

## **АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА И ИСПЫТАНИЙ АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ УСТРОЙСТВ**

**© 2007 г. О.Н. Колесникова  
ФГУП «ВНИИ Градиент»**

При разработке антенно-фидерного устройства (АФУ), которое входит в состав практически любых радиотехнических комплексов, требуется проведение электродинамических расчетов антенн и построение их математических моделей, а также экспериментальная проверка опытных образцов АФУ, сравнение рассчитанных параметров с реально снятыми на образце и оценка полученных результатов.

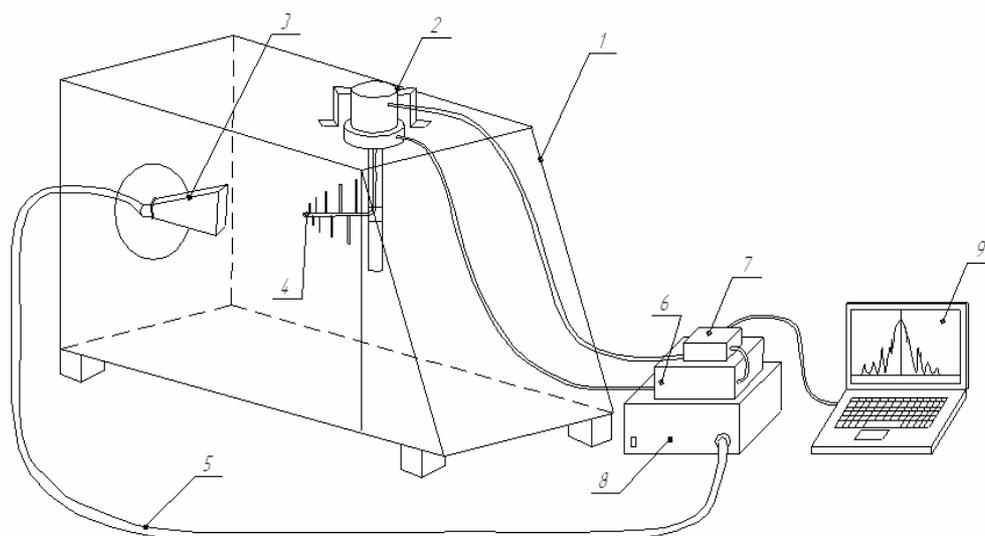
Несмотря на взаимосвязанность задач электродинамических расчетов, моделирования и экспериментальных исследований, традиционно, решение указанных задач осуществлялось на различных рабочих местах, что приводило к увеличению сроков разработки АФУ, времени проверки и снижению достоверности получаемых результатов.

Необходимость сокращения сроков разработки, проверки АФУ и повышения достоверности получаемых результатов приводит к целесообразности создания единого (интегрированного) автоматизированного рабочего места (АРМ), обеспечивающего возможности инженера-разработчика решать задачи моделирования, а инженера-исследователя или регулировщика выполнять экспериментальные исследования или проверки АФУ.

В настоящее время имеется подобное АРМ с использованием миниатюрной безэховой камеры (мини-БЭК), с помощью которой возможно измерение параметров АФУ. Однако, указанная мини-БЭК была разработана в начале 90-х годов прошлого века и имеет ряд эксплуатационных недостатков, среди которых главным является отсутствие системы точного позиционирования испытуемого объекта и, как следствие, наличие дополнительных погрешностей при оценке параметров АФУ.

Целью данной работы является определение путей повышения точности позиционирования при регистрации параметров АФУ, например, диаграммы направленности (ДН).

Достижение поставленной цели наиболее эффективно в том случае, если использовать совмещение программных средств для расчета параметров АФУ и технических средств для экспериментальных исследований, проверок и испытаний. Для реализации этого принципа было разработано интегрированное АРМ, обеспечивающее решение задач моделирования и экспериментальной проверки с использованием в своем составе мини-БЭЖ и аппаратно-программный модуль, состоящий из эталонной антенны, электромеханического привода, микроконтроллерного модуля, преобразователя частоты, генератора сигнала, персональной ЭВМ и функционального (специального) программного обеспечения (ФПО). Построение интегрированного АРМ приведено на рис. 1, где 1 – мини-БЭЖ, 2 – электромеханический модуль, 3 – эталонная антенна, 4 – испытываемая антенна, 5 – высокочастотный кабель, 6 – преобразователь частоты, 7 – микроконтроллерный модуль, 8 – генератор, 9 – ЭВМ.



