

**ВЛИЯНИЕ ВСТАВОК ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ ФОРМЫ НА КРОМКЕ ИЗЛУЧАТЕЛЯ ВИВАЛЬДИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ**

*В статье рассмотрено улучшение характеристик излучения излучателя Вивальди благодаря использованию эллиптических вставок на его кромке. Показано влияние такой формы кромки на коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) и коэффициент усиления (КУ) излучателя в составе бесконечной антенной решетки. Характеристики излучения получены в сверхширокой полосе (СШП) частот. В ходе исследования определено, что введение вставок эллиптической формы на кромках излучателя Вивальди шириной 2 мм и длиной 3 мм позволяет расширить рабочую полосу частот по уровню КСВН  $\leq 3$ , а также улучшить средний уровень согласования. При этом коэффициент перекрытия по уровню КСВН  $\leq 3$  возрастает с 2,943 до 3,401.*

*Излучатель Вивальди, КСВН, КУ, СШП, антенная решетка.*

## **EFFECT OF ELLIPTICAL SHAPE INSERTS ON THE EDGE OF THE VIVALDI RADIATOR ON RADIATION CHARACTERISTICS**

*The article presents the improvement of the radiation characteristics of the Vivaldi radiator due to the use of elliptical inserts on its edge. The influence of this edge shape on the voltage standing wave ratio (VSWR) and realized gain (RG) of the radiator as part of an infinite antenna array is shown. The radiation characteristics were obtained in an ultra-wide frequency band.*

*The research determined that the introduction of elliptical inserts on the edges of the Vivaldi radiator with a width of 2 mm and a length of 3 mm makes it possible to expand the operating frequency band in terms of  $VSWR \leq 3$ , as well as improve the average level of matching. At the same time, the overlap ratio at the level of  $VSWR \leq 3$  increases from 2.943 to 3.401.*

*Vivaldi radiator, VSWR, realized gain, ultra-wideband, antenna array.*

### **Введение**

На сегодняшний день существует много задач по разработке антенных решеток в различных сферах: радиоэлектронная борьба, радиолокация, управление летательными аппаратами. Важно, чтобы антенная решетка могла работать в широкой или даже сверхширокой полосе частот.

Антенная решетка состоит из излучателей, каждый из которых должен обладать малыми массо-габаритными параметрами и обеспечивать требуемые характеристики излучения в рабочей полосе частот. С этими задачами отлично справляются излучатели на основе антенны Вивальди [1].

Антиподный излучатель Вивальди представляет собой экспоненциально расширяющуюся щель, выполненную из металлических слоев, которые располагаются на разных сторонах диэлектрической подложки. Благодаря простой конструкции и возможности работы в сверхширокой полосе частот антенны и излучатели Вивальди применяются в радиоастрономии, ТВ-системах и системах мобильной спутниковой связи [2].

Важную роль играет форма излучателя Вивальди – именно она во многом определяет его характеристики излучения. Использование прямоугольных вырезов и вставок позволяет расширить рабочую полосу частот и улучшить согласование [3-4]. Введение синусоидального рифления кромки излучателя Вивальди позволяет увеличить коэффициент перекрытия [5].

Таким образом, изменение кромки главных лепестков излучателя Вивальди является довольно распространенным способом улучшения характеристик излучения. Целью данной работы являлось исследование влияния эллиптических вставок на кромке излучателя Вивальди на его КСВН и КУ.

### Основная часть

#### 1. Излучатель Вивальди без эллиптических вставок

В работе за основу взят излучатель Вивальди без рифления из [5]. Размер ячейки решетки  $100 \text{ мм} \times 120 \text{ мм} \times 185 \text{ мм}$ . Подложка выполнена из материала RT/duroid 5880, а питание производится с помощью коаксиального кабеля (рис. 1).

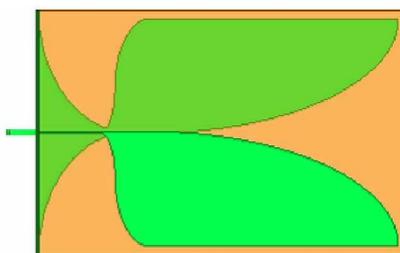


Рис. 1. Излучатель Вивальди без эллиптических вставок

Рассмотрим КСВН (рис. 2, а)) и КУ (рисунки 2, б)) данного излучателя в диапазоне от 200 до 1000 МГц.

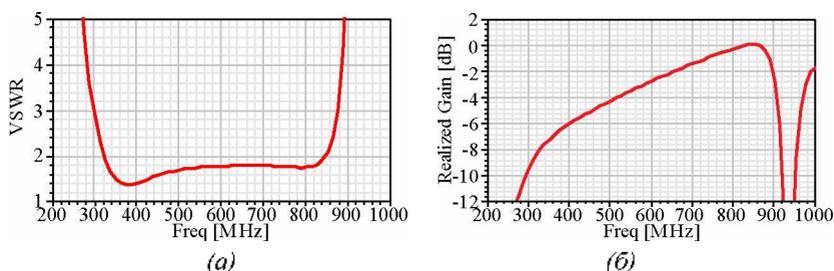


Рис. 2. КСВН а) и КУ б) излучателя Вивальди без эллиптических вставок

Согласно рис. 2, а), рабочая полоса частот излучателя Вивальди без эллиптических вставок находится в пределах от 297,2 до 874,7 МГц по уровню КСВН  $\leq 3$ . Коэффициент перекрытия (КП), определяемый как отношение

верхней граничной частоты к нижней, равен 2,943. Как видно из рис. 2, б), КУ в указанной полосе частот находится в пределах от -9,71 до 0,03 дБ.

