



Акционерное общество
«Особое конструкторское бюро Московского энергетического института»
(АО «ОКБ МЭИ»)

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Бельковича Игоря Викторовича, кандидата физико-математических наук, нач. лаборатории бортовых антенн и антенных решеток АО «ОКБ МЭИ», на диссертацию Фам Ван Чунг «Широкополосные излучающие системы на основе круглого волновода», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии»

Диссертационная работа Фам Ван Чунг «Широкополосные излучающие системы на основе круглого волновода» посвящена исследованию широкополосных СВЧ-структур и устройств, возбуждающих и излучающих волны на основе высших мод круглого волновода. Тематика работы является актуальной и полезной ввиду получаемых электродинамических свойств таких структур, в частности, хорошая симметрия диаграммы направленности. Однако исследования, посвященные данной тематике, нечасто встречаются в литературе в силу ограниченности решаемых с помощью таких устройств практических задач.

Целью диссертационной работы является разработка, оптимизация параметров и исследование достижимых частотных характеристик широкополосных возбуждателей и излучателей на основе круглого волновода с рабочими модами E_{01} , H_{01} , HE_{11} , позволяющих получить стабильные характеристики согласования и излучения в широкой полосе рабочих частот.

Актуальность. Излучающие структуры с модами E_{01} , H_{01} часто применяются в системах автосопряжения, так как они позволяют сформировать разностную диаграмму направленности для моноимпульсного

режима. Помимо этого, такие антенны находят применение, например, в составе систем передачи информации на корпусах летательных аппаратов. Формируя диаграмму направленности с провалом, они позволяют оптимизировать энергетические характеристики радиолинии. Излучатели с модой HE_{11} в основном используются как облучатели зеркальных антенн, что обусловлено в первую очередь хорошей симметрией диаграмм направленности и низким уровнем кроссполяризации.

Известные возбудители (преобразователи) и излучатели мод E_{01} , H_{01} и HE_{11} имеют либо узкую полосу рабочих частот, либо сложную конструкцию и большие габариты, что усложняет их применение на практике. Судя по публикациям, достижимая относительная полоса частот возбудителей мод E_{01} , H_{01} составляет порядка 40%, при этом сами возбудители имеют ограниченные возможности по настройке и выбору типа возбуждающей линии. Также увеличение рабочей полосы частот или, например, формирование двухдиапазонного стабильного излучения в рупорах с рабочей модой HE_{11} приводит к существенному усложнению их конструкции и, соответственно, удорожанию производства. При этом во многих современных системах, в том числе системах спутниковой связи с автосопровождением, требуется объединение двух и трех рабочих диапазонов. Достижение стабильных характеристик СВЧ-трактов и излучателей простой конструкции с высшими модами в широкой полосе частот является сложно выполнимой задачей.

Таким образом задача исследования частотных характеристик известных излучателей и разработки новых типов широкополосных возбудителей и излучателей на основе круглого волновода с рабочими модами E_{01} , H_{01} , HE_{11} является **актуальной**.

Новизна работы заключается в получении на основе проведенных подробных исследований СВЧ-устройств с недостижимыми ранее характеристиками – широкополосных излучателей и трансформаторов высших мод круглого волновода. **Практическая значимость** результатов диссертации обусловлена разработкой СВЧ-устройств с важными для

применения на практике параметрами – хорошее согласование и низкие потери в широкой полосе рабочих частот, стабильные диаграммы направленности, относительно простая конструкция. Такие результаты имеют существенное значение для области радиосвязи.

Достоверность результатов исследований в диссертационной работе подтверждается использованием для численного моделирования апробированных методов (конечных элементов и конечных разностей во временной области) в известных САПР, сопоставлением между собой результатов, полученных разными методами, а также сопоставлением результатов моделирования и измерений экспериментальных образцов. Выводы, сформулированные в диссертации, получили квалифицированную **апробацию** на международных и российских научных конференциях и семинарах.

