

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.317.7.023:621.3.088:53.088

Симоненко
Виктор Андреевич

Методика проведения измерений амплитудного распределения
фазированных антенных решеток

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-45 80 01 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Научный руководитель
Ревин Валерий Тихнович
Кандидат технических наук, доцент

Минск 2015

ВВЕДЕНИЕ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В настоящее время интенсивно развиваются методы измерений и контроля характеристик антенн в ближней зоне, основанные на измерении амплитуды и фазы ближнего поля антенн и последующем пересчете результатов измерений в дальнюю зону или непосредственно в раскрыв антенны. Трудоемкость проведения измерений распределения поля в дальней зоне на СВЧ стимулирует интерес к исследованию методов, которые основаны на измерении амплитуд и фаз ближнего поля антенн. Особенностью современного этапа развития техники измерений является автоматизация процессов выделения, сбора, обработки и регистрации измерительной информации. При этом под термином «автоматизация» понимается совокупность методических, технических и программных средств, обеспечивающих проведение процесса измерения без непосредственного участия человека. Автоматизация процесса измерения позволяет повысить производительность и обеспечить высокую достоверность полученных результатов.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Излучающие системы, используемые в радиосвязи, радиолокации, радионавигации, как правило, работают в дальней зоне. Однако измерение их параметров в дальней зоне требует во многих случаях весьма больших и специально оборудованных дорогостоящих комплексов. Поэтому существует как теоретический, так и практический интерес к методам измерений параметров антенн в ближней зоне.

В диссертации излагаются основные положения в области разработки методов измерений электрических характеристик антенных устройств, методов автоматизации антенных измерений, основы метрологического обеспечения в сверхвысокочастотном диапазоне.

В диссертационной работе ставятся и решаются задачи:

- анализа методов измерения амплитудного распределения фазированной антенной решетки;
- разработки измерительного стенда для определения амплитудно-фазового распределения антенной решетки;
- автоматизации процесса измерения амплитудного распределения фазированной антенной решетки путем проектирования компьютерно-

измерительной системы и написания программного обеспечения, осуществляющего контроль и измерение параметров;

– разработки методики проведения измерений, проведения обработки экспериментальных исследований при опробовании методики выполнения измерений.

БАЗОВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, даётся краткая характеристика её разработанности, определяются объект и предмет исследования, цель и задачи, указана теоретико-методологическая основа, отмечены элементы научной новизны, формулируются основные положения диссертации, выносимые на защиту.

Первая глава «Обзор методов измерения ближнего поля фазированных антенных решеток» носит теоретический характер и состоит из пяти подразделов.

В подразделе 1.1 «Фазированные антенные решетки» даются основные положения, связанные с разработкой и эксплуатацией фазированных антенных решеток и активных фазированных антенных решеток. Рассмотрены компоненты активных фазированных антенных решеток, среди которых:

– излучающая система, характеризующая типом излучателей и согласующих устройств, их числом и схемой размещения;

– активные модули, характеризующиеся типом активных приборов и режимом их работы, способом синхронизации, выполняемыми функциями и электрическими параметрами (рабочей частотой, КПД, выходной мощностью, стабильностью характеристик и др.);

– распределительная система, характеризующая типом линии передачи, схемой построения, амплитудным распределением сигналов на ее выходе, КПД и рядом других параметров.

Указаны следующие основные преимущества и возможности:

– значительно более высокое быстродействие из-за возможности применения маломощных полупроводниковых фазовращателей и наличие дополнительной степени свободы для управления уровнем амплитуды на выходе активного модуля;

– более высокий уровень излучаемой мощности, обеспечиваемый суммированием в пространстве сигналов активных модулей различных каналов;

– повышенная эксплуатационная надежность из-за избыточности активных элементов в решетке.

Показаны обобщенная структурная схема и типовая функциональная схема приемно-передающей активной фазированной антенной решетки.

В подразделе 1.2 «Ближняя, промежуточная и дальняя зоны» рассматривается положение зон распространения волн антенны и их особенности. Указаны свойства поля в ближней зоне, соотношение амплитуд активного и реактивного полей, а также связь векторов электрической и магнитной составляющей поля.

В подразделе 1.3 «Методы измерения распределения в ближней зоне антенны» рассматриваются задачи диагностики и контроля фазированных антенных решеток, т.е. задачи определения состояния ее реального амплитудно-фазового распределения и неисправностей в решетке, которые являются одной из наиболее важных как в процессе разработки и отладки, так и при эксплуатации фазированных антенных решеток.

Указаны высокочастотные методы диагностики и определения параметров фазированных антенных решеток и способы их классификации. Приведены следующие высокочастотные методы:

1. По месту реализации метода:
 - стендовые методы;
 - штатные методы.
2. По наличию фазовых измерений:
 - бесфазовые;
 - фазовые.
3. По месту реализации:
 - методы «встроенного контроля»;
 - внешние методы;

В подразделе 1.4 «Голографический метод» даны общие схемы реализации измерения амплитудного распределения этим методом. Приведены разновидности и преимущество реализаций. Выделены достоинства возможности автоматизации данного метода.

