

## СИНТЕЗ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ВИВАЛЬДИ ДЛЯ СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА

И. Г. Рязанов, А. А. Бякин, О. А. Белоусов

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов*

*Рецензент д-р техн. наук, профессор А. В. Иванов*

**Ключевые слова и фразы:** беспроводные системы доступа; диаграмма направленности; излучатели Вивальди; коэффициент стоячей волны; линейная антенная решетка.

**Аннотация:** Рассмотрены методики построения и синтеза линейной, синфазной, эквидистантной антенной решетки, состоящей из излучателей Вивальди, предназначенных для работы в широком диапазоне частот (2 – 10 ГГц). Приведены результаты моделирования антенной решетки для систем беспроводного радиодоступа.

Современные антенные системы работают в различных стандартах передачи информации (WiMAX, EDGE, WCDMA, UMTS, LTE), для каждого из которых необходимо выделить определенные каналы связи. Современные системы передачи данных должны обеспечивать не только многоканальность, но и отвечать требуемым показателям быстродействия, надежности, стоимости.

Вышеперечисленные свойства характерны для антенных решеток (АР), построенных на базе излучателей Вивальди. Данный тип антенн обладает требуемой шириной полосы пропускания и уровнем усиления сигнала. Взготовление излучателя Вивальди имеет высокие показатели технологичности, что положительным образом сказывается на стоимости АР. Конструктивно излучатель состоит из диэлектрической подложки с нанесенными на нее слоями металлизации необходимой формы [4].

Антенна Вивальди представляет собой диэлектрическую подложку, на одну сторону которой нанесен слой металлизации в форме раскрытия антенны. Весь излучатель Вивальди разделим на три зоны, имеющие определенные функции в процессе преобразования и излучения сигнала [3]:

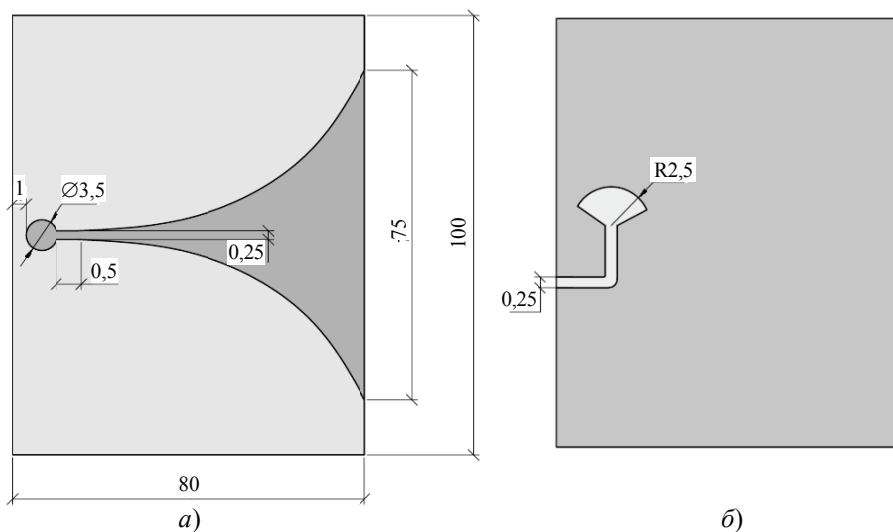
---

Рязанов Илья Георгиевич – магистрант кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», e-mail: chief.ryazanoff2012@yandex.ru; Бякин Алексей Алексеевич – магистрант кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»; Белоусов Олег Андреевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», ТамбГТУ, г. Тамбов.

