

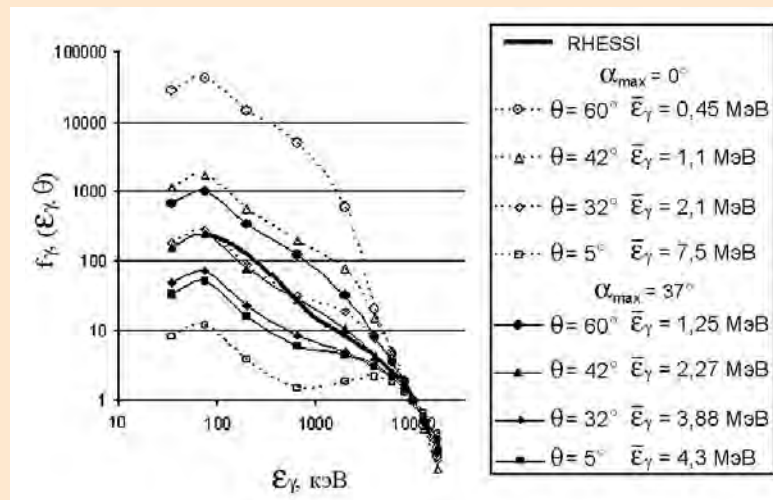
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Исследовались гигантские восходящие атмосферные разряды (ВАР), инициируемые внутриоблачными разрядами обычной молнии, приводящими к малым вариациям дипольного момента облака ΔM . Для сравнения с атмосферными вспышками γ -излучения, зарегистрированными с борта искусственных спутников Земли CGRO (1995 г.) и RHESSI (2005 г.), выполнено численное моделирование тормозного излучения релятивистских убегающих электронов и его транспорт в ближний космос. Вычисленные длительность γ -импульсов Δt_γ , число N_γ и спектр γ -излучения согласуются с данными наблюдений. Яркость $\langle J \rangle$ и цвет оптической флуоресценции ВАР на относительно небольших высотах непосредственно над облаком соответствуют оптическим явлениям *Blue Jets*. На больших высотах (верхняя стратосфера – нижняя ионосфера), флуоресценция практически отсутствует. Результаты моделирования согласуются с опубликованным в США анализом представительной совокупности экспериментальных данных, полученных учеными США, Венгрии, Японии, Великобритании, Израиля. Согласно результатам анализа атмосферные вспышки γ -излучения связаны с наиболее распространенными на Земле внутриоблачными разрядами молнии и малыми ΔM (в среднем 49 Кл·км) и в отличие от бытовавших представлений не коррелированы с явлениями *Red Sprites*, которые развиваются над крупномасштабными системами облаков и связаны с разрядами молнии на землю.

Разработана методика проектирования спиральных взрывомагнитных генераторов (СВМГ), основанная на двумерном расчете распределения магнитных полей в генераторе. Это

Наблюдаемые и расчетные параметры атмосферных вспышек (Q_{cl} – заряд и H_{cl} – высота вершины облака)

Q_{cl} , Кл	H_{cl} , км	ΔM , Кл·км	Δt_γ , мс	$\langle J \rangle$, рэлей	N_γ	
					CGRO	RHESSI
35	10	70	1,8	50 600	172	264
30	10	60	2	28 000	69	108
Эксперимент			1–3	max 100 000	50–800	30–100



Зависимость спектра фотонов на высоте орбиты 500 км от угловой ориентации спутника относительно источника (разряда) θ и угловой апертуры потока убегающих электронов α_{max} . Высота источника $z = 15$ км

