

МЭК-61850

На вновь строящихся энергообъектах обмен дискретными сигналами между микропроцессорными устройствами релейной защиты и автоматики (РЗА) осуществляется по протоколу GOOSE (МЭК 61850-8-1), их интеграция в систему АСУ ТП производится согласно протоколу MMS, а самая ближайшая перспектива – передача измерений от первичных измерительных преобразователей тока и напряжения в цифровом виде в формате протокола МЭК 61850-9-2LE. Передача данных, в том числе ответственных сигналов, согласно вышеуказанным протоколам производится по сети Ethernet, неотъемлемой частью которой являются коммутаторы. От устойчивости их работы зависит техническое совершенство комплексов РЗА (надежность, чувствительность, селективность, быстродействие) и к ним должны предъявляться такие же жесткие требования как и к устройствам РЗА. В чем же состоит суть этих требований?

МЭК-61850 — стандарт «Коммуникационные сети и системы подстанций», описывающий свод правил для организации событийного протокола передачи данных.

Содержание

1. История стандарта МЭК-61850
 - 1.1. Разделы стандарта
 - 1.2. Преимущества стандарта
2. Обзор стандарта МЭК-61850
3. Передача данных в системах на базе МЭК-61850
4. Ссылки

История стандарта МЭК-61850

В последнее время особое внимание во всем мире и в России уделяется новой коммуникационной технологии МЭК 61850. Тематика МЭК 61850 вызывает оживлённые дискуссии. Производители оборудования, заказчики, эксперты высказывают различные мнения и оценки, вплоть до таких крайностей, как: «это технология будущего, которая решит все наши проблемы,» и, наоборот, «Это совершенно бесполезное изобретение, лоббируемое крупными поставщиками».

На фоне этих дискуссий, работы по внедрению стандарта для систем автоматизации в энергетике давно уже перешли в практическую плоскость: имеется значительный опыт внедрений систем на базе МЭК 61850 за рубежом и некоторое количество пилотных внедрений в России, большинство производителей выпускают оборудование с заявленной поддержкой стандарта, многие заказчики включают в свои технические требования формулировки о безусловной необходимости или о предпочтительности поддержки стандарта МЭК 61850.

С появлением первых цифровых устройств, начали формироваться требования к системам передачи данных. Эти требования касались надежности, производительности и совместимости программно-аппаратных решений.

С 1960-х годов делалось множество попыток создать систему, удовлетворяющую этим требованиям, но из-за технических сложностей достижение поставленных целей было затруднено.

Движение к достижению 100 % надежности, совместимости и гарантированной доставки данных велось не только путем модернизации компьютерных систем и систем связи, но и путем разработки новых протоколов передачи данных.

Каждый производитель строил систему на основе тех протоколов передачи данных, которые он считал наиболее подходящими для решения той или иной задачи. Использовались такие протоколы как 60870-101/103/104, Modbus, DNP3 и т. д. Некоторые из них стали более популярными, некоторые менее, но такое разнообразие решений приводило к отсутствию совместимости и взаимозаменяемости оборудования и усложнению процесса системной интеграции.

История создания МЭК-61850 началась еще в 1980-х годах в США в Детройте. На заводах, собирающих автомобили, были установлены роботы-сборщики, управление которыми производилось по протоколу MMS (англ.). Использование этого протокола оказалось достаточно успешным и уже в 90-х годах он лег в основу UCA2 (Utility Communication Architecture), который активно применялся в Европе в электроэнергетике.

И наконец, в 2003 году появилась первая редакция стандарта МЭК-61850.

