

Когда поют провода...

О том, как связь способствует передаче
электроэнергии

Штефан Рамзайер, Герман Шписс

Безопасная и надёжная передача электрической энергии зависит от непрерывности взаимодействия между различными точками в энергосистеме. От простого телефонного разговора между операторами до автоматизированного дистанционного контроля и управления оборудованием – для всего этого требуется устойчивая и надёжная инфраструктура связи. Операторы энергосистем пользуются обширным набором каналов связи – в том числе и с использованием самих линий электропередачи.

Компания АББ опирается на свой 64-летний опыт передачи данных по электрическим линиям. Новейшая разработка компании – система ETL600 – открывает новые, всесторонние возможности. Её легко конфигурировать (парой щелчков компьютерной мыши) и модернизировать (простой установкой нового программного обеспечения). А это значит, что, имея такую систему, заказчик многие годы будет на переднем крае технологий.

Эффективно действующая сеть связи – это принципиальная основа современных энергосистем (рис. 1). Операторы энергетического рынка связываются по коммуникационным сетям между собой для координации действий и обмена всякого рода оперативной информацией. Кроме того, такие сети используются для передачи сигналов дистанционного управления энергообъектами, где нет персонала, для передачи данных (в том числе о нагрузке) из различных точек энергосистемы на центральные диспетчерские пункты и передачи в обратном направлении управляющих команд. Однако важнее всего то, что по сетям связи идут жизненно важные сигналы, которыми в реальном времени обмениваются между собой объекты энергосистемы в целях управления и защиты. Коротко говоря, сети связи способствуют тому, чтобы электрическая энергия бесперебойно «текла» от генератора к потребителю.

Традиционные системы связи общего пользования представляли собой преимущественно модули, в которых все задачи (согласно требованиям заказчика) решались аппаратным путём. Современные встроенные системы такие, как ETL600, использующие линии электропередачи в качестве канала связи, основаны на мощной но гибкой аппаратной базе и наборе разнообразных программных модулей. Такая технология позволяет конфигурировать сложную систему несколькими щелчками мыши и даже расширить в будущем ее функциональность загрузкой дополнительных модулей ПО.

Как и зачем осуществляется связь между предприятиями энергетики?

Компетентность компании АББ в вопросах связи в энергосистемах основана на опыте применения таковой в энергетике более 140 стран. В сочетании с проверенными техническими решениями этот опыт особенно важен для передачи по сетям связи сигналов защиты, когда именно это позволяет системам защиты восстанавливать энергоснабжение в кратчайшие сроки или же изолировать места возникновения аварий, сохраняя работоспособность всего остального оборудования.

Улучшенная функциональность и характеристики систем связи компании АББ повышают количество и качество информации, доступной для целей управления и оперативного руководства. Обеспечение возможности быстрого доступа к такой информации для всех бизнес-структур в энергетике означает, что та же самая информация может быть использована для целей дистанционного управления и измерения. Это позволяет свести к минимуму расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание. В современных энергосистемах общего пользования мощные и высоконадёжные службы связи жизненно необходимы для управления, контроля и ведения дел при эксплуатации энергосистем (рис. 2).

Быстрое развитие технологии в последние годы в сочетании с продолжающимся дерегулированием рынков электроэнергии в значительной степени изменило требования к связи со стороны предприятий энергетики. Основных технологий связи, используемых в сетях, обслуживающих большие регионы, и удовлетворяющих новым требованиям, три: использование линий электропередачи как каналов связи, оптоволоконная и радиорелейная.

Внедрение техники и технологии использования линий электропередачи как каналов связи сыграло важную роль благодаря высокой надёжности, относительно низкой стоимости и большой дальности действия. Для обеспечения более высокой пропускной способности требуются широкополосные (с применением оптоволокна) системы для передачи данных о работе энергосистем, деловой информации и даже – в зависимости от стратегии в области энергетики и от законодательства – для предоставления коммерческих телекоммуникационных услуг. Что касается радиорелейной связи, то она не «привязана» к трассам линий электропередач и в некоторых обстоятельствах может даже иметь преимущество

Готовы общаться? Общее представление о сети связи.



