

Разработка методики и волоконно-оптической системы для проверки в безэховой камере диаграммы направленности активной фазированной антенной решетки в дальней зоне

А.В. Мороз¹, В.В. Давыдов^{1,2}, В.Ю. Рудь²

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Политехническая 29, Санкт-Петербург, Россия, 195251

²Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, ул. Институт, 5, Московская область, Большие Вяземы, Россия, 143050

Аннотация

Предложена методика проверки в безэховой камере диаграммы направленности активной фазированной антенной решетки в дальней зоне. Разработана волоконно-оптическая система передачи сигнала из безэховой камеры к устройству обработки информации. Определены требования к оптической системе связи. Представлены результаты измерений.

Ключевые слова

Антенна, волоконно-оптическая система, оптический сигнал, дальняя зона, диаграмма направленности

1. Введение

В современном мире постоянно расширяется круг задач, для решения которых применяются радиолокационные станции (РЛС). Среди большого количества используемых РЛС особое место занимают станции, в которых применяются активные фазированные антенные решетки (АФАР). В большинстве случаев АФАР размещаются на подвижных объектах. Это не позволяет проводить сканирование (механическое) АФАР в горизонтальной и вертикальной плоскости в больших диапазонах (угол места и азимутальный угол в последних моделях можно изменять не более чем на 10°). Основное сканирование АФАР в пространстве осуществляется за счет изменения направления диаграммы направленности, которая формируется подачей управляющих сигналов на приемопередающие элементы антенны.

Поэтому для РЛС воздушного базирования с АФАР, работающих в режиме обзора, очень важна точность определения диаграммы направленности, особенно в дальней зоне [1]. Дальняя зона РЛС определяется следующим соотношением:

$$R_0 \gg 2L^2/\lambda, \quad (1)$$

где R_0 – расстояние до объекта, L – расстояние между крайними преопередающими элементами антенны, λ – длина волны излучения. Необходимо отметить, что в дальней зоне угловое распределение поля несущественно зависит от изменения расстояния до антенны.

2. Методика имитации измерения диаграммы направленности в дальней зоне

В большинстве находящихся в эксплуатации АФАР дальняя зона соответствует расстоянию более 300 м. Это создает большие проблемы при настройке и тестировании антенны в безэховой камере (БЭК). Использование БЭК для проверки АФАР позволяет выявить различные дефекты как в конструкции самой антенны, так и в излучающих элементах и системах монтажа. Современные конструкции БЭК имеют размеры не более 200 м в длину и ширину. Чем больше габариты БЭК, тем дороже её эксплуатация и стоимость изготовления,

поэтому стандартный размер БЭК – 20 x 15 м. Это создает сложности с проведением исследований диаграммы направленности антенны в дальней зоне.

Для решения этой задачи нами предлагается следующий метод имитации проверки диаграммы направленности АФАР в дальней зоне. Тестирование проводится в безэховой камере с использованием широконаправленной рупорной антенны, расположенной на расстоянии 0,2 м от излучающей антенны.

При работе на таком расстоянии передающие тракты очень сложно защитить от наводок, вызванных большой излучаемой мощностью АФАР. Большая мощность необходима, чтобы оценить уровень боковых лепестков и ширину диаграммы направленности, Искажения, возникающие при передаче сигнала приемной антенны из БЭК к оборудованию обработки измерений, не позволяют правильно оценить работоспособность АФАР.

Поэтому нами была разработана волоконно-оптическая система передачи (ВОСП), позволяющая передавать сигнал из БЭК к измерительной аппаратуре через зону сложной электромагнитной обстановки (в БЭК только один вход для всех коммутационных систем и питающих напряжений, в том числе высоковольтных). Оптическое волокно нечувствительно к помехам различного рода [2].

На рисунке 1 представлена структурная схема стенда с ВОСП для тестирования АФАР в БЭК.

