

## Измерительный стенд отражательной ФАР миллиметрового диапазона

*Доклад подготовлен по результатам создания компьютеризированного стенда технологических измерений отражательных фазовращателей ферритового типа на эффекте Фарадея. Замеры начальной фазы и фазо-временной характеристики проводятся непосредственно в апертуре антенной решетки с гексагональным расположением излучателей. Основу стенда составляет ортоплексер - разделитель круговых поляризаций и векторный анализатор цепей Rohde&Shwarz.*

**Ключевые слова:** измерение ферритовых фазовращателей, отражательный фазовращатель, разделитель поляризаций, ФАР, миллиметровый диапазон.

Отражательная ФАР очень популярное решение в миллиметровом диапазоне волн, в особенности для антенн, содержащих несколько тысяч излучателей-фазовращателей [1]. Схема построения отражательной фазированной антенны [2] приведена на рис.1. Задача, которая стояла перед авторами - создать измерительный стенд, позволяющий измерение начальной фазы и фазовременной характеристики ферритовых элементов ФАР в составе собранных модулей и запись этих данных в блок памяти ФАР. В последующем эти данные используются для вычислений фазовых состояний луча при сканировании.

Возможны несколько вариантов построения измерительного стенда: по дальней зоне, по ближней зоне и замер характеристик изолированного излучателя. Наиболее точные данные по фазовым характеристикам получаются при измерении в дальней зоне, так как в этом случае поле от каждого излучателя включает в себя взаимное влияние всех окружающих излучателей. Однако при этом требуется высокая чувствительность измерительной аппаратуры содержащей двукратное преобразование частоты, что для миллиметровых волн выливается в очень высокую цену установки. Исходя из ценовых соображений, а также принимая во внимание то, что взаимное влияние используемых в данной антенне диэлектрических излучателей менее 30 дБ, была выбрана схема измерений в ближней зоне.

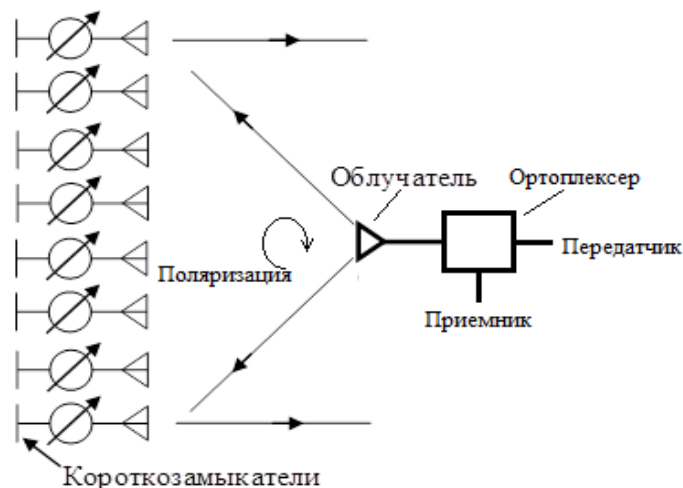


Рис.1 Схема построения отражательной фазированной антенны. Круговая поляризация падающей волны формируется ортоплексером. Ферритовые фазовращатели на эффекте Фарадея.

1. Установка выполняет следующие функции:

1.1 Размещение антенного модуля на рабочем столе установки с погрешностью не более 0,1 мм по каждой из горизонтальных осей.

1.2 Ручную и автоматическую установку любого отражательного элемента ФАР в заданную позицию.

1.3 Управление фазовым сдвигом отражательных элементов ФАР от ПК по интерфейсу RS422. Диапазон и погрешность регулирования фазового сдвига отражательных элементов определяется схемой управления ФАР.

1.4 Измерение разности фаз между передаваемым и отраженным сигналами в частотных точках, задаваемых оператором ПК, в диапазоне миллиметровых волн.

В состав установки входят:

- стол оптический Biomed R1007,
- стол двухкоординатный с электроприводом,
- программируемый шаговый привод оси Z,
- анализатор цепей векторный ZNB40,
- волноводный тракт,
- блок управления SMSD-1.5 и SMSD-4.2 ,
- источники питания,
- персональный компьютер,
- модуль преобразования данных i -7561v.

## **Устройство и работа**

### **1.1 Стол оптический**

Оптический стол с вибрационной изоляцией Biomed R1007 является рабочей платформой для чувствительных к вибрациям устройств.

### **1.2 Стол двухкоординатный с электроприводом**

Стол двухкоординатный собран на базе двух однокоординатных столов SKD–200 и SKD–300 и обеспечивает линейное перемещение по двум взаимно перпендикулярным осям в пределах 200 и 300 мм соответственно.

Стол изготовлен из высокопрочного алюминиевого основания с закрепленными на нём круглыми линейными направляющими, шариковинтовой передачей и подвижного суппорта. Механика столика защищена прочным металлическим кожухом. В столе применены двигатели FL57STH56 (NEMA 23). Управление столом осуществляется при помощи блоков управления SMSD-4.2 (по каждой оси отдельно).

### **1.3 Программируемый шаговый привод оси Z**

Шаговый привод оси Z выполнен на основе линейного шагового двигателя 25BYZ-A02 с резьбой на валу. Управление приводом осуществляется при помощи блока управления SMSD-1.5.

### **1.4 Блок управления SMSD-4.2**

Программируемый блок управления SMSD-4.2 предназначен для биполярного подключения и управления шаговыми двигателями с максимальным током каждой из фаз до 4,2А.

