

Мобильная антенная система для приёма телеметрической информации

Николай Ходнев, Игорь Жёлтиков

В статье рассказывается о разработке мобильной антенной системы. Рассмотрены вопросы выбора аппаратного обеспечения и создания программного управляющего комплекса. Показано, что высокие характеристики системы управления достигаются во многом благодаря возможностям используемой операционной системы реального времени QNX.

Мобильный пункт приёма телеметрии

Одним из основных направлений деятельности Особого конструкторского бюро Московского энергетического института (ОКБ МЭИ) на протяжении всей 60-летней истории является разработка бортовых и наземных телеметрических систем.

После победы в тендере, организованном Роскосмосом, в ОКБ МЭИ была создана наземная станция МПРС для приёма телеметрической информации. Конструктивно станция состоит из 2-6 (в зависимости от комплектации) 19-дюймовых блоков. Малые габариты и вес позволяют оперативно развёртывать аппаратуру в существующих приёмных пунктах.

Также была поставлена задача разработать мобильную антенну МАС-3 (рис. 1) с диаметром зеркала 3 метра. Связка МПРС и МАС-3 даёт возможность за несколько часов организовать пункт приёма телеметрии в любой точке, в том числе и на необорудованной площадке.

Требования к антенной системе

Первым требованием является мобильность. В данном случае это означает, что вся конструкция должна весить менее 250 кг, а также быть разборной на крупные блоки так, чтобы бригада из двух-трёх специалистов могла собрать антенну за 6-8 часов.

Антенна должна быть вседиапазонной, то есть работать в метровых и дециметровых диапазонах, отведённых

для передачи телеметрии. Это приводит к необходимости установки большого количества облучателей, что усложняет конструкцию.

Требования к динамике антенны также высоки. Скорость движения — до 20 угловых градусов в секунду по каждой оси, при этом точность наведения должна быть не хуже $0,5^\circ$. Отличительной особенностью является полный диапазон перемещения по угломерной оси $0...180^\circ$. Это снимает необходимость выполнять зенитный маневр при движении объектов по траектории с высокими углами места.

Разумеется, предъявлены требования по тепловым, механическим воздействиям и ветровой нагрузке.

Движение антенны должно производиться в ручном режиме и в программном по заданной траектории с привязкой по времени.

Управляющая программа должна иметь графический интерфейс и связываться с компьютером станции МПРС.

Состав оборудования

Упрощённая схема системы управления МАС-3 приведена на рис. 2. Суть упрощения заключается в том, что из-за идентичности управления осями антенны принцип работы системы показан на примере только одной оси. Со-

ответственно, в полной комплектации системы, управляющей антенной по двум осям, присутствуют два исполнительных двигателя, два контроллера двигателя, два угловых датчика.

В качестве исполнительных двигателей по азимуту и углу места используются асинхронные электродвигатели переменного тока типа АИР63 У1.

Для управления двигателями выбраны преобразователи частоты (контроллеры) MICROMASTER 440 фирмы Siemens. Серия MICROMASTER содержит линейку контроллеров для управления приводами мощностью от нескольких сотен ватт до десятков киловатт. Все контроллеры серии имеют единый язык управления. Это очень удобно, так как предполагается использовать написанный драйвер в новой разработке для наведения антенны большого диаметра с применением более мощного привода и соответствующего контроллера.



