

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Лавриновича Ивана Валериевича «Конденсаторно-коммутаторные сборки с
субмикросекундными временами вывода энергии для компактных
сильноточных импульсных генераторов», представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности
01.04.13 – электрофизика, электрофизические установки.

На сегодняшний день в мире активно развиваются проекты термоядерного синтеза, безусловно являющегося будущей перспективой мировой энергетики. Подобные проекты, а также многочисленные задачи различных импульсных рентгенографических исследований требуют создания генераторов с предельными параметрами по импульсной мощности. Для надежной работы таких установок разрабатываются источники питания, обеспечивающие нарастание в нагрузке тока порядка сотни килоампер за времена несколько десятков наносекунд. Создание столь мощных импульсных генераторов сопряжено с рядом научно-технических задач, которые требуют своего специфического решения в каждом отдельном случае. К таким задачам, в частности, относятся разработка малоиндуктивных высоковольтных накопителей энергии с повышенной энергоемкостью и создание сильноточных коммутаторов энергии с малыми потерями. Указанные элементы импульсных генераторов для подобных задач являются уникальными разработками, требующими от автора высокой квалификации и оригинальных решений.

Тематика диссертационной работы, направленная на разработку и создание емкостных накопителей, с субмикросекундными временами вывода энергии и построенных на их базе импульсных генераторов, является весьма **актуальной.**

Достоверность полученных результатов подтверждается многочисленными публикациями и надежной работой различных устройств, созданных с использованием разработок автора.

Научная новизна работы заключается в разработанной конфигурации расположения обкладок конденсатора, обеспечивающей равномерное распределение напряжения вдоль его корпуса, прилегающего к электродам многоззорного газового разрядника, в результате чего реализуется их совместная стабильная работа.

Получены количественные оценки потерь энергии в газовых разрядниках в зависимости от параметров цепи и самого разрядника.

Показано, что совместное применение малоиндуктивных конденсаторно-коммутаторных сборок и линейного импульсного трансформатора позволяет получать на нагрузке 300 Ом импульс напряжения амплитудой до 750 кВ с фронтом 50 нс без дополнительных ступеней обострения.

Практическая значимость работы состоит в разработке серии малоиндуктивных конденсаторно-коммутаторных сборок, на основе которых были созданы различные импульсные генераторы для использования в составе источников импульсного рентгеновского излучения различного диапазона.

Получены аналитические выражения, которые позволяют оценить количество энергии, выделяемой в искровом газовом разряднике, что важно при проектировании мощных импульсных генераторов многомодульного типа.

Целью работы являлась разработка сильноточных малоиндуктивных конденсаторов и конденсаторно-коммутаторных сборок, используемых для создания компактных сильноточных импульсных генераторов с предельными значениями по удельной мощности, передаваемой в нагрузку. Автором проведены исследования, позволившие оптимизировать параметры конденсаторно-коммутаторных сборок и тем самым достичь требуемых практических результатов.

Диссертационная работа выполнена в объеме 127 страниц печатного текста, содержит введение, пять глав и заключение, 51 рисунок, 11 таблиц. Библиография включает 109 наименований.

Во **введении** обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и аргументирована научная новизна исследований, показана практическая значимость и представлены выносимые на защиту научные положения.

Первая глава диссертации содержит сравнительный анализ высоковольтных импульсных конденсаторов на предмет их применимости для построения мощных конденсаторно-коммутаторных сборок с временем передачи энергии в нагрузку порядка 100 нс, необходимых для создания импульсных генераторов различного уровня мощности. На основе проведенного анализа сформулированы основные задачи, решаемые в диссертационной работе.

Во **второй главе** диссертации проводится численный анализ потерь энергии в искровом газовом разряднике при коммутации с помощью него емкостного накопителя на различные типы нагрузки. Зависимости, полученные на основе численного анализа, удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными.

В **третьей главе** описаны конструкция и характеристики конденсаторно-коммутаторной сборки, построенной на базе высоковольтного импульсного конденсатора и многозазорного газового разрядника. Предложен способ выравнивания электрического потенциала вдоль корпуса импульсного конденсатора, соприкасающегося с электродами разрядника, что обеспечивает его работоспособность. Также приводится конструкция, принцип работы и основные параметры компактного импульсного генератора тока, построенного на базе разработанной сборки.

В **четвертой главе** описаны конструкция и характеристики конденсаторно-коммутаторной сборки, состоящей из коаксиального конденсатора, внутри которого расположен газовый коммутатор. Приводятся результаты исследования взаимного влияния конденсатора и коммутатора друг на друга при их совместной работе. Представлены конструкция и основные характеристики сильноточного наносекундного генератора тока,

построенного на базе разработанной конденсаторно-коммутаторной сборки. Также приводятся результаты испытания сильноточного наносекундного генератора в составе установок по генерации мягкого рентгеновского излучения.

В пятой главе представлены конструкция, основные характеристики и результаты испытаний генератора высоковольтных импульсов, построенного на основе четырёх конденсаторно-коммутаторных сборок и линейного импульсного трансформатора.

В заключении приведены основные результаты диссертационной работы. Отмечается, что автором внесён основной вклад в исследования, разработку и создание компактных генераторов субмикросекундных импульсов на основе конденсаторно-коммутаторных сборок.

Диссертация представляет собой законченную работу, оформленную в соответствии с предъявляемыми к ней требованиями. Автореферат соответствует содержанию диссертации, её основным идеям и выводам. Результаты защищаемой работы опубликованы в научных журналах, докладах и трудах различных международных конференций.

Результаты работы автора могут в дальнейшем быть использованы при проектировании импульсных генераторов с предельными параметрами удельной мощности, передаваемой в нагрузку, которые могут найти применение при создании установок термоядерного синтеза, импульсной рентгенографии, лабораторных исследований.

Имеются следующие незначительные замечания.

В Главе 4 описывается конденсаторно-коммутаторная сборка, позволяющая получать значения удельной мощности в нагрузке и энергоёмкости, соответственно, 847 кВт/см^3 (стр. 81) и 240 Дж/дм^3 (стр. 73), что все же не достигает желаемого уровня по этим показателям, проиллюстрированного на рис. 1.5, стр. 24. Было бы полезно привести вывод о принципиальной возможности повышения указанных показателей разрабатываемых конденсаторно-коммутаторных сборок.

На стр. 52 присутствует неточность – вместо U_L , присутствующего в выражении 2.11, указано U_N .

В работе присутствуют жаргонные выражения и сленг, как например, переполяживание, низкоиндуктивный вместо малоиндуктивный, ток, раскачиваемый в контуре, и т.д.

Несмотря на сделанные критические замечания, диссертация Лавриновича Ивана Валериевича «Конденсаторно-коммутаторные сборки с субмикросекундными временами вывода энергии для компактных высокоточных импульсных генераторов» соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, и соответствует п.9 «Положения ВАК РФ о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.13 – электрофизика, электрофизические установки.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник лаборатории 5-1
ФГБУН ИЯФ СО РАН

А.В. Акимов

630090, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга 11, кв.58

тел.: 8(383) 347-98-43

Эл. почта: avakimov@inp.nsk.su

Подпись А.В. Акимова удостоверяю,
Ученый секретарь ФГБУН ИЯФ СО РАН,
кандидат физико-математических наук



Я.В. Ракшун

18 августа 2016 г.