



ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

3

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

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ВЫВОД МЕГАВОЛЬТНОГО
НАПРЯЖЕНИЯ С ГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

ПРЕПРИНТ 83-92



НОВОСИБИРСК

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

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ВЫВОД МЕГАВОЛЬТНОГО
НАПРЯЖЕНИЯ С ГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

АННОТАЦИЯ

В ускорителе У-1 высоковольтный вывод предназначен для передачи напряжения от высоковольтного электрода ГИНа ($U \leq 1,8$ МВ) к основному коммутатору и далее к нагрузке. Рассмотрено устройство варианта высоковольтного вывода с газовой изоляцией, приведены результаты численных расчетов отдельных его элементов и результаты электрических испытаний при работе в ускорителе.

В импульсных ускорителях прямого действия мегавольтного диапазона почти всегда есть необходимость в высоковольтном устройстве, которое позволяет передавать напряжение от выхода генератора к нагрузке или к промежуточным элементам. Такое устройство делает возможным удобную компоновку генератора, но должно обладать малой индуктивностью. В ускорителе У-1 генератор, собранный по LC-схеме, подключен к выходному коммутатору с помощью малоиндуктивного и компактного высоковольтного вывода. Общее устройство генератора приведено в работе [1]. К настоящему времени накоплен опыт работы по его эксплуатации [2,3], внесены изменения в конструкцию отдельных его элементов, в частности, в высоковольтный вывод (ВВ).

Как показано в [1], ВВ предназначен для передачи напряжения от высоковольтного электрода ГИНа, который может находиться под потенциалом до 1,8 МВ, к основному коммутатору. Этот ВВ был с пленочной изоляцией, пропитанной электролитом. В нем была заложена высокая нормальная к изоляции составляющая напряженности электрического поля (до 660 кВ/см), что позволяло в малых поперечных размерах разместить все его элементы. Продольная составляющая напряженности была выбрана < 25 кВ/см. Принудительный разнос напряжения по длине изоляции ВВ осуществлялся электролитом, который прокачивался под давлением 2+3 атм. Опыт работы показал, что при длительности импульса ~ 40 мкс надежность такого ВВ недостаточна. Так, при протекании через слой электролита зарядного тока конденсаторов ГИНа происходит электролиз и выделение газовых пузырей, что приводит к резкому повышению напряженности электрического поля во время импульса на электродах и, в конечном счете, к пробоям по поверхности изоляции и разрушению отдельных элементов ВВ. Отметим, что пробой изоляции в поперечном направлении никогда не наблюдался. Поэтому был разработан вариант ВВ с газовой изоляцией, где пробой может вызывать существенно меньшие механические разрушения.

Конструкция этого вывода показана на рис.1. Импульс напряжения передается по центральному проводнику 1. Внешняя часть ВВ состоит из 2-х частей: верхней и нижней (рабочее положение ВВ - вертикальное). В верхней части происходит формирование высокого напряжения ГИНа. Она состоит из 18 цилиндрических секций 2, расположенных коаксиально с центральным проводником 1 и