Рис. 1. Мобильная антенна МАС-3

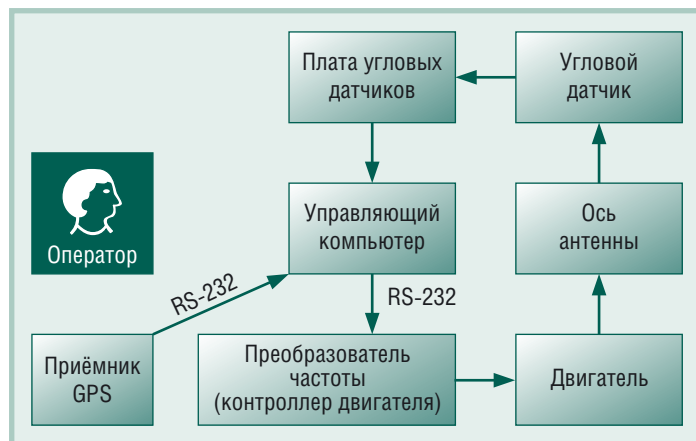


Рис. 2. Упрощённая схема системы управления MAC-3

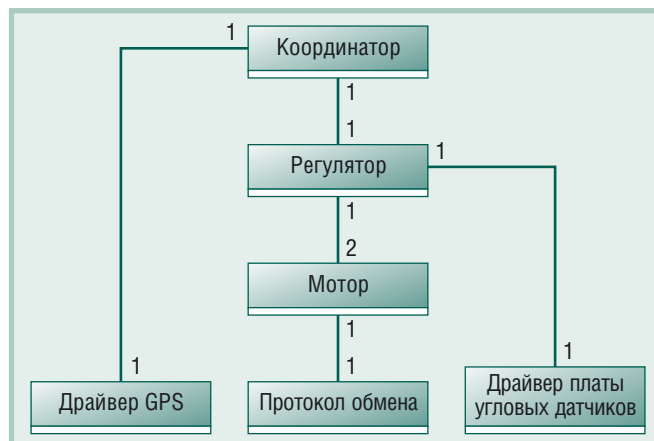


Рис. 3. Диаграмма классов подсистемы управления

Контроллеры MICROMASTER являются высокоинтеллектуальными. Им можно задать сотни параметров, установить различные режимы управления. Например, на выбор имеется несколько законов разгона-торможения, каждый с несколькими параметрами. При испытаниях выяснилось, что при коротком времени выхода скорости вращения двигателя на максимальное значение возникает динамический удар, приводящий к заметным колебаниям антенны. Увеличение времени через задание соответствующего параметра решило эту проблему.

В выбранной модели контроллера имеется реле, срабатывающее при остановке двигателя. Оно задействовано для подачи питания на удерживающий тормоз, входящий в конструкцию двигателя.

Подача команд на контроллеры осуществляется по интерфейсу RS-232.

На осях антенны установлены угловые датчики BT-5. Снятие показаний происходит с помощью специальной платы формата PCI.

В систему управления антенной входит приёмник GPS. С его помощью определяются координаты точки стояния и выставляется точное время в управляющем компьютере. Связь с приёмником также осуществляется по интерфейсу RS-232.

Использование относительно большого количества портов RS-232 потребовало установки в компьютер соответствующей дополнительной платы фирмы Моха.

В качестве управляющего компьютера выбран компьютер промышленного назначения в соответствующем исполнении. Его конструкция позволяет устанавливать дополнительные полно-размерные платы на шине PCI. Сам корпус имеет ручку для переноски, а

для транспортировки комплектуется специальной сумкой на тележке. Такое решение является идеальным для мобильной системы.

ВЫБОР ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Регулятор, входящий в контур обратной связи управления двигателем, реализован программно. Он является дискретным. Было задано требование, чтобы период выдачи команд на контроллер не превышал 50 мс и был стабильным.

С одной стороны, разрабатываемая система не является встраиваемой. Период управления 50 мс достаточно длителен, графический интерфейс и развитые сетевые возможности вполне могут быть реализованы с помощью операционной системы (ОС) общего назначения. Но с другой стороны, приняв во внимание желательность уменьшения периода управления, жёсткие требования к его стабильности, а также необходимость написания драйверов к специальным платам, мы убеждаемся в целесообразности применения специальной ОС реального времени.

В результате была выбрана ОС QNX версии 6. Она полностью удовлетворяет всем предъявляемым требованиям. Немаловажным фактором является и то, что ОС QNX много лет используется в ОКБ МЭИ и неоднократно подтверждала свои высокие характеристики.

QNX обладает массой достоинств, недостаток практически один — отсутствие драйверов к некоторым платам. При комплектации компьютера следует выбирать поддерживаемый тип графического адаптера, что и было сделано. Применённая плата последовательных портов управляется стандартным драйвером ОС.

