

Выпуск 04

РАДИОМОДЕМ VIPER-SC+ ДЛЯ УЗКОПОЛОСНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАДИОСЕТЕЙ ОБМЕНА ДАННЫМИ УКВ- ДИАПАЗОНА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Времена Интернета вещей и сотовой связи очередного поколения не отменяют действие основополагающих законов в радиотехнике и теории информации, а лишь в очередной раз подтверждают их. Так ли это? Хорошо известный закон Мура¹, которому в апреле текущего года исполнилось 50 лет, отражает быстрый рост производительности современных вычислительных средств, связанные с ним ускорение обработки и рост потоков данных в информационных системах. В то же время, пропускная способность обеспечивающих функционирование этих информационных систем каналов связи растет значительно медленнее. Рост последней сдерживается не только технологическими, но и географическими факторами – средства связи и обмена данными должны функционировать на обширных территориях, часто с отсутствующей обеспечивающей инфраструктурой, надежно охватить которые становится все сложнее.

В связи с этим, возможности по практическому внедрению технологических достижений в области повышения скорости обмена данными при передаче их на большие расстояния оказываются весьма ограниченными. Использование имеющих необходимую пропускную способность проводных каналов для решения данной задачи во многих случаях оказывается не только экономически нецелесообразным, но и технически невозможным. Увеличение же пропускной способности беспроводных каналов, согласно Теореме Шеннона-Хартли², требует повышения мощности радиосигнала, а использование более высоких диапазонов частот и более широкой полосы пропускания обусловлено уменьшением дальности работы беспроводного канала связи.

Возможности по организации обмена данными на большие расстояния формализованы разрешительными документами, регулирующими использование радиочастотного ресурса и устанавливающими строгие рамки для беспроводной связи и передачи данных. Масла в огонь противоречий между скоростью и дальностью обмена данными добавляют положения общеизвестных законов Мерфи³... В результате задача организации надежной радиосети обмена данными на большой территории превращается в серьезную головную боль, а ее эксплуатация ассоциируется с непосильными затратами.

Однако, как поется в знаменитой песне В.Высоцкого «Честь шахматной короны», все не так уж сумрачно вблизи. Свет в конце тоннеля в вопросе оптимизации беспроводных

¹ **Закон Мура** - эмпирическое наблюдение, изначально сделанное Гордоном Муром, согласно которому (в современной формулировке) количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 24 месяца.

² **Теорема Шеннона-Хартли** - устанавливает шенноновскую емкость канала, верхнюю границу максимального количества безошибочных цифровых данных (то есть, информации), которое может быть передано по такой связи коммуникации с указанной полосой пропускания в присутствии шумового вмешательства, согласно предположению, что мощность сигнала ограничена, и гауссовский шум характеризуется известной мощностью или спектральной плотностью мощности. Закон назван в честь Клода Шеннона и Ральфа Хартли.

³ **Закон Мерфи (англ. Murphy's law)** - шуточный философский принцип, который формулируется следующим образом: если есть вероятность того, что какая-нибудь неприятность может случиться, то она обязательно произойдет (англ. Anything that can go wrong will go wrong). Иностраный аналог русского «закона подлости», «закона падающего бутерброда» и «генеральского эффекта».

радиосетей обмена данными в части дальности-скорости-надежности ярко вспыхнул с появлением перспективной радиотехнической платформы Viper-SC+, предназначенной для работы по узкополосным каналам в диапазоне ультра коротких волн (УКВ).

Вышеуказанная платформа (технические характеристики оборудования представлены в таблицах 1 и 2) включает в себя:

- радиомодем Viper-SC+ (140-5018-502) с одним антенным входом;
- радиомодем Viper-SC+ (140-5018-503) с двумя антенными входами (разнесенный прием);
- базовую станцию Viper-SC+ (140-5118-502);
- базовую станцию Viper-SC+ (140-5318-502) повышенной надежности и живучести с резервированием всех компонентов;
- базовую станцию Viper-SC+ (140-5318-503) повышенной надежности и живучести с резервированием всех компонентов с двумя антенными входами (разнесенный прием).

Появление данной платформы в 2010 году, ее развитие и результаты эксплуатации впервые поставили под сомнение действие отдельных законов Мерфи в отношении технологических радиосетей обмена данными. Эти законы гласят:

а). «Все не так легко, как кажется...»

