

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ РАДИОСЕТЬ в системе обеспечения безопасности белорусской атомной электростанции

ООО «НЦПР» (Технический бюллетень)

В настоящей статье представлена краткая информация о технологической радиосети управления и сбора данных на узкополосных радиомодемах УКВ диапазона, обеспечивающей работу Локальной системы оповещения (ЛСО) и Автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (АСКРО) Белорусской атомной электростанции. 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.

1. Общая информация

Белорусская атомная электростанция (БелАЭС) – строящаяся [атомная электростанция](#) типа [АЭС-2006](#). Стройплощадка расположена у северо-западной границы Белоруссии в агрогородке [Ворняны](#) в 18 километрах от города [Островец Гродненской области](#). Первый блок АЭС планируется запустить в 2020 году, второй – в 2021 году. Основным партнер Белоруссии в проекте по строительству АЭС – российская компания «[Атомстройэкспорт](#)» (www.ase-ec.ru).

[изображение отсутствует: 37bfl40dc193-900.jpg]

Строящаяся Белорусская атомная электростанция (фото: ТАСС/Олег Фойницкий/БелТА)

В состав системы обеспечения безопасности БелАЭС входят Локальная система оповещения и Автоматизированная система контроля радиационной обстановки, реализованные на основе технологической радиосети управления и сбора данных, работающей в диапазоне ультракоротких волн (УКВ).

Осенью 2019 года, на объекте работала комиссия Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), эксперты которой отметили «несколько хороших практик, которые будут представлены вниманию мирового ядерного сообщества».

В число этих практик включена «надёжная система аварийного оповещения населения в случае возникновения радиологической и других аварий на станции с использованием оборудования, не зависящего от внешних источников энергоснабжения и оснащенного аппаратурой речевого оповещения».

2. Локальная система оповещения

Технологическая сеть радиосвязи УКВ диапазона частот для локальной системы оповещения БелАЭС спроектирована ОАО «ГИПРОСВЯЗЬ», г. Минск. Производителем и поставщиком программных и аппаратных средств ЛСО БелАЭС выступила белорусская компания — производитель оборудования оповещения ООО «СЕНСОР-М», г. Минск (www.by.sensor-m.com).

ЛСО предназначена для информирования, своевременного доведения до руководителей, персонала БелАЭС и населения, проживающего вблизи атомной электростанции сообщений предупреждающего характера или сигнала «Внимание всем!» с последующим доведением информации о ситуации и оперативных действиях, необходимых к исполнению.

ЛСО БелАЭС состоит из основного, резервного и вспомогательного центра управления оповещением, а также более 30 исполнительных устройств громкоговорящего оповещения, размещенных во всех населенных пунктах в радиусе пяти километров от БелАЭС.

Исполнительными устройствами являются звукоусилительные блоки (ЗУБ) с усилителями звуковой частоты, передающие речевые сообщения на группы рупорных громкоговорителей большой мощности. Наличие аккумуляторных батарей в ЗУБ обеспечивает выполнение жестких нормативных требований по автономности функционирования. Аналогичный тип оборудования использован для громкоговорящего оповещения населения и объектов 15-ти километровой зоны.

Двусторонняя технологическая УКВ сеть радиосвязи для ЛСО БелАЭС развернута от базовой станции центра управления оповещением к исполнительным устройствам на цифровых радиомодемах. Пропускная возможность радиосети обеспечивает обмен как сигналами управления, так и непосредственно трансляцию информации оповещения с микрофона в прямом эфире (режим сквозного канала).

Применение цифровых радиомодемов обеспечило выполнение ряда важных функций ЛСО БелАЭС:

- многоуровневую защиту по доступу к оборудованию;
- сигнализацию в реальном масштабе времени о возможном ухудшении параметров радиолинии или работоспособности элементов ЛСО с автоматической регистрацией данных событий;
- оперативную сигнализацию о попытке несанкционированного физического доступа к оборудованию ЛСО;
- осуществление мониторинга состояния каждого элемента ЛСО, включенного в технологическую сеть УКВ радиосвязи по запросу оператора или по расписанию с ведением электронных журналов состояния ЛСО;
- простоту при диагностике элементов сети в ходе проведения регламентных и ремонтных работ и, как следствие, снижению затрат;
- масштабирование элементов сети, благодаря возможностям широкого функционала настроек модемов.

ЛСО БелАЭС является частью Республиканской Автоматизированной системы централизованного оповещения (АСЦО) и обеспечивает возможность запуска в автоматическом режиме с вышестоящих уровней Республиканской АСЦО, а также передачи обратно статистики по результатам оповещения.

