



Этапы создания эффективной системы автоматизации подстанции

Данная статья – первая в намеченной к публикации серии статей, посвящённых интеллектуальным энергосистемам Smart Grid, и вбирает в себя первые две из пяти запланированных частей.

В первой части рассматривается общая структура коммуникационной сети электроподстанции, перечисляются основные протоколы обмена данными, их функции и преимущества. Также анализируются влияние и характер воздействия основных факторов внешней среды на активное сетевое оборудование.

Во второй части сформулированы общие принципы и требования, предъявляемые к сетевой инфраструктуре электрических подстанций, описан физический уровень реализации соединений, затронуты общие вопросы мониторинга и управления объектом.

Часть 1. Основные понятия, требования стандартов, влияние условий внешней среды

ВВЕДЕНИЕ В КОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЯХ

Что такое автоматизированная подстанция?

Электрическая подстанция – это часть комплексной системы генерации, передачи и распределения электроэнергии. Подстанции выполняют функцию преобразователей напряжения, например, между генерирующей подстанцией (напряжение около 11 кВ) и сетью передачи электроэнергии (напряжение 110, 220, 500, 715 или даже 1000 кВ). Высоковольтные сети передают электроэнергию на большие расстояния, поближе к потребителям, где другие подстанции выполняют роль понижающих преобразователей напряжения до уровней 100, 10, 1 кВ или 220 В для распределительных сетей и конечных потребителей.

Подстанция – важный узел электрической сети. Она выполняет функции контроля и мониторинга систем комму-

таци, защиты электрооборудования, учёта электроэнергии, автоматизации управления оборудованием и системами аварийной защиты. Традиционная подстанция состоит из коммутационной логики, распределённых телеметрических узлов (Remote Terminal Unit), релейных блоков, электрических коммутаторов и преобразователей напряжения (Current Transformer / Power Transformer). Все компоненты связаны между собой медными кабелями.

Структура современной автоматизированной подстанции состоит из трёх уровней (рис. 1). Верхний уровень (уровень станции) является контролирующим, оборудование на данном уровне изолировано от других систем в экранированном помещении. Оборудование уровня станции включает в себя панель оператора, главную и резервную рабочие станции, GPS-приёмник и др. Средний (контрольный) уровень обеспечивает функции управления конкретной секцией оборудования, расположенной рядом с коммутационным оборудованием. Оборудование контрольного

уровня состоит из так называемых интеллектуальных средств защиты и управления (Intelligent Electrical Devices) автоматическими выключателями, преобразователями, банками конденсаторов. Оборудование этих двух уровней считается вторичным. Нижний (исполнительный) уровень обеспечивает взаимодействие систем автоматики с коммутационным оборудованием подстанции. К полемому оборудованию этого уровня относятся преобразователи напряжения, оборудование распределённого ввода/вывода, приводы, защитная автоматика и пр.

Передача данных на автоматизированной подстанции

Система передачи данных на автоматизированной подстанции относится к критически важным системам, обеспечивающим функционирование подстанции в реальном времени. Сеть передачи данных связывает всё вторичное оборудование на подстанции. На традиционных подстанциях передача данных

обеспечивается в основном последовательными интерфейсами в одностороннем порядке. Различные узкоспециализированные протоколы последовательного обмена осуществляют связь с локальными панелями оператора и SCADA-системами. Современные автоматизированные подстанции базируются на сквозной сети передачи данных, связывающей оборудование исполнительного, контрольного уровней и уровня станции. По сети передаются команды управления, отчёты, статистика и пр.

Коммуникационная сеть между тремя уровнями называется вертикальной и базируется на высокоскоростной Ethernet-сети уровня станции и сети нижнего уровня. Первая осуществляет взаимодействие оборудования уровня станции с контрольным уровнем, а вторая отвечает за транспорт критически важных данных между исполнительным и контрольным уровнем, и именно от неё зависят основные функции контроля и безопасности на объекте.

Коммуникационные процессы внутри каждого уровня называют горизонтальными. На уровне станции обрабатываются данные всех уровней, в том числе база данных верхнего уровня. В первую очередь обрабатываются команды для критически важного оборудования (аварийная защита, размыкатели), сохраняются в базе значения основных параметров технологического процесса (напряжение, ток, мощность). На контрольном уровне аппаратные средства защиты и управления собирают данные с различных секций оборудования и управляют силовыми цепями. На нижнем уровне обрабатывается информация от первичных измерителей параметров состояния процесса, а также выполняются команды от оборудования контрольного уровня.

Стандарты и протоколы

От выбора тех или иных протоколов передачи данных во многом зависит архитектура коммуникационной сети и системы автоматизации в целом. Протоколы определяют характер обмена данными между станциями управления и сетевой автоматикой.