Область применения стандарта МЭК 61850 — системы связи внутри подстанции. Это набор стандартов, в который входят стандарт по одноранговой связи и связи клиент-сервер, стандарт по структуре и конфигурации подстанции, стандарт по методике испытаний, стандарт экологических требований, стандарт проекта. Полный набор стандартов имеет следующие разделы:

Разделы стандарта

- IEC 61850-1: Введение и общий обзор.
- IEC 61850-2: Глоссарий терминов.
- IEC 61850-3: Основные требования.
- IEC 61850-4: Управление системой и проектированием.
- IEC 61850-5: Требования связи к функциям и моделям устройств.
- IEC 61850-6: Язык описания конфигурации связи между микропроцессорными электронными устройствами подстанций.
- IEC 61850-7: Основная структура связи для оборудования подстанции и питающей линии (4 части).
- IEC 61850-8-1: Описание специфического сервиса связи (SCSM) — Описание передачи данных по протоколу MMS (ИСО/МЭК 9506 — Часть 1 и Часть 2) и по протоколу ИСО/МЭК 8802-3.
- IEC 61850-9-1: Описание специфического сервиса связи (SCSM) — Выборочные значения по последовательному ненаправленному многоточечному каналу передачи данных типа точка-точка.

- ИЕС 61850-9-2: Описание специфического сервиса связи (SCSM) — Выборочные значения по ИСО/МЭК 8802-3.
- ИЕС 61850-10: Проверка на совместимость.

Преимущества стандарта

Основным требованием к системе сбора данных в стандарте является обеспечение способности микропроцессорных электронных устройств к обмену технологическими и другими данными. Стандарт предъявляет следующие требования к системе:

- Высокоскоростной обмен данными микропроцессорных электронных устройств между собой (одноранговая связь).
- Привязка к подстанционной ЛВС.
- Высокая надежность.
- Гарантированное время доставки.
- Функциональная совместимость оборудования различных производителей.
- Средства поддержки чтения осциллограмм.
- Средства поддержки передачи файлов.
- Конфигурирование / автоматическое конфигурирование.
- Поддержка функций безопасности.

МЭК 61850 является объектноориентированным протоколом, фокусированным на автоматизацию подстанций, и значительно расширяет возможности предшествующих стандартов МЭК. Из-за сложности программной реализации МЭК 61850, что включает реализацию целого ряда стандартов по передаче данных (MMS ISO 9506, стека протоколов ISO, GOOSE и GSSE), на рынке практически отсутствуют надежные готовые решения, позволяющие принимать данные с устройств, поддерживающих 61850.

Обзор стандарта МЭК-61850

МЭК-61850 задумывался как универсальный стандарт, который позволит упорядочить разрозненные решения различных производителей устройств релейной защиты и систем передачи данных, применяемых на подстанциях.

Стандарт получился относительно сложным именно из-за своей универсальности. Он описывает не только как передаются данные, но и закрепляет требования к описанию электрических систем на всех уровнях, начиная от уровня системы в целом, заканчивая конфигурацией отдельного терминала РЗА.

Согласно этим требованиям, система описывается в понятной и стандартизированной форме. Вся информация о конфигурациях хранится в файлах определенного формата. Это приводит к тому, что разработка систем на базе 61850 проста и понятна.

Кроме того, в стандарте прописаны требования по электромагнитной совместимости, по взаимозаменяемости устройств и т. д.

Значительная часть стандарта посвящена протоколам передачи данных — MMS и GOOSE.

Передача данных в системах на базе МЭК-61850

Согласно 61850 устройства РЗА объединены шиной, по которой сами устройства обмениваются данными между собой и передают эти данные на верхний уровень. Такая архитектура удобна тем, что применение технологической шины значительно уменьшает количество медных проводов, что упрощает настройку, проектирование и эксплуатацию системы.

Данные от терминалов релейной защиты по станционной шине могут передаваться на верхний уровень оператору, кроме того, у контролирующих органов, имеющих соответствующий уровень доступа, есть возможность получать оперативные данные с любой подстанции и с любого терминала РЗА. Эта информация позволяет контролировать деятельность подчиненных служб, что повышает надежность энергетических объектов в целом.

Возможность такого гибкого конфигурирования информационных потоков появилась, благодаря той части стандарта, которая посвящена передаче данных.

Основными протоколами передачи данных, согласно стандарту МЭК-61850, являются протоколы MMS и GOOSE.

MMS используется для передачи данных от терминалов РЗА в SCADA систему для дальнейшей визуализации, а GOOSE — для обмена данными между терминалами.

Важной особенностью протоколов является гарантированная доставка сообщений, а скорость передачи данных у MMS и GOOSE выше, чем у других протоколов передачи данных, таких как, например, Modbus.

