

РАДИОСЕТИ СБОРА ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АСУ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Топливная и электроэнергетика — одни из самых крупных пользователей радиосетей сбора данных и управления. Дело в том, что значительная часть объектов в этих отраслях размещается на большой территории вдали друг от друга и их невозможно соединить проводными коммуникациями. При этом на энергетических объектах периодически возникают аварии и сбои. Их ликвидация требует надежной связи, функционирующей в любых условиях. Вот почему именно в энергетике широко применяются автоматизированные системы управления (АСУ). Важная часть таких АСУ — радиосети, объединяющие средства связи и обмена данными, размещенные на контролируемых объектах и пунктах управления. Различные аспекты реализации таких сетей рассматриваются в предлагаемой статье.

ТРЕБОВАНИЯ К РАДИОСЕТЯМ СБОРА ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЯ

Энергетическая система должна надежно функционировать и в обычной обстановке, и в чрезвычайных ситуациях. Поэтому обеспечивающие работу АСУ радиосети обмена данными должны создаваться с учетом работы в любых условиях и обладать необходимым уровнем надежности и живучести¹.

Радиосеть обмена данными позволяет реализовать различные функции АСУ: мониторинг протекания технологических процессов (автоматический сбор информации о технических и производственных параметрах, включая учет электроэнергии); диспетчерское и оперативное управление объектами энергетики (передачу управляющих сигналов и команд в направлении «диспетчер — контролируемый объект»).

Исходя из возложенных на радиосети задач, к ним предъявляется ряд оперативно-технических требований:

¹ Живучесть — свойство системы, характеризующее способность выполнять установленный объем функций в условиях воздействий внешней среды и отказов компонентов системы в заданных пределах [ГОСТ 34.003-90 Автоматизированные системы. Термины и определения].

С.Маргарян
info@rodnik.ru

- Функционирование во всей оперативной зоне.
- Высокая надежность и живучесть.
- Оперативный и своевременный доступ к ресурсам радиосети.
- Минимальные и предсказуемые задержки в доставке информации.
- Достаточная пропускная способность для полномасштабного функционирования всех приложений АСУ.
- Безопасность циркулирующей в радиосети информации.
- Контроль и регулирование использования ресурсов радиосети в различной обстановке.
- Возможность функционирования в жестких условиях.
- Простота эксплуатации.
- Совместимость с разнородным оборудованием сбора и обработки данных по типовым и нестандартным интерфейсам.
- Низкая стоимость эксплуатации.
- Простота перемещения и оперативность развертывания в новом районе.

Эти требования могут иметь различный приоритет при создании радиосетей сбора данных и управления различного назначения и ведомственной принадлежности, но в целом должны учитываться при создании любой радиосети.

Сегодня в АСУ в энергетике применяются различные радиосети обмена данными, которые по назначению разделяются на две основные группы: радиосеть общего пользования и технологическая радиосеть. К первой группе относятся радиосети, доступ к которым предоставляется владельцем радиосети всем желающим, ко второй — радиосети, в которых работают только пользователи владельца сети. Радиосети каждой группы могут строиться с применением различных технологий, часть из которых одинакова для обеих групп.

Так, к радиосетям общего пользования относятся сети соевой связи различных стандартов, сети операторов профессиональной мобильной связи диапазона ультракоротких волн (УКВ) — обычно транковые² — и широкополосные сети связи

² Многоканальная радиосеть с автоматическим предоставлением доступа к каналу, в которой ограниченное число каналов используется всеми пользователями. Свободный канал выделяется абоненту только на время сеанса связи.



и передачи данных сверхвысокой частоты (СВЧ), включая наземные и спутниковые.

Технологическими радиосетями также могут быть сети профессиональной мобильной связи УКВ-диапазона (транковые и конвенциональные³) и широкополосные СВЧ-сети передачи данных.

Какие сети оптимальны для использования в АСУ, применяемых в энергетике, – общего пользования или технологические? Для того чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим особенности устройства и функционирования сетей каждого типа с учетом предъявляемых к ним требований.

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОСЕТЕЙ РАЗЛИЧНОГО ТИПА В ЭНЕРГЕТИКЕ

Радиосети обмена данными общего пользования

Анализ оперативно-технических характеристик радиосетей обмена данными общего пользования (РОП) и технологических радиосетей обмена данными (ТРОД) (см. таблицу) позволяет сделать вывод, что радиосети общего пользования могут использоваться для создания только систем мониторинга и не в состоянии в полном объеме выполнить требования, предъявляемые к современным АСУ в энергетике. Они принципиально не могут применяться для обеспе-

³ Радиосеть с ручным предоставлением доступа к каналу, в которой канал выбирается пользователем и закрепляется за ним на весь период работы.

