

ВСТРОЕННАЯ СИСТЕМА КАЛИБРОВКИ И КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АФАР

*Гузь В. И., к.т.н., с.н.с.; Волошин А. П.; Марков В. И., к.т.н.;
Остапенко Д. А.*

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

Активные фазированные антенные решетки (АФАР) имеют встроенные системы контроля и калибровки (ВСКК), обеспечивающие поиск и локализацию неисправных блоков и устройств с точностью до сменного модуля и оценку интегральных характеристик и технического состояния ФАР в целом в процессе эксплуатации. По данным калибровки производится расчет амплитудно-фазового распределения (АФР) поля на апертуре и определение необходимых фазовых и амплитудных поправок для автоматической подстройки АФР, снижения влияния временной и температурной нестабильности параметров каналов приемо-передающих модулей (ППМ) и отказов элементов, анализ и документирование технического состояния АФАР [1].

При разработке ВСКК на предприятии были решены следующие проблемы:

- обеспечен ввод калибровочных сигналов со стабильными параметрами и произведен выбор места размещения источников контрольного сигнала, обеспечивающих эффективное выделение сигнала контролируемых каналов ППМ из суммарного сигнала на выходе АФАР при работе в режимах ПРИЕМ и ПЕРЕДАЧА;
- решена задача определения реальных комплексных коэффициентов передачи каналов (ККПК) ППМ АФАР при изменении величины вносимых потерь, наличия ошибок обработки заданных фазовых сдвигов фазовращателями (ФВ) в процессе переключения их дискретов, а также наличия полных и/или частичных отказов ФВ и аттенюаторов;
- обеспечение калибровки при облучении апертуры АФАР неплоской волной от вынесенного неподвижного зонда (НЗ).

Система управления АФАР должна обеспечивать возможность индивидуального управления переключением дискретов фазовращателей (ФВ) и аттенюаторов каналов ППМ для обеспечения возможности установки заданного АФР на апертуре АФАР, выделения и оценки параметров сигналов отдельных каналов ППМ из суммарного сигнала АФАР.

Точность калибровки АФАР при использовании ВСКК ограничивается следующими факторами: взаимовлиянием излучающих элементов; рассогласованием в СВЧ трактах АФАР; погрешностью формирования эталонного

сигнала; погрешностью измерения реального АФР; погрешностью реализации расчетного АФР и зависимостью ККПК ППМ от температуры.

Одним из главных требований к ВСКК является временная и температурная стабильность калибровочных трактов. Для решения этой проблемы блок калибровки должен периодически проходить поверку в приемном и передающем режимах. Любые изменения амплитуды или фазы, выявленные при калибровке, должны быть откорректированы. Такая поверка может проводиться значительно реже, чем полная калибровка АФАР и интервал между ее приведением может меняться от недель до месяцев.

Повышение точности работы ВСКК в режимах ПРИЕМ и ПЕРЕДАЧА было обеспечено за счет размещения системы НЗ для ввода контрольных сигналов по краям апертуры АФАР. Это дало возможность исключить ее затенение, значительно улучшить соотношение уровня сигнала контролируемого канала к уровню суммарного сигнала за счет несинфазного суммирования сигналов отдельных каналов ППМ и обеспечить высокую точность калибровки АФР (погрешность порядка 1 градуса по фазе и 0,1 дБ по амплитуде) [2].

Заводская настройка АФАР и ВСКК начиналась с проверки технического состояния АФАР: контроля прохождения сигналов управления; тестов каналов управления; выявления технологических дефектов сборки; контроля ККПК ППМ и определения реальных фазовых сдвигов и вносимых потерь при переключении состояний ФВ ППМ. Затем выполнялась оценка стабильности работы системы управления лучом (СУЛ), оценивался разброс параметров ФВ и аттенюаторов ППМ при многократных переключениях состояний и изменении температурных режимов при работе с разными длительностями импульсов и периодах повторения. Сравнивались характеристики ППМ, полученные на специализированном стенде при проведении индивидуальной проверки и подборе оптимальных кодовых комбинаций, с данными контроля ККПК ППМ в составе АФАР (в режимах прием/передача).

После проведения первоначальной настройки АФАР в диапазоне рабочих частот с помощью автоматизированного измерительного комплекса проводилось измерение комплексных коэффициентов передачи (ККП) между измерительным зондом, каждым из контрольных излучателей (КИ) и излучателями АФАР в режимах ПРИЕМ и ПЕРЕДАЧА. Выполнялся расчет нормирующих коэффициентов (НК), которые связывают ККПК при облучении плоской волной (измерительный зонд – излучатели АФАР) с ККП контролируемого канала при использовании контрольного излучателя (КИ – излучатели АФАР).

Полученные НК являются калибровочными (эталонными) для данной ВСКК АФАР и обеспечивают поддержку заданных параметров АФАР в процессе эксплуатации.

Методические погрешности получаемых оценок значений ККПК обусловлены приближениями, принятыми в математических моделях АФАР. В модели АФАР поле излучения представляется в виде суперпозиции полей излучения каналов ППМ АФАР, каждый из которых независимо управляется, а параметры слабо зависят от состояния соседних излучателей. Методическая погрешность оценки ККПК в ряде работ была связана с предположением о независимости вносимого затухания от реализуемого фазового сдвига ФВ. Это приводило к тому, что полученные оценки ККПК ППМ АФАР оказывались смещенными. Был разработан и экспериментально подтвержден алгоритм, обеспечивающий высокую эффективность и точность определения реальных вносимых фазовых сдвигов и потерь при переключении дискретов ФВ за счет максимального использования априорной информации, полученной на этапе входного контроля параметров ППМ и технических данных поставщиков комплектующих изделий.

Перечень источников

1. Гузь В. И. Автоматизированная система для контроля и настройки ФАР / В.И. Гузь, В.И. Марков, А.А. Зайцев, В.А. Мартынов, А.Б. Филоненко // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. — Киев. Том 50, №1, январь 2007 г. — С. 46—51.

2. 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. — 2012. — Т. 55, № 1. — С. 41—47.

Анотація

Представлено результати розробки вбудованих систем контролю технічного стану та калібрування активних фазованих антенних решіток. Розглянуто особливості проведення налагоджування та калібрування таких систем.

Ключові слова: активні фазовані антенні решітки, вбудовані системи контролю технічного стану, калібрування, налагодження.

Аннотация

Представлены результаты разработки встроенных систем контроля и калибровки (ВСКК) активных фазированных антенных решеток (АФАР), рассмотрены особенности проведения контроля технического состояния и калибровки АФАР.

Ключевые слова: АФАР, встроенные системы контроля технического состояния, калибровка, настройка.

Abstract

Some practical aspects of designing and application of the built-in performance monitoring system (BPMS) including constructive peculiarities of active phased array antennas (АРАА), measurement restrictions and results of simulation and real measurements are presented to demonstrate the utility of the proposed monitoring technique.

Keywords: АРАА, BPMS, calibration, alignment.