

## ОТЗЫВ

официального оппонента

Климова Константина Николаевича

на диссертационную работу Сороковика Данила Вячеславовича  
«Анализ процессов нестационарного излучения вибраторных антенн с  
применением качественных методов»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ  
устройства и их технологии».

Целью диссертационной работы Сороковика Д.В. является анализ нестационарных полей вибраторных антенн с использованием методов качественной теории обыкновенных дифференциальных уравнений. Значительное внимание в работе уделяется качественному анализу силовых линий электрического поля и траекторий вектора Пойнтинга электрического диполя. Как известно, с анализа излучения электрического диполя Г.Герцем началось развитие теории и практики антенной техники. Результаты Г.Герца используются по настоящее время в учебниках по электродинамике для наглядного описания процесса излучения с помощью силовых линий. Диссертант устанавливает связь между оригинальной работой Г.Герца и современными исследованиями, применяя качественные методы к анализу полей диполя при его возбуждении сигналами произвольной формы. Поэтому работа Сороковика Д.В. представляет не только методический, но и научный интерес. Ее актуальность следует рассматривать с позиций применения сверхширокополосных сигналов в радиолокации, технике связи, радиоизмерениях и стимулируемым этими приложениями развитием теории антенн.

Диссертация содержит введение, три главы, заключение, список литературы и приложений. Рассмотрим содержание диссертации, одновременно анализируя ее научные и практические результаты.

**Во введении** приведены обоснование актуальности работы, , цель и задачи диссертации, оценка ее научной и практической ценности, положения, выносимые на защиту и апробация результатов работы.

**В первой главе** дан обзор методов анализа нестационарных электромагнитных полей. Отмечено, что применение методов качественного анализа к изучению нестационарных полей антенн – новое и актуальное направление исследований теории антенн.

**Во второй главе** проведен качественный анализ излучения электрического диполя при произвольной зависимости дипольного момента от времени. В гармоническом режиме излучения проведено сопоставление со статьей Г.Герца и обнаружена ее неточность, заключающаяся в том, что одна из картин силовых линий, рассчитана для более позднего момента времени, нежели указано в статье Г.Герца. В общем случае возбуждения диполя выполнен локальный анализ силовых линий и линий вектора Пойнтинга, а также глобальный анализ для конкретных временных зависимостей дипольного момента. Полученные результаты представляют научный и учебно-методический интерес.

Также в этой главе изучен актуальный вопрос о скоростях движения импульсов при прохождении их через зону индукции диполя. Поскольку понятие групповой скорости для коротких импульсов теряет смысл, автор рассмотрел движение характерных точек импульса: нулей и экстремумов компонент поля и вектора Пойнтинга. Показано, что в зоне индукции диполя возможны сверхсветовые режимы движения характерных точек импульса, однако это не означает передачу информации со сверхсветовой скоростью, так как при приближении к фронту импульса мгновенные скорости нулей и экстремумов поля и вектора Пойнтинга стремятся к скорости света в вакууме.

Рассмотрение этого вопроса стимулировано экспериментальными работами по измерению скоростей движения полей вблизи антенн и полученные результаты могут быть использованы для интерпретации экспериментальных данных.

В третьей главе рассматриваются задачи излучения тонкого вибратора конечной длины и системы параллельных вибраторов при гармоническом возбуждении, а также приводится оценка возможности обобщения метода качественного анализа на однородные среды с малыми потерями. Из результатов этой главы выделим следующие.

Показано, что обнаруженное Г.Герцем явление формирования в непосредственной близости от диполя вихревых силовых линий, окруженных силовыми линиями, замкнутыми на концы диполя, сохраняется вблизи вибратора конечной длины, пока длина плеча менее четверти длины волны. Выяснено, что при увеличении длины плеча вибратора типы особых точек сохраняются, однако увеличивается число особых точек, усложняются характер их движения в пространстве – времени и условия бифуркации. Установлено, что положения нулей и максимумов средних за период амплитудных диаграмм направленности (ДН) вибратора, являются предельными положениями – проекциями траекторий особых точек типа седла (для нулей ДН) и центра (для максимумов ДН) на бесконечно удаленную сферу.

