

ЧЕТЫРЕХКАНАЛЬНЫЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ИСКРОВОЙ РАЗРЯДНИК

Бойко Н.И., д.т.н., Евдошенко Л.С., Зароченцев А.И., Иванов В.М.,
 Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт "Молния"
 Национального технического университета "Харьковский политехнический институт",
 Украина, 61013, Харьков, ул. Шевченко, 47 НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ",
 тел. (057)7076183, факс (057) 7076183, e-mail: eft@kpi.kharkov.ua

Наведені результати розробки та дослідження 4-канального іскрового газонаповненого розрядника - тригatrona. Електрична міцність зовнішньої поверхні оргстекляного корпусу розрядника підвищена за допомогою поліетиленової плівки. Розрядник використовувався як загострюючий при розряді модулю ємністю 0,15 мкФ на індуктивне навантаження 600 нГн. При заряді модулю до 400 кВ максимальний струм через розрядник склав 280 кА.

Приведены результаты разработки и исследования 4-канального искрового газонаполненного разрядника - тригatrona. Электрическая прочность наружной поверхности оргстеклянного корпуса разрядника усилена с помощью полиэтиленовой пленки. Разрядник использовался как обостряющий при разряде модуля емкостью 0,15 мкФ на индуктивную нагрузку 600 нГн. При заряде модуля до 400 кВ максимальный ток через разрядник составил 280 кА.

При эксплуатации высоковольтных (на рабочие напряжения до 400÷500 кВ) сильнотоочных (150÷300 кА) разрядников приходится сталкиваться с определенными неудобствами, связанными с тем, что наружная электрическая прочность таких разрядников, как правило, обеспечивается жидким диэлектриком или вакуумом [1, 2]. Целью данной работы было создание низкоиндуктивного разрядника на рабочее напряжение до 500 кВ, окружающей средой для которого служит воздух при атмосферном давлении. Ниже приведены результаты разработки 4-х-канального разрядника, наружная электрическая прочность корпуса которого усилена посредством полиэтиленовой пленки.

Конструкция разрядника приведена на рис. 1. Разрядник содержит 4 пары основных электродов 1 и 2, выполненных из стали Ст3. В рабочей части электроды 1 и 2 имеют диаметр 24 мм. Расстояние между электродами может изменяться от 8 до 14 мм путем замены сменной рабочей части 3 электрода 2. Стальные управляющие электроды 4 имеют диаметр 5 мм и размещены в отверстиях электродов 1 с радиальным зазором 1,5 мм, выступающая над их поверхностью на 0,2÷1 мм. Электроды 1 и 2 соосно размещены в отверстиях 5 диаметром 60 мм, выполненных в оргстеклянных блоках 6 и 7 толщиной 90 мм. Расстояние между осями смежных отверстий составляет 200 мм. На обращенных друг к другу гранях блоков 6 и 7 с помощью капролоновых шпилек М12 закреплены стальные фланцы 8, 9 (с отверстиями 5). Свинчивающиеся между собой втулки 10, 11 скрепляют фланцы 8, 9 и в конечном итоге блоки 6 и 7. Длина внутренней цилиндрической поверхности втулок 10, 11, обращенной к рабочей зоне разрядника, составляет ~70 мм, а ее внутренний диаметр – 42 мм.

На всех боковых поверхностях блоков 6, 7 выполнены пазы 12, 13, 14 шириной 10 мм и глубиной соответственно 25, 30 и 35 мм (см. рис.1). В упомянутые пазы и в паз между блоками 6 и 7 уложено по 80 листов полиэтиленовой пленки толщиной 80 мкм каждый. Наружные края листов выступают за боковую поверхность блоков 6 и 7 не менее чем на 330 мм с трех сторон, причем половина слоев пленки завернута

на верхнюю поверхность корпуса разрядника, а остальная часть пленки свисает под собственным весом вдоль боковой поверхности. С четвертой стороны длина пленки определяется длиной ошиновки подключения разрядника к элементам разрядного контура. При этом все слои пленки общей толщиной ~45 мм служат в качестве основной изоляции на полное рабочее напряжение разрядника ~450 кВ.

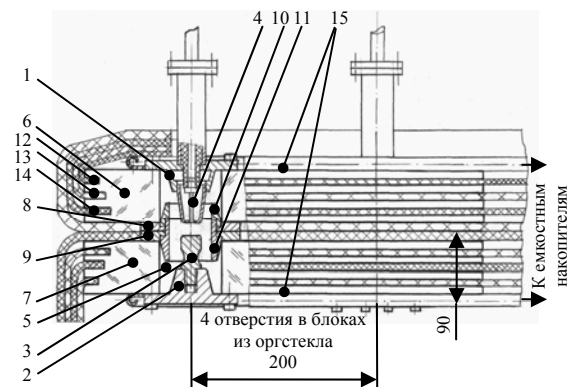


Рис. 1. Конструкция разрядника

Для гальванического соединения между собой основных электродов 1 и 2 одного потенциала служат 1 мм-вые алюминиевые листы 15. К последним прижаты фланцы основных электродов с помощью капролоновых шпилек М18, ввинченных в оргстеклянные блоки 6, 7. Края листов 15 оканчиваются стальными трубчатыми антикоронными экранами с диаметром скругления 48 мм.

