

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Веретенникова Николая Юрьевича  
«Методика моделирования высокочастотных потерь  
в импульсных источниках питания»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства  
телевидения

Современное развитие радиоэлектронной техники характеризуется тенденцией к миниатюризации устройств, увеличению плотности интеграции и росту энергопотребления. В этих условиях ключевым фактором становится совершенствование источников вторичного электропитания, которые во многом определяют эксплуатационные характеристики систем. Переход к высоким рабочим частотам в импульсных источниках питания позволяет существенно уменьшить габариты трансформаторов и дросселей, однако сопровождается ростом тепловых потерь, вызванных скин-эффектом и эффектом близости в обмотках.

Задача корректного моделирования и минимизации этих потерь является крайне актуальной, так как от нее зависят не только КПД устройства, но и надежность его функционирования. Известные методы — от применения формулы Доуэлла до численного моделирования методом конечных элементов — обладают ограничениями: первые дают значительные погрешности при расчете магнитных компонентов с чередующимися обмотками, вторые требуют высоких вычислительных ресурсов и времени. В связи с этим разработка методик, объединяющих точность и быстродействие, представляет собой важную научную и практическую задачу.

Работа Веретенникова Н.Ю. направлена на решение этой проблемы. Сочетание теоретической строгости и прикладной направленности делает тему исследования значимой для области радиотехники, силовой электроники и проектирования источников питания.

В диссертации проведен детальный анализ предшествующих работ: от фундаментальных исследований Доуэлла и Карстена до отечественных исследований Сахно, Лихачева и других авторов. Особо подчеркивается, что большинство существующих аналитических методик ориентированы на синусоидальные токи и не учитывают специфику импульсных преобразователей. Также ограничена применимость этих подходов к трансформаторам с чередующимися обмотками и элементам с поочередным протеканием токов. Таким образом, обоснован пробел в существующих методах, что подчеркивает научную новизну и практическую ценность исследования.

Автореферат содержит ряд положений, обладающих очевидной научной новизной:

1. Методика аппроксимации эффекта близости во временной области — автор предлагает алгоритм подбора параметров эквивалентной схемы, позволяющий точно воспроизводить частотную зависимость сопротивления.

Данный подход снимает необходимость разложения тока на гармоники и упрощает интеграцию метода в схемные симуляторы.

2. Методика моделирования потерь в трансформаторах с чередующимися обмотками — В отличие от известных решений, учитывается произвольная конфигурация поля на границах слоев, что позволяет достоверно оценивать потери при различных топологиях намотки и выбирать оптимальное взаимное расположение витков.

3. Методика расчета потерь при поочередном протекании токов — Данный результат особенно важен для обратных преобразователей, где традиционные приближенные методы оказываются неприменимыми.

Теоретическая ценность работы заключается в развитии методов анализа электромагнитных процессов в обмотках трансформаторов и дросселей на основе решений уравнений Максвелла и теории поля.

Практическая значимость выражается в возможности существенного сокращения времени проектирования импульсных источников питания за счет уменьшения потребности в многократном численном моделировании. Разработанные программные реализации позволяют быстро оценивать влияние толщины проводника и топологии обмоток на уровень потерь, что непосредственно связано с КПД конечного устройства. Верификация показала, что расхождение между расчетами и экспериментом не превышает 16 %, что является приемлемым уровнем для инженерной практики. Практическая значимость подтверждается созданием программных средств, зарегистрированных как программы для ЭВМ.

Несмотря на высокую проработанность материала, работа не лишена отдельных дискуссионных моментов:

1. Метод косвенного определения потерь в обмотках через вычитание других видов потерь из общего теплового баланса схемы подвержен накоплению погрешностей. В диссертации не представлена обобщенная оценка совокупной погрешности при таком подходе, что ограничивает достоверность приведённых численных результатов.

2. В ряде разделов наблюдается упрощённый вывод ключевых формул, особенно при переходе от уравнений поля к расчётам рассеиваемой мощности. Некоторые выражения требуют большего объяснения физического смысла и размерностного анализа.

#### **Заключение:**

Автореферат Веретенникова Н.Ю. представляет собой завершённое научное исследование, содержащее как фундаментальные теоретические разработки, так и прикладные инженерные решения. Работа отличается актуальностью, научной новизной, логичностью изложения и практической значимостью.

Выявленные замечания носят частный характер и не умаляют научной значимости представленной работы, а также не препятствуют практическому применению предложенной методики. Диссертация Николая Юрьевича Веретенникова «Методика моделирования высокочастотных потерь в импульсных источниках питания» представляет собой завершённое

исследование и полностью соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям. Учитывая изложенное, можно заключить, что автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Рецензент

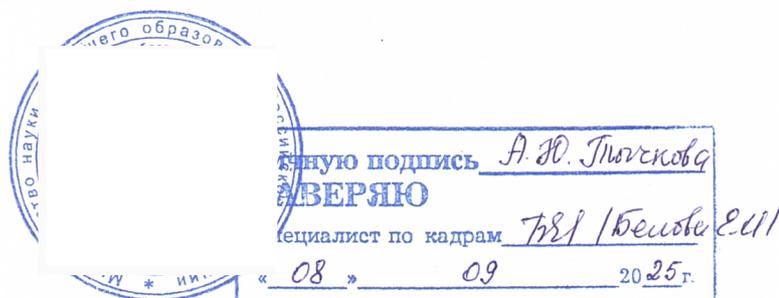
Доктор технических наук, доцент

Заведующий кафедрой «Радиотехника и радиоэлектронные системы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет»



Тычков Александр Юрьевич

Подпись д.т.н.. доцента Тычкова Александра Юрьевича удостоверяю.



E-mail: [cnit@pnzgu.ru](mailto:cnit@pnzgu.ru)

Телефон: +7 (8412) 66-64-19

Адрес: 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40