

ВОЗДУШНЫЕ РАЗРЯДНИКИ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ В РЕЖИМЕ С ВЫСОКОЙ ЧАСТОТОЙ КОММУТАЦИИ

Наведено результати досліджень двох конструкцій малогабаритних багатопроміжкових розрядників у режимі з високою частотою комутації. Експериментально визначені величина поодиноких розрядних проміжків в них, що дорівнює 0,3 мм, та максимальна частота комутації, що складає 27000 розрядів за секунду при довготривалій стійкій роботі розрядників. Показано, що загострення фронту імпульсів дозволяє в 1,3–1,8 рази збільшити робочу напруженість електричного поля в реакторі з імпульсним коронним розрядом.

Приведены результаты исследований двух конструкций малогабаритных многозазорных разрядников в режиме с высокой частотой коммутации. Экспериментально установлены рациональная величина одиночных разрядных промежутков в них, равная 0,3 мм, и максимальная частота коммутации, составившая 27000 разрядов в секунду при долговременной устойчивой работе разрядников. Показано, что обострение фронта импульсов позволяет в 1,3–1,8 раза увеличить рабочую напряженность электрического поля в реакторе с импульсным коронным разрядом.

Известно, что частота коммутации в рельсовых воздушных многозазорных разрядниках (МЗР) атмосферного давления с зазорами 2÷5 мм на напряжение примерно 100 кВ и ток порядка 10 кА достигает 400 имп/с [1]. Исследования разрядников с одиночными зазорами величиной 2 мм в воздухе при атмосферном давлении [2] при коммутируемых токах около 1 кА показали возможность их использования до частот коммутации примерно 19000 разрядов в секунду, однако при этом рабочее напряжение падает до 23 % первоначального пробивного. Еще более высокие частоты коммутации – до 100 разрядов в секунду получены при использовании одиночных зазоров 0,1÷0,4 мм в воздухе атмосферного давления при амплитудах импульсов 1,5 кВ и токах до 2 мА [3].

Таким образом, прослеживается следующая тенденция: с уменьшением амплитуды коммутируемых токов и одновременным уменьшением длины разрядного промежутка (РП) возрастают предельно возможные частоты коммутации.

Также известно, например [4], что время восстановления электрической прочности (ВЭП) одиночного разрядного промежутка больше, чем у нескольких разрядных промежутков с общей длиной, равной длине одиночного промежутка.

В связи с изложенным представляется целесообразным определить максимальную частоту коммутации в воздухе при атмосферном давлении для зазоров 0,05÷1 мм в конструкции МЗР на напряжение (2÷20) кВ и токи 10÷100 А. Это может найти применение при обострении фронта импульсов в электротехнологических установках при формировании импульсного коронного разряда (ИКР).

Целью работы является определение максимальной частоты коммутации и рациональной конструкции воздушных многозазорных разрядников атмосферного давления с субмиллиметровыми единичными зазорами для электротехнологических применений.

СРАВНЕНИЕ ДВУХ КОНСТРУКЦИЙ МАЛОГАБАРИТНЫХ МНОГОЗАЗОРНЫХ РАЗРЯДНИКОВ

Возможности применения ИКР с расширенной зоной ионизации отчасти показаны в [5] и постоянно расширяются [6]. Представляется важным исследование частотной применимости в генераторах ИКР воздушных при атмосферном давлении рельсовых МЗР с субмиллиметровыми зазорами. Использование возду-

ха в качестве рабочей среды позволяет упростить конструкцию разрядников и удешевить их эксплуатацию, что важно для технологических установок. Сравнительно небольшие амплитуды импульсов тока (десятки ампер) ИКР позволяют применять для обострения фронтов импульсов разрядники небольших габаритов. В процессе разработки установок для генерации ИКР с помощью обостренных импульсов напряжения были опробованы две конструкции обостряющих малогабаритных МЗР: с цилиндрическими и пластинчатыми электродами [7].

