

В.Г. АВETИCЯН, М.В. МАРКОCЯН, А.А. ОГАНЕСЯН, С.Г. ЭЙРАМДЖЯН

## ТЕСТИРОВАНИЕ МОДУЛЕЙ АКТИВНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

## Сообщение 2. Эксперимент

Дается описание измерительного стенда, приводятся результаты экспериментального исследования пробного модуля активной фазированной антенной решетки (АФАР), состоящего из четырех элементарных приемо-передающих ячеек. Кратко описывается измерительная система, позволяющая автоматизацию измерений.

**Ключевые слова:** активная фазированная антенная решетка, приемо-передающая ячейка, измерительный стенд.

Методика тестирования приемо-передающего модуля АФАР приведена в [1]. Согласно этой методике был собран макет стенда, изображенный на рис.1. Измеряемый пробный модуль имеет четыре приемо-передающие ячейки.

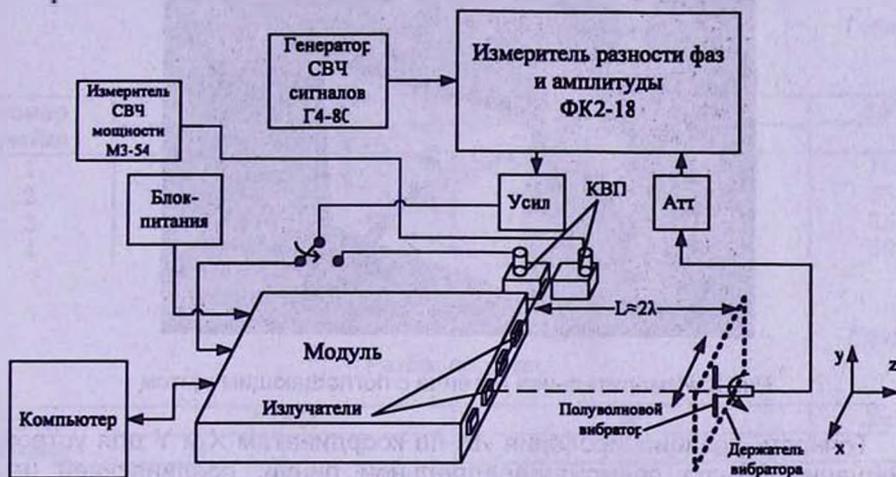


Рис. 1. Блок-схема стенда измерения модуля

Для измерительного стенда была изготовлена измерительная антенна (ИА) линейной поляризации в виде полуволнового вибратора (рис.2). Вибратор имеет согласующий стакан с четвертьволновой щелью [2] и четвертьволновой трансформатор сопротивления для согласования волнового сопротивления СВЧ кабеля (50 Ом) с волновым сопротивлением вибратора (75 Ом).

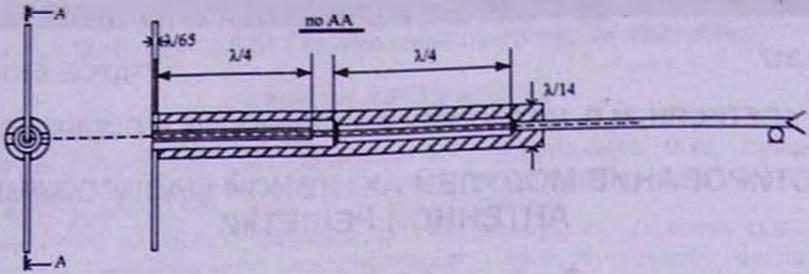


Рис.2. Измерительная антенна в виде полуволнового вибратора

Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) вибратора не превышал значения 1,3 в относительной рабочей полосе частот 5%. Позади измерительной антенны установлен поглощающий пенопластовый щит, начиненный ферроэпоксидом и обеспечивающий в полосе рабочих частот затухание около 15 дБ. Измерительная антенна вместе с поглощающим щитом изображена на рис.3.

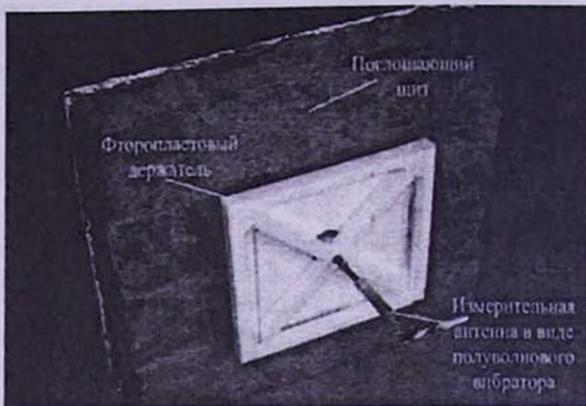


Рис.3. Измерительная антенна с поглощающим щитом

Точность позиционирования ИА по координатам  $X$  и  $Y$  для устройства перемещения ИА по прямой, параллельной линии, соединяющей центры излучателей ячеек, обусловлена погрешностью измерения фазы дальнего поля излучателя. Оценка точности позиционирования ИА по оси  $X$  (или  $Y$ ) относительно центра излучателя ячейки определяется взаимным расположением излучателя и ИА, изображенной на рис.4.

