

УДК 621.318.51

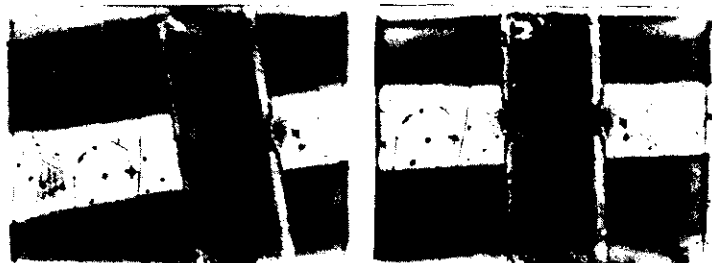
ЭРОЗИОННЫЙ ИЗНОС КОНТАКТОВ ПЭР ИЗ СПЛАВА МЕДЬ-БЕРИЛЛИЙ

Т.В.Полина, Б.С.Потапов, В.А.Стерехин

Исследовалось влияние коммутируемого напряжения и тока на эрозийный износ контактной системы пленочного электростатического реле с неизолированными контактами [1]. В качестве контактов использовались пленки из сплава медь-бериллий толщиной 0,5 - 2,5 мкм и такие же пленки, покрытые по поверхности контактирования золотым или серебряным слоем в 2000 - 3000 Å.

Условия и методика эксперимента. С целью расширения диапазона коммутируемых напряжений исследования проводились на установке, описанной в [2]. Нагрузкой контактной системы являлись резисторы, индуктивные емкости монтажа и индуктивность перекрестных между собой проводов ($L \approx 3 \mu\text{кгн}$; $C_M = 60 \text{ пф}$), соединяющих измерительный блок установки с образцом ПЭР. Коммутируемое напряжение задавалось от источника постоянного тока.

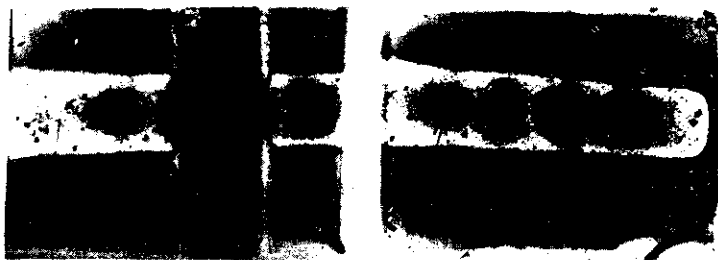
При проведении экспериментов подвижный контакт (мембрана) испытывает дополнительный нагрев джоулевым теплом, выделяющимся при протекании тока срабатывания. Температуру перегрева можно оценить, так как известно, что она пропорциональна квадрату протекающего тока. Экспериментально определенное значение коэффициента пропорциональности для образца ПЭР составляет $7,5 \cdot 10^{+3} \pm 10\%$ град./а². Отсюда максимальная температура



$$N = 1,1 \cdot 10^3; S = 150 - 250 \text{ мк}^2 \quad N = 6,4 \cdot 10^4; S = 1610 \text{ мк}^2$$



$$N = 9,3 \cdot 10^4; S = 2200 \text{ мк}^2 \quad N = 1,7 \cdot 10^5; S = 3750 \text{ мк}^2$$



$$N = 2,1 \cdot 10^5; S = 4290 \text{ мк}^2$$

Неподвижный контакт (катод)
после удаления мембраны

Рис. 1. Эрозионный износ мембраны. Мембрана-анод.

мембраны в области контактирования $T_{\text{max}} = 170^\circ\text{C} + T_{\text{комн.}}$, поскольку ток срабатывания не превышал 150 мА.

Предварительными экспериментами было установлено, что при использовании мембраны в качестве анода на ней после некоторо-

го числа срабатываний появляются сквозные отверстия. Увеличение площади этих отверстий по мере дальнейшей наработки контактов послужило объектом наблюдения в экспериментах по эрозионному износу. На микроскопе МИМ-8М (увеличение $\times 300$) производилось фотографирование мембраны в исходном состоянии и после требуемого числа срабатываний N . Площадь эрозионного следа S измерялась с помощью масштабной сетки. Объем удаленного из мембраны металла, $V = S \cdot \delta$, определялся в предположении, что толщина δ мембраны постоянна по всей ее ширине, а форма эрозионного отверстия цилиндрическая.

