

Измерение характеристик фазированной антенной решетки с использованием автоматизированного измерительно-вычислительного комплекса

Е.С. Степанов, В.В. Перфильев, К.И. Конов

ПАО «НПО «Алмаз» ГОП «ЛЭМЗ»

Аннотация: проведены измерения амплитудно-фазового распределения поля фазированной антенной решетки в ближней зоне на планарном сканере. Приведен расчет характеристик антенного устройства: диаграммы направленности, коэффициента направленного действия и коэффициента усиления.

Ключевые слова: диаграмма направленности, фазированная антенная решетка, автоматизированный измерительно-вычислительный комплекс, ближняя зона

1. Введение

В настоящее время количество различных специализированных стендов для измерения характеристик антенн возросло [1,2]. Для измерения диаграмм направленности (ДН) чаще всего используются автоматизированные измерительно-вычислительные комплексы (АИВК). Эти комплексы позволяют измерять амплитудно-фазовые распределения антенн в ближней зоне с дальнейшим пересчетом в ДН. В ближней зоне чаще всего встречаются три типа АИВК: с планарным сканированием, цилиндрическим и сферическим. Использование АИВК для измерения антенн имеет свои преимущества и недостатки. К преимуществам относятся возможность сократить объемы безэховой камеры и исключение необходимости измерений на открытом полигоне. К недостаткам можно отнести высокую стоимость оборудования и длительное измерение по сравнению с измерением в дальней зоне.

Так же часто ставятся задачи, когда требуется провести много измерений. Например, в фазированных антенных решетках (ФАР) [3 – 5], где необходимо получить результаты на нескольких частотах и с большим количеством отклоненных лучей. С использованием АИВК, можно минимизировать количество измерений и временные затраты, особенно если есть возможность измерений сразу нескольких лучей.

Проведены измерения амплитудно-фазового распределения ФАР с использованием планарного АИВК. С помощью программного обеспечения АИВК произведен пересчет АФР в характеристики антенны: диаграммы направленности, коэффициент направленного действия и коэффициент усиления.

2. Принцип работы АИВК

Принцип работы АИВК при измерении характеристик антенн в ближней зоне заключается в получении значений амплитудного и фазового распределений поля в заданной области сканирования [2,6]. Затем полученный массив данных амплитудно-фазового распределения (АФР) обрабатывается, с целью получения требуемых характеристик антенн, в том числе ДН. На рисунке 1 представлена структурная схема АИВК для измерения АФР антенн в ближней зоне.

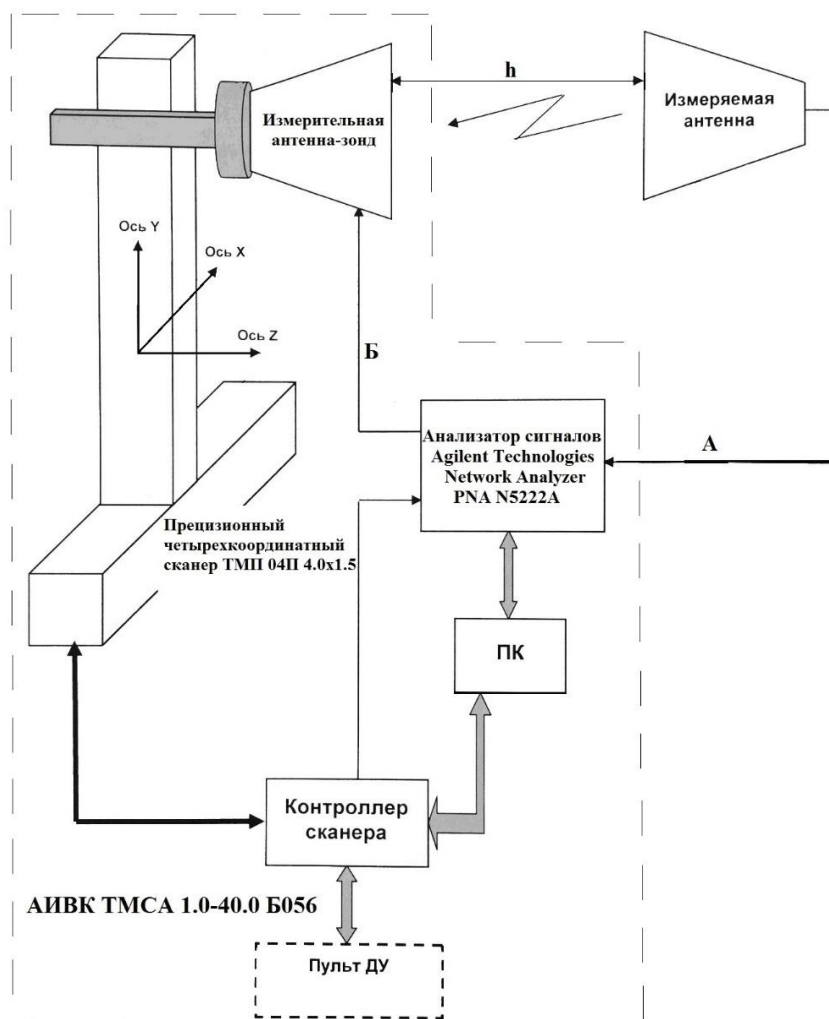


Рисунок 1. Структурная схема АИВК для измерения АФР антенн в ближней зоне. Где h – расстояние между измерительной антенной-зондом и измеряемой антенной

Для проведения измерений на АИВК требуется задать начальные параметры, такие как шаг сканирования, зона сканирования и расстояние между измеряемой антенной и антенной зондом [6]. Так же задаются измеряемые частоты.