Длина  $\delta l$ , обуславливающая отмеченную фазовую погрешность, при  $\Delta X \ll L = 2\lambda$  ( $\lambda$  более 10 см) равна  $\delta l = X^2/2L$ . При допустимой фазовой погрешности менее  $1^\circ$  допустимый сдвиг  $\Delta X$  по оси  $X$  (или  $Y$ ) составляет менее 9 мм. Ошибка позиционирования ИА  $\Delta Z$  вдоль координаты  $Z$  меньше, чем  $1/100$ , что соответствует ожидаемой фазовой погрешности  $\Delta \varphi$  менее  $3,6^\circ$ .

Уровень калиброванной выходной мощности сигнала круговой правой поляризации излучателя составлял 5 Вт и калибруется посредством коаксиально-волноводных переходов (КВП).

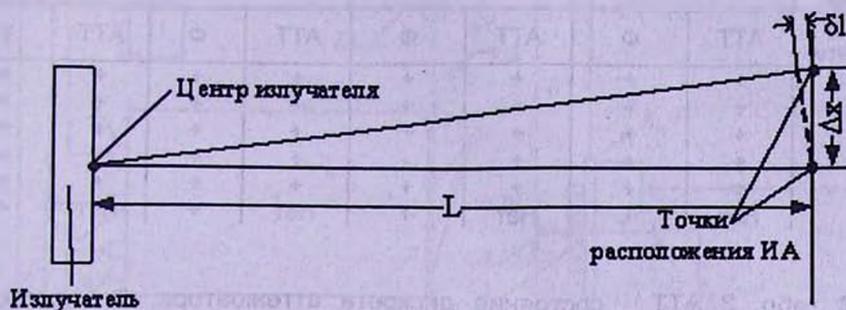


Рис.4. Взаимное расположение ИА и излучателя

Результаты измерения модуля в режимах передачи и приема, состояния всех дискретов аттенуаторов и фазовращателей, а также рассчитанные поляризационные характеристики излучателей ячеек модуля приведены соответственно в табл. 1 - 4.

Таблица 1

Режим передачи

Номер ячейки	A (дБ)		$\varphi^\circ$		$\Delta\varphi^\circ$
	Н	Е	Н	Е	
1	+0,5	-2,5	-165 (+195)	+125	70
2	-0,6	-5,5	-110 (+250)	+165	85
3	-2,4	-7	-115 (+245)	+160	85
4	-1	-7	-160 (+200)	+140	60

Таблица 2

Режим приема

Номер ячейки	A (дБ)		$\varphi^\circ$		$\Delta\varphi^\circ$
	Н	Е	Н	Е	
1	-1	-2,8	+145	-100 (+250)	105
2	-4,5	-5	+170	-105 (+255)	85
3	-4	-2	+160	-105 (+255)	95
4	-6	-5	+130	-115 (+235)	105

В табл. 1 и 2 Н - горизонтальная поляризация, Е - вертикальная поляризация, А - отклонение коэффициента передачи по мощности от калиброванного значения,  $\varphi^\circ$  - абсолютная фаза (фазовая передаточная характеристика),  $\Delta\varphi^\circ$  - разность фаз между сигналами взаимно перпендикулярных поляризаций.

## Состояние дискретов

Номер ячейки	1		2		3		4	
Номер дискрета	АТТ	Ф	АТТ	Ф	АТТ	Ф	АТТ	Ф
1	+	+	+	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	+	+	+	+
3	+	+	+	+	+	+	+	+
4	+	+	+	-	+	+	+	+
5	+	+	+	+	+	+	+	+
6	Нет	+	Нет	+	Нет	+	Нет	+

В табл. 3 АТТ - состояние дискрета аттенюатора, Ф - состояние дискрета фазовращателя, "+" - работает, "-" - не работает, "Нет" - отсутствие дискрета. Отклонение битов состояний дискретных аттенюаторов составляет по затуханию - 0,2 дБ, а дискретных фазовращателей - 1°, что подтверждает правомерность разработанной методики тестирования.