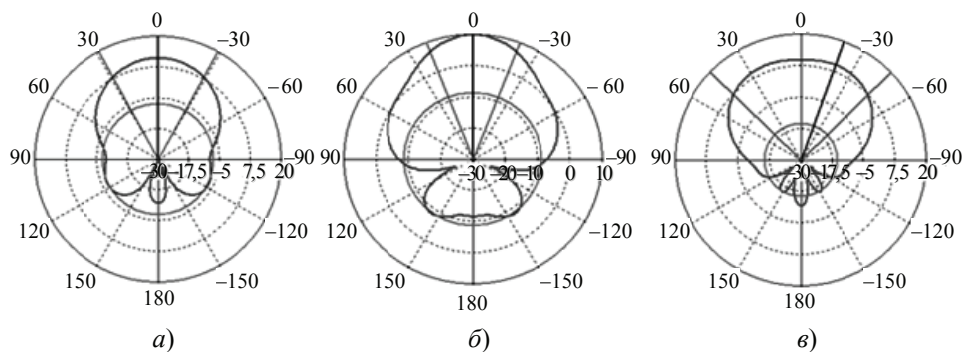
- раскрыв (Taper) – область, сформированная металлизацией, выполняющая функцию излучения сигнала;
- преобразователь (Transition) – зона, в которой несбалансированная полосковая, микрополосковая или коаксиальная линии переходят в сбалансированную щелевую линию, подключенную к раскрыву;
- резонатор (Cavity) – область, расположенная в начале щелевой линии. Данная зона рассматривается отдельно от двух других, так как ее основная функция – согласование электрических характеристик излучателя и питающей линии.

Резонатор расположен в объеме диэлектрической подложки на равном расстоянии от металлизированных поверхностей подложки. На рисунке 1 представлены геометрические размеры антенны и резонатора, рассчитанные в работе [7].

К вышеприведенной антенне применим плоский рефлектор. Диаграмма направленности (ДН) данной антенны, промоделированной в программе CST Studio Suite, представлена на рис. 2.



**Рис. 1. Антенна Вивальди:**  
*а* – излучатель Вивальди; *б* – резонатор



**Рис. 2. Диаграмма направленности излучателя Вивальди на различных частотах, ГГц:**  
*а* – 2; *б* – 3; *в* – 4

Значения коэффициента стоячей волн (**КСВ**) данного излучателя с рефлектором приведены на рис. 3.

Исследуемая АР будет состоять из восьми излучателей Вивальди, расположенных в горизонтальной плоскости. Конструктивно данная решетка может быть выполнена на единой диэлектрической подложке. В работах [1, 5] проведены исследования реальной АР из восьми элементов Вивальди. Конструктивным отличием от решетки, представленной в [1, 6], являются формы раскрытия и резонатора антенны.

На рисунке 4 представлена АР на основе излучателей Вивальди, смоделированная в программе CST Studio Suite. Питаящая линия, подходящая к каждому излучателю, может иметь вид, представленный в [1]. Эта форма питающей линии называется «Широкополосный разделитель мощности Уилкинсона» (*Wideband Wilkinson power divider*).

Произведем симуляцию работы предложенной восьмиэлементной АР в CST Studio Suite (рис. 5) и сравним результаты моделирования с результатами работы изготовленной решетки, приведенными в [1, 2]. На основе анализа полученных данных сделан вывод, что АР из восьми элементов Вивальди обладает усилением порядка 18 – 19 дБ, что является приемлемым показателем для современных стандартов беспроводной передачи данных.

Рассмотрим построение АР, состоящей из нескольких рядов и этажей излучателей, для повышения уровня усиления.

