

Португальский оператор распределительной системы переходит на реальное время

Компания EDP Distribuição меняет парадигму для улучшения управления активами.

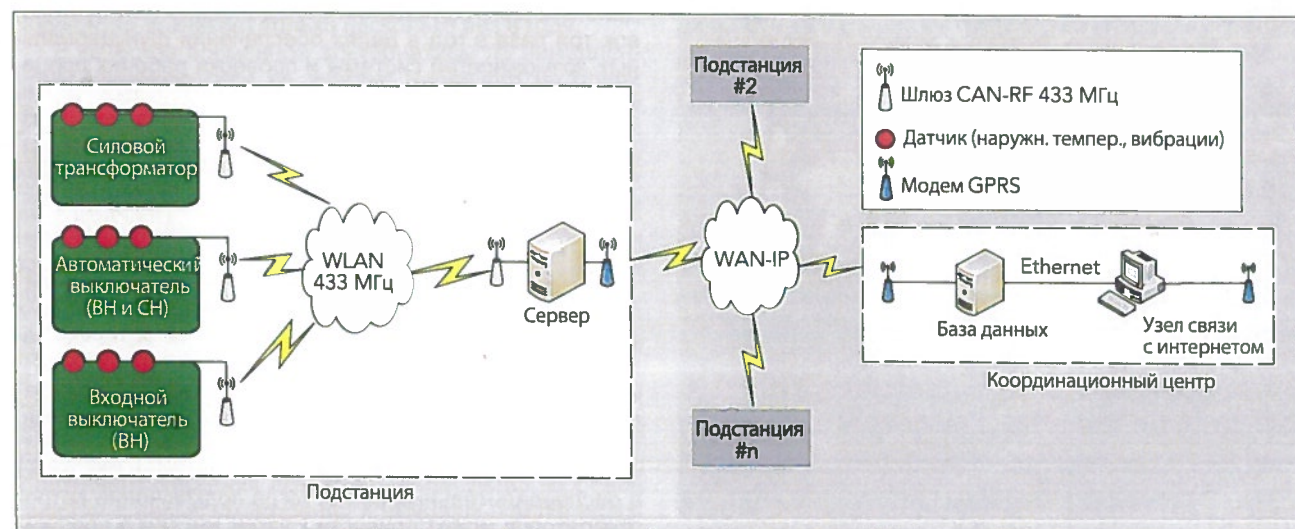
Педро Каррейра (Pedro Carreira), Жорже Мануэль Гомес (Jorge Manuel Gomes), Руй Бернардо (Rui Bernardo) и Хьюго Ферейра (Hugo Ferreira), компания EDP Distribuição

Компания EDP Distribuição внедряет систему управления активами для усовершенствования своей политики и дальнейшего распространения практики управления рисками. В результате новых вызовов, возникших в связи с реализацией этой системы, в плане производительности, издержек и рисков ей пришлось изменить ранее принятую модель программы технического обслуживания.

В качестве основного системного оператора распределительной электросети Португалии компания EDP Distribuição снабжает электроэнергией более 6 миллионов потребителей. В состав энергосистемы входит 400 подстанций среднего и высокого напряжения и 65 тысяч подстанций среднего и низкого напряжения, а также 80 тысяч км сетей высокого и среднего напряжения и 140 тысяч км низковольтных сетей.

EDP Distribuição разработало программу технического обслуживания, в основу которой заложены параметры синхронизации, техническое обслуживание по состоянию и нормативные параметры. Для каждого вида оборудования разработана программа мероприятий на основе визуальных осмотров и испытаний, проводимых ежемесячно или в течение пятилетних периодов в зависимости от профиля риска данного актива.

Данные по техническому обслуживанию распределяются по всем объектам энергосистемы компании, что позволяет ей управлять активами на основе формирования краткосрочных и среднесрочных планов технического обслуживания. Однако недостаток эксплуатационных данных по каждому из объектов не позволял сформировать полный индекс исправности оборудова-



Тестирование сети датчиков со встроенной логикой подстанции, компания EDP Distribuição.

