А.Ю. Лавров, А.Д. Ревун, В.А. Самарин
(A.J. Lavrov, A.D. Revoon, V.A. Samarin)

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ПО РАДИОКАНАЛУ

CONTROL OF OBJECT'S CONDITION BY RADIO

Москва, МТУСИ
(Moscow, MTUCI)

Задачи слежения за состоянием распределенных строительных конструкций решены с использованием модулей, обслуживающих измерительные датчики по радиоканалу. Модули обеспечивают работу радиоканала с FSK модуляцией несущей 433,92 МГц с уровнем мощности передатчиков 10 мВт на скорости 1,2 кбит/с. Концентратор передает команды и собирает данные измерений. Он может либо обмениваться данными с каждым модулем непосредственно, либо, если есть необходимость перекрывать большие расстояния, использует ретрансляцию команд и данных по цепочке модулей.

The problems of tracking behind a condition of distributed building constructions by ether are solved with usage of modules which maintain measuring apparatus, and work with FSK modulation and 10 dBm power level of transmitters at 433,92 MHz on speed 1,2 kbps. The concentrator transmits commands and accumulates results of measurements. It or has a capability to interchange datas with each module directly, or, if necessary to overlap large distances, uses retransmission of commands and datas on a line-up of modules.

На сегодняшний день в медицине, строительстве, сейсмологии, при переработке продовольственной продукции и т.п. существует целый ряд задач по мониторингу технологических процессов с использованием возможностей радиопередачи данных об изменении температуры, влажности, целостности, положения и других характеристик состояния удаленных объектов. Эти задачи эффективно решаются при использовании приемопередатчиков, построенных на базе монолитных микросхем трансиверов и управляющих микроконтроллеров, которые обеспечивают как управление радиоканалом, так и съем показаний датчиков, размещенных на объектах. В частности, при исследовании особенностей поведения конструкций мостов в условиях критических динамических нагрузок, а также при строительстве возникает потребность сбора данных, отображающих сиюминутные деформации и смещения опор и балок, разнесенных друг от друга на сотни метров. Причем положение каждой опоры необходимо оценивать по показаниям нескольких датчиков смещения не в месте их установки, а в месте размещения компьютера, обрабатывающего поступающую информацию и дающего возможность оценивать состояние как частей сооружения по отдельности, так и всего моста в целом. Использование радиоканала для управления датчиками и сбора результатов измерений обеспечивает определенное удобство в проведении измерительных процедур. Работа в частотных диапазонах, разрешенных для ISM приложений, с ограниченным уровнем мощности передатчиков (до 10 мВт) позволяет применять аппаратуру радиопередачи без необходимости получать разрешение на использование частоты. Однако такое несомненное достоинство оборотной стороной имеет ограниченную дальность действия радиоканала. В зависимости от конкретных условий распространения радиоволн она может меняться для указанной выше величины от нескольких десятков до нескольких сотен метров. В самом простом случае предполагается наличие таких условий, при которых концентратор, собирающий данные измерений со всех распределенных датчиков, имеет возможность обмениваться информацией с каждым модулем непосредственно. Такую структуру набора модулей можно условно обозначить символом многолучевой звезды, в центре которой располагается концентратор данных. В случае необходимости перекрывать большие расстояния связь обеспечивается по цепочке модулей – ретрансляторов, максимальная дистанция между которыми определяется степенью надежности информационного обмена каждой пары приемопередатчиков. При этом данные, имеющиеся на более удаленных модулях, обязательно передаются на концентратор, расположенный в начале цепочки, через все промежуточные модули.

Передача каждой посылки для надежности обмена информацией должна заканчиваться подтверждением правильности приема данных модулем-адресатом. В случае звездообразной структуры сигнал подтверждения формируется специально. В случае цепочечной структуры для сокращения времени на процедуру подтверждения модуль, принимающий данные в режиме ретранслятора, не формирует специального сигнала подтверждения. В качестве подтверждения приема данных модуль, передавший данные, использует посылку, формируемую модулем-ретранслятором для следующего модуля-приемника. Модуль, являющийся конечным приемником команды или данных, в качестве подтверждения или формирует короткую посылку, состоящую из первых двух байтов принятого кодового слова, и приступает к выполнению принятой команды, или же формирует ответ на команду, что воспринимается как подтверждение корректности приема.

@2002, электронная версия подготовлена ЗАО АВТЭКС Санкт-Петербург, http://www.autex.spb.ru

Модуль, являющийся ретранслятором данных, не приняв такого подтверждения, повторяет передачу посылки. Если подтверждение не будет им получено трижды, модуль сформирует сообщение концентратору о сбое в процедуре передачи информации, указав место сбоя в цепи своим номером, и дальнейшие действия зависят от того, каким образом оценивается качество работы радиоканала. В любом случае оператор получит информацию о месте возникновения сбоя.

Инициатором обмена выступает концентратор, обеспечивающий прием данных от модулей после передачи им команд.

Функционально каждый модуль включает в свой состав два основных узла.

Первый обеспечивает работу радиотракта и построен на базе двухстороннего полудуплексного трансивера RF2905, требующего для своей реализации небольшого количества пассивных элементов, обеспечивающих фильтрацию и задающих режимы и частоту. Наличие двух опорных кварцев позволяет формировать частоты передатчика и местного гетеродина независимо при общих схемах ФАП и ГУН. В качестве полосовых фильтров применены широко распространенные отечественные керамические фильтры типа ФП1П6-515.02-72 на среднюю частоту f_o = 10738±10 кГц. Низкая скорость передачи данных не соответствует номинальному значению полосы кольца ФАПЧ трансивера. Поэтому для осуществления манипуляции последовательно с кварцевым резонатором задающего генератора введен варикап КВ124А. Работой приемопередатчика управляет программируемый контроллер PIC16F84, формирующий передаваемое кодовое слово, задающий скорость передачи и организующий обработку и декодирование принимаемых данных. Его производительности на тактовой частоте, равной 10 МГц, хватает, чтобы обеспечить в радиоканале скорость обмена данными до 3 кбит/с. В конкретном варианте аппаратуры выбрана скорость 1,2 кбит/с.

Второй узел управляется микроконтроллером AT89C51, и в концентраторе служит для сопряжения с ПЭВМ, а в модулях обеспечивает съем данных с датчиков, размещенных на объекте. Для преобразования напряжения, снимаемого с датчика, в код используется способ широтно-импульсной модуляции. Длительность импульса, формируемого при измерении, пропорциональна измеряемому параметру. После оцифровки она может принять значения из диапазона 0…2047. Микроконтроллер позволяет обслуживать до 15 датчиков величины смещения, обеспечивая начало процедуры измерения, аналого-цифровое преобразование измеряемого параметра и накопление цифровых данных в оперативной памяти перед их пересылкой на концентратор. Кроме того, он организует работу своего последовательного порта, к которому могут быть подключены дополнительные измерительные устройства, а также формирует сигналы, позволяющие дистанционно управлять подачей питающего напряжения на измерительные датчики и обеспечивать вспомогательную сигнализацию.

Кодовое слово, передаваемое в радиоканал, имеет части, предназначенные, как для адресуемого модуля, так и для контроллеров, связанных с этими модулями и обеспечивающих выполнение измерительных процедур на удаленных объектах. Кодовое слово содержит следующие составляющие (поля):

1) префикс синхронизации;
2) байт с адресом того модуля, которому осуществляется пересылка;
3) байт, содержащий длину поля данных или команд;
4) совокупность байтов, представляющих собственно поле данных или операндов команд;
5) два байта с полем контрольной суммы, используемой при проверке правильности передачи поля данных или команд.

Чтобы быстро и правильно выполнить команду каждый модуль должен определить сначала, кому передана посылка, и какова ее длина. Для оперативного реагирования на принимаемые данные адрес вызываемого модуля, ограниченный четырьмя битами, повторяется в старшей тетраде того же (первого) байта. В процессе приема концентратором или любым модулем первого байта обе тетрады сравниваются для определения, этому ли модулю предназначена посылка. Адрес с номером 15 зарезервирован и не может использоваться в обычных случаях, поскольку тогда предполагается, что посылка предназначается всем модулям, которые “слышат” передачу, т.е. когда они являются доступными концентратору по дальности и условиям распространения радиоволн (в основном это возможно в звездообразной структуре). Нулевой адрес может относиться только к концентратору. Когда концентратор обращается к какому-либо модулю, его собственный номер для приема данных устанавливается на единицу меньшим номера этого модуля.

Код длины поля данных или команд также ограничен четырьмя битами, и также повторяется в старшей тетраде байта для оперативного определения длины принимаемого поля данных и выделения местоположения поля с контрольной суммой. Значение длины поля данных получается из своего кода с помощью простого удвоения. Если код длины равен 0, то это предполагает, что посылка имеет только два байта, и поля контрольной суммы в кодовом слове отсутствуют. Такая

посылка может использоваться как подтверждение корректности приема. Наибольшая длина поля под данные или операнды команд пересылаемой посылки равна 30 байтам.

Тетрады первого байта поля команд/данных имеют разное назначение. Старшая указывает на тип данных в поле, поскольку пересылаться может как команда, так и блок данных от измерительного модуля, а также задает направление пересылки (от концентратора или к нему). В младшей тетраде концентратор задает адрес конечного приемника посылки, а модуль, отвечающий концентратору, сообщает свой адрес, поскольку возможен и ретрансляционный режим работы по цепочке модулей.

Второй байт поля команд/данных может иметь разное содержание в зависимости от того, передается команда или данные. Если пересылается команда, то это код команды; если же пересылаются данные, то это текущий номер блока пересылаемых данных. Когда передается команда, то остальная часть поля содержит ее операнды, при передаче блока данных, она содержит собственно данные.

Комплекты модулей были разработаны, изготовлены и использованы для сбора результатов измерения деформаций опор мостов при исследовании их поведения в условиях динамических нагрузок и в процессе строительства способом надвижки. Исследования проводились специалистами ЗАО «ИМИДИС» с помощью компьютерной измерительной системы “КИС-ИМИДИС”. Натурные испытания и пробная эксплуатация показали, что, хотя на открытом пространстве дальность действия пары приемопередатчиков за счет применения зигзагообразной антенны составила около 250 м, в реальных условиях сильных промышленных помех и мощной экранировки железобетонными конструкциями допустимые для надежной связи дистанции уменьшились вдвое. При этом основным способом обмена данными между модулями оказалась связь по цепочке.