

УДК 621.37

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ И РАЗРАБОТКА МЕР
ДЛЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ЕДИНИЦ
КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЙ
ОТНОШЕНИЙ НАПРЯЖЁННОСТЕЙ ПОЛЯ
В ДАЛЬНЕЙ ЗОНЕ**

К.И. Курбатов, М.С. Шкуркин

ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл.

kurbatov@vniiftri.ru

shkurkin@vniiftri.ru

Представлены результаты исследований, направленных на повышение эффективности испытаний антенных систем различного назначения путём разработки методики оценки метрологических характеристик антенных измерительных комплексов ближней зоны (АИК БЗ) на основе комплексного подхода и разработки средств передачи единицы КУ и формы диаграммы направленности.

Ключевые слова: антенные измерительные комплексы ближней зоны, погрешность измерений, комплексный подход, эталон, зеркальная антенна.

**DETERMINATION OF REQUIREMENTS
AND DEVELOPMENT OF MEASURES FOR REPRODUCING
AND TRANSFERRING OF UNITS OF THE COEFFICIENT OF
STRENGTHENING AND DISTRIBUTIONS OF RELATIONS
OF STRESSES OF THE FIELD IN THE FAR AREA**

K.I. Kurbatov, M.S. Shkurkin

FSUE "VNIIFTRI", Mendeleevo, Moscow region

kurbatov@vniiftri.ru

shkurkin@vniiftri.ru

The results of studies aimed at improving the efficiency of testing the antenna systems for various purposes are presented through the development of methodology for assessing the metrological characteristics of near-zone antenna measuring systems (AIK BZ) based on a complete approach and the development of means of transmission of a KU unit and the pattern shape.

Key words: antenna measuring complexes of the near zone, measurement error, complete approach, standard, mirror antenna.

1. Введение

Ужесточение требований, предъявляемых к тактико-техническим характеристикам современных радиотехнических систем, повышает требования к измерительным комплексам, достоверности результатов измерений и, соответственно, к качеству метрологического обеспечения. При этом стоит отметить, что метрологическое обеспечение антенных измерительных комплексов характеризуется отсутствием прямой прослеживаемости измерений амплитудного и фазового распределений (АФР) и измерений относительных уровней амплитудных и фазовых диаграмм направленности до государственных эталонов. Это объясняется отсутствием исходных (первичных) эталонов для средств измерений данной группы. Применение средств воспроизведения и передачи единицы КУ и формы диаграммы направленности позволят реализовать достаточно простой и понятный метод замещения [1–4].

В данной работе приведены результаты анализа применения комплектного подхода к определению метрологических характеристик АИК БЗ, обоснованы требования к характеристикам эталона-переносчика и приведены результаты электродинамического моделирования зеркальных антенн со сменными облучателями для применения в качестве средств воспроизведения и передачи формы диаграммы направленности и единицы коэффициента усиления антенн в диапазоне частот от 1 до 40 ГГц.

2. Оценка потенциальной точности АИК БЗ и комплектный подход к определению метрологических характеристик

В общем случае потенциальные возможности АИК БЗ ограничиваются погрешностями измерения АФР, их инструментальной и методической составляющими погрешности измерений. Инструментальные погрешности измерений АФР на поверхности сканирования определяются погрешностями позиционирования зонда, погрешностью измерителя комплексного коэффициента передачи, а также изменением комплексного коэффициента передачи тракта в процессе сканирования. Методические погрешности измерений определяются погрешностями ограничения, дискретизации, погрешностями из-за наличия переотражений и погрешностями, вызванными влиянием внешней помеховой обстановки. Подробный анализ факторов, которые могут оказывать влияние на точность измерений характеристик антенн методом ближней зоны, представлен в работах [5, 6].

Потенциально более высокая точность антенных измерительных комплексов дальней зоны и компактных антенных полигонов (коллиматоров) по сравнению с АИК БЗ позволяет определить метрологические характеристики антенной системы, используемой в качестве эталона переносчика с точностью, достаточной для применения её в качестве эталона для проведения испытаний АИК БЗ.

3. Разработка эталона-переносчика

Анализ принципов функционирования и влияния частных составляющих суммарной погрешности измерений позволил определить требования к эталону-переносчику (основные) [7]:

- требования к погрешности измеренных относительных уровней амплитудной диаграммы направленности (ДН) и абсолютной погрешности измеренной фазовой ДН (запас по точности не менее чем в 2 раза);
- требования к электрическому размеру антенны (электрический размер антенны должен соответствовать размеру зоны сканирования АИК БЗ);
- требования к форме ДН, уровню боковых лепестков и коэффициенту усиления (симметричная ДН с выраженными боковыми лепестками до уровня -50 дБ (при $\theta = \pm 60^\circ$), коэффициент усиления антенны не менее 15 дБ);
- требования к уровню кроссполяризации развязки (КПР) (уровень КПР не менее 30 дБ, так как погрешность измерений, обусловленная неидеальной поляризационной развязкой $\theta_{A2} = (1 + 10^{0,1\text{КПР}})^2 - 1$, является частной составляющей суммарной погрешности измерений амплитудной ДН);
- требования к стабильности метрологических характеристик;
- требования к равномерности АФР и его симметрии;
- требования к согласованию элементов СВЧ тракта;
- требования к массогабаритным характеристикам.

