



УДК 621.396.67

А. А. БЫЛОВ

*АО «Информационные спутниковые системы» им. акад. М. Ф. Решетнёва»,
г. Железнодорожск, Красноярский край, Россия*

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЩАР X-ДИАПАЗОНА В САПР CST MWS

Проведено автоматизированное моделирование нерезонансной волноводно-щелевой антенной решетки X-диапазона. Проанализированы полученные характеристики на предмет соответствия заданным техническим параметрам на антенну, выполнена оптимизация структуры антенной решетки, разработана конструкция антенны.

Ключевые слова: антенная решетка, диаграммообразующая схема, диаграмма направленности, САПР.

A. A. Bylov

*JCS «Academician M. F. Reshetnev» Information Satellite Systems»,
Zheleznogorsk, Russia*

THE AUTOMATED MODELING OF WAVEGUIDE-SLOT ARRAY ANTENNA X-BAND IN THE CAD CST MWS

The object of this article is non-resonant waveguide-slot array antenna X-band. The computer-aided simulation of this antenna was conducted by CAD CST MWS. After analyzing the characteristics for compliance with the technical parameters specified in the antenna was conducted the optimization of the structure of this antenna array in the CAD and was developed antenna design.

Key words: antenna array, beamforming scheme, directivity pattern, CAD.

Волноводно-щелевые антенные решетки (ВЩАР) широко используются в антенной технике. К основным достоинствам этих антенн относят их плоскую форму и компактные размеры, которые позволяют использовать ВЩАР в летательных аппаратах без ухудшения их аэродинамических характеристик. ВЩАР имеют также достаточно высокую эффективность, сравнительно широкую рабочую полосу частот, высокую механическую прочность и могут работать с высокими уровнями мощности.

ВЩАР относится к диаграммообразующим схемам (ДОС) последовательного принудительного типа с электронным способом

сканирования, что позволяет осуществлять быстрое и безынерционное управление направленными свойствами антенны.

Основные технические параметры проектируемой ВЩАР X-диапазона:

- диапазон рабочих частот 7,174...8,09 ГГц;
- ширина луча по уровню половинной мощности в Н-плоскости 6,5 градуса;
- направление главного максимума ДН на центральной частоте антенны в Н-плоскости 8,5 градуса;
- уровень боковых лепестков не более минус 13 дБ;
- КСВ не более 1,2.

Общий вид ВЩАР с размещением щелей изображен на рис. 1.

