

## Отзыв

официального оппонента на диссертацию 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.

### **Актуальность темы диссертации.**

Выбор наилучшего варианта системы энергоснабжения при разработке импульсных потребителей энергии — одна из составляющих задачи оптимизации выходных параметров электрофизических установок. Схемы построения генераторов базируются на различных типах накопителей энергии, однако в диссертации выбран для исследований конкретный тип накопителей — емкостные.

Емкостные накопители энергии широко используются в качестве импульсных источников высокой мощности по следующим причинам. Они обладают малым внутренним сопротивлением, позволяют получать большие импульсные токи и напряжения, отличаются относительной простотой, надежностью, удобством обслуживания. Емкостные накопители имеют неоспоримое преимущество в тех случаях, когда необходимо обеспечить быстрый вывод энергии в нагрузку. В диссертации Лавриновича И.В. на основе работ по совершенствованию импульсных конденсаторов, а также исследований и оптимизации коммутирующих элементов, созданы конденсаторно-коммутаторные сборки (к.к.с.) с высокими значениями удельного энергозапаса, выходной мощности, субмикронными временами вывода энергии в нагрузку. Эти сборки явились важным комплектующим элементом для создания сильноточных компактных генераторов импульсов, работающих на различную нагрузку. По сути, диссертационная работа направлена на решение задачи совершенствования элементной базы импульсных источников электропитания, без чего невозможен или затруднен

прогресс в развитии потребителей энергии. В связи с этим можно утверждать, что тема диссертации актуальна.

**Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.**

Несмотря на большое количество разработок в области импульсного сильноточного электропитания, исследования Лавриновича И.В. и созданные им или с его участием устройства обладают научной новизной.

В диссертационной работе Лавринович И.В. использовал методику исследований, как правило, приводящую к наиболее короткому по затратам времени прикладному результату – от численного моделирования процессов к эксперименту. На основе численного анализа получены количественные зависимости потерь энергии в газовом искровом разряде коммутатора от типа и параметров нагрузки. Неплохое согласование экспериментальных данных с оценочными (расчетными) зависимостями позволило автору работы сделать вывод о возможности применения полученных соотношений для оценки потерь энергии в искровом канале коммутатора и определения к.п.д. устройства в целом.

Выполнен большой объем работ по проектированию и экспериментальному изучению к.к.с. на базе различных конденсаторов. В некоторых случаях при создании к.к.с. необходимо было решать нетривиальные задачи. Так, в главе 3 приведено описание сборки на базе конденсатора с максимальным напряжением 100 кВ и многоканального газового разрядника с низкой индуктивностью. При создании сборки для обеспечения ее работоспособности была решена проблема распределения потенциала вдоль поверхности корпуса конденсатора путем применения специальной схемы намотки крайних секций конденсатора. Проектирование некоторыхборок выполнялось на основе предварительных

расчетов электрических полей на различных стадиях работы сборки с помощью компьютерной программы. В итоге создан ряд сборок, совокупность параметров которых позволяет использовать их в качестве базовых элементов для построения генераторов различного уровня мощности при работе на различную по характеру нагрузку.

Предложенные автором новые технические решения аргументированы и критически оценены по сравнению с другими известными решениями. Материалы диссертационной работы изложены в 18 научных работах, опубликованных в отечественной и зарубежной печати, в том числе в 5 статьях из списка, рекомендованного ВАК.

На основе важнейших результатов исследований, подтвержденных экспериментально, сформулированы научные положения. Положения выдвинуты впервые, представляются в основном достоверными.

### **Практическая значимость работы**

Практическая значимость работы определяется тем, что разработана серия конденсаторно-коммутаторных сборок с различными параметрами, которые использованы при создании компактных сильноточных наносекундных генераторов для источников мягкого и жесткого рентгеновского излучения, и другого электрофизического оборудования.