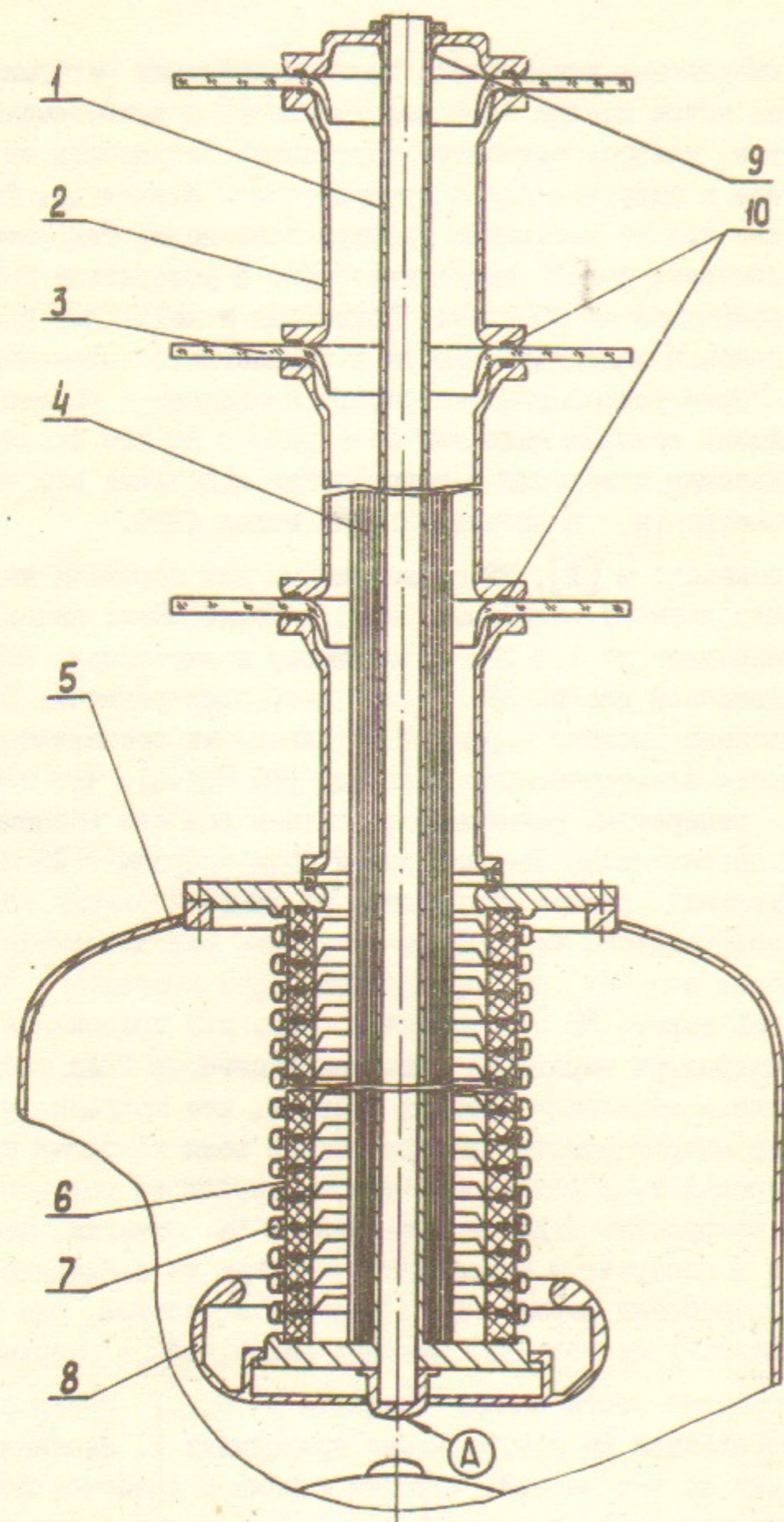


Рис.1. Конструкция высоковольтного вывода.

разделенных кольцевыми изоляторами 3 из оргстекла. Через секции 2 осуществляется коммутация конденсаторов ГИНа (одна секция на 2 конденсатора). Потенциалы соседних секций отличаются максимум на 100 кВ, поэтому геометрия кольцевых изоляторов и цилиндрических секций для обеспечения электрической прочности была рассчитана численными методами на ЭВМ (система КСИ БЭСМ ВЦ СО АН СССР). На рис.2 приведены расчетные эквипотенциали верхней части ВВ, где максимальная нормальная к изоляции составляющая напряженности электрического поля (уровень заземленного фланца). Подключение конденсаторов к цилиндрическим секциям осуществлено двухшинными малоиндуктивными токоподводами. Самая верхняя секция ВВ соединена с центральным проводником через скользящий контакт 9.

Центральный проводник I ВВ оканчивается электродом 8 основного коммутатора ГИНа, который работает в среде азота под давлением до 10 атм. Изоляцию этого электрода от корпуса газового бака 5 обеспечивает нижняя часть ВВ. Она состоит из 22 стеклотекстолитовых колец 6, которые разделены металлическими градиентными электродами 7. Принудительное равномерное по электродам деление потенциала вдоль изолирующей колонны нижней части ВВ осуществляется омическим делителем на сопротивлениях ТВО. Секции делителя размещены в спиральных канавках по наружному диаметру изоляционных колец 6. Конфигурация градиентных электродов 7 и электрода 8 коммутатора определены расчетом на ЭВМ. На рис.3 приведены расчетные эквипотенциали участка с наибольшим градиентом в области нижней части ВВ.

Внутренняя полость ВВ заполнена азотом при давлении 8-10 атм. В этом случае центральный проводник I выполняет роль основного силового элемента конструкции, стягивающего верхнюю и нижнюю части ВВ. Герметичность устройства обеспечивается уплотнителями 10 из резины.