чения работы ответственных АСУ, связанных с управлением устройствами телемеханики в добыче и транспортировке нефти и газа, а также с диспетчерским управлением в электроэнергетике, где предъявляются повышенные требования к надежности функционирования радиосети и срокам доставки информации.

Следует отметить, что сегодня развернуто значительное количество комплексов мониторинга и сбора данных на базе радиосетей общего пользования, в первую очередь, сетей сотовой связи. Создание таких сетей, на первый взгляд, кажется весьма эффективным и несложным решением, поскольку одна из наиболее серьезных задач в рамках такого комплекса – доставка данных между пунктом управления и контролируемым пунктом – выполняется через имеющуюся радиосеть, развернутую и сопровождаемую за счет средств компаний-операторов сотовой связи.

Серьезными преимуществами таких комплексов являются оперативность развертывания и относительно невысокие начальные финансовые затраты. Однако на этом преимущества заканчиваются.

Использование сети сотовой связи для обеспечения работы автоматизированной системы диспетчерского управления любого назначения является для компании-оператора «непрофильной» услугой. В соответствии с действующими тарифными планами оплата услуг по передаче данных по кана-

Сравнение оперативно-технических характеристик радиосетей обмена данными общего пользования и технологических радиосетей обмена данными

Характеристика	Радиосеть обмена данными общего пользования (РОП)	Технологическая радиосеть обмена данными (ТРОД)
Оперативная зона	Определяется оператором в зависимости от плотности размещения платежеспособных пользователей	Должна охватывать все районы размещения контролируемых пунктов
Структура данных и приложения	Обмен длинными сообщениями, перекачка файлов, доступ в Интернет	Передача коротких сообщений, обмен данными различной длины
Время установления соединения	Может составлять десятки секунд (соединение производится посредством набора номера)	Миллисекунды, т.е. немедленно по запросу
Задержки при доступе к радиосети	Допускаются	Не допускаются
Режим работы	Определяется оператором	Круглосуточный, непрерывный
Безопасность	Относительно низкая. Определяется оператором и принятой у него политикой безопасности	Высокая. Информация циркулирует внутри информационной системы владельца радиосети
Вероятность потери данных	Допускается	Не допускается
Надежность	Определяется оператором	Высокая
Время доставки сообщения	Допускается задержка	Немедленно
Перегрузка радиосети	Допускается	Не допускается
Отказоустойчивость	Определяется оператором	Высокая
Коэффициент готовности	Определяется оператором	Высокий

лам сотовой связи, например, по каналам пакетной радиосвязи общего пользования GPRS, производится по объему переданной информации. Объем данных, генерируемых АСУ в энергетике, оказывается крайне малым. Например, 1000 контролируемых пунктов (КП), ежеминутно передающих данные о состоянии технологического процесса, за сутки отправляют в сеть около 17 Мбайт данных (12 байт × 1000 КП × 60 сеансов × 24 часа = 17 280 000 байт). При стоимости 0,25 долл. за мегабайт это составляет около 4,25 долл. в сутки или 1551 долл. в год (1,55 долл. на один КП в год – практически бесплатно). Таким образом, обслуживание автоматизированной системы управления по действующим тарифам оказывается для оператора системы сотовой связи финансово необоснованным.

Поскольку оплата работы АСУ по действующим тарифам неприемлема для компании-оператора, такие системы обслуживаются по специальным тарифам – от 200 руб. в месяц и выше, в зависимости от региона и оператора. Тариф должен быть максимально приближен к среднему по отрасли размеру ARPU (Average revenue per user – средняя выручка на одного пользователя). Сегодня, по оценкам экспертов, средний ARPU сотовых компаний составляет 14,2 долл., а в ближайшем будущем должен вырасти до 17 долл.

В результате относительно невысокие затраты пользователя на этапе подключения к радиосети общего пользования «компенсируются» на этапе ее эксплуатации, который, по мировому опыту, должен составлять не менее 12 лет.

Например, ежегодная стоимость услуг связи для комплекса мониторинга на 1000 КП составит не менее 14,2 долл. × 1000 КП × 12 месяцев = 172400 долл. или более 2 млн. долл. за 12 лет.