Для систем параллельных вибраторов конечной длины предложена методика формирования областей с малыми значениями электрического поля, основанная на задании положений нулей поля в пространстве. При реализации расчетов по данной методике обнаружено, что в случае полуволновых вибраторов вблизи них возникают области с максимальными значениями поля («горячие точки»), не совпадающие с положениями вибраторов. Предложенная методика может быть полезной при решении практических задач электромагнитной совместимости антенн.

**В заключении** перечислены основные результаты диссертации возможные направления их развития и обобщения.

Среди материалов, вынесенных в приложения, выделим разработанную автором программу визуализации характеристик электрического диполя при заданных временных зависимостях дипольного момента, используемую в учебном процессе МЭИ.

Результаты диссертации опубликованы в 18 работах, в том числе в 3-х статьях в журналах из перечня ВАК, а также в зарубежном рецензируемом журнале, докладывались на конференциях и семинарах.

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать в учебном процессе при подготовке студентов и аспирантов в отечественных вузах по направлению 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи», а также могут представить интерес для исследовательских и промышленных организаций, разрабатывающих антенные устройства.

Научная ценность результатов диссертации заключается в том, что развитый в ней метод качественного анализа характеристик вибраторных антенн позволяет проанализировать пространственно – временную эволюцию полей в полном объеме без исключения моментов времени, в которые имеет место структурная перестройка полей. Обоснованность и степень достоверности основных результатов диссертации подтверждаются согласием результатов проведенного диссертантом анализа, полученных при сопоставлении известных качественных и численных методов, сопоставлением с результатами исследования аналогичных задач другими авторами.

Представленная к защите диссертации не свободна от недостатков.

1. Недостаточно подробно обсуждены результаты глобального анализа полей диполя для комбинации гауссовых импульсов (глава 2).
2. Проведенный автором анализ «сверхсветового» движения характерных точек импульса в зоне индукции диполя не применен интерпретации

известных экспериментальных данных, хотя такая возможность, судя по публикации автора, имелась.

3. В главе 3 при качественном анализе полей тонкого вибратора конечной длины использованы приближенные выражения для компонент электрического поля, причем, как отмечено автором, тангенциальная компонента не удовлетворяет условию равенства нулю на поверхности вибратора. Какие основания имеются для применимости использованного автором приближения при качественном анализе векторных полей по крайней мере при удалении от вибратора? Это замечание не противоречит высказанному нами утверждению об обоснованности основных положений диссертации, а имеет целью обсуждение принятых допущений.
4. На некоторых рисунках силовых линий вблизи вибратора, приведенных в главе 3, силовые линии располагаются настолько плотно, что трудно различимы по сравнению с изображениями силовых линий диполя главы 2. Причина этого различия неясна.
5. Предложенная в главе 3 методика формирования области с минимальными значениями электрического поля системой параллельных вибраторов основана на приближении заданного на вибраторах распределения тока и частном случае ориентации вибраторов. Распределение поля в приведенных примерах найдено только в плоскости, проходящей через центры вибраторов. Для практических применений необходимо обобщение этой методики со снятием принятых в ней ограничений.

Несмотря на высказанные замечания, диссертационная работа Сороковика Д.В. заслуживает высокой оценки. Считаю, что диссертационная работа Сороковика Д.В. является законченной научно-квалификационной работой, а разработанные в ней положения

в совокупности представляют собой научное достижение в антенной теории.

Автореферат полноценно отражает содержание диссертации.

Вывод: представленная к защите диссертационная работа Сороковика Д.В. соответствует требованиям п.9. Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.12.07 — «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Официальный оппонент

Климов К.М.

27.11.15

Подпись



Сведения об оппоненте

ФИО: Климов Константин Николаевич

Ученая степень: д.т.н.

Ученое звание: нет

Должность: в.н.с.

Специальность: 05.12.07

Адрес электронной почты: const0@mail.ru