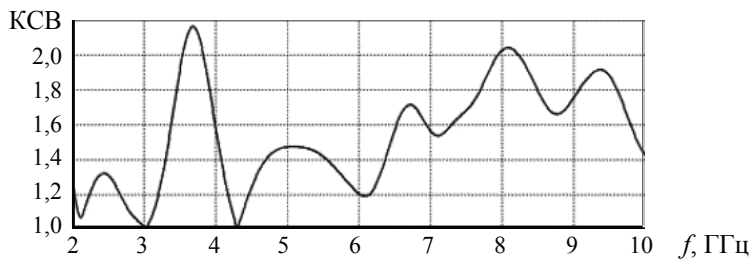


Рис. 3. Зависимость КСВ излучателей Вивальди от частоты  $f$

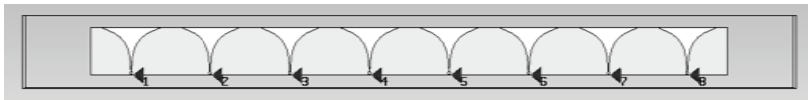


Рис. 4. Вид моделируемой АР на основе излучателей Вивальди

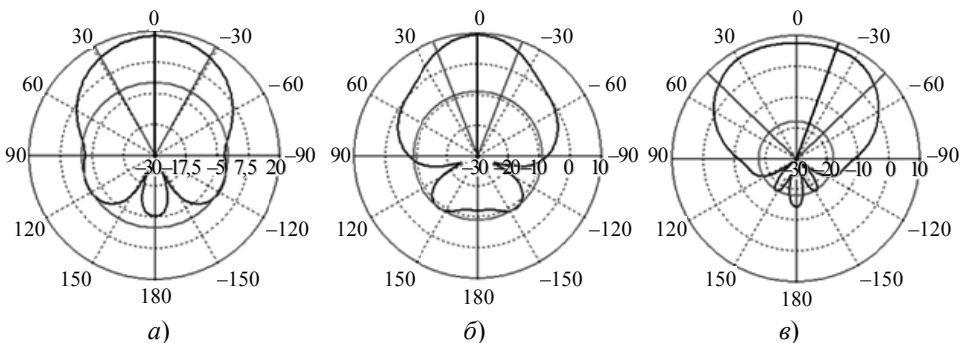


Рис. 5. Диаграмма направленности АР на основе излучателей Вивальди на различных частотах, ГГц:  
а – 2; б – 3; в – 4

Построим АР, состоящую из 25 элементов Вивальди с расстоянием между ними 60 мм по вертикали и 100 мм по горизонтали (рис. 6).

Произведем моделирование работы данной АР на частотах 2,5...4 ГГц. Результаты моделирования приведены на рис. 7, где показана зависимость коэффициента усиления (КУ) от угла раскрытия  $\theta$ . По результатам симуляции сделан вывод, что данная АР имеет усиление порядка 19,3...20,9 дБ на частотах 2,5...4 ГГц.