Как правило, финансовые средства на оплату связи в АСУ выделяются из бюджета энергетической компании, предназначенного для совершенствования инфраструктуры связи. В случае применения сотовой связи эти средства вместо их целевого использования идут на оплату услуг сторонних организаций. В результате энергетическая компания получает возможность реализации ограниченного набора функций мониторинга, но лишается собственной системы связи, которая является незаменимой и обязательной в чрезвычайных ситуациях.

Основные затраты по проекту создания и эксплуатации АСУ в энергетике в случае использования сети сотовой связи распределяются на весь период эксплуатации и не поддаются реальной оценке на этапе ее проектирования и развертывания. Поскольку стоимость услуг связи может значительно меняться в зависимости от объемов трафика и тарифов, которые определяются сотовым оператором, ежегодные объемы финансирования эксплуатации АСУ трудно предсказуемы.

В случае использования сотовой сети связи возможности АСУ ставятся в прямую зависимость от планов оператора по развитию собственной сети – АСУ в энергетике будет работать только там, где есть сотовая связь. Между тем очень



часто у энергетической компании возникают потребности в расширении АСУ, например, на новые районы городской застройки, где плотность населения еще не достигла уровня, который оператор сотовой связи считает достаточным для развертывания собственных средств.

Функционирование АСУ полностью подчиняется планам оператора сотовой связи по поддержанию собственной инфраструктуры в работоспособном состоянии. Плановые и внеочередные отключения базового оборудования для технического обслуживания и ремонта проводятся оператором сотовой связи без уведомления пользователей и, тем более, без согласования с ними графика работ. В результате в период регламентных работ полностью работоспособная АСУ будет простаивать из-за отсутствия связи.

Зависимость АСУ в энергетике от сотовой сети связи создает реальную угрозу безопасности населения города. Общеизвестно, что в кризисных ситуациях нагрузки на системы связи многократно возрастают и их функционирование существенно осложняется. В результате работа АСУ становится невозможной именно в тот период, когда она жизненно необходима. Аналогичная ситуация складывается и в повседневной обстановке, например, при проведении массовых мероприятий: в местах значительного скопления людей многократно увеличивается нагрузка на базовые станции, что приводит к сбоям в работе сотовой связи.

Необходимо учитывать также продолжительность срока эксплуатации оборудования АСУ. Технологии сотовой связи бурно развиваются. Например, сегодня практически все операторы сотовой связи в Российской Федерации активно развертывают радиосети сотовой связи третьего поколения (3G), а за рубежом уже созданы экспериментальные сети четвертого поколения (4G). С внедрением новых технологий владельцы АСУ вынуждены полностью модернизировать свои системы. Таким образом, в течение назначенного срока эксплуатации АСУ ее владельцу придется несколько раз модернизировать оборудование обмена данными, подстраиваясь под оператора сети связи.

Есть и другие проблемы с оборудованием. Радиосети обмена в сотовых сетях строятся на GPRS-модемах, которые создаются на базе GSM-модулей, выпускаемых небольшой группой производителей. Такие модемы оптимизированы для подключения к сети Интернет, однако обеспечение работы АСУ в энергетике предъявляет к этим устройствам совершенно иные требования. К ним относятся: наличие интерфейсов RS-232, RS-485 и Ethernet; возможность монтажа на DIN-рейку; работа в необслуживаемом режиме; автоматическое восстановление соединения; дистанционный мониторинг технического состояния и удаленная подстройка рабочих параметров; высокая надежность и живучесть;

малое время доступа к каналу связи; гарантированная доставка сообщений в установленные сроки.

Сегодня ни один из известных GPRS-модемов не обеспечивает выполнение всех этих требований, а выполнение даже части из них приводит к усложнению сети и соответственно снижению ее надежности и увеличению затрат на создание и эксплуатацию.

При этом развертывание сетей обмена данными на GPRS-модемах сопряжено с рядом серьезных и не всегда преодолимых на практике технических ограничений: установка в точках, где есть электромагнитная доступность минимум к двум базовым станциям сотовой сети; использование двух SIM-карт для одновременного подключения к сетям разных сотовых операторов; обеспечение уверенного приема сигнала; автоматический контроль баланса счета SIM-карт и оповещение в случае его снижения до заданного уровня.

Таким образом, сети обмена данными общего пользования имеют ограниченные возможности по обеспечению функционирования АСУ в энергетике.

