Современные гетерогенные технологические радиосети обмена данными для топливно-энергетического комплекса

В настоящей статье рассматриваются некоторые аспекты строительства гетерогенных технологических радиосетей[1] обмена данными для топливно-энергетического комплекса. Описаны некоторые особенности построения сетей обмена данными в районах со слабо развитой телекоммуникационной инфраструктурой. Актуальность представленной в статье информации обусловлена активизацией хозяйственной деятельности в первую очередь в Арктических районах Российской Федерации, где строительство технологических радиосетей часто не имеет альтернативы.

ЗАО «НПП «Родник», г. Москва

Общие сведения

Технологические радиосети обмена данными создаются для решения комплекса функциональных задач, связанных с организацией мониторинга состояния (сбора данных о техническом и/или оперативном состоянии), оперативно-диспетчерского управления и информационного обеспечения в условиях, когда использование других средств связи невозможно или нецелесообразно. Значительная часть таких радиосетей предназначена для обеспечения в качестве основного или резервного средства функционирования критически важных и ответственных приложений, сбой в работе которых может приводить к серьезным авариям и катастрофам.

Возрастание важности таких радиосетей в последнее время обусловлено активизацией хозяйственной деятельности и строительством объектов топливно-энергетического комплекса на территории Восточной Сибири и в Арктических районах Российской Федерации. Создание и эксплуатация инфраструктуры проводных телекоммуникаций в этих районах связано с серьезными техническими трудностями и высокими финансовыми затратами. В связи с этим наиболее надежной и экономически целесообразной для использования в этих районах была и остается радиосвязь.

Область применения технологических радиосетей обмена данными определяется следующими основными оперативно-техническими возможностями и преимуществами:

- надежность среды передачи (линия передачи не подвергается механическим повреждениям и разрушающему влиянию окружающей среды, а ее качество контролируется соответствующими государственными органами);
- обширная оперативная зона с возможностью ее расширения за счет ретрансляции сигнала (некоторые реально построенные и эксплуатирующиеся радиосети имеют сплошную оперативную зону более миллиона квадратных километров);
- применение детерминированных протоколов обмена данными, поддерживающих работу в близком к реальному масштабу времени и обеспечивающих гарантированную доставку данных в установленные регламентом работы радиосети сроки;
- относительно небольшое время доступа к каналу передачи данных, обеспечивающее незначительные и приемлемые для большинства использующих радиосеть автоматизированных систем управления задержки в доставке данных;
- высокая безопасность данных, циркулирующих в технологической радиосети (применяемые технологии обеспечивают защиту

[1] Технологическая сеть связи (англ. private network, прежнее название – ведомственная или корпоративная) – предназначена для обеспечения производственной деятельности организаций, управления технологическими процессами в производстве. Технологии и средства связи, применяемые для создания технологических сетей связи, а также принципы их построения устанавливаются собственниками или иными владельцами этих сетей. [Федеральный закон «О связи» от 07.07.2003 № 126-ФЗ.]

от подавления, перехвата или несанкционированного доступа к работе в составе технологической радиосети);

- относительно низкая стоимость эксплуатации;
- независимость от «чужой» инфраструктуры связи и возможность развивать ее исходя из реальных требований (радиосеть принадлежит собственно пользователю, параметры ее работы и оперативная зона могут изменяться им самостоятельно);
- совместимость с разнородным оборудованием сбора и обработки данных по широко применяемым и детально отработанным интерфейсам;
- простота перемещения и оперативность развертывания в новом районе;
- возможность эксплуатации в жестких условиях, в том числе в экстремальных климатических условиях, характерных для Арктики.

Типовые технологические радиосети в топливной энергетике строятся для распределенных объектов, в большинстве случаев имеющих значительную протяженность. Примерами таких сетей являются радиосети управления телемеханикой Балтийской трубопроводной системы, газопроводов «Ямал – Европа» и «Дружба», трубопроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий океан», протяженность каждой из которых составляет несколько тысяч километров. В электроэнергетике плотность объектов может быть выше, а их географическое размещение компактнее. Примерами таких сетей являются радиосети сбора данных и управления Федеральной сетевой компании, генерирующих компаний оптового рынка и территориальных генерирующих компаний, используемые для обеспечения функционирования автоматизированных систем диспетчерского управления, технического и коммерческого учета электроэнергии. Практически все вышеупомянутые радиосети имеют архитектуру «звезда», поддерживают работу по схеме «точка – много точек» и используют различные протоколы обмена данными, в основном работающие по принципу опроса. Как правило, в составе технологической радиосети имеются центральная (базовая) станция (БС), обеспечивающая обмен с группой удаленных станций, установленных в контролируемых пунктах (КП). Связь между БС и КП может быть организована напрямую или с использованием ретрансляции.