При работе в программируемом режиме блок выполняет последовательность команд, заданных от ПК - угол поворота, направление движения, начальную и максимальную скорость, ускорение.

Блок SMSD-4.2 может работать автономно, от компьютера (LPT-порт или USB-порт) или от внешнего задающего контроллера. Для управления от компьютера используется программа SMC Program, обеспечивающая передачу данных по RS-232.

### 1.5 Блок управления SMSD-1.5

Программируемый блок управления SMSD-1.5 предназначен для управления четырехфазными и двухфазными гибридными шаговыми двигателями с током фазы до 1,6А. Блок управления может работать в режиме целого шага или осуществлять дробление на 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 шага.

Блок может задавать направление, скорость, ускорение движения, а также работать по сложным алгоритмам (исполнительной программе), записываемым в энергонезависимую память.

Блок SMSD-1.5 может работать автономно, от компьютера (USB-порт) или от внешнего задающего контроллера. Блок может работать с программами SMC\_Program, StepMotor\_LPT и большинством CNC-программ. Блок имеет возможность получать сигналы от внешних устройств и датчиков, а также подавать сигналы внешним устройствам. Предусмотрена функция поиска нулевой точки.

### 1.6 Модуль преобразования данных I-7561v

Модуль I-7561 используется для преобразования последовательных данных формата RS-232/422/485 в USB. Скорость обмена данными до 115,2 Kb/s.

Модуль I-7561 использует питание от USB порта и не требует внешних источников питания.

### **Персональный компьютер (ПК)**

ПК совместно с программным обеспечением осуществляет:

- выработку и передачу по каналу USB управляющих сигналов для стола двухкоординатного;
- выработку и передачу по каналу USB управляющих сигналов для управления перемещением волноводного тракта ортоплексера по оси Z;
- управлением изделием ФАР;
- управлением анализатором цепей векторным ZNB40;
- приём и обработку измерительной информации, получаемой от ZNB40;
- представление обработанной информации на дисплее;
- расчет и запись результатов измерения в памяти ФАР.
- при необходимости распечатку полученной информации принтером.

Проверка правильности работы стенда измерения фазовращателей проводилась с помощью сравнения диаграммы направленности отражательной ФАР и эталонного параболического зеркала. Модуль ФАР по записанным таблицам начальных фаз, фазовременным характеристикам и оптическим соотношениям формировал амплитудно-фазовое распределение аналогичное эталонному параболоиду, то есть трансформировал сферический фронт облучателя в плоский фронт. Измеренные ДН ФАР и параболоида, показанные на рис.2, совпадают с достаточной точностью по ширине главного луча, боковым лепесткам и коэффициенту усиления.

Выводы. В результате проведенных работ удалось спроектировать и изготовить измерительный стенд со следующими возможностями:

- измерение начальных фазовых и фазовременных частотных характеристик входящих в ФАР отражательных элементов круговой поляризации анализатором цепей ZNB40 фирмы Rohde&Shwarz.
- управление фазовым сдвигом отражательных элементов ФАР.
- запись результатов измерения в память ФАР.

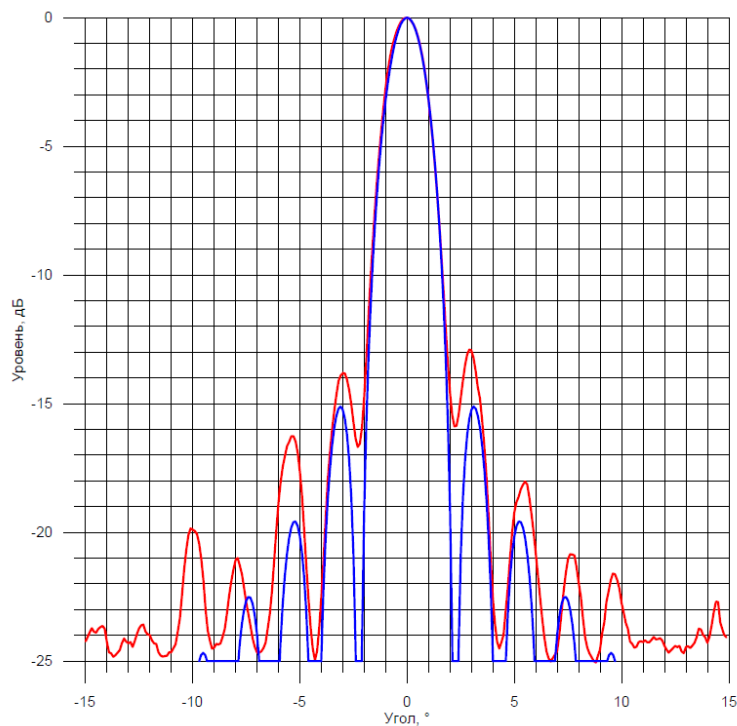


Рис.2 Диграмма направленности отражательной ФАР из 720 ферритовых элементов.  
Синяя кривая – теория, красная – измеренная ДН на стенде.

#### Библиографический список

1. Vendik, O.G. A phase shifter with one tunable component for a reflectarray antenna [Текст] (Фазовращатель с одиночным управляемым элементом для отражательных антенных решеток) / O.G. Vendik, M. Parnes // IEEE Antennas and Propagation Magazine. – 2008. – Vol. 50. – No. 4. – P. 53–65
2. Вендик, О.Г. Антенны с электрическим сканированием (Введение в теорию) [Текст]: монография / О.Г. Вендик, М.Д. Парнес. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2002. – 232 с