Исходя из данных требований, электродинамического моделирования и оптимизации в качестве эталона-переносчика был выбран комплект рупорных антенн (на диапазон частот от 1 до 8 ГГц) и зеркальная антенная система с комплектом гофрированных конических облучателей и системой крепления и юстировки. Разработаны электродинамические модели облучателей в диапазоне частот 8–12, 12–18, 18–26, 26–40 ГГц с оптимальной ДН и требуемым уровнем кроссполяризации развязки. Прецизионный рефлектор изготовлен методом фрезерования на ОТПЦ ФГУП «ВНИИФТРИ».



Прецизионный рефлектор 400 мм

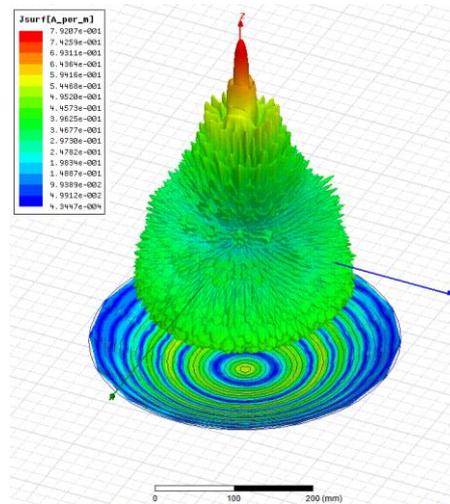


Рис. 1. Объёмная амплитудная диаграмма направленности (АДН)

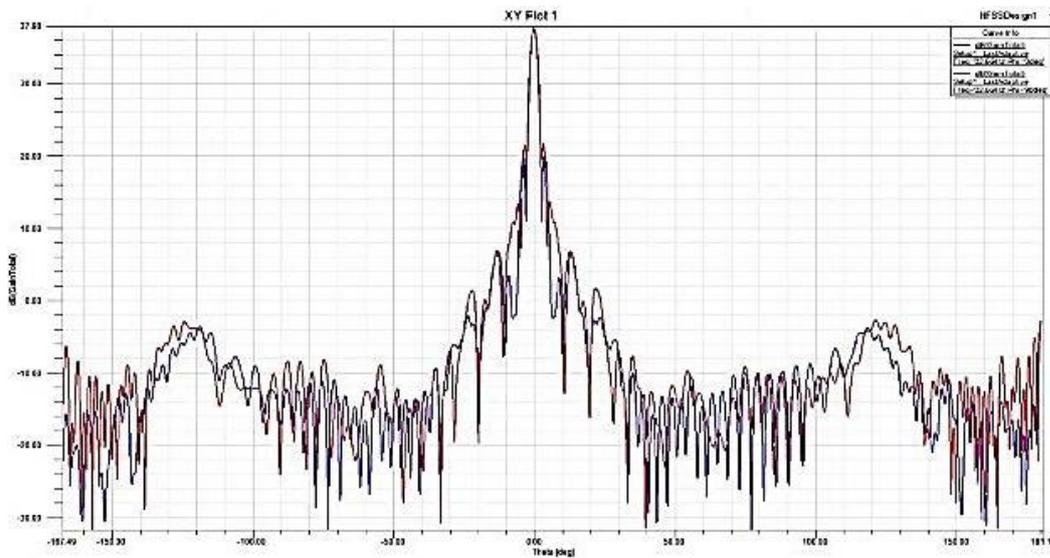


Рис. 2. Сечения амплитудной диаграммы направленности (АДН) разработанной зеркальной антенны

В настоящее время начинается изготовление специальных облучающих систем. Облучающая система представляет из себя гофрированный конический рупор с волноводным переходом с круглого на прямоугольное сечение и с волноводно-коаксиальным переходом.

Оптимизация облучателя произведена по следующим параметрам:

1. Диапазон частот (от 8 до 12 ГГц, от 12 до 18 ГГц, от 18 до 26 ГГц, от 26 до 40 ГГц):

- высота гофры;
 - ширина гофры;
 - ширина канавки;
 - диаметр волновода;
 - геометрия и положение возбуждающего штыря;
2. Ширина ДН на уровне -10 дБ (для оптимального облучения зеркала с диаметром $D = 400$ мм, фокусным расстоянием $f = 215$ мм, углом раскрыва $\Psi_0 = 50^\circ$):
- длина раскрыва;
 - диаметр раскрыва;
3. Минимальный КСВН:
- геометрия и положение возбуждающего штыря.