УПРАВЛЕНИЕ Активами

План технического обслуживания компании EDP Distribuição по стандарту PAS 55

Экоэффективность и охрана окружающей среды	Высокое напряжение	Подстанции	Среднее напряжение	Низковольтные подстанции	Низкое напряжение	Уличное освещение
В прошлом						
Текущий ремонт по графику • Зональное регулирование по качеству обслуживания • Технологии и условия окружающей среды	• Визуальное и термографическое обследование с вертолѐта	• Визуальный осмотр	• Визуальное и термографическое обследование с вертолѐта	• Визуальное и термографическое обследование	• Визуальный осмотр	• Визуальный осмотр
Техобслуживание по состоянию • Число событий • Общее время • Отказы	• Визуальный осмотр • Оценка технического состояния	• Анализ масла • Диагностика электросети	• Визуальный осмотр • Диагностика электросети			
Регулярное техобслуживание • Регулярный осмотр				• Осмотр состояния и измерение сопротивления контура заземления		
В будущем						
Риск-ориентированное техобслуживание • Вероятность и последствия (установление приоритетов на основе рисков)	• Визуальное, лазерное и термографическое обследование с вертолѐта • Оценка технического состояния	• Визуальный осмотр с вертолѐта • Анализ масла • Диагностика электросети • Оценка технического состояния	• Визуальное и термографическое обследование с вертолѐта • Диагностика электросети • Оценка технического состояния	• Визуальное и термографическое обследование • Оценка технического состояния		
Текущий ремонт по графику • Зональное регулирование по качеству обслуживания • Технологии и условия окружающей среды					• Визуальный осмотр	• Визуальный осмотр
Регулярное техобслуживание • Регулярный осмотр				• Осмотр состояния и измерение сопротивления контура заземления		

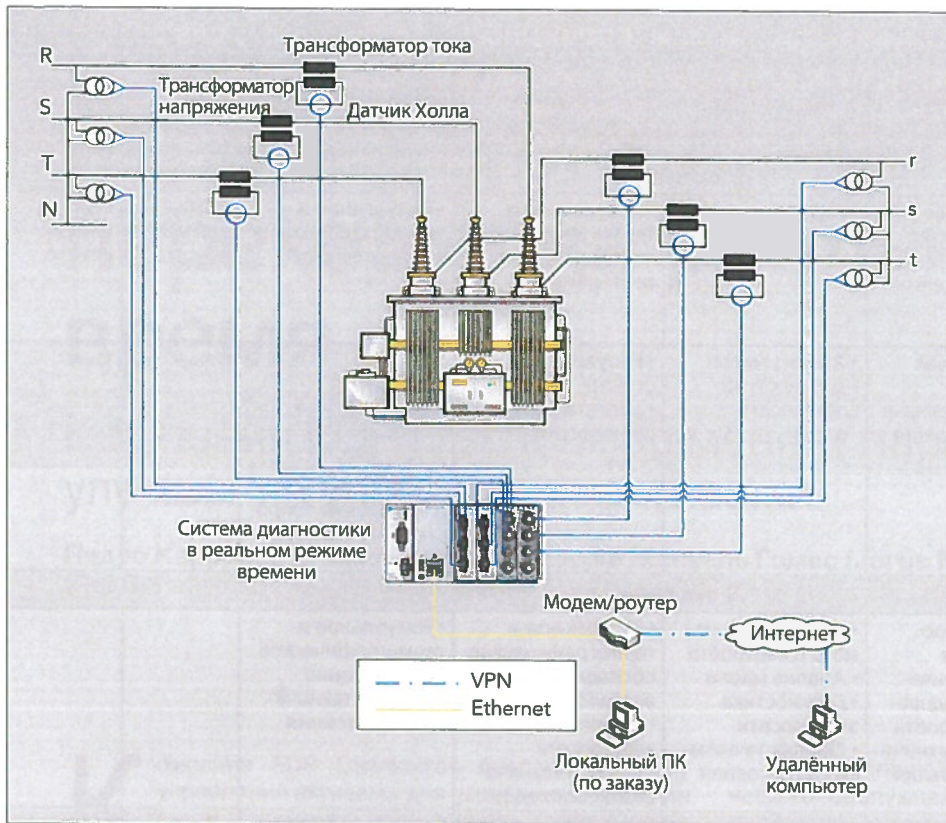
ния. Поэтому EDP Distribuição внедряет систему управления активами в соответствии со стандартом PAS 55, разработанным по заказу Британского института стандартов (BSI).

