

# Анализ метода оценки EIRP и EIS на основе измерений в ближней зоне излучения

В. В. Громоздин<sup>1</sup>, Д. Н. Беликов<sup>2</sup>, А. Е. Бартош<sup>3</sup>, Т. В. Новикова<sup>4</sup>

Севастопольский "Испытательный центр "Омега" – филиал ФГБУ НИИР,  
Севастопольский государственный университет

gromozdinvv@niir.ru<sup>1</sup>, belikovdn@niir.ru<sup>2</sup>, bartoshae@niir.ru<sup>3</sup>, novikovatv@niir.ru<sup>4</sup>

**Аннотация.** Приведен расчет зависимости мощности сигнала в направлении главного максимума от измерительного расстояния для случаев, когда эти расстояния существенно ниже границы дальнего поля, и при представлении одного патч-излучателя в виде системы диполей Герца.

**Ключевые слова:** антенная решетка; граница дальнего поля; ближнее поле излучения; математическая модель; оценка EIRP и EIS

## I. ВВЕДЕНИЕ

При отсутствии в декларации производителей абонентских устройств 5G и выше точных данных о месторасположении антенных решеток внутри самих устройств, для проведения испытаний приходится использовать модель «черного ящика», при которой за габариты антенны принимаются габариты всего устройства. Это приводит к существенному увеличению значения измерительного расстояния, традиционно определяемому границей дальней зоны (FF), как  $2D^2/\lambda$  по критерию разницы фазы от излучающих элементов апертуры не более  $\pi/8$ . Данное увеличение измерительного расстояния ведет не только к увеличению габаритов измерительной безэховой камеры и, соответственно, к ее существенному удорожанию, но и к трудностям проведения самих испытаний, связанных с большим потерями уровня сигнала на трассе распространения. Классическими решениями данной проблемы является использование коллиматоров (так называемых систем с имитацией дальнего поля – IFF) и систем с преобразованием ближнего поля в дальнее (NFTF). Однако коллиматорные системы сами являются достаточно дорогостоящими, а системы NFTF с учетом проблемы извлечения фазы сигнала при работе испытываемых устройств в режиме приема, допускают проведение измерений при работе испытываемого устройства только в режиме передачи и только по энергетическим параметрам.

Одним из рассматриваемых в настоящее время способов сокращения измерительного расстояния при измерениях только в направлении главного максимума излучения таких параметров, как эквивалентная изотропная излучаемая мощность (EIRP) и эквивалентная изотропная чувствительность (EIS), является метод измерения в ближнем поле излучения, который иногда называют методом среднего поля (MF – Middle Field) [1], [2]. Данный метод допускает смещение расстояния тестирования в ближнюю зону излучения до  $1/8$  расстояния Фраунгофера, но при этом, не требуется информации о фазе сигнала для тестовых случаев определения EIRP и EIS, используя при этом результаты

измерений мощности на двух или трех разных расстояниях в зоне излучения ближнего поля с последующей экстраполяцией результатов измерений в дальнее поле.

В определенной степени данный метод описан и обоснован в [1] и [2], однако, для определения возникающих при этом погрешностей и неопределенностей измерений и их зависимости от выбранных расстояний для измерений, необходимо провести дополнительные моделирования для некоторых применяемых в терминальных устройствах 5G и выше видов антенных решеток –  $4 \times 1$ ,  $8 \times 2$  и т.д. Целью данного доклада является рассмотрение зависимости диаграммы направленности (ДН) антенной решетки  $8 \times 2$  с расстоянием  $\lambda/2$  между единичными излучателями от измерительного расстояния меньшего значения дальней зоны FF.

## II. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ

Антенная решетка  $8 \times 2$  с расстоянием между излучателями  $\lambda/2$ , представленными в виде комбинации четырех диполей Герца без учета их взаимного влияния.

## III. АНАЛИЗ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ

Рассматриваемая антенная решетка имеет вид, представленный на рис. 1.

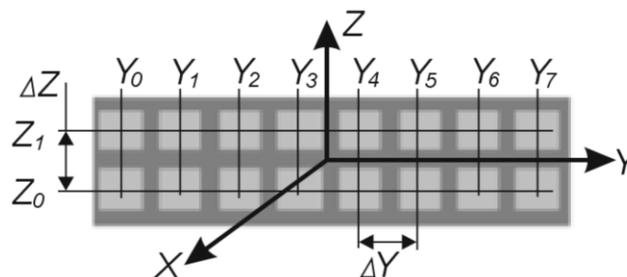


Рис. 1. Вид рассматриваемой антенной решетки  $8 \times 2$

Более точные результаты моделирования указанной решетки могут быть получены путем электродинамического моделирования в соответствующей программе, но для понимания физического смысла с учетом всех составляющих электрического поля в ближней зоне, более удобно воспользоваться классическим описанием антенных решеток, но с представлением единичного патч-излучателя антенны в виде системы диполей Герца, как показано на рис. 2а).