Рельсовый МЗР с пластинчатыми электродами предложен автором в [7]. Конструкция 7-зазорного такого МЗР приведена на рис. 1.

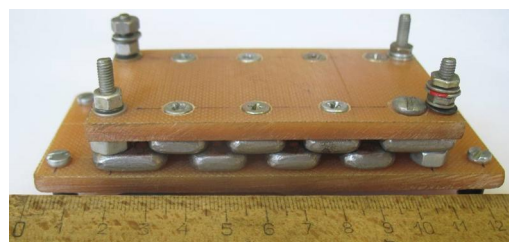


Рис. 1. Малогабаритный рельсовый 7-зазорный разрядник с пластинчатыми электродами: а – эскиз разрядника (пунктирной линией со стрелками показано направление протекания тока в разряднике); б – его фотография

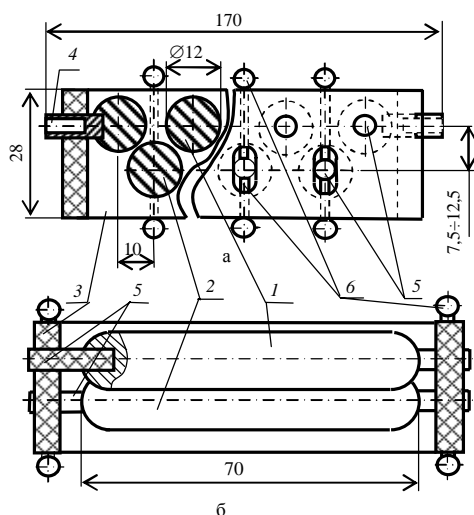
Электроды разрядника представляют собой стальные (Ст. 3) пластины с размерами 50×15×5 мм (крайние электроды, являющиеся местами подключения, имеют размеры – 50×20×5 мм). Радиус скругления всех граней пластин равен 2,5 мм. Электроды привинчены (в ряд) параллельно друг другу к текстолитовым пластинам так, что расстояние по воздуху между длин-

ными (50 мм) сторонами электродов равняется примерно 5 мм, а по поверхности текстолитовых пластин равняется примерно 10 мм вследствие скругления граней электродов. Текстолитовые пластины являются несущими корпусными деталями МЗР. Таким образом, при величине РП < 2 мм после подачи высокого напряжения на МЗР обеспечивается поочередный пробой между противоположными электродами на разных текстолитовых пластинах, а не вдоль поверхности ряда электродов, закрепленных на одной текстолитовой пластине. Регулировка величины РП в диапазоне 0,05 ÷ 2 мм осуществляется путем замены 4-х дистанционных шайб разной толщины.

После приложения высокого напряжения к МЗР ультрафиолетовое излучение от искры первого пробившегося РП подсвечивает остальные промежутки, находящиеся на одной линии. Это вызывает фотоионизацию их, что способствует в конечном итоге уменьшению времени задержки срабатывания МЗР, повышает стабильность его срабатывания.

Габаритные размеры МЗР с пластинчатыми электродами 125×52×30 мм.

Конструкция 8-ми зазорного рельсового малогабаритного МЗР с цилиндрическими электродами приведена на рис. 2.



в

Рис. 2. Многозазорный разрядник с цилиндрическими электродами. Вид разрядника в проекции на плоскость: а – параллельную направлению развития разряда; б – перпендикулярную направлению развития разряда; в – фотография разрядника во время работы, где видно, что разряды перемещаются вдоль всей длины электродов

Неподвижные цилиндрические электроды 1 размещены в ряд параллельно друг другу так, что их оси лежат в одной плоскости. Подвижные электроды 2 располагаются параллельно электродам 1 в другой плоскости, параллельной первой. Проекция на эту плоскость осей электродов 2 делит расстояние между электродами 1 пополам. Все электроды посредством диэлектрических вставок 5 закреплены в текстолитовом рамочном корпусе 3, причем электроды 2 с возможностью поступательного параллельного перемещения относительно электродов 1 в пазах корпуса. Это перемещение – и соответственно регулировку РП в диапазоне 0,05 ÷ 2,0 мм – обеспечивают попарно винты 6. В крайние неподвижные электроды винтовые выводы 4 разрядника. Диаметр электродов 12 мм, длина – 70 мм. Кроме крайних электродов (к которым крепятся выводы 4) остальные электроды как подвижные, так и неподвижные выполнены с возможностью осевого вращения. Габаритные размеры рельсового малогабаритного МЗР с цилиндрическими электродами 170×100×50 мм.

