

Выпуск 21

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ РАДИОСЕТЬ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

В настоящей статье представлена краткая информация о технологической радиосети управления и сбора данных на узкополосных радиомодемах УКВ диапазона, обеспечивающей работу Автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (АСКРО) Ленинградской атомной электростанции (ЛАЭС). Описаны некоторые особенности проектирования и развертывания радиосети для ответственных приложений на потенциально опасных объектах.

Статья предназначена для руководителей и технических специалистов, связанных с созданием и эксплуатацией распределенных автоматизированных систем управления различного назначения.

Мы благодарим специалистов Ленинградской атомной электростанции за помощь в подготовке настоящего материала.

1. Общая информация

Крупнейшая в России атомная электростанция (АЭС) по установленной мощности, составляющей 4200 МВт. ЛАЭС – единственная в России станция, где действуют энергоблоки двух разных типов – канальные уран-графитовые и водо-водяные.

Станция состоит из шести энергоблоков. Блок № 1 РБМК-1000 остановлен для вывода из эксплуатации 21 декабря 2018 года после 45 лет работы. Блоки № 2, 3 и 4 РБМК-1000 и блок № 5 ВВЭР-1200 – в работе. Блок № 6 ВВЭР-1200 – в стадии запуска в промышленную эксплуатацию.



Ленинградская атомная электростанция (фото с сайта корпорации «Росэнергоатом» http://rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-leningradskoy-aes)

Необходимость создания автоматизированных систем контроля радиационной обстановки (АСКРО) в районах расположения атомных станций была осознана в ходе ликвидации последствий Чернобыльской аварии (26.04.1986 года). Старт работам по созданию этих систем дало Постановление ЦК КПСС и СМ СССР от 01.07.1987 года №724-163, а в

феврале 1988 года были утверждены первые «Общие технические требования к системе и структуре размещения АСКРО в районе расположения атомной станции». Задачами АСКРО были и являются сбор информации о радиационной обстановке в районе АС, объективное подтверждение безопасного функционирования АС и информационная поддержка противоаварийных действий.

Первая в стране АСКРО заработала в феврале 1995 г. на Ленинградской АЭС, и создана она была при технической помощи финского Центра радиационной и ядерной безопасности (Säteilyturvakeskus, сокращенно STUK) и Датского агентства по чрезвычайным ситуациям (DEMA). В настоящее время АСКРО функционируют на всех 10 АЭС России. Они объединены в отраслевую подсистему с центральным пультом контроля в Кризисном центре АО «Концерн Росэнергоатом».

В составе большинства АСКРО АЭС используется отечественное оборудование (система «Атлант» НПП «Доза», www.doza.ru). Только на Кольской и Ленинградской АЭС работают системы финской фирмы «Rados Technology» (ныне Mirion Technologies). На Балаковской, Калининской и Курской АЭС установлены также системы «SkyLink» (Genitron Германия, ныне Bertin Instruments www.rosenergoatom.ru/safety_environment/obespechenie-bezопасnosti/radiatsionnyy-kontrol/).

Все системы измеряют мощность амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) и передают данные с постов радиационного контроля (ПРК) на центральный пост контроля (ЦПК) по радиоканалу.

2. Технологическая радиосеть АСКРО

2.1. Особенности организации связи для АСКРО

В 2017-2020 годах произведена модернизация АСКРО ЛАЭС. В ходе модернизации развернуты и подключенные к технологической радиосети 10 постов радиационного контроля ПРК-01 производства АО «СНИИП» (г. Москва, www.sniip.ru). Кроме постов радиационного контроля (оборудование нижнего уровня) в состав системы входят два ЦПК (оборудование верхнего уровня). Основная роль в составе ЦПК отводится станциям сбора данных (ССД) – компьютерам, осуществляющим сбор данных с ПРК. Общая схема радиосети АСКРО ЛАЭС представлена на Рис. 1

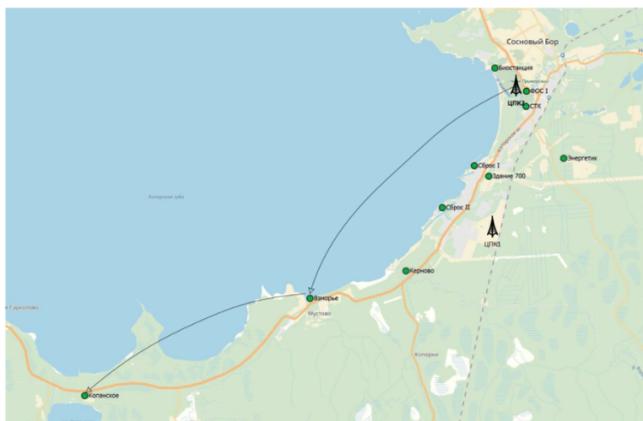


Рис. 1. Общая схема радиосети АСКРО ЛАЭС.