Одной из непростых задач, связанных с развертыванием и настройкой технологической радиосети обмена данными является организация сопряжения радиомодема с внешним устройством. Ранее оно выполнялось по последовательному порту RS-232, но с появлением современных контроллеров, имеющих интерфейс Ethernet, задача усложнилась в связи с необходимостью применения преобразователей. Наиболее широко с узкополосными радиомодемами использовались преобразователи производства компаний Моха (от одного до 16 портов) и Lantronix (от одного до 48 портов). Простоту решению вернуло появление встроенного в радиомодем Viper-SC+ сетевого интерфейса RJ45 Ethernet и функции автоматического преобразования RS-232 – Ethernet и обратно. Теперь узкополосный радиомодем поддерживает обмен данными по IP-протоколу в радиоканале и обеспечивает автоматическое преобразование данных при подключении к нему внешнего устройства по последовательному протоколу. Точнее, сразу двух внешних устройств, поскольку настроечный последовательный порт радиомодема (Viper-SC+ имеет два порта RS-232 – настроечный и информационный) также может быть сконфигурирован для обмена данными. Процедура настройки стала значительно проще, такой же простой, как кажется с первого взгляда.

б). «Всякая работа требует больше времени, чем вы думаете»

Значительное время при развертывании технологической радиосети занимает настройка отдельных радиомодемов и проверка правильности настройки. Время, необходимое для выполнения этих операций, действительно, иногда очень сложно спрогнозировать. Радиомодем Viper-SC+, как и некоторые другие современные устройства, относится к программно-определяемым системам, созданным с использованием технологии SDR (Software Defined Radio)⁴. Встроенное программное обеспечение позволяет устанавливать

⁴ **Программно-определяемая радиосистема** ([англ.](#) *Software-defined radio, SDR*) - радиопередатчик и/или радиоприемник, использующий технологию, позволяющую с помощью программного обеспечения

заданные номиналы рабочих частот (память радиомодема рассчитана на одновременное хранение 32 номиналов), шага сетки радиочастот, выходной мощности и скорости обмена данными. Все эти параметры после настройки в одном радиомодеме могут быть перенесены в другой (функция клонирования настроечных данных). В результате практическая настройка большого количества радиомодемов занимает существенно меньше времени, чем вы думаете.

в). «Из всех возможных неприятностей произойдет именно та, ущерб от которой больше»

Наибольший ущерб при эксплуатации технологической радиосети возникает в результате выхода из строя базовой станции. Типовая базовая станция в типовых радиосетях поддерживает работу 12-15 удаленных объектов (технически возможно существенно больше), поэтому в результате прекращения ее работы теряется контроль над значительными ресурсами. Несмотря на высокую надежность современного оборудования (среднее время наработки на отказ радиомодемов Viper-SC+ составляет около 418 000 часов⁵), поломки и сбои в работе неизбежны. Базовая станция повышенной надежности и живучести в случае сбоя в работе или выхода из строя одного комплекта оборудования автоматически переключает работу на резервный, исключая возникновение перерыва в работе. Использование такой базовой станции позволяет на практике создать технологическую радиосеть, очень хорошо защищенную от наиболее опасных неприятностей – тех, ущерб от которых больше.

г). «Если четыре причины возможных неприятностей заранее устранены, то всегда найдется пятая»

Данное положение опровергнуть пока не удалось, но и подтвердить тоже. В настоящее время серийно выпускается третья модификация радиомодема с версией встраиваемого программного обеспечения (ПО) 3.8, в которой устранены все выявленные в процессе эксплуатации недостатки. Возможно, другие недостатки проявятся позже, а пока значение параметра средней наработки на отказ только возрастает.

д). «Предоставленные сами себе события имеют тенденцию развиваться от плохого к худшему»

Техническое состояние технологической радиосети на радиотехнической платформе Viper-SC+ может оперативно контролироваться средствами программно-технического комплекса «Балтика», предназначенного для мониторинга рабочих параметров аппаратуры, включая идентификационный номер устройства, температуру внутри корпуса, напряжение питания, уровень сигнала, принимаемого базовой станцией радиосети от удаленного устройства, излучаемую мощность передатчика, мощность обратной волны.

устанавливать или изменять рабочие радиочастотные параметры, включая, в частности, диапазон частот, тип модуляции или выходную мощность, за исключением изменения рабочих параметров, используемых в ходе обычной предварительно определенной работы с предварительными установками радиоустройства, согласно той или иной спецификации или системы.

⁵ Данные результатов эксплуатации по состоянию на март 2014 года:

- радиомодемов в эксплуатации – 19533;
- проведено ремонтов – 618;
- проработавших без поломок в течение четырех лет - 97%;
- общее время наработки - 258 254 000 часов.