### **Замечания по диссертации и автореферату**

1. Теоретическая часть работы, как заявляется в научном положении 1, строится на анализе эквивалентной схемы импульсного генератора при работе на различные нагрузки. В то же время в диссертации только один рисунок (рис. 2.1 на стр. 41 диссертации) отдаленно напоминает эквивалентную схему генератора в виде параллельно соединенных  $RLC$  – цепочек с коммутаторами. Ясно, что коммутатор — это существенно

нелинейный элемент схемы, свойства которого, по-видимому, и нужно анализировать путем составления эквивалентных схем с линейными элементами. При таком подходе могут быть смоделированы некоторые нелинейные эффекты в некоторых диапазонах параметров нелинейного элемента (см., например, Синебрюхов В.А. Быстрые ступени линейного трансформатора (LTD) с масляной изоляцией. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. Томск – 2009.) В диссертации Лавриновича И.В. определяются потери энергии в разряднике на основе теории Брагинского. При этом рассматриваются упрощенные схемы «генератор – нагрузка» и необходимость в составлении схем замещения просто отпадает. Однако, ссылка на эквивалентную схему в научном положении 1 присутствует. Поскольку в тексте диссертации нет «...численных расчетов эквивалентной электрической схемы импульсного генератора ...» (стр. 10 диссертации) это научное положение в приведенной формулировке выглядит недоработанным.

2. Численное исследование уравнения для сопротивления искрового канала разрядника при работе на различную нагрузку проводится автором в безразмерном представлении параметров, что является обычной практикой. При этом совершенно излишне постоянное (более 10 страниц текста в диссертации – стр. 41 - 52 со всеми подписями к рисункам) напоминание о безразмерности параметров. Правда, в ряде случаев применение этого термина может возбудить фантазию в части интерпретации словосочетаний, как например, подпись к рисунку 2.4 на стр. 44 *«Зависимость безразмерных потерь энергии в разряднике от безразмерного времени»*.

В целом замечания не снижают общую значимость работы и, на мой взгляд, могут лишь представлять интерес для дискуссии.

### **Соответствие содержания диссертации указанной специальности**

В диссертации исследуются физические процессы в емкостных накопителях энергии, разрабатываются конструкции накопителей, решаются теоретические и технические проблемы построения конденсаторно-коммутаторных сборок для сильноточных компактных генераторов импульсов. В соответствии с паспортом специальности такие работы относятся к специальности 01.04.13 – электрофизика, электрофизические установки.

### **Заключение**

Работа представляется в целом завершенной. Качество оформления высокое, изложение материала грамотное, стилистически правильное. Основные результаты диссертации опубликованы в научных изданиях, докладывались и обсуждались на международных форумах, конференциях и конгрессах. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

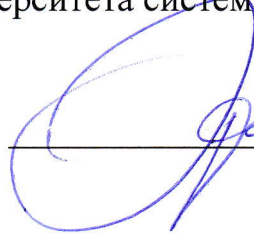
### **Выводы**

Таким образом, диссертационная работа Лавриновича И.В. «Конденсаторно-коммутаторные сборки с субмикросекундными временами вывода энергии для компактных сильноточных импульсных генераторов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.13 – электрофизика, электрофизические установки, выполненная под руководством доктора физико-математических наук, члена – корреспондента РАН Ратахина Н.А., является законченной научно-квалификационной работой. Диссертация содержит новое решение актуальной научной задачи – исследования по созданию конденсаторно-

коммутаторных сборок с субмикросекундными временами вывода энергии для компактных сильноточных импульсных генераторов. Работа имеет существенное значение для специальности 01.04.13 – электрофизика, электрофизические установки.

Автор работы Лавринович Иван Валериевич заслуживает присуждения ученой степени кандидат технических наук.

Официальный оппонент, доктор технических наук, профессор кафедры физики Томского университета систем управления и радиоэлектроники



Ремпе Николай Гербертович.

Телефон +7 (3822) 414859. E-mail: remnik77@gmail.com

Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина 50

ФГБОУ ВПО «Томский университет систем управления и радиоэлектроники»

Подпись Н.Г. Ремпе удостоверяю.

Секретарь Ученого совета ТУСУР

21.07.2016



Е.В. Прокопчук