(например, в труднодоступных районах – горы, острова и т.п.).

Типичные применения систем связи общего пользования в энергетике – это связь между объектами энергетики в пределах некоторого района, видеонаблюдение, дистанционная диагностика и обслуживание, автоматизация распределения электрической энергии, автоматическое считывание показаний и стандартные услуги связи.

Таким образом, по линиям электропередачи передаётся не только электрическая энергия но и сигналы СВЯЗИ.

Основные применения «оперативной связи» – это управление энергосистемой, защита линий электропередачи и оперативная телефонная связь. Первые два применения особенно важны для работы энергосистемы и поэтому будут рассмотрены подробнее.

Доступность электрической энергии существенно зависит от надёжности управления энергосистемой. Поэтому системы управления и, в частности, взаимодействующее с ними оборудование связи должны надёжно работать в самых неблагоприятных условиях. Обычно управление энергосистемой подразумевает телеуправление (диспетчерское управление и сбор данных) и системы менеджмента применительно к энергетике.

Оборудование связи для дистанционной защиты, сопряжённое с электрической защитой линий, должно обеспечивать надёжную передачу сигнала в наиболее удалённый конец линии за наименьшее время при самых неблагоприятных мешающих обстоятельствах, которые могут возникнуть из-за аварии в энергосистеме. С другой стороны,

мешающие воздействия на канал связи не должны вызывать нежелательное срабатывание защиты, например, ложный сигнал отключения или блокировки на приёмном конце, если на передающем конце такой сигнал не вырабатывался.

Линия электропередачи как канал связи

Системы связи с использованием линии электропередачи в качестве канала связи уже давно используются в энергетике для передачи важнейшей информации, касающейся работы и защиты электрических сетей (голосовых сообщений, команд защиты

и сигналов управления). Таким образом, по линиям электропередачи передаётся не только электрическая энергия (на частоте 50 или 60 Гц), но и сигналы связи (обычно на частотах от 40 до 500 кГц). Для подключения оконечных устройств связи к высоковольтным линиям электропередач служат специальные устройства сопряжения.

Использование существующих линий электропередач для целей связи – наиболее правильное решение, потому что эти линии представляют собой кратчайший путь для прохождения сигналов дистанционной защиты (где быстрота прохождения имеет решающее значение), являются достаточно надёжными и находятся полностью под контролем предприятий энергетики, что особенно важно в странах, где существует свободный рынок телекоммуникационных услуг. Кроме того, линии электропередачи – превосходная среда распространения сигналов связи на большие расстояния (сотни километров) без промежуточного усиления.

От электронных ламп к встроенным системам

Первая линия связи с использованием линии электропередачи была введена компанией АББ в эксплуатацию в 1942 г. (рис. 3) и за прошедшие 64 года такие линии были проложены более, чем в 120 странах на линиях напряжением до 1100 кВ переменного тока и 500 кВ постоянного тока. Общая длина таких линий превысила миллион километров.

На протяжении 60 лет вплоть до сегодняшнего дня каждое новое поколение оборудования для передачи сигналов связи по линиям электропередачи вбирает в себя всё новейшее в технологии своего времени. Поэтому в совершенствовании такого оборудования нашли своё отражение многие революционные технологии из областей электроники и телекоммуникаций.