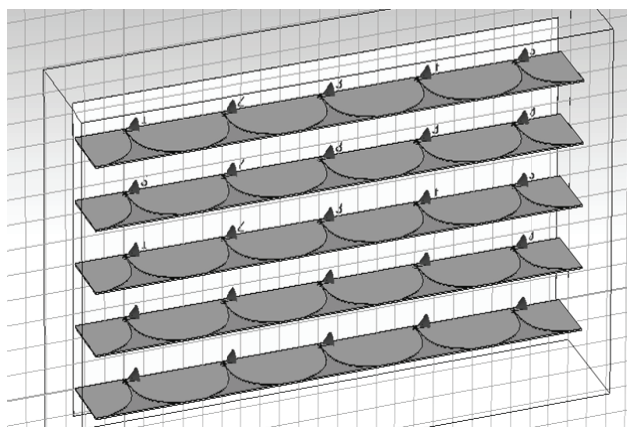


Рис. 6. Модель антенной решетки 5×5

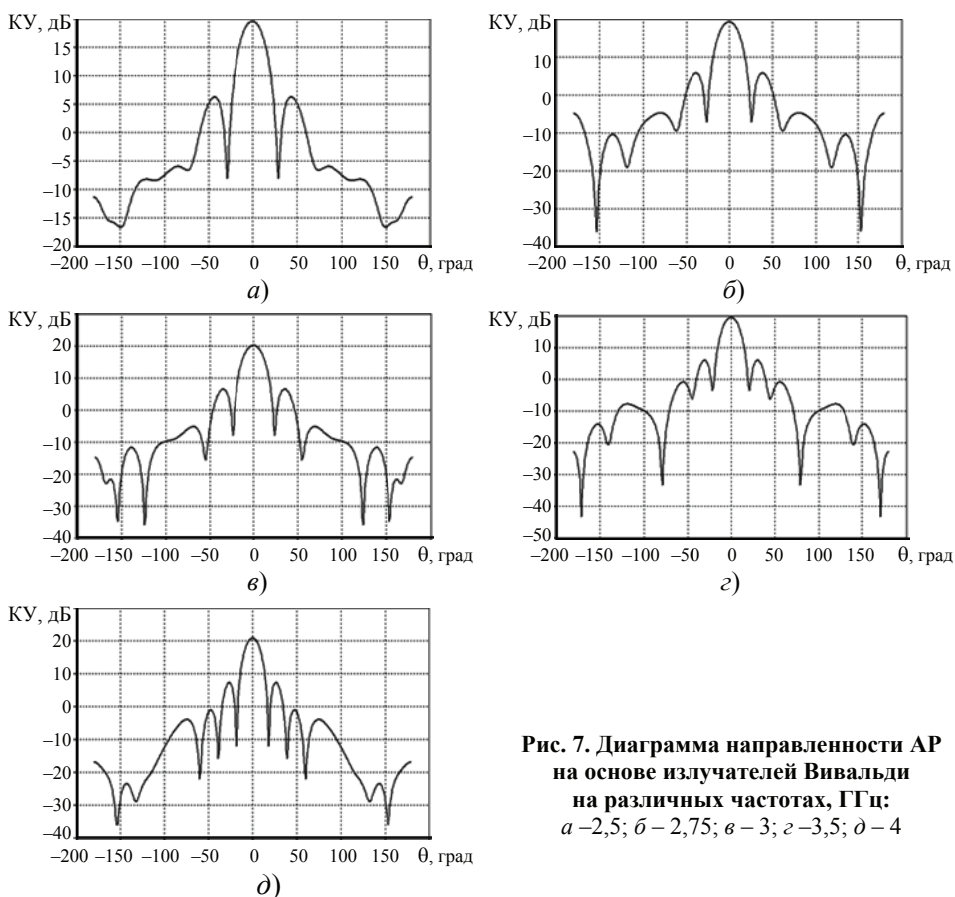


Рис. 7. Диаграмма направленности АР на основе излучателей Вивальди на различных частотах, ГГц: а – 2,5; б – 2,75; в – 3; г – 3,5; д – 4

Следует отметить высокий уровень усиления сигнала на широкой полосе частот, что позволяет использовать данную АР в различных стандартах связи, сохраняя основные характеристики. Учитывая дешевизну и технологичность производства антенн Вивальди, данный тип антенн рекомендован для использования в современных беспроводных системах связи.

Дальнейшее развитие рассмотренной АР основывается на использовании в каждом тракте излучателя цифро-аналогового преобразователя, что позволит построить систему формирования цифровой ДН на основе АР Вивальди.

#### *Список литературы*

1. Janaswamy, R. Analysis of the Tapered Slot Antenna / R. Janaswamy, D. Schaubert // IEEE Trans. AP. – 1987. – Vol. 35. – P. 1058 – 1065.
2. Wang, Yazhou. Design of a Compact Tapered Slot Vivaldi Antenna Array for See Through Concrete Wall UWB Applications / Yazhou Wang, Aly E. Fathy // U.R.S.I. : XXIX General Assembly, 7 – 16 August 2008, Chicago, USA / International Union of Radio Science, Union Radio Scientifique Internationale. – URL : <http://www.ursi.org/proceedings/procGA08/papers/BP20p8.pdf>.
3. Gross, Frank B. Frontiers in Antennas: Next Generation Design & Engineering / Frank B. Gross. – The McGraw-Hill Companies, 2011. – 526 с.
4. Microstrip Antenna Design Handbook / R. Garg [at al.]. – Artech House, 2000. – 845 с.
5. Фролов, А. А. Моделирование характеристик антенн СВЧ-диапазона / А. А. Фролов, С. В. Гирич, В. П. Заярный // Изв. Волгоград. гос. ун-та. – 2008. – № 4. – С. 112 – 114.
6. Сысоев, А. Н. Математическая модель передающей КФАР / А. Н. Сысоев // Антенны. – 2002. – № 11. – С. 28 – 29.
7. Рязанов, И. Г. Анализ и синтез широкополосной планарной щелевой антенны с экспоненциальным изменением ширины щели для систем широкополосного доступа // И. Г. Рязанов, А. А. Бякин, О. А. Белоусов // Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В.И. Вернадского. – 2013. – № 2(46). – С. 297 – 306.

---

### **Synthesis of Antenna Array with Vivaldi Radiators for Wireless Broadband Systems**

**I. G. Ryazanov, A. A. Byakin, O. A. Belousov**

*Tambov State Technical University, Tambov*

**Key words and phrases:** linear array antenna; radiation pattern; Vivaldi radiators; voltage standing wave ratio; wireless access systems.

**Abstract:** This article describes a technique of construction and in-phase synthesis of linear, equidistant antenna array consisting of Vivaldi radiators designed to operate over a wide frequency range (2 – 10 GHz). Simulation results for the array of wireless radio access have been described.

---

© И. Г. Рязанов, А. А. Бякин, О. А. Белоусов, 2013