Результаты диссертационной работы докладывались на Международной конференции «2021 Systems of signals generating and processing in the field of on board communications», Moscow. March. 2021; Международной конференции «2021 Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves (RSEMW)», Divnomorskoe, Krasnodar Region, Russia, June, 2021 и Московском семинаре по электродинамике и антеннам им. Я.Н. Фельда.

Основные новые результаты работы:

1. Разработаны широкополосные возбуждители мод E_{01} и H_{01} с волноводным и коаксиальным входом. Достигнуты значения относительной рабочей полосы частот порядка 50% для волноводного входа, несколько меньше – для коаксиального входа.

2. Разработана оригинальная конструкция рупора с двумя вариантами анизотропной пластины, в результате исследований и оптимизации которой получена структура, обеспечивающая стабильное излучение мод E_{01} и H_{01} с низким уровнем кроссполяризованной составляющей в полосе частот более 20%.

3. Разработаны два металлодиэлектрических рупора с рабочей модой HE_{11} , рабочая полоса частот которых достигает 100%.

Основные результаты являются **новыми и отражены** в 6 научных публикациях, в том числе 5 – в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, из них 3 – в журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, 1 - в трудах Международных конференций, из них 1 - входящая в базу данных Scopus. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации составил 63 страниц.

Диссертационная работа имеет ряд недостатков:

1. Отсутствие внутренней логики работы, некая разрозненность представления результатов.

2. Не раскрыта информация о применяемых методах расчёта, используемых ограничениях и допущениях электродинамических моделей – порты, граничные условия, количество учитываемых мод, сетка разбиения, точность и так далее.

3. Во всех главах и результатах – не раскрывается понятие «потерь», что является важным фактором для инженеров-радиотехников. Что учитывается и оценивается – потери на рассогласование, развязку, омические потери? Многие исследуемые структуры содержат диэлектрики, что как правило вносит весомый вклад в суммарные потери (на стр.38, например, говорится про возбуждатель из латуни, в остальных разделах, судя по всему, идеальный металл).

4. Не рассматривается конструктивная реализация устройств, некоторые из которых представляют собой практически конструкции, которые практически невозможно изготовить без применения сложных и уникальных технологических процессов.

5. Во всех расчетах приводится сравнение метода конечных элементов и метода конечных разностей во временной области. При этом нигде не делаются выводы – в чем сходства, отличия, причины возникающей разницы

в результатах, какой метод является предпочтительным для решаемых задач и почему.

6. В разделах с излучателями исследуются возможности оптимизации конструкции для достижения согласования и симметрии диаграммы направленности в широкой полосе частот. При этом игнорируется важнейший вопрос – получение требуемой ширины диаграммы направленности и коэффициента усиления, что особенно актуально для рупора с модой HE_{11} в главе 3, так как такие рупоры наиболее часто применяются в качестве облучателей зеркальных антенн, где всегда требуется определенная ширина ДН. Неясно, имеется ли в принципе возможность получения требуемой ширины ДН.

7. В главе 1 рассматриваются два варианта возбудителей моды E_{01} и коаксиально-волноводный переход. Возбудители имеют относительную полосу 39% и 48%, при этом после соединения с КВП, рабочая полоса которого составляет 49%, полоса первого расширилась до 55%, а второго сузилась до 44%. Отсутствует исследование и объяснение данного эффекта.

8. Для многих излучателей отсутствуют кроссполяризационные ДН (особенно актуально для рупоров в главе 3). В главе 2, где такие ДН приводятся, непонятно, к чему они нормированы.

9. Имеются опечатки, на многих графиках имеются никак не поясняемые выделения и стрелки.

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования Фам Ван Чунг.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Тематика проведенного исследования соответствует паспорту специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Диссертационная работа «Широкополосные излучающие системы на основе круглого волновода» отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Фам Ван Чунг

заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Официальный оппонент

кандидат физико-математических наук,
нач. лаб. бортовых антенн и антенных решеток
АО «ОКБ МЭИ»



Белькович И.В.

«31» августа 2021 г.

Рабочий адрес: 111250, Россия, г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Телефон: +79152317992

Электронная почта: igor-belkovich@yandex.ru

Подпись и реквизиты Бельковича И.В.
заверяю:

