Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет телекоммуникаций

Кафедра защиты информации

ОТЧЁТ

о прохождении преддипломной практики в

**Центре 1.6 НИЧ БГУИР**

Студент Гавриченко А.А

Руководитель Ревин В.Т.

Минск 2017

СОДЕРЖАНИЕ

1. Анализ и обоснование технических требований задания на дипломное проектирование. Обоснование актуальности ДП.
2. Обзор отечественной и зарубежной научно-технической литературы, авторских статей.
3. Обобщение результатов информационного и патентного поиска. Обзор возможных методов решения задачи, поставленной в ДП.

1. **Анализ и обоснование технических требований задания на дипломное проектирование. Обоснование актуальности ДП.**

Внешняя задача теории антенн: измерения в дальнем и ближнем поле Аналогично различию между волновым и геометрическим описаниями электромагнитных волн в оптическом диапазоне спектра в антенных измерениях пространство вне источника излучения принято делить на ближнюю (Френеля) и дальнюю (Фраунгофера) зоны. В дальней зоне вектор Пойтинга направлен радиально, угловое распределение поля независимо от расстояния характеризуется диаграммами направленности (ДН). По ряду причин антенные измерения традиционными методами в дальнем поле в последнее время вытесняются из мировой практики реконструктивными измерениями, базирующимися на возможности вычисления поля в дальней зоне по полю, измеренному в ближней зоне (NF2FF Transformation). Измерения в ближней зоне обычно выполняются методами плоского, цилиндрического или сферического сканирования, что обусловлено как простотой реализации соответствующих кинематических схем сканирования, так и разработанностью методов восстановления поля в дальней зоне по измерениям геометрии поля в ближней зоне на этих поверхностях. При измерениях на плоскости составляющие поля антенны в дальней зоне Eα и Eβ (α – азимутальный угол, β – угол места) при этом представимы в виде линейной комбинации преобразований Фурье от амплитуд и фаз компонент Ex, Ey тангенциальной составляющей вектора E на этой плоскости, что требует высокостабильного опорного сигнала и фазостабильных СВЧ либо оптических трактов передачи сигналов. В Беларуси идея ближнепольных измерений не получила должного развития, в то время как международные стандарты в этой области постоянно обновляются (например, IEEE 1720:2012 «IEEE Recommended Practice for Near-Field Antenna Measurements»).

Поскольку тактико-технические характеристики радиоэлектронных средств воздушно-космической обороны в значительной мере определяются характеристиками их антенных систем, для Концерна вопросы технической реализации и метрологической корректности организации измерения характеристик антенн в ближней зоне являются актуальными. При измерениях в ближней зоне появляется ряд технических преимуществ: измерение ДН реализуется не только в главных сечениях; повышается метрологическая достоверность измерений; возрастают возможности для настройки активных фазированных решёток и дефектоскопии их приёмо-передающих модулей за счёт возможности характеризации локальных особенностей в структуре излучаемого электромагнитного поля, причины которых невозможно определить по интегральным результатам измерений в дальней зоне. Потенциально представляются более значимыми фундаментальные преимущества: хотя измерения в дальней зоне позволяют решать большинство представляющих практический интерес задач, некоторую информацию получить из измерений в дальней зоне нельзя принципиально – поскольку в дальней зоне поле не имеет радиальных компонент, часть информации об источнике излучения оказывается утра- ченной, что в ближайшие десятилетия может стать критически важным для работ с перспективными изделиями.

Автоматизированный измерительно-вычислительный комплекс (АИВК) необходим для настройки и испытаний на соответствие требованиям технических условий различных антенных систем: радиолокаторов обнаружения, многофункциональных РЛС сопровождения и наведения, реализованных на основе как пассивных, так и активных антенных решёток. В мире существует ограниченное количество компаний, способных решить столь сложную задачу: Nearfield Systems, Inc. (США), Microwave Instruments Technlogies (США), группа компаний Microwave Vision Group (MVG), в состав которой входят, в частности, ORBIT/FR (США/Израиль), SATIMO (Франция) и др. В бывшем СССР эти технологии, как неотъемлемая часть антенной тематики, также развивались. Однако к настоящему моменту в России существует только одна компания, специализирующаяся на тематике ближнепольных антенных измерений и являющаяся монополистом на рынке АИВК на современном техническом уровне – ООО «НПП «ТРИМ СШП Измерительные системы» (г. Санкт-Петербург).

**2. Обзор отечественной и зарубежной научно-технической литературы, авторских статей.**

Ю.Н.Калинин, П.В.Миляев. Современные методы и средства измерения радиотехнических характеристик антенн.

В докладе рассматриваются методы и средства измерения радиотехнических характеристик антенн в дальнем и ближнем поле (плоское, цилиндрическое и сферическое сканирование). Отмечены особенности и области применения различных методов. Приводятся структурные схемы измерительных комплексов и основные алгоритмы обработки сигналов. Все рассмотренные методы измерений реализованы в антенных измерительных комплексах производства НПП "ТРИМ", функционирующих на многочисленных отечественных и зарубежных предприятиях.

Пантенков Д.Г., Гусаков Н.В. Компьютерное моделирование активной фазированной антенной решетки, 2013

Рассматривается актуальность проектирования активных фазированных антенных решеток для гарантированного решения целевой задачи обеспечения подвижной спутниковой связи, приводится математическое, численное и электродинамическое моделирование активных фазированных антенных решеток.

Из англоязычных источников можно выделить следующие:

* Spatial Sampling and Filtering in Near-Field Measurements
* Smart characterization of an AESA radar front-end by non-redundant near-field measurements
* Near-field probe used as a diagnostic tool to locate defective elements in an array antenna
* IEEE recommended practice for near-field antenna measurements
* Gain and power parameter measurements using planar near-field techniques
* Determination of far-field antenna patterns from near-field measurements
* Correction of near-field antenna measurements made with an arbitrary but known measuring antenna
* Basic theory of probe-compensated near-field measurements
* Automated near-field measurements to obtain far-field patterns of aperture antennas and phased arrays
* Dominique Picard. Antenna Measurement
* An Overview of Near-Field Antenna Measurements
* Clive Parini, Stuart Gregson. Theory and practice of modern antenna range measurements

**3. Обобщение результатов информационного и патентного поиска. Обзор возможных методов решения задачи, поставленной в ДП.**

По результатам поиска было найдено достаточно много отечественных и зарубежных источников информации по заданной теме. В найденых источниках описаны как принцип работы ИВК, так и примеры готовых, с указанием их преимуществ и недостатков.

Исходя из комплексного анализа особенностей антенных систем, на начальном этапе разработки АИВК выбирается метод измерения, подходящий для измерения данной антенны (или набора антенн) в заданных условиях, определяется состав и структура измерительного комплекса.

По типу используемого зондирующего сигнала все АИВК подразделяются на комплексы для измерения в частотной области и комплексы для измерения во временной области. Измерения в частотной области – это измерения с помощью обычных монохроматических сигналов. Основу измерительного комплекса в данном случае составляет векторный анализатор цепей. Измерения во временной области – это измерения с помощью импульсных сигналов малой длительности (порядка десятков-единиц пикосекунд), имеющих абсолютную ширину спектра частот Δf порядка десятков гигагерц и относительную широкополосность Δf/f0→2 (f0 – средняя частота). Основу радиотехнической аппаратуры АИВК в этом случае составляют генератор сверхкоротких импульсов и стробоскопический приемник.

Основным преимуществом измерений во временной области является возможность временной селекции мешающих отражений. В некоторых случаях это позволяет отказаться от использования дорогостоящих безэховых камер и радиопоглощающих покрытий и устанавливать комплекс в обычных помещениях, поскольку отражения от стен, пола и потолка разделяются по времени с полезным сигналом. По характеру используемой для измерения области излучения антенны все методы измерения подразделяются на методы дальней, квазидальней и ближней зоны. Проанализировав задание ДР рассмотрим только измерения в ближней зоне.

Измерения в ближней зоне выполняются на расстоянии порядка 3…5λ от излучающей поверхности антенны. При этом небольшая слабонаправленная антенна-зонд перемещается вблизи исследуемой антенны по заданной поверхности сканирования. В зависимости от структуры ближнего поля и, соответственно, характера диаграммы направленности используются комплексы планарного (плоского), цилиндрического и сферического сканирования.

Комплексы планарного сканирования используются для измерения характеристик направленных антенн с коэффициентом усиления (КУ) порядка 15 дБ и выше (рупорные, зеркальные антенны, фазированные антенные решетки). Для этих типов антенн можно считать, что практически все излучаемое ими поле сосредоточено на некоторой плоскости вблизи раскрыва антенны.

При измерениях в плоском сканере исследуемая антенна устанавливается стационарно, а небольшая вспомогательная слабонаправленная антенна-зонд механически перемещается вдоль плоской поверхности вблизи раскрыва по координатам X и Y, производя измерения поля в узлах заданной равномерной прямоугольной сетки с шагом Δx=Δy≤λ/2. По измеренному амплитудно- фазовому распределению рассчитывается диаграмма направленности и другие характеристики антенны.

Комплексы цилиндрического сканирования используются для измерения антенн с диаграммами направленности веерного типа – широкими в одной плоскости и узкими в другой.

Комплексы сферического сканирования применяются преимущественно для измерения характеристик слабонаправленных антенн (спиральные, логопериодические, открытые концы волноводов, облучатели зеркальных антенн и т.п.). Однако данный метод измерения является универсальным и может использоваться для измерения всех типов антенн.