Технологические радиосети обмена данными

Технологические радиосети создаются на оборудовании и с использованием технических решений, изначально предназначенных для реализации специфических задач, связанных с удаленным автоматизированным (а в некоторых случаях – автоматическим) управлением и сбором данных.

Поэтому ТПОД обладают характеристиками, необходимыми для использования в энергетике: гарантированной надежностью, высокой живучестью, малым временем доступа к каналу передачи данных, высокой безопасностью данных, рабочей зоной, полностью перекрывающей районы размещения контролируемых объектов и др. (см. таблицу).

У технологических радиосетей есть и ряд других преимуществ. Они не зависят от «чужой» инфраструктуры связи. Радиосеть принадлежит собственно энергетической компании, которая может самостоятельно изменять параметры ее работы и оперативную зону. Эксплуатация ТПОД обходится дешевле, чем использование радиосетей общего пользования. Технические средства ТПОД совместимы с разнородным оборудованием сбора и обработки данных по широко применяемым и детально отработанным интерфейсам. ТПОД можно достаточно просто перемещать и оперативно развертывать в новом районе.

В то же время реализовать с одинаковой степенью эффективности все требования АСУ в энергетике на оборудовании одного типа или на основе одного, даже самого совершенного на сегодняшний день, технического решения, невозможно. Поэтому перед владельцем и пользователем системы всегда встает необходимость выбора. Выбор делается с учетом реальных задач, решаемых в рамках создаваемой автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления.

Рассмотрим конкретный пример построения технологической радиосети для управления энергетической системой.

