий

6. Отключение – контроллер посылает команды отключения на выбранные

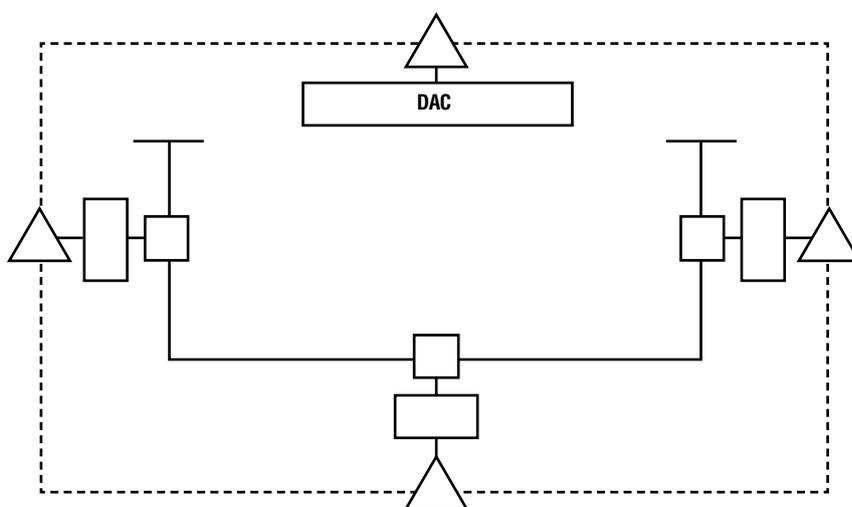


Рис. 3. Упрощенная иллюстрация централизованного сбора данных и принятия решения в контроллере

аппараты для изоляции поврежденного участка

7. Восстановление – контроллер восстанавливает питание неповрежденных участков системы, так, чтобы отключенный участок был минимальным.

8. Возврат к шагу 4.

Централизованная связь, централизованное принятие решения

Система связи для централизованных систем может быть выполнена в конфигурации «звезда», как показано на рисунке 2, или в кольцевой конфигурации показано на рисунке 3, где контроллер выполняет функции автоматизации процесса распределения электроэнергии и одновременно контроллера сети связи. Упрощенный пример схемы, показанный на рисунке 3, иллюстрирует централизованную систему управления AEP на базе контроллера, в которой для сбора информации со всех реле и блоков управления реклоузерами, а также принятия централизованных решений по автоматизации, используются радиопередача и многоточечная связь.

Анализ, локализация и восстановление

Модуль централизованной логики выполняет анализ с целью выявления устойчивых повреждений, поврежденных перемычек, потери источника питания подстанции и снятия блокировки из-за несоординированных между собой устройств защиты. На стадии проектирования распределительная сеть делится на зоны: участки питающих линий, кото-

рые могут быть отключены или запитаны от одного или нескольких источников посредством управления коммутационными аппаратами (т.е. выключателями, реклоузерами, выключателями нагрузки, и т.д.). Контроллер оценивает режим работы системы для определения наличия неповрежденных зон, которые были обесточены. Если такие зоны обнаруживаются, он автоматически восстанавливает их питание от резервных источников (в случае их наличия). Кроме того, он изменяет группы уставок в ИЭУ для того, чтобы лучше скоординировать между собой устройства защиты в новой топологии сети. Наконец, контроллер восстанавливает питание головных участков линий, которые были отключены из-за неселективного действия защит.

Гибкое решение

Система была тщательно выбрана и настроена для того, чтобы у AEP была возможность ее масштабирования. Без внесения изменений система способна координировать до 6 источников и 100 устройств. Контроллер виртуально интегрирует любое имеющееся распределительное устройство, подключаясь к нему с помощью последовательного соединения или Ethernet подключения с различными протоколами, в том числе последовательного DNP3, DNP3 LAN/WAB, SMART Protocols (в том числе Mirrored Bits), Modbus, RTU/TCP и т.д.