Цель экспериментов заключалась в определении электрических и эксплуатационных характеристик МЗР с пластинчатыми и цилиндрическими электродами. Для этого оба МЗР по очереди испытывали в одних и тех же условиях. Для полной сопоставимости результатов один зазор в 8-зазорном МЗР был закорочен, чтобы в обоих МЗР было одинаковое количество зазоров.

С определенными сложностями пришлось столкнуться при изготовлении МЗР с пластинчатыми электродами. При выбранной толщине пластин электродов 5 мм оказалось проще выполнить скругления граней вручную, чем на станочном оборудовании. Ручная работа же занимает неоправданно много времени. При регулировке (изменении) величин РП также возникают некоторые неудобства – требуется целый набор дистанционных шайб разной толщины.

Таких сложностей не возникает при изготовлении и регулировке МЗР с цилиндрическими электродами, хотя при изготовлении требуется особая точность при выполнении мест крепления электродов в корпусе для обеспечения высокой точности и одинакового вдоль всей длины электродов зазора РП.

Измерение статического пробивного напряжения показало следующее. При одинаковых зазорах по 0,2 мм в обоих МЗР статическое пробивное напряжение для разрядника с пластинчатыми электродами равнялось 4,9 ÷ 5,1 кВ, а для разрядника с цилиндрическими электродами – 6,6 ÷ 6,8 кВ. Такое различие, вероятно, можно объяснить большей однородностью электрического поля в РП МЗР с цилиндрическими электродами (радиус электродов 6 мм) по сравнению с МЗР с пластинчатыми электродами (радиус скругления электродов 2,5 мм). Радиус скругления электродов в МЗР с пластинчатыми электродами можно увеличить при увеличении толщины пластин-электродов. Однако тогда в соответствии с конструкцией этого разрядника пришлось бы увеличить и ширину электродов в направлении протекания тока, что приводит к неоправданному увеличению длины МЗР, а следовательно, его индуктивности.

В экспериментах исследовалось влияние величины одиночного РП на работу МЗР. Величина РП изменялась от 0,05 до 0,5 мм дискретно с шагом 0,05 мм. Амплитуда разрядного импульса тока составляла около 7,6 А. Достигнутые максимальные частоты коммутации

МЗР иллюстрируются графиками на рис. 3, где 1 – для МЗР с цилиндрическими электродами при продувке; 2 – для того же МЗР без продувки; 3 – для МЗР с пластинчатыми электродами при продувке. Экспериментально установлено, что длительная стабильная работа МЗР обеих конструкций наблюдалась при зазорах 0,25 и 0,3 мм. При зазорах менее 0,2 мм в обоих рассматриваемых МЗР через 4÷7 минут нарушалась стабильность работы разрядника: наблюдалось попадание разрядов в одну точку на рабочей поверхности электрода (пылинка, неровности), зазоры не восстанавливались после каждого поданного импульса, резко уменьшалась амплитуда импульса напряжения на нагрузке. При увеличении зазоров свыше 0,5 мм с увеличением частоты следования импульсов также ухудшалась стабильность работы МЗР: наблюдались либо пропуски в срабатывании МЗР, либо он не восстанавливался к приходу следующего импульса. При величинах зазоров 0,5 мм наблюдалось удлинение фронта обостренных импульсов в 2÷2,2 раза по сравнению с зазорами 0,2÷0,3 мм. Поэтому дальнейшие эксперименты по генерации ИКР проводились преимущественно при величине зазоров в МЗР 0,3 мм.

