

УПРАВЛЕНИЕ АКТИВНЫМИ ФАЗИРОВАННЫМИ АНТЕННЫМИ РЕШЕТКАМИ

*Бутырин А. В., к.т.н., с.н.с.; Липатов В. П., Марков В. И., к.т.н.,
Хоменко Н. В.*

Государственное предприятие «Научно-исследовательский институт радиолокационных систем «Квант-Радиолокация», г. Киев, Украина

Одной из основных задач при проектировании активных фазированных антенных решеток (АФАР) является разработка системы управления (СУ), предназначенной для выполнения следующих функций:

- приема и распределения управляющих сигналов (формуляров задач), поступающих из информационно-управляющей системы (ИУС) РЛС;
- синхронизации работы всех устройств АФАР;
- проведения контроля технического состояния блоков и устройств, входящих в АФАР с определением места и типов отказов;
- расчета кодов, подаваемых на фазовращатели и аттенюаторы приемо-передающих модулей (ППМ), для формирования необходимого амплитудно-фазового распределения (АФР) на апертуре.
- автоматической калибровки и внесения фазовых и амплитудных поправок в АФР на апертуре в режимах ПРИЕМ и ПЕРЕДАЧА для поддержания технических параметров АФАР.

Формуляр задачи содержит информацию о режиме работы АФАР („Работа“, „Контроль“, „Калибровка“, „Тренаж“, „Приём“ или „Передача“), о номере рабочей частоты, направляющих косинусах луча, форме луча (узкий, широкий, косеканс, столообразный и т.д.), типе ДН - однолучевая или многолучевая ДН („веер“ или „розетка“). Эта информация в требуемом для каждой составной части объеме распределяется СУ в виде отдельных формуляров задач в вычислительное устройство управления положением луча (ВУУПЛ), устройство цифрового формирования диаграммы направленности (УЦФДН), синхронизатор и возбудитель.

Конструкция АФАР имеет ряд конструктивных особенностей. Апертура антенны, как правило, состоит из подрешеток, включающих в себя ряд ППМ. Чтобы сформировать ДН АФАР, необходимо выровнять АФР на апертуре с помощью фазовых и амплитудных поправок, учесть требования к форме ДН и её характеристикам и направлению излучения.

Для этого проводятся измерения амплитудно-фазовых характеристик отдельных частей АФАР на этапе их изготовления и первоначальная настройка собранной антенны и нормирующие коэффициенты для обеспечения работы встроенной системы контроля и калибровки [1].

Определяются заводские фазовые поправки для хранения в ПЗУ $[\varphi_{ij}^n(n, m)]^{PRD}$ и $[\varphi_{ij}^n(n, m)]^{PP}$ на для всех рабочих частот (раздельно для режимов

ПРИЕМ и ПЕРЕДАЧА), учитывающие зависимость электрической длины СВЧ-канала ППМ от частоты, температуры, кодов аттенюаторов и фазовращателей соответствующих каналов и амплитудные поправки, учитывающие зависимость амплитуды поля в СВЧ-каналах ППМ в зависимости от их положения на апертуре [1, 2].

При эксплуатации АФАР используются поправки, полученные при очередной калибровке.

Для установки луча заданной формы в заданном направлении АФР на апертуре может рассчитываться с помощью вычислительных устройств различной конфигурации, размещенных в разных узлах АФАР.

В одном из вариантов ВУУПЛ реализуются на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) с собственным ПЗУ и располагаются в каждом ППМ. Расчет амплитуд и фаз для всех каналов ППМ, в соответствии с информацией находящейся в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ) и поступившей с формуляром задачи, выделение управляющих кодов и их загрузка в буферные регистры фазовращателей и аттенюаторов производятся в ПЛИС [2, 3].

В другом варианте вычислительные устройства и ПЗУ могут быть общими для группы ППМ, объединенными в подрешетки, а данные расчета передаются на ППМ, например, по шине SPI.

В третьем варианте для управления положением луча АФАР на каждый ППМ поступает цифровой код амплитуды и фазы (раздельное цифровое управление амплитудой и фазой излучаемых и принимаемых СВЧ сигналов с обеспечением регулировки не менее 5 бит по амплитуде и 6 бит по фазе).

Вариант 3 алгоритма работы ППМ используется в случае, когда все расчеты фазового распределения на апертуре АФАР для заданного положения, формы луча и рабочей частоты с учетом всех факторов влияющих на расчетное фазовое состояние каждого фазовращателя для конкретных каналов ППМ (угловых ошибок горизонтирования несущей платформы, углов наклона и азимутального положения антенного прибора), а также индивидуальных фазовых поправок, полученных при настройке и дальнейших калибровках для каждой рабочей частоты проводятся вычислительным устройством общим для всей АФАР и только результаты расчетов поступают непосредственно на каждый фазовращатель и аттенюатор соответствующего ППМ.

В данном конструктивном варианте с помощью мощного вычислительного устройства обеспечивается возможность адаптации параметров ДН к помеховой обстановке, появляется возможность поддержания технических характеристик при наличии отказов части каналов, упрощается конструкция ППМ и исключается процедура начальной загрузки их ПЗУ при включении АФАР.

Для варианта 3 в зависимости от конструкции АФАР и количества каналов ППМ объём передаваемой в процессе работы информации возрастает и может превысить возможности проводных линий связи. Поэтому может оказаться необходимым использование волоконно-оптического кабеля и соответствующей аппаратуры для передачи информации о состоянии фазовращателей и аттенюаторов ППМ и включение в состав ППМ модемов для приема и передачи сигналов оптического диапазона.

Перечень ссылок

1. Гузь В. И. Технология проведения контроля технического состояния, настройки и калибровки АФАР / В.И. Гузь, В.И. Марков, А.А. Зайцев, А.Б. Филоненко // Радиоэлектроника. Известия вузов. — 2012. — Т. 55, № 1. — С. 41—47.

2. Дрожжина Н.В. Управление фазированной антенной решеткой в различных режимах работы / Н. В. Дрожжина, П. Л. Батов, А. С. Беляев, А. Е. Козлова // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны» — М.: АОО «ГСКБ «Алмаз-Антей». 2016, выпуск №3 (11). — С. 47—53.

3. Батов П. Л. Система управления АФАР: алгоритм вычисления и формирования амплитудно-фазового распределения / П. Л. Батов, Н. В. Дрожжина // Журнал «Успехи современной радиоэлектроники». — М.: Радиотехника. 2015, выпуск №3. — С. 45—49.

Анотація

Розглянуті основні технічні рішення спрямовані на реалізацію системи керування АФАР.

Ключові слова: Активні фазовані антенні решітки, амплітудно-фазовий розподіл, керування АФАР.

Аннотация

Рассмотрены основные технические решения, направленные на реализацию системы управления АФАР.

Ключевые слова: активные фазированные антенные решетки, амплитудно-фазовое распределение, управление АФАР.

Abstract

The basic technical decisions of realization of АРАА control system are considered.

Keywords: Active phased array antennas, amplitude and phase distribution, АРАА control.