Результатом прогностического технического обслуживания является комплекс мероприятий, разрабатываемый энергокомпанией во избежание отказов энергосистем, для снижения продолжи-

Расположение датчиков на распределительных подстанциях

Датчики			Тип подстанции		
Критерии оценки	Оборудование	Контролируемый параметр	Столбовая	Наземная	Подземная
Рабочее состояние	Силовой трансформатор	Уровень вибраций и наружная температура (измеряется на стенке оборудования)	√	√	√
	Предохранители	Уровень тока в отходящих цепях	√	√	√
Внутренние условия безопасности	Состояние воздуха	Температура и содержание влаги		√	√
	Возгорание	Отслеживание перепадов температуры		√	√
	Затопление	Отслеживание наземного уровня воды			√
	Автоматический тест водяного насоса	Уровень тока во время запуска водяного насоса			√
Внешние условия безопасности	Обнаружение проникновения	Состояние дверей и вентиляционных отверстий	√	√	√
	Обнаружение кражи силового трансформатора	Отслеживание приближения к трансформатору	√		

УПРАВЛЕНИЕ Активами



Архитектура системы самодиагностики в реальном режиме времени компании EDP Distribuição's для силовых трансформаторов на базе векторного анализа Парка.



Обычная столбовая подстанция в сельской местности с использованием трансформаторов до 250 кВА.

тельности перерывов энергоснабжения, повышения качества обслуживания и снижения издержек. Компания EDP Distribuição проводит тестирование и внедрение технологии оперативного мониторинга на различных физических объектах, при помощи которой будет получена целостная картина каждого актива.

Структура

Энергетическая отрасль Португалии приватизирована, и в ней практически отсутствует государственное регулирование, наряду с другими проводимыми рыночно ориентированными реформами. В этих условиях рационализм и прозрачность являются ключевыми моментами для установления доверительных отношений с акционерами и привлечения инвестиций. Важной составляющей для повышения производительности и развития энергопредприятий является управление активами. Высокое качество управления активами учитывает капитальные и эксплуатационные затраты, требования потребителей и воздействие внешних факторов, а также роль управления рисками и инвестиционную направленность.

Операторам распределительной системы ежедневно приходится сталкиваться с управлением активами. Но финансовые ограничения могут снизить инвестиции в основные средства.

В этом случае для отсрочки замены оборудования и повышения окупаемости активов необходима методика оценки риска.

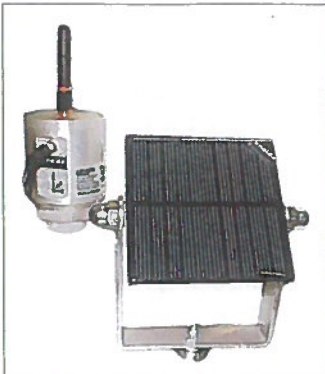
В результате сотрудничества с Институтом по управлению активами был разработан стандарт BSI PAS 55, цель которого — определить методы передовой практики в области управления физическими активами. Он направлен на изучение физических активов и подразумевает анализ жизненного цикла актива для оптимизации всех расходов, связанных с активом, включая создание и приобретение, использование, техническое обслуживание, обновление и списание. Цикл включает четыре фазы:

- планирование. Разработка стратегии, плана и целей управления активами, необходимых для достижения результатов, обозначенных в политике управления активами и стратегическом плане организации;
- выполнение. Создание условий для внедрения управления активами на основе спецификаций и требований;
- проверка. Отслеживание и оценка результатов деятельности на основе контроля и определения параметров рабочих процессов;
- воздействие. Корректировка ошибок, обнаруженных в фазе «Проверка».

С помощью этого четырёхфазного цикла можно контролировать все процессы в непрерывном режиме. На основе интегрированной в технологию Smart Grid концепции мониторинга активов в реальном времени в компании EDP Distribuição в настоящее время работает три проекта.

