

# ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ПРИ РАЗМЫКАНИИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ МАГНИТОУПРАВЛЯЕМЫХ КОНТАКТОВ

А.Е. Чижиков, С.Б. Ильичев, А.В. Шлыков

390005, ул. Гагарина 59/1, г. Рязань, Россия,

ГОУВПО «Рязанский государственный

радиотехнический университет»

*Приведены результаты исследования формы и длительности фронтов импульсов тока и напряжения при замыкании и размыкании контактов высоковольтного геркона МКА-40142 при коммутируемых напряжениях до 2 кВ и токах, не превышающих 5 мА.*

*Приведены осциллограммы фронтов импульса тока геркона при разных коммутируемых напряжениях и токах. Рассчитанная величина ускорения электродов при замыкании –  $10^6$ – $10^7$  м/с<sup>2</sup>, что существенно больше значения, используемого ранее при анализе процессов в герконе.*

*Results of investigation of the form and time of current and voltage impulse fronts while closing and opening of contacts of high-voltage reed switch МКА-40142 at switching voltages up to 2 kV and currents not exceeding 5 mA are given.*

*Oscillograms of current impulse fronts of the reed switch at various switching voltages and currents are presented. The calculated value of the electrode acceleration when contacts closed is  $10^6$ – $10^7$  m/s<sup>2</sup>, it is essentially more than that used earlier when analyzed processes in the reed switch.*

Долговечность и надежность работы геркона в основном определяются состоянием поверхности контактной части. Изменение состояния поверхности высоковольтных магнитоуправляемых контактов происходит как при замыкании, так и при размыкании контактов. Исследования разных авторов показали, что основными процессами, ответственными за эрозию поверхности контактирующих участков, являются мостиковая эрозия, разогрев, плавление, испарение и разрушение отдельных участков при протекании автоэлектронных, термоэмиссионных токов и токов газового разряда при замыкании и размыкании. Знание закономерностей возникновения и развития этих токов весьма важно, так как позволяет более точно сформулировать требования к электрофизическим характеристикам контактирующих поверхностей и технологии изготовления герконов.

Целью настоящей работы являлось изучение закономерностей изменения во времени токов промежутка при замыкании и размыкании электродов ВВ герконов МКА-40142, основные параметры которых приведены в табл. Исследовалось два геркона, один из которых (№ 2) по электрической прочности изоляции относится к группе А (напряжение пробоя < 10 кВ), другой (№ 1) – к группе Б (напряжение пробоя > 10 кВ).

Максимальное рабочее напряжение, В	Максимальный переключаемый ток, А	Максимальная переключаемая мощность, Вт	Материал контактного покрытия	Длительность рабочего импульса, макс.
5000	3,0	50 (U<1000 В) 10 (U>1000 В)	Мо	3 мс

При исследованиях на стандартную катушку управления подавались прямоугольные импульсы напряжения от генератора Г5 – 63. Для контроля формы импульса тока в цепь катушки был включен резистор сопротивлением 100 Ом. Постоянное высокое напряжение отрицательной полярности подавалось на один из электродов геркона через ограничительный резистор, а для контроля формы импульса тока геркона его второй электрод заземлялся через измерительный резистор сопротивлением 1 кОм. Для контроля

амплитуды и формы импульса напряжения на герконе параллельно ограничительному резистору был подключен высокоомный делитель напряжения (150 МОм и 1,5 кОм). Импульсы напряжения с периодом 2,5 с и длительностью 3,2 мс на катушке и импульсы с измерительных резисторов подавались на вход четырехканального запоминающего осциллографа АСК – 3107 АКТАКОМ и после преобразований выводились на персональный компьютер. Одновременно на дисплее можно было наблюдать форму 4-х импульсов напряжения и тока.

Были исследованы 2 режима: с шунтированием катушки управления диодом и без шунтирования. При работе без шунтирующего катушку диода по окончании импульса напряжения генератора появлялся импульс напряжения противоположной полярности, приводящий к уменьшению времени замкнутого состояния контактов геркона. На длительность фронтов импульсов при замыкании и размыкании наличие диода влияния не оказывало.

Исследования проводились при токе геркона 0,5–3 мА, величина которого при данном напряжении задавалась ограничительным сопротивлением. На рис. 1 приведены формы импульсов напряжения (1) и тока (2) катушки управления, а также формы импульсов тока (3) и напряжения (4) геркона № 1 в схеме без шунтирующего диода.