Восстановление от резервных источников

Система контролирует восстановление от резервных источников по

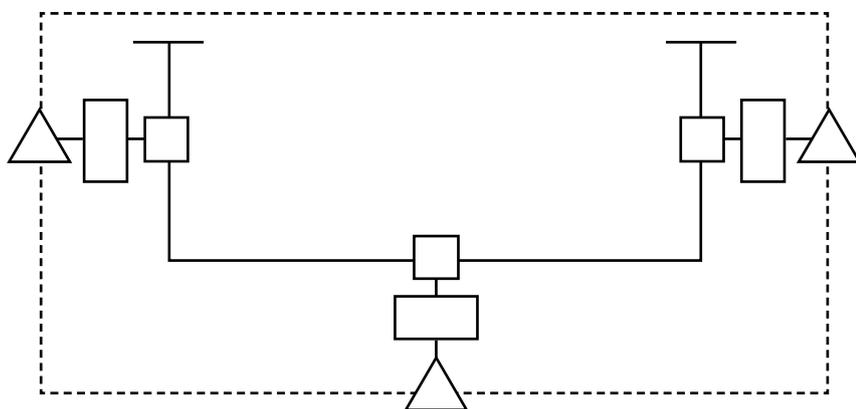


Рис. 4. Упрощенная иллюстрация одноранговой связи и коллективного принятия решения соседними ИЭУ

условиям, задаваемым пользователем, таким как нестандартная конфигурация сети, метки линии экстренной связи, неуспешное АПВ, диспетчерское управление отключено или неисправность связи. Резервные источники выбираются исходя из условий нагрузки в рассматриваемой зоне и пропускной способности питающей линии во избежание каскадных явлений.

Автоматическое восстановление нормального режима

После того, как персонал завершит ремонтные работы в поврежденной зоне, диспетчер может подать одиночную команду на автоматический возврат фидеров в нормальное состояние. Уставки устройств тоже автоматически возвращаются к группе уставок нормального режима.

Простота конфигурации

Используемая АЕР система легко конфигурируется простым «перетаскиванием» готовых функциональных блоков по стандарту МЭК 61131 в систему. Таким образом процесс наладки системы не зависит от поставщика оборудования, а основан на методах международного стандарта и не требует серьезного обучения персонала.

Связанность системы SCADA

Контроллер создает базу данных по системе и передает в SCADA данные об измерениях, состояниях и аварийных сигналах. Операторы видят топологию системы, значения нагрузки по зонам и удаленно управляют устройствами. Система автоматизации распределения поддерживает различные протоколы связи на случай, если АЕР

изменит свою SCADA систему или решит организовать информационный обмен с соседними энергосистемами.

Верификация схемы автоматизации распределения

Контроллер имеет настраиваемый экран пользовательского интерфейса, который персонал использует для верификации функциональных возможностей схемы посредством виртуального диспетчерского управления. При виртуальном управлении выполняются все действия, кроме подачи команд на коммутационный аппарат. Кроме того, выполняется проверка алгоритмов работы контроллера, передаваемых команд и работы системы связи путем подачи команд через блок управления реклоузером при замкнутых обходных выключателях. Функция виртуального диспетчерского управления позволяет проверить все сценарии, не оказывая при этом влияния на работающие ИЭУ и потребителей.

Кроме того, очень быстро выполняется верификация соответствия элементов данных между логическим узлом в контроллере и непосредственно устройствами.

Наконец, сбор данных реального времени, данных о событиях, аварийных осциллограмм, отчетов и записей регистратора позволяют производить анализ произошедших событий.

Автоматизация электроснабжения в PSE&G с использованием ИЭУ с одноранговой связью

Компания Public Service Electric and Gas (PSE&G) признает постоянно возрастающую роль электроэнергии в повседневной жизни каждого человека, и тот факт, что высокая надежность

электроснабжения больше не является роскошью в глазах потребителей. При нынешнем уровне развития цифровых технологий кратковременные провалы напряжения или «мигания» по своему воздействию считаются потребителем такими же негативными, как и кратковременные отключения. Поэтому PSE&G решила установить автоматизированную схему реконфигурации питающей линии, которая не только минимизирует длительность отказов и число пострадавших от них потребителей, но и уменьшает число потребителей, замечающих провал напряжения при повреждении и последующих переключениях.