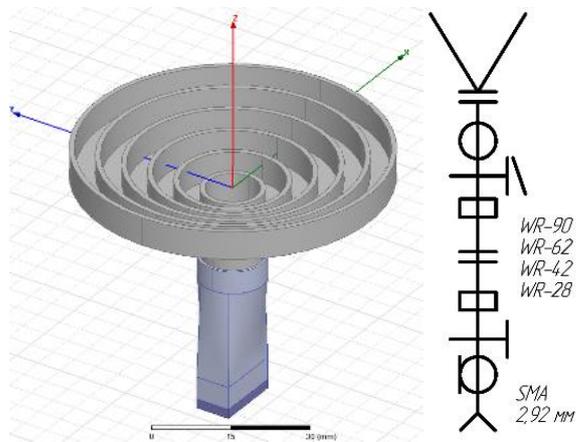


Рис. 3. Облучатель (гофрированный конический рупор) диап. частот от 18 до 26 ГГц

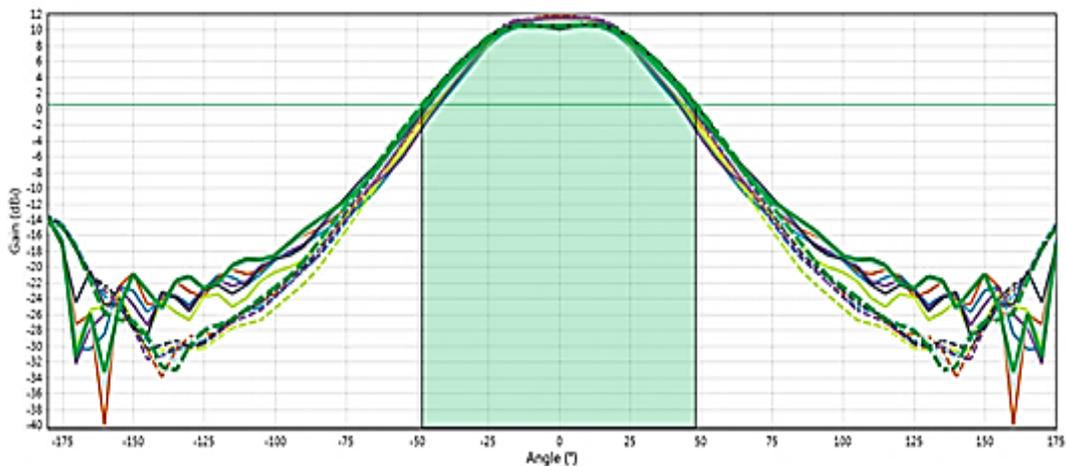


Рис. 4. Сечения Е и Н плоскостью АДН облучателя

Проведены экспериментальные исследования предлагаемой методики на антенных измерительных комплексах ближней и дальней зоны, установленных на базе ФГУП «ВНИИФТРИ». В качестве «эталонной» была принята усреднённая амплитудная диаграмма направленности рупорной антенны, измеренная на различных антенных полигонах прецизионного класса.

4. Заключение

Обоснованы требования к эталонам-переносчикам и разработаны методы и средства воспроизведения и передачи единицы коэффициента усиления и формы диаграммы направленности в различных плоскостях в диапазоне частот от 1 до 40 ГГц. Исследования позволят обеспечить единство и требуемую точность измерений и более эффективно подойти к испытаниям в целях утверждения типа АИК БЗ.

Следует отметить, что применение эталона-переносчика с электрическими размерами, соответствующими размерам зоны сканирования некоторых АИК БЗ порядка 10 м, является невыполнимой задачей. Однако измерение на данных комплексах эталона-переносчика с меньшими электрическими размерами позволяет уточнить модель формирования погрешностей и оценить правильность реализованного математического аппарата в программном обеспечении комплекса.

Литература

1. Бахрах Л.Д., Кременецкий С.Д., Курочкин А.П. Методы измерений параметров излучающих систем в ближней зоне. Л.: Наука, 1985. С. 272.
2. Шкуркин М.С., Малай И.М. Особенности метрологического обеспечения антенных измерительных комплексов: доклад. Менделеево: ФГУП «ВНИИФТРИ», 2015. 39 с.
3. ГОСТ 8.463-82. Государственная система обеспечения единства измерений антенны и комплексы аппаратуры измерительные. Методы и средства поверки. Введ. 1982-04-16. М.: Изд-во стандартов, 1982. 8 с.
4. ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. Введ. 2013-01-01. М.: Стандартинформ, 2013. 18 с.
5. Allen C. Newell. Error analysis techniques for planar near-field measurements // IEEE transactions on antennas and propagation. June 1988.V. 36. No. 6.
6. Joy E.B. Near-field range qualification methodology // IEEE Trans. Antennas Propag. 1988. V. 36. No. 6. P. 836–844.

7. ГОСТ 8.191-76. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений параметров поля излучения антенных систем с рабочими размерами раскрывов от 0,1 до 0,4 м в диапазоне частот от 2,5 до 12 ГГц. Введ. 1977-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1976. 7 с.