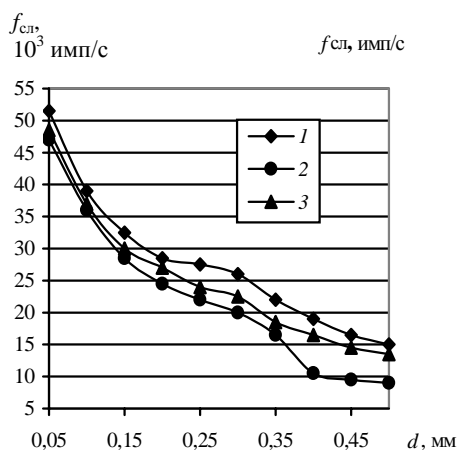


Рис. 3. Зависимости максимальной частоты следования импульсов от величины зазоров в МЗР

Использование обдува вентилятором (ВН-2) МЗР с цилиндрическими электродами позволило увеличить максимальную частоту коммутации примерно на 9 % при зазорах 0,05 мм, на 23 % – при 0,3 мм и на 36 % – при 0,5 мм. Причем с помощью МЗР с цилиндрическими электродами удавалось обеспечить стабильную работу при больших частотах, чем с помощью МЗР с пластинчатыми электродами. Вероятно, это можно объяснить лучшими условиями охлаждения электродов в МЗР с цилиндрическими электродами (большая поверхность электродов подвержена обдуву, больше масса самих электродов), вследствие чего восстановление электрической прочности (ВЭП) РП происходило быстрее.

Следует также отметить, что в МЗР с цилиндрическими электродами легче получить формирование разрядов вдоль всей длины электродов, чем в МЗР с пластинчатыми электродами. Вероятно, это объясняется большей неоднородностью электрического поля в РП и сложностью обеспечения одинаковости зазоров в МЗР с пластинчатыми электродами. На рис. 2 видны разрядные искры вдоль всей длины электродов в одном из четырех видимых РП (остальные четыре РП не видны, т.к. закрыты соседними электродами).

Возможность осевого вращения цилиндрических электродов обеспечивает большой ресурс МЗР с цилиндрическими электродами по сравнению с МЗР с пластинчатыми электродами, поскольку можно обеспечить равномерный износ всей цилиндрической поверхности путем периодических поворотов электродов на определенный угол по мере их износа. Расчетный ресурс МЗР с цилиндрическими электродами равняется $1,06 \cdot 10^{10}$ разрядов.

Сравнение упомянутых МЗР показало, что по основным характеристикам: обеспечению многоканальности разряда, условиям охлаждения, величине напряжения самопробоя, удобству эксплуатации и ресурсу МЗР с цилиндрическими электродами имеет преимущество перед МЗР с пластинчатыми электродами. Последний обладает одним преимуществом – малым временем задержки срабатывания, что несущественно для разрядника, работающего на самопробое с большой частотой в технологической установке.

МНОГОЗАБОРНЫЕ РАЗРЯДНИКИ В УСТАНОВКАХ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЫБРОСОВ

Целью исследований при создании установок было получение максимальной напряженности электрического поля в электродной системе для получения ИКР высокой технологической эффективности.

В НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ" за последние годы создан целый ряд установок для обработки газовых отходов с использованием ИКР [8]. Упрощенная электрическая схема этих установок представлена на рис. 4.

Для увеличения рабочей напряженности электрического поля в обрабатываемой электродной системе путем обострения фронта импульса напряжения в выходном контуре установки был применен 8-заборный ИР с цилиндрическими электродами.