После подготовки АИВК к работе запускается измерение. Во время прохождения измерения, в каждой точке области сканирования собираются данные амплитуды и фазы излучаемого электромагнитного поля. Затем данные АФР в цифровом виде поступают в память персонального компьютера для дальнейшей обработки.

3. Измерение характеристик ФАР в ближней зоне

Измерение ФАР проводилось на двух частотных точках и трех лучах. Измерение проводилось в безэховой камере размером 14м x 5,5м x 3м на АИВК с рабочей зоной 4м x 1,5м [6]. Измеряемая ФАР формирует остронаправленную ДН в азимутальной плоскости, максимумы которой должны устанавливаться в любое угловое положение в секторе от -45° до $+45^\circ$. Рассматриваются три луча: центральный луч №1, отклоненный луч №2, и отклоненный луч №3.

Полученный в ходе измерения массив данных АФР обрабатывается для получения ДН, а также графиков АФР.

На рисунке 2 представлены сечения, нормированные к максимуму, диаграмм направленности трех лучей на частоте F_1 в азимутальной плоскости, а также сечение ДН луча №1 в угломестной плоскости.

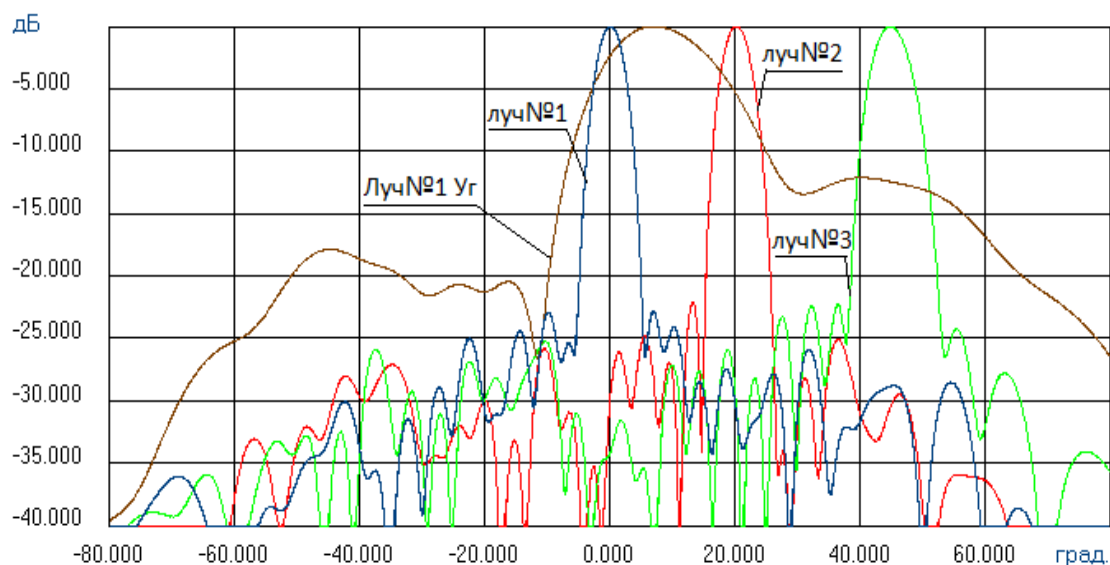


Рисунок 2. Сечения диаграмм направленности лучей ФАР на частоте F1. Где луч №1, луч №2 и луч №3 – сечения в азимутальной плоскости, а луч №1 Уг – сечение в угломестной плоскости.

На рисунке 3 представлены сечения, нормированные к максимуму, диаграмм направленности трех лучей на частоте F2 в азимутальной плоскости, а также сечение ДН луча №1 в угломестной плоскости.