**Рис. 1.** Интегрированное АРМ для решения задач моделирования и исследования АФУ в поле ближней зоны с использованием аппаратно-программного модуля

Данное АРМ имеет ряд достоинств: быстродействие, малогабаритность, все технические средства имеют относительно небольшую массу, что позволяет изменять место установки и конфигурации, в тоже время обеспечивается высокая точность измерений и достоверность полученных результатов [1].

Измерения антенных параметров требуют следующих процедур:

- ввод с клавиатуры ПЭВМ исходных данных для проведения исследования: дискретность угла поворота, электрические параметры, подлежащие исследованию (несущая частота, уровень сигнала).

- подачу на эталонную антенну с генератора сигнала, калиброванного по частоте и амплитуде;
- прием сигнала исследуемой антенной;
- передачу принятого сигнала с антенны на преобразователь частоты и сигнала на АЦП микроконтроллерного модуля;
- формирование сигнала и передача его в последовательный порт ПЭВМ;
- формирование команд для осуществления микроконтроллерным модулем управления приводом;
- осуществление микроконтроллерным модулем управления генератором по частоте и уровню выходного сигнала.

Антенные параметры, например диаграмма направленности испытуемой антенны, снимаются автоматическим способом и выводятся на монитор ПЭВМ. Можно сравнить результаты теоретически рассчитанной ДН и экспериментально полученной и оценить степень соответствия техническому заданию.

АРМ имеет следующие виды обеспечения: аппаратное, программное, информационное, метрологическое, методологическое, организационное.

В данной работе рассматривается модель реализации аппаратно-программного модуля АРМ. В программное обеспечение АРМ входят: драйвер устройства сопряжения, программа, обеспечивающая интерфейсную часть, для визуализации данных и программа, обеспечивающая часть математических вычислений. В аппаратное обеспечение АРМ входят: средства вычислительной техники (СВТ), мини-БЭК, электромеханический модуль, включающий в себя электрический привод, микроконтроллерный модуль, который включает в себя плату управления приводом, и комплексом в целом, и измерительная аппаратура.

К электромеханическому модулю АРМ предъявлены следующие требования: высокая точность позиционирования, малогабаритность, быстродействие. Макет электромеханического модуля управления построен на основе шагового двигателя ДШИ200-1-1, обеспечивающий микрошаговый режим, который позволяет получить угол поворота с точностью в 1/100 градуса. Основным узлом этой установки является микроконтроллерный модуль, который осуществляет управление исполнительным устройством и в дальнейшем будет задействован для организации интерфейсных связей с ПК.

К микроконтроллерному модулю (рис. 2) предъявлены следующие требования: высокое быстродействие, наличие встроенной широтно-импульсной мо-

дуляции (ШИМ), устойчивость к статическому электричеству, перегрузке по току и низкая себестоимость.

В результате проведенного анализа технических характеристик выбор был сделан в пользу микроконтроллера фирмы Atmel AT Mega 162L. Дело в том, что как и все микроконтроллеры AVR, AT Mega 162L предназначен для встраиваемых приложений. Он изготовлен по малопотребляющей КМОП-технологии, которая в сочетании с RISC-архитектурой позволяет достичь наилучшего соотношения «быстродействие/энерго-потребление» [2,3]. Подавляющее большинство основных характеристик процессора микроконтроллера AT Mega 162L такое же, как и у микроконтроллеров других семейств AVR – Tiny и Classic, но в то же время у него наибольшее число источников прерываний (27 источников, из них 8 внешних) и реализован программный стек и аппаратный умножитель. Исполнительным устройством в данном проекте является шаговый двигатель типа ДШИ200-1-1. Такой выбор обусловлен тем, что несмотря на сравнительно маленькие массо-габаритные характеристики, он развивает достаточный момент на валу, которого вполне хватает для стабильной работы этой системы.