Создание АСКРО является нетривиальной задачей в связи со следующим:

- необходимостью выполнения жестких требований Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 года № 102-ФЗ;
- географической разбросанностью измерительных постов, что обуславливает необходимость использования радиосвязи, которая является весьма специфической областью, и в плане технических решений, и в плане нормативного регулирования;
- сопряжением с информационной системой АЭС с соблюдением требований НП 001-15 «Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций», поскольку АСКРО отнесены к системам важным для безопасности атомных станций.

Кроме того, системы АСКРО является «штучным товаром» для изготовления которого разработчик должен обладать широкими компетенциями в перечисленных выше областях без особых шансов на получение финансовой прибыли за счет тиражирования технически сложной системы, в создание которой вложены серьезные финансовые средства и усилия.

Как показал практический опыт работ по модернизации АСКРО ЛАЭС, наибольшую сложность для разработчиков измерительной системы представляет создание технологической радиосети, поскольку эта часть работ не является для него профильной. Как правило, разработчик не имеет возможности развернуть у себя радиосеть и отработать ее функционирование в интересах АСКРО. Кроме того, радиоэфир – крайне специфическая среда передачи информации, и навыки работы с кабельными линиями могут даже помешать: то, что хорошо отработано в кабельных сетях, в радиоэфире может отказаться работать вообще, либо работать со сбоями. Поэтому для достижения хорошего результата необходим опыт эксплуатации собственных разработок в реальных условиях. И если качество работы самих радиомодемов обеспечивает их изготовитель, то выбор или разработку протокола обмена между базовой станцией (ЦПК) и периферийными постами (ПРК), который может оказаться критическим для работы радиосети, производит, обычно, изготовитель АСКРО. Под протоколом имеется в виду и алгоритм радиообмена, и его программная реализация.

Во всех российских АСКРО для связи с постами радиационного контроля используются узкополосные радиомодемы различных типов и закрытые протоколы изготовителей этого оборудования.

Например, в «SkyLink» применяется близкая к системам LPWAN¹ односторонняя радиосвязь с радиопередатчиками ультранизкой мощности, что позволяет создавать полностью автономные датчики. В системе используются очень низкие скорости передачи данных и специальные методы помехоустойчивого кодирования с большой избыточностью: в эфир передается в несколько раз больше информации, чем в исходном сообщении. Это позволяет в случае повреждения данных при передаче на стороне базовой станции из нескольких произвольно принятых фрагментов полностью восстановить

¹ LPWAN ([англ.](#) *Low-power Wide-area Network* - «энергоэффективная сеть дальнего радиуса действия») – беспроводная технология передачи небольших по объему данных на дальние расстояния, разработанная для распределённых сетей телеметрии, межмашинного взаимодействия и интернета вещей. LPWAN является одной из беспроводных технологий, обеспечивающих среду сбора данных с различного оборудования: датчиков, счётчиков и сенсоров.

исходное сообщение. Но за это приходится платить односторонней связью и крайне дорогостоящим оборудованием базовых станций.

В АСКРО «Атлант» и Rados, которые можно назвать классическими, специального распределения радиочастотного ресурса не предусмотрено, если не считать таковым поочередный опрос датчиков. Но пропускная способность таких радиосетей остается относительно невысокой. В то же время СТО 1.1.1.01.001.0875-2017 «Автоматизированная система контроля радиационной обстановки атомной электростанции. Технические требования (с изм. 1)» требует от перспективных АСКРО установки на ПРК более сложных датчиков и, соответственно, передачи больших объемов инструментальной информации.

Обе вышеуказанные системы используют узкополосные радиомодемы, и организация канала передачи данных у них одинакова. Функциональная схема классической системы АСКРО представлена на Рис. 2.

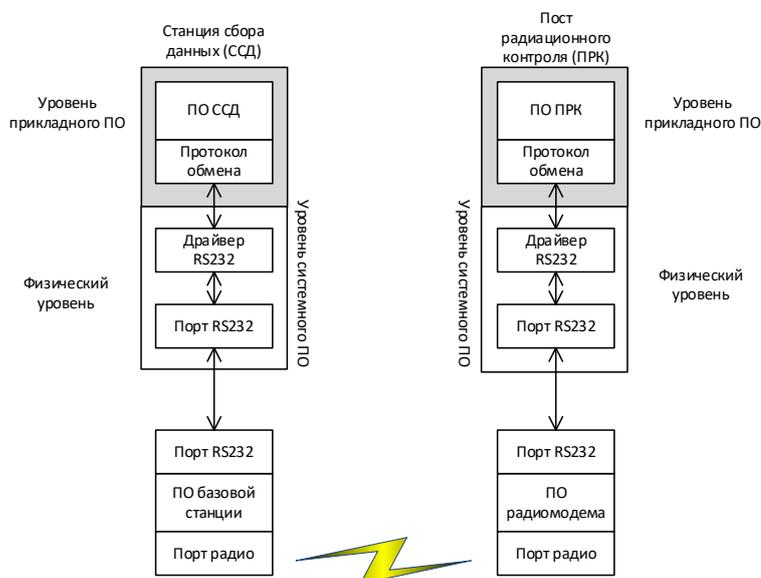


Рис. 2. Функциональная схема классической системы АСКРО.