Можно выделить три группы стандартов, используемых при автоматизации подстанций:

- собственные протоколы производителей оборудования, например UCA и DNP3;
- национальные стандарты, например IEEE 1613;

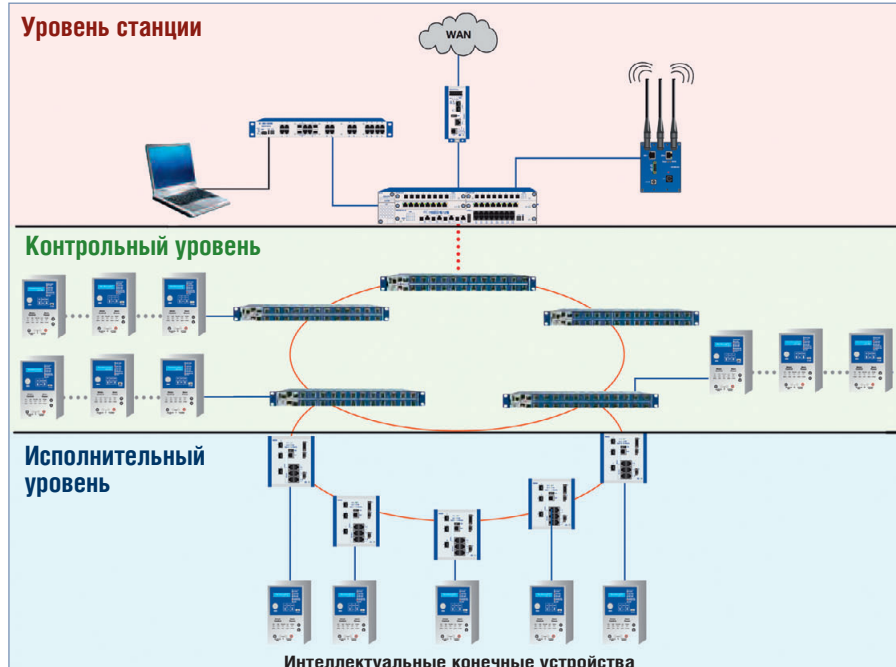


Рис. 1. Система автоматизации подстанции по стандарту МЭК 61850 с трёхуровневой коммуникационной сетью

- международные стандарты, такие как IEC 60870-5-101/104, IEC 60870-6-TASE.2 и, наконец, IEC 61850, известный в России как МЭК 61850.

Коммуникационные сети на подстанциях, как правило, используют низкоуровневые соединения, протоколы передачи данных физического уровня и различные протоколы высокого уровня, работающие поверх TCP/IP.

К настоящему времени можно насчитать порядка 50 протоколов, используемых для автоматизации подстанций, включая Modbus TCP, PROFINET, Ethernet/IP, OPC DA и даже LON. Наиболее широко представлены протоколы DNP3 и IEC 60870-5-104, используемые на уровне станции и среднем уровне. Множество сетей с данными протоколами привязаны к конкретным производителям оборудования, используют последовательные интерфейсы, обладают низкой пропускной способностью и крайне слабой гибкостью. Такие архитектуры не удовлетворяют современным сетевым тенденциям и плохо поддаются масштабированию.

В настоящее время многие производители оборудования для подстанций переходят от использования последовательных интерфейсов к Ethernet-технологиям на основе стандарта IEC 61850. Более современная архитектура клиент-сервер (вместо шинного принципа ведущий-ведомый) и совместимость с оборудованием от разных производителей способствуют его применению на всех трёх уровнях сети подстанции.

Что такое стандарт IEC 61850?

Стандарт IEC 61850 (в России МЭК 61850) описывает коммуникационную сеть и устройства автоматики, применяемые для автоматизации электрических подстанций. В реестре IEC он значится за Техническим комитетом 57 (рабочая группа 10). Стандарт базируется на коммуникационной архитектуре Utility Communication Architecture (UCA) версии 2.0, использующей спецификацию MMS (Manufacturing Message Specification).

IEC 61850 — объектно-ориентированный мультиплатформенный протокол, работающий в сетях TCP/IP и Ethernet. В сравнении с DNP3 и IEC 60870-5-104 стандарт IEC 61850 является не просто ещё одним способом обеспечения доставки данных для SCADA, он предполагает информационные режимы, конфигурирование устройств, различные сервисы для коммуникации.

Перечислим основные функции IEC 61850:

- приведение всей информации на реальной подстанции к виду стандартных информационных моделей и структурированных форм для облегчения управления;
- применение абстрактного коммуникационного сервисного интерфейса ACSI (Abstract Communication Service Interface) для обеспечения независимости приложений и баз данных от коммуникационных протоколов и сред;

- стандартизация языка SCL (Substation Configuration description Language) для описания топологии, информационных моделей, связей, передачи данных на подстанциях (SCL используется для конфигурирования сетевых устройств и ПО от различных производителей);
- обеспечение функционирования SCADA-системы, протоколов GOOSE (Generic Object Orientated Substation Event), GSSE (Generic Substation Status Event), SMV (Sample Measured Value);
- использование шины данных с протоколом GOOSE на нижнем уровне сети (за счёт цифрового интерфейса связи с преобразователями напряжения упрощается их схема соединения).

Преимущества стандарта IEC 61850

Стандарт IEC 61850 определяет все коммуникационные процессы на автоматизированной подстанции. Это открытая технология, способная объединить оборудование от разных производителей, обеспечить его совместное взаимодействие через стандартизированные интерфейсы обмена данными. Стандарт реализует гибкую конфигурацию коммуникационной сети, упрощающую архитектуру системы автоматизации подстанции, с оптимизированным для определённых задач набором устройств.

IEC 61850 — стандарт с большими перспективами на будущее. Его коммуникационная модель может работать с различными приложениями, сеть можно легко наращивать и подстраивать под меняющиеся задачи. В долгосрочной перспективе он будет оставаться удобным и гибким на фоне постоянно меняющегося и развивающегося парка оборудования от разных производителей.