Одноранговая связь, одноранговая информированность

Выгодно используя современные технологии, доступные в последнем поколении релейной защиты и автоматики управления, в сочетании с оптоволоконными линиями связи, компания PSE&G реализовала схему, повышающую надежность. Усовершенствованная кольцевая схема построена на базе стандартной схемы распределительной сети, в которой для разделения двух фидеров применяется нормально разомкнутый секционирующий выключатель. Первоначальная схема выполняла автоматическую реконфигурацию, но делала это медленно, из-за чего потребители ощущали нежелательные провалы напряжения при включении на КЗ. Использование одноранговой связи (см. рисунок 1) позволяет ALS избегать включения на повреждение при реконфигурации. Схема использует методику «включить до отключения», при которой секционирующий выключатель включается до выполнения секционирования. Благодаря этому потребители, подключенные к неповрежденным участкам линии, не подвергаются отключению при повреждении или переключению при изолировании поврежденного участка линии. Кроме того, такая связь позволяет усовершенствовать защиту и добавить несколько устройств защиты на питающие линии с целью сокращения числа потребителей на участок.

Децентрализованная связь, децентрализованное принятие решений

Как показано на рисунке 4, каждое ИЭУ обменивается данными с двумя соседними ИЭУ. Каждое ИЭУ соз-

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией

. Другие номера журнала на сайте редакции:

дает данные и собирает их с других устройств для принятия решений. Данные, полученные в результате локальных расчетов и подписки на сообщения, посылаются затем в соседние ИЭУ, где они вновь используются для локального принятия решения.

Люди потребляют все больше и больше электроэнергии. Поскольку спрос на электроэнергию наряду с ожиданием высокой надежности энергоснабжения неуклонно растет, группа компаний PSE&G вкладывает значительные средства в усовершенствованные кольцевые схемы (УКС), новую технологию повышения надежности. УКС была разработана в сотрудничестве с Distribution Vision 2010 (DV2010), консорциумом шести энергокомпаний, включая PSE&G, которые сотрудничают в части повышения надежности в энергетической промышленности.

«Раньше PSE&G повышала надежность, обстригая деревья, используя молниезащитные разрядники и заменяя опоры; при этом никто не гарантировал ощутимый результат – поясняет Dick Wernsing, эксперт по техобслуживанию с учетом надежности компании PSE&G. – Сегодня благодаря технологиям, подобным УКС, мы можем ощутить реальный эффект повышения надежности от наших инвестиций».

Концепция УКС проста. В среднем линия 13 кВ обслуживает около 3000 потребителей и делится на два участка, каждый из которых обслуживает около 1500 потребителей. При возникновении повреждения на одном из участков линии 1500 потребителей будут отключены на определенное время, а потребители другого участка будут наблюдать провал напряжения.

УКС делит линию на более короткие участки, по 500 потребителей каждый. При возникновении повреждения на одном из таких участков только его потребители будут отключены. Остальные не будут наблюдать никаких негативных последствий благодаря срабатыванию высокоскоростной селективной релейной защиты, использующей оптоволоконную связь для изоляции только поврежденного участка. Усовершенствованные технологии позволяют выявить повреждение, включить секционный выключатель до того, как пострадают другие потребители, и устранить повреждение менее чем за секунду. В результате



Рис. 5. Многие дискретные элементы не обладают необходимыми для интеллектуальной работы возможностями расчетов, памяти и связи



Рис. 6. Несколько интеллектуальных и автоматизированных устройств заменяют множество дискретных элементов

количество и длительность отключений потребителей сокращается. Это, в свою очередь, улучшает результаты по индексу средней частоты прерываний в работе системы (SAIFI) и индексу средней частоты минутных прерываний (MAIFI).

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДСТАНЦИЯ XCEL И SMARTGRIDCITY™

Интеллектуальная подстанции Xcel Energy – это система автоматизации подстанции, которая демонстрирует намерение использовать современное оборудование контроля и управления. Многие существующие системы защиты и управления

основаны на электромеханических устройствах (см. рисунок 5), которые не обеспечивают необходимых расчетов, памяти и возможностей связи для интеллектуальной работы.

Оборудование, на котором построена интеллектуальная система автоматизации подстанции, представляет собой сеть ИЭУ, обменивающихся между собой данными, и сетевой информационный процессор, обеспечивающий функции защиты, автоматизации, управления и контроля. Система работает на базе ИЭУ, установленных в разработанных, настроенных и собранных шкафах. На рисунке 6 пока-



Рис. 7. Шкаф управления коммутационным аппаратом наружной установки с установленным ИЭУ

зано, как всего несколько интеллектуальных ИЭУ могут заменить собой множество дискретных элементов с рисунка 5 и обеспечить при этом гораздо больше функциональных возможностей.

