

УДК 621.396

ПРИМЕНЕНИЕ МУЛЬТИФОКУСИРОВАННЫХ АНТЕНН В ЗАДАЧАХ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ



Ю.Е. Седельников
Профессор кафедры
Радиофотоники и
микроволновых технологий
КНИТУ-КАИ, доктор
технических наук, профессор
sedhome2013@yandex.ru



Д.А. Веденькин
Доцент кафедры
Радиофотоники и
микроволновых
технологий КНИТУ-КАИ,
кандидат технических
наук, доцент
denis_ved@mail.ru



А.Ф. Гильфанова
Аспирант кафедры
Радиофотоники и
микроволновых технологий
КНИТУ-КАИ
gilfanova-almira@mail.ru

Ю.Е. Седельников

Окончил Казанский авиационный институт. Область научных интересов связана с оценкой электромагнитной совместимости, разработкой и анализом антенн и СВЧ устройств и их технических приложений.

Д.А. Веденькин

Окончил Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ. Область научных интересов связана с оценкой электромагнитной совместимости, разработкой и анализом антенн и СВЧ устройств, методами обработки информации и статистической теорией радиотехнических систем.

А.Ф. Гильфанова

Окончила Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ. Область научных интересов связана с анализом антенн и СВЧ устройств, методами передачи и обработки информации в телекоммуникационных сетях.

Аннотация. Рассмотрен способ фокусировки электромагнитной энергии в несколько точек в области зоны ближнего излученного поля за счет работы системы на нескольких частотах. Представлены результаты моделирования антенной решетки, сфокусированной в две точки пространства. Продемонстрированные иллюстрации показывают возможность формирования нескольких максимумов энергии поля в заданных областях пространства. Подобные антенные системы могут с применением эффекта мультифокусировки может усовершенствовать измерения температуры в задачах диагностики различных патологий.

Ключевые слова: сфокусированные антенны, область фокусировки, мультифокусировка, зона ближнего излученного поля, распределение поля.

Введение. В настоящее время все больший интерес в теории и технике антенн вызывает область ближнего излученного поля, а также возможность формирования сфокусированного излучения на расстояниях близких к геометрическим размерам апертуры. Это обусловлено тем, что системы, работающие в области ближнего излученного поля, широко распространены в различных областях жизни человека, в том числе в медицине [1]. Диагностика по средствам измерения температуры тела, а также температуры внутренних тканей биологического объекта является одной из важных задач. На сегодняшний день существует множество работ, в которых изучались различные методы повышения эффективности диагностики с помощью радиотермометрии: авторы

исследовали влияние типа антенны, размеров апертуры, а также использования принципа фокусировки на качество измерений [2-3]. В данной работе используется другой подход к усовершенствованию измерения температуры внутренних тканей биологических объектов – применение эффекта мультифокусировки.

Мультифокусированные антенны. В качестве оптимизации диагностики различных патологий в данной работе предлагается применение мультифокусированных антенных систем. Такие системы способны формировать несколько максимумов излучения в зоне ближнего излученного поля (рисунок 1), что открывает новые возможности в задачах терапевтического воздействия на ткани биологических объектов [4-5], а при реализации соответствующих фазовых задержек осуществлять одновременную радиотермометрию нескольких пространственно-разнесенных областей конечных размеров в тканях биологического объекта.

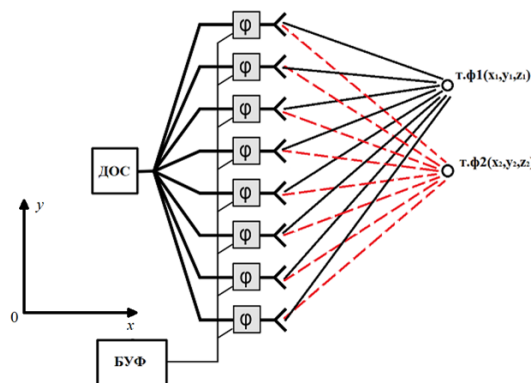


Рисунок 1. Мультифокусированная антенная решетка с многочастотным излучением, ДОС – диаграммо-образующая схема, БУФ – блок управления фазами

Рассмотрим модель антенны, сфокусированной в две точки пространства $F_1 = (9 \text{ см}, -0.9 \text{ см})$ и $F_2 = (9 \text{ см}, 0.9 \text{ см})$. Это становится возможным при следующих параметрах моделирования: частоты $f_1 = 95 \text{ ГГц}$ и $f_2 = 105 \text{ ГГц}$, количество излучателей — 21, размер апертуры — 6 см, расстояния до точек фокусировки — 9 см, расстояние между точками фокусировки — 1.8 см.