Условия внешней среды

Почему нельзя забывать об условиях внешней среды

Оборудование, входящее в коммуникационную сеть подстанции (конечное оборудование, коммутаторы сети), работает в крайне неблагоприятной внешней среде. Электрическое оборудование подстанции (преобразователи напряжения, силовые коммутаторы и пр.) генерирует сильные электромагнитные поля. Электростатические раз-

ряды, вибрации и электромагнитные помехи естественным образом возникают во время нормальной работы подстанций.

Для обеспечения высоконадёжного функционирования коммуникационной системы в реальном времени необходимо оборудование, способное работать в условиях механических, термических, электромагнитных воздействий.

Стандарты, описывающие внешние воздействия

Внешние воздействия на коммуникационное оборудование подстанций специфично и сильно отличается от общих условий эксплуатации промышленного оборудования. Существует ряд стандартов, которым такое оборудование должно соответствовать.

- IEC 61850-3:2002. Это основной стандарт, определяющий условия внешних воздействий на коммуникационное оборудование. В нём перечислены типовые внешние воздействия, такие, например, как электрические поля, электромагнитные помехи, температурные перепады, влажность, атмосферное давление, механические, сейсмические и вредные воздействия, коррозия. Множество других стандартов типа IEC 60870-2 (климатические условия внешней среды), IEC 60694 (специфика работы с высоковольтным оборудованием) также относятся к IEC 61850-3.
- IEEE 1613. Стандарт регламентирует климатические и испытательные требования к коммуникационному оборудованию на электрических подстанциях. Оборудование специфицируется по параметрам допустимой рабочей температуры и влажности, питающему напряжению, устойчивости к ЭМИ, радиации и пр.

В совокупности стандарты IEEE 1613 и IEC 61850-3 полностью описывают характер возможных воздействий внешней среды на оборудование на электрических подстанциях, как снаружи, так и внутри. В зависимости от места расположения на подстанции оборудование может относиться к разным классам устройств, определённых в указанных стандартах.

Условия внешней среды на подстанциях

Электромагнитные помехи

На подстанциях в режиме нормального функционирования наблюдается

интерференция большого числа разнообразных электромагнитных помех, генерируемых высоковольтным оборудованием: магнитные поля, электрические поля, одиночные разряды, вызванные коммутацией высоковольтных цепей, и т.п. Соответственно, электронное оборудование должно обладать иммунитетом к такой внешней среде. Стандартами определены два класса устройств, невосприимчивых к ЭМИ. Для устройств, относящихся к классу 1, допустимы отдельные ошибки и потери данных, кратковременные задержки в передаче информации под воздействием ЭМИ. Устройства класса 1 применяются для мониторинга процесса. Для класса 2 какие-либо сбои или ошибки, вызванные электромагнитными воздействиями, недопустимы. Оборудование класса 2 применяется непосредственно в управлении технологическим процессом.

Климатические условия

Коммуникационное оборудование подстанции может быть расположено как в специальной серверной комнате, так и вне её, в неотапливаемом помещении. Температуры могут колебаться от низких до высоких, соответственно различаются и требования. Стандартом IEC 60870-2-2 определены четыре температурных класса оборудования:

- А-класс — помещения с контролем климата;
- В-класс — закрытые помещения с обогревом и кондиционированием;
- С-класс — открытые помещения с крышей;
- D-класс — открытые помещения.

Проектировщики системы автоматизации должны иметь чёткое представление о реальных температурных условиях на объектах и в соответствии с этим подбирать оборудование соответствующего класса. Например, коммуникационное оборудование Hirschmann относится к классу С и, соответственно, может применяться вместо оборудования более «щадящих» классов. Класс С подразумевает работу в среде с влажностью до 100%. Для соответствия этому условию в оборудовании Hirschmann применяется специальное конформное покрытие печатной платы. В результате оборудование способно работать в сильном тумане, в соляных средах (морские объекты) при температурах, колеблющихся относительно нуля. Специальное покрытие платы может быть актуальным и при работе устройств в относительно комфортных условиях.

Напряжение питания

Номиналы питающего напряжения различаются в разных странах. Наиболее распространёнными из них являются 220 и 110 В переменного тока, а также 60, 48, 24, 12 В постоянного тока. Обычно для резервирования основного питания используются источники бесперебойного питания (ИБП), заряжающиеся при нормальном режиме работы и включающиеся для питания в аварийном режиме. На выходе ИБП напряжение должно быть аналогичным основному, например, 110 В постоянного тока. Многие производители оснащают оборудование резервированными источниками питания, иногда с функцией «горячей» замены, чтобы максимально повысить надёжность устройства. В этом случае оборудование (например, коммутатор Ethernet) нормально питается от одного из своих источников, а на второй переходит только в случае пропадания питания от первого.

Механические воздействия

Требования по стойкости к механическим воздействиям согласно стандарту IEC 60870-2-2 делят оборудование на четыре класса:

- класс Ам — шадящие условия установки, свойственные непромышленным помещениям и серверным комнатам, подразумевающие отсут-

ствие специфических источников вибрации или ударных воздействий;

- класс Вм — нормальные условия установки, свойственные производственным помещениям, генерирующим и распределительным электростанциям и другим подобным помещениям с низкими уровнями вибрационных и ударных нагрузок;
- класс См — суровые условия установки, характерные для зон с высоким уровнем вибрации, таких как производственные помещения с близко расположенными движущимися машинами;
- класс Дм — критические условия установки, к которым относятся статические зоны в непосредственной близости от тяжелых подвижных механизмов либо подвижные наземные объекты (грузовой и железнодорожный транспорт) и воздушные суда.