Специалисты ООО «СЕНСОР-М» принимали непосредственное участие в развертывании комплекса ЛСО БелАЭС с его настройкой под радиомодемное оборудование УКВ сети радиосвязи, тестировании и вводе в эксплуатацию. По согласованию с заказчиком осуществляется регламентное техническое сопровождение ЛСО.

3. Автоматизированная система контроля радиационной обстановки

Автоматизированная система контроля радиационной обстановки БелАЭС спроектирована и развернута специалистами российской компании «ИНТРА» (www.intra-ao.ru). Эта распределенная информационно-измерительная система состоит из десяти стационарных постов радиационного контроля (включая 4 спектрометрических поста), семи фильтровентиляционных установок, одной метеостанции, двух машин — передвижных радиометрических лабораторий и оборудования верхнего уровня. Большинство постов расположены в зоне наблюдения АЭС (радиусом 12,9 км), один пост удален на 21 км.

АСКРО предназначена для непрерывного контроля радиационной обстановки в зоне наблюдения БелАЭС во всех режимах эксплуатации, включая проектные и запроектные аварии. Она обеспечивает прогнозирование воздействия повышенного газоаerosольного выброса АЭС в окружающую среду с использованием математических моделей переноса радионуклидов в атмосфере при конкретных метеорологических условиях в районе расположения АЭС.

Важная задача АСКРО — это оперативное обеспечение лиц, ответственных за принятие решений, в случае радиационной аварии на АЭС, достоверной информацией о радиационной обстановке в районе размещения АЭС с целью минимизации дозовой нагрузки на население. Также АСКРО Белорусской АЭС предоставляет данные для Единой государственной АСКРО Белоруссии.

АСКРО Белорусской АЭС обеспечивает:

- контроль мощности дозы в диапазоне от 0,05 мкЗв/ч до 10,0 Зв/ч на постах радиационного контроля в зоне наблюдения АЭС;
- контроль годовой дозы гамма излучения на местности;
- спектрометрические измерения на четырех постах радиационного контроля;
- контроль объемной активности аэрозолей и молекулярных фракций ^{131}I в приземном слое атмосферы внутри зоны наблюдения;
- контроль суммарной активности аэрозолей и их радионуклидный состав в приземном слое атмосферы на территории зоны наблюдения;
- контроль метеорологических параметров на площадке АЭС по следующим параметрам:
 - атмосферное давление;
 - относительная влажность воздуха;
 - температура воздуха на высотных отметках +2 м и +38 м;
 - направление и скорость ветра, включая вертикальную составляющую, на высотных отметках +10 м, +20 м +30 м и +40 м;
 - солнечная активность;

- температура почвы;
- наличие осадков.
- прогнозирование радиационной обстановки на местности и доз облучения населения;
- оценка масштаба последствий аварии;
- предоставление информации, необходимой для принятия решения о введении мер по защите населения, в том числе, о его эвакуации;
- предоставление информации, необходимой для проведения работ по ликвидации последствий аварии;
- предоставление местному населению информации о величине мощности дозы, измеряемой постами радиационного контроля;
- получения информации о радиационной обстановке на местности и направлении распространения радиоактивного выброса;
- проведения индивидуального дозиметрического контроля персонала, участвующего в работах по ликвидации последствий аварии.

Верхний уровень АСКРО связан с постами и передвижными лабораториями каналами технологической радиосети на радиомодемах Viper SC+ (основная) и сети сотовой связи (резервная). Оборудование верхнего уровня АСКРО выполнено в сейсмостойком исполнении, и состоит из серверов сбора данных, серверов баз данных, рабочих мест инженеров по радиационной безопасности и метеоролога, а также сетевого оборудования.

Для моделирования газоаerosольных выбросов в АСКРО используется одна из самых мощных и точных современных систем — ПО «Recass» производства ОАО «Тайфун», г. Обнинск.

Впервые в мировой практике были изготовлены спектрометрические посты для АСКРО, на основе сцинтилляционных блоков СУДЭГ-01 (производства АО «ИНТРА»). «Сырые» спектрометрические данные передаются на верхний уровень, где обрабатываются стандартной программой для анализа спектров «SpectraLine».

Также интересным решением стало применение в постах аккумуляторных литий-титанатных батарей, обеспечивающих работоспособность постов в диапазоне температур от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$, с возможностью полноценной зарядки АКБ при отрицательных температурах. Логикой работы постов и метеостанции управляют специализированные энергосберегающие устройства накопления и обработки УНО-94М5, также производства АО «ИНТРА». Заданная автономность постов при работе от внутреннего источника питания составляет не менее 72 часов.