В серии экспериментов при разном количестве зазоров в разряднике (от 4 до 8 зазоров) амплитуда напряжения генератора устанавливалась таким образом, что амплитуда напряжения в электродной системе была близка к амплитуде перехода ИКР в искровой разряд (в соответствии с изменением количества зазоров в МЗР изменялся и рабочий промежуток в электродной системе – между коронирующими кромками высоковольтного электрода и поверхностью заземленного электрода). Использование МЗР позволило укоротить фронт импульсов с 6,4 мкс до 230÷250 нс. При этом длительность самого импульса уменьшилась с 22÷24 мкс до 13÷16 мкс. Частота следования импульсов равнялась 5500÷7000 имп/с. Измеренные емкостным делителем напряжения амплитуды импульсов в электродной системе в случае обострения были, по крайней мере, в 1,3 раза больше (см. рис. 5), чем в случае без обострения (зазоры МЗР в этом случае были закорочены с помощью полосок медной фольги по всей длине электродов), при одинаковой амплитуде низковольтных импульсов. На рис. 5,б наложены осциллограммы трех разных обостренных импульсов. Наименьшая амплитуда этих импульсов примерно в 1,5 раза превышает амплитуду необостренного импульса, а наибольшая – в 1,8 раза. Таким образом, обострение фронта импульсов позволило в 1,3÷1,8 раза повысить напряженность обрабатываемого поля в реакторе.

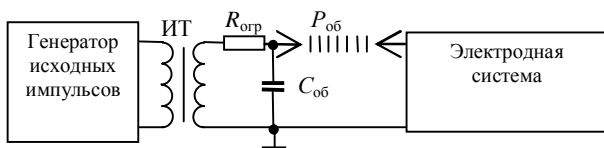


Рис. 4. Упрощенная схема установок для получения ИКР (ИТ – импульсный трансформатор, $P_{об}$ – многозазорный обостряющий разрядник, $C_{об}$ – обостряющая емкость, $R_{обр}$ – высоковольтный токоограничивающий резистор)

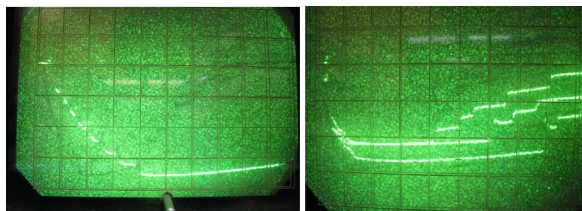


Рис. 5. Осциллограммы импульсов напряжения на электродной системе: *а* – без обострения, разрешение по оси ординат 2,5 кВ/дел; *б* – с обострением, разрешение по оси ординат 5 кВ/дел. Временное разрешение осциллограмм 2 мкс/дел

В другой серии опытов при фиксированной амплитуде напряжения выходного импульса 170 В низковольтного генератора и потребляемого генератором тока 0,35 А из питающей сети были измерены импульсы разрядного тока в электродной системе с помощью шунта. В случае с обострением амплитуда импульса тока составила около 12 А, что в 60 раз превышает амплитуду импульса тока в случае без обострения – 0,2 А.

Следует отметить, что при достижении такого значения амплитуды импульсов напряжения на электродной системе, когда возможен переход ИКР в искровой разряд, в случае обострения в РП электродной системы значительно реже формируется искровой разряд, чем при отсутствии обострения. Причем, в случае обострения искровой разряд не носит необратимого характера (в РП возобновляется генерация ИКР) вследствие отделения обостряющего разрядного контура от импульсного трансформатора многозазорным разрядником.

Благодаря увеличению рабочей напряженности электрического поля в электродной системе возможно увеличение энергии генерируемых в ИКР частиц, в частности электронов, часть из которых может превышать энергию 10 эВ. Поэтому новой возможностью метода очистки газовых выбросов с использованием ИКР, по сравнению с известными методами, является возможность диссоциации молекул нежелательных газовых примесей (например, SO_2 , CO_2 и др.) прямым электронным ударом во всей зоне ионизации благодаря существенному превышению электронной температуры над температурой атомов и ионов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ КОММУТАЦИИ МНОГОЗАЗОРНОГО РАЗРЯДНИКА

При устойчивой работе МЗР максимальная достигнутая частота коммутации в генераторе по схеме на рис. 6 составила $f_{сн} \approx 27000$ имп/с при амплитуде коммутируемого импульса тока около 60 А.