Строительство и эксплуатация технологических радиосетей обмена данными регулируются законодательством Российской Федерации, в соответствии с которым для функционирования таких радиосетей выделены соответствующие радиочастотные ресурсы в диапазоне ультракоротких волн (УКВ). Технологическая радиосеть проектируется на длительный срок, составляющий не менее 12 лет, в течение которых она функционирует с первоначально заданными параметрами. По истечении заданного срока эксплуатации производится модернизация радиосети с переходом на более современное оборудование. В настоящее время на территории Российской Федерации развернуты и действуют радиосети, созданные на аппаратуре обмена данными УКВ-диапазона, которая условно может быть отнесена к четырем поколениям.

Радиосети на аппаратуре первого поколения используют серийно выпускаемые радиостанции общего назначения с шагом сетки радиочастот 25 кГц и внешние модемы с последовательным интерфейсом RS-232. Скорость обмена данными в таких радиосетях составляет 1,2–2,4 кбит/с. Радиостанции общего назначения оптимизированы для поддержания голосовой связи, поэтому их технические характеристики (например, относительно большое время атаки передатчика, составляющее десятки миллисекунд) серьезно ограничивают оперативные параметры технологической радиосети обмена данными. Применение данного оборудования возможно в автоматизированных системах с медленно протекающими технологическими процессами. В топливной энергетике технологических радиосетей первого поколения практически не осталось, что обусловлено возросшими требованиями к пропускной способности и времени доступа к радиоканалу.

Радиосети второго поколения построены на специализированном оборудовании с шагом сетки радиочастот 25 кГц и последовательным интерфейсом RS-232. Скорость обмена данными в таких радиосетях составляет 4,8–9,6 кбит/с. Для достижения максимальной скорости обмена данными разработчиками аппаратуры были проведены работы по комплексированию приемопередатчика и модема, в результате чего появилось оптимизированное для обмена данными устройство, получившее наименование «радиомодем». Дальнейшее строительство большинства технологических радиосетей УКВ-диапазона производилось с использованием радиомодемов. Первыми серийный выпуск радиомодемов наладили компании EF Johnson Technologies, Dataradio и Motorola. В настоящее время основная часть технологических радиосетей в электроэнергетике Российской Федерации построена на оборудовании второго поколения.

Создание аппаратуры третьего поколения велось с учетом необходимости увеличения пропускной способности и уменьшения шага сетки радиочастот[2]. В результате появились радиомодемы, работающие на скоростях 9,6–19,2 кбит/с при шаге сетки радиочастот 25 и 12,5 кГц (6,25 кГц в США и Канаде) и имеющие последовательный интерфейс. Кроме того, при создании аппаратуры третьего поколения впервые была выполнена разработка радиотехнических платформ, включающих в себя набор типовых радиомодемов, позволяющих строить масштабируемые радиосети с учетом особенностей функционирования их отдельных элементов. Например, первая радиотехническая платформа, созданная канадской компанией Dataradio, включала в себя радиомодем для КП с 50% и 100% циклом работы, симплексный, полудуплексный или дуплексный радиомодем для БС или ретрансля-

[2] Уменьшение шага сетки радиочастот производится в связи с дефицитом радиочастотного ресурса в США и ряде европейских государств. В Российской Федерации наиболее часто применяется оборудование с шагом сетки 25 кГц.

Табл. 1. Технические характеристики радиомодема Dataradio Integra-TR

Общие характеристики	Dataradio Integra-TR (Integra-TR/F)	
Диапазон частот, МГц	132–174	380–512
Шаг сетки частот, кГц	6,25; 12,5; 25 кГц	
Тип излучения	9K30F1D, 15K3F1D	
Потребляемый ток, мА:		
– передача при 13,3 В	2600	
– прием при 13,3 В	125	
Режим сбережения	15	
Рабочее напряжение, В	10–16, постоянный ток	
Рабочая температура, град. С	от -30 до +60	
Габаритные размеры, см	12,1 (Ш) x 11,4 (Г) x 5,6 (В)	
Масса (в упаковке), г	680	
Рабочий режим	симплекс или полудуплекс	
Приемник		
Стабильность частоты	2,5 ppm	1,5 ppm
Чувствительность	0,35 µВ для соотношения сигнал/шум 12 дБ	
Избирательность, дБ	75 (для 25 кГц); 65 (для 12,5 кГц)	
Передатчик		
Полоса пропускания без подстройки, МГц	132–150 МГц: 18, 150–174 МГц: 24 МГц	450–470: 20 МГц; другие: 16 МГц
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	1–5, настраивается программно	
Время атаки передатчика, мс	< 7	
Рабочий цикл, %	50 при 5 Вт, 30 с макс. время передачи; 100 для Integra-TR/F	
Стабильность частоты, ppm	2,5	1,5
Модем		
Скорость, бит/с	2400, 4800, 9600 или 19200 (25 кГц)	
Управление	RTS-CTS, DOX	
Вид модуляции	DRCMSK	