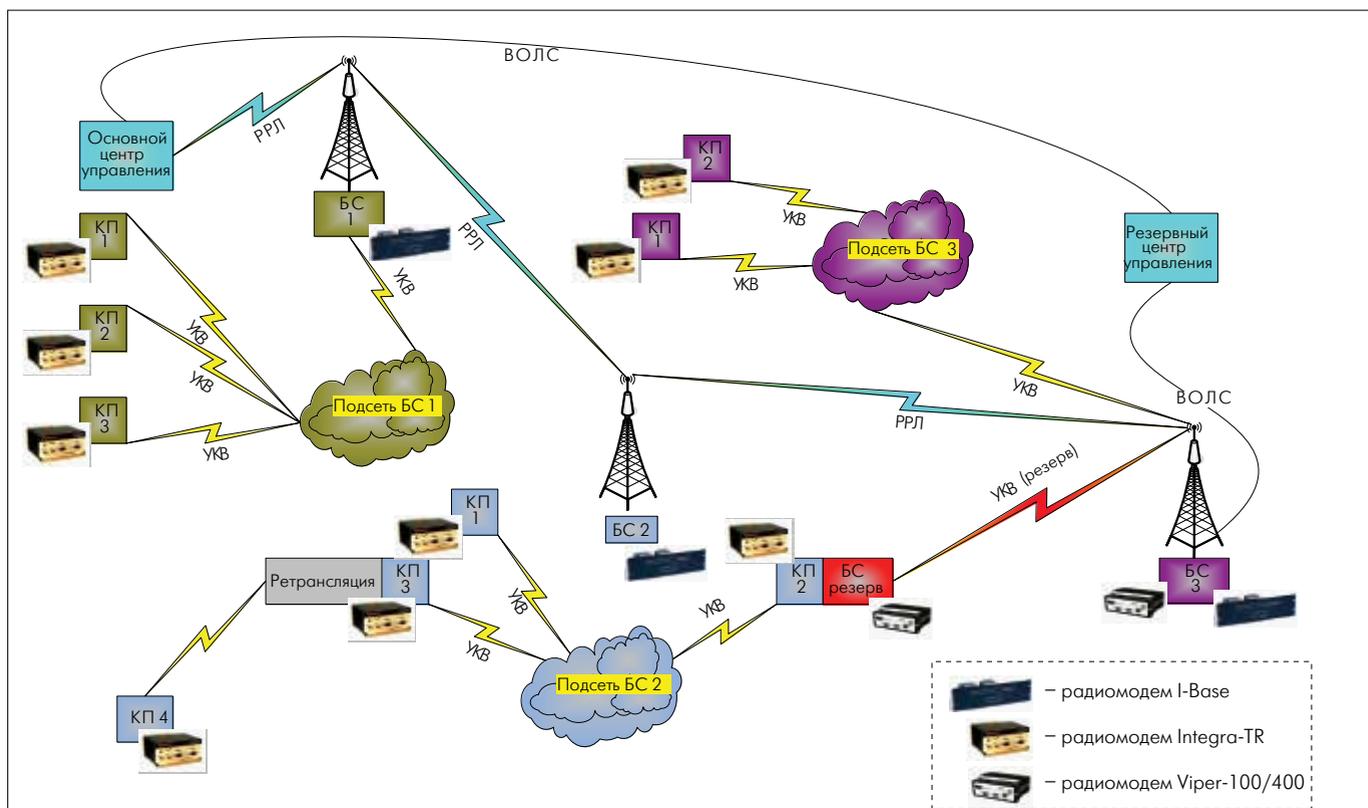


Рис. 1. Схема стационарной технологической радиосети повышенной надежности и живучести на узкополосных радиомодемах для управления телемеханикой. РРЛ – радиорелейная линия



ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ АСУ

В качестве примера приведем вариант построения технологической радиосети обмена данными, предназначенной для управления телемеханикой в топливных трубопроводах.

АСУ являются неотъемлемой частью любой трубопроводной системы. Это связано с особенностями данного вида транспорта – здесь обязателен непрерывный контроль и управление параметрами работы. Сегодня для построения АСУ на объектах трубопроводного транспорта широко используются технологические радиосети сбора данных и управления телемеханикой на основе узкополосных радиомодемов УКВ-диапазона.

Рассматриваемое техническое решение (рис.1) подготовлено для реализации на участке трубопровода протяженностью около 60 км, проходящего в сейсмоопасной зоне, где существует угроза одновременного выхода из строя всего оборудования базовой станции (БС-2) на одной из позиций. Технологическая радиосеть управления телемеханикой построена на базе узкополосных радиомодемов Dataradio I-Base/Integra-TR и Viper-100/400 производства американской компании CalAmp (www.calamp.com) и функционирует на скорости 19200 бит/с.

К работе АСУ и технологических радиосетей обмена данными на трубопроводном транспорте предъявляются повышенные требования по надежности и живучести. Поэтому в системе используется специальная схема комму-

тации УКВ-оборудования (рис.2), отвечающая этим требованиям.

Сеть устроена следующим образом. БС-2 обеспечивает управление телемеханикой четырех контролируемых пунктов. Связь с КП-4 происходит через КП-3, который дополнительно выступает в качестве ретранслятора. КП-2 находится в зоне прямой радиовидимости с позиций КП-3 и КП-1. На КП-2 развернут комплект резервной базовой станции (БС-Р), которая подключается к соседней базовой станции БС-3 по среднескоростному выделенному каналу обмена данными посредством радиомодемов Viper-100/400. Коммутация аппаратуры БС-Р и КП-2 выполнена с помощью преобразователей интерфейсов RS-232 – Ethernet. Четырехпортовый Lantronix MMS4 используется для подключения радиомодемов Dataradio Integra-TR и I-Base на позиции КП-2, а двухпортовый Lantronix XPress-DR+ – для сопряжения аппаратуры БС-3 с каналом связи с БС-Р через радиомодем Viper-100/400. В полной комплектации схема предусматривает дополнительное дублирование преобразователей интерфейсов и аппаратуры обмена данными.

Все базовые станции радиосети (за исключением резервной) реализованы на радиомодемах I-Base-NA, имеющих 100%-ное дублирование и обладающих повышенной надежностью и живучестью. В случае выхода из строя одного из

комплектов оборудования данного радиомодема производится автоматический переход на второй комплект, а информация о выходе из строя направляется дежурному инженеру связи.

Каждый комплект оборудования подключается по двум портам RS-232: первый используется для связи с устройствами телемеханики, второй – для передачи диагностической информации о текущем состоянии всех радиомодемов в масштабе времени, близком к реальному. По второму порту обеспечивается также удаленная настройка радиомодемов на БС и КП (выполняется в период технологических перерывов связи).

Применяемое в составе технологических радиосетей обмена данными радиотехническое оборудование имеет, как правило, очень высокие характеристики надежности. Однако несоблюдение условий (в первую очередь, нестабильные характеристики питающего тока, нарушение температурного режима и воздействие влаги) и правил эксплуатации приводят к преждевременному выходу аппаратуры из строя и сбоям в работе радиосетей.