Для повышения надёжности работы основные компоненты АСКРО зарезервированы, средняя наработка на отказ составляет не менее 20 тыс. часов, средний срок службы — не менее 15 лет.

4. Технологическая радиосеть обмена данными

Технологическая радиосеть обмена данными, спроектированная специалистами ОАО «Гипросвязь» (www.giprosvjaz.by), построена на узкополосных радиомодемах УКВ диапазона четвертого поколения семейства Viper-SC+, поставка и настройка которых выполнена белорусскими компаниями

ООО «СЕНСОР-М» — для подсети ЛСО и ООО «Профессиональные радиосистемы» (www.prs.by) — для подсети АСКРО.

Радиосеть состоит из двух функционирующих на разных частотах подсетей, предназначенных для обеспечения обмена данными в интересах функционирования локальной системы оповещения и Автоматизированной системы контроля радиационной обстановки БелАЭС.

В составе радиосети в настоящее время развернуты две базовые станции и более 50 радиомодемов на удаленных контролируемых объектах и исполнительных устройствах оповещения. Технические характеристики применяемого 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

Общие характеристики	Базовая станция Viper-SC+ base station	Радиомодем Viper-SC+
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) - приём/передача; SMA (мама) - приём (для двухпортовых устройств)
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 приёма 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, приём/передача	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, приём/передача
Вид модуляции	2FSK, 4 FSK, 8FSK, 16FSK	2FSK, 4 FSK, 8FSK, 16FSK
Адресация	IP	IP

Радиомодемы семейства Viper-SC+ имеют серьезный резерв по модернизации. В частности, с обновлением встроенного программного обеспечения до версии v.3.4, которое произошло уже после развертывания радиосети БелАЭС, модем получил возможность работы в режиме энергосбережения. Данный режим работы позволяет снизить энергопотребление в 3,5 раза – с 350 до 98 мА, при питании от источника постоянного тока номинальным напряжением 13,8 В. Новая встроенная программа позволяет выполнить переход в режим работы с пониженным энергопотреблением с задержкой не более 0,5 с и выйти из него с номинальной задержкой 2 с. Реализация функции энергосбережения теперь позволяет увеличить время работы радиомодема при переходе на электропитание от аккумуляторов в аварийных ситуациях, а также организовать электропитание радиотехнического оборудования от солнечных батарей.

В составе каждой базовой станции используется два комплекта оборудования Viper-SC+ base station, каждый из которых работает через собственное антенно-фидерное устройство, исключающее единую точку отказа в тракте. Управление работой оборудования базовых станций производит сервер информационной системы.

Проектирование и развертывание технологической радиосети обмена данными для обслуживания ЛСО и АСКРО производилась поэтапно и различными организациями. В связи с этим создать единый проект, полностью интегрирующий обе эти системы, не удалось. Вместе с тем, обе радиосети развернуты с использованием однотипного радиотехнического оборудования, что позволяет выполнить задачу по полной интеграции ЛСО и АСКРО в будущем. Поскольку объекты вышеуказанных систем находятся в непосредственной близости друг от друга, имеется возможность совместного использования обеими системами радиотехнического оборудования в аварийных ситуациях с целью обеспечения их надежного функционирования в любой обстановке.

В технологической радиосети БелАЭС отсутствует подсистема 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 надёжность (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 надёжности и живучести радиосети в целом.

Уже в настоящее время технологическая радиосеть БелАЭС по параметрам надёжности и живучести является одной из лучших в Европе, однако, как известно, безопасности мало не бывает, поэтому дальнейшее ее совершенствование, резервы которого заложены на этапе проектирования, позволит улучшить и вышеуказанные параметры. Опыт реализации радиосети БелАЭС был использован при

разработке технологической радиосети Запорожской АЭС, специалистам которой удалось реализовать ещё более совершенное решение, о котором мы сможем рассказать в одном из следующих выпусков нашего технического бюллетеня.

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 функционирование ответственных приложений, включая локальную систему оповещения и автоматизированную систему контроля радиационной обстановки, на атомных электростанциях.
2. Надёжность функционирования и живучесть такой технологической радиосети должна обеспечиваться специальными средствами мониторинга технического состояния, позволяющими в режиме реального времени контролировать ее работу , предупреждать сбои и упрощать ликвидацию их последствий.

Сноски