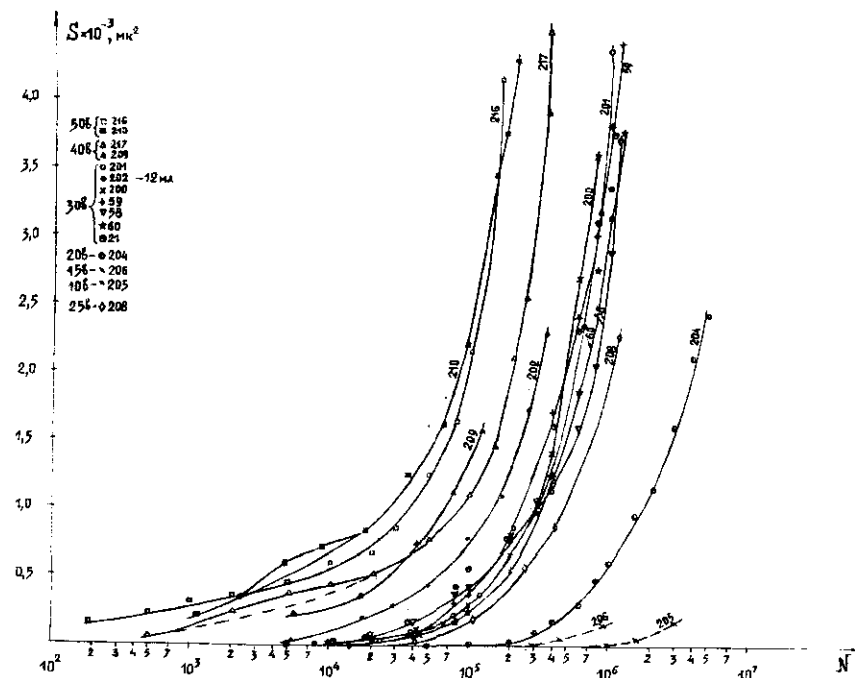


Рис. 2

Для количественной оценки величины эрозии при различных значениях коммутируемого напряжения была введена величина $V' = \frac{S \cdot \delta}{N}$ (мк³ на одно срабатывание).

Экспериментальные результаты. При экспериментах величины коммутируемого напряжения U_k изменялись в диапазоне 5 - 50 в, а величины коммутируемого тока I_k от 2 до 10 ма. При напряжении $U_k =$

$= 5$ в и числе срабатываний $N=10^6$ отверстия на мембране обнаружено не было.

Зависимость площади S выработки мембраны от числа срабатываний N при различных значениях коммутируемого напряжения U_k и тока I_k представлены на рис. 1, 2. Влияние коммутируемого напряжения U_k на эрозию контактной системы нагляднее демонстрируется рис. 3, где представлена зависимость числа срабатываний N от напряжения U_k (параметром является площадь S выработанной части мембраны).

Представленная на рис. 4 зависимость величины V' от числа срабатываний N для различных образцов ЦЭР при $U_k = 30$ в и $I_k = 2 \cdot 10^{-3}$, $5 \cdot 10^{-3}$ и $10 \cdot 10^{-3}$ а поз-

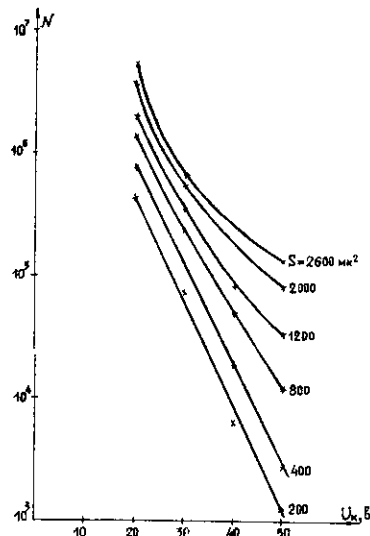


Рис. 3

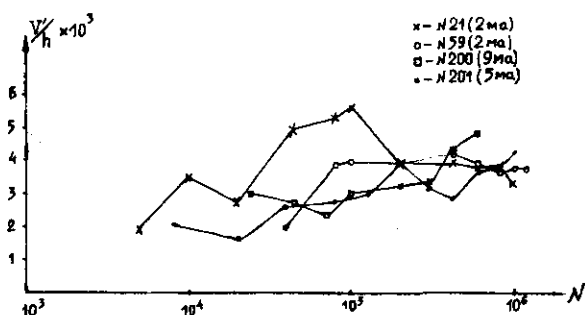


Рис. 4

воляет предположить практическую независимость величины эрозии от тока I_k при его изменении от 2 до 10 ма.