Для еще большего повышения надежности функционирования технологических радиосетей используются специальные программные средства оперативного мониторинга и контроля технического состояния радиомодемов. Такие средства позво-

ляют в близком к реальному масштабе времени контролировать рабочие параметры аппаратуры, выявлять их отклонения и на основе этой информации предупреждать о возможных сбоях и выходах из строя. В результате появляется возможность предотвращения дорогостоящих долговременных перерывов в работе технологической радиосети за счет своевременной замены и восстановления работоспособности аппаратуры до ее полного выхода из строя.

Обычно такие программные средства базируются на использовании встроенной функции автономной диагностики радиомодемов. Одним из известных типовых решений, предназначенных для повышения надежности технологических радиосетей обмена данными, является программно-технический комплекс (ПТК) «Балтика».

ПТК «Балтика» предназначен для мониторинга состояния и поддержания эксплуатационной готовности стационарной технологической радиосети обмена данными УКВ-диапазона на узкополосных радиомодемах. В настоящее время ПТК используется для мониторинга технического состояния аппаратуры радиосетей сбора данных и диспетчерского управления:

- линейной телемеханикой магистральных продуктопроводов;
- средствами автоматизации районов газо- и нефтедобычи;
- аппаратурой контроля и управления электрическими сетями на объектах трубопроводного и железнодорожного транспорта;

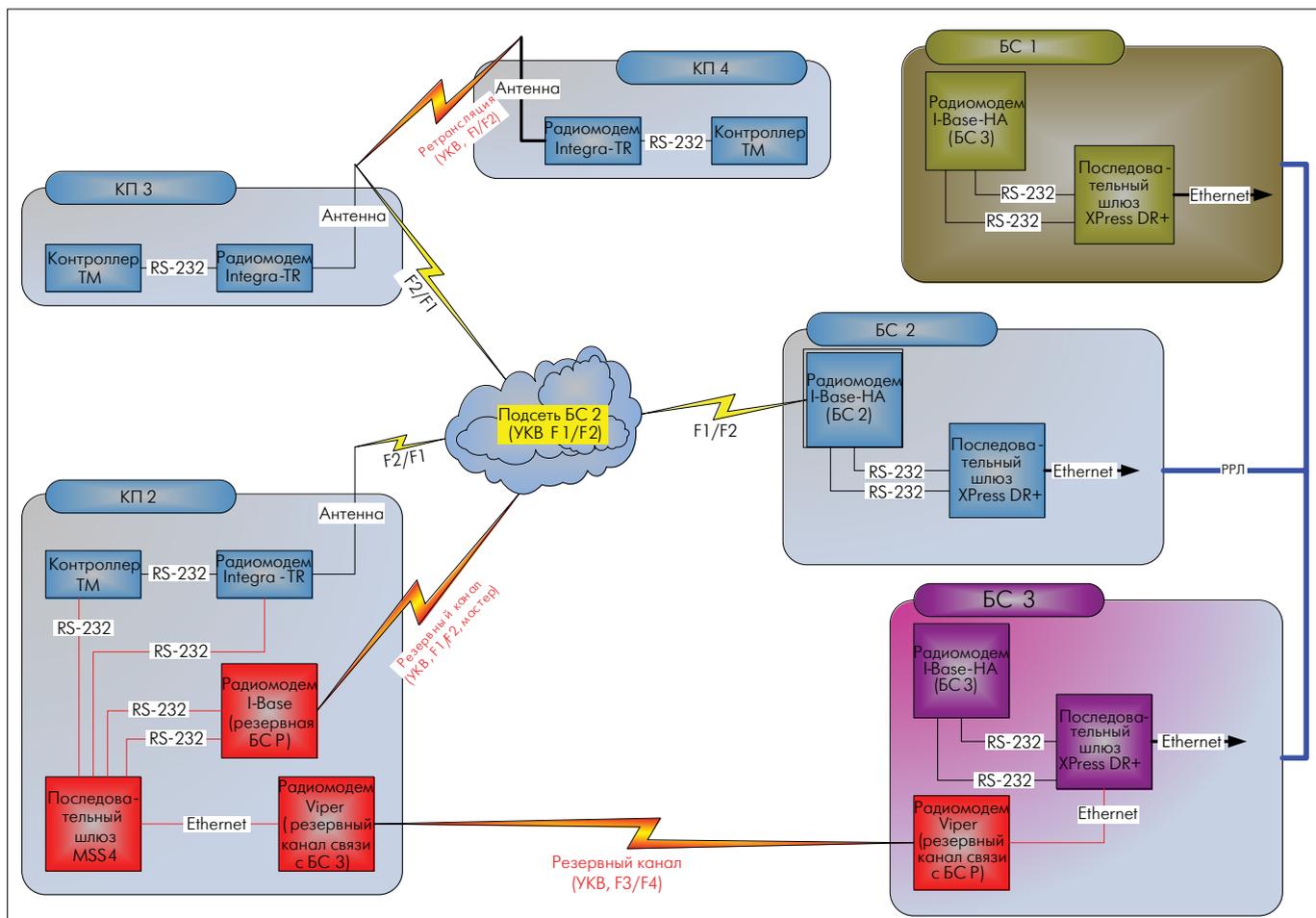


Рис.2. Схема коммутации оборудования стационарной технологической радиосети управления телемеханикой

