

ИЭФ

Астрелин

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОФИЗИКИ

VIII ВСЕСОЮЗНЫЙ

СИМПОЗИУМ ПО  
СИЛЬНОТОЧНОЙ  
ЭЛЕКТРОНИКЕ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ  
ЧАСТЬ I II

СВЕРДЛОВСК

-1990-

0561 1990

VIII

(I II)

Спектр разряда в основном представлен спектральными линиями атомов и однократных ионов материала электродов. Температура плазмы разряда для  $W - Cu$  электродов составляет 1,3 - 1,5 эВ.

Результаты численных расчетов дают основание полагать, что минимальные времена запаздывания срабатывания стартового разрядника, получаются в том случае, когда разряд с поджигающего электрода при подаче высоковольтного импульса напряжения развивается одновременно на оба рабочих электрода.

Вышеприведенные исследования были использованы при разработке электродной системы сильноточного (до 500 кА) воздушного разрядника на напряжение 15-50 кВ для коммутации разрядной цепи емкостного накопителя энергии.

ВАКУУМНЫЙ ДИОД ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ РЭП  
НА МЕГАВОЛЬТНОМ ИМПУЛЬСНОМ УСКОРИТЕЛЕ

Астрелин В.Т., Николаев В.С., Смирнов А.В., Щеглов М.А.

Институт ядерной физики СО АН СССР, г.Новосибирск

Для генерирования мощных релятивистских электронных пучков, необходимых в исследованиях по УТС, в ИЯФ СО АН СССР разработаны импульсные ускорители прямого действия. Ускорение электронов в них может осуществляться в одноэлектродном ускоряющем промежутке между катодом и квазиплоским или бесфольговым анодом в вакуумном объеме. Ускоряющее напряжение от генератора передается на выходной коммутатор, работающий в среде сжатого азота. С него напряжение через проходной изолятор подается на катод.

Проходной изолятор состоит из 2-х частей: газовой, которая размещается в газовой камере коммутатора, и вакуумной - в вакуумном объеме. Обе части секционированы градиентными электродами и стянуты металлическим центральным проводником. Центральный проводник, по которому передается импульс напряжения, оканчивается экранной электродом с расположенным на нем катодом.

Газовая часть состоит из 22-х секций. В вакуумной части, для подавления эффекта полного напряжения, количество секций было выбрано равным 34. Определение геометрической формы электродов и изоляторов проводилось на основе численных расчетов электрических полей вблизи поверхностей электродов. Для повышения электрической прочности в вакуумной части торцевые поверхности кольцевых изоляторов металлизуются хромом.

Внутренняя полость проходного изолятора заполнена полипропиленовой пленкой, намотанной на центральный проводник, и про-

тана электролитом с удельным электрическим сопротивлением  $\sim 10^4$  Ом·см. Такой тип изоляции допускает высокую поперечную составляющую напряженности электрического поля (до 600 кВ/см), что позволяет иметь достаточно малые поперечные размеры элементов, а также обеспечивает принудительный разнос потенциалов по длине изолятора. Электролит прокачивается через элементы изолятора под давлением 2+3 ати. Для разноса потенциала между слоями пленки используются специальные вкладыши, смонтированные в полости изолятора. При этом пленка как в газовой, так и в вакуумной частях срезается по конусу.

Дополнительной мерой повышения электрической прочности вакуумного промежутка является продольное магнитное поле (до 6 кЭ), в котором находится диод.

Испытания вакуумного диода с пленочно-электролитной изоляцией показали его достаточную надежность при работе в импульсных ускорителях, на которых генерируются пучки с энергией  $\sim 1$  МэВ, током  $\sim 50$  кА и энергосодержанием до 150 кДж при длительности импульса  $5+10$  мксек.

## КОНСТРУКЦИЯ ВЫВОДА МЕГАВОЛЬТНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО УСКОРИТЕЛЯ

Астрелин В.Т., Николаев В.С., Смирнов А.В., Шеглов М.А.  
Институт ядерной физики СО АН СССР, г.Новосибирск

В импульсных ускорителях прямого действия ИЯФ СО АН СССР в качестве источника мегавольтного напряжения используется генератор импульсного напряжения (ГИН). ГИН собран по LC-схеме, особенностью которой является наличие выходного мегавольтного коммутатора. Выбранная для ГИНа открытая компоновка с воздушно-плёночной изоляцией потребовала разработки устройства, передающего напряжение от выхода генератора (высоковольтного электрода) к коммутатору. Таким устройством является высоковольтный вывод.

Конструктивно вывод состоит из 2-х частей: верхней и нижней. Верхняя часть вписана в модуль ГИНа. Она состоит из цилиндрических секций, ошиновкой соединённых с LC-ячейками ГИНа (одна секция на 2 конденсатора). Секции, разделённые кольцевыми изоляторами, расположены коаксиально с центральным проводником, по которому передается импульс напряжения. Геометрия кольцевых изоляторов и цилиндрических секций была рассчитана численными методами на ЭВМ.

Центральный проводник оканчивается электродом выходного коммутатора, который работает в среде элегаза под давлением до 10 ати. Изоляцию этого электрода от корпуса газового бака обеспечивает нижняя часть высоковольтного вывода. Она состоит из 22 стеклотекстолитовых колец, разделённых металлическими градиентными электродами. Геометрическая форма градиентных электродов и электрода коммутатора определена численным расчетом. Принудительный разнос

потенциала вдоль изолирующей колонны нижней части высоковольтного вывода осуществляется омическим делителем на резисторах типа ТВО или КЭВ. Секции делителя размещены в спиральных канавках на изоляционных кольцах и залиты эпоксидным компаундом. Параметры делителя определяются током утечки, а количество резисторов в цепочке делителя — допустимой мощностью рассеяния и требованием достаточно малых габаритов для их компактного размещения в спиральных канавках.