Реактор – нагрузка представлял собой коаксиальную электродную систему: внутренний высоковольтный электрод – в виде ряда тонких (толщиной 11 мкм) алюминиевых коронирующих дисков (с внешним диаметром 30 мм), размещенных на сталь-

ном стержне \varnothing 6 мм перпендикулярно к нему с шагом 20 мм; наружный заземленный электрод – охватывающая внутренний электрод алюминиевая труба с внутренним диаметром 40 мм. Задача согласования волнового сопротивления реактора с активным сопротивлением резисторов в наносекундном диапазоне времён не ставилась, поскольку это согласование приводит к неизбежной потере энергии в резисторах.

На рис. 6 использованы следующие обозначения: 1 – зарядное устройство; 2 – генератор низковольтных исходных импульсов; ИТ – импульсный трансформатор на ферритовом магнитопроводе; $C_{собр.ИТ}$ – собственная емкость высоковольтной вторичной обмотки, $C_{собр.ИТ} \approx 160$ пФ; C_n – нагрузочная емкость, $C_n = 200$ пФ (два параллельно включенных конденсатора КВИ-2 100 пФ 20 кВ); МЗР – многозазорный разрядник с единичными зазорами по 0,3 мм; L_n – нагрузочная индуктивность, намотана многопроволочным проводом типа ПВ-3 сечением 1 мм² на изолированном кольцевом ферритовом магнитопроводе МН 120×80×8. Количество витков в L_n равно $W_{L_n} = 100$; Р – реактор с ИКР. При использовании схемы на рис. 6 учитывалось то обстоятельство, что чем дольше после каждого импульса нарастает зарядное напряжение параллельно включенных емкостей ($C_{собр.ИТ} + C_n$) до пробивного на МЗР (т.е. чем больше пауза между импульсами), тем лучше (надежнее, до большего значения $U_{пр}$) восстанавливается электрическая прочность межэлектродных промежутков МЗР. При срабатывании МЗР вся запасенная в емкостях $C_{собр.ИТ}$ и C_n энергия выделяется в реакторе Р и индуктивности L_n .

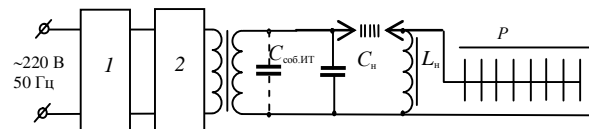


Рис. 6. Схема генератора микросекундных импульсов

Соответствующие этому режиму осциллограммы импульсов в реакторе с ИКР приведены на рис. 7.

При примерно одинаковом переносимом за импульс заряде (около 0,05 Кл) достигнутая частота 27000 имп/с на 29 % выше, чем достигаемая (19000 имп/с) в известных [18] экспериментах по коммутации 2-мм-вых воздушных атмосферного давления зазоров. При этом рабочее напряжение зазоров 0,3 мм равнялось примерно $0,5 U_{пр}$ ($U_{пр}$ – первоначальное пробивное напряжение), а зазоров 2 мм равнялось $0,25 U_{пр}$, что доказывает предпочтительность использования субмиллиметровых РП по сравнению с миллиметровыми для режимов с высокой частотой следования импульсов.

Предельная частота следования импульсов 27000 имп/с в МЗР получена при пробивном напряжении, составляющем примерно 50 % от напряжения самопробоя в режиме одиночных импульсов. Таким образом, при увеличении частоты коммутации МЗР мы уменьшили напряжение срабатывания разрядника. Однако, такое снижение напряжения срабатывания разрядника компенсируется в амплитуде импульса на нагрузке, что было показано выше при обострении фронта импульсов на реакторе с ИКР. Действительно, сравнивая осциллограммы на рис. 7,б и 7,г, мы видим, что амплитуда обостренного импульса почти в 2 раза превышает амплитуду необостренного импульса при одинаковых исходных низковольтных импульсах.