Сапун трансформатора

Давление масла в трансформаторах высокого и среднего напряжения поддерживается на уровне атмос-



Питание беспроводного датчика осуществляется от солнечных батарей.

ферного за счёт сапуна, который обеспечивает циркуляцию воздуха между баком трансформатора и окружающим пространством. Для снижения уровня влажности воздуха, который циркулирует по трансформатору, на сапуне предусмотрен воздухоосушитель, установленный последовательно в воздушной системе.

Обычно осушитель состоит из контейнера с силикагелем, через который проходят входящий и отходящий потоки воздуха трансформатора.

Силикагель меняет окраску в зависимости от накопленной влажности, что облегчает работу ремонтных бригад по отслеживанию уровня влажности. Увлажнённый силикагель заменяется и идёт в отходы. В среднем в компании EDP Distribuição замена силикагеля в трансформаторах производится один раз в три месяца.

В настоящее время в рамках пилотного проекта EDP Distribuição проводит испытания нового воздухоочистителя на основе специального силикагеля, который подлежит восстановлению, осушке и срок службы которого составляет 10 лет. Силикагелевый патрон снабжён датчиками, которые отслеживают температуру и содержание влаги в воздухе. При превышении заданных параметров (индикатор насыщения силикагеля) они запускают осушитель, который сушит силикагель. Устройство оборудовано накопителем данных и имеет возможность оценки и передачи данных о состоянии силикагеля с целью замены последнего при необходимости.

Этот проект используется на четырёх подстанциях высокого/среднего напряжения, расположенных в местах с повышенным влагосодержанием, на каждой из которых установлено по два трансформатора. На каждой подстанции один из трансформаторов оборудован новым воздухоосушителем, другой — стандартным, что позволяет компании сравнить две технологии осушки с точки зрения эффективности и затрат на техобслуживание.

Оценка эффективности заключается в периодическом анализе масла, что позволяет сравнить различные технологии в плане развития жидкости в масле. Эти анализы сопоставляются с графиком нагрузки трансформатора для определения воздействия неравномерности нагрузки, которая может негативно влиять на «дыхание» трансформатора и «смазать» эффективность воздухоочистителя. На основе зафиксированных данных на сегодняшний день производительность нового воздухоочистителя такая же, как стандартного, но основным преимуществом является снижение затрат на техобслуживание при замене силикагеля.

Мониторинг первичных подстанций

Автоматизация и управление активами первичных подстанций 400ВН/СН, питающих распределительную сеть, имеют решающее значение для обеспечения непрерывности и качества обслуживания. EDP Distribuição вместе с национальным консорциумом Eneida Wireless



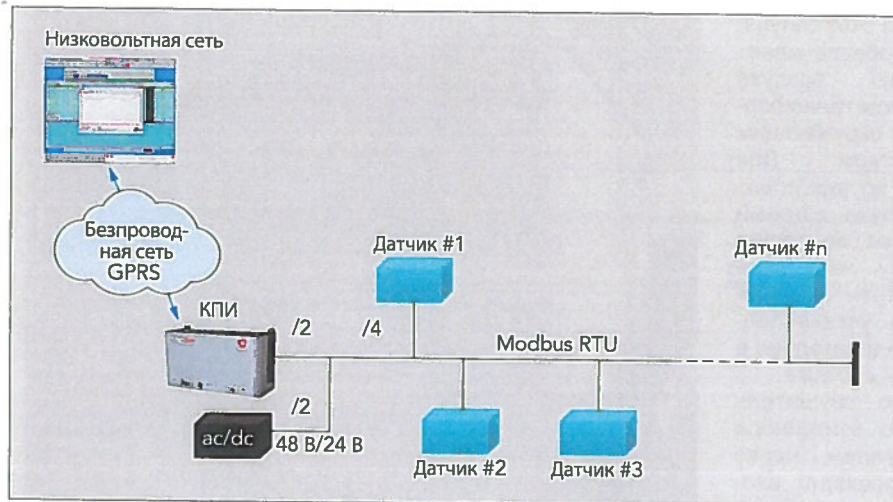
Эта закрытая подстанция, установленная в городском районе, предназначена для размещения распределительных устройств среднего напряжения и трансформаторов напряжением выше 250 кВА и распределительного щита низкого напряжения.

and Sensors и факультетом наук и технологий Университета Коимбра запустила пилотный проект, который включает в себя сеть инновационных датчиков для контроля основных параметров выключателей, распределителей и трансформаторов первичных подстанций. Контроль выключателей заключается в сборе данных по токам переходных процессов во время переключения и вибрации. При этом удаётся получить графики параметров каждого устройства и определить ранние симптомы отказов техники посредством сравнительного анализа данных в режиме реального времени с ранее зафиксированными параметрами.