При заданных параметрах системы получаем следующее пространственное распределение областей приема энергии электромагнитных полей в задаче радиотермометрии (рисунок 2). На представленном рисунке имеются два ярко выраженных максимума, которые соответствуют заданным точкам фокусировки F_1 и F_2 .

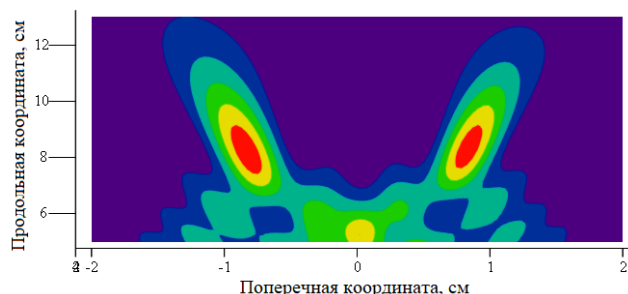


Рисунок 2. Пространственное распределение энергии электромагнитного поля, сфокусированного в две точки пространства F_1 и F_2 на частотах f_1 и f_2 , соответственно

Рассмотрим картину распределения областей приема энергии электромагнитных полей вдоль оси, параллельной линейной антенне и проходящей через обе точки фокусировки. Данная картина представлен на рисунке 3, где отчетливо видны два максимума энергии поля в точках фокусировки F_1 и F_2 .

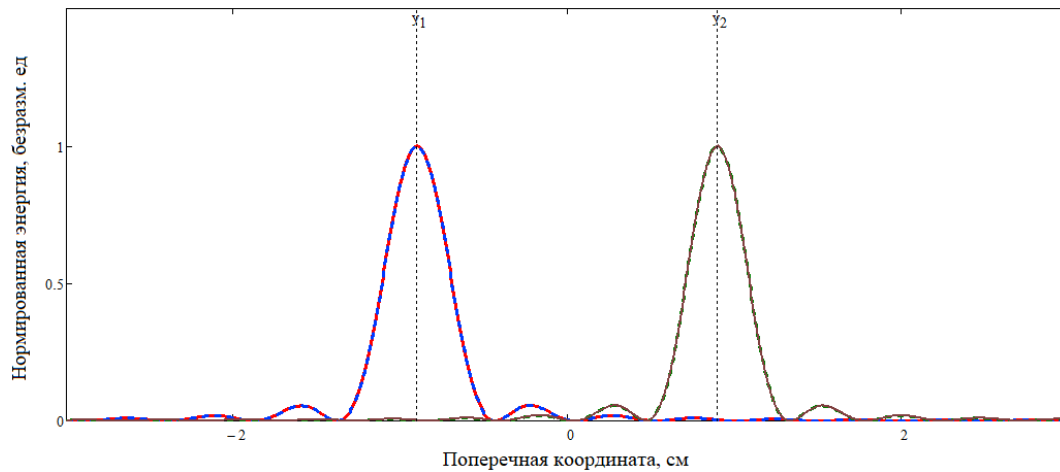


Рисунок 3. Распределение энергии электромагнитных полей по поперечной координате, синим с красным цветами обозначено распределение области приема энергии электромагнитного поля на частоте f_1 и зеленым обозначено распределение области приема энергии электромагнитного поля на частоте f_2

Рассмотрим возможность осуществления радиотермометрии областей конечных размеров, располагающихся на различных фокусных расстояниях (рисунок 4).