Несмотря на то, что внутренний диаметр кольцевых секций 2 был увеличен до 300 мм (в существовавшем ранее ВВ с пленочно-водяной изоляцией он составлял 180 мм), напряженность электрического поля на центральном проводнике I оставалась еще достаточно высокой (~350 кВ/см). Поскольку дальнейшее увеличение диаметра этих элементов было ограничено уже существующими другими конструктивными элементами ГИНа, то с целью понижения на-

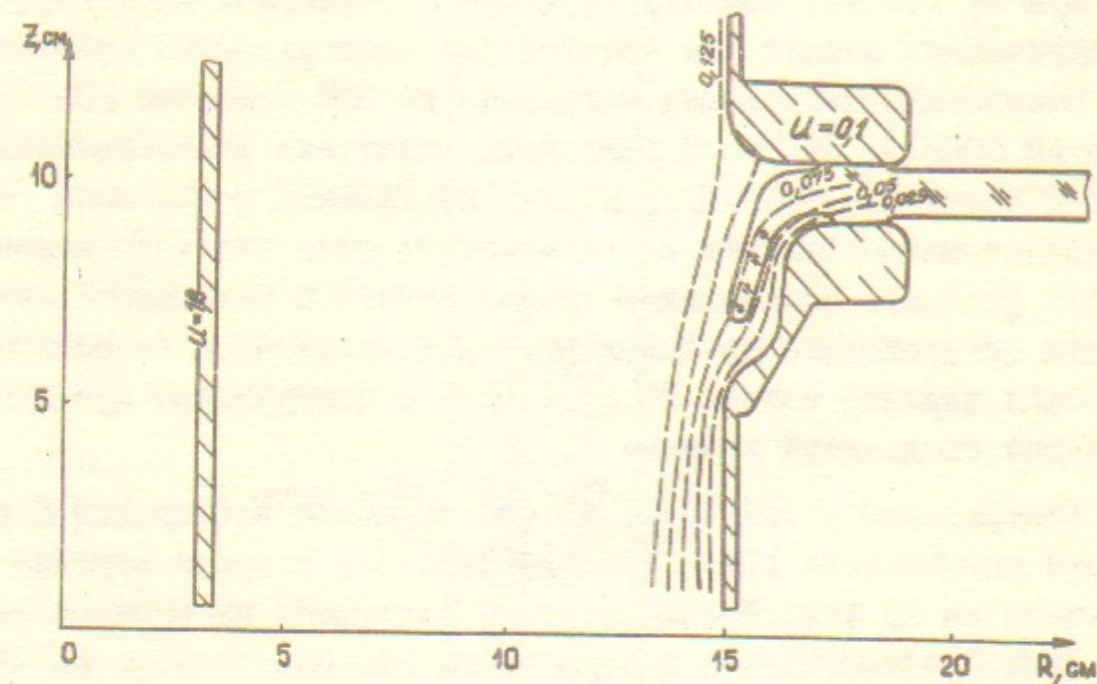


Рис.2. Расчетные эквипотенциали верхней части высоковольтного вывода.

