

Развитие технологических радиосетей автоматизированных систем управления оросительными каналами на узкополосных радиомодемах



В настоящей статье представлена краткая информация о развитии технологических радиосетей управления и сбора данных на узкополосных радиомодемах диапазона ультракоротких волн (УКВ), используемых в интересах обеспечения функционирования автоматизированных систем управления (АСУ) системами орошения самотеком. Статья написана по материалам канадской компании Dataradio, ныне NextGen RF.

ООО «Независимый исследовательский центр перспективных разработок» (НЦПР), г. Москва

Общая информация

Самотечное орошение — система, позволяющая забирать и распределять воду для орошения на основе использования сил гравитации, обеспечивающих подачу оросительной воды только на подконтрольные источнику и оросительному каналу земли (Толковый словарь по почвоведению. Под редакцией А. А. Роде. М.: Наука, 1975).

Автоматизированная система управления оросительными каналами может рассматриваться в качестве ключевого элемента при формировании системы орошаемого земледелия. Именно такая система позволяет эффективно распределять и использовать водные ресурсы на обширных территориях, исключая серьезные потери и обеспечивая регулярность водоснабжения.

Основными элементами АСУ являются удаленные программируемые контроллеры (ПЛК), связанные с датчиками и исполнительными устройствами (шлюзовыми воротами и насосами — в тех местах, где полив производится с использованием дополнительных средств), а также специальное программное обеспечение,

работающее на компьютерах единого пункта управления. Однако функционирование на обширных территориях с малой плотностью населения обуславливает сложности при объединении элементов такой АСУ в интегрированную систему.

Технологическая радиосеть управления и сбора данных УКВ-диапазона представляется идеальным инструментом для организации обмена данными в интересах функционирования АСУ оросительными каналами ввиду следующих оперативно-технических возможностей:

- рабочая зона, полностью покрывающая район использования подключенных к радиосети оконечных устройств. Радиосеть может разворачиваться в любом районе или климатической зоне и обслуживать систему практически любого масштаба (реально построенные технологические радиосети имеют оперативную зону более миллиона квадратных километров);
- полная автономность и отсутствие необходимости сложного технического обслуживания и настройки в процессе эксплуатации. Средний

срок эксплуатации составляет не менее 12 лет;

- гарантированная надежность¹ работы (радиосеть создается и управляется ее владельцем с учетом его персональных требований к надежности функционирования);

- высокая живучесть² радиосети в различной обстановке (требование к живучести закладывается на этапе проектирования радиосети ее владельцем и, как правило, оказывается выше, чем в радиосетях общего пользования);

- применение детерминированных протоколов обмена данными, поддерживающих работу в реальном режиме

¹ Надежность (*англ.* reliability) — свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и транспортирования [ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения»].

² Живучесть (*англ.* survivability) — свойство системы, характеризующееся способностью 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»].

времени и обеспечивающих гарантированную доставку данных в установленные регламентом работы радиосети сроки;

- ▶ относительно небольшое время доступа к каналу передачи данных, обеспечивающее незначительные и полностью приемлемые для любой автоматизированной системы управления оросительными каналами задержки в доставке данных;

- ▶ высокая безопасность данных, функционирующих в технологической радиосети (применяемые технологии позволяют реализовать защиту 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 эксплуатирующей ее организации, параметры ее работы и оперативная зона могут изменяться ею самостоятельно);

- ▶ совместимость с разнородными исполнительными устройствами и 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 окружающей среды.

Основными элементами технологической радиосети являются радиомодемы, устанавливаемые на удаленных объектах, к которым подключаются программируемые контроллеры, и базовые станции радиосети, обеспечивающие связь с удаленными радиомодемами на заданной территории. Часто в составе радиосети применяются ретрансляторы для расширения оперативной зоны.

Технические характеристики оборудования делают возможной работу радиосети на обширных территориях. Повторим, наиболее крупная из таких радиосетей, развернутая в лесном хозяйстве (близкая по техническим требованиям прикладная задача), охватывает сплошным покрытием площадь более миллиона квадратных километров, что превосходит потребности практически любой существующей или перспективной системы орошения.

