



Секретариат



Исследование ключевых технологий и способов реализации интеллектуальных подстанций

Цзи ДИН, Имин НИ, Хайдун ЧЖАН, Сяобинь ХУА
State Grid Electric Power Research Institute
Китай
ding-jie@sgepri.sgcc.com.cn

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

«Умные (Интеллектуальные)» подстанции, архитектура системы.

1 ВВЕДЕНИЕ

Многие страны и регионы, в особенности США и Европа заинтересованы в умных сетях, одном из новых направлений развития электроэнергетики нового столетия. В США разработки умных сетей начались главным образом вследствие снижения надежности энергосистем, которое явилась результатом недостаточного инвестирования инфраструктуры наряду с постоянно растущим спросом на электроэнергию и угрозами террористических атак, а также постоянными отказами энергосистем. В Европе побудительным мотивом стала интеграция возобновляемых источников электроэнергии в распределительные сети, которые не были спроектированы для таких целей. На основании свои реальных условий Китай предлагает разработку умных сетей, которые выделяются четырьмя основными характеристиками: информированность, цифровизация, автоматизация и взаимодействие. Целью китайских энергетиков является создание мощной электрической сети со сверхвысоковольтным коридором для передачи электроэнергии и повышение уровня интеграции возобновляемых источников энергии.^[1-2]

Подстанция для сети является важным вспомогательным узлом, соединяющим сети передачи и распределения электроэнергии, а также основным источником сбора данных и важным исполнительным блоком для сети. Существующие цифровые подстанции, вследствие несовершенства систем оценки и нехватки средств и т.д., не в состоянии контролировать устойчивость и надежность на уровне процесса, что негативно сказывается на технологических процессах самой подстанции и препятствует дальнейшему повышению уровня безопасности сети. Наряду с разработкой концепции построения умной подстанции, такие подстанции являются неизбежным шагом вперед в деле автоматизации подстанций.

Умные подстанции обладают следующими функциональными характеристиками: интеллектуальное первичное оборудование, интеллектуальная сеть, объединяющая первичное оборудование; завершенность базовых данных, стандартизация информационного обмена; автоматизация управления, наглядность информации; онлайн-оптимизация процесса анализа и принятия решений, оценка режима обслуживания; возможность совместного управления защитой, установка оборудования по месту; совместное проектирование систем, высокий уровень интеграции систем. Ключевые технические характеристики умной подстанции анализируются интеллектуальным первичным оборудованием, интеграционной платформой информатизации, интеллектуальными приложениями, а также новыми типами защиты подстанции и новыми средствами управления.

2 УМНАЯ АРХИТЕКТУРА ПОДСТАНЦИИ

2.1 Понятие об умной подстанции

Умная подстанция это технологически новое решение, которое не имеет определенного термина. Китай настаивает именно на определении «умной» подстанции^[5]: в состав такой подстанции входит самое современное, надежное, с высокой степенью интеграции, низким содержанием углерода и экологически безопасное первичное оборудование. Оборудование умной подстанции отвечает основным требованиям, включая полную цифровизацию информации, создание коммуникационной сетевой платформы, обмен информацией и приведение ее к стандартной форме. Основные функции, такие как сбор информации, измерения, управление, защита, проведение измерений и мониторинг выполняются в автоматическом режиме. В соответствии с необходимостью используются интеллектуальные приложения, такие как автоматическое управление в реальном времени, проведение онлайн-анализа и принятия решений, а также совместное проектирование. На рисунке 1 приведена схема построения умной подстанции.



Рис. 1: Схема построения умной подстанции

На основе существующих цифровых подстанций умная подстанция решает ключевые технические вопросы внутри себя, например, взаимодействие с близлежащими подстанциями, между подстанцией и диспетчерским центром, см. Рис. 1. Между умной подстанцией и диспетчерским центром установлена бесшовная связь; установлено двустороннее взаимодействие между умной подстанцией и основными потребителями электроэнергии, как например, производители стали; реализовано информационное взаимодействие между умной подстанцией и близлежащей подстанцией.

2.2 Архитектура системы умной подстанции

Архитектура системы умной подстанции базируется на основе архитектуры цифровой подстанции и подразделяется на технологический уровень, уровень присоединений и общестанционный уровень. Технологический уровень включает трансформаторы, автоматические выключатели, трансформаторы тока/силовые трансформаторы и тому подобное оборудование со своими интеллектуальными компонентами, а также автономные интеллектуальные устройства. Уровень присоединений включает вторичное оборудование, такое как устройства релейной защиты, устройства телеизмерений и оборудование мониторинга и т.д., которые поддерживают связь с различными удаленными устройствами ввода/вывода, датчиками и устройствами управления. К общестанционному уровню относится система контроля и управления, система управления зоной подстанции, система связи и т.д., которые выполняют следующие функции: мониторинг всего оборудования подстанции;

диспетчерское управление и сбор данных (SCADA), управление защитой информации и другие соответствующие функции.