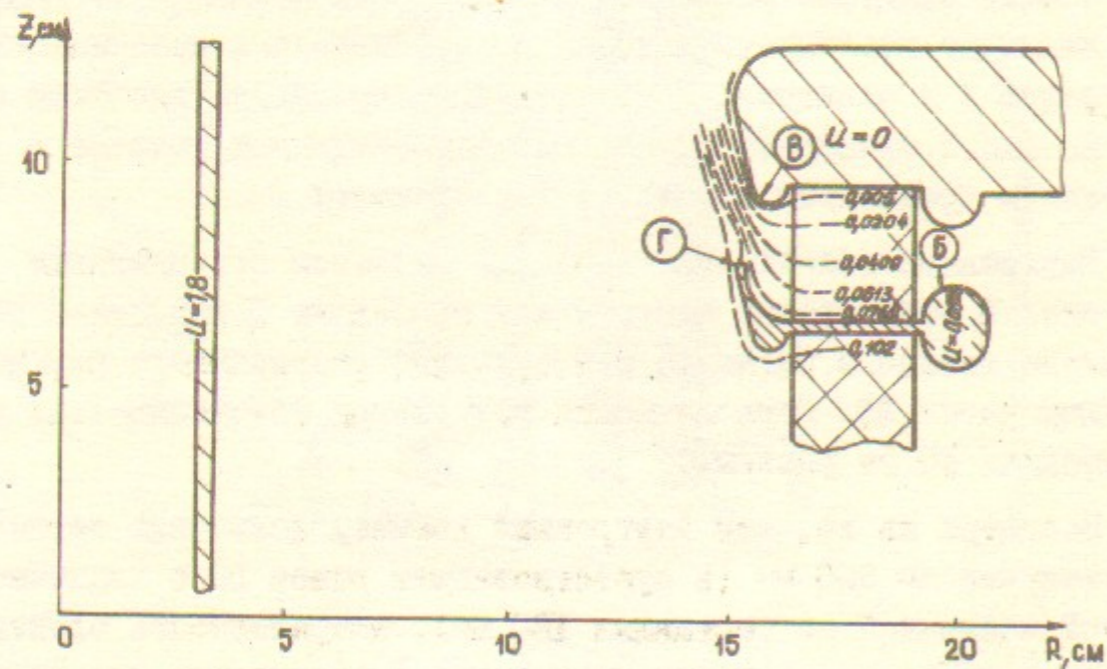


Рис.3. Расчетные эквипотенциали нижней части высоковольтного вывода.

пряженности поля на центральный проводник I ВВ была плотно намотана полипропиленовая пленка 4 толщиной 0,1 мм до диаметра 180 мм. В результате максимальная напряженность электрического поля на поверхности центрального проводника I снизилась до 230 кВ/см. Такая же напряженность на поверхности пленочного покрытия. В других конструктивных элементах ВВ ее значения ниже. Так, при потенциале на центральном проводнике I-1,8 МВ на изоляторе и цилиндрических секциях (рис.2) она не превышает 180 кВ/см, на поверхности градиентных электродов (точка Б на рис.3) - 150 кВ/см и на наиболее напряженных участках градиентных электродов (точки В и Г на рис.3) - 190 кВ/см. Только на поверхности электрода основного коммутатора (точка А на рис.1) напряженность электрического поля достигает 260 кВ/см. Средняя напряженность вдоль поверхности изоляционной колонны (нижняя часть ВВ) составляет 27 кВ/см.

Параметры омического делителя определялись током учетки, который был выбран ~ 10 А, а количество резисторов в цепочке делителя - допустимой мощностью рассеяния и требованием достаточно малых габаритов для их компактного размещения в спиральных канавках стеклотекстолитовых колец 6. В итоге были применены резисторы ТВО-0,5 с номинальным сопротивлением 1,1 кОм. Каждая секция делителя (их, как и колец - 22) представляет собой набор из 80 резисторов, включенных для обеспечения надежной работы параллельно-последовательно. Общее сопротивление делителя ~ 22 кОм. Соединение отдельных секций делителя осуществляется с помощью пружинных контактов на изоляционных кольцах 6 через градиентные электроды 7. Резисторные цепочки в спиральных канавках стеклотекстолитовых колец залиты эпоксидным компаундом.

К настоящему времени высоковольтный вывод с газовой изоляцией надежно проработал в установке У-1 более полугода. Было сделано ~ 200 выстрелов при напряжении на генераторе до 1 МВ и токе ~ 60 кА при длительности импульса ~ 10 мкс. Работы по увеличению рабочих параметров ускорителя продолжаются.

Л и т е р а т у р а

1. В.Т.Астрелин, В.В.Воробьев, В.М.Лагунов, В.С.Николаев, М.А.Щеглов. Малоиндуктивный ГИИ с воздушной изоляцией. Вопросы атомной науки и техники. Серия: Термоядерный синтез I(9), Москва, 1982, с.19.
2. Лебедев С.В., Чикунов В.В., Щеглов М.А. Письма в ЖТФ, 1982, т.8, с.693.
3. Лебедев С.В., Чикунов В.В., Щеглов М.А. - Сб.: Тезисы докладов IV Всесоюзного симпозиума по сильноточной электронике. Томск, 1982, т.1, с.194.

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

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ВЫВОД МЕГАВОЛЬТНОГО НАПРЯЖЕНИЯ С
ГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

Препринт
№ 83-92

Работа поступила 3 августа 1983г.

Ответственный за выпуск - С.Г.Попов

Подписано к печати 17.08.83г. МН 03306

Формат бумаги 60x90 1/16 Усл. 0,4 печ.л., 0,3 учетно-изд.л.

Тираж 290 экз. Бесплатно. Заказ № 92

Ротапринт ИЯФ СО АН СССР, г. Новосибирск, 90