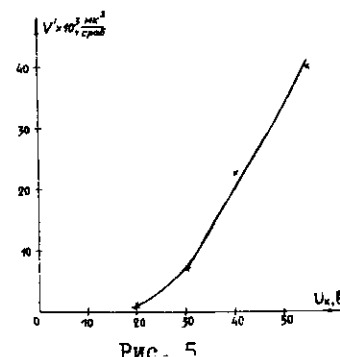


Рис. 5

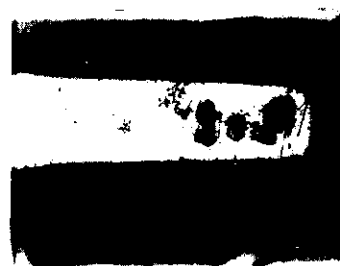


Рис. 6. $N = 7,9 \cdot 10^4$;
 $U_k = 30$ в; $I_k = 10$ ма

Зависимость усредненных значений V' от напряжения U_k представлена на рис. 5.

Все приведенные выше результаты получены для полярности: мембрана - анод, неподвижный контакт - катод. Изменение полярности коммутируемого напряжения приводит к эрозии неподвижного контакта (рис. 6). При $U_k = 30$ в и $I_k = 10 \cdot 10^{-3}$ а наблюдавшееся значение числа срабатываний $N = (4-8) \cdot 10^4$, т.е. реле перестает контактировать значительно раньше, чем эрозия распространится на всю площадь контактов.

Обсуждение экспериментальных результатов. Величины переноса материала за одно контактирование на единицу толщины мембраны V'/h практически не зависят от значения коммутируемого тока (в диапазоне 2 - 10 ма) и от наличия на контактных пленках из сплава медь-бериллий золотого и серебряного покрытия. На основании имеющегося экспериментального материала можно считать, что величина V' остается постоянной в течение всего времени работы реле.

Таким образом, основное влияние на V' (при $I_k \leq 10$ ма) оказывает напряжение U_k , и именно его величина определяет эрозийный износ контактной системы ЦЭР. Зависимость V' от U_k в диапазоне напряжений от 20 до 50 в довольно хорошо описывается эмпирическим уравнением

$$V' = A \cdot (U - U_0)^2,$$

где

$$A = 3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{мк}^3}{\text{в}^2}; \quad U_0 = 14,4 \text{ в}.$$

Предельное значение числа срабатываний N_{np} пленочного электростатического реле, определяемое эрозийным износом контактной системы, может быть оценено по формуле:

$$N_{np} = \frac{3,3 \cdot 10^4 S_k \cdot h_k}{(U - 14,4)^2},$$

где S_k - площадь перекрытия контактной системы (мм^2), h_k - толщина контакта (мм), U - коммутируемое напряжение в диапазоне 20 - 50 в.

Практически достижимое число срабатываний оказывается всегда меньше N_{np} и, в частности, определяется полярностью приложенного напряжения и направлением распространения эрозийного износа по поверхности контактов.

Л и т е р а т у р а

1. ДЯТЛОВ В.Л., СОЛДАТЕНКОВ И.С. Некоторые результаты исследований пленочных электростатических реле. - "Вычислительные системы". Труды I Всесоюзной конференции. Новосибирск, 1968, вып. 5, стр. 159.

2. АБРАМОВ Г.А., ПОТАПОВ Б.С., СТЕРЕЛИХИН В.А., РОГАЛЕВ А.И. Об измерении сил размыкания контактов пленочных электростатических реле. - "Вычислительные системы", 1971, вып. 46, Новосибирск.

Поступила в ред.-изд.отд.
28 июня 1972 г.