ПТК «Балтика» позволяет 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 и факт перехода на питание от резервной сети (аккумуляторов).

Программное обеспечение ПТК производит сбор, анализ, отображение и архивирование информации, обеспечивая:

- конфигурирование (описание структуры) ПТК мониторинга технологической радиосети обмена данными, установку пороговых значений для измеряемых параметров оперативной диагностики;
- слежение за поступлением данных оперативной диагностики от радиомодемов Viper-SC+ на основании их идентификаторов и выдачу сигнала «авария» при пропадании этих данных;
- анализ значений данных оперативной диагностики от радиомодемов Viper-SC+ относительно пороговых значений и формирование сигнала «авария» при их выходе за установленные пределы;
- анализ данных оперативной диагностики для косвенного определения исправности абонентских радиомодемов Viper-SC+, 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.

Таким образом, технологическая радиосеть обмена данными на радиотехнической платформе Viper-SC+ может быть поставлена под жесткий контроль, исключаящий самопроизвольное развитие ситуации по принципу «от плохого к худшему».

е). «Как только вы принимаетесь делать какую-то работу, находится другая, которую надо сделать еще раньше»


Задача организации сопровождения развернутой радиосети по своей сложности во многих случаях оказывается на порядок сложнее, чем ее первоначальное развертывание. Она представляет собой ежедневный трудоемкий процесс, направленный на поддержание радиосети в работоспособном состоянии. Радиомодемы семейства Viper-SC+ представляют собой устройства, функционирующие в необслуживаемом режиме и не требующие периодической юстировки. При наличии комплекта запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП) восстановление работоспособности радиосети обеспечивается заменой блока радиомодема, которая сводится к подключению трех кабелей: антенного, информационного и питания. Такие скромные требования позволяют без труда переключаться на выполнение другой работы, которую надо сделать еще раньше.

ж). «Всякое решение плодит новые проблемы»

Проектирование технологической радиосети обмена данными на базе радиотехнической платформы Viper-SC+ в настоящее время приобрело характер типовой задачи и не представляет серьезных трудностей для подготовленного персонала. Ее внедрение связано с решением ряда организационно-технических задач, включая получение радиочастотного присвоения, процедура которого, на радость владельцев таких сетей максимально упрощена. А вот после решения этих задач полностью теряется основа для возникновения новых проблем, поскольку радиомодем Viper-SC+ разработан по принципу «установил – забыл».

Можно ли утверждать, что сам факт появления современной перспективной радиотехнической платформы Viper-SC+ отменил перечисленные выше положения закона Мерфи? Делать это прямо сейчас, наверное, будет преждевременно. Но у любого технического специалиста в области АСУ ТП и связи теперь есть возможность самостоятельно проверить это и сделать собственный вывод.


Таблица 1. Технические характеристики радиомодема Viper-SC+

Общие характеристики	Viper-SC+ 100/200/400/900			
	ОВЧ	200 МГц	УВЧ	900 МГц
				
Диапазон частот, МГц	136-174	215-240	406-470 450-512	880-902 928-960
Шаг сетки частот, кГц (настраивается программно)	50; 25; 12,5; 6,25	100; 50; 25; 12,5; 6,25	50; 25; 12,5; 6,25	100; 50; 25; 12,5
Тип излучения	3K30F1D; 11K2F1D; 16K5F1D; 17K8F1D; 33K0F1D; 52K7F1D			
Потребляемый ток:				
- прием, мА	450 (10 В); 240 (20 В); 170 (30 В)			
- передача 40 дБм (10 Вт), А	4,6 (10 В); 2,04 (20 В); 1,37 (30 В)			
- передача 30 дБм (1 Вт), А	1,2-3,6 (10 В); 0,6-1,8 (20 В); 0,4-1,2 (30 В)			
Номинальная задержка при холодном старте, с	35			
Рабочее напряжение, В	10-30 (постоянный ток)			
Температура по спецификации, град. С	от -30 до +60			
Рабочая температура, град. С	от -40 до +70			
Температура хранения, град. С	от -45 до +85, без образования конденсата			
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/полудуплекс			
Передатчик				