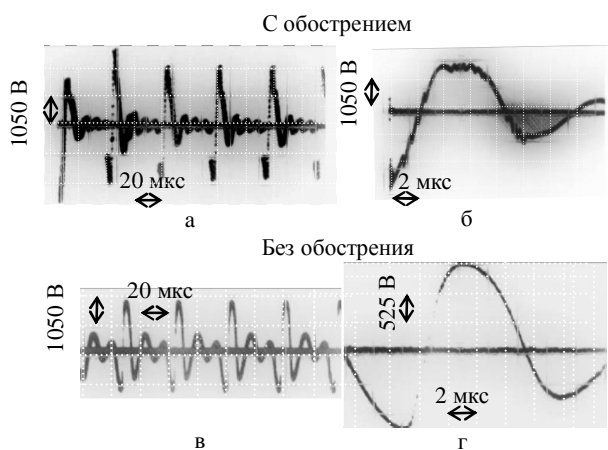


Рис. 7. Осциллограммы импульсов напряжения на реакторе с ИКР для генератора по схеме на рис. 6.

ВЫВОДЫ

1. При исследовании зависимости частоты коммутации воздушных атмосферного давления, работающих на самопробое, малогабаритных МЗР двух конструкций от величины РП в диапазоне от 0,05 до 0,5 мм с использованием продувки РП и без нее установлено, что МЗР может длительно стабильно работать при рациональной величине РП, равной $0,25 \pm 0,3$ мм.

2. Экспериментально установленная верхняя граница по частотной применимости воздушного атмосферного давления, работающего на самопробое, малогабаритного МЗР с РП 0,3 мм в генераторах ИКР равняется 27000 имп/с при достигаемой амплитуде разрядного тока 60 А.

3. Экспериментально установлено, что снижение пробивного напряжения МЗР компенсируется увеличением амплитуды в нагрузке вследствие обострения фронта импульса.

4. Обострение с помощью МЗР фронта импульсов, формирующих ИКР, при одинаковой амплитуде исходных низковольтных импульсов:

- обеспечило укорочение длительности фронта импульсов в десятки раз;

- позволило увеличить максимально возможную напряженность электрического поля в электродной системе, по крайней мере, в 1,3 раза, а, следовательно, и эффективность ИКР;

- позволило улучшить условия для предотвращения аварийных режимов (перехода ИКР в искровой разряд) вследствие отделения обостряющего разрядного контура от импульсного трансформатора многозазорным разрядником;

- обеспечило увеличение разрядного тока в 60 раз (с 0,2 до 12 А) в электродной системе при неизменном энергопотреблении из сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойко Н.И. Высоковольтные искровые разрядники для технологических установок / Н.И. Бойко, А.В. Борцов, Л.С. Евдошенко [и др.] // Приборы и техника эксперимента. – 2001. – № 2. – С. 79-88.
2. Ванюков М.П. Исследование процесса восстановления электрической прочности искрового промежутка при работе его в режиме повторных разрядов / М.П. Ванюков, В.И. Исаенко, Г.Н. Травлев // Ж. техн. физ. – 1962. – Том XXXII. – № 6. – С. 746-752.

3. Юрген Б. Исследование коммутирующих устройств на основе искровых промежутков с предельно высокой частотой коммутации и возможностей их применения: автореферат дисс. на соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 01.04.13 "Электрофизика, электрофизические установки" / Б. Юрген – СПб.: изд-во СПбГПУ. – 2003.

4. Месяц Г.А. Импульсная энергетика и электроника / Г.А. Месяц. – М.: Наука, 2004. – 704 с.

5. Бойко Н.И. Импульсный коронный разряд с расширенной зоной ионизации: физические основы получения и перспективные области применения / Н.И. Бойко, А.В. Борцов, Л.С. Евдошенко [и др.] // Электротехника и электромеханика. – 2004. – №3. – С. 98-104.
6. Высокоинтенсивные физические факторы в биологии, медицине, сельском хозяйстве и экологии: труды междунар. конф. / под ред. В.Д. Селемира, Г.М. Спирина, В.И. Карелина. – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2009. – 282 с. – ил. – С. 252-255.