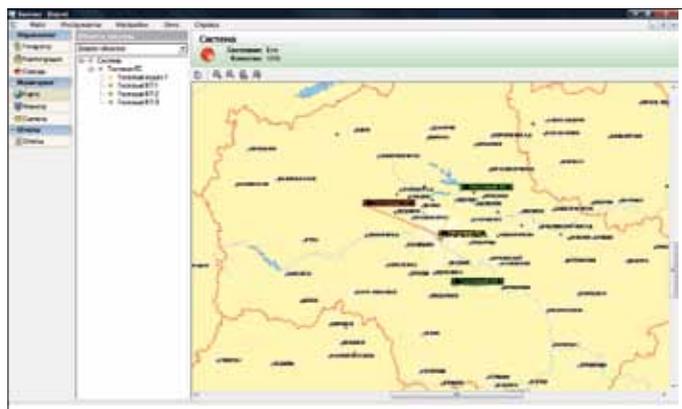


Рис.3. Карты с объектами технологической радиосети обмена данными трубопроводной системы

- инженерными сетями энерго-, газо-, водо- и теплоснабжения, очистными сооружениями, в том числе, на объектах транспорта и дорожного хозяйства;
- шлюзами на водном транспорте;
- средствами сбора сейсмической и метеорологической информации, а также данных о радиационной и химической обстановке в интересах решения транспортных задач.

Комплекс состоит из технических средств сопряжения аппаратуры базовых станций технологической радиосети с магистральными каналами передачи данных и программно-технических средств сбора, отображения, обработки и хранения диагностической информации.

ПТК обеспечивает автоматический сбор, обработку по заданным алгоритмам в оперативном режиме и отображение данных о состоянии радиосети с привязкой ко времени. Данные о техническом состоянии аппаратуры автоматически передаются от удаленного контролируемого пункта на диагностический порт базовой станции, а оттуда поступают на обработку. Программа обработки данных проводит анализ информации по основным служебным и техническим параметрам: идентификационному номеру устройства; температуре внутри корпуса; напряжению питания; уровню сигнала, принимаемого базовой станцией радиосети от удаленного устройства; излучаемой мощности передатчика; мощности обратной волны.

На основе полученной информации можно с помощью ПТК следить за целостностью и качеством каналов технологической радиосети обмена данными; контролировать рабочие параметры радиотехнической аппаратуры; извещать оператора о нештатной работе каналов обмена данными; выявлять сбои в основной электросети и переход на питание от резервной сети (аккумуляторов); проводить предварительный расчет зон электромагнитной доступности для объектов технологической радиосети обмена данными.

Программный комплекс имеет архитектуру «клиент-сервер» и функционирует на основе СУБД MS SQL Server. Он оснащен удобным интерфейсом пользователя (рис.3, 4).

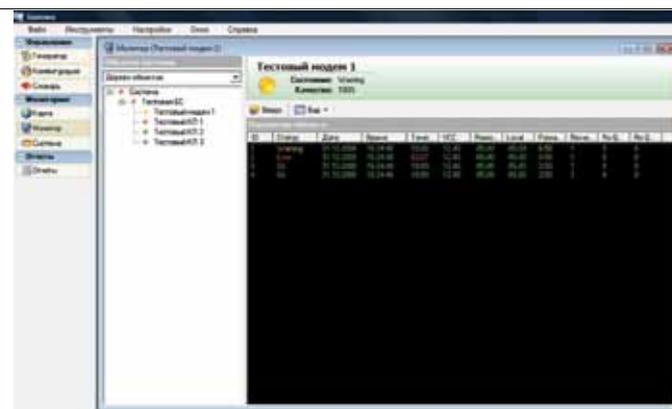


Рис.4. Контроль параметров работы технологической радиосети обмена данными трубопроводной системы

Проектная емкость ПТК составляет 250 базовых станций и 1000 удаленных контролируемых объектов, сведенных в единую радиосеть с иерархической структурой и распределенной системой управления.