В такой системе программное обеспечение (ПО) станции сбора данных генерирует запросы на предоставление результатов измерений, а также получает сигналы тревог (сведения об отказе датчика, сигналы о вскрытии контейнера с оборудованием и пропадании промышленного питания, разряде аккумулятора и т.п.). Операционная система (ОС) ССД предоставляет разработчику этого ПО АСКРО доступ к драйверу последовательного порта (как правило, RS-232). Функциональные возможности порта ограничены: он может передавать определяемые разработчиком массивы данных на порт ввода-вывода (и далее на радиомодем) и накапливать в буферной памяти полученную через этот порт информацию. Содержание передаваемой и получаемой информации, выбор момента начала работы радиопередатчика, проверка отсутствия искажений данных в радиоканале, получение подтверждений о доставке данных – все эти вопросы решаются (или игнорируются!) разработчиками ПО. Радиомодем имеет последовательный (как правило, RS-232) и радио интерфейсы, и представляет из себя своеобразный медиа-конвертор, преобразующий поток байтов в радиосигнал на одном конце канала передачи данных, и восстанавливающий этот поток на другом.

Пост радиационного контроля построен именно таким образом. ПО ПРК собирает данные измерений с датчиков МАЭД, вскрытия и других, реагирует на запросы ССД и генерирует служебные сообщения.

Каждый ПРК должен иметь уникальный идентификатор (адрес), чтобы его ПО могло выделить направленные ему запросы и указать этот идентификатор в служебном сообщении, чтобы ССД могла определить, откуда оно поступило.

Интерфейс RS-232 имеет архитектуру «точка-точка», поэтому, например, подключить к радиомодему вторую станцию сбора данных или контроллер другой подсистемы без дополнительных технических средств невозможно. А для того, чтобы это сделать, необходимо разнести опросы подсистем во времени, чтобы запросы одной подсистемы не привели к сбоям в работе другой.

Драйвер последовательного порта также монополюно управляется единственной программой. Поэтому при расширении функциональных возможностей системы необходима полная переработка ПО. При этом с увеличением количества подсистем растет нагрузка радиоканала, что приводит к возрастанию вероятности одновременного выхода в эфир более чем одной радиостанции (конфликта). Возникает необходимость управления ресурсами радиоканала.

В настоящее время на рынке появился новый класс устройств: радиомодемы и базовые станции с поддержкой стека (набора) протоколов TCP/IP. Используемые в составе модернизированной АСКРО ЛАЭС радиомодемы семейства Viper-SC+ кроме стандартных портов радио и RS-232, имеют порт Ethernet для подключения к компьютерным сетям.

Такие радиомодемы естественным образом вписываются в современные информационные системы. Во всех ПК и в большом количестве контроллеров стек TCP/IP является частью их операционных систем. Стандартной и самой привычной средой для сетей TCP/IP является сеть Ethernet. Протоколы семейства TCP/IP апробированы в миллионах устройств. Применение радиомодемов с поддержкой TCP/IP позволяет упростить создание ПО системы, возложить значительную часть работы по организации функционирования радиоканала на сами радиомодемы, обеспечить совместное использование радиоканала в интересах различных подсистем, улучшить управление радиочастотным ресурсом, сохранить преемственность с ранее разработанными решениями.

О наборе протоколов TCP/IP говорят как о стеке, чтобы подчеркнуть его многоуровневую иерархическую структуру, которая нужна ему для обеспечения гибкости.

Каждое устройство, участвующее в обмене данными с применением стека протоколов TCP/IP должно иметь уникальный IP адрес, а для обеспечения многоканального обмена наряду с адресом узла используется концепция порта. Порт характеризуется номером от 0 до 65535. Данные передаются определенному адресу на определенный порт. ПО, предоставляющее порт для приема/передачи данных, называется серверным. ПО, иницилирующее соединение с серверным портом – клиентским.