Взаимозаменяемость отдельных компонентов системы достигается за счет стандартизации протоколов передачи данных, а также за счет жестких требований по совместимости оборудования.

Системы, построенные на 61850, проще обслуживать из-за уменьшения количества кабельных линий связи, что положительно сказывается на надежности системы в целом.

Архитектура системы интуитивно понятна, в результате разработчики и интеграторы тратят меньше времени на понимание архитектуры конкретного объекта и, как следствие, значительно снижается стоимость проектирования и интеграции.

Обслуживание таких систем по сравнению со стандартными в целом проще, хоть и предъявляет несколько иные требования к опыту персонала.

К недостаткам можно отнести повышенную сложность и новизну стандарта. У разработчиков и интеграторов мало опыта построения подобных систем, но этот недостаток, очевидно, временный.

Еще одним недостатком систем, построенных на 61850, является повышенная стоимость микропроцессорного оборудования РЗА, однако, нужно помнить, что применение 61850 дает ряд преимуществ, именно поэтому, количество подстанций по всему миру, построенных на основе 61850, увеличивается.

Преимущества стандарта МЭК 61850 и предложения по их использованию.

Горизонтальный обмен между низовыми устройствами (GOOSE). Наличие технологии GOOSE является наиболее существенным отличием МЭК 61850 от протоколов МЭК 60870-5-10х в части информационного обмена. Быстродействующая передача сигналов между устройствами находит применение в проектах, вместе с тем целесообразность использования GOOSE в качестве единственного средства передачи особо важных сигналов РЗА (без резервирования посредством «сухого контакта») вызывает сомнения. Это объясняется тем, что время передачи GOOSE-сообщений не регламентировано и может существенно увеличиваться при большой загрузке сети, что имеет место в аварийных режимах.

В текущих проектах «РТСофт» GOOSE-сообщения применяются только для организации распределенной оперативной блокировки разъединителей и заземляющих ножей (ОБР).

Упрощение интеграции устройств МП РЗА. Для интеграции устройств МП РЗА протокол МЭК 61850, безусловно, более предпочтителен, чем ранее применявшийся протокол МЭК 60870-5-103. Скорость обмена информацией повышается на несколько порядков благодаря переходу от последовательных интерфейсов со скоростью не более 0,0192_Мбит/с к Ethernet со скоростью 100_Мбит/с. Значительно сокращается время считывания аварийных осциллограмм, что существенно ускоряет и упрощает разбор аварийных ситуаций. АРМ релейщика реализуется на базе стандартного программного обеспечения, предоставляемого производителем устройств РЗА, с удаленным доступом к устройствам по единой технологической сети РЗА и АС УТП (Ethernet TCP/IP). Отпадает необходимость применения дополнительных преобразователей, специализированного ПО или создания дополнительных сегментов сети для организации доступа к устройствам с АРМ инженера РЗА.

Тем не менее для устройств РЗА, поддерживающих только протокол МЭК 60870-5-103, нет смысла применять дополнительные преобразователи протоколов МЭК 60870-5-103 МЭК 61850. В таких случаях наиболее оптимально подключение этих устройств к контроллерам присоединений.

Содержательные имена тэгов. В стандарте МЭК 61850 в качестве адреса переменной используется MMS-имя в формате структурированного текста. Данная особенность очень полезна и выгодно отличает МЭК 61850 от стандартов серии МЭК 60870-5-10х. Использование содержательных имён тэгов существенно упрощает проектирование, наладку и эксплуатацию системы. Вместе с тем эта функция не всегда применяется должным образом: в некоторых устройствах РЗА в основном используются обезличенные логические узлы типа “GGIO”, в результате чего функциональность, заложенная в стандарте, используется неэффективно.

При разработке устройств с поддержкой МЭК 61850 и в процессе проектирования и инжиниринга систем РЗА и АСУ ТП необходимо максимально использовать содержательные имена тэгов.

Самоописание. Стандарт МЭК 61850 предусматривает возможность доступа в реальном времени к модели данных, хранящейся в устройстве. Данная функция также позволяет упростить наладку и эксплуатацию системы.