На электрических подстанциях встречаются условия, соответствующие первому и второму из перечисленных классов. Коммуникационное оборудование Hirschmann относится к классу Вм.

Атмосферное давление

Объекты энергетики — те же подстанции — в зависимости от географических особенностей местности располагаются на различных высотах. Стандарт IEC 61850-3 определяет рабочую зону от 400

до 3000 м относительно уровня моря. Это соответствует атмосферному давлению от 106 до 70 кПа. Если в каких-то специфических случаях подстанция будет располагаться выше, то верхняя граница максимальной рабочей температуры у оборудования снижается из-за разрежённости воздуха. Этот факт необходимо учитывать при расчёте системы охлаждения таких объектов.

Также при нахождении подстанций выше отметки 2000 м необходимо учитывать снижение диэлектрических свойств воздуха. Соответственно, объекты, способные спровоцировать атмосферные разряды, должны быть удалены на большие расстояния.

Выводы по части 1

Коммуникационное оборудование может страдать и выходить из строя под действием внешней среды. Для электрических подстанций наиболее актуальными воздействиями являются климатические и электромагнитные. Таким образом, коммуникационное оборудование для электроподстанций, как правило, обладает широким диапазоном рабочих температур, защищено специальным покрытием от влаги и обладает достаточно мощным иммунитетом к электромагнитным воздействиям.

Часть 2. Организация инфраструктуры сетей передачи данных в системах автоматизации подстанций

Предъявляемые требования

Сеть подстанции является критически важной системой. Она должна обладать достаточными производительностью, гибкостью и масштабируемостью, дабы обеспечить безотказное соединение большого количества разнородных устройств. Всё возрастающие требования энергетических стандартов диктуют необходимость замещения устаревших низкопроизводительных интерфейсов полноценными сетевыми структурами на базе Ethernet-технологий.

Базовые критерии построения сети

К устоявшимся критериям можно отнести уровень напряжения конкретного объекта, типы и расположение используемого оборудования, реализацию функций мониторинга и управления, обеспечение аварийной защиты и т.п. Если же мы говорим о современной се-

тевой архитектуре, нам не обойтись без рассмотрения ряда важных факторов, анализируемых далее.

Повышенная устойчивость к внешним факторам

Все передающие устройства сети, включая коммутаторы, должны соответствовать электротехническим стандартам IEC 61850 и IEEE 1613, быть устойчивыми к неблагоприятным условиям внешней среды, о чём подробно говорилось в первой части статьи. Более того, межузловые линии связи должны выбираться, основываясь на условиях электромагнитной совместимости, объёме и скорости передаваемого трафика, общей длине и совокупной стоимости всей магистрали. Хорошим решением в данном случае будет использование оптоволоконных линий связи, удовлетворяющих самым высоким требованиям по устойчивости к влиянию внешних факторов, вместо медной витой пары.

Топология сети

Каждая сеть передачи данных построена на основе той или иной архитектуры (топологии), определяющей схему расположения и соединения сетевых устройств. Простейшими из них являются общая шина, звезда и кольцо. В качестве же архитектур, в наибольшей степени соответствующих решению задач электrorаспределения и обеспечивающих безотказное соединение, можно выделить дублированное кольцо, дублированную звезду и звезду в кольце. Отталкиваясь от требований безопасности, принято разделять доступ к сети на несколько уровней, начиная с нижнего полевого и заканчивая верхним уровнем мониторинга и управления объектом в целом. Данную функцию реализуют управляемые маршрутизаторы и сетевые экраны (firewall).

Безотказность и способность к восстановлению

При выходе из строя одного или более узлов сети функциональность ин-

фраструктуры в целом не должна быть нарушена, либо она должна иметь возможность восстановления. В этом могут помочь резервированные топологии, упомянутые в предыдущем подразделе, с их дублированными линиями связи, узлами и протоколами.

Управление сетью

Все устройства и процессы в сети электрической подстанции должны быть легко контролируемы. Стандартное программное обеспечение, предназначенное для решения этих задач, основывается на протоколе SNMP (простой протокол сетевого управления) и использовании управляемых коммутаторов с его поддержкой. В случае если для организации сети будут задействованы неуправляемые коммутаторы, диагностировать возникающие проблемы и удалённо перенаправлять потоки данных станет затруднительно.

Кросс-платформенность ПО

Сетевое системное программное обеспечение должно быть совместимо с разнородными узлами, коммутаторами, прикладными программами и общей инфраструктурой объекта.

Показатели надёжности системы

Ввиду своей повышенной значимости в общей структуре энергоснабжения введённая в строй электрическая подстанция и все её подсистемы должны в течение года бесперебойно обеспечивать потребителей энергией. Вышедшее из строя основное или вторичное сетевое оборудование подстанции должно заменяться на работоспособное в очень короткие сроки. Использование технических решений с поддержкой функций резервирования и «горячей» замены вышедших из строя элементов значительно снижает временные показатели ремонта оборудования с сохранением его в работоспособном состоянии. Основными показателями для численного сравнения здесь выступают MTBF (среднее время между отказами), MTBR (среднее время между заменами), MTTR (среднее время ремонта).