Полоса пропускания без подстройки, МГц	38	38	64 (406,1-470 МГц); 62 (450-512 МГц)	32
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	1-10			1-8
Время переключения с передачи на прием, мс	<1			
Время переключения между каналами, мс	<15			
Импеданс, Ом	50			
Цикл работы на передачу, %	100			
Стабильность частоты, ppm	1,0	0,5	1,0	0,5
Интерфейсы	2 x RS-232 (DE-9F), 10Base-T RJ-45			
Антенна	TNC (мама) - прием/передача; SMA (мама) - прием (для двухпортовых устройств)			
Приемник				
Чувствительность (вероятность ошибки 1×10^{-6}):				
- 100 кГц, дБм	-	-103 (64 кбит/с); -96 дБм (192 кбит/с); -89 дБм (256 кбит/с)	-	-100 (64 кбит/с); -93 (192 кбит/с); -86 дБм (256 кбит/с)
- 50 кГц, дБм	-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, дБм	-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, дБм	-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, дБм	-115 (4 кбит/с); -106 (8 кбит/с); -100 (12 кбит/с)			
Подавление помех по соседнем каналу, дБ	45/6,25 кГц; 60/12,5 кГц; 70/25 кГц; 75/50 кГц; 70/100 кГц		60 /12,5 кГц; 70/25 кГц; 75/50 кГц; 70/100 кГц	
Интермодуляция, дБ	>75			
Избирательность, дБ	>70 (25 кГц); >60 (12,5 кГц); >55 (6,25 кГц)			
Время переключения с приема на передачу, мс	<2			
Время переключения между каналами, мс	<15			

Модем	
Скорость, кбит/с	4; 8; 12; 16; 24; 32; 48; 64; 96; 128; 256
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача
Вид модуляции	2FSK, 4 FSK, 8FSK, 16FSK
Адресация	IP

Таблица 2. Технические характеристики радиомодема Viper-SC+ base station

Общие характеристики	Viper-SC+ 100/200/400/900 base station			
	ОВЧ	200 МГц	УВЧ	900 МГц
				
Диапазон частот	136-174 МГц	215-240 МГц	406-470 450-512 МГц	928-960 МГц
Шаг сетки частот	50; 25; 12,5 или 6,25 кГц (настраивается программно)			50, 25 или 12,5 кГц
Тип излучения	6K00F1D, 9K30F1D, 15K3F1D			
Номинальная задержка при холодном старте	60 с			
Рабочее напряжение	10-30 В постоянного тока			
Рабочая температура	-30 град. С до +60 град. С			
Температура хранения	-45 град. С до +85 град. С			
Влажность	5-95% без образования конденсата			
Габаритные размеры	41 (Ш) x 12 (Г) x 29 (В) см			
Масса (в упаковке)	5,2 кг			
Рабочий режим	симплекс/полудуплекс			
Передатчик				
Полоса пропускания без подстройки, МГц	38	38	64 (406,1-470 МГц); 62 (450-512 МГц)	32
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	1-10			1-8
Время переключения с передачи на прием, мс	<1			
Время переключения между каналами, мс	<15			
Импеданс, Ом	50			
Цикл работы на передачу, %	100			
Стабильность частоты, ppm	1,0	0,5	1,0	0,5
Интерфейсы	2 x RS-232 (DE-9F), 2 x 10Base-T RJ-45			
Антенна	N-типа (мама)			

Приемник				
Чувствительность (вероятность ошибки 1×10^{-6}):				
- 100 кГц, дБм	-	-103 (64 кбит/с); -96 дБм (192 кбит/с); -89 дБм (256 кбит/с)	-	-100 (64 кбит/с); -93 (192 кбит/с); -86 дБм (256 кбит/с)
- 50 кГц, дБм	-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, дБм	-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, дБм	-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, дБм	-115 (4 кбит/с); -106 (8 кбит/с); -100 (12 кбит/с)			
Подавление помех по соседнем канале, дБ	45/6,25 кГц; 60/12,5 кГц; 70/25 кГц; 75/50 кГц; 70/100 кГц		60 /12,5 кГц; 70/25 кГц; 75/50 кГц; 70/100 кГц	
Интермодуляция, дБ	>75			
Избирательность, дБ	>70 (25 кГц); >60 (12,5 кГц); >55 (6,25 кГц)			
Время переключения с приема на передачу, мс	<2			
Время переключения между каналами, мс	<15			
Модем				
Скорость, кбит/с	4; 8; 12; 16; 24; 32; 48; 64; 96; 128; 256			
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача			
Вид модуляции	2FSK, 4 FSK, 8FSK, 16FSK			
Адресация	IP			

В настоящее время современные технологические радиосети обмена данными на радиомодемах семейства Viper SC успешно эксплуатируются или планируются к развертыванию на ряде предприятий промышленности и транспорта, включая подразделения ОАО «Газпром трансгаз» и «Газпром добыча», «Черномортранснефть», «Татнефть», «Лукойл», а также в нескольких электроэнергетических компаниях Беларуси и Казахстана.



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>