3 ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УМНОЙ ПОДСТАНЦИИ

3.1 Интеллектуальное первичное оборудование

Интеллектуальное первичное оборудование кроме функций передачи и распределения мощности включает в себя функции измерения, управления, защиты и т.д. Интеллектуальное первичное оборудование включает в себя компоненты двух типов: хост-компоненты и компоненты с развитой логикой. К хост-компонентам относится высоковольтное первичное оборудование. В состав интеллектуальных компонентов входят интеллектуальные устройства (IED) умной подстанции, которые выполняют функции измерений, управления, мониторинга, учета и защиты. Интеллектуальный компонент может один выполнять все функции автономно, или же несколько компонентов могут вместе выполнять одну функцию. Интеллектуальные компоненты могут устанавливаться вне хост-оборудования или же могут встраиваться в него. Интеллектуальное первичное оборудование является технологической связкой между первичным и вторичным оборудованием, которая в будущем постепенно будет интегрирована и станет структурной функцией. В состав первичного интеллектуального оборудования входят интеллектуальный выключатель, интеллектуальный трансформатор, управляемый ректор, электронный трансформатор и т.д. Электронный трансформатор – это новый тип силового трансформатора, в котором отсутствует сердечник. Структура изоляции электронного трансформатора проста, надежна, малообъемна, трансформатор обладает отличными линейными характеристиками и в нем отсутствует насыщение. Вместе с тем выходной сигнал электронного трансформатора может быть напрямую подключен к интерфейсу микрокомпьютерного устройства измерений и защиты. В настоящее время с успехом применяются оптические электронные трансформаторы тока (ОСТ). Преимуществами ОСТ являются широкая полоса пропускания (1А-63кА, изолирующая способность, высокая точность измерений (0,2с), реле защиты, широкий диапазон частоты, небольшие габариты, вес, и объем, защита от воздействия окружающей среды, энергосбережение, возможность подключения модулей с лицевой стороны, простота установки и обслуживания, одновременное измерение переменного и постоянного токов и т.д. Применение ОСТ значительно изменило процесс измерений и защиты. Процесс измерений изменился следующим образом: место аналоговых измерений заняли цифровые, оптические устройства развязывают первичное и вторичное оборудование. Процесс защиты изменился следующим образом: ОСТ способен быстро получить реальную картину состояния тока первичного оборудования; отсутствие насыщения; повышение быстродействия защиты и т.д. Изменился и процесс учета: отсутствие взаимосвязи между точностью измерений и нагрузкой; электромагнитные помехи не влияют на точность измерений; высокая точность измерений даже в условиях высоких токов, внедрение рационального алгоритма, погрешностью которого можно пренебречь.

3.2 Интеграционная платформа информатизации

Мощная интеграционная платформа информатизации появилась вследствие разработки новых систем интеграции и интеграции данных, потребности в применении приложений с расширенной архитектурой, а также разработкой умных подстанций. Интеграционная платформа поддерживает различные типы доступа к данным, хранению и извлечению данных, обеспечивает стандартизацию модели данных путем внедрения унифицированных принципов и методов. На базе интегрированных и обоснованных основных данных умная подстанция формирует объединенную платформу сбора данных, которая обеспечивает стандартный и широкий доступ к информации, необходимой при использовании различных интеллектуальных приложений, которые значительно повышают процесс обмена информацией и информационное взаимодействие системы путем управления данными разнородных систем.

Одной из важнейших отличительных функций интеграционной платформы (а также и умной подстанции) является сопровождение со стороны источника данных, которое заключается в том, что данные источника проходят стандартизацию, конфигурация данных унифицируется, данные корректируются, что приводит к повышению эффективности работы системы и снижению дублирования. Подстанция обеспечивает широкий обзор информации в

виде данных, различные стандартные модели, графики и диаграммы для диспетчерского центра, все графики в формате SVG выполняются в соответствии с требованиями стандарта IEC 61970; ассоциативная связь графики и модели осуществляется автоматически; и в конечном итоге, между умной подстанцией и диспетчерским центром установлена бесшовная связь.

В настоящее время обмен графическими моделями и информацией, взаимодействие в автоматическом режиме между цифровыми подстанциями и диспетчерским центром и т.д. недостижим. Модели и графики, сконфигурированные подстанцией необходимо искусственно отредактировать, затем снова импортировать в диспетчерский центр, что приводит к повторному сопровождению, на что идут время и деньги, причем искусственное редактирование неизбежно приводит к ошибкам человеческого фактора, что ставит под угрозу безопасность всей сети. При запросе диспетчерским центром подстанции на получение информации в реальном времени, вследствие несогласованности модели между подстанцией диспетчерским центром, происходит «изоляция» информации.