7. Бойко Н.И. Частотные искровые разрядники / Н.И. Бойко, Л.С. Евдошенко, А.И. Зароченцев, В.М. Иванов // Вісник НТУ "ХПИ". – 2006. – №35. – С. 5-19.

8. Озон и другие экологически чистые окислители: Наука и технологии: материалы 31-го Всеросс. семинара. (Москва, 2-3 июня 2010) / Химический факультет МГУ. – М.: МАКС Пресс, 2010. – 294 с.: ил. – С. 121-126.

Bibliography (transliterated): 1. Bojko N.I. Vysokovolt'nye iskrovye razryadniki dlya tehnologicheskikh ustanovok / N.I. Bojko, A.V. Borcov, L.S. Evdoshenko [i dr.] // Pribory i tehnika `eksperimenta. - 2001. - № 2. - S. 79-88. 2. Vanyukov M.P. Issledovanie processa vosstanovleniya `elektricheskoy prochnosti iskrovogo proezhnutka pri rabote ego v rezhime povtornykh razryadov / M.P. Vanyukov, V.I. Isaenko, G.N. Travleev // Zh. tehn. fiz. - 1962. - Tom XXXII. - № 6. - S. 746-752. 3. Yurgen B. Issledovanie kommutiruyuschih ustrojstv na osnove iskrovyykh proezhnutkov s predel'no vysokoy chastotoy kommutatsii i vozmozhnostey ih primeneniya: avtoreferat diss. na soiskanie nauchn. stepeni kand. tehn. nauk: spec. 01.04.13 "Elektrofizika, `elektrofizicheskie ustanovki" / B. Yurgen - SPb.: izd-vo SPbGPU. - 2003. 4. Mesyac G.A. Impul'snaya `energetika i `elektronika / G.A. Mesyac. - M.: Nauka, 2004. - 704 s. 5. Bojko N.I. Impul'snyj koronnyj razryad s rasshirennoj zonoj ionizatsii: fizicheskie osnovy polucheniya i perspektivnye oblasti primeneniya / N.I. Bojko, A.V. Borcov, L.S. Evdoshenko [i dr.] // Elektrotehnika i elektromehaniika. - 2004. - №3. - S. 98-104. 6. Vysokointensivnye fizicheskie faktory v biologii, medicine, sel'skom hozyajstve i `ekologii: trudy mezhdunar. konf. / pod red. V.D. Selemira, G.M. Spirina, V.I. Karelina. - Sarov: RFYaC-VNIIEF, 2009. - 282 s. - il. - С. 252-255. 7. Bojko N.I. Chastotnye iskrovye razryadniki / N.I. Bojko, L.S. Evdoshenko, A.I. Zarochencev, V.M. Ivanov // Visnik NTU "HPI". - 2006. - №35. - S. 5-19. 8. Ozon i drugie `ekologicheski chistyie okisliteli: Nauka i tehnologii: materialy 31-go Vseross. seminar. (Moskva, 2-3 iyunya 2010) / Himicheskij fakul'tet MGU. - M.: MAKSPress, 2010. - 294 s.: il. - S. 121-126.

Поступила 22.04.2013

Евдошенко Леонид Свиридович, с.н.с.,
НИПКИ "Молния"
Национальный технический университет
"Харьковский политехнический институт"
61013, Харьков, ул. Шевченко, 47
тел. (057) 7076183, e-mail: eft@kpi.kharkov.ua

Yevdoshenko L.S. Air atmospheric-pressure dischargers for operation in high-frequency switching mode.

Operation of two designs of compact multigap dischargers has been investigated in a high-frequency switching mode. It is experimentally revealed that the rational length of single discharge gaps in the designs is 0.3 mm, and the maximum switching frequency is 27000 discharges per second under long-term stable operation of the dischargers. It is shown that in pulsed corona discharge reactors, the pulse front sharpening results in increasing the operating electric field strength by 1.3 – 1.8 times.

Key words – air spark discharger, multigap discharger, high-frequency switching.