

69
И Н С Т И Т У Т
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН СССР

ПРЕПРИНТ И ЯФ 76-104

Г.С.Виллевалд, В.Н.Карасюк, Г.И.Сильвестров

**ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ МЕГААМПЕРНЫЙ
РАЗРЯДНИК С РАЗРУШАЮЩИМИСЯ
ЭЛЕКТРОДАМИ**

Новосибирск

1976

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ МЕГААМПЕРНЫЙ РАЗРЯДНИК
С РАЗРУШАЮЩИМИСЯ ЭЛЕКТРОДАМИ

Виллевалд Г.С., Карасик В.Н., Сильвестров Г.И.

А Н Н О Т А Ц И Я

Описывается конструкция малоиндуктивных разрядников под давлением на токи мегаамперного диапазона, в которых один или оба электрода выполнены в виде пластинок, разрушающихся при прохождении импульса тока, чем обеспечивается эффективное удаление продуктов эрозии электродов из рабочего объема разрядника и снижение ударных нагрузок на стационарные элементы конструкции. При рабочем напряжении 50 кВ индуктивность разрядника не превышает 8 нГн.

В разрядниках конструкции разрядников под давлением смен-
ные электроды являются электродами-пластинки, размеры которых
выбраны в зависимости от величины и длительности импульса
тока и начального статического давления газа в объеме разрядни-
ка так, чтобы обеспечить герметизированный объем с атмосферой
доступно на fronte зарядки тока, а разрушение периферийной
области электродов происходило после приложения тока. Достигает-
ся этот эффект установкой тонких сменных пластинок к элект-
роду. В результате обеспечивается эффективное удаление продук-
тов эрозии электродов и температурной плазмы, образующихся в
объеме разряда.

А Н Н А Т О Н А

В установках для получения мегаамперных токов на малоиндуктивных нагрузках одним из наиболее сложных узлов является коммутирующее устройство [Л1]. Распространенный способ применения большого количества параллельно включаемых разрядников [Л2] для коммутации токов мегаамперного диапазона наряду с увеличением стоимости коммутационной аппаратуры приводит к снижению надежности ее работы.

Многokратная коммутация больших токов через один канал разряда ограничена значительной эрозией электродов, засорением изоляторов продуктами разряда, разрушительным воздействием на элементы конструкции ударных нагрузок и высоких температур, изменением в больших пределах характеристик разрядника, а в ряде случаев - индуктивностью коммутатора. Поскольку при больших токах энергоемких накопителей энергии практически невозможна многokратная работа всех элементов коммутаторов, ведется поиск наиболее рациональных вариантов разрядников с разрушающимися элементами их конструкции. Примером такого решения проблемы являются разрядники с разрушающимся диэлектриком [Л3], находящие все большее практическое применение благодаря их малой индуктивности и большой пропускной способности. К недостаткам их следует отнести повышенную эрозию электродов, большие времена запаздывания развития разряда и их разброс.

В предлагаемых конструкциях разрядников под давлением сменными элементами являются электроды-пластинки, размеры которых выбираются в зависимости от амплитуды и длительности импульса тока и начального статического давления газа в объеме разрядника так, чтобы сообщение герметизированного объема с атмосферой наступило на фронте импульса тока, а разрушение периферийной области пластинок происходило после прохождения тока. Достигается этот эффект уменьшением толщины сменной пластинки к центру. В результате обеспечивается эффективное удаление продуктов эрозии электродов и высокотемпературной плазмы, образующихся в канале разряда.

В установках для получения мегаамперных токов на малоиндуктивных нагрузках одним из наиболее сложных узлов является коммутирующее устройство [Л1]. Распространенный способ применения большого количества параллельно включаемых разрядников [Л2] для коммутации токов мегаамперного диапазона наряду с увеличением стоимости коммутационной аппаратуры приводит к снижению надежности ее работы.

Многokратная коммутация больших токов через один канал разряда ограничена значительной эрозией электродов, засорением изоляторов продуктами разряда, разрушительным воздействием на элементы конструкции ударных нагрузок и высоких температур, изменением в больших пределах характеристик разрядника, а в ряде случаев - индуктивностью коммутатора. Поскольку при больших токах энергоемких накопителей энергии практически невозможна многokратная работа всех элементов коммутаторов, ведется поиск наиболее рациональных вариантов разрядников с разрушающимися элементами их конструкции. Примером такого решения проблемы являются разрядники с разрушающимся диэлектриком [Л3], находящие все большее практическое применение благодаря их малой индуктивности и большой пропускной способности. К недостаткам их следует отнести повышенную эрозию электродов, большие времена запаздывания развития разряда и их разброс.

