

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Жерлицына Андрея Алексеевича на тему «Мощные ЛТД генераторы с изоляцией воздухом атмосферного давления и временем вывода энергии порядка 100 нс», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.13. Электрофизика, электрофизические установки

Актуальность темы

Диссертационная работа посвящена востребованным исследованиям мощных импульсных первичных емкостных накопителей с временем вывода энергии порядка 100 нс и генераторов по схеме ЛТД на их основе, генерирующих импульсы тока амплитудой мегаамперного уровня. ЛТД технология построения генераторов обладает рядом значимых преимуществ по сравнению с широко используемыми генераторами Аркадьева–Маркса и рассматривается как одна из наиболее перспективных для создания генераторов импульсов петаваттного уровня мощности, способных ввести в низкоиндуктивную нагрузку ток в несколько десятков МА за субмикросекундное время. Важной особенностью развиваемого в диссертации подхода к созданию ЛТД генераторов является отказ от применения масла и использование воздуха атмосферного давления в качестве изолирующей среды ЛТД ступеней и рабочей среды разрядников. Применение воздуха атмосферного давления в качестве изолирующей среды внутри ЛТД ступеней делает возможным их техническое обслуживание и ремонт без полной разборки ЛТД генератора. Также, отказ от использования масла в изоляции ступени позволяет упразднить маслохозяйство, а отсутствие избыточного давления внутри разрядников упрощает их конструкцию и эксплуатацию.

Учитывая вышеизложенное, тематика диссертации представляется весьма актуальной.

Диссертационная работа состоит из введения, семи разделов, заключения и списка литературы. Во **введении** автором обоснована актуальность тематики, сформулированы основные цели и задачи работы, определена научная новизна полученных в работе результатов, указана их практическая значимость, а также сформулированы положения, выносимые на защиту. В **разделе 1** приведен обзор литературы, отражающий состояние дел по теме диссертации, на основании которого обоснованы задачи диссертационной работы. **Второй раздел** диссертации посвящен разработке и исследованиям многозазорного многоканального разрядника атмосферного давления для емкостного накопителя энергии с рабочим напряжением 70 - 100 кВ и временем вывода энергии 100-200 нс. В **разделе 3** представлены результаты разработки секций для ЛТД ступеней с воздушной изоляцией. В **разделе 4** описана разработанная ЛТД ступень с изоляцией воздухом атмосферного давления с током мегаамперного уровня, временем нарастания импульса около 100 нс и временем вывода энергии менее 200 нс. ЛТД ступень с такими характеристиками создана впервые. В **пятом разделе** приведены результаты создания ЛТД генератора в составе двух модулей для уникальной мультитераваттной фемтосекундной лазерной системы видимого диапазона ТНЛ-100. Параметры этого генератора демонстрируют прогресс в снижении длительности выходного импульса в сравнении с ранее созданным генератором для прямой накачки без формирующих линий газового лазера. **Шестой раздел** посвящен разработке и созданию мегаамперной ЛТД ступени с воздушной изоляцией и ЛТД модуля на основе таких ступеней для мультимегаамперного генератора тока. Созданная ступень является самой мощной и энергоемкой из существующих ступеней с воздушной изоляцией, а модуль из пяти ЛТД ступеней с воздушной изоляцией с мегаамперным уровнем тока запущен впервые. В **седьмом разделе** представлены примеры реализации импульсных генераторов на основе разработанных секций с воздушной изоляцией, а также их применений. В **заключении** диссертации приведены основные результаты работы.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается использованием автором независимых дублирующих методик экспериментального исследования, внутренней непротиворечивостью полученных результатов и воспроизводимостью, а также их практической реализацией при создании генераторов. Полученные результаты опубликованы в рецензируемых журналах, докладывались на многочисленных конференциях.

Отметим **научную новизну и практическую значимость** наиболее существенных результатов, полученных автором диссертации, и которые заключаются в создании элементной базы и субмикросекундных генераторов по схеме ЛТД с зарядным напряжением 70 - 100 кВ без масляной изоляции и повышенного давления газа:

1) Создан низкоиндуктивный управляемый многоазорный многоканальный разрядник и ряд ЛТД секций с разным энергозапасом, работающих в сухом воздухе атмосферного давления при напряжении 70 - 100 кВ.