Интеграционная платформа информатизации обеспечивает оптимизированные, стандартные и удобные средства конфигурирования. В состав средств конфигурации входит интерфейс, при помощи которого осуществляется импорт и экспорт файла модели, файла в формате SVG, и который проверяет модель первичного оборудования и подтверждает соответствие файла модели. Модель первичного оборудования можно получить путем редактирования иконки на интерфейсе, который ассоциативно связан с моделью вторичного оборудования. После конфигурации интерфейс выдает новый файл с расширением SCD (Описание конфигурации подстанции) и создает однолинейную схему подстанции в формате SVG. Процесс конфигурации происходит в двух режимах – определение объекта типа устройства и типа функции. Например, можно в качестве объекта добавить силовой трансформатор, присоединение, коммуникационное оборудование, терминал и соединительный узел, а также можно удалить объекты простым кликом мышки по соответствующему объекту. При экспорте файла средства конфигурации производят проверку модели на синтаксическую и семантическую адекватность объекту. При нарушении правил средства конфигурации выдают подсказки и предлагают свои варианты модификации. Интеграционная платформа информатизации генерирует СІМ-модель (типовая информационная модель) в соответствии с требованиями диспетчерского центра совместными усилиями цифровой подстанции и диспетчерского центра. В итоге ассоциативно связанные между собой СІМ-модель и графики автоматически импортируются диспетчерским центром.

Сопровождение со стороны источника значительно сокращает объем поддержки и ошибки человеческого фактора с одновременным повышением производительности, и при этом достигается совместное использование информации и устраняется ее изолированность и т.д.

3.3 Интеллектуальные приложения

Для своевременной обработки аварийных ситуаций, мониторинга состояния оборудования подстанции, сокращения нагрузки диспетчерского центра умная подстанция на базе интегрированной платформы информатизации разрабатывает интеллектуальное приложение. Это приложение является главным отличием цифровой подстанции от существующих подстанций. Функции интеллектуального приложения могут изменяться согласно развитию технологий и требованиям управления. Ниже перечислены некоторые из них:

1. Мнемосхема оборудования подстанции: графическая информация о состоянии интеллектуального силового трансформатора, автоматического выключателя и другого первичного оборудования подстанции может быть выведена на дисплей и передана в систему верхнего уровня, которая обеспечивает данными центры диспетчерского управления для организации управления на основе отслеженного состояния оборудования.
2. Интеллектуальная система сигнализации: умная подстанция в зависимости от важности события генерирует тревожную информацию, отсекая незначительную информацию. Большая часть тревожной информации распределена по слоям и

классифицирована с учетом категории, приоритетности и правил логики, что позволяет избежать распространения повреждения благодаря задержке селективности.

3. Всесторонний анализ и принятие решения по информации о повреждении: при возникновении аварийной ситуации или повреждения, энергосистема, на основании типа полученной информации, выдает аналитический отчет о происшествии вместе с программой действий для обслуживающего персонала, что позволяет в короткое время определить причину возникновения аварийной ситуации и выдать соответствующую информацию для аналитического руководства.
4. Обеспечение экономически эффективной эксплуатации и оптимальное управление: в соответствии с информацией, получаемой в масштабе реального времени, «умная» ПС с использованием математической модели предлагает стратегию обеспечения экономически эффективной эксплуатации и оптимального управления, а также метод регулирования напряжения и выбора ступени регулирования устройства компенсации реактивной мощности, которые могут быть использованы диспетчерским центром, например, при определении мероприятий по регулированию напряжения и реактивной мощности.
5. Доступ к управлению возобновляемыми источниками энергии: интеллектуальное приложение может определить предварительную выходную мощность возобновляемых источников энергии, а изолированная сеть выполняет функцию управления в аварийных ситуациях при отключении крупной сети.
6. Связь между системой мониторинга сети и узлом видеонаблюдения: изображение работающих объектов в реальном времени должно передаваться как во время работы оборудования, так и при устранении повреждений, поскольку этим самым обеспечивается надежная реализация процесса в целом, снижается интенсивность труда, а также происходит дальнейшее обучение приложения в необслуживаемом режиме.

На практике любое интеллектуальное приложение должно функционировать в качестве «агента». Такие агенты могут координировать работу друг друга и взаимодействовать с основной сетью, смежной подстанцией и диспетчерским центром.