В предлагаемых конструкциях разрядников под давлением сменными элементами являются электроды-пластинки, размеры которых выбираются в зависимости от амплитуды и длительности импульса тока и начального статического давления газа в объеме разрядника так, чтобы сообщение герметизированного объема с атмосферой наступило на фронте импульса тока, а разрушение периферийной области пластинок происходило после прохождения тока. Достигается этот эффект уменьшением толщины сменной пластинки к центру. В результате обеспечивается эффективное удаление продуктов эрозии электродов и высокотемпературной плазмы, образующихся в канале разряда.

В работе рассматриваются два варианта разрядников — с одним разрушающимся электродом (Рис.1) и с двумя сменными пластинками — электродами (Рис.2). В конструкции, показанной на Рис.1, снижаются ударные нагрузки, вызываемые газокинетическим давлением в канале разряда, а при удалении центральной части пластинки 1 от стационарного электрода 2 происходит принудительное расширение канала разряда, чем обеспечивается более равномерная эрозия электрода 2. Во втором варианте разрядника и стационарный электрод на участке, подвергающемся эрозии, заменен разрушающейся пластинкой. В этом варианте эффективно снижаются ударные нагрузки как от газокинетического, так и от магнитного давления, достигается стабильность характеристик разрядника, практически снимается требование эрозионной стойкости электродов.

С использованием разрядника с одной разрушающейся пластинкой проведен ряд работ по сильным магнитным полям при токах до 1,5 МА, энергии конденсаторной батареи 30 кДж при рабочем напряжении 50 кВ и частотах разрядных контуров 200 — 300 кГц. Давление в разряднике 10 — 15 атм технического азота. Рабочий диаметр пластинки 50 мм, толщина ее меняется от 2 мм на диаметре 50 мм до 0,5 мм в центре. Материал пластинок — дюраль Д16Т или алюминий. В работе [4] исследовались процессы деформации и разрушения аналогичных пластинок, проводились измерения диаметра канала разряда, показано, что алюминиевые пластинки, как более пластичные, перед разрушением значительно вытягиваются и время разгерметизации разрядника увеличивается.

Стационарный электрод на участке, подвергающемся эрозии, выполнен из термостойкого сплава ВМ-40. Поверхность электрода в процессе работы остается гладкой, а в области разряда после сотни разрядов образуется пологий кратер. Специальных ресурсных испытаний электрода не проводилось. Следует заметить, что условие разгерметизации разрядника играет принципиальную роль в сохранении работоспособности его стационарных элементов. Специальный эксперимент с постановкой толстой, не разрушающейся пластинки показал, что в этом случае происходит выход из строя изолятора и стационарного электрода.

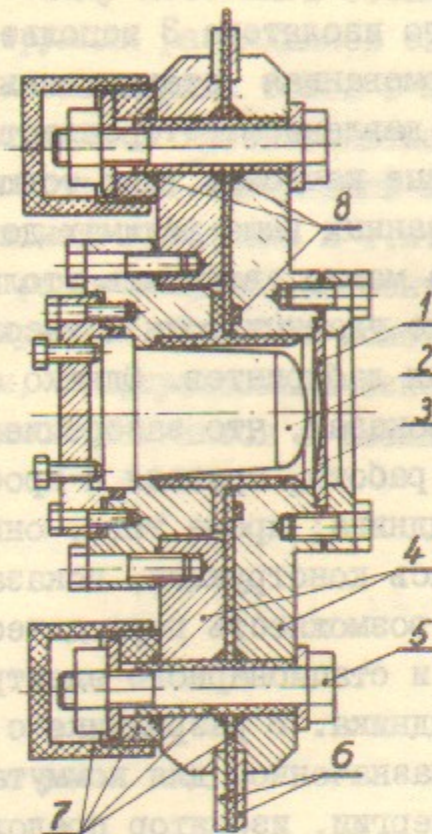


Рис.1.

1 — сменная пластинка — электрод, 2 — стационарный электрод, 3 — термостойкий изолятор, 4 — токоподводы, 5 — стяжные болты, 6 — токоподводящие шины, 7 — изолирующие элементы конструкции, 8 — высоковольтные резиновые уплотнения.

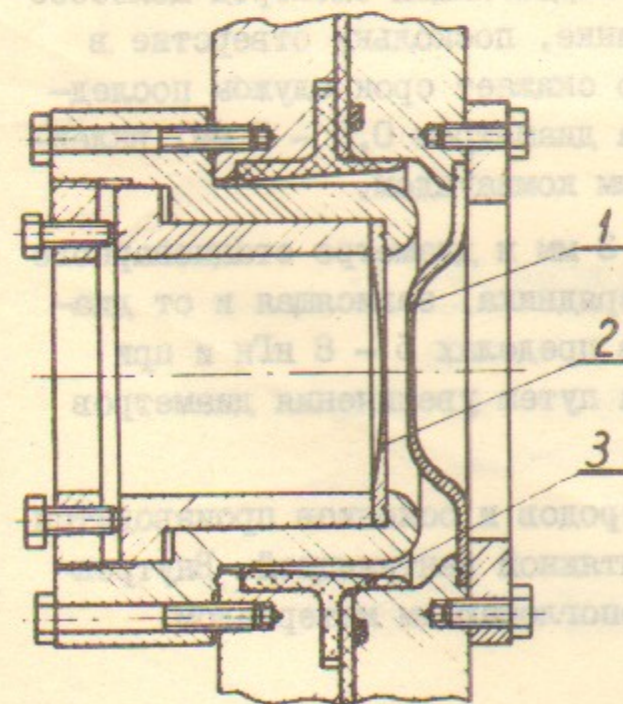


Рис.2.