Необходимо было написать драйвер для платы угловых датчиков. При наличии опыта и шаблона на его создание ушло буквально 2-3 часа. Очевидно, что в случае какой-нибудь ОС общего назначения, архитектура которой изолирует программиста от доступа к низкоуровневым ресурсам компьютера, разработка драйвера требует значительно больших затрат и более высокой квалификации сотрудника, что, в конце концов, выливается в повышенную стоимость и сроки работ.

Таким образом, недостаток QNX в виде отсутствия драйверов с лихвой компенсируется простотой их написания и прочими достоинствами этой ОС. Успешное решение данной задачи убедило в правильности выбора ОС. Период управления удалось снизить до 15 мс, и это не предел.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА

После анализа требований система была разбита на две подсистемы: интерфейс оператора и собственно подсистему управления. В подсистеме управления были выделены классы, как показано на рис. 3.

Каждый класс подсистемы управления является активным и оформлен как администратор ресурсов. За основу был взят шаблон, размещённый по адресу: resmgr.narod.ru.

Главными принципами архитектуры QNX являются механизм обмена сообщениями Send-Receive-Reply (SRR) и модульность. Успешная реализация самой ОС весьма располагает к применению подобной архитектуры для решения прикладных задач, хотя, конечно, это не единственно возможный вариант.

При использовании SRR и администратора ресурсов процесс реализации

активных классов является примитивным. Для каждой команды создаётся связь: имя команды и соответствующая структура данных. Полученная пара подставляется для использования при вызове `devctl()`.

Для удобства можно сделать «обёртку» над вызовом `devctl()` в виде функции или создать интерфейсный класс. В последнем случае термин «послать сообщение классу» приобретает буквальный смысл.

Управление по обеим осям производится одинаково. Некоторые программы запускаются дважды, но регистрируют разные имена, задаваемые через параметр, например `/dev/mas3/motor_az` и `/dev/mas3/motor_el`. Такой простейший приём даёт два независимых, но одинаковых процесса, различие которых не составляет труда.

ОРИЕНТИРОВАНИЕ АНТЕННЫ

Для точного наведения положение антенны должно быть отъюстировано по двум осям. Выставление горизонта, то есть задание нулевого положения по угломерной оси, выполняется по уровню, для чего предусмотрена специальная площадка.

С азимутальной осью проблема сложнее. Начало отсчёта должно соответствовать направлению на север. Магнитный компас не обеспечивает необходимую точность, а специальные геодезические приборы очень дороги. В связи с этим были предложены две методики.

Так как местоположение и точное время известны с помощью приёмника GPS, то, используя астрономические

формулы, можно вычислить положение Солнца. Конструкция зеркала антенны и облучателей симметрична, при точном наведении на Солнце тени, отбрасываемые элементами конструкции, будут проходить точно через центр зеркала. Такой картинке необходимо добиться, вращая специальные юстировочные винты. Эта методика проста и наглядна и обеспечивает необходимую точность.

Вторая методика не зависит от времени суток и облачности. На геостационарных спутниках установлены радиомаяки, передающие сигналы на известных частотах. Можно навести антенну на спутник, наблюдать величину сигнала на спектроанализаторе и путём перемещения антенны в небольших пределах найти максимум приёма. При этом показания угловых датчиков должны соответствовать расчётным, в противном случае надо выполнить корректировку положения нуля азимута. Движение антенны производится в ручном режиме работы программы путём нажатия на соответствующие клавиши.

В качестве источника сигналов можно использовать спутники телевизионного вещания. Если установить соответствующую плату в компьютер, то



Рис. 4. Развёрнутый в полевых условиях мобильный пункт приёма телеметрической информации (справа — антенна МАС-3, в салоне автомобиля — станция МПРС и компьютер управления антенной, на переднем плане — транспортировочная тара)

уровень приёма можно контролировать по качеству изображения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Система разработана, отлажена, настроена. Все необходимые испытания успешно пройдены. Высокие характеристики комплекса обусловили спрос, превосходящий первоначальные ожидания.

Есть интересные предложения по развитию. Дополнительные возможности могут быть реализованы за счёт усовершенствования системы управления, имеющей для этого большие резервы.

Антенна демонстрировалась на российских и международных выставках.

Развёрнутая на позиции мобильная антенная система для приёма телеметрической информации показана на рис. 4. ●