В системах на базе стека TCP/IP разработчик решает вопрос протокола обмена на целевом, прикладном уровне. Конечно же, это вопрос содержания передаваемой информации, с какого узла (устройства, имеющего определенный адрес) на какой необходимо передать данные, и каким способом. Дальнейшая работа по передаче данных совершается средствами операционной системы станции сбора данных, контроллеров ПРК и сетевых

устройств, включая радиомодемы. При этом разработчик может воспользоваться услугами так называемых стандартных (являющихся частью стека) протоколов прикладного уровня, например, FTP (file transfer protocol – протокол обмена файлами) или SFTP (secure FTP – безопасный FTP), специально предназначенных для обмена файлами между двумя хостами (компьютерами). FTP передает данные в том виде, в котором они хранятся в файле, а SFTP дополнительно шифрует информацию, что, с одной стороны, защищает ее от перехвата, а с другой - гарантирует доставку без искажений.

Независимо от того, будет ли разработчик прикладного ПО разрабатывать собственный протокол прикладного уровня или воспользуется стандартным, он должен определить, каким образом будет передаваться информация в создаваемой им системе. Протоколы, которые занимаются этим, называются протоколами транспортного уровня. Поэтому принято говорить о передаче данных с прикладного уровня на транспортный.

Наиболее распространенный протокол транспортного уровня – TCP. При его использовании два хоста устанавливают соединение, состояние которого постоянно отслеживается. При потере связи с сервером (разрыве соединения) клиент будет об этом извещен. Клиент получает подтверждение о благополучной (или нет) доставке данных. Если необходимо, передача данных может быть автоматически повторена. Упомянутый выше протокол FTP базируется на TCP соединениях.

Для дополнительной защиты данных используется протокол SSL, использующий шифрование передаваемых данных. На базе соединений SSL строится протокол верхнего уровня SFTP.

Более простой и экономный способ связи с точки зрения расходования ресурсов – использование так называемых UDP дейтаграмм. Это просто передача данных на определенный адрес и порт без установления соединения и гарантированной доставки данных. Тем более, что определенный диапазон адресов предназначен для широковещательных посылок. Среда для трансляции дейтаграмм может быть любой, в том числе и комбинированной.

Поскольку между источником данных и адресатом может быть множество различных устройств, необходимо построить маршрут, по которому будет проходить информация. Этим задачу решает протокол IP – межсетевой уровень стека TCP/IP. Как и у большинства других протоколов, у IP имеется защищенный вариант, IPsec.

Уровень сетевого доступа образуют сетевые адаптеры и соответствующие драйверы. Они дополняют IP пакеты зависящими от конкретной среды передачи сведениями, отвечают за выработку и прием физических (электрических, оптических) сигналов.

На принимающей стороне информация извлекается адаптером из среды передачи данных и проходит обратный путь: от кадров физического уровня до исходного сообщения. Действия в ответ на полученную порцию данных целиком зависят от протокола прикладного уровня.

Функциональная схема связи ССД и ПРК с каналом связи на базе оптико-волоконной линии (ОВЛ) и резервным каналом на базе радиомодемов с поддержкой стека TCP/IP представлена на Рис. 3.

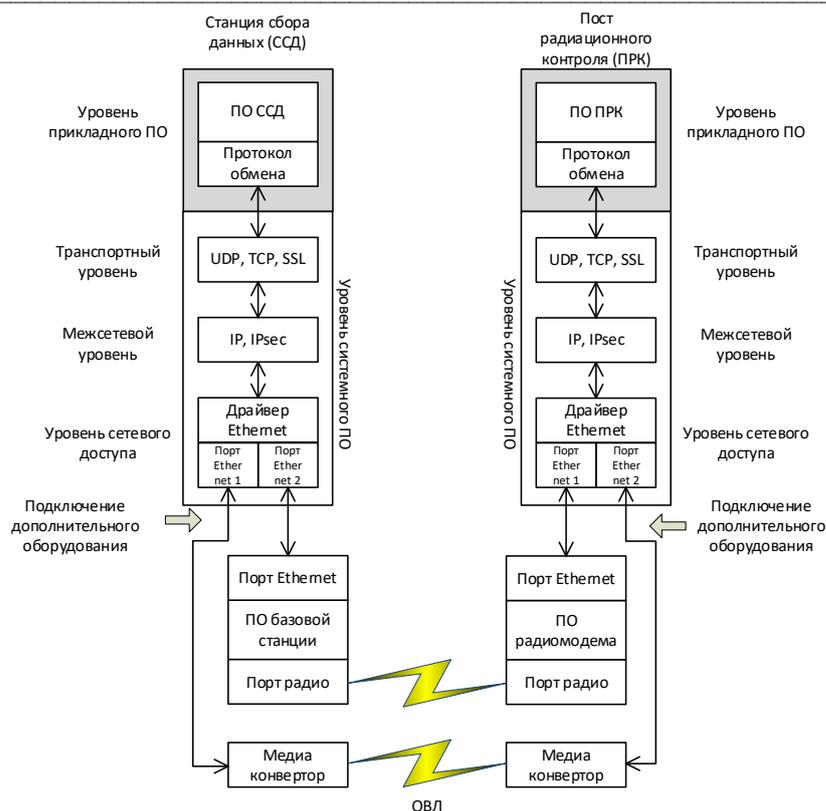


Рис. 3 Функциональная схема связи ССД и ПРК с каналом связи на базе оптоволоконной линии (ОВЛ) и резервным каналом на базе радиомодемов с поддержкой стека TCP/IP.