## 2. Исследование влияния эллиптических вставок по краям излучателя

Конструкция излучателя с эллиптическими вставками представлена на рис. 3. Размер вставок 2 мм × 3 мм, а количество равно 35 с каждой стороны. Эллиптические вставки расположены с периодом 4 мм.

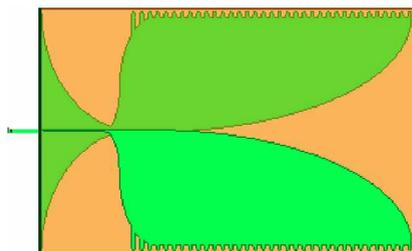


Рис. 3. Излучатель Вивальди с эллиптическими вставками размером 3 мм

В ходе работы определено, что введение эллиптических вставок шириной 1, 2 и 4 мм не приводит к значительному расширению рабочей полосы частот, однако снижает средний уровень КСВН. Рассмотрим результаты при ширине вставок 3 мм (рис. 4, а) и б)).

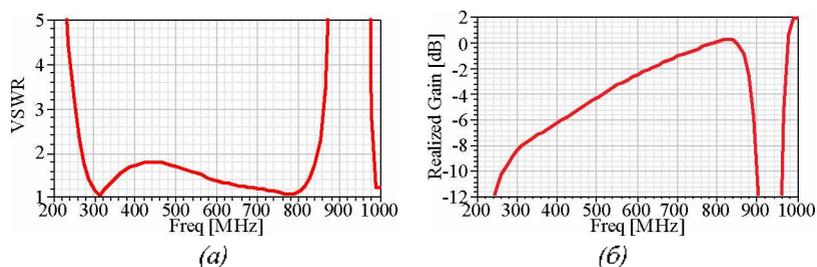


Рис. 4. КСВН а) и КУ б) излучателя Вивальди с эллиптическими вставками

Из рис. 4, а) можно определить, что рабочая полоса частот излучателя Вивальди без эллиптических вставок находится в пределах от 252,2 до 857,7 МГц по уровню КСВН  $\leq 3$  (КП равен 3,401). КУ в указанной полосе частот находится в пределах от -11,10 до 0,21 дБ, как видно из рисунка 4 (б).

Анализ проведенных исследований показывает, что рабочая полоса частот излучателя с эллиптическими вставками даже по уровню КСВН  $\leq 2$  оказывается шире и располагается в пределах от 269,9 до 843,5 МГц (КП = 3,125). При этом, если рассмотреть средний уровень КСВН в рабочей полосе частот, у излучателя с эллиптическими вставками он окажется ниже по сравнению с излучателем без вставок. Так, средний уровень КСВН СШП излучателя с эллиптическими вставками располагается ниже уровня КСВН = 1,6 практически во всей рабочей полосе частот.

Таким образом, излучатель Вивальди с эллиптическими вставками, как и излучатель без вставок, будет являться сверхширокополосным, однако его согласование будет лучше. КУ обоих излучателей в рабочей полосе частот изменяется слабо.

### **Выводы**

Использование эллиптических вставок размером 3 мм × 2 мм позволяет расширить рабочую полосу частот излучателя Вивальди. Так, КП по уровню КСВН  $\leq 3$  возрастает с 2,943 до 3,401. При этом, излучатель является сверхширокополосным как по уровню КСВН  $\leq 3$ , так и по уровню КСВН  $\leq 2$ , следовательно среднее значение согласования у излучателя со вставками лучше.

**Работа выполнена в Центре коллективного пользования «Прикладная электродинамика и антенные измерения» Южного федерального университета в г. Таганрог.**

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. *P. Gibson*, "The Vivaldi aerial," in *Proc. 9th Eur. Microw. Conf.*, vol. 1, 1979, pp. 101-105.
2. *Зырянов Ю. Т., Федюнин П. А., Белоусов О. А. [и др.]* Антенны: учебное пособие для вузов — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 412 с.
3. *Kosak R. E. and Gevorikyan A. V.* "Research of Ways to Improve Radiation Characteristics of Phased Array Radiator Based on Vivaldi Antenna," 2021 Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves (RSEMW), 2021, pp. 211-214.
4. *Косак Р. Э., Геворкян А. В., Юханов Ю. В.* Излучатель фазированной антенной решетки узкоугольного сканирования // Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении (КомТех-2022): Материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным

участием имени профессора О.Н. Пьявченко в двух томах. Том 2. – Таганрог: Южный федеральный университет, 2022. – с. 258-263.

5. *Косак Р. Э.* Влияние синусоидального рифления кромки излучателя Вивальди на характеристики излучения // Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении (КомТех-2023): Материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием имени профессора О.Н. Пьявченко в двух томах. Том 2. – Таганрог: Южный федеральный университет, 2023. – с. 124-129.

**Косак Роман Эдуардович**, аспирант, заведующий лабораторией кафедры ЛирППУ ИРТСУ ЮФУ, Россия, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, 347922, телефон: +7 (8634) 37-17-33, email: [kosak@sfedu.ru](mailto:kosak@sfedu.ru).

**Kosak Roman Eduardovich**, postgraduate student, head of the laboratory of the Department of Antennas and Radiotransmitting Devices IRESC SFU, Russia, Taganrog, Nekrasovsky lane, 44, 347922, phone: +7 (8634) 37-17-33, email: [kosak@sfedu.ru](mailto:kosak@sfedu.ru).