Таблица 4

## Поляризационные характеристики излучателей

Номер ячейки	Режим передачи		
	$\alpha^\circ$	m	$\Delta_k(\text{дБ})$
1	44,22565	0,921716	-27,8004
2	8,150255	0,552366	-10,8014
3	8,7525	0,57071	-11,2669
4	21,261	0,322079	-5,80157

В табл. 4  $\alpha$  - угол наклона поляризационного эллипса излучаемой волны, m - коэффициент эллиптичности этой волны,  $\Delta_k$  - уровень кросс-поляризации волны паразитной левой круговой поляризации.

Результаты измерений и последующие вычисления показали, что ячейки сборного пробного модуля обладают существенными разбросами тестируемых характеристик.

С целью автоматизации процесса калибровки и измерений как в режиме передачи, так и в режиме приема разработан комплекс аппаратуры [3, 4], блок-схема которого приведена на рис.5.

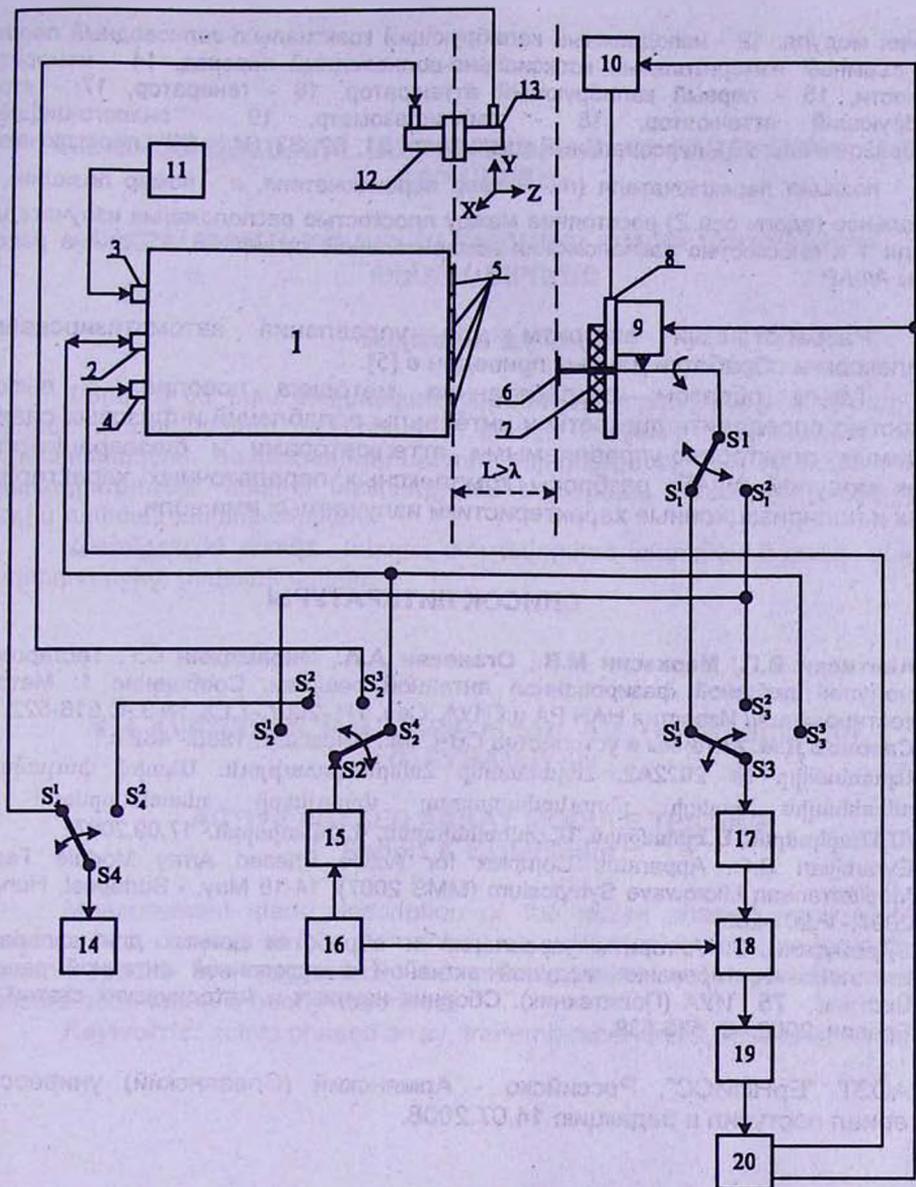


Рис.5. Блок-схема автоматизированного комплекса аппаратуры:

1 - модуль, 2 - сигнальный разъем модуля, 3 - разъем модуля для подачи питающих напряжений, 4 - управляющий разъем модуля для подачи управляющих напряжений, 5 - излучатель волны круговой поляризации каждой ячейки, 6 - измерительная антенна линейной поляризации в виде полуволнового вибратора или открытого конца одномодового прямоугольного волновода, 7 - поглощающий щит электромагнитной энергии, 8 - диэлектрический держатель, 9 - привод поворота измерительной антенны на 90 с, 10 - привод линейного Y-перемещения диэлектрического держателя, 11 - блок

питания модуля, 12 - неподвижный калибрующий коаксиально-волноводный переход, 13 - съемный измерительный коаксиально-волноводный переход, 14 - измеритель мощности, 15 - первый калибрующий аттенюатор, 16 - генератор, 17 - второй калибрующий аттенюатор, 18 - амплифазометр, 19 - аналого-цифровой преобразователь, 20 - персональный компьютер. S1, S2, S3, S4 - СВЧ переключатели S<sub>m</sub><sup>n</sup> - позиция переключателя (m - номер переключателя, n - номер позиции), L - продольное (вдоль оси Z) расстояние между плоскостью расположения излучателей модуля 1 и плоскостью расположения измерительной антенны б, λ - длина рабочей волны АФАР

Разработанный алгоритм для управления автоматизированным комплексом и обработки данных приведен в [5].

Таким образом, разработанная методика позволяет с высокой точностью определить дискреты и интервалы ослаблений и фазовых сдвигов вводимых электронно-управляемыми аттенюаторами и фазовращателями ячеек модулей АФАР, разбросы комплексных передаточных характеристики ячеек и поляризационные характеристики излучаемых ими волн.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аветисян В.Г., Маркосян М.В., Оганесян А.А., Эйрамджян С.Г. Тестирование модулей активной фазированной антенной решетки. Сообщение 1: Методик тестирования // Известия НАН РА и ГИУА. Сер. ТН.-2007.-Т.LX, № 3.-С.516-522.
2. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. -М.: Высш.шк., 1988.- 432 с.
3. Արտոնագիր № 2022A2, Հայաստանի Հանրապետություն. Ակտիվ փուլավորված անտենային ցանցի ընդունահարդարող մոդուլների տեսավորման սարք /Մ.Մարկոսյան, Ս.Էրամջյան, Ա.Հովհաննիսյան, Վ.Ավետիսյան.- 17.09.2007.
4. Eyradjyan S.G. Apparatus Complex for Active Phased Array Module Testing Mediterranean Microwave Symposium (MMS 2007), 14-16 May. - Budapest, Hungary 2007.- P.201-203.
5. Эйрамджян С. Алгоритм управления и обработки данных для аппаратного комплекса тестирования модулей активной фазированной антенной решетки Вестник - 75 ГИУА (Политехник): Сборник научных и методических статей.- Ч.2 Ереван, 2008.- С. 535-539.

АОЗТ "ЕрНИИСС", Российско - Армянский (Славянский) университет  
 Материал поступил в редакцию 14.07.2008.

Վ.Շ. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ, Մ.Վ. ՄԱՐԿՈՍՅԱՆ, Ա.Ա. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ս.Գ.  
ԷՅՐԱՄՅԱՆ

ԱԿՏԻՎ ՓՈԽԱՎՈՐՎԱԾ ԱՆՏԵՆԱՅԻՆ ԶԱՆԳԻ ՍՈՐԴՈՒՆԵՐԻ  
ԹԵՍԹԱՎՈՐՈՒՄԸ

Հաղորդում 2. Փորձ

Բերվում են չորս տարրական ընդունող-հաղորդող բջիջներից բաղկացած  
ակտիվ փուլավորված անտենային ցանցի (ԱՓԱՑ) փորձնական մոդուլի  
փորձարարական հետազոտությունների արդյունքները և չափման ստենդի  
նկարագրությունը: Հակիրճ նկարագրվում է չափման համակարգը, որը թույլ է  
տալիս չափման ավտոմատացում:

*Առանցքային բառեր.* ակտիվ փուլավորված անտենային ցանց, ընդունող-  
հաղորդող բջիջ, չափման ստենդ:

V.H. AVETISYAN, M.V. MARKOSYAN, A.A. HOVHANNISYAN,  
S.G. EYRAMJYAN

ACTIVE PHASED ARRAY MODULE TESTING  
Report 2. Experiment

Measurement stand description of the active phased array (APA) trial  
module, which consists of four elementary transmit-receive cells, and experimental  
research results are suggested. The measurement system which permits to  
measure automation is briefly described.

*Keywords:* active phased array, transmit-receive cell, measurement stand.