Датчики распределителей контролируют степень износа подвижных частей контактов и их температуру. Информация о вибрации и температуре также собирается с трансформаторов ВН/СН для формирования графиков рабочих параметров и сравнения с будущими параметрами. Результатом этого станет раннее обнаружение потенциальных отказов оборудования. Поскольку было принято решение обойтись без использования батарей, то основной проблемой стало питание датчиков на распределительных устройствах первичных подстанций. Таким образом, питание «умных» датчиков на выключателях и разъединителях высокого напряжения было осуществлено при помощи аккумуляторов и накопителей электроэнергии, заряжаемых от небольших (8x8 см) солнечных батарей.

В настоящее время прикладное программное обеспечение координационного центра поддерживает два требуемых подхода к обработке информации об оборудовании:

- диспетчерское управление и сбор данных (SCADA) представляет всю необходимую оперативную информацию в графических форматах и набор инструментов для долгосрочного, стратегического управления активами;
- система аварийной сигнализации для обслуживания краткосрочных потребностей в техническом обслуживании передаёт дистанционные аварийные и предупредительные сообщения в соответствии со степенью срочности ответных мер, как это предпри-



Сеть «умных» датчиков на платформе InoGrid вторичной распределительной подстанции.

сано в критериях оценки технического состояния, принятых для различных типов оборудования подстанции. Одна из конечных целей этой базы данных — выдача в электронном виде рабочих заданий для ремонтных бригад на местах.

Зафиксированные данные с контролируемого оборудования сначала использовались для определения общих шаблонов поведения в нормальных условиях, используемых в качестве критерия для всего оборудования одного класса, типа, серии, возраста и срока службы. Такой подход признан несостоятельным и от этой идеи отказались. Далее эти параметры использовались на индивидуальной основе.

Недавно принятые критерии оценки состояния электромеханического оборудования подстанции основаны на расчёте средних значений соответствующих переменных в режиме реального времени с учётом погрешности на основе стандартных отклонений. Учитывая низкое количество событий, зафиксированных на наблюдаемых подстанциях, например количество срабатываний выключателей, и то, что соответствующие контрольные данные не имеют статистической значимости, предупреждающие и аварийные сообщения для этого оборудования в расчёт не принимались.

EDP Distribuição также сотрудничает с Университетом Коимбра по вопросу разработки системы диагностики в режиме реального времени для силовых трансформаторов. Эта система кроме первичных и вторичных токов трансформаторов для обнаружения зарождающихся повреждений обмотки или сердечника на основе векторного анализа Парка фиксирует ухудшение сопротивления контактов РПН трансформатора. Эта технология более 20 лет успешно работает по обнаружению повреждений в двигателях и приводах с регулируемой скоростью и сейчас внедряется для таких электростатических машин, как силовые трансформаторы. В настоящее время проходит испытания пилотная версия системы на двух подстанциях компании EDP Distribuição.