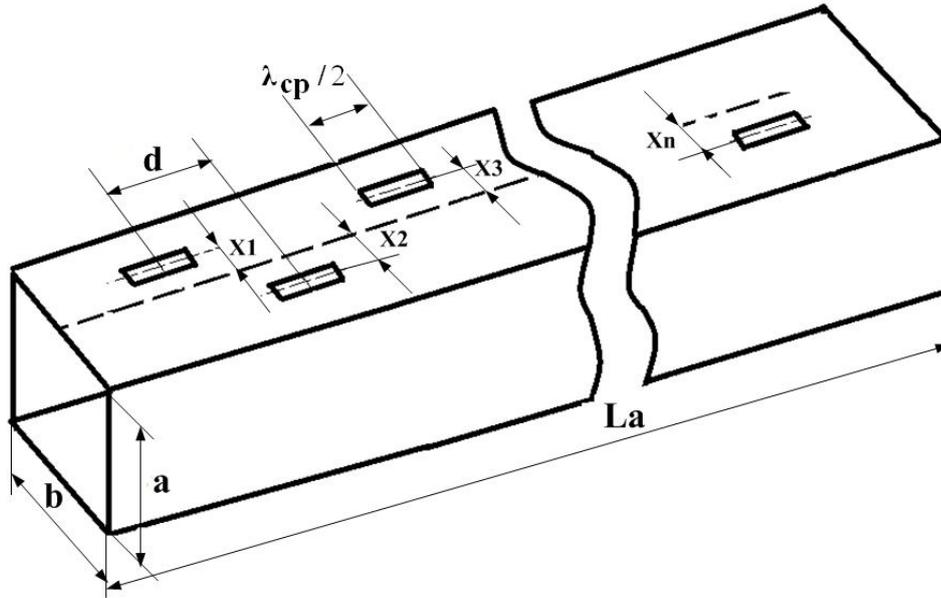


Рис. 1. Общий вид ВЦАР

Таблица 1

Геометрические размеры ВЦАР X-диапазона

Сечение волновода, мм		Длина волновода La, мм	Количество щелей, шт.	Длина щели, мм	Расстояние между щелями d, мм	Ширина щели, мм
a	b					
12,6	28,5	356,4	14	18	22,6	3,7

Таблица 2

Смещения щелей относительно центральной линии широкой стенки волновода

X _n , мм	№ щели													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	2,21	2,56	2,46	2,43	2,62	3,08	3,6	3,69	3,56	3,76	4,73	7,85	6	7,5

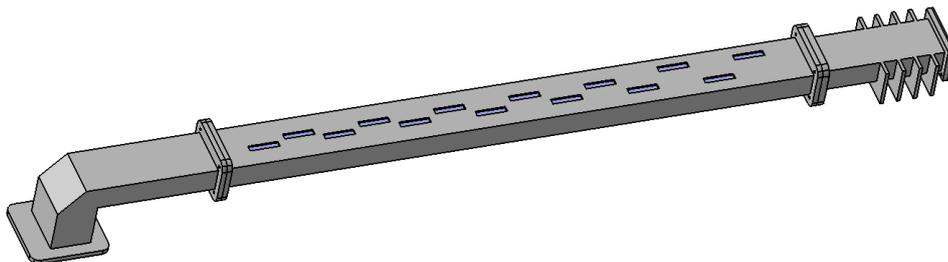


Рис. 2. Модель ВЦАР, выполненная в CST MWS

Результаты расчета геометрических размеров ВЦАР методом рекуррентных соотношений [1] приведены в табл. 1, 2.

На рис. 2 изображена модель ВЦАР, выполненная в CST MWS в соответствии с геометрией, рассчитанной методом рекуррентных соотношений.

Характеристики ВЦАР, полученные в результате автоматизированного моделирования, изображены на рис. 3, 4. На рис. 3 показаны коэффициент отражения ($S_{1,1}$) и коэффициент проходимого затухания сигнала ($S_{2,1}$) в волноводе со щелями. Диаграмма направленности в плоскости Н на центральной частоте представлена на рис. 4.

Анализируя результаты моделирования антенны, можно заметить, что направление излучения главного лепестка антенны состав-

ляет 8,9 градуса относительно нормали к широкой стенке волновода со щелями, ширина лепестка по уровню половинной мощности составляет 6,5 градуса. Во всей полосе рабочего диапазона частот коэффициент отражения составляет не более минус 15 дБ, коэффициент проходимого затухания в волноводе со щелями – не менее минус 5 дБ, уровень боковых лепестков – не более минус 12 дБ.

Очевидно, что:

- требование к уровню боковых лепестков не выполняется (должно быть не более минус 13 дБ);
- излучение щелей неэффективное, так как коэффициент проходимого затухания сигнала более -10 дБ, то есть излучающая система из щелей забирает мощность на излучение менее 10 дБ от основного сигнала.

