

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ОБЛУЧАЮЩЕГО АПЕРТУРУ ФАР ИЗ ДАЛЬНОЙ ЗОНЫ ИЗЛУЧЕНИЯ

Усин В. А.¹, Марков В. И.², Рожнятовская Л. В.²

¹Харьковский Национальный университет радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, Харьков - 61166, Украина
e-mail: usin_va@rambler.ru

²ОАО «Холдинговая компания «УКРСПЕЦТЕХНИКА»
ул. Трутенко 2, Киев - 03022, Украина

Тел.: (8044) 2579922, 2579924; (804622) 44423; e-mail: Markov_VI@ust.ic.com.ua

Аннотация – Приведены экспериментальные результаты измерений структуры электромагнитного поля (ЭМП) облучающего апертуру ФАР из дальней зоны излучения (ДЗИ). Проведен анализ пространственной структуры ЭМП и рассмотрены связанные с этим ограничения методов измерения и контроля параметров ФАР с использованием источника контрольного сигнала, размещенного в ДЗИ.

I. Введение

В настоящее время активно развиваются методы объектового контроля и диагностики технического состояния ФАР, так как получаемая информация о реальном амплитудно-фазовом распределении (АФР) на излучателях ФАР используется при реализации пространственно-временных методов обработки сигналов и для автоподстройки параметров антенн.

Поэтому оценка структуры и стабильности поля контрольного сигнала, облучающего раскрыв ФАР, является важной задачей.

II. Основная часть

После проведения настройки и измерения параметров антенн на специализированных антенных полигонах [1, 2] их устанавливают в радиотехнические системы (объекты эксплуатации).

В отличие от условий проведения измерений параметров ФАР антенных на полигонах [2], где могут быть приняты специальные меры для уменьшения влияния отраженных сигналов на точность измерения параметров ФАР, на реальных объектах существенно изменяются условия работы антенн. В частности, при установке ФАР в наземных системах (например, подвижных), высота размещения антенны относительно невелика, а возможности принятия мер по снижению уровня отраженных сигналов облучающих апертуру крайне ограничены. Распределение электромагнитного поля (ЭМП), облучающего апертуру ФАР, зависит от значительного числа факторов, таких как направление прихода волны, высота установки ФАР над поверхностью земли, угол наклона апертуры ФАР по отношению к вертикали, рельеф местности, состояние подстилающей поверхности и т.д. Для определения степени искажения АФР, вызванного отказами элементов в каналах ФАР и различными дестабилизирующими факторами (такими как температурный градиент по апертуре, старение элементов и др.) используются встроенные системы контроля (ВСК), выходная информация которых является исходной для систем автоподстройки параметров ФАР [3-4]. Целью работы является экспериментальная оценка структуры ЭМП в области апертуры ФАР и оценка возможности контроля и подстройки характеристик ФАР при размещении источника контрольного сигнала (КС) в ДЗИ в зависимости от различных внешних условий.

Измерения ЭМП проводились на двух антенных полигонах в частотных диапазонах 1, 3 и 10 ГГц в течение ряда лет. Поле возбуждалось вспомогательными передающими антеннами, размещенными на 26 и 40 метровых вышках в ДЗИ (на расстояниях 276, 450 и 900 метров). Измерения АФР ЭМП проводились с помощью стенда для измерения неравномерности поля падающей электромагнитной волны, состоящего из устройства перемещения измерительного зонда с заданной поляризацией и регистрирующего устройства. Измерения проводились в горизонтальном и вертикальном сечениях зон предполагаемого расположения испытуемых ФАР (размеры зон 5x5 и 8x8 м²).

В качестве передающих антенн использовались: антенна типа П6-23; зеркальная антенна диаметром 1,5 метра со сменными облучателями; линейная вибраторная антенная решетка. В качестве приемных антенн использовались: вибраторные антенны; открытые концы волноводов; антенна П6-23. На рис. 1, 2 приведены результаты измерения амплитудного распределения (АР) (рис. 1) и фазового распределения (ФР) (рис. 2) при одной и той же схеме измерения в различное время года. АР и ФР на рисунках 1, 2 приведены для случая измерений в вертикальной плоскости на горизонтальной поляризации (расстояние до источника КС 276 метров, частота $f=1$ ГГц). В качестве приемной антенны использовался полуволновой вибратор.