Комплекс обеспечивает формирование и ведение паспортов объектов технологической радиосети, учет их оснащения аппаратурой связи, хранение и получение данных о применяемых вспомогательных технических средствах и антенно-фидерных устройствах. Хранимые в памяти ПТК данные о техническом оснащении объектов связи позволяют сократить сроки восстановления их работоспособности при сбоях и авариях, повышая живучесть радиосети.

Иерархическая структура радиосети формируется автоматически на основе данных, внесенных в базу, и изменяется в интерактивном режиме персоналом, допущенным к выполнению данной функции.

Система разграничения доступа позволяет создавать и сопровождать рабочие профили пользователей, обеспечивая решение функциональных задач диспетчера и оператора радиосети. Последний имеет доступ к выполнению комплекса аналитических задач с целью оценки параметров работы радиосети и отдельных устройств, функционирующих в ее составе, за определенный период времени. В полном объеме в составе ПТК разворачиваются и функционируют рабочие места диспетчера (дежурного инженера), оператора, администратора и учебное рабочее место.

С помощью ПО ПТК можно воспроизводить работу радиосети за заданный период и использовать его для обучения персонала на реальных данных без вмешательства в текущую работу.

ПО ПТК дает возможность решать и другие задачи:

- установку пороговых значений для измеряемых параметров оперативной диагностики и формирование сигнала «авария» при превышении порога;
- слежение за поступлением данных оперативной диагностики устройств передачи данных и выдачу сигнала «авария» при пропадании этих данных;
- анализ данных оперативной диагностики для косвенного определения исправности абонентских радиомодемов, работающих через удаленные ретрансляторы технологической радиосети обмена данными, не подключенные непосредственно к комплексу мониторинга;
- ведение журнала аварий, формирование и представление отчетов по видам аварий и времени их возникновения;
- анализ изменений данных оперативной диагностики с целью предсказания возможных аварийных ситуаций и сбоев.

В целом комплекс позволяет организовать надежную эксплуатацию крупных технологических радиосетей и автоматизировать процесс мониторинга их технического состояния и параметров работы, повышая надежность и

безопасность функционирования управляемых и контролируемых объектов.

Таким образом, АСУ в энергетике должны строиться на базе современных интегрированных технологических радиосетей, легко сопрягаемых между собой и позволяющих сформировать единое информационное пространство для функционирования системы управления энергетической инфраструктурой отдельного предприятия, населенного пункта или региона. Существующее радиотехническое оборудование и специальные программно-технические средства позволяют строить современные полнофункциональные АСУ на объектах энергетики, разнесенных на значительные расстояния. ○

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



Аналого-цифровое преобразование

Под ред. Уолта Кестера

Москва: Техносфера, 2007. – 1016 с. ISBN 978-5-94836-146-8

Книга написана для инженеров - конструкторов, которые используют преобразователи данных и связанные с ними вспомогательные схемы. Поэтому в тексте встречаются много практических советов. Большая часть материала была взята – с необходимыми обновлениями – из предыдущих популярных выпусков книг для семинаров Analog Devices. Много разделов подверглись переработке для того, чтобы материал был изложен более точно и ясно. Различные технические специалисты Analog Devices внесли свой вклад в книгу и их имена упоминаются в начале каждой большой секции.

Цена: 680 р.



Применение высокоскоростных систем

Под ред. Уолта Кестера

Москва: Техносфера, 2008. – 368 с. ISBN 978-5-94836-199-4

В книге рассмотрен метод высокоскоростного преобразования данных.

В разделе 1 приведены архитектуры ЦАП и области их применения, а также оценочные комплекты АЦП и средство моделирования ADIsimADC®. Раздел 2 посвящен методам оптимизации интерфейсов преобразователей

данных с помощью дифференциальных усилителей, трансформаторов и т.д. В разделе 3 рассмотрены ЦАП, оценочные аппаратные и программные средства ЦАП, программа их разработки и моделирования. В разделе 4 приведены сведения о топологии печатных плат. Подробно описываются программы разработки высокоскоростных систем.

Книга предназначена для инженеров-конструкторов.

Цена: 420 р.

Как заказать наши книги?

По почте: 125319 Москва, а/я 594. По тел./факсу: (495) 956-3346, 234-0110.

E-mail: knigi@technosfera.ru; sales@technosfera.ru.