

СТАНДАРТ IEC61850 И ОБОРУДОВАНИЕ PHOENIX CONTACT ДЛЯ НЕГО (ОПЫТ КРАТКОГО ОПИСАНИЯ В КЛАССИЧЕСКОМ ЖАНРЕ)

Е.В. Егоров (ООО "ЭФО")

*Если вы что-то не можете объяснить шестилетнему ребенку, значит, вы сами этого не понимаете.
Приписывается А. Эйнштейну.*

Проанализированы понятия «цифровая подстанция» и Smart Grid. Показано, как соотносятся эти понятия со стандартом МЭК-61850, описывающим форматы потоков данных, виды информации, правила организации протокола передачи данных. Приведен пример реализованного проекта цифровой подстанции в соответствии со стандартом МЭК-61850 на базе оборудования компании Phoenix Contact.

Ключевые слова: цифровая подстанция, Smart Grid, передача данных, электроэнергетика, диспетчеризация и автоматизация управления сетями передачи электроэнергии.

Одними из популярнейших на сегодняшний день “мемов” в части задач диспетчеризации и автоматизации управления сетями передачи электроэнергии являются термины “IEC 61850” и “цифровая подстанция” [1–3]. Ведущие производители оборудования, в том числе и Phoenix Contact, объявили о выпуске многочисленных видов изделий, согласно данному стандарту. Равно приходится часто слышать рапорты об успешных внедрениях указанного оборудования в разных местностях и проистекающих от сего преимуществах. Необходимость удовлетворения соответствующим стандартам записана в “Программе инновационного развития ПАО «Россети» на период 2016–2020 гг. с перспективой до 2025 г.” Тем не менее любознательному андерсеновскому мальчику до сих пор не вполне понятно, что, собственно говоря, имеется в виду. Надо сказать, что со времен появления в культурной традиции этого невоспитанного дитяти, на его вопросы хорошо научились отвечать, успешно топя истину в потоках ссылок на номера постановлений, ГОСТов и ведомственных технических условий, регулирующих пошив королевской одежды. Но мальчику, на самом деле искренне желающему понять, от чего король подвергает себя опасности простуды, гуляя по улицам в неадекватном виде, от этого не легче.

Предлагаемый материал как раз и является попыткой автора объяснить на пальцах (прежде всего, самому себе), что такое все-таки “цифровая подстанция”, зачем это надо и какое отношение к ней имеет стандарт МЭК 61850 со всем своим десятком спецификаций. Для упрощения работы (ибо написание статей все-таки не является его основным занятием) автор выбрал классический жанр комментирования авторитетного текста, а именно, фирменного релиза компании Phoenix Contact, посвященного продукции под маркой IEC 61850. Начнем.

IEC 61850 — Future-proof energy networks. Это заголовки релиза. Хорошее название. Future-proof. Смотрим по аналогии. Waterproof — водозащищенный, failproof — помехозащищенный, foolproof — защищенный от дурака. Значится, “энергетические сети, защищенные от будущего”. “Кто знает, что ждет нас? Кто скажет, что будет?.. Не надо в грядущее взор пог-

ружать” (С). Автор, кстати, всегда был уверен, что это Хайям. Оказывается, это Аполлинер. Ладно, не будем придирааться к словам. Что же пишут?

“Обеспечение надежного и устойчивого энергоснабжения — один из новейших вызовов современности. В период до 2030 г. ожидается взрывной рост потребности в электроэнергии. При этом придется преодолеть такие факторы, как рост себестоимости производства электроэнергии, сокращение ресурсов и отрицательное влияние на экологическую обстановку, в том числе атмосферные выбросы парниковых газов. Ответом на эти вызовы является современная концепция “интеллектуальных сетей” — Smart Grid.”

Вот ключевое слово — Smart Grid. Все слышали. Однако попытка узнать, что это в точности такое, к прямому успеху, как ни странно, не приводит. Имеющиеся определения до боли напоминают материалы из “Блокнота агитатора”, только вместо “дальнейшего неуклонного роста благосостояния трудящихся на базе совершенствования материально-технической базы коммунизма” в камланиях поминается модернизация на базе информатизации и автоматизация базы цифровизации. Тем не менее смысл у термина есть, и вполне понятный. Он связан с существенным изменением характера потребления и генерации электроэнергии в последнее время. Изменения эти такие:

- резкий рост числа мелких потребителей, имеющих прямые договора с энергосбытовыми организациями;
- увеличение средней подключенной мощности этих потребителей;
- усиление требований к качеству поставляемой электроэнергии, в том числе к времени восстановления энергоснабжения после аварий;
- увеличение доли распределенной генерации — относительно маломощных местных источников, при определенных условиях способных не только обслуживать локальные объекты, но и отдавать энергию в сеть. Говоря о распределенной генерации, часто имеют в виду в первую очередь альтернативные источники электроэнергии — солнце и ветер, поэтому кажется, что это какая-то экзотика, неактуальная для наших условий. Но это не совсем так. Если у вас

на даче имеется обычный резервный переносной генератор, мощность которого превышает вашу потребность в энергии в данный момент, вы вполне можете (пока теоретически, но прогресс неостановим) продавать излишек энергии сетям. Если такие генераторы стоят также и у ваших соседей, ваш дачный поселок вполне может рассматриваться как аварийный источник энергоснабжения для прилегающего региона.

В таких условиях для рационального расходования электроэнергии желательным было бы иметь систему, которая, собирая в автоматическом режиме данные о текущем состоянии всех подключенных к ней потребителей, генераторов, местных подстанций и локальных отрезков ЛЭП, также в автоматическом режиме принимала бы решения о вводе/выводе резервных мощностей, о переключении схем энергоснабжения в обход аварийных участков, о перенаправлении локальных излишков вырабатываемой энергии в точки текущего дефицита или на аккумуляторные станции и т.д. Нового в этом ничего нет, такие системы были всегда, и управляли ими живые диспетчеры. Проблема в том, что при нынешних размерах сетей и соответствующих им объемах информации люди уже не справляются с этой работой. Сеть энергоснабжения, оснащенная системой автоматического диспетчерского управления, которая сможет полностью заменить диспетчера в масштабах достаточно крупного объекта, и называется интеллектуальной сетью — Smart Grid.

Данный термин закрепился в отношении систем управления сетями электроснабжения, хотя сходные задачи возникают в любой сети общего пользования по предоставлению услуг или ресурсов. Более широким по отношению к Smart Grid понятием является «сеть высокой доступности» — термин для обозначения технической системы, специально разработанной для максимально возможного исключения отказов в обслуживании из-за технологических аварий и плановых простоев. Высокая доступность сервиса достигается, помимо повышенных требований к надежности сетевого оборудования, также и технологическими мерами, в том числе специальными системами самодиагностики, позволяющими быстро выявить проблемный участок, и специальной топологией, позволяющей при обнаружении проблемного участка его обойти, восстановив связь между исправными узлами по другой траектории. Это обычно достигается путем замыкания линии подачи ресурса в кольцо или запараллеливания линий снабжения. Строго говоря, ни в том, ни в другом решении нет никакой высокотехнологичной специфики. Все это давно и хорошо известно проектировщикам коммунальных сетей. Например, городские водопроводные магистрали выполняются обычно в виде замкнутого кольца, чтобы любой конкретный участок можно было перекрыть для ликвидации аварии, а на потребителях вне аварийного участка это никак бы не сказалось. Информационные сети отличаются от водопроводных тем,

что в водопроводе поддерживается давление по всему кольцу, так что непрерывность оказания услуги при аварии одного из сегментов достигается автоматически, локальная утечка в магистрали на давление в краях практически не влияет. Сети же Ethernet устроены так, что при наличии в контуре замкнутых колец происходит лавинообразный рост трафика, поэтому для избежания этого необходимо применять специальные протоколы, которые при наличии физически кольцевой топологии логически имитируют обычную «древовидную» структуру. Семейство протоколов, позволяющих реализовать устойчивую работу сетей Ethernet с резервированием на базе кольцевой топологии, называется RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol). Эти протоколы позволяют диагностировать аварийный узел сети и соответствующим образом изменить маршруты доставки телеграмм между узлами за время порядка 10...20 мс. Однако для некоторых задач даже и такое время является недопустимо большим. В таких случаях для обеспечения бесперебойной работы применяется физическое запараллеливание линий и сигналов под управлением протоколов семейства PRP (Parallel Redundancy Protocol), обеспечивающих практически непрерывную связь. Протокол PRP отслеживает идентичность сигналов, приходящих по обеим параллельным линиям, при этом один из сигналов игнорируется, но сам факт его отсутствия рассматривается как свидетельство неисправности линии с запуском соответствующей программы действий. Разновидностью протокола PRP является HSR (High-availability Seamless Redundancy), он отличается тем, что запараллеливание линий происходит не физически, а логически — на базе, например, кольцевой структуры.