Одним из уникальных преимуществ ПТК Smart-SPRECON является возможность использования этой функции непосредственно в процессе конфигурирования и наладки системы. Для оперативного внесения изменений в базу данных ПТК можно использовать мастер «Online Import», который позволяет получить модель данных и перечень сигналов непосредственно из низового устройства сразу после того, как оно сконфигурировано и подключено к сети. Таким образом, интеграция оборудования, поддерживающего стандарт МЭК 61850, может быть выполнена в кратчайшие сроки в режиме «plug-and-play».

Несомненно, наиболее правильным способом является конфигурирование системы в заводских условиях в соответствии с предварительно утвержденным проектом, но реалии нашей жизни таковы, что пусконаладка на объекте зачастую ведется в сжатые сроки на фоне постоянно меняющихся исходных данных и появления дополнительных требований заказчика. В этих условиях функция «Online Import» наиболее полезна, и она уже доказала свою эффективность при проведении работ на пусковых объектах 2009_г.

Недостатки стандарта МЭК 61850 и предложения по их компенсации.

Недостаточный уровень стандартизации в части функциональности. Несмотря на значительные усилия, вложенные в разработку стандарта МЭК 61850, многие важные вопросы в текущей версии стандарта не регламентированы или недостаточно проработаны, например:

- отсутствует оптимальное решение по точной синхронизации времени: для станционной шины (МЭК 61850-8) используется стандартный протокол SNTP, обеспечивающий точность синхронизации порядка 3_--_5_мс; более точные механизмы синхронизации, например IEEE 1588 Standard Precision Time Protocol (PTP), ориентированы на шину процесса (МЭК 61850-9);
- не проработаны вопросы резервирования отдельных узлов системы;
- не стандартизованы сервисные функции (диагностика, параметрирование, отладка и др.).

В результате имеют место существенные разночтения в реализации основных функций различными изготовителями оборудования и разработчиками ПТК.

Недостаточный уровень стандартизации в части информационного обмена. Стандарт предоставляет разработчикам полную свободу в выборе способов реализации многих функций, в том числе и функции информационного обмена. Большинство сервисов обмена данными отнесено стандартом к категории необязательных. Вследствие этого, устройства различных производителей, имеющие сертификаты на соответствие стандарту МЭК 61850, могут оказаться функционально несовместимыми. Проблемы совместимости являются оборотной стороной излишней гибкости стандарта.

Компания «РТСофт», являясь системным интегратором, идёт навстречу пожеланиям заказчиков по оптимизации затрат на создание РЗА и АСУ ТП. В целях сокращения

затрат, в ряде случаев наиболее оптимально применение оборудования РЗА и АСУ ТП от различных производителей. В проектах с использованием протокола МЭК 61850 компания уделяет особое внимание углубленной проработке технических решений по организации информационного обмена между всем оборудованием вторичных подсистем. В период 2008__2009_г. было разработано и прошло все необходимые испытания типовое комплексное решение на базе АСУ ТП Smart-SPRECON и РЗА SIEMENS с интеграцией по протоколу МЭК 61850. Ведутся работы по интеграции в ПТК Smart-SPRECON оборудования других отечественных и зарубежных производителей, поддерживающих данный протокол.

Отсутствие полноценных инструментальных средств. Обязательным требованием, предъявляемым к современным устройствам и системам РЗА и АСУ ТП, является наличие инструментальных средств для инжиниринга и отладки. Инженерное ПО должно обладать дружественным интерфейсом, обеспечивать поддержку процесса инжиниринга на всех его этапах и гарантировать целостность конфигурационных данных.

Следует признать, что на текущий момент отсутствует инженерное ПО, позволяющее охватить все этапы конфигурирования систем, построенных на базе оборудования различных производителей. В инженерном ПО различных производителей зачастую используются закрытые технологии и несовместимые форматы представления данных. Принципы построения инженерного ПО не полностью соответствуют требованиям стандарта. Наиболее затруднительно конфигурирование GOOSE-сообщений между разнородным оборудованием, несмотря на наличие программно-аппаратной поддержки этой функции в самих устройствах. В связи с этим, применение GOOSE между устройствами различных производителей практически невозможно. Остаётся надеяться, что в будущем уровень развития инструментальных средств, предлагаемых поставщиками оборудования и независимыми разработчиками ПО, позволит реализовать все требуемые функции стандартным образом.