3.4 Новые технологии защиты и управления умной подстанцией

Новые технологии защиты и управления умной подстанцией включают не только суть самой защиты, но и содержимое информации и сетевой структуры, с одновременным копированием протокола двойной сети и сетевого протокола. Кроме того, что новая технология защиты отвечает следующим четырем требованиям: надежности, селективности, адаптивности и быстродействию, она осуществляет обработку потока принимаемой и передаваемой информации, что эффективно способствует предотвращению потери или задержки данных при выполнении команды на отключение и т.д. Новая технология защиты и управления умной подстанцией имеет следующие характеристики:

1. Основной функцией системы защиты и управления умной подстанцией является функция интеграции, которая приводит в действие процесс взаимодействия всего первичного и вторичного оборудования, и модулей защиты между собой. Время срабатывания умных терминалов защиты не должен превышать 7 мс. Согласно стандарту IEC 61850-9-2 интервал отправки менее 10 микросекунд.
2. Технология защиты умной подстанции основана на двойном принципе, в котором два процесса сетевого уровня полностью независимы. Двойная конфигурация сетей SV или GOOSE не позволяет соединения этих сетей по коммутатору Ethernet, однако, с другого уровня напряжения такое соединение возможно.
3. Технология защиты умной подстанции строится по принципу прямой выборки и прямого отключения. Прямая выборка – это когда интеллектуальное оборудование передает выборку по соединению типа «точка-точка» вместо использования коммутатора Ethernet. Между оборудованием защиты и интеллектуальным терминалом установлена одноранговая связь по протоколу GOOSE.

4 ВЫВОДЫ

Умная подстанция представляет собой направление развития энергосистем на следующие 10-20 лет. В настоящее время умные подстанции находятся в стадии демонстрации или организации. В проекты энергосистем все больше и больше включают электронные трансформаторы, построение сетевых защит и внедрение интеграционных платформ информатизации. В стадии разработки или опытной эксплуатации находятся проекты защит с электронными трансформаторами, интеллектуальными приложениями и интеллектуальным первичным оборудованием. Происходит постепенное внедрение умных подстанций.

Функциональные характеристики умных подстанций: стандартизация информационного обмена; автоматизация диспетчерских центров управления; оптимизация процесса анализа и принятия решений в онлайн-режиме, возможность совместного управления защитой, установка оборудования по месту и т.д., что значительно отличается от существующих подстанций. Наряду с быстрым развитием умных сетей все больше умных подстанций находятся в опытной эксплуатации, в стадии демонстрации и расширения, что упрощает процесс проектирования подстанции, сокращает стоимость строительства, и делает взаимосвязь между внутренним оборудованием подстанции и внешней системой более удобной, обмен информацией стандартизируется, процесс обслуживания легким и т.д. В конечном итоге умные подстанции станут использоваться повсеместно.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лу Юн, Гэнь Дэ Цянь, Джон Н. Цянь. Проблемы умных сетей и развития распределенной генерации в США. Автоматизация энергетических систем, 2010, 34(9):12-16.
- [2] Чэнь Шу Юн, Сун Шу Фан, Ли Лань Син и др., Обзор технологии умных сетей [J]. Технология энергосистем, 2009, 33(8):1-7.
- [3] Тан И, Маниса Пипаттанасомпорн, Шао Шэн-нань и др. Сравнительное исследование разработок умных сетей в Китае, США и Евросоюзе [J]. Технология энергосистем, 2009, 33(15):7-15.
- [4] Чан Кан, Сюэ Фэн, Ян Вэй Дун. Обзор основных характеристик и развитие распространения умных сетей в Китае [J]. Автоматизация энергетических систем, 2009, 33(17):10-15.
- [5] МЭК/ТС57, МЭК 61850 Сети и системы связи на подстанциях [J]. 2004.
- [6] Ли Юн Лян, Ли Ган. Введение ко второму изданию МЭК61850 и перспективы его применения в умных сетях [J]. Технологии энергосистем, 2010, 34(4):11-16.
- [7] Техническое руководство по умным подстанциям [S], Государственная сетевая корпорация Китая, 2010.
- [8] Технические требования к системам защиты умных подстанций [S], Государственная сетевая корпорация Китая, 2009.
- [9] Гао Сян, Чжан Пей Чао. Отличительные особенности и ключевые технологии цифровых подстанций. [J]. Технологии энергосистем, 2006, 30(23):67-71.
- [10] Дин Цзе, Хуан Сяо Фэн, Сюй Ши Мин и др., Характеристики и конструкции цифровых подстанций. Jiangsu Electrical Engineering, 2007, 26 (дополнение) :29-31.
- [11] Ван Юн, Мей Шен Вей, Хэ Гуан Юй. Характеристики и реализация оцифровывания первичного оборудования подстанций. [J]. Автоматизация энергосистем, 2010,34(13):94-99.