Все описанные технологии применяются в рамках концепции Smart Grid в системах управления сетями энергоснабжения. И, конечно же, компания Phoenix Contact, «ваш партнер в управлении энергией на десятилетия», предлагает широкий спектр высокопроизводительных решений и изделий, специально разработанных для этих задач».

С базовой терминологией разобрались. Что пишут дальше?

“IEC 61850 — стандарт связи. До сих пор сетевые коммутационные устройства выполнялись каждым производителем по своим специфическим стандартам с использованием закрытых интерфейсов и протоколов, что приводило к несовместимости компонентов от разных производителей и сильной зависимости потребителя от поставщика. Благодаря введению стандарта IEC 61850 наконец-то стала возможной разработка систем коммуникаций по стандартам, единым в мировом масштабе. Это означает, что потребители более не зависят от единственного изготовителя оборудования, а разнообразие ведомственных технологий заменяется единым подходом на базе Ethernet”.

Ну это, конечно, сильное полемическое преувеличение. Никакого такого особенного “зоопарка” стандартов — тем более в энергетике — отродясь не было,

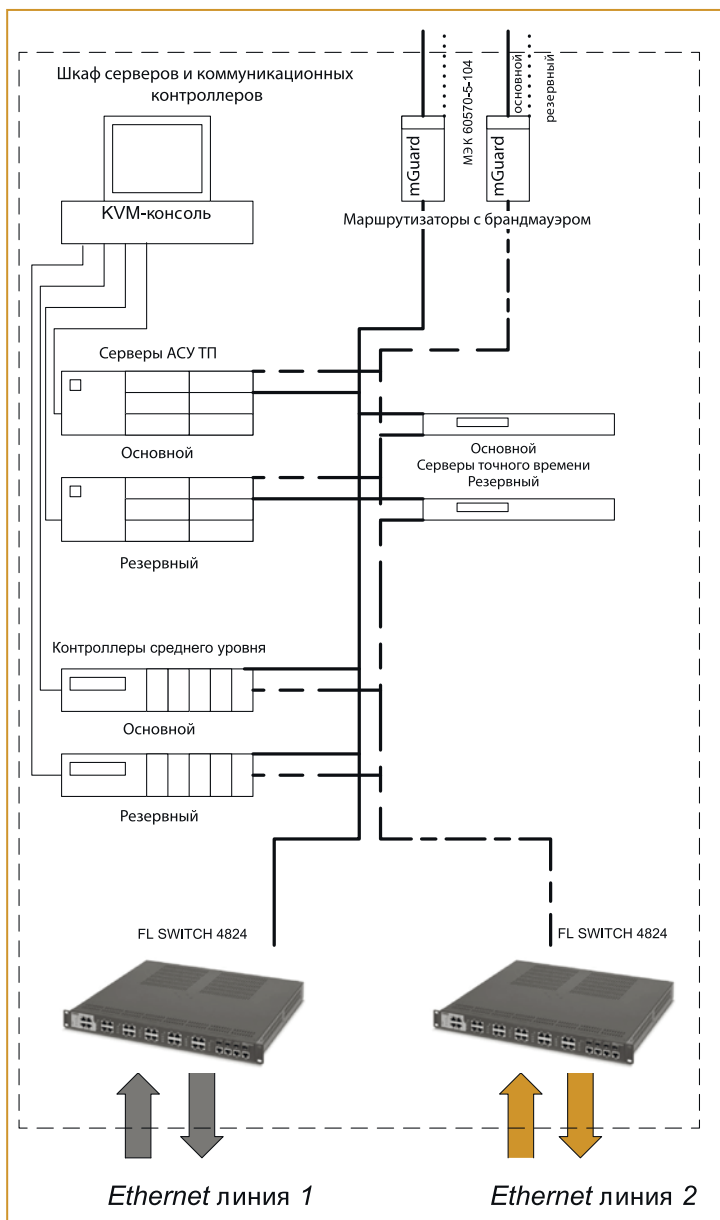


Рис. 1. Резервирование линий ЛВС цифровой подстанции на диспетчерском уровне

были разные варианты коммуникаций, в основном на базе RS-485. IEC 61850 является плодом (одним из плодов) многолетних маниакальных усилий инженерного сообщества по внедрению офисно-бытового по своей сути протокола TCP/IP в область задач с повышенными требованиями к надежности решений. На самом деле стремление везде внедрить решения на базе Ethernet не имеет никакого внятного обоснования, кроме одного — что такое Ethernet, знают все, этому учат в школе, а соответствующее оборудование продается на каждом углу. Для всего остального специалистов надо готовить целевым образом, а малотиражное специализированное оборудование будет всегда дороже того, которое использует массовые технологии. Поэтому внедрение Ethernet-решений в промышленные области было неизбежным, хотя и весьма нелегким в силу принципиально присущей