Выбор используемого канала передачи данных определяется адресатом: если в качестве такового указывается IP адрес, присвоенный порту Ethernet 2 контроллера ПРК, данные будут направлены через порт Ethernet 1 ССД, медиа-конвертор и ОВЛ. Если точкой назначения будет обозначен адрес, присвоенный порту Ethernet 1 контроллера ПРК, будет использован радиоканал. При этом с точки зрения программирования оба канала ничем, кроме скорости передачи данных, отличаться не будут.

Сети Ethernet изначально предназначены для совместного использования многими устройствами. Достаточно добавить в схему сетевые коммутаторы и через радиоканал или ОВЛ может взаимодействовать множество различных устройств и/или приложений. При этом их сетевым портам будут присвоены уникальные IP адреса, а стек протоколов TCP/IP обеспечит адресную передачу данных и отсутствие взаимного влияния одного информационного потока на другой.

Радиомодемы с поддержкой стека TCP/IP позволяют использовать единый радиоканал в интересах различных устройств/систем.

2.2. Технологическая радиосеть АСКРО ЛАЭС

В составе АСКРО ЛАЭС для связи на ЦПК установлены базовые станции Viper-SC+ base station, а на ПРК - радиомодемы Viper-SC+. Технические характеристики применяемого в составе АСКРО ЛАЭС радиотехнического оборудования представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики радиомодемов семейства Viper-SC+

Общие характеристики	Базовая станция Viper-SC+ base station	Радиомодем Viper-SC+
		
Диапазон частот, МГц	136-174	136-174
Шаг сетки частот, кГц (настраивается программно)	50; 25; 12,5; 6,25	50; 25; 12,5; 6,25
Тип излучения	3K30F1D; 11K2F1D; 16K5F1D; 17K8F1D; 33K0F1D; 52K7F1D	3K30F1D; 11K2F1D; 16K5F1D; 17K8F1D; 33K0F1D; 52K7F1D
Номинальная задержка при холодном старте, с	60	35
Рабочее напряжение, В	10-30 (постоянный ток)	10-30 (постоянный ток)
Рабочая температура, град. С	от-40 до +70	от-40 до +70
Температура хранения, град. С	от-45 до +85, без образования конденсата	от-45 до +85, без образования конденсата
Влажность, %	5-95, без образования конденсата	5-95, без образования конденсата
Габаритные размеры, см	41 (Ш) x 12 (Г) x 29 (В)	13,97 (Ш) x 10,80 (Г) x 5,40 (В)
Масса (в упаковке), кг	5,2	1,1
Рабочий режим	симплекс/полудуплекс	симплекс/полудуплекс
Передатчик		
Полоса рабочих частот, МГц	38	38
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	1-10	1-10
Время атаки, мс	<1	<1
Время переключения между каналами, мс	<15	<15
Импеданс, Ом	50	50
Цикл работы на передачу, %	100	100
Интерфейсы	2 x RS-232 (DE-9F), 2 x 10Base-T RJ-45	2 x RS-232 (DE-9F), 10Base-T RJ-45
Антенна	N-типа (мама)	TNC (мама)

Приемник		
Чувствительность (вероятность ошибки 1×10^{-6}):		
- 25 кГц, дБм (при скорости обмена данными кбит/с)	-114 (16); -106 (32); -100 (48); -92 (64)	-114 (16); -106 (32); -100 (48); -92 (64)
Подавление помех по соседнем каналу, дБ	70	70
Интермодуляция, дБ	>75	>75
Избирательность, дБ	>70	>70
Время переключения с приема на передачу, мс	<2	<2
Время переключения между каналами, мс	<15	<15
Модем		
Скорость, кбит/с	4; 8; 12; 16; 24; 32; 48; 64	4; 8; 12; 16; 24; 32; 48; 64
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача
Вид модуляции	2FSK, 4 FSK, 8FSK, 16FSK	2FSK, 4 FSK, 8FSK, 16FSK
Адресация	IP	IP

Функциональная схема расширения функциональности эксплуатируемого на Ленинградской АЭС ПРК-01 производства АО «СНИИП» представлена на Рис. 4.