Мониторинг вторичных подстанций

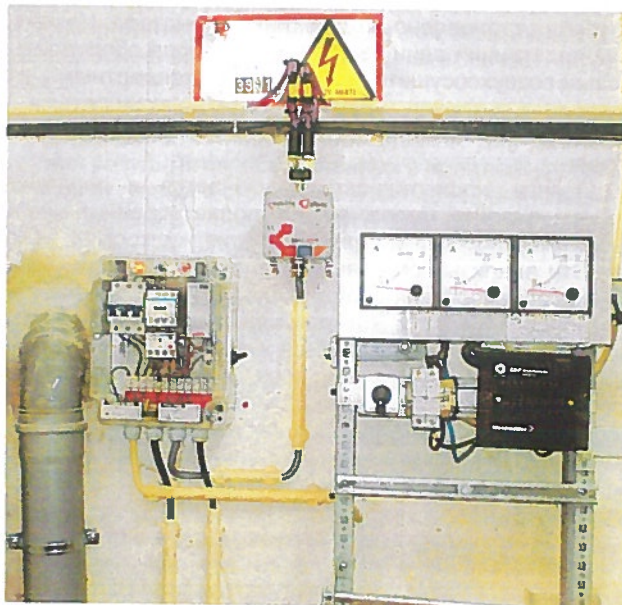
В компании EDP Distribuição эксплуатируется более 65 тысяч СН/НН вторичных подстанций, оборудованных одним или более трансформаторами напряжением от

10 до 6 кВ, срок службы большинства из которых превышает 30 лет.

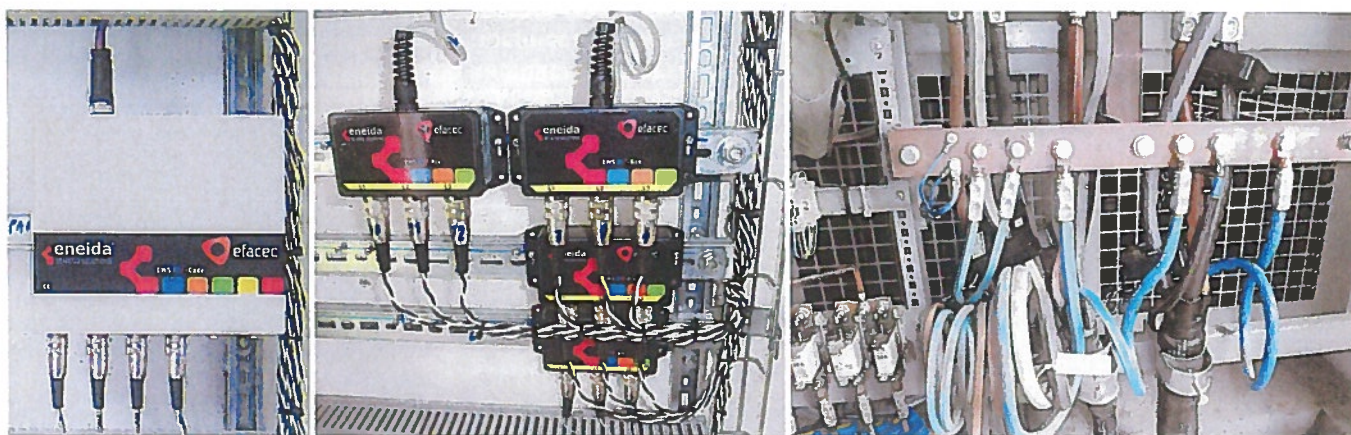
В зависимости от установленной мощности трансформатора и типа сети, в которой он работает, трансформаторы бывают столбовые (номинальная мощность до 250 кВА), которые используются в воздушных сетях электропередачи сельской местности, или наземные и подземные трансформаторы мощностью выше 250 кВА. На этих подстанциях, разбросанных по всей материковой части Португалии, в период с 2009 по 2011 гг. зафиксировано меньше аварийных ситуаций по вине выхода из строя трансформаторов, чем другого оборудования. В год таких ситуаций насчитывается более 20 тысяч.

Пилотный проект, реализуемый в партнёрстве с компанией Efacesc, предполагает установку сети датчиков для мониторинга критических параметров вторичного оборудования подстанций, а именно трансформаторов среднего и низкого напряжений, как наиболее важных объектов инфраструктуры подстанций. В качестве основного примера снижения последствий быстрого выхода из строя оборудования и недавней волны воровства медных деталей можно привести систему контроля состояния оборудования в режиме реального времени, оценку и дистанционную передачу данных о состоянии устройств вторичных распределительных подстанций.

Кроме трансформаторов, проект EDP Distribuição обеспечивает мониторинг эксплуатационного состояния переключающих и распределительных устройств, а также параметров окружающей среды на подстанции, таких как температура воздуха, влажность, обнаружение возгораний и затоплений, контроль доступа и выявление хищений трансформаторов.