этой технологии ненадежности. Для преодоления этой ненадежности придуманы различные логические надстройки над транспортным уровнем протокола и аппаратные ухищрения, обеспечивающие гарантированное время доставки телеграмм и быструю диагностику и устранение сбоев. IEC 61850 — одна из наиболее успешных таких попыток, набирающая популярность в силу своей изначальной открытости. Здесь авторы цитируемого релиза правы, аналогичные по идеологии платформы Modbus TCP или, скажем, ProfiNet действительно сильно привязывают пользователей к решениям от Schneider Electric или Siemens соответственно.

Стандарт IEC 61850 включает разработки, делавшиеся для самых разных отраслей промышленности. Так, например, клиент-серверный протокол MMS, описанный в одной из спецификаций стандарта, изначально был разработан для управления роботами на автосборочном конвейере. Впоследствии, однако, стандарт консолидировался в отношении процессов управления в энергетике и на сегодня в основном поминается в связи с понятием «цифровой подстанции». Что такое «цифровая подстанция»? Это такая подстанция, на которой все первичные датчики и исполнительные механизмы с классическими аналоговыми или дискретными сигналами заменены на интеллектуальные устройства со стандартизованным цифровым сетевым портом, общающиеся между собой и с верхним уровнем управления по цифровой шине на базе Ethernet. Это очень здорово, потому что такой подход позволяет резко сократить число соединительных линий; облегчить процессы проектирования и монтажа станции, сведя их к манипулированию стандартными блоками; и сильно облегчить текущую эксплуатацию применением средств автоматической диагностики и самоустранения сбоев. Есть, конечно, и проблемы, связанные с увеличением требований к квалификации персонала, ростом стоимости оборудования (которое еще в большой степени только предстоит разработать) и пр., но в целом за таким подходом будущее. И стандарт IEC61850, как раз и описывающий функционирование различных узлов цифровой подстанции во взаимодействии между собой, призван это будущее приблизить.

На сегодня IEC61850 включает 10 спецификаций:

- IEC 61850-1: Введение и краткий обзор.
- IEC 61850-2: Глоссарий терминов.
- IEC 61850-3: Общие требования.
- IEC 61850-4: Управление системой и проектами.
- IEC 61850-5: Требования к связи для функций и моделей устройств.
- IEC 61850-6: Язык описания конфигурации связи между микропроцессорными электронными устройствами на электрических подстанциях.

- IEC 61850-7-1: Базовая структура связи для обслуживания подстанции и питающих линий. Принципы и эквивалентные схемы (модели).

- IEC 61850-7-2: Базовая структура связи для обслуживания подстанции и питающих линий. Абстрактный интерфейс сервиса связи (ACSI).

- IEC 61850-7-3: Базовая структура связи для обслуживания подстанции и питающих линий — Классы общих данных (CDC).

- IEC 61850-7-4: Базовая структура связи для обслуживания подстанции и питающих линий. Совместимость классов логических узлов и классов данных.

- IEC 61850-8-1: Описание специфического сервиса связи (SCSM). Описание передачи данных по протоколу MMS (ИСО/МЭК 9506 — Ч. 1 и 2) и по протоколу ИСО/МЭК 8802-3.

- IEC 61850-9-1: Описание специфического сервиса связи (SCSM). Выборочные значения по последовательному ненаправленному (однаправленному) многоточечному каналу передачи данных типа "точка-точка".

- IEC 61850-9-2: Описание специфического сервиса связи (SCSM) — Выборочные значения в соответствии с ИСО/МЭК 8802-3 Specific Communication Service Mapping (SCSM) — Sampled values over ISO/IEC 8802-3.

- IEC 61850-10: Проверка на совместимость.

Говоря о совместимости выпускаемого оборудования с требованиями IEC61850, многие производители допускают "незначительную" маркетинговую натяжку. А именно, умалчивают, что из всех десяти спецификаций их продукция соответствует только третьей, где описаны общие технические требования к оборудованию, не сильно отличающиеся от обще-

промышленных. Тем не менее формальное соответствие этим требованиям позволяет производителям упоминать в своих рекламных материалах IEC61850, создавая тем самым впечатление, что их оборудование находится на самом передовом крае технического прогресса.