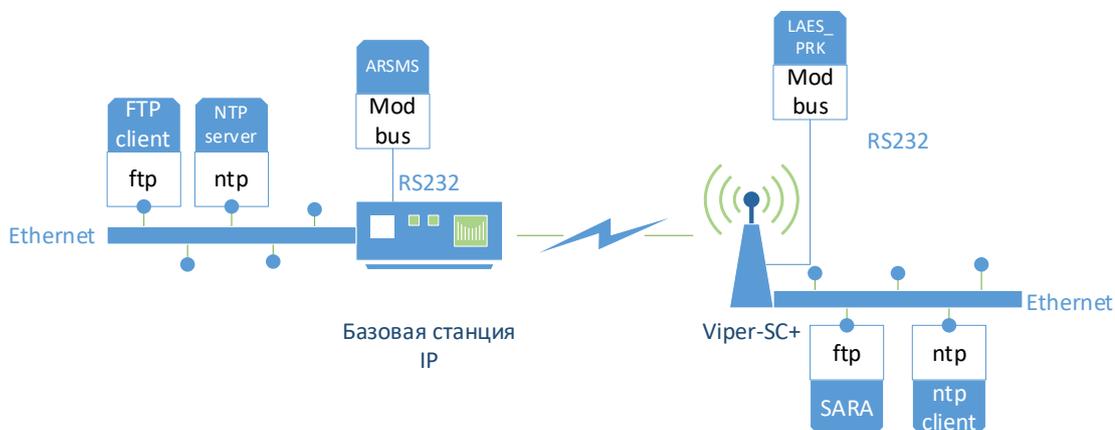


Рис. 4. Функциональная схема расширения функциональности эксплуатируемого на Ленинградской АЭС ПРК-01 производства АО «СНИИП».

Изначально служба сбора данных ARSMS через интерфейс RS-232 взаимодействовала с ПО контроллеров ПРК-01 (LAES_PRK) с использованием протокола Modbus. В рамках модернизации потребовалось подключить к ПРК спектрометр SARA (Рис. 2) производства компании «ENVINET GmbH» (Германия). Наличие сетевого интерфейса позволило сопрячь его непосредственно с портом Ethernet радиомодема и считывать результаты обработки спектров с использованием стандартного протокола ftp. Преимуществом такого решения является отсутствие необходимости внесения изменений в штатное ПО сбора данных с

ПРК-01. При этом ни одна команда Modbus, предназначенная для контроллера ПРК-01, не поступает на порт спектрометра и не становится причиной сбоя в его работе, хотя различные инструментальные средства используют один радиоканал. Спектрометр SARA, как и ПРК-01, поддерживает работу по протоколу Modbus, поэтому при подключении по последовательному порту потребовалось бы дополнительное тестирование ПО обоих устройств на совместимость. В дополнение к этому одновременно на центральном посту АСКРО удалось развернуть сервер единого времени, который автоматически с высокой точностью синхронизирует системные часы контроллера ПРК, и обеспечивает его надежную работу по единому радиоканалу. В результате все данные измерений сопровождаются метками времени и при этом отсутствует необходимость разноса этих служб по времени, поскольку сортировку сообщений разных типов производит стек TCP/IP.



Рис. 2. Спектрометр SARA производства компании «ENVINET GmbH» (Германия).

При увеличении загруженности радиосети в ней могут возникать конфликты – ситуации, когда в эфир выходят одновременно несколько подключенных к радиосети устройств. Радиомодемы Viper-SC+ используют эффективный механизм обнаружения и разрешения конфликтов в радиоэфире. Они взаимодействуют между собой, выбирая подходящие моменты для выхода в эфир. Кроме того, радиомодемы могут использовать автоматическое подтверждение доставки пакетов через радиоканал и производить их автоматическую повторную передачу в случае необходимости. Это несколько увеличивает загрузку канала, но упрощает задачу разработчикам прикладного ПО, повышая надежность функционирования радиосети и системы в целом.

2.3. Особенности технологической радиосети для систем АСКРО

Важной характеристикой любой радиосети является единая физическая среда (радиоэфир): радиосигнал на заданной радиочастоте слышен всем настроенным на эту радиочастоту приемникам и является для них полезной информацией, которую все они способны принять, либо помехой. Из этой особенности следует, что в радиосети должны применяться механизмы обнаружения конфликтов и использоваться протоколы с адресацией – в тело сообщения должна быть включена информация об адресате и отправителе сообщения.

В большинстве радиомодемов, имеющих только последовательный порт (так называемых, «прозрачных» радиомодемах), никакой адресации не предусмотрено. Радиомодемы Viper-SC+ имеют порт Ethernet и поддерживают адресацию IP v.4 – такую же, которая используется в современных компьютерных сетях предприятий. Это позволяет прозрачно

стыковать компьютерную сеть ЦПК АСКРО с радиосетью ПРК. Одним сетевым адресом могут пользоваться несколько программ: через один интерфейс можно одновременно выполнять несколько задач. Например, работать с несколькими датчиками или удаленно проводить диагностику оборудования ПРК, и даже производить обновление ПО через радиоканал. Сеть Ethernet легко расширить с помощью коммутаторов и включить в состав ПРК необходимые дополнительные устройства или датчики. Замечательно то, что это не потребует переделки ранее разработанного ПО.