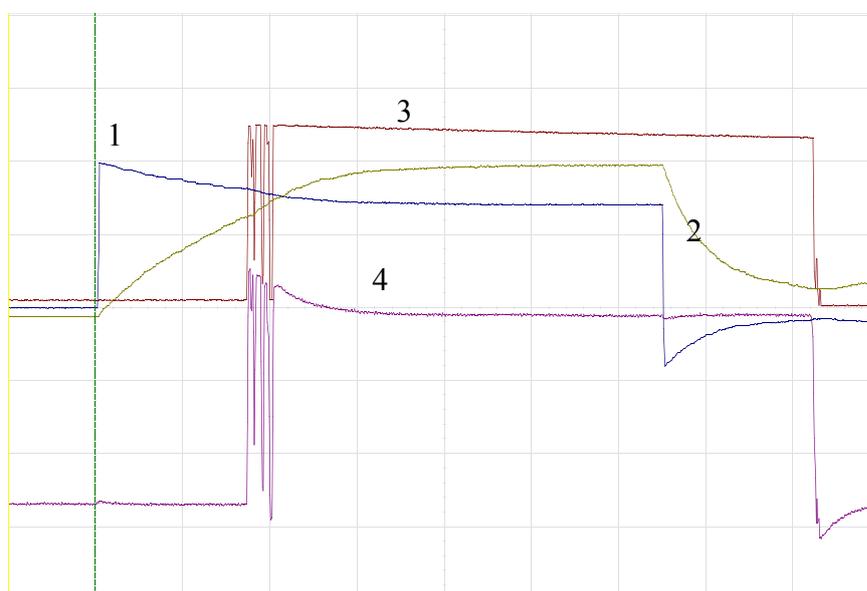


Рис. 1. Формы импульсов напряжения (1) и тока (2) катушки, тока геркона (3) и напряжения геркона (4); в 1 клетке 10 В, 50 мА, 0,5 мА, 35 В, соответственно. Развертка 500 мкс/дел.

На рис. 2 (а, б) для разной скорости развертки приведены осциллограммы переднего фронта импульсов напряжения и тока (при замыкании) геркона № 1 при коммутируемом напряжении 2 кВ и ограничительном сопротивлении 400 кОм. Форма импульсов снималась с усреднением по 10 импульсам с применением накопительного фильтра (встроенная функция осциллографической приставки). Импульс тока инвертирован, так что нулевая линия развертки у импульсов общая.

Анализ закономерностей изменения напряжения и тока геркона на стадии замыкания указывает на наличие двух видов тока: тока смещения и автоэлектронного тока. Из-за малости времени замыкания стационарные разрядные токи формироваться не успевают. Возможно прохождение лавин и существование стримерного пробоя.

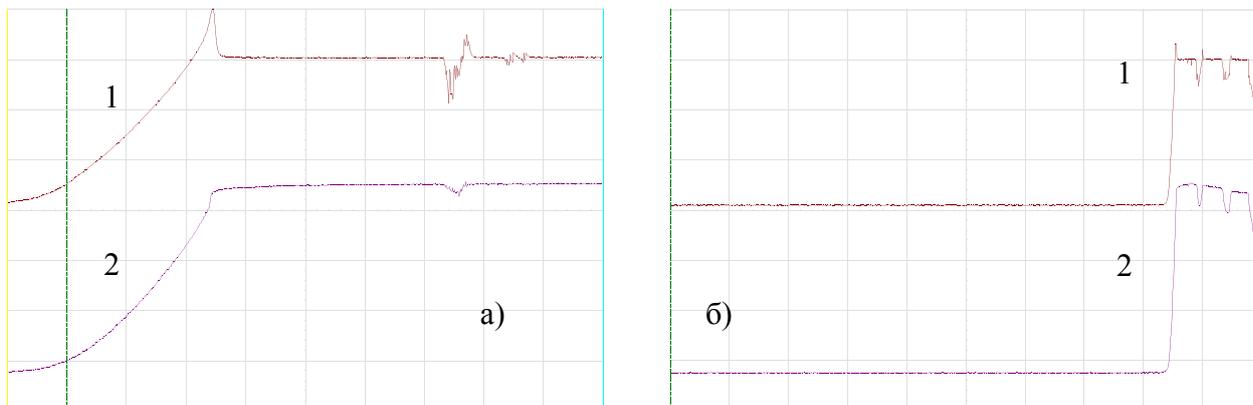


Рис. 2. Форма переднего фронта импульса тока (1) и напряжения (2) геркона при замыкании; напряжение 2 кВ, ток 5 мА, развертка а) 5 мкс/дел., б) 100 мкс/дел.

На рис. 3 (а, б) приведены формы импульсов тока геркона № 1 (осциллограмма 1) и напряжения на герконе (осциллограмма 2) при размыкании, разных коммутируемых напряжениях (2 кВ и 100 В), но для одинаковых токов 5 мА. Рис. 3 (а) соответствует напряжению 2 кВ, а рис. 3 (б) – 100 В. Развертка – 100 мкс/дел.