Повышенные требования к вычислительным ресурсам и производительности сети. Поскольку для обмена информацией в протоколе МЭК 61850 используются, по сути, текстовые сообщения, для передачи одного и того же объема данных этот протокол генерирует в 20-30 раз больший сетевой трафик, чем протокол МЭК 60870-5-104. Вследствие этого, МЭК 61850 гораздо более требователен к производительности сети и вычислительным ресурсам системы. Для построения систем на базе МЭК 61850 требуется большее количество оборудования с более высокой производительностью, что необходимо учитывать при проектировании.

Как правило, при построении АСУ ТП предполагается, что обмен информацией между низовыми устройствами и объектной SCADA реализуется через станционные контроллеры (коммуникационные серверы). При такой архитектуре системы коммуникационный сервер становится слабым звеном и вносит дополнительную задержку, увеличивающую время доставки информации в объектную SCADA.

В рамках ПТК Smart-SPRECON используется оригинальное решение по параллельному подключению серверов МЭК 61850 (низовых устройств) к нескольким клиентам: к серверам объектной SCADA (SPRECON-V460) и к станционным контроллерам (SPRECON-E-C). Данное решение улучшает показатели надёжности и быстродействия системы. При большом количестве подключаемых устройств

станционный контроллер реализуется в виде распределенного кластера из нескольких контроллеров SPRECON-E-C.

Увеличение стоимости реализации проектов. Также следует признать, что на текущий момент стоимость реализации проектов по РЗА и АСУТП на базе технологии МЭК 61850 выше, чем на базе традиционных протоколов МЭК 60870-5-10х. Увеличение стоимости происходит по всем позициям, включающим:

- оборудование и ПО (необходимо приобретение дополнительных коммуникационных адаптеров и драйверов протокола МЭК 61850);
- сетевое оборудование (необходимо использование высокопроизводительного оборудования, сертифицированного на соответствие стандарту);
- работы и услуги (трудоемкость реализации проектов повышается ввиду новизны используемых технологий).

Обещанного сокращения затрат пока не наблюдается, и оно едва ли произойдет в ближайшем будущем. Это обстоятельство должно явиться серьезным аргументом для заказчиков при принятии решений об освоении технологии МЭК 61850.

Требование по поддержке протоколов GOOSE и МЭК 61850-9-2LE в полной мере применимо к устройствам РЗА, но некорректно такое требование формулировать для коммутаторов, поскольку передача кадров Ethernet (коими являются пакеты GOOSE и МЭК 61850-9-2LE) – есть основная задача любого коммутатора второго уровня. Возьмете ли Вы обычный коммутатор, который стоит у Вас дома, либо коммутатор за несколько тысяч долларов оба будут справляться с пересылкой пакетов Ethernet размером немногим более 1500 байт (GOOSE) и около 163 байт (МЭК 61850-9-2LE). И тот и другой справятся с этой задачей хорошо, даже в условиях интенсивной передачи данных.

Основное требование, которое применимо к коммутаторам, которые предполагается применять на энергообъектах, - это соответствие требованиям стандарта МЭК 61850-3. Несмотря на магическое сочетание «61850», эти требования не имеют ничего общего с поддержкой коммуникационных протоколов МЭК 61850. Глава стандарта МЭК 61850-3 обозначает требования к коммуникационному оборудованию, применяемому на электрических станциях и подстанциях, с точки зрения электромагнитной совместимости и климатических условий. Так, раздел 5.7 этой главы стандарта гласит: «Коммуникационное оборудование должно разрабатываться с учетом условия устойчивости к воздействию электромагнитным помех различного вида, характерных для электрических станций и подстанций и должны проходить соответствующие испытания». Таким образом, соответствие коммутаторов требованиям других промышленных стандартов, дающих «право» применять коммутаторы на промышленных предприятиях (химическая промышленность, металлургия, автомобильное производство), перестало быть «зеленым» светом для их применения на энергообъектах и словосочетание «промышленный коммутатор» звучало не так убедительно. В этом же разделе главы 3 стандарта МЭК 61850 указано, требованиям какого документа должны соответствовать коммутаторы для электрических станций и подстанций – стандарту МЭК 61000-6-5.