Узкополосные радиомодемы имеют относительно низкие скорости обмена данными. При использовании общей радиочастоты это приводит к необходимости эффективного разделения и использования радиочастотного ресурса. В «прозрачных» радиомодемах эту задачу решает разработчик ПО АСКРО. При небольшом количестве участников радиообмена и малом объеме передаваемой информации на это чаще всего даже не обращают внимания, но это может серьезно повлиять на надежность работы всей системы.

В радиосети на радиомодемах Viper+SC+ встраиваемое ПО работает совместно с ПО стека TCP/IP ОС компьютера ЦПК и ПРК. Прикладная программа указывает ОС, какую информацию надо передать и ожидает окончания передачи или сообщения о разрыве соединения. ПО радиомодема самостоятельно собирает данные от всех источников, «прослушает» эфир, выбирает удобный момент для передачи данных, а на приемном конце сортирует информацию по адресатам для ее дальнейшей обработки.

Радиосети характеризуются большей, чем кабельные каналы, зависимостью от помех. Поэтому радиосообщения должны быть короткими: чем длиннее сообщение, тем более вероятен сбой. Большие объемы данных надо разбивать на небольшие части. Гораздо проще при необходимости повторить 2-3 коротких фрагмента, чем несколько раз пересылать длинный, сбиваясь то в одном, то в другом месте. Передаваемые фрагменты должны снабжаться средствами подтверждения переданной информации: контрольными суммами, хэшами и тому подобное.

В прозрачных радиомодемах все перечисленное выше – задача разработчика ПО АСКРО. В стек TCP/IP все эти функции встроены. Радиомодем работает с двумя сетями: Ethernet и радио. Для каждой среды подобраны оптимальные размеры передаваемых пакетов данных, в каждом пакете имеется контрольная сумма. При необходимости можно настроить повторную передачу пакетов. Разбивка на пакеты больших фрагментов данных производится системным ПО. Передача данных малыми порциями позволяет также лучше распределять ресурсы канала между разными пользователями.

СТО-0875 предписывает следующие влияющие на каналы связи дополнения (изменения) к наработанным системам АСКРО:

- а) доукомплектование ряда постов спектрометрическими датчиками;
- б) дублирование каналов передачи данных;
- в) проектирование одного из постов радиационного контроля за пределами зоны наблюдения АЭС (15-20 км от базовых станций ЦПК АСКРО)

При решении вышеуказанных задач возникают следующие проблемы:

- а) спектрометрический датчик отличается от датчика МАЭД более сложным устройством и большим количеством передаваемой информации. В настоящее время серийно выпускаемые ПРК со спектрометрическими датчиками отсутствуют. Эти датчики имеют встроенную микро-ЭВМ с полным набором протоколов TCP/IP и порт Ethernet.

Подключение спектрометра SARA к «прозрачному» радиомодему потребует модификации протокола обмена данными и переработки ПО ЦПК и ПРК, что, по понятным причинам, является неприемлемым для разработчиков.

В ПРК с радиомодемом, поддерживающим протокол ТСР/IP, эти две системы могут быть совершенно независимы. В ранее разработанное ПО, обеспечивающее передачу данных измерений МАЭД, можно оставить без изменений.

б) задача дублирования каналов связи в системах с радиомодемами, поддерживающими протокол ТСР/IP, решается несколькими способами. Каждому каналу передачи соответствует пара адресов IP (интерфейсов) со стороны ЦПК и ПРК. ПО ПРК в ожидании запросов должно прослушивать все доступные ему интерфейсы. При получении запроса через один из них отвечать на парный адрес. При написании ПО контроллера ПРК следует учесть наличие нескольких каналов передачи данных и их производительность.

в) наличие большого количества постов, в том числе, находящихся на значительном удалении, может представлять собой достаточно серьезную проблему, особенно при использовании частотных диапазонов 400 и 900 МГц. Радиомодемы Viper SC+ предлагают простое решение этой проблемы: они позволяют использовать модемы в режиме ретранслятора. Если в сети имеется радиомодем, имеющий одновременно хорошую связь с удаленным модемом (модемами) и базовой станцией, то он может быть настроен как ретранслятор без потери своей основной функциональности. Если такого модема нет, его придется добавить в сеть. Удаленному модему надо указать, что связь с базовой станцией следует осуществлять через посредника. ПО радиомодема-ретранслятора автоматически определит перечень IP адресов обслуживаемых им удаленных модемов и не станет засорять эфир, ретранслируя все пакеты, которые получает по радиоканалу.