Наряду с делителями на резисторах в высоковольтном выводе может быть использован делитель из нихромовой проволоки. В этом случае нижняя часть вывода представляет собой стеклотекстолитовый цилиндр, на наружной поверхности которого намотана с шагом 1 мм нихромовая проволока диаметром 0,2-0,3 мм. Для уменьшения индуктивности делителя намотка выполняется двухслойной (первый слой — с правым направлением витков, второй — с левым).

Внутренняя полость высоковольтного вывода заполнена элегазом под давлением 6-8 атм. В этом случае центральный проводник выполняет роль основного силового элемента конструкции, стягивающего верхнюю и нижнюю части вывода. С целью снижения напряженности электрического поля на центральный проводник плотно намотана полипропиленовая пленка до диаметра 180 мм (при диаметре проводника 65 мм и диаметре секций 300 мм). В этом случае максимальная напряженность поля на поверхности центрального проводника и пленочного покрытия составляет 230 кв/см. В других конструктивных элементах высоковольтного вывода ее значения ниже.

Высоковольтный вывод с газовой изоляцией в течение длительного времени надежно работает в ускорителях со следующими параметрами: энергозапас — 230 кДж, напряжение на генераторе — до 1,5 МВ, ток ~ 50 кА при длительности импульса 5-10 мксек.

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИМПУЛЬСНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ С ЭНЕРГОЗАПАСОМ В СОТНИ КДж

Аржанников А.В., Астрелин В.Т., Горбовский А.И., Койдан В.С.,  
Лебедев С.В., Николаев В.С., Семенов Е.П., Смирнов А.В.,  
Шарапов В.К., Щеглов М.А.,

Институт ядерной физики СО АН СССР, г.Новосибирск

В работе дано описание устройства и конструктивных особенностей импульсных ускорителей прямого действия, генерирующих электронные пучки с энергией до 1 МэВ, длительностью до 10 нс и энергозапасом более сотни килоджоулей. Они могут служить эффективным средством для нагрева плазмы в линейных системах с магнитным удержанием.

Источником высокого напряжения в указанных ускорителях являются генераторы импульсного напряжения (ГИН), нагруженные на квазиплоский или бесфольговый вакуумный диод. Каждый ГИН построен по модульному принципу, что позволяет путем наращивания числа модулей довести энергозапас в нем до мегаджоуля. Модуль ГИНа представляет собой емкостной накопитель открытого типа, собранный из конденсаторов ИК-50-3. На ускорителях У-1 и У-2 он состоит из последовательно соединенных между собой LC-ячеек (схема Фитча), которые вырабатывают импульс мегавольтного напряжения. На ускорителе У-3 модуль — это простой накопитель из последовательно соединенных конденсаторов, образующих высоковольтную колонну, которая заряжается до мегавольтного напряжения от специального генератора типа Кокрофта-Уолтона.

Выходное напряжение от ГИНа поступает через высоковольтный вывод (он конструктивно вписан в один из модулей) на основной

коммутатор, расположенный в среде сжатого электроизолирующего газа ( $SF_6$ ), и далее через высоковольтный ввод в вакуумный объем на холодноэмиссионный катод ускоряющего диода.

Рассматриваются особенности компоновки ускорителей для генерирования цилиндрических (У-1 и У-3) и ленточного (У-2) электронных пучков, конструктивное оформление модулей ГИНов, мегавольтового коммутатора, вакуумных ускоряющих диодов. Сообщается об опыте их работы на плазменных установках Института.

Электронные пучки с получаемыми параметрами могут оказаться полезными для генерации рентгеновского и СВЧ-излучений, а опыт создания таких установок и их эксплуатации — для развития техники генерирования пучков с более высокими параметрами.

## ЭЛЕМЕНТЫ СИЛЬНОТОЧНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ УСТРОЙСТВ

- Емлин Р.В., Шпак В.Г., Гурьев А.В., Шунайлов С.А.  
Высоковольтные делители напряжения ( $1:10^3$ ,  $1:10^5$ )  
с субнаносекундным разрешением ..... 4
- Зубков П.И., Лукьянчиков Л.А., Тен К.А.  
Вывод энергии из индуктивного накопителя изменяющийся  
индуктивностью ..... 7
- Зубков П.И.  
Генерация электрических импульсов изменяющейся под  
действием электромагнитных сил индуктивностью ..... 9
- Захаров В.П., Молчанов Н.В., Тарасов А.И.  
Малоиндуктивный многоазорный управляемый разрядник ..... 11
- Захаров В.П., Киселев А.В., Мосолов А.В.  
Анализ экранирующих свойств произвольных цилиндрических  
оболочек в импульсном электромагнитном поле ..... 12
- Гинцбург В.А., Колганов Н.Г., Фукс М.И.  
Ускоритель для научных исследований ..... 15
- Иногамов С.А., Блейхман В.С., Беляков Б.Н.  
Новая методика повышения поверхностной электрической  
прочности изоляторов для сильноточных устройств ..... 18
- Сидоров А.И., Казача В.И., Красных А.К.  
Модулятор мощностью 7,5 ГВт для линейного индукционного  
ускорителя ..... 20