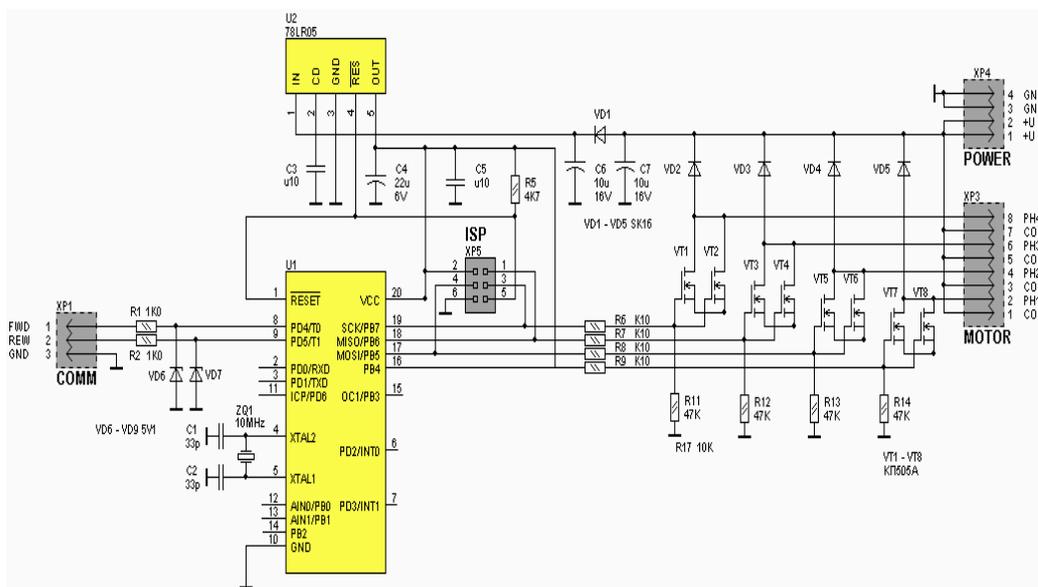


Рис. 2. Электрическая схема управления электроприводом

Сигналы управления обмотками двигателя формируются на портах микроконтроллера программно. Для коммутации обмоток используются полевые транзисторы типа КП505А. Эти транзисторы имеют корпус ТО-92 и могут коммутировать ток до 1,4А, сопротивление канала составляет около 0,3 ома. Для того чтобы транзисторы оставались закрытыми во время действия сигнала

«сброс» микроконтроллера (порты в это время находятся в высокоимпедансном состоянии), между затворами и истоками включены резисторы. Для ограничения тока перезарядки емкости затворов установлены резисторы. Данный контроллер не претендует на высокие скоростные характеристики, поэтому вполне устраивает медленный спад тока фаз, который обеспечивается шунтированием обмоток двигателя диодами. Стабилизация тока осуществляется с помощью ШИМ, которая тоже реализована программно. К разъему ХР 1 подключается клавиатура для управления направлением и скоростью вращения.

Таким образом, реализуется взаимодействие электромеханического модуля с микроконтроллерным. При организации микрошагового режима двигателя удастся добиться точности позиционирования 1/100 градуса.

В результате выполнения данной работы определены пути повышения точности позиционирования электромеханического модуля АРМ с использованием современной элементной базы, а также возможность регистрировать максимально достоверные данные основных параметров АФУ, что отвечает современным требованиям, предъявляемым к измерительным комплексам. Кроме того, использование АРМ позволяет повысить производительность труда при низкой себестоимости аппаратуры, что является важнейшим его достоинством.

Систематизация полученных данных и дальнейшее решение инженерной задачи в области автоматизации антенных измерений позволяет разработать модель универсального измерительного комплекса на основе разработанного АРМ.

#### Литература

1. Колесникова О.Н. Автоматизированное рабочее место для расчета и испытаний антенных устройств, сборник докладов «Фундаментальные и прикладные проблемы современной техники», 2006 г.
2. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы Atmel. Москва, издательский дом «Додэка-XXI», 2005 г.
3. Мортон Д. Микроконтроллеры AVR. Москва, издательский дом «Додэка-XXI», 2006 г.