Технологии встроенных систем

В первых системах для передачи сигналов связи по линиям электропередачи использовались электронные лампы, а передача информации происходила как в радиосистемах с амплитудной модуляцией: аналоговый сигнал (цифровые сигналы тогда ещё не применялись) модулировал выбранную частоту (обычно в пределах от 40 до 500 кГц) по амплитуде. При этом появлялось два модулированных сигнала боковых полос, являвшихся зеркальными копиями друг друга. В начале 50-х гг. требуемую для передачи сигнала связи полосу частот, возможности выделения которой были крайне ограничены, удалось сократить вдвое, подавив одну из боковых полос (технология SSB). Этот способ используется и сегодня, в том числе в некоторых радиосистемах, работающих в диапазоне коротких волн. В середине 50-х гг. электронные лампы уступили место

транзисторам – сначала германиевым, а в начале 60-х и кремниевым. В середине 70-х гг. появились интегральные микросхемы, а в начале 90-х пользователь мог уже «кроить» систему под конкретные потребности путём «программирования» её с помощью переключателей и перемычек.

Очередной технологический прорыв произошёл в конце 90-х гг., когда компания АББ выпустила встроенную цифровую систему связи с использованием линий электропередачи, ЕТL500. Эту систему уже не надо было конфигурировать только с помощью переключателей и перемычек – использовался графический интерфейс пользователя, управляемый персональным компьютером. Сигналы в самой системе ЕТL500 уже не обрабатывались в аналоговом виде – только в виде потоков двоичных битов. Множество аналоговых

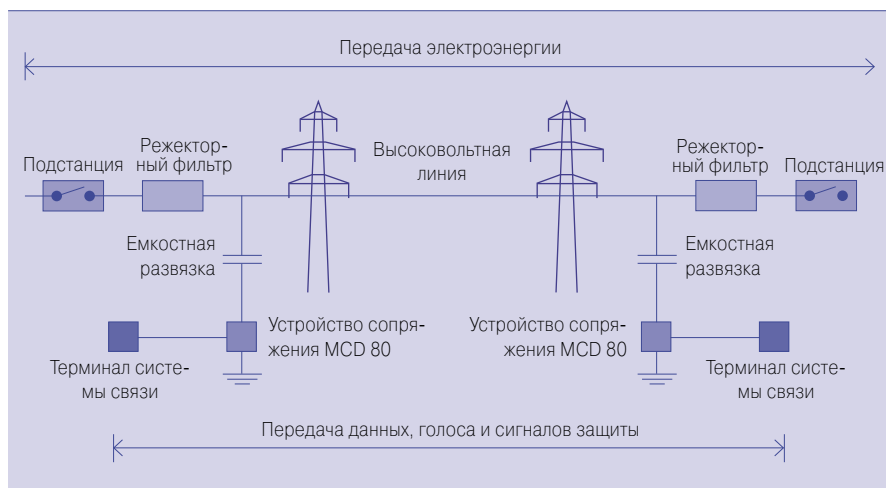
компонентов (гетеродины, смесители, фильтры) были заменены выполнением математических операций в цифровом процессоре обработки данных. Такой процессор похож на применяемый в ПК, и хотя не является столь универсальным, но способен выполнять сложные операции с огромной скоростью.

Ещё один технологический прорыв стал возможным благодаря инновациям в области цифровой модуляции и кодирования. Теперь цифровая связь – элемент повседневной жизни, будь то сотовые телефоны, факсимильные аппараты, компакт- и видеодиски, цифровые спутниковое и местное телевидение и радиосвязь, MP3-плееры – и это далеко не всё. Чтобы представить глубину перемен, давайте сравним, как телефонные линии использовались для передачи цифровой информации с помощью так называемых модемов раньше и как они используются теперь. Вначале появилась технология частотной манипуляции (FSK), позволившая в 1962 г. передавать информацию со скоростью 300 бит/с (впоследствии стандарт V21). Прошло более 30 лет и эта скорость возросла до 56 кбит/с (стандарт V90/V92) – более, чем на 2 порядка! Ещё быстрее можно передавать информацию по асимметричной цифровой абонентской линии (ADSL), однако при этом требуется гораздо более значительная полоса пропускания (в отличие от обычных абонентских телефонных линий).