Синхронизация времени и точность

Процессы, протекающие в системах электрической подстанции, требуют отслеживания, управления и аварийной защиты в режиме реального времени. Неотъемлемым условием предотвращения транспортных коллизий пакетов данных и корректного ведения журнала событий является синхронизация времени на всех устройствах в составе сети. В решении этих задач может помочь целый ряд протоколов. Широко рас-

пространённые протоколы SNTP (протокол синхронизации времени по компьютерной сети) и IRIG-B (протокол в рамках формата, разработанного фирмой Inter-Range Instrumentation Group для нужд военного ведомства США) обеспечивают точность в пределах 1 мс, достаточную для применения в системах электроснабжения. На сегодняшний день одним из самых современных среди подобных стандартов является IEEE 1588-2008, также поддерживаемый IEC 61850 (МЭК 61850).

Безопасность сетевых данных

В современных системах автоматизации локальная вычислительная сеть (ЛВС) подключена или входит в состав рассредоточенной корпоративной сети с большим числом пользователей, обеспечивая удалённым доступом к тем или иным ресурсам. Стоит учесть тот факт, что даже изолированная ЛВС подстанции может быть под угрозой атаки извне. Дополнительные механизмы безопасности позволят снизить уровень риска. К ним относятся запись системных событий, пароли авторизации пользователей, контроль доступа по группам пользователей, защита сетевых портов, шифрование передаваемых данных, аудит безопасности.

Техническое обслуживание

Коммуникационная сеть передачи данных должна быть спроектирована и настроена таким образом, чтобы временные затраты на её обслуживание и восстановление укладывались в чётко отведённые рамки, установленные отраслевыми нормами или рекомендациями.

Выводы на основе требований к сетям

В заключение данного раздела сделаем выводы на основе приведённых требований и рассмотренных критериев построения современных сетей передачи данных в системах автоматизации подстанций.

На фоне интенсивного развития технологий и повышения скоростей передачи данных в ближайшем будущем стоит ориентироваться в своём выборе на сетевую архитектуру, обладающую достаточной масштабируемостью, перспективностью и возможностью модернизации. Сетевая инфраструктура должна быть восприимчива к новому оборудованию и программному обеспечению без значительных и дорогостоящих модификаций своей структуры. Не стоит забывать и об ин-

теграции во всемирную сеть с целым рядом её полезных сервисов, поддерживаемых армией производителей и разработчиков.

ФИЗИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ СОЕДИНЕНИЯ

Основные положения

Сети передачи данных основываются на абстрактной семиуровневой модели OSI (базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем). Физический уровень является самым нижним, в его рамках осуществляются передача электрических или оптических сигналов в кабель или радиозфир и, соответственно, их приём и преобразование в биты данных.

Он описывает алгоритмы конвертации двоичных данных в сигналы линии связи, их передачу на расстояние, типы соединителей интерфейсов, среды передачи данных (медные, оптические, беспроводные). Последние, в свою очередь, базируются на собственных протоколах и спецификациях. Физический уровень соединения подразделяется в зависимости от пропускной способности на каналы 10 Мбит/с, 100 Мбит/с, 1 Гбит/с, 10 Гбит/с.

Описываемый ранее в статье стандарт МЭК 61850 задействует соединение с пропускной способностью 100 Мбит/с на основе медных или волоконно-оптических линий связи. Бóльшая пропускная способность появится в последующих версиях этого документа.

Основные критерии, определяющие физический уровень

Простейшей задачей физического уровня соединения можно назвать реализацию интерфейса обмена данными между устройствами. Определим же основные критерии её решения.

Скорость линии

На сегодняшний день при проектировании сети данных электрической подстанции достаточным является использование соединения со скоростью 100 Мбит/с, которое полностью удовлетворяет требованиям больших и малых объектов. Тем не менее стоит ориентироваться на будущие задачи и не забывать о возможности использования более быстрых типов соединений.

Пропускная способность

Достаточная пропускная способность является ключом к пониманию того, что требования к производительности

сети передачи данных электрической подстанции будут выполнены. Дополнительные высокоресурсоёмкие приложения, например оцифрованный видеопоток, используют для своей передачи те же сетевые ресурсы, что и остальные данные. Таким образом, при проектировании сети передачи следует закладывать такую величину пропускной способности, которая не сможет быть исчерпана даже в момент критической нагрузки.

Задержки пакетов данных в сети (латентность сети)

Для нормального функционирования сетевой инфраструктуры, исходя из здравого смысла, задержки в передаче пакетов должны быть как можно более короткими. Особенно эффект увеличения задержки становится заметным при каскадировании коммутаторов на разных уровнях сетевой инфраструктуры. С другой стороны, латентность сети снижается при использовании каналов связи повышенной пропускной способности, начиная от 1 Гбит/с.

Выбор между медной и оптической средами

Безусловно, медная витая пара является самым недорогим и простым при монтаже решением, но максимальное расстояние, покрываемое одним сегментом такой сети, составляет максимум 100 м. Кроме того, медные проводники чувствительны к электромагнитным воздействиям. Их применение можно рекомендовать в пределах коммутационных шкафов или внутри зданий, где в подавляющем большинстве случаев электромагнитный фон находится в рамках нормы и нет потребности в сегментах сети более 25–100 м.