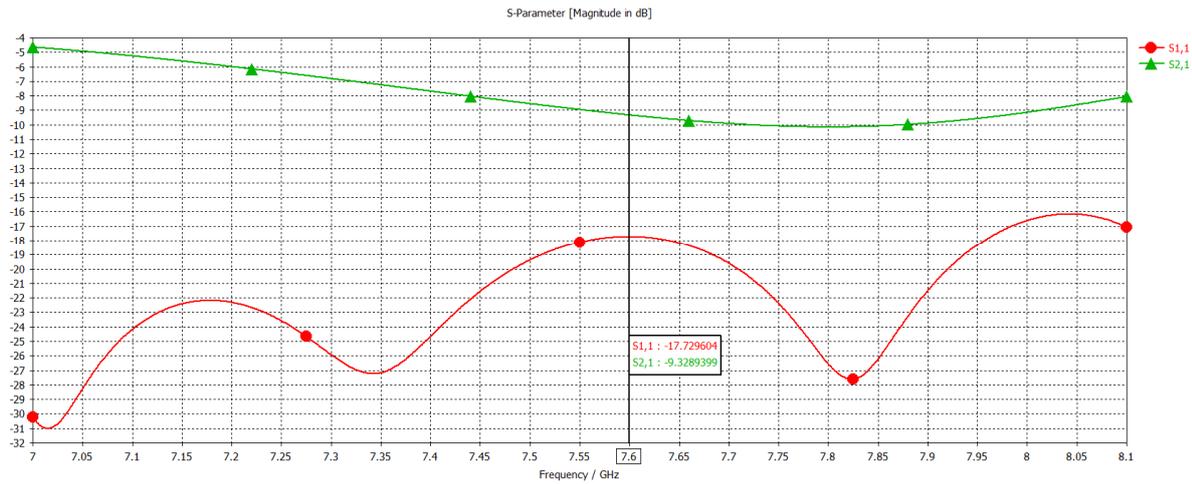


Рис. 3. Характеристики $S_{1,1}$, $S_{2,1}$

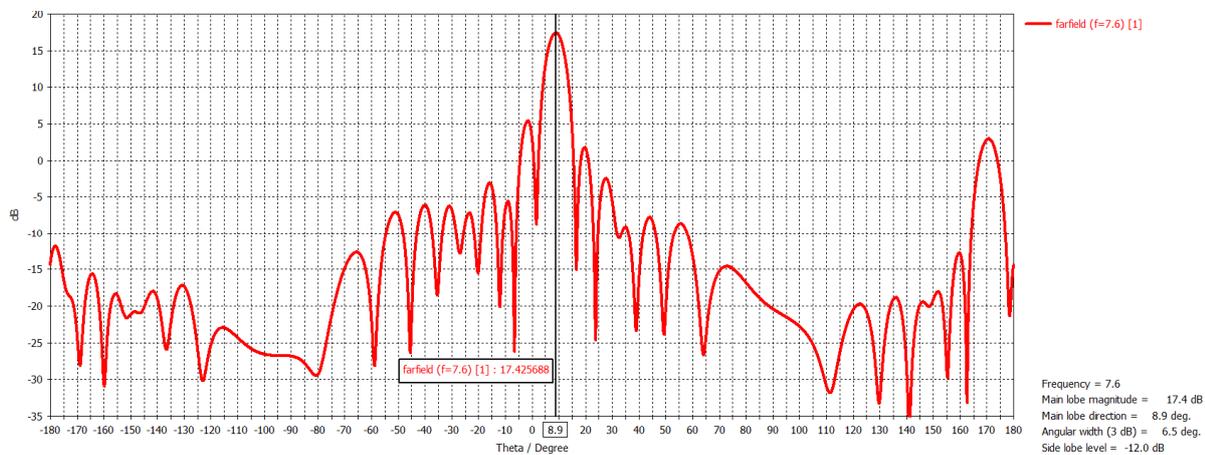


Рис. 4. ДН на центральной частоте рабочего диапазона в плоскости Н

Таблица 3

Геометрические размеры ВЦАР X-диапазона после оптимизации

Сечение волновода, мм		Длина волновода L_a , мм	Количество щелей, шт.	Длина щели, мм	Расстояние между щелями d , мм	Ширина щели, мм
a	b					
12,6	25	368,4	13	18,3	25,6	3,7