2) На базе таких секций разработаны и изготовлены несколько вариантов ЛТД ступеней с изоляцией воздухом атмосферного давления и максимальным зарядным напряжением 100 кВ, обеспечивающих время вывода энергии в нагрузку от 150 нс до 300 нс и амплитуду тока разряда от 0.1 МА до 1 МА с фронтом 100–160 нс. В ступенях реализовано основное достоинство подхода, связанного с использованием воздушной изоляции: возможность проведения профилактики и ремонта емкостного накопителя без полной разборки ступени, что критически важно в крупных установках, где используются модули из многих последовательно включенных ЛТД ступеней. По совокупности параметров ЛТД ступени не имеют аналогов в мире.

3) Разработаны и созданы ЛТД модули и ЛТД генераторы с широким диапазоном параметров, важной отличительной особенностью которых является возможность осуществлять относительно простую перестройку

емкостного накопителя под определенные требования к электрофизической установке, проводить профилактику и ремонт емкостного накопителя без полной разборки генератора. Генераторы демонстрируют преимущества ЛТД технологии и, в частности, ЛТД генераторов с изоляцией воздухом атмосферного давления для построения мощных электрофизических установок прямого действия с субмикросекундным временем вывода энергии.

Следует отметить, что разработки, представленные в диссертационной работе, нашли применение в отечественных и зарубежных научно-исследовательских организациях.

Диссертационная работа не свободна от недостатков.

Общие замечания.

1) В диссертации используются некорректные выражения: «при зарядном напряжении до 100 кВ»; «за время порядка 100 нс». Следует указывать более точно диапазон параметров – «при зарядном напряжении 70-100 кВ», «за время 80-100 нс».

2) В диссертации используются жаргонные термины: «емкость на землю первого электрода»; «временная постоянная разряда». Следует писать «емкость между первым электродом и пусковой решеткой»; «постоянная времени разряда».

Конкретные замечания

3) В разделе 3.4 написано, что при исследовании ресурса разрядник непрерывно продувался осушенным воздухом. Нет данных о влажности воздуха и скорости продувки, необходимости очистки и охлаждения воздуха.

4) Нет данных о работе разрядника без продувки. При частоте следования 1 импульс за 10 секунд (Раздел 3.4 Ресурс секций) и большой мощности возможно достаточно естественной циркуляции.

5) При расчете индуктивности и сопротивления конденсаторов секций в режиме короткого замыкания при периодическом характере разряда (раздел 3.1.2) следует использовать уравнение, описывающее изменение тока за

несколько периодов, а не по двум максимумам на осциллограмме, сдвинутых на период T . Точность расчета паразитной индуктивности и сопротивления конденсаторов будет значительно выше.

Отмеченные замечания носят, в основном, характер рекомендаций и не снижают, в целом, высокой оценки диссертационной работы.

Соответствие содержания диссертации указанной специальности

В диссертационной работе представлены результаты исследований и разработки элементной базы и генераторов мощных сильнооточных высоковольтных импульсов. В соответствии с паспортом специальности такая работа относится к специальности 1.3.13. Электрофизика, электрофизические установки для отрасли технические науки.

Заключение

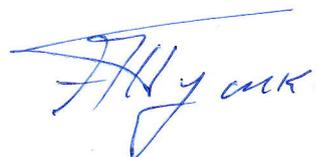
Диссертационная работа Жерлицына А.А. выполнена на высоком научном уровне, является завершённым исследованием, результаты работы представляют существенный вклад в развитие фундаментальных представлений и прикладных аспектов генерации высоковольтных импульсов напряжения субмикросекундной длительности. Научная ценность, практическая значимость, новизна и достоверность представленных в диссертации результатов несомненны. Совокупность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных автором диссертации, является вполне обоснованной. Таким образом, диссертационная работа «Мощные ЛТД генераторы с изоляцией воздухом атмосферного давления и временем вывода энергии порядка 100 нс», отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, изложенным в пунктах 9, 10, 11 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ, а ее автор Жерлицын А.А. заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.13. Электрофизика, электрофизические установки.

Пушкарёв Александр Иванович, доктор физико-математических наук (01.04.17 - химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества), профессор Отделения материаловедения Инженерной школы новых производственных технологий Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.

телефон: +7 913 851 5345.

E-mail: airpush@tpu.ru



Подпись Пушкарёва Александра Ивановича заверяю:

И.о. ученого секретаря Ученого совета Национального исследовательского Томского политехнического университета



Новикова Валерия Дмитриевна

«04» 04 2025 г.