К актуальным типам медных кабелей можно отнести кабели CAT 5e и CAT 6 (витая пара пятой и шестой категории соответственно). Приоритетным является использование экранированных модификаций для повышения электромагнитной защищённости.

При необходимости организации кабельной трассы большой длины между удалёнными объектами или при повышенном уровне электромагнитных наводок в окружающей среде имеет смысл остановиться на волоконно-оптических линиях связи. В случае если сеть рассчитана на повышенную скорость обмена 1–10 Гбит/с, применение медной трассы также не может быть рекомендовано ввиду увеличения задержек пакетов данных и повышения уровня информационного шума.

Для оптической линии связи достаточным является использование кабеля на основе многомодового (multi-mode — MM) волокна с диаметром 50 мкм. Он обеспечивает передачу данных на расстояние до 2000 м при скорости в 100 Мбит/с и на 550 м при скорости в 1 Гбит/с. Если же необходимо организовать линию связи большей длины, можно рекомендовать кабель на основе одномодового (single-mode — SM) волокна диаметром 9 мкм. В таком случае протяжённость магистрали может быть увеличена до 10 км.

Все оптические интерконнекты работают на длине волны света, равной 1300 нм, и интерпретируются зарубежными производителями через обозначения 100Base-FX и 1000Base-LX в соответствии со скоростью обмена данными.

Выбор разъёмных соединителей

Стандартом де-факто в организации медных кабельных сетей данных является применение коннектора типа RJ-45. В условиях окружающей среды без негативных внешних воздействий они отлично справляются с возложенными функциями, дёшевы и просты в монтаже. В том случае, если сетевое оборудование размещается в загрязнённых помещениях с повышенным уровнем влажности или там, где вероятны вибрационные либо ударные нагрузки, на помощь приходит винтовой разъём M12 (рис. 2), стойкий к перечисленным воздействиям.

Выбор соединительных разъёмов для волоконно-оптических кабелей довольно широк. Самые распространённые из них — коннекторы типов ST, SC, FC. С точки зрения применения в сети данных электрической подстанции, особенно интересен ещё один тип соединителей — LC. По сравнению с остальными он отличается миниатюрными размерами и повышенной механической прочностью.

УПРАВЛЕНИЕ СЕТЬЮ

Управление сетевой инфраструктурой подстанции

Программное обеспечение управления сетью подбирается, отталкиваясь от необходимости объединения разнородной аппаратной части объекта. В качестве основных функций управления, влияющих на всю иерархию сетевых устройств и данных, можно выделить



Рис. 2. Винтовой разъём Ethernet (M12) со степенью защиты IP65

эксплуатацию, обслуживание и администрирование.

На электрической подстанции установлены различные типы и виды оборудования со своими интерфейсами, служебными программами и степенью интеграции в общую сеть передачи данных. Степень интеграции, в свою очередь, можно разделить на несколько уровней по разной степени вложенности, начиная с уровня процесса (установки), проходя через уровень участка (здания) и поднимаясь к верхнему уровню мониторинга и управления одним или несколькими объектами.

Программные комплексы управления сетевой инфраструктурой подстанции включают в себя три основных функциональных компонента: агент — прошивка устройства или его служебная программа-клиент, станция управления сетью (Network Management Station — NMS) и SNMP-протокол — язык общения первых двух. Функцией агента на первом этапе является конфигурирование подчинённого сетевого устройства, опрос и сбор его статусов состояния. На следующем этапе агент передаёт эти данные на станцию управления сетью (NMS), где на основе консолидированной информации от разных агентов осуществляются общий мониторинг и управление. Протокол взаимодействия всех устройств — SNMP.

Какими процессами можно управлять с помощью сети?

Решение задач, возложенных на систему управления, можно разделить на несколько функциональных зон.

Управление конфигурациями оборудования

Все устройства сети должны быть сконфигурированы определённым образом. В составе каждого из них работает одна или несколько внутренних баз данных, содержащих в себе конкретные настройки каждого устройства. Это могут быть разнообразные конфигурации коммутатора, виртуального порта данных или сети.

Задачей программного обеспечения, отвечающего за управление конфигурациями, является загрузка и активизация настроек, получение конфигураций устройств и установка взаимных связей между ними путём ответов на следующие вопросы:

- Как сконфигурированы оборудование и вся сеть в целом, например кабельная инфраструктура?
- Где хранятся данные конфигураций?
- Каким образом файлы настроек могут быть изменены сервисными инженерами?
- Были ли произведены аппаратные изменения в настройках до текущего момента?
- Были ли произведены программные изменения в настройках, например исправление внутренних ошибок или добавление дополнительных функций?

Управление конфигурациями, как правило, происходит при настройке, обслуживании, модернизации или расширении сетевой инфраструктуры.

Контроль неисправностей

Неисправности в системе могут быть постоянными и эпизодическими, как и события или ошибки, их порождающие. В определённый момент отрицательные факторы могут накопиться и вывести всю систему из строя. Система управления противостоит такому ходу событий путём обнаружения неисправности, её изоляции и корректировки с помощью следующих функций:

- сохранение и изучение журналов ошибок;
- принятие и обработка сообщений об ошибках;
- отслеживание и выявление неисправностей;
- проведение диагностических тестов;
- устранение неисправностей.

Прогнозирование неисправностей

Выход из строя сетевой инфраструктуры подстанции в случае сбоя или ошибки может иметь серьёзные последствия для работы объекта в целом. Программное обеспечение прогнозирования и контроля неисправностей может заведомо отслеживать и выявлять проблемы до момента их появления. В качестве примера можно сослаться на ПО Hirschmann™ HiVision, использующее в своём арсенале наблюдение за общими трендами состояния сети и установление порогового значения тревоги, мониторинг доступной полосы пропускания и её загруженности в текущий момент времени.

Управление мониторингом состояния устройств

Учитывая большое количество сигналов и высокую загруженность пропускного трафика в сети подстанции, отслеживание состояния всех устройств не может постоянно происходить в режиме реального времени. Механизм опроса статусов на базе запроса сервера и ответа клиента отбирает внушительную часть общих вычислительных ресурсов. С помощью функции управления мониторингом конечные устройства самостоятельно информируют сервер на верхнем уровне следующими путями:

- 1) используя внутренний журнал системных событий и тревог;
- 2) используя SNMP-ловушки (SNMP-traps) — сигналы тревоги, отправляемые устройством с поддержкой SNMP-протокола, самостоятельно инициирующего отправку сигналов.

Управление производительностью

Эта функциональная зона включает в себя мониторинг производительности устройств и оценку эффективности всей структуры коммуникации различными способами:

- сбор статистической информации;
- сохранение и использование журналов состояния системы;
- измерение производительности системы при естественных и моделируемых условиях работы;
- изменение режимов работы сети для оптимизации общей производительности.

Например, время отклика устройства на запрос сервера может быть использовано в качестве критерия для оценки пропускной способности и производительности сети. Рост времени отклика свидетельствует о возрастающей загруженности сети и, соответственно, о снижении производительности.

Управление безопасностью

Сетевая инфраструктура подстанции как объект критически важного значения нуждается в защите от негативных последствий влияния человеческого фактора или внешних сетевых атак. Безопасность обеспечивается проведением соответствующей политики, основанной на следующих функциях:

- создание и управление механизмом защиты;
- распределение информации, касающейся безопасности;
- информирование о событиях, связанных с безопасностью.

Какие протоколы используются в системе управления?

Есть всего два стандартных протокола, используемых в процедуре управления сетью: SNMP и OPC. Также в составе первого можно выделить протокол удалённого мониторинга RMON (Remote Monitoring Protocol), осуществляющий удалённый сбор информации в сети.

SNMP

Простой протокол сетевого управления SNMP (Simple Network Management Protocol) отвечает за сбор информации и конфигурирование сети данных. Он осуществляет обмен данными на базе двух абстрактных единиц: менеджера и агента. Первый представляет собой станцию управления сетью (NMS), опрашивающую потоки данных от агентов. Второй — это программное обеспечение с поддержкой SNMP, которое работает на стороне клиента и за которым осуществляется «надзор». Обмен данными проводится по запросу менеджера, в случае экстренных событий агент может инициировать сигналы самостоятельно.

Существует три версии протокола. Наиболее распространённые из них — первая и третья, поддерживающая функцию безопасности.

Обмен данными между менеджером и агентом происходит с использованием виртуальных информационных баз данных, именуемых MIB (Management Information Base) и хранящих в себе данные относительно коммутаторов или других устройств сети. Их подразделяют на два типа:

- 1) публичные, или стандартные — базы данных, хранящие в себе информацию о состоянии портов (включены/выключены), их текущих режимах (передача данных или переключение);
- 2) персональные — определённые изготовителем оборудования базы данных, содержащие специфическую информацию, например состояние источников питания оборудования.

OPC

Данную аббревиатуру можно интерпретировать на русском языке так: технология связывания и внедрения объектов в автоматизированных системах управления (Object Linking and Embedding for Process Control). Как следует из названия, технология используется в процессе обмена данными между устройствами. Существуют две широко распространённые её версии: OPC DA