В подразделе 1.5 «Методические погрешности определения параметров антенн голографическим методом» рассмотрены основные источники погрешности при измерении данным методом, выделены способы уменьшения погрешностей и приведены формулы их оценки.

Вторая глава «Обзор структурной схемы измерительного стенда» дается полное описание разработанного измерительного стенда в совокупности с

разработанным программным обеспечением компьютерно-измерительной системы. Компьютерно-измерительная система – комплект электронных приборов, коммуникаций, электронных вычислительных средств и программ для получения и обработки результатов измерений. Т.о. решаются вопросы автоматизации процесса измерений. Структурная схема разработанной измерительной установки представлена на рисунке 1.

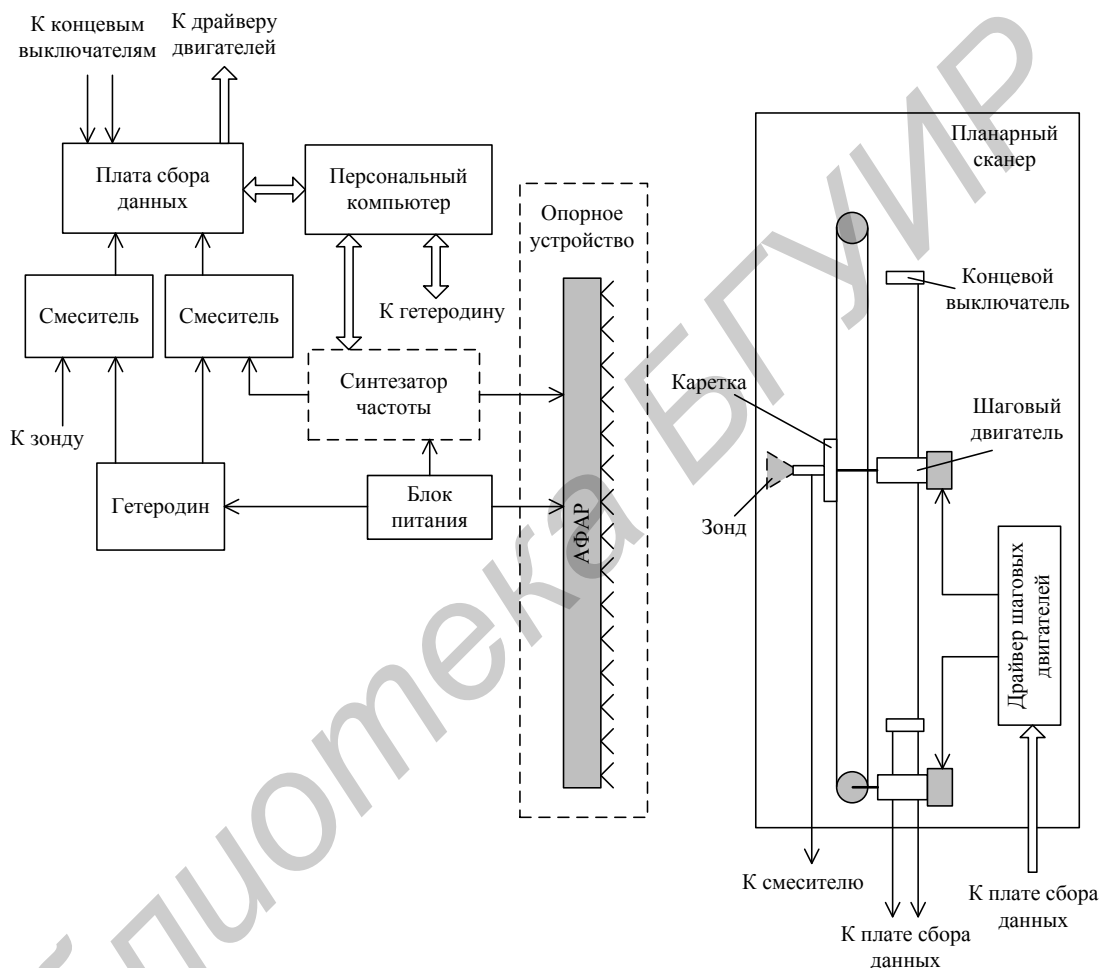


Рисунок 1 – Структурная схема измерительной установки

Основой измерительной установки является персональный компьютер, оснащенный платой сбора данных *National Instruments PCI-6115*. С помощью программного обеспечения на персональном компьютере происходит управление синтезатором частот, гетеродином, передача сигналов управления шаговыми двигателями и контроль конечных выключателей, а так же сбор измерительной информации, поступающей от смесителей.

Аналого-цифровой преобразователь преобразует аналоговый сигнал в цифровую форму путем преобразования аналогового напряжения в цифровой код. При этом сигнал претерпевает квантование по уровню и дискретизацию по

времени, что приводит к потере части информации. Количество уровней представления сигнала определяет разрядность аналого-цифрового преобразователя. Интервал времени, между которым происходит аналого-цифровое преобразование, соответствует частоте дискретизации.