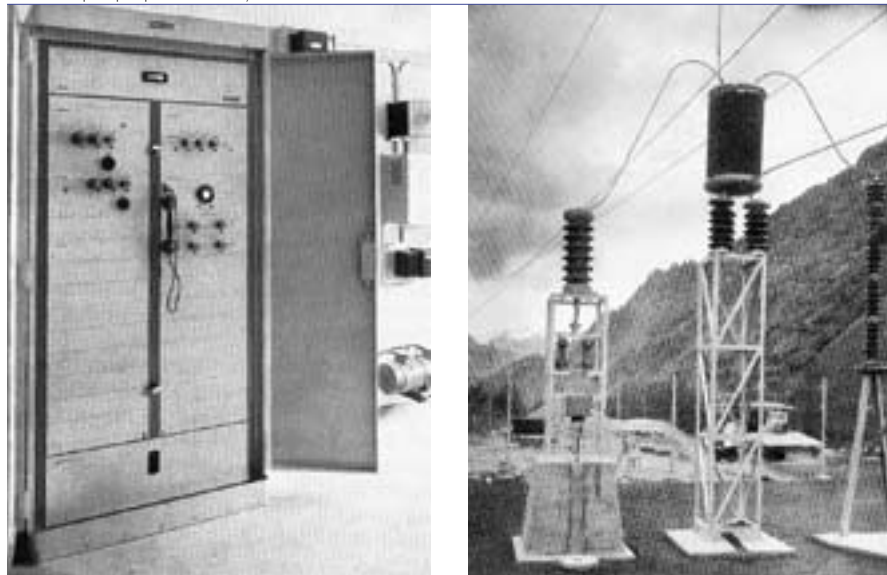
В первых системах для передачи сигналов связи по линиям электропередачи использовались электронные лампы, а передача информации происходила как в радиосистемах с амплитудной модуляцией: в аналоговой форме.

Подобный прогресс оказался возможен и при передаче сигналов связи по электрическим линиям. Разумеется, принципы модуляции и кодирования должны быть адаптированы к скудным возможностям в смысле предоставления полосы частот и к условиям прохождения сигналов по линиям электропередачи. Дополнительным препятствием, подлежащем преодолению, являются огромные расстояния, на которые передаётся электрическая энергия. В 1999 г. компания АББ представила первую в мире цифровую систему передачи сигналов связи по электрическим линиям с автоматической настройкой скорости передачи (AMX500), обеспечивающую передачу данных со скоростью

2 Общая схема системы передачи сигналов связи по линиям электропередачи.



3 Одна из первых установок компании АББ для передачи сигналов связи по электрическим проводам (1944 г., материал опубликован в журнале Brown Boveri Mitteilungen, предшественнике АББ Ревю, в январе-феврале 1944 г.).



до 28,8 кбит/с при полосе пропускания 4 кГц или до 64 кбит/с при полосе пропускания 8 кГц.

ETL600: гибкая и всегда современная встроенная система передачи сигналов

В последние годы достижения технологии открыли новые возможности для реализации рассматриваемых систем, особенно касающиеся обеспечения более широких полос пропускания, интеграции с цифровыми сетями, расширения функциональных возможностей, повышения удобства и гибкости применения. Всё это в сочетании с экономичностью и надёжностью, которой отличается данный способ передачи сигналов связи, привело к его возрождению в глобальном масштабе.

Система ETL600, будучи системой последнего поколения, является полностью встроенной системой, объединяющей и по-новому, гораздо более гибко, использующей многие компоненты предшествующих систем (рис. 4). На такой объединённой и многоцелевой базе возможно реализовать полностью универсальную систему передачи сигналов связи по электрическим линиям.