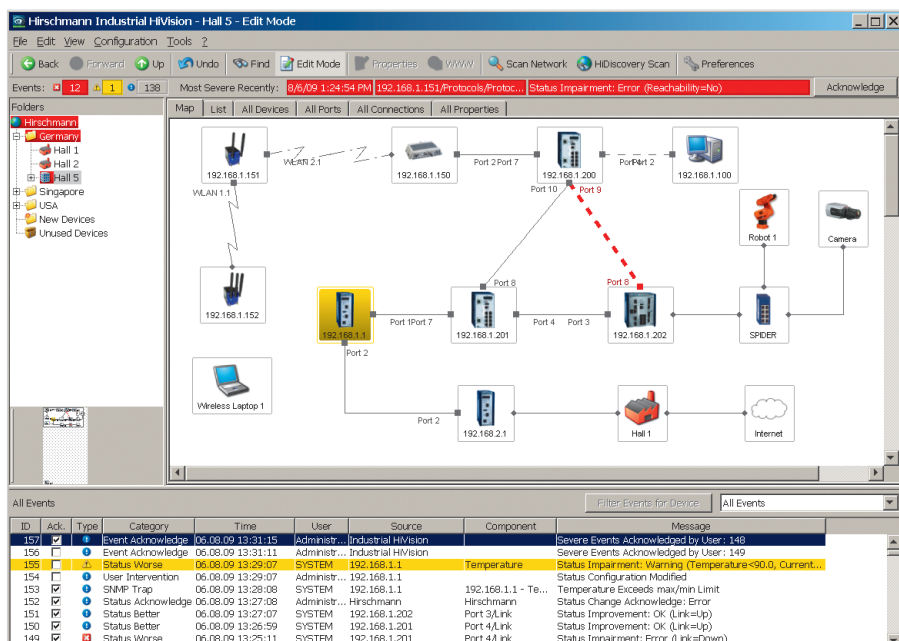


Рис. 3. Интерфейс программы для мониторинга сети Hirschmann™ HiVision

(доступ к данным) и OPC UA (унифицированная архитектура). Программные решения на базе этих технологий со временем становятся всё более популярными за счёт возможности создания на их основе безопасной и надёжной кросс-платформенной структуры. Программные клиенты на базе технологий OPC реализуют общий интерфейс для исходящих данных, вне зависимости от специфики того или иного протокола. OPC-серверы поддерживают широкое разнообразие протоколов: МЭК 61850, Modbus, DNP3 и т.п. Если в структуре сети используются унаследованные устройства с устаревшими протоколами связи, программа OPC-клиент, запускаемая на верхнем уровне коммуникационного сервера, берёт на себя задачу по их корректной интеграции. Все эти факты положительно сказываются на гибкости системы в целом и на её селективности к клиентам. Коммуникационные устройства в сети подстанции

должны поддерживать интерфейс прикладного программирования (API), утверждённый разработчиками сообщества OPC. Благодаря такой встроенной поддержке инсталляция и конфигурации сети могут выполняться в значительно более короткие сроки.

Выводы по части 2

Вместо тривиального заключения по рассмотренным функциям управления сетевой инфраструктурой хотелось бы обратить внимание на программное обеспечение Hirschmann™ HiVision, в котором все эти функции успешно реализованы. Оно специально разработано для применения на промышленных объектах, в том числе на подстанциях электрических сетей, и учитывает их специфику. Hirschmann™ HiVision (рис. 3) может быть легко интегрировано в любую SCADA-систему благодаря поддержке протокола SNMP и технологии OPC. ПО поддерживает широкий

перечень программируемых логических контроллеров, распределённых систем управления и интеллектуальных электронных устройств ведущих мировых производителей, таких как Siemens, ABB, Omron, Schneider Electric, Advantech, WAGO и др. Гибкость настроек утилиты позволяет с лёгкостью интегрировать новые или по разным причинам не поддерживаемые устройства в общую сеть данных. ●

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. IEC 61850 – Communication Networks and systems in substations : [Part 1–10]. – IEC, 2002.
2. IEEE 1613. IEEE Standard Environmental and Testing Requirements for Communications Networking Devices Installed in Electric Power Substations. – IEEE, 2009. – 58 p.
3. Klaus P. Brand, Volker Lohmann, Wolfgang Wimmer. Substation Automation Handbook [Электронный ресурс] // Utility Automation Consulting Lohmann. – 2003. – Режим доступа : <http://www.uac.ch>.
4. Baigent D., Adamiak M. and Mackiewicz R. IEC 61850 Communication Networks and Systems In Substations: An Overview for Users [Электронный ресурс] // SIPSEP. – 2004. – Режим доступа : <http://www.gedigitalenergy.com/multilin/journals/issues/Spring09/IEC61850.pdf>.
5. Wotruba B. Ethernet Enables The Smart Grid [Электронный ресурс] // Hirschmann™ White Paper. – Режим доступа : http://www.belden.com/docs/upload/Ethernet_Smart_Grid_WP.pdf.
6. Service & Support [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.beldensolutions.com/de/Service/index.phtml>.

Перевод Ивана Гурова и Ивана Лопухова, сотрудников фирмы ПРОСОФТ
Телефон: (495) 234-0636
E-mail: info@prosoft.ru

НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

Компания Advantech впервые получила награду “iF Product Design Award 2013”

Продукция компании Advantech впервые заслужила награду “iF Product Design Award 2013”. Оставив позади более 3000 конкурентов, две линейки продукции для систем человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) – серии SPC и TPC – удостоены награды “iF Product Design Award 2013” и будут отмечены престижным отличительным знаком “iF label” в номинации «Промышленность/ сферы квалифицированного труда».

Начиная с 2010 года компания Advantech

выбрала в качестве корпоративной идеологии концепцию «Наделение планеты интеллектом» и положила начало активному организационному развитию, преобразованию своей маркетинговой программы и постоянному расширению деятельности. Все эти мероприятия позволяют претворить в жизнь основную миссию компании по внедрению интеллектуальных решений в различные области работы и образа жизни человека.

Следующее поколение систем ЧМИ от компании Advantech – серии SPC и TPC – имеют ряд удобных для пользователя конструктивных особенностей, к которым отно-

сятся ёмкостный сенсорный экран с поддержкой технологии Multitouch, широкий экран формата 16:9, интеллектуальные клавиши и адаптируемый пользовательский интерфейс, обеспечивающий интуитивно понятное и эргономичное управление для систем ЧМИ.

За более чем 60-летнюю историю премия “iF Product Design Award” завоевала статус международно признанной награды за выдающийся дизайн, а бренд “iF” стал престижным символом особых успехов в области разработки продукции. Получение награды “iF Product Design Award” является большой честью для компании Advantech. ●