МЭК 61000-6-5 (ГОСТ Р 51317.6.5-2006) носит название «Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых на электростанциях и

подстанциях. Требования и методы испытаний». В этом документе обозначен перечень электромагнитных воздействий и нормированы их величины для различных интерфейсов устройств, в зависимости от их размещения на энергообъекте. Более подробно электромагнитные воздействия, представленные в МЭК 61000-6-5, и соответствующие процедуры испытания на устойчивость к ним, описаны в серии стандартов МЭК 61000. Если посмотреть, например, в документацию современного микропроцессорного устройства РЗА, то там можно увидеть декларации соответствия МЭК 61000-4-2, 4-5, 4-6 и величины воздействий (степени жесткости), которым они удовлетворяют.

Вот в чем есть схожесть требований к устройствам РЗА и к коммутаторам. Конечно, сами степени жесткости по одним и тем же воздействиям могут отличаться, ввиду того, что устройства РЗА соединяются через ряд промежуточных элементов с силовым оборудованием.

Рассмотрим требования, применимые к коммутаторам для систем РЗА и АСУ ТП электрических подстанций.

Испытательное воздействие	Примечание	Испытательный уровень
МЭК 61000-4-2: Устойчивость к разрядам статического электричества	Корпус (воздушный)	+/- 8 кВ
	Корпус (контактный)	+/- 6 кВ
МЭК 61000-4-3: Устойчивость к излучаемым радиочастотным электромагнитным полям	Корпус	10 В/м
МЭК 61000-4-4: Устойчивость к наносекундным импульсным помехам	Сигнальные порты	+/- 4 кВ
	Порты питания постоянного тока	+/- 4 кВ
МЭК 61000-4-5: Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии	Порты питания постоянного тока: провод-провод	+/- 1 кВ
	Порты питания постоянного тока: провод-земля	+/- 2 кВ
	Сигнальные порты: провод-провод	+/- 1 кВ
	Сигнальные порты: провод-земля	+/- 2 кВ
МЭК 61000-4-6: Устойчивость к кондуктивным помехам в полосе частот от 150 кГц до 80 МГц	Порты питания постоянного тока, сигнальные порты	10 В

МЭК 61000-4-8: Устойчивость к воздействию магнитного поля промышленной частоты	Длительно	3 А/м
	В течение 1 с	-
МЭК 61000-4-12: Устойчивость к колебательным затухающим помехам	Сигнальные порты	1 кВ - синфазно; 0,5 кВ - дифф.
	Порты питания постоянного тока	2,5 кВ - синфазно; 1 кВ - дифф.
МЭК 61000-4-16: Устойчивость к кондуктивным помехам в полосе частот от 0 до 150 кГц	Сигнальные порты	30 В длительно, 300 В в течение 1 с
	Порты питания постоянного тока	30 В длительно, 300 В в течение 1 с
МЭК 61000-4-17: Устойчивость к пульсациям напряжения электропитания постоянного тока	Порты питания постоянного тока	10%
МЭК 61000-4-29: Провалы и прерывания напряжения электропитания	Порты питания постоянного тока	30% в течение 1 с 60% в течение 100 мс 100% в течение 50 мс

Для рассмотрения того, насколько современные коммутаторы для электрических станций и подстанций удовлетворяют этим требованиям, рассмотрим характеристики коммутаторов PULLNET AGENT-2 S42R и AGENT 2 S40R, имеющих сертификаты соответствия МЭК 61850-3.