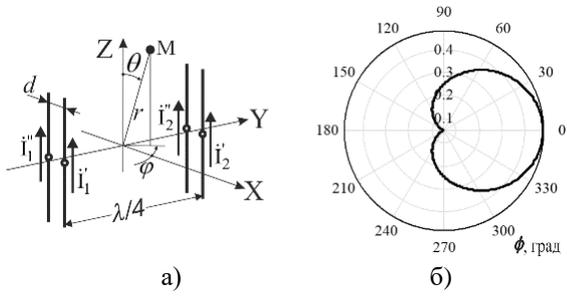


Рис. 2. Представление единичного патч-излучателя антенной решетки в виде системы четырех диполей Герца

При расстоянии вдоль оси  $X$  между излучателями  $d = \lambda/4$  и разностью фаз  $\pi/2$  между токами возбуждения  $I'_1$  и  $I''_1$  (и, соответственно, между  $I'_2$  и  $I''_2$ ), диаграмма направленности излучателя решетки по составляющей  $E(\theta)$  в плоскости  $XOY$  представляет собой кривую, близкую к кардиоиде (рис. 2б), чем учитывается экранирующее влияние подложки антенной решетки больших размеров. С увеличением количества излучателей решетки возможное отличие фактической ДН от указанного модельного представления снижается, и в основном роль играет множитель решетки. При этом указанное представление излучателя решетки позволяет использовать известную зависимость  $\theta$ -составляющей электрического поля, приведенную в [3], и включающую в себя все составляющие поля, включая ближнюю реактивную зону:

$$\dot{E}_\theta = \frac{i \cdot l}{4\pi\omega_a} \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^3 \left[ -j \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^3 + \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 + j \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right) \right] \cos \theta e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}r}$$

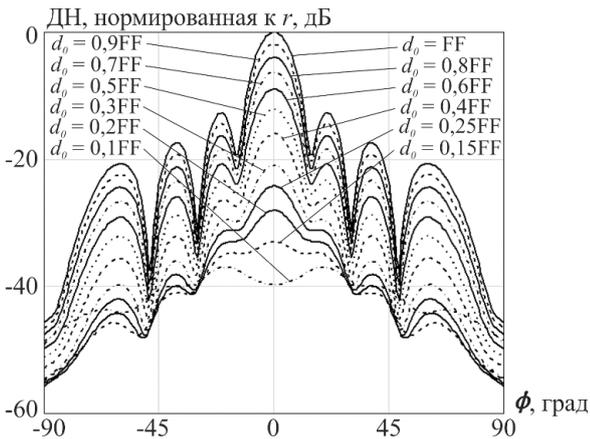


Рис. 3. Зависимость ДН решетки  $8 \times 2$ , нормированной к измерительному расстоянию, от самого измерительного расстояния  $d_0$

Нормировка к измерительному расстоянию ДН решетки производится путем умножения ДН по напряженности электрического поля на множитель  $d_0/FF$ , где  $d_0$  – измерительное расстояние,  $FF = 2D^2/\lambda$  – граница дальней зоны. Рассчитанные ДН решетки вида  $8 \times 2$ , изображенного на рис. 1 для различных значений измерительного расстояния, приведены на рис. 3.

Из рис. 3 следует, что, начиная примерно со значения измерительного расстояния  $d_0 = 0,15FF$ , наблюдается выраженный максимум ДН, который можно найти при трехмерном сканировании. При значениях  $d_0$  более чем  $0,15FF$ , нормированная ДН монотонно растет, и зависимость максимального значения мощности в пике луча можно представить, как показано на рис. 4а.



Рис. 4. Зависимость максимального значения мощности в пике луча от измерительного расстояния

Представленная на рис. 4а зависимость нормированной (компенсирующей потери на трассе) мощности от  $d$  может быть аппроксимирована следующей формулой [2]:

$$P(d) = -0,5b_1d^{-2} + b_2,$$

где  $b_1$  – коэффициенты асимптотического разложения, для оценки которых используются два измерения в одном направлении в точках  $d_1$  и  $d_2$ , как показано на рис. 4б).

Оценка EIRP в дальней зоне FF на расстоянии  $d_f$  на основе этих измерений может быть определена, как [2]:

$$EIRP(d_f) = P(d_1) + \int_{d_1}^{d_f} \frac{\partial P}{\partial d} d\Delta d$$

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная модель антенной решетки вида  $8 \times 2$  позволяет провести оценку EIRP (или EIS) испытуемого устройства на основе измерений на расстояниях, значительно меньших границы дальнего поля. Указанный анализ может быть проведен как на предмет возникающих при этом погрешностей, так и зависимости этих погрешностей от направления пика луча для случая управляемой ДН. По аналогии с данной моделью могут быть созданы модели для решеток других размерностей. При этом представленная модель антенной решетки и метод оценки энергетических параметров требует верификации путем проведения аналогичных расчетов в программах электродинамического моделирования (FEKO, HFSS).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Hh Fan, W., Kyosti, P., Jing, Y., & Wang, Z. (2021). Over-The-Air Testing Metrology of 5G Radios. In T. H. Loh (Ed.), Metrology for 5G and Emerging Wireless Technologies (pp. 285-326). Institution of Engineering and Technology.
- [2] 3GPP TR 38.884 V18.2.0 (2022-09); Study on enhanced test methods for FR2 NR UEs. (Release 18).
- [3] Айзенберг Г.З., Ямпольский В.Г., Терешин О.Н. Антенны УКВ. Под.ред. Г.З. Айзенберга. В 2-х ч. Ч.1. М.: «Связь», 1977. 384 с.