Phoenix Contact в этом отношении честен. Изделия Phoenix Contact для использования в цифровых подстанциях не только удовлетворяют повышенным техническим требованиям по условиям эксплуатации, но и действительно обладают соответствующей функциональностью. Ассортимент предлагаемых изделий таков.

Сетевые коммутаторы и маршрутизаторы. Помимо соответствия эксплуатационным стандартам, управляемые коммутаторы серий 3000 (для монтажа на рейку DIN) и 4000 (для монтажа в стойку) имеют встроенные средства резервирования, в том числе стандартизованные в соответствии со спецификациями IEEE протоколы STP, RSTP и MST (Multiple Spanning Tree — еще одно развитие идеологии STP), а также проприетарный (люблю это слово) протокол Phoenix Contact под названием Extended Ring Redundancy (все протоколы для кольцевых топологий. Для использования в сетях с параллельным резервированием необходимо применение дополнительных PRP-модулей.

Медиаконвертеры и модули резервирования Ethernet. Небольшая по номенклатуре, но очень актуальная по функциональности группа изделий. Модули резервирования FL RED предназначены для включения в резервированную параллельную сеть с PRP-протоколом обычных Ethernet-устройств (локальных коммутаторов, терминалов и т.п.). Модули не требуют ни программирования, ни конфигурирования и существуют в исполнениях как для витой пары, так и для оптических линий.

Система распределенного ввода/вывода Axioline F. Система распределенной периферии Axioline изначально была разработана под сеть ProfiBus. В настоящее время в номенклатуре Axioline появился коммуникационный модуль IEC61850 (артикул AXL F BK SAS 2701457), позволяющий произвести интеграцию ранее выполненной на основе ProfiBus системы в сеть IEC61850 путем простой замены ProfiBus-контроллеров локальных узлов на модуль 2701457. Указанный контроллер узла имеет два порта Ethernet (витая пара) для использования в топологиях резервирования, а также поддерживает обмен пакетами по протоколам

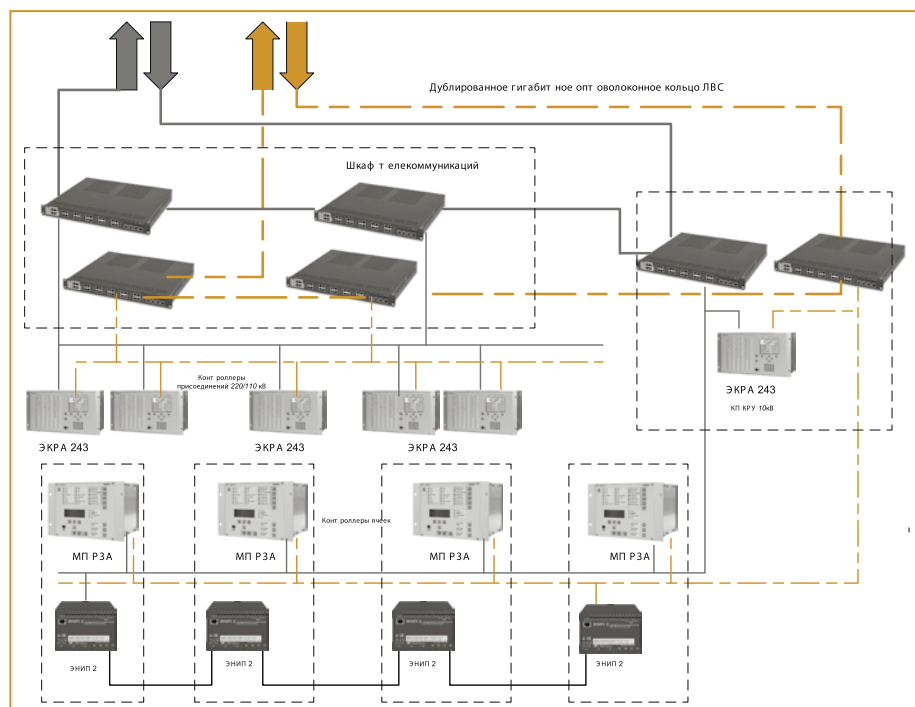


Рис. 2. Резервирование линий ЛВС цифровой подстанции на уровне контроллеров подключений

MMS и GOOSE, предусмотренных спецификациями 8 и 9 стандарта IEC61850. Бонусом идет синхронизация по SNTP и удаленные конфигурирование и диагностика через Internet.