1, 2 — сменные пластинки — электроды, 3 — термостойкий изолятор.

В качестве материала термостойкого изолятора 3 использовалась фторопласт - 4 и специально отформованная стеклоткань, пропитанная эпоксидным компаундом под давлением. Фторопластовый изолятор показал лучшие эксплуатационные качества, при толщине его стенки ~3 мм он выдерживает в указанных выше режимах до сотни импульсов. Срок службы изолятора можно увеличить, утолщая стенки или устраняя воздействие на него ударных волн и высоких температур путем устройства специальных лабиринтов. Однако опыт эксплуатации лабиринтных разрядников показал, что засорение лабиринта значительно снижает ресурс их работы, приводя к пробою и необходимости полной переборки разрядника; кроме того, они более индуктивны. Поэтому использовалась конструкция, показанная на Рис.1, в которой предусмотрена возможность периодической замены изолятора, а при необходимости и стационарного электрода, без разборки силовой конструкции разрядника. В разряднике с двумя сменными пластинками (Рис.2), предназначенном для коммутации токов более энергоемких накопителей энергии, изолятор предохраняется от прямого воздействия ударных волн и высоких температур.

Для запуска разрядников использовался тригатронный вариант поджига, хотя в ряде случаев может оказаться целесообразней безэлектродный поджиг (ионизация промежутка подсветкой, путем сброса начального статического давления газа и др.). В варианте разрядника, показанного на Рис.1, поджигающий электрод целесообразней встраивать в сменной пластинке, поскольку отверстие в стационарном электроде значительно снижает срок службы последнего. Электрод поджига (проволочка диаметром 0,5 - 1 мм) вклеивался в центре пластинки эпоксидным компаундом.

При зазоре между электродами 3 мм и диаметре стационарного электрода ~40 мм индуктивность разрядника, зависящая и от диаметра канала разряда, колебалась в пределах 5 - 8 нГн и при необходимости может быть уменьшена путем увеличения диаметров электродов.

Выброс продуктов эрозии электродов и осколков производится в специальный объем, снабженный вытяжной вентиляцией. Внутренние стенки объема облицованы звукопоглощающим материалом.

Ввиду небольшой стоимости заменяемых элементов и простоты конструкции разрядников они могут использоваться для коммутации мегаамперных токов в лабораторных исследованиях, защиты высоковольтной аппаратуры от перенапряжений, в устройствах с заменяемой нагрузкой (разрушающаяся нагрузка, магнитная штамповка и т.п.), а в случае автоматизированной замены разрушающихся элементов область применения значительно расширяется. Вариант конструкции, аналогичный описанному разрядникам, с полуавтоматической заменой электродов и гидравлическим прижимом контактов в сменных элементах приведен в работе [4].

Л и т е р а т у р а

1. H.R. Whittle, P.J. Rogers, T.E. James, „High power closing switches review of present technology,“ U.K.A.E.A. Research Group, Culham Laboratory, CLM-P-206, Abingdon, Berks, August, 1969.
2. А.М. Андриянов, В.Ф. Демичев, Г.А. Елисеев, П.А. Левит, А.Ю. Соколов, А.К. Терентьев, ИТЭ, I, 1971.
3. P.M. Barnes, K. Harries, T.E. James, J. Phillpott, „A multiple ARC 100kV 2.0 MA Solid Dielectric switch,“ U.K.A.E.A. Research Group, Culham Laboratory, CLM-P-209, Abingdon, Berks, July, 1969.
4. Г.И. Будкер, Г.С. Виллевалд, В.Н. Карасюк, Г.И. Сильвестров, Параболические линзы взрывного действия с полями 0,3 - 1Мэ. Препринт Института ядерной физики СО АН СССР, ИЯФ 76-58, Новосибирск, 1976.

Работа поступила - I октября 1976 г.

Ответственный за выпуск - С.Г. ПОПОВ

Подписано к печати 29.X-1976г. МН. 03012

Усл. 0,4 печ.л., 0,3 учетно-изд.л.

Тираж 200 экз. Бесплатно

Заказ № 104.

Отпечатано на ротапринтере ИЯФ СО АН СССР