Важной особенностью радиомодемов Viper-SC+ является возможность хранения и использования при настройке списка «соседей». Если адрес удаленного радиомодема не включен в этот список, то вся информация от него игнорируется. Это позволяет также закрыть радиосеть от злоумышленников встроенными средствами.

Стандартной возможностью протоколов ТСР/IP является возможность передачи данных с шифрованием с использованием различных алгоритмов шифрования, включая отечественные (ГОСТ 28147, ГОСТ Р 34.10, ГОСТ Р 34.11, ГОСТ Р 34.13).

Серьезными основаниями для применения радиомодемов с поддержкой IP-протокола в интересах разработки перспективных АСКРО следует считать следующие:

- наличие большого количества оборудования, поддерживающего работу по данному протоколу, обеспечивающему гарантированную доставку данных, а при необходимости, дополнительное шифрование и защиту информации. При этом разработчикам ПО АСКРО необходимо лишь учитывать, что в узкополосной радиосети необходимо настроить увеличенные задержки при ожидании ответов на запросы;
- радиосеть является неотъемлемой частью АСКРО и эффективность ее применения определяется правильным выбором протокола обмена данными. Применение протокола ТСР/IP позволяет автоматически дополнить радиосеть такими полезными функциями подтверждений доставки сообщения, автоматическая повторная передача сообщения, пакетирование данных;
- радиомодемы, работающие по протоколу ТСР/IP, позволяют упростить разработку, поскольку берут на себя выполнение всех процедур связи - программа пользователя просто

отдает информацию радиомодему, а последний самостоятельно обеспечивает ее доведение до адресата. Программисту нет необходимости разбивать данные на пакеты, определять условия и время их передачи в эфир, восстанавливать поврежденные при передаче сообщения;

– радиосеть, работающую по IP-протоколу, можно сильно загрузить, но на практике не забить на 100%. Так или иначе, сеть будет пытаться обслужить всех подключенных к ней пользователей. Например, в период монтажа оборудования на ЛАЭС был выведен из строя оптический кабель автоматической метеорологической станции. Метеостанцию пришлось подключить к радиосети АСКРО. В результате параметры работы радиосети ухудшились в допустимых пределах, но она продолжила свою работу.

– стек протоколов ТСР/IP позволяет использовать один канал для нескольких целей. Например, на посту может быть несколько датчиков, каждый из которых взаимодействует с собственным ПО.

Важное значение при создании радиосети АСКРО имеет внедрение подсистемы оперативного (в реальном масштабе времени) удаленного мониторинга технического состояния радиотехнического оборудования. Такая подсистема непрерывно отслеживает температуру внутри корпуса радиомодема, напряжение питания, излучаемую мощность собственного передатчика и мощность обратной волны для каждого устройства в составе технологической радиосети, а также уровень принимаемого базовой станцией от удаленного устройства сигнала. Она позволяет решать следующие задачи:

- 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 функционировании основной электросети, питающей радиомодемы.

Радиомодемы Viper-SC+ имеют достаточно высокую надежность (среднее время их наработки на отказ составляет не менее 400 тыс. часов), однако, отсутствие подсистемы контроля технического состояния, позволяющей предупреждать выходы оборудования из строя и оперативно устранять отказы, на наш взгляд, является определенным ограничением надежности и живучести радиосети в целом.

В настоящее время технологическая радиосеть ЛАЭС по параметрам надежности и живучести является лучшей в Российской Федерации. В значительной степени это достигнуто благодаря усилиям технического персонала и руководства станции, которые не побоялись взять на себя ответственность за внедрение современных технических решений в области беспроводной связи и обмена данными, обеспечивающих повышение безопасности эксплуатации станции.

ВЫВОДЫ:

1. Современная технологическая радиосеть управления и сбора данных на узкополосных радиомодемах УКВ диапазона четвертого поколения может эффективно использоваться в системах безопасности потенциально опасных объектов и обеспечивать надежное функционирование таких ответственных приложений, как Автоматизированная система контроля радиационной обстановки на атомных электростанциях.

2. Перспективные технологические радиосети АСКРО целесообразно строить с использованием радиотехнического оборудования, поддерживающего работу с использованием стека протоколов ТСР/IP.
3. Надежность функционирования и живучесть технологической радиосети АСКРО должна обеспечиваться специальными средствами мониторинга технического состояния, позволяющими в режиме реального времени контролировать ее работу, предупреждать сбои и упрощать ликвидацию их последствий.

ООО «Независимый исследовательский центр
перспективных разработок» (НЦПР)

Flexlab
с 1991 года

г. Москва, ул. Генерала Белова, дом 26, этаж 5, офис 519

Тел. +7 (499) 113 26 98

Факс. +7 (499) 113 26 98

Моб. +7 (915) 465 72 89

E-mail: sm@flexlab.ru

<http://www.flexlab.ru>