Ну и конечно, верный своей изначальной миссии Phoenix Contact предлагает в комплект ко всему этому широчайший выбор аксессуаров, коннекторов, конструктивов и т.п., с помощью которых можно реализовать самые прихотливые замыслы проектантов и монтажников.

В качестве примера внедрения современных технологий с применением продукции Phoenix Contact можно привести проект, выполненный ООО НПП "ЭКРА" (г. Чебоксары). При реализации проекта АСУТП ПС 220 кВ "Тайга" ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Сибири для обмена информацией между устройствами АСУТП и МП РЗА использованы современные технологии на базе протоколов IEC 61850. Применяются протоколы передачи данных GOOSE и MMS. Предусмотрено "горячее" и "холодное" резервирование основных функциональных блоков.

Сеть с параллельным резервированием (PRP) имеет два запараллеленных кольца RSTP с несколькими перемычками между ними. Сеть построена на базе управляемых коммутаторов FL SWITCH 4824E-4GC производства Phoenix Contact с модулями среды FL SFP SX, соответствующими IEC 61850, оснащенными 24 портами RJ45 и 4-гигабитными комбо-

портами. Коммутаторы резервированы по питанию с помощью съемных модулей FL SWITCH 4800E-P5, поддерживающих "горячую" замену, питание коммутаторов осуществляется при этом как от системы гарантированного питания переменным током, так и от системы постоянного оперативного тока.

На рис. 1 и 2 схематически представлена ЛВС подстанции (не полностью). Все линии связи подстанции полностью резервированы, обрыв любой из них и даже одновременно в нескольких точках на разных уровнях не приводит к перебоям в передаче информации.

На основании всего сказанного можно сделать вывод, что процесс пошел, и контуры объекта "цифровая подстанция" очерчиваются все более и более четко. Не последнюю роль в этом играет компания Phoenix Contact, которая, кстати, с некоторых пор производит часть своих изделий в России.

Список литературы

1. Иванов А.В., Кучеров Ю.Н., Самков В.М., Корев Д.А. Техническое регулирование стандартизация интеллектуальных систем электроснабжения будущего // Энергия единой сети. 2018. №3.
2. Петренко С.А., Ступин Д.Д. Новая онтология кибербезопасности самовосстанавливающихся энергосистем SMART GRID. Ч. II. // Энергия единой сети. 2018. №3.
3. Медведев А. Smart Grid — прогресс или очковитательство? // Цифровая подстанция. <http://digitalsubstation.com>

*Егоров Евгений Валентинович — канд. физ.-мат. наук, начальник отдела промышленной автоматики ООО "ЭФО".
Контактный телефон (812) 331-09-64.
E-mail: eve@efo.ru*

РЕШЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ОТ PHOENIX CONTACT

М.Ю. Цветков (Компания "Феникс Контакт РУС")

Представлены отдельные общепромышленные или специализированные компоненты и готовые решения для области генерации солнечной энергии от компании Phoenix Contact. Приводятся структурные схемы подключения средств автоматизации и оборудования для создания электростанции на солнечной энергии.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, генерация солнечной энергии, метеостанция, контроллер, мониторинг.

Тема альтернативной энергетики в современном мире характеризуется динамичным развитием. Ведь для всех очевидно, что получать электроэнергию из того, что доступно каждому — солнце и ветер — это очень заманчивый шанс использовать практически неиссякаемый источник энергии. Не осталась в стороне и компания Phoenix Contact. Понимая всю важность и актуальность этого направления, Phoenix Contact глубоко окунулась в данную тематику, изучила все насущные проблемы объектов и технологий альтернативной энергетики и выработала собственные современные подходы и решения.

На данный момент Phoenix Contact имеет в арсенале отдельные общепромышленные или специализиро-

ванные компоненты и конкретные готовые решения именно для области генерации солнечной энергии. Обширный список общепромышленных компонентов от Phoenix Contact, давно и успешно используемых в альтернативной энергетике, включает изделия от клемм и маркировки, источников питания, УЗИП и до сетевого оборудования, контроллеров и SCADA-систем. Среди специализированных решений компании под солнечную энергетику выделим следующие:

- технология соединений SUNLIX;
- модульная система для мониторинга постоянно тока SOLARCHECK;
- программа мониторинга и визуализации параметров постоянного тока PV-Monitor;