Датчик обнаружения неисправности водяного насоса, установленный на подземной вторичной распределительной подстанции.



Распределительная панель низкого напряжения содержит информацию о состоянии всех предохранителей подстанции, а также информацию в режиме реального времени о перегоревших предохранителях.

Мониторинг трансформатора включает в себя измерения уровня вибрации и температуру при помощи бесконтактных датчиков, устанавливаемых на трансформаторе. Затем приложение дистанционно сравнивает и запоминает эти данные и генерирует аварийный сигнал в том случае, если измерения в режиме реального времени отличаются от ранее созданной установочной модели.

Этот проект был успешно интегрирован в архитектуру связи, разработанную в рамках инициативы Smart Grid компании EDP Distribuição. Контроллер распределительного трансформатора компании InovGrid, установленный на вторичной подстанции согласно проекту, производит сбор информации от потребителей и передает их на платформу BTGrid и InovGrid, которая служит в качестве шлюза для передачи данных от датчиков.

Капитализация на прогрессе

Мотиватором развития технологии «умных» сетей стало достижение двойной цели — повышения эффективности и эксплуатационной гибкости энергосистемы путём управления перетоками мощности при помощи системы интеллектуального учёта, а также некоторых автоматических устройств и инструментов. В процессе распределения интеллектуальных устройств по всей инфраструктуре логическим дополнением этих функциональных целей является возможность управления отдельными активами при помощи критериев и инструментов управления, начиная от поддержки инвестиционного решения и в дальнейшем на протяжении всего жизненного цикла.

Последние значительные достижения в различных областях технологии — датчики, микросистемы, беспроводные сети и веб-программирование с использованием веб-служб — дали возможность вывести техническое обслуживание на более высокий уровень путём объединения техобслуживания, эксплуатации и инжиниринга на протяжении всего жизненного цикла активов.

Ключом к этой политике является возможность контролировать в режиме реального времени несколько переменных, которые описывают эксплуатационную готовность и состояние оборудования, которые, будучи критически важными для работы соответствующего процесса, должны обуславливать более сложные критерии обслуживания, а именно техническое обслуживание по состоянию и в долгосрочной перспективе, прогностическое техническое обслуживание на основе

критериев управления рисками, что для большинства энергопредприятий является более предпочтительным.

В соответствии с этой задачей EDP Distribuição разрабатывает различные экспериментальные проекты для проверки новых решений по датчикам путём определения и демонстрации возможностей интеллектуальных датчиков контролировать в режиме реального времени некоторые новые переменные критически важного оборудования первичных и вторичных подстанций. Возможности, которые позволяют производить сбор, анализ и поддержку человеческих решений — пока они ещё не начали рассылку рабочих заданий — представляют собой ценный инструмент в управлении ресурсами на высоком уровне, тем самым увеличивая объём интеллекта, рассредоточенного по всей электросети. Такие решения не грех назвать умными.

В конечном итоге разрыв между рождением этой идеи и производством конечного продукта был успешно преодолен в результате плодотворного сотрудничества промышленности, производителей и научных кругов. TDWR

Педро Каррейра (Pedro Carreira, pedro.carreira@edp.pt) — инженер-электротехник в сфере телекоммуникаций.

Жорже Мануэль Гомес (Jorge Manuel Gomes, jorgemanuel.gomes@edp.pt) — инженер-электрик, специализируется на силовых системах, имеет степень MBA.

Руй Бернардо (Rui Bernardo, rui.bernardo@edp.pt) по окончании Instituto Superior Tecnico имеет степень бакалавра электротехники, работает в управлении инноваций и развития с 2008 года.

Хьюго Феррейра (Hugo Ferreira, hugo.ferreira@edp.pt) — инженер-электротехник, специализируется на оценках риска, безопасности и надёжности.

Компании, упомянутые в статье:

EDP Distribuição | www.edpdistribuicao.pt
 Efacec | www.efacec.com
 Eneida | www.eneidaws.com
 Inovgrid | www.inovgrid.pt
 University of Coimbra | www.uc.pt/en/fctuc