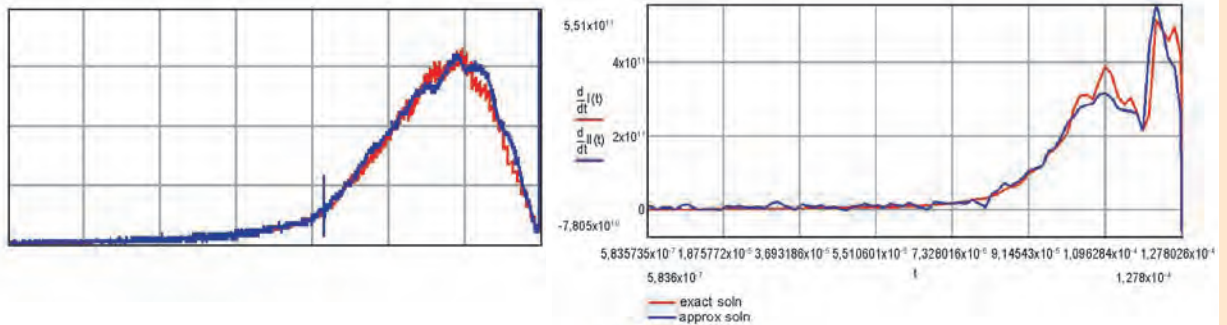
позволяет определять основные параметры работы СВМГ в любой момент времени. Рассчитываются напряжения и токи в витках спирали, изменение индуктивности генератора, потери магнитного потока в генераторе, осевые и радиальные движения витков, торможение трубы магнитным полем и др. Создана компьютерная программа расчета режимов работы СВМГ. Использование компьютерной программы позволяет легко менять начальные электрические и кон-

структивные параметры СВМГ и отображать основные характеристики работы генератора в процессе расчета. Методика проектирования оттестирована на большом числе экспериментальных данных, полученных в опытах с СВМГ. Следующим шагом стало применение методики для создания новых конструкций. Результаты, полученные в экспериментах с СВМГ, отличаются от расчетных не более чем на 5%. Использование методики позволило оптимизи-

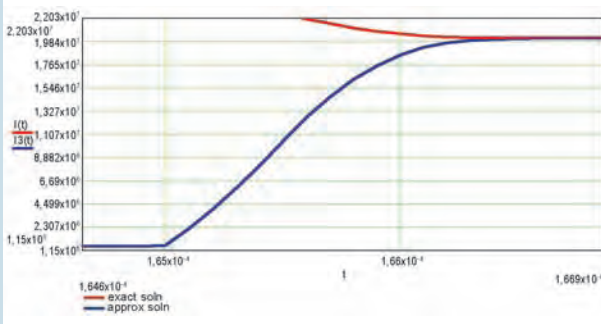
ровать параметры спиральных генераторов, что привело к разработке СВМГ с амплитудно-временными характеристиками, свойственными, скорее, дисковым взрывомагнитным генераторам. Планируется создать источник импульсной мощности на основе СВМГ, позволяющий получать в лайнерной нагрузке ток ~ 20 МА за время ~ 1 мкс. Новая методика проектирования

СВМГ позволила отказаться от предварительных экспериментов и таким образом существенно сократить как финансовые, так и временные затраты на разработку новых генераторов. Создание данной методики позволило довести технологию СВМГ до коммерческого продукта, востребованного ведущими научно-исследовательскими лабораториями мира.

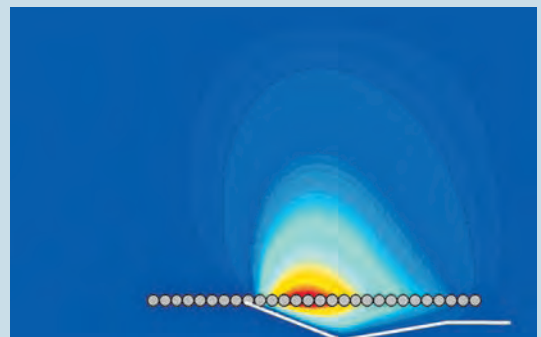
Проведены исследования нового сильнополярного диэлектрика – геля для заполнения промежутков между слоями пленочных изоляторов, применяемых в импульсной высоковольтной технике. Гель приготовлен на основе смеси сильнополярной жидкости – глицерина с желатином. По результатам исследований получено, что проводимость, диэлектрическая про-

СВМГ \varnothing 200 ммСВМГ \varnothing 240 мм

Сравнение расчетных и экспериментальных кривых производной тока в СВМГ



Расчетный ток 20 МА/1 мкс



Распределение магнитного поля в СВМГ

нищаемость, время релаксации желатинированного глицерина сохраняются на уровне исходного продукта – глицерина. Электропрочность увеличивается на ~15% и составляет 87 кВ/мм при длительности импульса 4 мкс. Состав обладает клеящими свойствами, сохраняет эластичность