Планарный сканнер (координатный стол) представляет собой мехатронную производственную установку, оснащённую приводами, информационно-измерительными устройствами и компьютерной системой управления. Он предназначен для точного перемещения рабочего органа (зонда) относительно некоторого объекта (антенны) в процессе выполнения той или иной технологической операции. Планарный сканнер представляет собой двухкоординатную систему управления шаговыми двигателями, которая обеспечивает управление по двум независимым каналам X и Y (используется два шаговых двигателя с ременной передачей).

Также приводится описание разработанной компьютерно-измерительной системы, которая является комплексным виртуальным прибором, созданным с помощью среды графического программирования *LabVIEW*. Лицевая панель разработанного программного обеспечения представлена на рисунке 2.

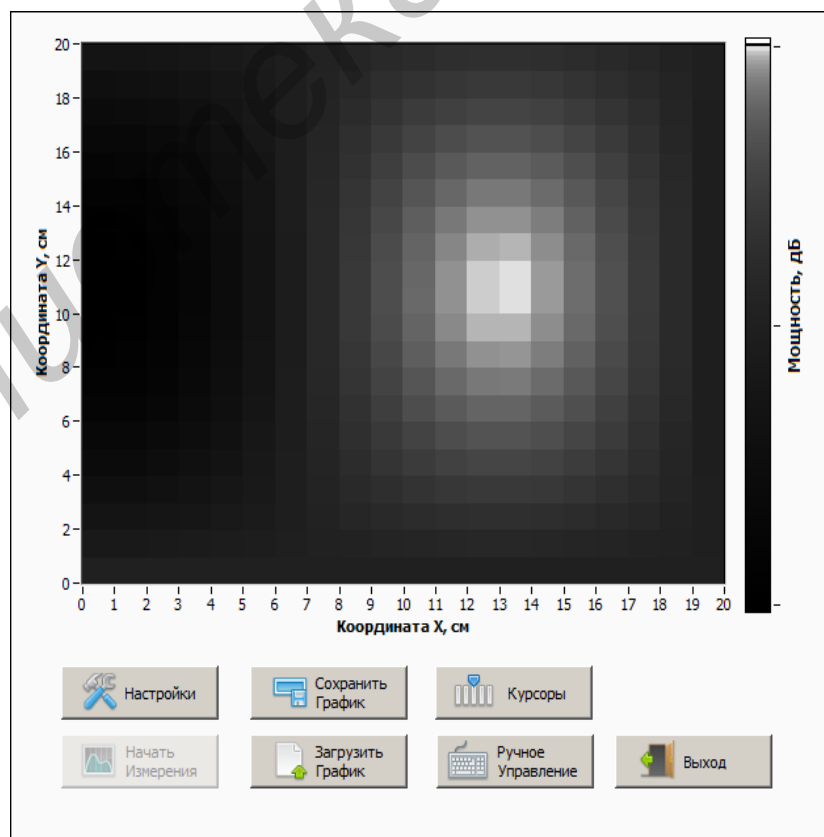


Рисунок 2 – Лицевая панель компьютерно-измерительной системы

В третьей главе «Метрологическое обеспечение измерительного стенда» представлена разработанная методика выполнения измерений амплитудного распределения поля для разработанной измерительной установки. Приведена модель измерения и выделены источники погрешности установки. Составлен бюджет неопределенности и представлен полный результат измерений.

В четвертой главе «Проведение экспериментальных исследований» представлены результаты опробования методики проведения измерений. Получен экспериментальный график амплитудного распределения поля фазированной антенной решетки и показано сравнение с теоретически рассчитанным амплитудным распределением этой решетки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной работы была разработана компьютерно-измерительная система управления измерительным стендом и методика проведения измерений амплитудного распределения.

Основные результаты, полученные при выполнении магистерской работы можно сформулировать следующим образом:

- проведен обзор методов измерения амплитудного распределения, рассмотрены их достоинства и недостатки, сделан вывод о возможности применения рассмотренных методов при проектировании устройства;
- создано программное обеспечение для управления измерительным стендом. Благодаря используемому ПО обеспечивается полная автоматизация измерений и максимально упрощен процесс проведения измерений;
- разработана методика проведения измерений, проведена обработка экспериментальных исследований при опробовании методики выполнения измерений.

Предполагается, что низкая цена по сравнению с аналогами и простота в использовании при высоких технических и соответствующих метрологических параметрах, а так же возможность гибкого расширения функционала измерительного стенда позволит разработанному средству измерений найти широкое применение.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Симоненко, В.А. Компьютерно-измерительная система для анализа АЧХ и ФЧХ четырехполосников / Ю.С. Алькевич, В.Т. Ревин, В.А. Симоненко // Международная научно-техническая конференция, приуроченная к 50-летию МРТИ-БГУИР: материалы конф. В 2 ч. Ч. 1/ редкол. : А. А. Кураев [и др.]. – Минск : БГУИР, 2014. – С. 148–149.

2. Симоненко, В.А. Двухкоординатная позиционирующая система для проведения измерений распределения поля в ближней зоне антенной решетки / Ю.С. Алькевич, В.А. Симоненко // 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР: материалы конференции. – Минск : БГУИР, 2015 г. – С. 151 – 153.