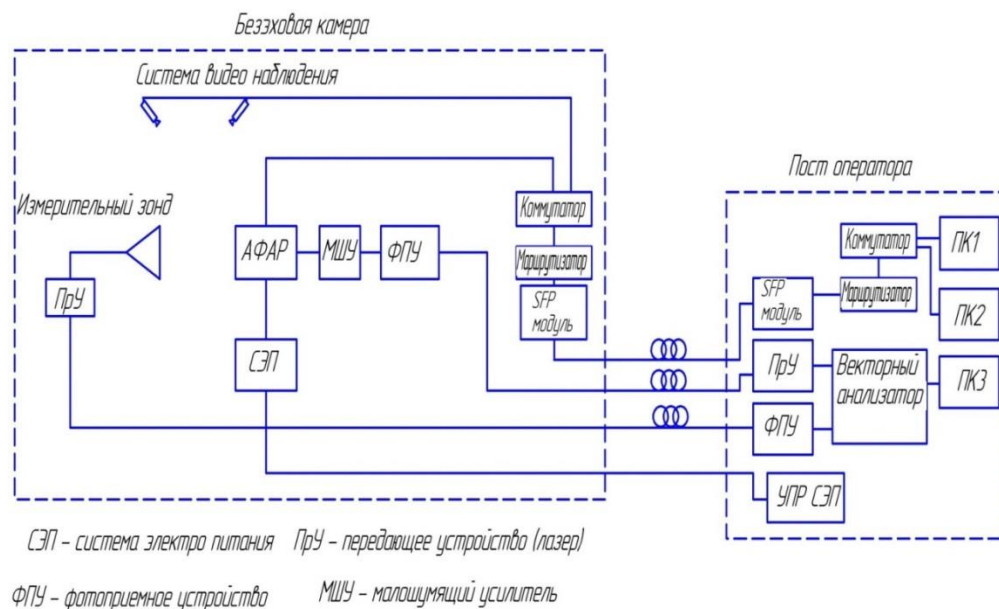


Рисунок 1: Структурная схема стенда с ВОСП для тестирования АФАР в БЭК

Для реализации, разработанной нами ВОСП был выбран высокочастотный лазерный модуль 1 (ДМПО131-23 фирмы Дилаз) - передатчик с прямой модуляцией. В качестве приемника выбран приемный оптический модуль 2 (ДФДМШ40-16 фирмы Дилаз). Выбор передатчика с прямой модуляцией обусловлен малой длиной оптической линии и устойчивостью его параметров к изменению температуры. Тестирование АФАР с использованием разработанной нами ВОСП должно проводиться при температурах окружающей среды от 233 до 323 К (реальные условия эксплуатации РЛС). Часть температурных режимов обеспечивается при тестировании АФАР в БЭК. Остальные температурные режимы проверяются при тестировании АФАР в условиях полигона при наличии возможностей.

При проведении исследований режимов работы АФАР в БЭК излучаемый СВЧ сигнал поступает на измерительный зонд. Оптический передающий лазерный модуль размещен за измерительным зондом, так чтобы прямое электромагнитное излучение диаграммы направленности антенны не попадало на его корпус. Принимаемый сигнал СВЧ с измерительного зонда поступают по ВОСП на векторный анализатор цепей с последующей обработкой на персональном компьютере.

3. Заключение

Полученные результаты показали, что результирующая диаграмма направленности, снятая на расстоянии метра с использованием широконаправленной рупорной антенны, аналогична диаграмме направленности, измеренной на большом расстоянии (в дальней зоне) от АФАР на полигоне. Использование разработанной ВОСП предотвращает появление искажений при передаче сигнала из безэховой камеры к аппаратуре для последующей обработки, что позволяет выявлять дефекты, которые невозможно установить при использовании фидерных трактов для передачи СВЧ сигнала.

4. Литература

- [1] Волобоев, В.П. Радиолокационная станция воздушного (морского) базирования, работающая в динамически сложных внешних условиях / В.П. Волобоев, В.П. Клименко, В.Д. Лосев // Математическое машиностроение и системы. – 2005. – Т. 4. – С. 131-142.
- [2] Moroz, A.V. A New Scheme for Transmitting Heterodyne Signals Based on a Fiber-Optical Transmission System for Receiving Antenna Devices of Radar Stations and Communication Systems / A.V. Moroz, R.V. Davydov, V.V. Davydov // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). – 2019. – Vol. 11660 LNCS. – P. 710-718.