Таблица 4

Смещения щелей относительно центральной линии широкой стенки волновода после оптимизации

X_n , мм	№ щели												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	2,25	2,42	2,42	2,37	2,47	3,83	3,28	3,37	3,31	3,36	5,0	4,07	5,26

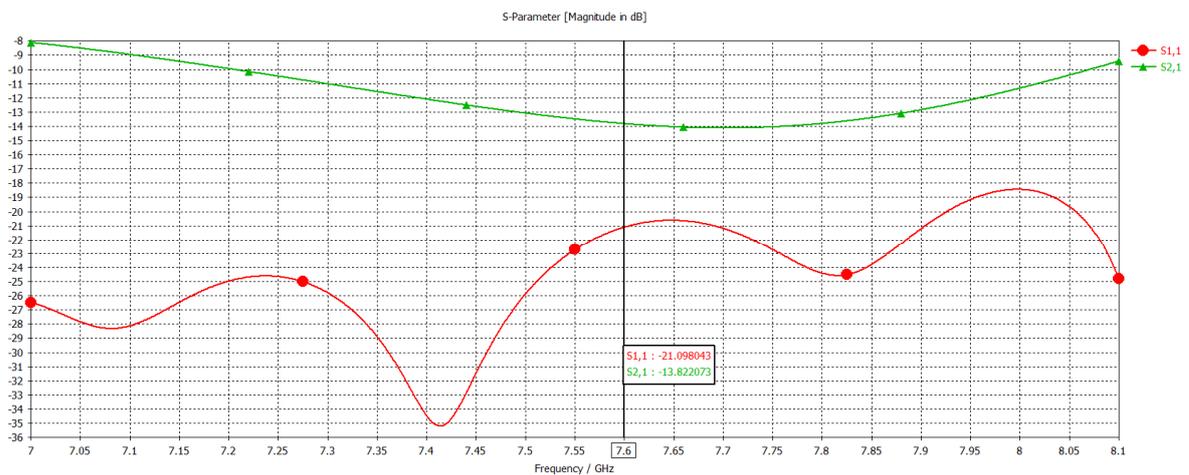


Рис. 5. Характеристики S1,1, S2,1

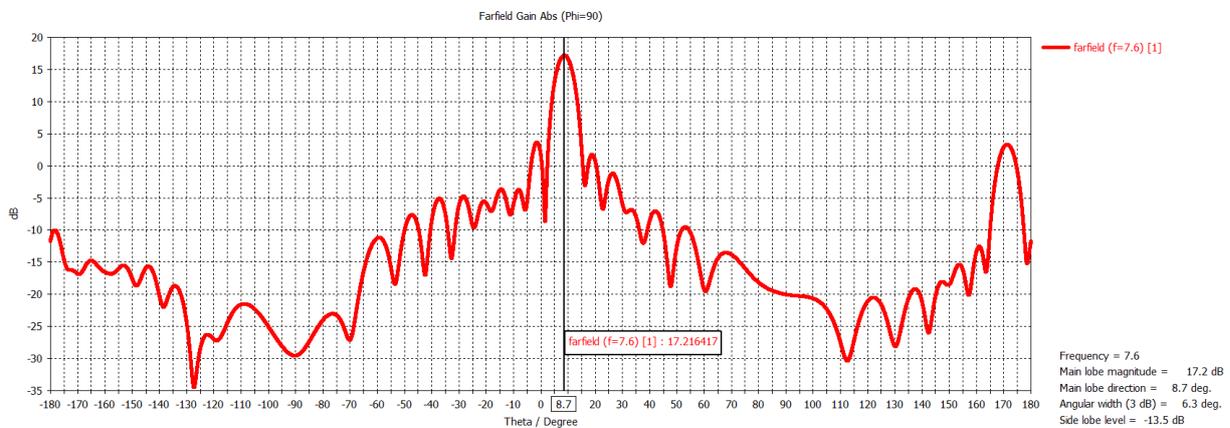


Рис. 6. ДН на центральной частоте рабочего диапазона в плоскости Н

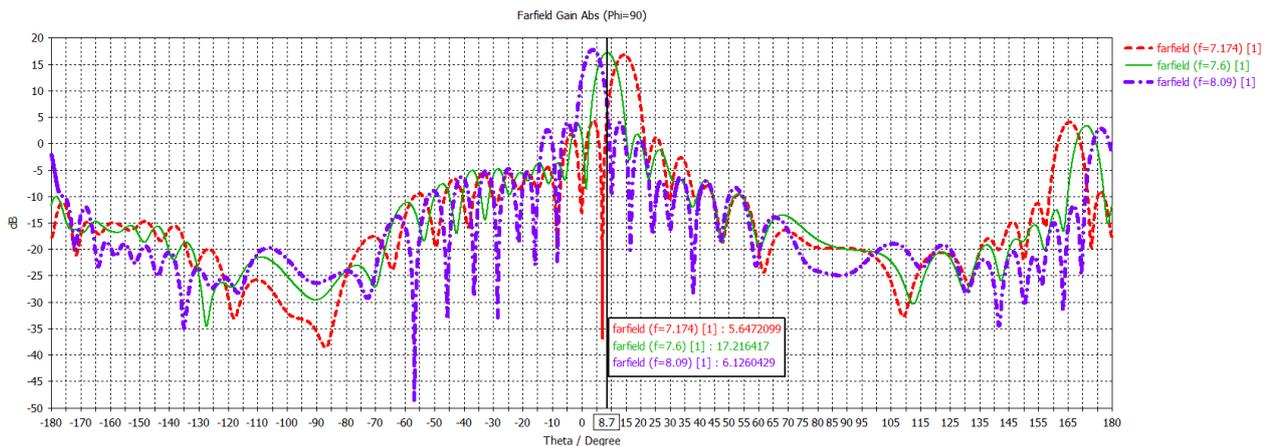


Рис. 7. ДН антенны на минимальной, центральной и максимальной частотах рабочего диапазона в плоскости Н

Для достижения требуемых характеристик была проведена оптимизация структуры ВЦАР. Результаты оптимизации изложены в табл. 3, 4.

Характеристики ВЦАР, полученные после оптимизации, изображены на рис. 5, 6. На рис. 5 показаны коэффициент отражения ($S_{1,1}$) и коэффициент проходимого затухания ($S_{2,1}$) сигнала в волноводе со щелями. Диаграмма направленности в плоскости Н на центральной частоте представлена на рис. 6, изменение направления излучения главного максимума в зависимости от частоты (электронное сканирование лучом) – на рис. 7.

Анализируя полученные результаты после оптимизации структуры ВЦАР, можно заметить следующее:

- уровень боковых лепестков на центральной частоте составляет не более минус 13,5 дБ;
- коэффициент отражения $S_{1,1}$ данной антенной решетки во всей рабочей полосе частот – не более минус 18 дБ;

- коэффициент проходимого затухания $S_{2,1}$ – не более минус 9,8 дБ во всем рабочем диапазоне частот, что говорит об эффективном излучении щелей.

Таким образом, проведенная оптимизация структуры ВЦАР позволила максимально полно добиться заданных технических параметров. В данном случае к лучшим результатам привело уменьшение ширины волновода с 28,5 мм до 25 мм, при этом количество щелей уменьшилось до 13 штук.

Библиографические ссылки

1. Воскресенский Д. И., Грановская Р. А., Давыдова Н. С. и др. Антенны и устройства СВЧ (Проектирование фазированных антенных решеток) : учеб. пособие для вузов / под ред. Д. И. Воскресенского. М. : Радио и связь, 1981.

Статья поступила в редакцию
08.06.2015 г.