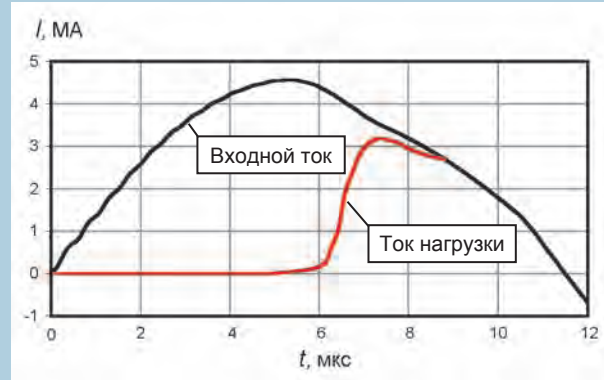
при отрицательных температурах (испытан при -28°C). Изоляторы, изготовленные с применением геля, обладают новыми свойствами, значительно облегчающими технологию работы с ними.

Сильноточный коммутатор-формирователь импульса тока (разработка электрофизического

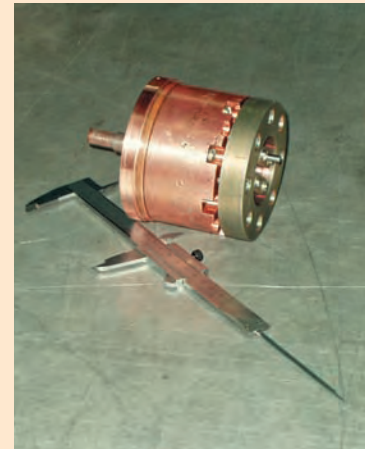
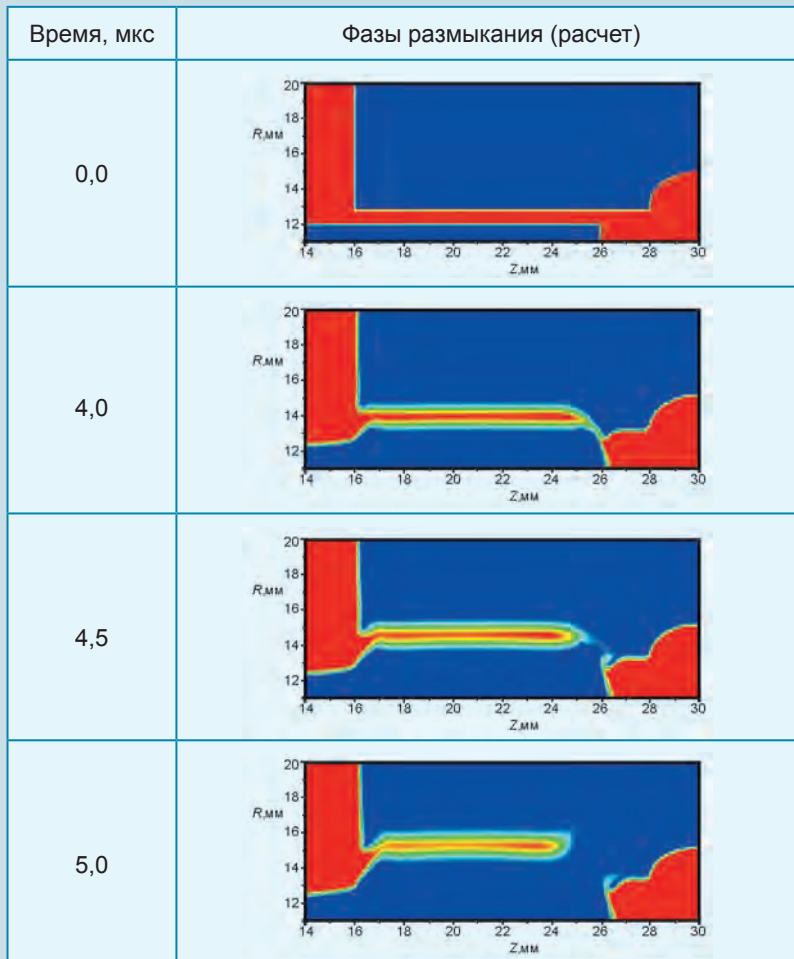
отделения) позволяет сокращать фронт нарастания мультимегамперных токов в 8–8,5 раза при их коммутации на малоиндуктивные нагрузки. В контрольном эксперименте ток амплитудой 4,5 МА с временем нарастания ~6 мкс был переключен в нагрузку индуктивностью 4 нГн за 0,7 мкс.