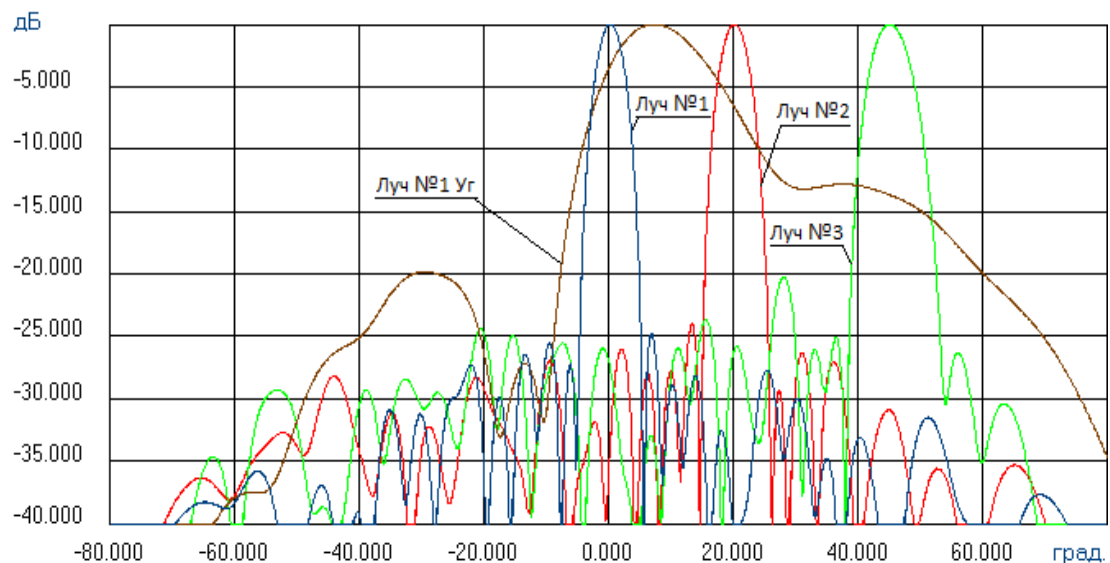


Рисунок 3. Диаграммы направленности лучей ФАР на частоте F2. Где луч №1, луч №2 и луч №3 в азимутальной плоскости, а луч №1 Уг в угломестной плоскости.

Как видно из рисунка 2 и рисунка 3, уровень боковых лепестков ДН в азимутальной плоскости не превышает -20 дБ. ДН в угломестной плоскости имеет косекансную форму.

Так же были получены значения коэффициента направленного действия (КНД) антенного устройства. Значения КНД приведены в таблице 1.

Таблица 1. Значение КНД

Частота	Луч		
	Луч №1	Луч №2	Луч №3
F1	27,0	26,7	25,4
F2	27,3	26,7	25,3

Как видно из таблицы 1, значение КНД уменьшается пропорционально отклонению луча от нормали.

Коэффициент усиления (КУ) был получен методом сравнения с эталонной антенной П6-23М. В таблице 2 приведены значения КУ на частотах F1 и F2 для луча №1.

Таблица 2. Значение КУ

Частота	Луч	
	Луч №1	
F1	22,8	
F2	22,9	

Значение КУ не меняется на разных частотах.

При проведении измерений отклоненных лучей возникли проблемы с интерференцией радиоволн, что сказывалось на форме ДН. При таком явлении сильно возрастал уровень боковых лепестков на определенных углах в азимутальной плоскости. Это было связано с малыми габаритами безэховой камеры и наличием металлических предметов. Металлические предметы были закрыты радиопоглощающим материалом для уменьшения их влияния на результаты измерения.

Для сравнения так же были проведены измерения в безэховой камере с размером 20м x 18м x 16м с рабочей зоной планарного сканера 8,5м x 9,4 м. При выборе большей зоны сканирования были получены более точные результаты КНД и КУ. При этом графики ДН совпадали с незначительными погрешностями.

4. Заключение

Измеряемое на АИВК антенное устройство являлось опытным образцом. В ходе измерения на АИВК АФР поля и его пересчета, были получены ДН антенного устройства, КНД и КУ. Данные результаты удовлетворяют требованиям к антенному устройству. Был обнаружен эффект интерференции радиоволн при отклоненных лучах, который устранился применением радиопоглощающего материала. Были проведены сравнения характеристик антенного устройства с результатами, полученными на планарном сканере большего размера.

Список литературы

1. Страхов А.Ф. Автоматизированные антенные измерения. — М.: радио и Связь, 1985 — С. 136
2. Захарьев Л.Н., Леманский А.А. Турчин В.И. Цейтлин Н.М. Щеглов К.С. Методы измерения характеристик антенн СВЧ — М.: Радио и Связь, 1985 — С.368
3. Перфильев В.В., Климов К.Н. Сравнение расчетных и экспериментальных характеристик синфазного балансного делителя антенной насадки АФАР // Антенны — 2010 — № 1 (152) — С. 60-64.
4. Степанов Е.С., Гежа Д.С., Климов К.Н. Электродинамическое моделирование уплотненной модификации приемных зондов СВЧ-распределительной системы оптического типа многолучевой АФАР // Антенны — 2015 — № 9 (220) — С. 53-60.
5. Гежа Д.С., Степанов Е.С., Климов К.Н. Электродинамическое моделирование свч-распределительной системы оптического типа многолучевой АФАР // Антенны. — 2018 — № 8 (252). — С. 53-59.

6. Степанов Е.С., Конов К.И., Климов К.Н. Измерение диаграмм направленности линейного элемента ФАР с помощью измерительно-вычислительного комплекса // Антенны — 2015 — №8(219) — С. 80-86.