Выключатели наружной установки снабжены расположенными в непосредственной близости шкафами управления, в которых встроены ИЭУ для управления фидером (см. рисунок 7).

SmartGridCity расширяет сеть ИЭУ, обменивающихся данными между собой, на две подстанции и несколько питающих линий распределительной сети.

Каждая интеллектуальная система предоставляет намного больше возможностей, чем типовая система автоматизации подстанции, которая лишь показывает текущее состояние и предоставляет функции дистанционного управления. Интеллектуальные системы позволяют оператору реализовывать все функции дистанционно и устраняют необходимость контроля вручную. Системы снижают затраты на установку и техобслуживание, повышают безопасность работы персонала и продлевают срок службы оборудования, быстрее восстанавливают систему после отключений и повышают ее надежность.

Интеллектуальная подстанция Xcel и SmartCityGrid демонстрируют следующие преимущества полного использования новых и существующих технологий:

Организованные, интеллектуальные и информированные ИЭУ обеспечивают знание обстановки

Сети на основе ИЭУ, обменивающиеся информацией между собой, создают, обмениваются, обрабатывают и реагируют на информацию, получаемую из энергосистемы. Отдельные ИЭУ создают информацию, поскольку они выполняют локальные функции защиты, управления и мониторинга путем сбора аналоговых и цифровых данных с последующим расчетом данных по энергосистеме. Затем эта информация распространяется по сетевым каналам связи другим пользователям и процессам, которые могут использовать ее сразу и/или сохранить на будущее. В Xcel Energy эти данные используются для повышения показателей надежности – индекса средней продолжительности прерываний в работе системы (SAIDI) и индекса средней продолжительности отключений потребителей (CAIDI).

SmartGridCity повышает надежность с помощью интеллектуальной автоматизации электроснабжения

Одно из главных преимуществ использования ИЭУ в сочетании со схемой автоматизации электроснабжения – повышение надежности и качества обслуживания потребителей. На корпоративном веб-сайте Xcel Energy говорится о том, что «сокращая минуты на переключение потребителей при повреждении, автоматически уведомляя об отключении и благодаря упреждающей замене оборудования, Xcel Energy ожидает повышения индекса SAIDI на 10 процентов» [1].

ПРИМЕНЕНИЕ УЖЕ ИМЕЮЩИХСЯ, НО ЧАСТО НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИЭУ

Данные и опыт, скоординированные путем коллективного использования данных ИЭУ, дают настоящее представление об энергосистеме. Такая уникальная возможность ранее не использовалась, поскольку большинство систем пользовалось лишь частью сетевых возможностей. Такие системы все больше используют возможности ИЭУ для наблюдения, принятия решения и выполнения соответствующих действий. Это значительное отличие от имеющихся сейчас систем, которые обеспечивают лишь телеметрический срез текущих данных, не имея при этом возможности понять тенденции в работе энергосистемы, отследить ее эксплуатационные характеристики или деградацию оборудования.

Точное время везде

ИЭУ, работающие в системе автоматизации подстанции и ИЭУ, установленные в шкафах коммутационных аппаратов наружной установки, синхронизируются по времени часами GPS по IRIG-B. ИЭУ на подстанциях и опорах выполняют измерение, обработку данных и предоставляют метки времени по внутренним часам, синхронизированным с тем же GPS источником. В этом их отличие от ИЭУ систем, которые синхронизированы лишь локально или вовсе не синхронизированы, и поэтому не могут обеспечить точной диагностики и анализа событий.

Преимущества данных, синхронизированных по времени

Данные сети ИЭУ становятся более ценными и полезными, когда все ИЭУ в системе синхронизированы. Кроме того, качество работы таких средств, как SCADA и управление активами, значительно возрастает, если на входе есть данные высокого качества. Без изменения связи или настроек представления SCADA и управления активами оказывают более полезными, так как одномоментные измерения представляются пользователю. Это отличается от всех сегодняшних систем SCADA, которые отображают данные без учета того, когда они были измерены.