Для увеличения ресурса разрядника рабочие части электродов 1, 2 выполнены сменными. В качестве изоляционного материала между электродами 1 и 4 служит капролон. Импульс поджига амплитудой 90÷110 кВ подавался одновременно на электроды 4 по кабелям РК 17-17. Через штуцеры во фланцах электродов 1 в рабочие зоны разрядника подавался элегаз под давлением от 0,6 до 1 МПа. Для замены отработанного элегаза служат штуцеры в электродах 2. Уплотняющие прокладки выполнены из резины.

Описываемый разрядник использовался при коммутации емкостного модуля генератора, собранного по схеме Фитча [3]. В модуле были последовательно соединены 8 конденсаторов емкостью $(1,2 \div 1,35)$ мкФ на 55 кВ каждый. Разрядник работал как обостряющий. При емкости модуля 0,15 мкФ и индуктивности нагрузки 600 нГн амплитуда разрядного тока составила 165 кА при напряжении срабатывания разрядника 400 кВ, а при короткозамкнутой нагрузке – 280 кА.

Втулки 10, 11 предохраняют внутреннюю диэлектрическую поверхность разрядника от попадания продуктов искрового разряда из рабочей зоны разрядника, что значительно повышает его ресурс. Разрядник отработал безаварийно не менее 10^4 импульсов, после чего находился в исправном состоянии.

Использование полиэтиленовой пленки для усиления наружной изоляции разрядника оказалось весьма удобным при эксплуатации разрядника и модуля в целом.

Для измерений использовался выполненный на базе резисторов ТВО-10 номиналом 470 Ом резистивный делитель напряжения, разработанный и изготовленный в НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ". Типичная осциллограмма напряжения на индуктивной нагрузке 600 нГн модуля приведена на рис. 2.

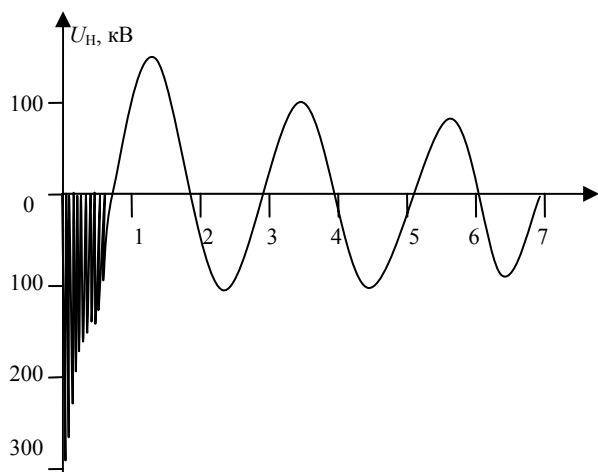


Рис. 2. Осциллограмма напряжения на индуктивной нагрузке модуля

Временные (коммутационные) характеристики разрядника исследовались с помощью оптоволоконных датчиков, укрепленных напротив отверстий 5 непосредственно на боковых поверхностях прозрачных оргстеклянных блоков 6, 7 разрядника. Сигналы с датчиков подавались на вход четырехканального широкополосного (500 МГц) осциллографа фирмы Tektronix. В процессе эксплуатации разрядника было опробовано два варианта поджига:

- управляющий электрод в низковольтном основном электроде разрядника;
- управляющий электрод в высоковольтном основном электроде разрядника.

Высоковольтный электрод разрядника в экспериментах всегда имел положительную полярность, а на управляющий электрод (при его размещении в низковольтном основном электроде разрядника) подавался

импульсный потенциал отрицательной полярности, что, как известно [2], затрудняет получение малых разбросов по времени срабатывания разрядников.

При первом варианте управления (через низковольтный электрод) результаты оказались хуже: разброс Δt_p во времени срабатывания разрядника модуля, заполненного элегазом под избыточным давлением до 1 МПа, составил при хорошей настройке от 10 нс до 170 нс. Под хорошей настройкой понимается режим работы вблизи напряжения самопробоя $U_{с.п.}$ триггеров ($U_{раб.} = (0,8 \div 0,9)U_{с.п.}$).

При втором варианте управления (управляющий электрод проходит через высоковольтный электрод) разброс составил $\Delta t_p = (0,2 \div 2,0)$ нс при хорошей настройке, а запаздывание срабатывания основного разрядного промежутка в каждом триггере относительно момента прихода импульса управления (поджига, запуска) было практически одинаковым (неразличимым по осциллограммам) и составило $(5 \div 10)$ нс.

В процессе работы разрядник несколько раз подвергался профилактической разборке, а затем сборке, в результате которых подтвердилась технологичность (удобство в обслуживании) разработанного варианта разрядника.

Созданный разрядник можно использовать как в качестве элемента высоковольтной цепи коммутирующего энергию из источника в нагрузку, так и в качестве закорачивающего ключа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Афанасьев Б.А., Герасимов А.И., Кулешов Г.Д., Павловский А.И., Тананакин В.А., Цибереv В.П. Многоканальный кольцевой управляемый разрядник на 500 кВ // Приборы и техника эксперимента. – 1976. – № 3. – С. 136-137.
- [2] Ковальчук Б.М., Кремнев В.В., Поталицын Ю.Ф. Сильноточные наносекундные коммутаторы. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979.
- [3] Бойко Н.И., Борцов А.В., Евдошенко Л.С., Зароченцев А.И., Иванов В.М., Рудаков В.В., Тур А.Н., Артюх В.Г. Низкоиндуктивная секция генератора мощных высоковольтных импульсов по схеме Фитча // Приборы и техника эксперимента. – 2005. – № 4. – С. 474-481.

Поступила 14.10.2005