Испытательное воздействие	Примечание	Испытательный уровень согласно МЭК 61850-3	Характеристика S40R/S42R
МЭК 61000-4-2: Устойчивость к разрядам статического электричества	Корпус (воздушный)	+/- 8 кВ	+/- 15 кВ
	Корпус (контактный)	+/- 6 кВ	+/- 8 кВ
МЭК 61000-4-3: Устойчивость к излучаемым радиочастотным электромагнитным полям	Корпус	10 В/м	20 В/м
МЭК 61000-4-4: Устойчивость к наносекундным импульсным помехам	Сигнальные порты	+/- 4 кВ	+/- 4 кВ
	Порты питания постоянного тока	+/- 4 кВ	+/- 4 кВ
МЭК 61000-4-5: Устойчивость к микросекундным импульсным помехам	Порты питания постоянного тока:	+/- 1 кВ	+/- 1 кВ

большой энергии	провод-провод		
	Порты питания постоянного тока: провод-земля	+/- 2 кВ	+/- 2 кВ
	Сигнальные порты: провод-провод	+/- 1 кВ	+/- 2 кВ
	Сигнальные порты: провод-земля	+/- 2 кВ	+/- 4 кВ
МЭК 61000-4-6: Устойчивость к кондуктивным помехам в полосе частот от 150 кГц до 80 МГц	Порты питания постоянного тока, сигнальные порты	10 В	10 В
МЭК 61000-4-8: Устойчивость к воздействию магнитного поля промышленной частоты	Длительно	3 А/м	100 А/м
	В течение 1 с	-	1000 А/м
МЭК 61000-4-12: Устойчивость к колебательным затухающим помехам	Сигнальные порты	1 кВ - синфазно; 0,5 кВ - дифф.	2,5 кВ - синфазно; 1 кВ - дифф.
	Порты питания постоянного тока	2,5 кВ - синфазно; 1 кВ - дифф.	2,5 кВ - синфазно; 1 кВ - дифф.
МЭК 61000-4-16: Устойчивость к кондуктивным помехам в полосе частот от 0 до 150 кГц	Сигнальные порты	30 В длительно, 300 В в течение 1 с	30 В длительно, 300 В в течение 1 с
	Порты питания постоянного тока	30 В длительно, 300 В в течение 1 с	30 В длительно, 300 В в течение 1 с
МЭК 61000-4-17: Устойчивость к пульсациям напряжения электропитания постоянного тока	Порты питания постоянного тока	10%	10%
МЭК 61000-4-29: Провалы и прерывания напряжения электропитания	Порты питания постоянного тока	30% в течение 1 с 60% в течение 100 мс 100% в течение 50 мс	30% в течение 1 с 60% в течение 100 мс 100% в течение 50 мс

Видно, что рассматриваемые коммутаторы удовлетворяют и даже превосходят требования стандарта МЭК 61000-6-5, а значит и МЭК 61850-3 и могут применяться в составе комплексов РЗА и АСУ ТП современных электрических станций и подстанций.

Основные принципы применения протокола МЭК 61850:

1. МЭК 61850 - это перспективная технология, переход к которой от более традиционных версий должен производиться последовательно. Непременными условиями такого перехода являются совершенствование инструментальных средств, оборудования, самого стандарта, а также накопление опыта по эксплуатации технологии и готовых типовых решений.

2. "Реализация МЭК 61850 любыми способами" - это крайне неверный и обреченный на неудачу подход.

3. Пока оптимальными являются всё же технические решения, основанные на комбинации протоколов МЭК 61850 и 60870-5-104. Это объясняется несовершенством пока ещё нового протокола, а также наличием тщательно проработанных и уже неоднократно опробованных решений на базе предшествующих технологий.

4. Если какие-либо функции успешно и эффективно реализованы в стандарте 60870-5-104, то смысла переносить их в новый протокол попросту нет.

5. Все заказчики должны предварительно максимально четко и ясно определять для себя планы, задачи и цели по внедрению стандарта.

6. Требуется разрабатывать и предлагать не только комплексные решения на базе протокола МЭК 61850, рассчитанные на внедрение на новых объектах, но также и решения для существующих систем автоматизации с возможностями их постепенного обновления и развития.

Для реального сокращения затрат следует рассмотреть вопрос применения комбинированных конфигураций на базе МЭК 61850 и МЭК 60870-5-10х.