Табл. 2. Технические характеристики радиомодема Dataradio Viper-SC

Общие характеристики	Dataradio Viper-SC			
Диапазон частот, МГц	136–174	215–240	406–512	928–960
Шаг сетки частот, кГц	6,25; 12,5; 25; 50 (настраивается программно)			12,5; 25; 50 (настраивается программно)
Тип излучения	3K5F1D (6,25 кГц), 8K30F1D (12,5 кГц), 16K8F1D (25 кГц), 34K0F1D (50 кГц)			
Потребляемый ток:				
– прием	480 мА (10 В); 250 мА (20 В); 180 мА (30 В)			
– передача 40 дБм (10 Вт)	4,6 А (10 В); 2, 04 А (20 В); 1,37 А (30 В)			
– передача 30 дБм (1 Вт)	1,23 А (10 В); 630 мА (20 В); 440 мА (30 В)			
Номинальная задержка при холодном старте	20 с			
Рабочее напряжение, В	10-30, постоянный ток			
Рабочая температура, град. С	–30 до +60			
Допустимая влажность, %	5–95, без образования конденсата			
Габаритные размеры, см	13,97 (Ш) x 10,80 (Г) x 5,40 (В)			
Масса (в упаковке), кг	1,1			
Рабочий режим	Симплекс или полудуплекс			
Приемник:				
Чувствительность (вероятность ошибки 1x10-6), дБм				
– 50 кГц	-111 (32 кбит/с), -104 (64 кбит/с), -97 (96 кбит/с), -88 (128 кбит/с)			-108 (32 кбит/с), -101 (64 кбит/с), -94 (96 кбит/с), -85 (128 кбит/с)
– 25 кГц	-114 (16 кбит/с), -106 (32 кбит/с), -100 (48 кбит/с), -92 (64 кбит/с)			-111 (16 кбит/с), -104 (32 кбит/с), -97 (48 кбит/с), -89 (64 кбит/с)
– 12,5 кГц	-116 (8 кбит/с), -109 (16 кбит/с), -102 (24 кбит/с), -95 (32 кбит/с)			-112 (8 кбит/с), -106 (16 кбит/с), -99 (24 кбит/с), -90 (32 кбит/с)
– 6,25 кГц	-115 (4 кбит/с), -106 (8 кбит/с), -100 (12 кбит/с)			–
Подавление помех по соседнему каналу, дБ	45 (6,25 кГц), 60 (12,5 кГц), 70 (25 кГц), 75 (50 кГц)			60 (12,5 кГц), 70 (25 кГц), 75 (50 кГц)
Интермодуляция	>75 дБ			
Избирательность, дБ	>70 (25 кГц); >60 (12,5 кГц); >55 (6,25 кГц)			
Передатчик				
Полоса пропускания без подстройки, МГц	38	25	64 или 62	32
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	1–10			1–8
Рабочий цикл, %	100			
Стабильность частоты, ppm	1,0			
Модем				
Скорость	4, 8, 16, 32, 64 или 128 кбит/с			
Интерфейс	Последовательный RS-232, Ethernet 10Base-T			
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача			
Вид модуляции	2FSK, 4FSK, 8FSK, 16FSK			

тора, а также радиомодемы для БС повышенной надежности и живучести со 100% дублированием. На оборудовании третьего поколения построена основная часть технологических радиосетей в топливно-энергетическом комплексе и значительная часть в электроэнергетике Российской Федерации.

Технические характеристики оборудования для технологических радиосетей третьего поколения на примере радиомодема Dataradio Integra-TR представлены в табл. 1.

Радиомодемы четвертого поколения обеспечивают обмен данными со скоростью 32–64 кбит/с, наряду с последовательным интерфейсом имеют сетевой интерфейс стандарта 10/100Base-T и обеспечивают работу по IP-протоколу. Появление в радиомодемах этого поколения сетевого интерфейса обеспечило возможность создания эффективных гетерогенных радиосетей[3], использующих в своем составе разнотипное оборудование. Первым радиомодемом четвертого поколения, обеспечившим максимальную скорость обмена данными 64 кбит/с[4] в канале с шагом сетки радиочастот 25 кГц, является радиомодем Dataradio Viper-SC (выпускается компанией CalAmp, США). Технические характеристики данного радиомодема представлены в табл. 2.

В следующем номере журнала читайте продолжение статьи «Гетерогенные технологические радиосети обмена данными УКВ-диапазона в топливно-энергетическом комплексе».

[3] Гетерогенная радиосеть - радиосеть, в которой используются оборудование и протоколы сетевого уровня различных производителей. Гетерогенная радиосеть состоит из фрагментов разной топологии и разнотипных технических средств.

[4] Радиомодем Dataradio Viper-SC обеспечивает максимальную скорость обмена данными 128 кбит/с в канале с шагом сетки радиочастот 50 кГц. В связи с тем, что на территории Российской Федерации данный шаг сетки радиочастот пока не применяется, в качестве максимальной рассматривается скорость обмена данными, равная 64 кбит/с.

С.А. Маргарян, заместитель генерального директора по ИТ и специальным проектам – главный конструктор, ЗАО «НПП «Родник», г. Москва, тел.: (499) 613-7001, e-mail: sales@rodnik.ru