Архитектура системы ETL600 основана на сочетании проверенных технологий с последними достижениями в схемотехнике и ПО, касающимися обработки цифровых сигналов. Это позволяет пользователю задавать конфигурацию системы несколькими щелчками мыши, хотя раньше добавление новых блоков с электронными схемами требовало программирования с помощью перемычек и переключателей, а то и пайки. Помимо удобства обращения и беспрецедентной гибкости, система ETL600 безусловно гарантирует полную преемственность и условия эксплуатации на уровне современных требований в области цифровых телекоммуникаций. По сравнению с другими системами аналогичного назначения, имеющимися на рынке, эта система передаёт информацию в четыре (!) раза быстрее.

4 Система ETL600 – лидер среди систем передачи сигналов связи по линиям электропередачи.



Для безопасной и надёжной работы в системе ETL600 приняты дополнительные меры по обеспечению высокого коэффициента готовности и по защите от электромагнитных помех и перенапряжений. Помимо соответствия всем нормам стандартов, касающихся ЭМС/ЭМП¹⁾, все интерфейсы этой системы, включая порты передачи данных, гальванически развязаны от каналов передачи и тем самым дополнительно защищают систему от перенапряжений, возрастания потенциала земли и проникновения перенапряжений через контур заземления. Наконец, повышенная надёжность системы ETL600 обеспечивается наличием функции самопроверки и рядом других мер по облегчению ввода этой системы в эксплуатацию и последующего технического обслуживания.

Новый высокоскоростной режим системы ETL600 открывает дорогу для связи по протоколам Ethernet/IP через линии электропередач высокого напряжения.

Заглянем в будущее

Каждый новый технологический рывок открывает более эффективные пути выполнения рутинных задач, а также новые горизонты применения. Традиционные системы передачи сигналов связи по линиям электропередачи связывали одну конкретную точку с другой конкретной точкой, а возможность связи с различными точками обеспечивалась выходом на более высокий уровень протоколов диспетчерской системы SCADA. С введением цифровых систем передачи сигналов связи и цифровых мультиплексоров, коммутаторов и маршрутизаторов, многочисленные звенья таких систем можно связать в разветвлённую сеть. Такая сеть имеет высокую устойчивость к отказам отдельных звеньев и позволяет организовать управление, контроль и защиту на большой площади. Более того, голосовые сообщения, до сих пор передаваемые главным образом в аналоговой форме, могут также передаваться как потоки двоичных битов, требующих меньших частотных полос, столь дефицитных на линиях электропередачи.

Новые качества цифровой технологии передачи сигналов связи по линиям электропередачи позволяют использовать уже существующие системы в качестве достаточно надёжного резерва ответственных систем типа SCADA и Teleprotection, обычно использующих широкополосные каналы связи. В частности, новый высокоскоростной режим системы ETL600 открывает дорогу для связи

по протоколам Ethernet/IP (например, LAN-LAN) через линии электропередач высокого напряжения. При традиционной технологии такое даже невозможно себе представить!

Благодаря гибкой и не утрачивающей со временем новизну архитектуре встроенных систем дополнительные функциональные возможности могут в последующем быть обеспечены развитием ПО, что исключит необходимость замены аппаратной части.

Эта статья посвящена лишь системам передачи сигналов связи по электрическим линиям, но технологические достижения имеют место и в других способах передачи сигналов связи, в частности, с применением волоконно-оптических линий и радиорелейных каналов. Компания АББ предлагает комплексные решения в области связи для применения в ответственных системах энергетики, нефтегазовой отрасли, железнодорожного транспорта. Сегодня новейшие достижения позволяют, используя одну-единственную систему сетевого управления, управлять на расстоянии всей сетью связи.

Дополнительную информацию можно найти по адресу:
<http://www.abb.com/utilitycommunications>

Штефан Рамзейер

Герман Шпиесс
ABB Utility Communication Systems
Баден, Швейцария
stefan. ramseier@ch. abb. com
hermann. spiess@ch. abb. com

¹⁾ ЭМС – электромагнитная совместимость – это способность какого-либо оборудования работать, не мешая работе других устройств. ЭМП – электромагнитные помехи – это энергия, излучаемая электронным оборудованием и способная ухудшить работу другого, близлежащего оборудования.