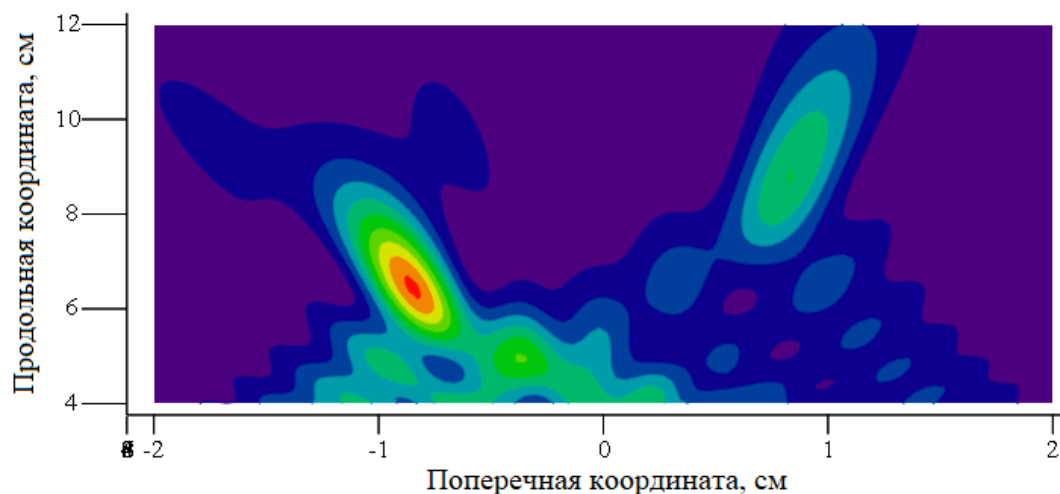


Рисунок 4. Пространственное распределение областей приема энергии электромагнитных полей при асимметричном расположении точек фокусировки

В этом случае можно отметить, что в точке $F_1 = (6 \text{ см}, -0.9 \text{ см})$ возможность приема энергии электромагнитного поля выше, чем в точке $F_2 = (9 \text{ см}, 0.9 \text{ см})$. Этот эффект можно обосновать тем, что расстояние от апертуры до точки F_1 меньше, чем до точки F_2 , и следовательно принимаемая энергия электромагнитного поля в области F_1 выше.

Заключение. Возможность приема энергии электромагнитных полей из сразу нескольких заданных областей пространства открывает новые возможности применения сфокусированных антенн, в частности в области медицинской диагностики. Таким образом, применение мультисфокусированных антенных систем в области радиотермометрии может позволить оптимизировать процесс измерения температуры тела и внутренних тканей биологических объектов, что позволит повысить эффективность диагностики различных патологий.

Список литературы

- [1] Седельников Ю. Е., Тестоедова Н. А. Антенны, сфокусированные в зоне ближнего излученного поля: монография. Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т., 2015. – 308 с.
- [2] Седельников Ю. Е., Кубланов В. С., Потапова О. В. Сфокусированные антенны-аппликаторы в задачах диагностической радиотермометрии // Журнал радиоэлектроники, 2018, № 7. – С. 1-7.
- [3] Седельников Ю. Е., Потапова О. В., Садыков А. Р., Скачков В. А. Сфокусированные антенны в задачах контактной радиотермометрии // Журнал радиоэлектроники, 2021, № 3. – С. 1-26.
- [4] Гильфанова А. Ф. Формирование мультисфокусированного излучения // Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы - 2024: Сборник тезисов докладов XI Международной молодежной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Казань, 11–12 апреля 2024 года. Казань: ИП Сагиев А.Р., 2024. – С. 69–70.
- [5] Седельников Ю. Е., Веденькин Д. А., Гильфанова А. Ф. Применение метода Ильина-Морозова и в задачах формирования мультисфокусированного электромагнитного излучения // BIG DATA и анализ высокого уровня: Сборник научных статей IX международной научно-практической конференции: в 2х частях, Минск, 17–18 мая 2023 года. Минск: Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2023. – С. 261–266.

Авторский вклад

Седельников Юрий Евгеньевич – руководство исследованием по оценке качества работы мультисфокусированных антенн.

Веденькин Денис Андреевич – постановка задачи исследования, описание принципа работы сфокусированных апертур в зоне ближнего излученного поля, анализ полученных результатов.

Гильфанова Альмира Фанисовна – моделирование антенной системы с использованием эффекта мультисфокусировки, формирование структуры статьи.

APPLICATION OF MULTIFOCUSED ANTENNAS IN MEDICAL DIAGNOSTIC PROBLEMS

Y.E. Sedelnikov

*Professor of Radiophotonics and
Microwave Technologies
Department of KNRTU-KAI,
Doctor of Technical Sciences,
Professor*

D.A. Vedenkin

*Associate Professor of
Radiophotonics and Microwave
Technologies Department KNRTU-
KAI, PhD, Associate Professor*

A.F. Gilfanova

*Postgraduate student of
Radiophotonics and Microwave
Technologies Department of
KNRTU-KAI*

Abstract. The method of focusing electromagnetic energy to several points in the region of the near radiated field zone due to the operation of the system at several frequencies is considered. The results of modeling of the antenna array focused in two points of space are presented. The demonstrated illustrations show the possibility of forming several field energy maxima in given regions of space. Such antenna systems can improve temperature measurements in diagnostics of various pathologies by using the effect of multifocusing.

Keywords: focused antennas, focusing area, multifocusing, near radiated field zone, field distribution.