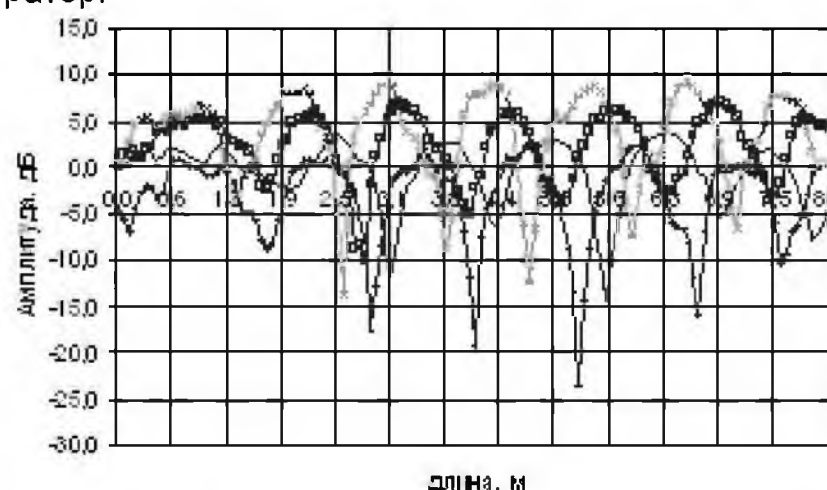


Рис. 1. Амплитудное распределение поля.

Fig. 1. Amplitude distribution of the field

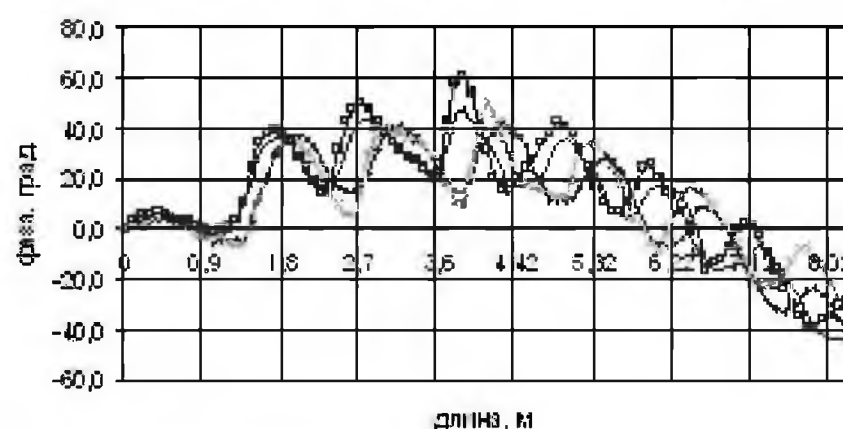


Рис. 2. Фазовое распределение поля.

Fig. 2. Phase distribution of the field

Аналогичный вид имеют АФР в вертикальной и горизонтальной плоскостях и на других частотах. Как видно из приведенных рисунков АР в области размещения антенны (рабочей области) крайне неравномерное. Степень неравномерности поля зависит от вида поляризации, высоты и размещения облучающей антенны, погодных условий и времени года, вида и состояния подстилающей поверхности и др. Близкий к периодическому характер изменения АФР свидетельствует о наличии существенной зеркальной компоненты в отраженном от земли сигнале. Результаты измерений, проведенные подряд несколько раз при постоянных внешних условиях, практически полностью совпадают.

Величина модуля коэффициента отражения $|P|$ может быть приближенно оценена путем усреднения амплитуды на интервале периодичности \bar{U} и нахождения отношения $|P| = (|\Delta U|_M + |\Delta U|_m) / 2\bar{U}$.

Результаты экспериментов свидетельствуют о существенной неоднородности поля облучающей апертуру. В связи с этим, следует с крайней осторожностью подходить к выбору места расположения источника КС для контроля ФАР на системном уровне, особенно, при использовании полученной информации для автоподстройки. В последнем случае целесообразно располагать источник КС вблизи ФАР. Такие источники КС можно использовать как при проведении контроля технического состояния ФАР на уровне элементов (фазовращателей, аттенюаторов и т.д.), так и при контроле параметров ФАР на системном уровне [3, 4].