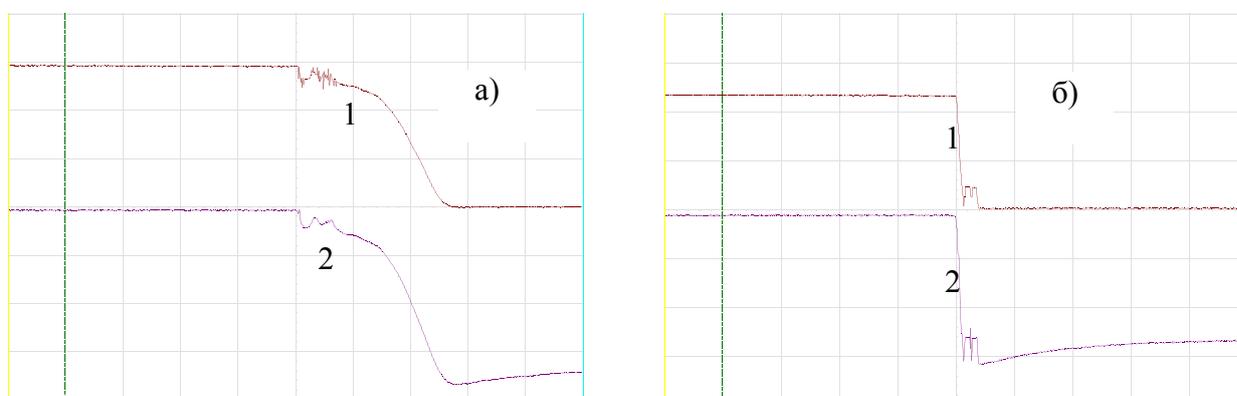


Рис. 3. Форма заднего фронта импульсов тока (1) и напряжения (2) геркона при размыкании; а) 2000 В, 5 мА, 100 мкс/дел., б) 100 В, 5 мА, 100 мкс/дел.

На рис. 4 приведены формы задних фронтов импульсов тока (осциллограмма 1) и напряжения (осциллограмма 2) при размыкании электродов геркона № 2 (с меньшей электрической прочностью) при напряжении 2 кВ и коммутируемом токе 5 мА. Развертка – 100 мкс/дел. Нулевая линия – общая.

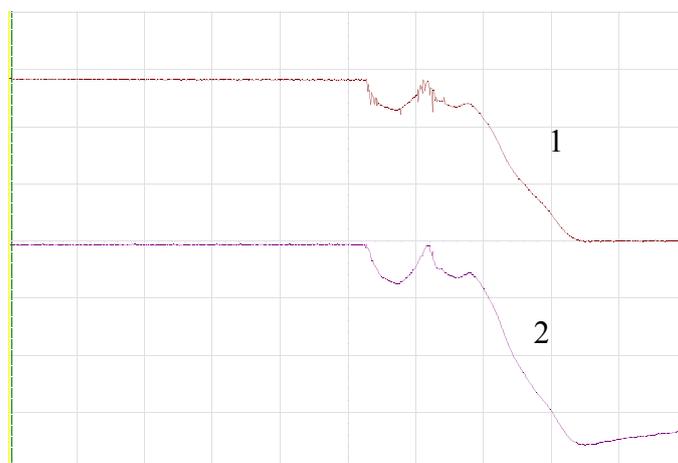


Рис. 4. Форма заднего фронта импульсов тока (1) и напряжения (2) геркона № 2 при размыкании; 2000 В/дел., 5 мА, 100 мкс/дел.

Анализ зависимостей изменения тока и напряжения геркона от времени при разных ограничительных сопротивлениях и переключаемых напряжениях позволяет сделать следующие выводы:

- Время замыкания геркона составляет около 10 микросекунд, а протекающие токи являются токами смещения и автоэлектронными токами. Расчет ускорения движения электродов при замыкании с учетом зависимости межэлектродного расстояния от времени показал, что ускорение составляет примерно  $10^6$ – $10^7$  м/с<sup>2</sup>. Скорость движения электродов в момент замыкания составляет около от 10 м/с до 100 м/с. Вероятность формирования установившихся разрядов на этой стадии невелика.

- Время размыкания геркона (250 – 300 мкс) в сотни раз превышает время замыкания и состоит из нескольких колебаний – интервалов и последующего длительного спада тока и возрастания напряжения на электродах. Короткие (десятки мкс) колебания определяются движением электродов под действием упругих сил и изменением сопротивления контакта. Они протекают при нулевом токе катушки управления. Длительность этого интервала практически не зависит от режима включения и работы геркона. Интенсивность процессов на этой стадии сильно зависит от электропрочности геркона.

- Последующий длительный спад тока протекает при отсутствии физического контакта между электродами. Его длительность, вероятнее всего, определяется временем существования проводящего состояния промежутка и зависит от времени существования разряда, возникающего в парах материала электродов в начальный момент разрыва контактов-мостиков.

#### Литература:

1. Герметизированные магнитоуправляемые контакты // Межвуз. сб-к научн. трудов. Вып. 1, 1975. – С. 127; вып. 2, 1976. – С. 124; вып. 3, 1977. – С. 160; вып. 4, 1979. – С. 130; вып. 5, 1982. – С. 160.
2. Рабкин Л.И., Евгенова И.Н. Магнитоуправляемые герметизированные контакты // Связь. – М.: 1976. – 104 с.
3. Магнитоуправляемые контакты (герконы) и изделия на их основе // Сборник трудов первой Международной научно-практической конференции, Рязань, Россия, 11-14 октября 2005 г. – 170 с.