

НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ СКЛАДНИХ АНТЕННИХ СИСТЕМ

*Касанов Е.В.; Ліпатов В. П.; Марков В.І., к.т.н.; Остапенко Д.А.
ДП "НДІ радіолокаційних систем "Квант-радіолокація", Київ, Україна*

Основними недоліками, що перешкоджають широкому застосуванню в радіолокації сучасних складних антенних систем – цифрових та активних фазованих антенних решіток (ЦАР, АФАР), що забезпечують підвищення надійності, швидкості, точності вимірювань координат і визначення параметрів траєкторних переміщень об'єктів, є їх висока вартість, збільшення обсягу і трудомісткості робіт, що проводяться з кожним зразком виробів, що обумовлено ускладненням конструкції, зростанням числа приймально-передавальних модулів (ППМ) та взаємним впливом випромінювачів, що залежить від робочої частоти та кута сканування [1]. Незважаючи на велику кількість публікацій, в яких розглядаються питання проведення випробувань [2-4], відсутній єдиний підхід до методології контролю технічного стану (КТС) і настройки як АФАР, так і ЦАР, які неможливо підключити до стандартної вимірювальної апаратури, а також пропозиції щодо скорочення часу настройки і проведення приймально-здавальних випробувань. У літературі в основному оцінюється вплив підвищення швидкодії вимірювальної апаратури і не ураховуються особливості АФАР та ЦАР [5].

Саме тому при проведенні КТС та налаштуванні конкретних типів виробів потрібен істотний перегляд складу вимірювального обладнання, методів і методик визначення параметрів, а також відповідна адаптація використовуваного програмного забезпечення і методик виконання вимірювань та обліку результатів для урахування їх функціональних і конструктивних особливостей. Потрібно забезпечити можливість автоматичної конфігурації апаратури під управлінням ПЕОМ, виключивши ручне переключення СВЧ кабелів і вузлів при зміні структури випробувань (підвищується швидкість, гнучкість, повторюваність параметрів трактів, точність вимірювань АФР, виключаються помилки персоналу).

При проведенні налаштування амплітудно-фазового розподілу (АФР) на апертурі АФАР необхідно визначити фазові і амплітудні поправки, які залежать від частоти і нормуючи коефіцієнти для вбудованої системи контролю, що істотно збільшує час та обсяг проведення випробувань. Кількість можливих реалізацій діаграм спрямованості (ДС) залежить від числа каналів, виду променів (вузький, широкий, столовидний, косеканс і т.д.), кількості положень променів в просторі, числа робочих частот, режимів роботи, адаптації до власного технічного стану та завадової обстановці. Прив'язка координат випромінювачів до системи координат сканера здійс-

нюється за рахунок введення в конструкцію виробів реперів, координати яких жорстко пов'язані з координатами випромінювачів на апертурі, що дає можливість точно прив'язувати координати випромінювачів закритих обтічником для перерахунку вимірюного АФР на апертуру та розрахунку поправок.

Комплекси випробувань що проводились з кожним зразком АФАР істотно ускладнювались. При проведенні КТС в режимах ПЕРЕДАЧА та ПРИЙОМ враховували наступне: високий рівень випромінюваної потужності в режимі ПЕРЕДАЧА, особливості структур ППМ та АФАР в цілому, використання інтегральної електроніки для побудови пристрою керування променем та визначення параметрів сумарних, різницевих, фонових та компенсаційних каналів. Для скорочення часу вимірювання АФР для груп каналів, положень променів в просторі і різних робочих частот проводились в одному циклі вимірювань методом зміщених матриць.

В режимі ПЕРЕДАЧА ППМ АФАР можуть працювати тільки в імпульсному режимі, як правило, з нерегульованим максимальним рівнем випромінюваної потужності, можлива тривалість і щільність випромінюваних імпульсів визначаються структурою ППМ, технічними характеристиками пристрою управління променем (ПУП) та протоколами обміну даними ППМ і ПУП.

Для налаштування на АФР визначались індивідуальні фазові і амплітудні поправки, що залежать від міста розташування випромінюючих елементів, частоти і кута сканування, типа ДС, а також нормуючи коефіцієнти для вбудованої системи контролю та калібрування.