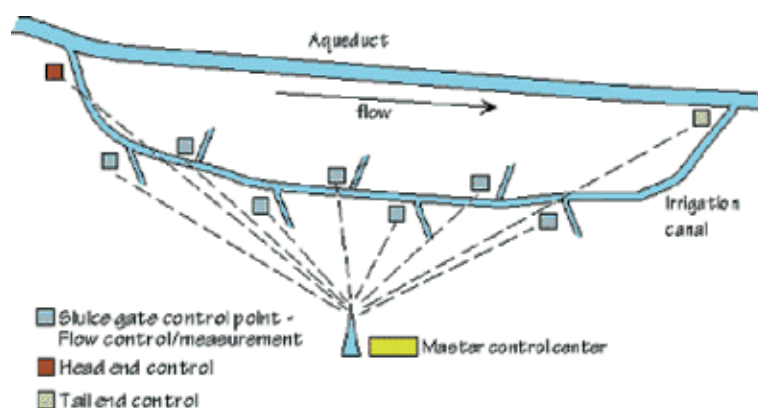


Рис. 1. Общая схема системы орошения: Aqueduct – акведук; flow – направление движения воды; sluice gate control point (flow control/measurement) – шлюзовые ворота (управление напором и измерение расхода воды); head end control – верхние ворота; tail end control – нижние ворота; master control center – основной центр управления. Рисунок – из архива компании Dataradio

Первая радиосеть обеспечения работы АСУ оросительными каналами

Первая технологическая радиосеть управления оросительными каналами была развернута в штате Калифорния (США) в начале 90-х годов прошлого столетия.

На момент развертывания АСУ оросительными каналами значительная часть сельских районов штата уже обслуживалась мощной ирригацион-

ной системой, состоящей из крупных акведуков и отводных каналов, питающих отдельные фермерские хозяйства. Помимо обеспечения водой каналы также использовались для периодической доставки на поля пестицидов и химических удобрений. На каждой подключенной к системе орошения ферме каналы были снабжены шлюзовыми воротами, позволявшими регулировать доставку воды в ручном

Таблица 1. Технические характеристики радиомодема APR

Общие характеристики	
Диапазон частот, МГц	151–174
Шаг сетки частот, кГц	25
Рабочее напряжение, В	12 (постоянный ток), 110–220 (переменный ток)
Рабочая температура, °C	От -30 до 60
Масса (в упаковке), кг	6
Рабочий режим	Симплекс, полудуплекс, дуплекс
Приемник	
Достоверность передаваемых данных (вероятность возникновения ошибки)	1×10^{-11} BER
Передатчик	
Полоса пропускания без подстройки, МГц	23
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	2 или 5
Импеданс, Ом	50
Цикл работы на передачу, %	100
Стабильность частоты, ppm	1,0
Интерфейсы	1, 3 или 5 RS-232 (DB9)
Антенный порт	N-типа
Модем	
Скорость, кбит/с	2,4; 4,8 или 9,6
Индикация	Питание, состояние, прием/передача
Встроенный протокол	CARMA (Collision Avoidance Radio Multiple Access)

режиме. Разработанный график подачи воды позволял доставлять химикаты на выбранные или все фермы. Это достигалось путем растворения химикатов в воде в начале канала и своевременного открытия соответствующих задвижек на конкретных фермах. Выходные задвижки в конце канала предотвращали попадание химикатов в акведук. Общая схема системы орошения представлена на рис. 1.

До развертывания АСУ управление оросительными каналами выполнялось в ручном режиме. Измерение объемов поступающей воды производилось путем помещения в воду поплавка и измерения скорости его движения. Открытие и закрытие ворот и задвижек осуществлялось вручную.

Технологическая радиосеть обеспечения АСУ оросительными каналами была реализована на радиомодемах APR. Технические характеристики радиомодема представлены в табл. 1.

В общей сложности в составе радиосети было использовано 15 таких устройств, работающих на скорости 4,8 кбит/с, электропитание которых было организовано от аккумуляторов и солнечных батарей.

Собственно АСУ была построена на программируемых логических контроллерах Modicon (в настоящее время – бренд Schneider Electric). Каждые шлюзовые ворота дополнительно были оборудованы уровнемерами.

В составе АСУ использовался протокол опроса (Modbus). Базовая станция передавала данные последовательно на каждый удаленный объект в заданном порядке. После получения сообщения удаленный ПЛК отправлял ответ в адрес базовой станции. Таким образом, базовая станция полностью контролировала работу радиосети и исключала возможность возникновения коллизий при обмене. Поскольку протокол Modbus использует собственную схему адресации, радиомодем APR работал в режиме широкополосной передачи с отключенной встроенной адресацией. Передача подтверждения средствами радиомодема также была отключена, поскольку эта функция выполнялась каждым ПЛК.

Экономическая эффективность применения АСУ оросительными каналами оказалась настолько велика, что в отрасли появились крупные инновационные компании, специали-

зацией которых стало развитие таких систем.