Глицерин в жидком и желеобразном состояниях



Токи (эксперимент)



Коммутатор

Совместно с конструкторскими и теоретическими отделениями выпущены методические материалы по лабораторному моделированию механического импульса с помощью электрического взрыва тонкой фольги. В лабораторных условиях в таких испытаниях динамика нагружаемого образца контролируется бесконтактным методом с использованием микроволнового интерферометра.



Испытание образца механическим импульсом от электрического взрыва фольги с бесконтактным измерением динамики образца

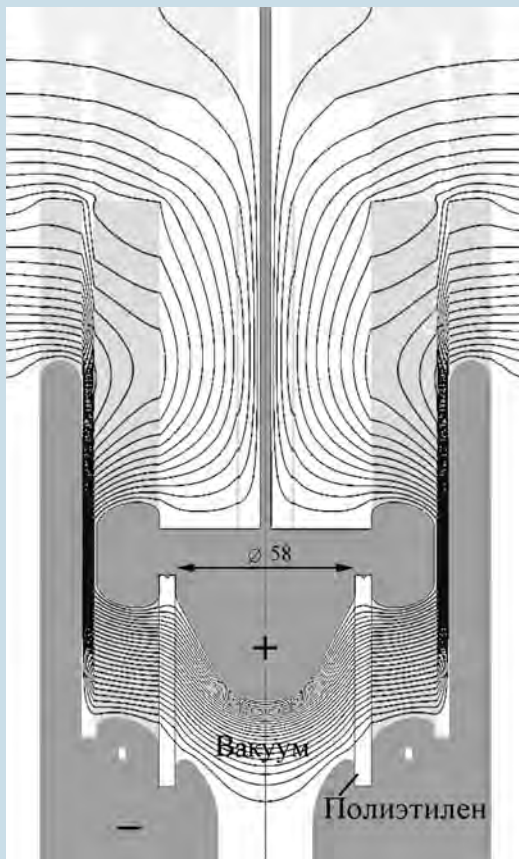


Индикаторная пластинка после газодинамического воздействия электрического взрыва алюминиевой фольги толщиной 6 мкм

Испытана новая конструкция вакуумного высоковольтного перехода. Переход или интерфейс от твердотельной изоляции к вакууму зачастую является наиболее слабым местом в электрофизических установках, определяющим их предельные возможности. Начиная с 1964 года, конструкция интерфейса при-

обрела практически стандартный вид – это изолятор, расположенный под углом 45 градусов по отношению к электродам. В последнее время появились публикации по результатам расчетов электростатических полей, возникающих в тройных точках интерфейса металл–диэлектрик–вакуум, и предложения по вне-

сению изменений в стандартное исполнение, позволяющих увеличить электропрочность перехода почти в полтора раза. Основная идея изменений – вынести тройные точки в область слабых электрических полей. В отделении разработан высоковольтный интерфейс от тонкостенной пленочной цилиндрической изоляции в вакуум, реализующий новый подход. Геометрия электродов и система изоляторов тщательно подобраны для выравнивания электрических полей по поверхности раздела изоляторов и минимизации полей в тройных точках. Подбор геометрии осуществлялся по программе расчета электростатических полей. Экспериментальная модель перехода, спроектированная на напряжение 400 кВ, прошла испытания напряжением 510 кВ при длительности импульса 4 мкс.



Электрические поля в испытательной сборке в эквипотенциальных линиях



Распределение напряженности электрического поля вдоль поверхности раздела в вакууме и полиэтилене при напряжении на сборке 400 кВ