Синхронизированные по времени измерения обеспечивают более полезные данные при меньшем количестве устройств

Значительное усовершенствование в устройствах для энергетики, ставшее доступным, – это возможность измерения фазового угла, без необходимости установки сложных и дорогостоящих устройств. Все устройства могут быть синхронизированы по времени через GPS. Эти небольшие по размеру и недорогие устройства, которые можно поместить в любое место терминала, синхронизируют процессы в удаленных устройствах и обеспечивают более сложные выходные данные. Синхронизированные по времени устройства синхронно производят измерения в энергосистеме и фиксируют измерения в один и тот же момент времени. Локальные результаты измерения фазового угла переводятся в автоматические управляющие воздействия, которые выполняются в реальном времени и основаны на коллективном понимании системы в целом. Такая мощная технология упрощает реализацию ранее сложных алгоритмов – например, автоматику поддержания устойчивости системы, оценку устойчивости энергосистемы на больших географических территориях. Данные более сложные, поскольку они создаются и используются совместно с данными соседних и удаленных устройств в системе.

Выезд оперативной бригады после автоматического уведомления посредством SMS или e-mail

Данные, полученные с ИЭУ о срабатывании защиты, автоматики, состоянии оборудования, экологической обстановке, измерениях и текущей обстановке передаются непосредственно персоналу. Другими словами, подстанция может контролироваться дистанционно. Инженеры, технические специалисты и обслуживающий персонал по получению вызова должны просто приехать на подстанцию и решить, какое техобслуживание необходимо. Интеллектуальная сеть ИЭУ посылает сообщение по электронной почте или SMS удаленному персоналу или процессам. Такая самоиницируемая связь обеспечивает кибернетическую безопасность. Сообщения приходят непосредственно процессам или персоналу, который может предпринять действия, и включают полезную информацию, например, последнее сообщение регистратора событий с аварийными осциллограммами для определения места повреждения. При этом в традиционных системах выявление проблем – дело диспетчеров, которые посылают ремонтную бригаду на станцию или планируют для себя приезд на объект. Интеллектуальная сеть обеспечивает полезной информацией непосредственно тех людей, которые могут реально помочь решить проблему с тем, чтобы они могли приехать прямо на место, где она возникла, с нужным инструментом, на соответствующем транспорте.

Более эффективная покупка и поставка электроэнергии

Применение ИЭУ и автоматизации электроснабжения позволяет компании Xcel Energy уменьшить количество потерь в линиях, связанных с полным сопротивлением проводов благодаря перераспределению потоков энергии. В результате компания может обеспечивать своих потребителей тем же объемом электроэнергии при меньшей генерации. Выравнивание нагрузки, удаленное управление конденсаторными установками и дистанционное снятие измерений с силового трансформатора обеспечивают такое перераспределение, в результате ко-

торого снижаются выбросы углерода. Сниженный спрос на генерацию в сочетании с более эффективным энергоснабжением продлевают срок службы генерирующего оборудования, сокращая (или хотя бы откладывая) капиталовложения и количество отходов. Кроме того, интеллектуальное измерение оборудования и исправности сети позволяет усовершенствовать поставки электроэнергии потребителям путем замены оборудования ближе к концу его срока службы.

Интеллектуальное измерение и управление сокращают выброс углеродов и иными способами. Баланс нагрузки при измерениях и связи позволяет магистральным и распределительным сетям контролировать отклонения нагрузки без увеличения генерации. Например, может не возникать необходимости запуска дополнительной электростанции на угле, если спрос потребителей удовлетворен за счет эффективной транспортировки и распределения. Даже те энергообъекты, которые работают полностью на невозобновляемых источниках энергии, имеют выгоду от сглаженной нагрузки, и средства генерации, зарезервированные, в первую очередь, для режимов пиковой нагрузки, могут и не понадобиться вовсе или же вводиться в действие не так часто.

ВЫВОДЫ

Из CAP и ИЭУ, повсеместно используемых в энергосистемах, можно построить более интеллектуальную, более надежную сеть. AEP, PSE&G и Xcel Energy применяют для этого свои технологии. Автоматическая реконфигурация и информирование об отключениях позволяет энергокомпаниям обеспечивать своих потребителей более надежным энергоснабжением. Xcel Energy особое внимание уделяет максимальному использованию интеллектуальных технологий для лучшего информирования своих потребителей и снижения выброса углерода. Вероятно, наиболее важным аспектом является экономическая эффективность. Измеряемые выгоды каждого применения демонстрируют ощутимую рентабельность капиталовложений, которая обеспечивается документированной информацией для принятия коммерческих решений.