Современная технологическая радиосеть обеспечения работы АСУ оросительными каналами

Одна из наиболее современных технологических радиосетей обеспечения работы АСУ оросительными

каналами развернута в настоящее время в центральной части штата Калифорния в районе Сан Хоакин Вэлли (San Joaquin Valley) в составе одной из крупнейших систем орошения само-теком, возраст которой насчитывает более 100 лет. Данная система оросительных каналов функционирует на площади в 29000 гектар и снабжает во-

Таблица 2. Технические характеристики радиомодема Viper SC+ 100

Общие характеристики	
Диапазон частот, МГц	136–174
Шаг сетки частот, кГц (настраивается программно)	25
Тип излучения	16K5F1D; 17K8F1D
Потребляемый ток:	
• прием, мА	450 (10 В); 240 (20 В); 170 (30 В)
• в режиме энергосбережения, мА	98 (13,8 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)
Рабочее напряжение, В	10–30 (постоянный ток)
Температура по спецификации, °С	От -30 до +60
Рабочая температура, °С	От -40 до +70
Температура хранения, °С	От -45 до +85, без образования конденсата
Влажность, %	5–95, без образования конденсата
Габаритные размеры, см	13,97 (Ш) × 10,80 (Г) × 5,40 (В)
Масса (в упаковке), кг	1,1
Рабочий режим	Симплекс/полудуплекс
Передатчик	
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	1–10
Время атаки, мс	<1
Время переключения между каналами, мс	<15
Импеданс, Ом	50
Цикл работы на передачу, %	100
Стабильность частоты, ppm	1,0
Интерфейсы	2 × 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}):	
• 25 кГц, дБм	-114 (16 кбит/с); -106 (32 кбит/с); -100 (48 кбит/с); -92 (64 кбит/с)
Подавление помех по соседнему каналу, дБ	70
Интермодуляция, дБ	>75
Избирательность, дБ	>70
Модем	
Скорость, кбит/с	4; 8; 12; 16; 24; 32; 48; 64
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача
Вид модуляции	2FSK, 4 FSK, 8FSK, 16FSK
Адресация	IP

дой около 2800 фермерских и 700 домовых хозяйств.

Развернутая АСУ обеспечивает управление работой двух оросительных каналов протяженностью 10 и 17 км, 30 водосборных бассейнов и 94 индивидуальных водоотводов. Радиосеть построена на радиомодемах Viper SC+ 100, технические характеристики которых представлены в табл. 2.

Благодаря техническим характеристикам современных радиомодемов функциональные возможности АСУ оросительными каналами существенно расширились за счет применения IP-протокола, позволяющего дистанционно управлять работой радиосети и производить настройку оборудования. Система мониторинга технического состояния оборудования радиосети обеспечивает повышение ее надежности за счет своевременного

выявления предпосылок к сбоям в работе и контроля текущего технического состояния радиотехнической аппаратуры в реальном масштабе времени.

В радиомодеме (начиная с версии встраиваемого программного обеспечения v3.4) реализован эффективный режим 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. С помощью встроенной программы можно перейти в режим работы с пониженным энергопотреблением с задержкой не более 0,5 с и выйти из него с номинальной задержкой 2 с.

Такие характеристики позволяют эффективно использовать радиомодем в составе АСУ оросительными каналами, где электропитание оборудования

от солнечных батарей и аккумуляторов является стандартом де-факто, совместно с любыми программируемыми контроллерами, имеющими номинальное потребление не менее 130 мА и пусковой ток не менее 700 мА. В настоящее время вышеуказанные радиомодемы являются штатным компонентом серийно выпускаемого оборудования для орошения и современных АСУ оросительными каналами.

С. А. Маргарян,
заместитель генерального директора,
главный конструктор,
ООО «Независимый исследовательский
центр перспективных разработок» (НЦПР),
г. Москва,
тел.: +7 (499) 113-2698,
e-mail: sm@flexlab.ru,
сайт: www.flexlab.ru



**МАСТЕР-ДИСТРИБЬЮТОР АМЕРИКАНСКОЙ КОРПОРАЦИИ CALAMP
НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, СТРАН СНГ
И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЕВРОПЫ**

- ▶ Поставка радиомодемов
- ▶ Разработка сетей радиосвязи
- ▶ Контрактная разработка и производство электроники
- ▶ Технологическая поддержка стартапов



ООО «НЦПР» 115583, г. Москва,
ул. Генерала Белова, дом 26, офис 519
www.flexlab.ru
info@flexlab.ru
+7 499 1132698