У зв'язку з істотною залежністю АФР АФАР від температури для зменшення загального часу тестування і підвищення реальної точності отриманих результатів треба проводити вимірювання АФР при номінальному режимі роботи АФАР (передача / прийом, все ППМ включені, робочі тривалості випромінюваних імпульсів, щільність і т.д.), в одному циклі вимірювань, а не проведення вимірювання АФР тільки в режимах ПЕРЕДАЧА або ПРИЙОМ.

При проведенні КТС отримана максимально повна оцінка технічного стану каналів ППМ, розраховувались реальні параметри атенюаторів і фазообертачів (ФО); виявлялись відмови і технологічні дефекти в АФАР і оцінювався взаємний вплив випромінюючих елементів; визначались величини загасання і фазового зсуву, що вносяться кожним ФО всіх ППМ при включенні кожної і-ї комбінації дискретів ФО, оцінювався технічний стан атенюаторів ППМ і визначались величини загасання і фазового зсуву, що вносяться при включенні кожного та усіх комбінацій дискретів атенюаторів, математичне очікування і дисперсію в режимі ПРИЙОМ [6].

Використовуючи реальні вдані вимірювань в режимах ПЕРЕДАЧА і ПРИЙОМ, за допомогою математичного моделювання можна провести пе-

рвинну настройку АФАР, оцінити необхідний обсяг репрезентативній кількості ДС, розрахованих за виміряним АФР та результатами КТС, для проведення прийнятно-здавальних випробувань і забезпечити необхідну статистичну достовірність отриманих результатів.

Висновки. Були розроблені методики для оцінки параметрів АФАР за результатами КТС та математичного моделювання, що дозволили скоротити час і обсяг проведення випробувань.

Запропонована технологія дає можливість оперативної перевірки пропонує модернізацій АФР, оптимізує процес налаштування та іспитів за якістю і часом і відкриває шляхи вдосконалення АФАР як на етапі експериментального відпрацювання дослідних зразків, так і при серійному виробництві.

Перелік посилань

1. Гузь В. И. Оптимизация процесса определения параметров и настройки АФАР / В. И. Гузь; В. П. Липатов; В. И. Марков; А. П. Волошин; Д. А. Остапенко // 6-й Международный радиоэлектронный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития», МРФ-2017. Конференция «РАДИОЛОКАЦИЯ. СПУТНИКОВАЯ НАВИГАЦИЯ. РАДИОМОНИТОРИНГ». Сборник научных трудов. – Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ, Издательство «Точка», 2017.— С.61-64.
2. Theory and Practice of Modern Antenna Range Measurements / Parini C., Gregson S., McCormick J., van Rensburg D. The Institution of Engineering and Technology, London, United Kingdom 2015. — pp. 784.
3. 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.
4. Грибанов А. Н. Метод измерения динамических диаграмм направленности пассивных и активных фазированных антенных решеток / А. Н. Грибанов, С. Е. Гаврилова, А. Е. Дорофеев, Г. Ф. Мосейчук, О. С. Алексеев // Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей». — № 4, 2016. — С. 32—40
5. Reducing Measurement Times and Improving Economic Competitiveness in Antenna and RCS Applications. — Application Note, Keysight, 2014.
6. Гузь В. И. Встроенная система калибровки и контроля технического состояния АФАР / В. И. Гузь; В. И. Марков; А. П. Волошин; Д. А. Остапенко // Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи» РТПСАС-2018.— С 141—143

Анотація

Розглянуті питання технології налаштування складних антенних систем з урахуванням технічних особливостей виробів пов'язаних з їх апаратною реалізацією і вбудованими системами контролю та калібрування.

Ключові слова: АФАР, амплітудно-фазовий розподіл на апертурі, вбудована система контролю та калібрування, технологія налагодження та випробувань.

Abstract

Questions of production engineering of active phased array antennas, its factory alignment and conducting of adjustment of the built-in monitoring and calibration system, taking into account the particularities connected with hardware implementation and service conditions, are considered.

Keywords: active phased array antenna, amplitude and phase alignment, built-in monitoring system, mutual interactions, adjustment and test technologies.