Сравнение результатов измерения АФР в стендовом зале с измеренным АФР при размещении источника контрольного сигнала вблизи апертуры и в ДЗИ показало, что в первом случае распределения в каналах ФАР практически полностью совпадают с результатами контроля, а во втором случае существенно различаются, что не позволяет использовать такие КС для настройки ФАР.

III. Заключение

В проведенной работе показано:

- АФР электромагнитного поля в области расположения антенн радиотехнических систем при расположении источника КС в ДЗИ нельзя считать однородным и синфазным;
- при больших электрических размерах антенн оценки их интегральных характеристик по результатам контроля достаточно стабильны, что объясняется усредняющим действием и сглаживанием АФР в пределах апертуры;
- при контроле характеристик ФАР в процессе эксплуатации следует весьма тщательно подходить к выбору места расположения источника контрольного сигнала;
- располагая набором измерений АФР в различных условиях можно, пользуясь методами статистической теории антенн, оценить статистические характеристики АФР и предельные возможности радиотехнических систем в реальных условиях эксплуатации.

IV. Список литературы

- [1] Курочкин А. Л. Антенные измерения-97 // Антенны, Вып.1(38), 1997 г., с.5-24.
 [2] Evans, Gary E. Antenna measurement techniques / Gary E. Evans. Boston: Artech House, c1990. x, 229 p.: ill.; 24 cm.

- [3] Mailloux, R.J., Array Failure Correction with a Digitally Beamformed Array, IEEE Trans. on AP, 1996, vol. 44, no. 12, pp.1543-1550
 [4] Markov V. I., Kozlov A.F. 2003-16-06 - A03-063- Built-In Performance Monitoring Systems for Phased-Array Antennas with Binary Phase Shifters. AMTA 2003, pp. 560-565.

ANALYSIS OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD STRUCTURE ILLUMINATING THE APERTURE OF PHASED-ARRAY ANTENNAS FROM FAR FIELD DISTANCE

Usin V. A.¹, Markov V. I.², Roznjatovskaja L. V.²
¹Kharkov National University of Radio Electronics
 14, Lenin Ave., Kharkov, 61166, Ukraine
 Phone: (80572) 218050; e-mail: usin_va@rambler.ru
²"Holding Company "Ukrspetstechnika"
 Bld. 2, Trutenko St., Kiev, 03022, Ukraine
 Phone/fax: +3804622-44423
 E-mail: Markov_VI@ust.ic.com.ua,

Abstract – Experimentally measured results on electromagnetic field structure illuminating phased antenna array (PAA) aperture from far field distance are presented. Analysis of electromagnetic field structure is performed and limitations of measuring and control methods using reference signal source at far field distance are considered.

I. Introduction

Methods of both object's control and diagnostics of phased array technical condition are now actively developing because information obtained about real amplitude and phase (AP) field distribution across the PAA radiators is used for realization spatial-temporal methods of signal processing and for self-tuning the antenna parameters. So the structure and stability estimation of reference signal, illuminating the PAA aperture is an important problem.

II. Main Part

Here we present brief results of measurements made during several years of systematic AP distortions (APD) due to reflections on radar site. We used stable far-field signal sources installed at different heights on the towers. The measurements concerned are made for several frequency bands and different direction of signal arriving. Measurement results verified that interference is always a significant problem even for antennas with specially designed geometry and diffraction fences, not to mention the field-operated systems with PAA.

APD of the field, illuminating the aperture from any one far-field source, may be considered as having periodic structure related by a complex dielectric constant. That's why, the pilot signals from such sources may be used for performance monitoring of PAA at element level only. Using far-field sources for the evaluation of integrated characteristics and a technical condition of PAA as a whole, including radome, even after complicated, laborious and elaborate correction of illuminating field may impede verification.

III. Conclusion

The results described in the paper show, that:

- the field, that illuminates the aperture of the PAA, is essentially non-uniform;
- the far-field characteristics of the antennas with big electrical size are stable enough, because the effects of non-uniform illumination are smoothing within the limits of the aperture;
- it is necessary to approach with extreme care to designing the pilot signal system using far-field source for monitoring PAA at a system level and, especially, when the received information is used for alignment and failure compensation. In the latter case it is expedient to have source of the pilot signal near PAA.