

ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗМЫКАНИЯ ПЛЕНОЧНЫХ КОНТАКТОВ

Н.Ф.Копытнов, Б.С.Потапов

Процесс замыкания контактов затянут во времени из-за явлений электротермического характера, заключающихся в вытягивании мостиков расплавленного металла [1-2]. Длины мостиков замыкания, наблюдавшиеся указанными авторами, оказываются сравнимыми с ходом и толщинами пленочных контактов ПЭР. В этой связи представляют интерес исследования процесса замыкания пленочных контактов.

Характер процесса коммутации контактами ПЭР активной на-



Рис.1. 5 в/1 ма,
1в/см, 10 мсек/см

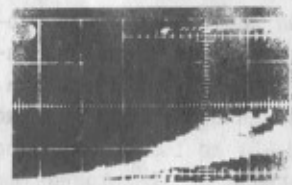


Рис.2 5 в/1 ма,
1 в/см, 1 мсек/см

грузки показан на осциллограммах (рис.1-5). Размыкание (рис.1, передний фронт) сопровождается постепенным увеличением напряжения на контактах. Видно, что этот процесс (рис.2,3) может иметь значительный разброс во времени. Здесь уместно отметить, что при первичном включении контактов ПЭР под нагрузку наблюдались случаи замыкания контактов без видимой задержки во времени. При дальнейшей работе характер процесса соответствовал показанному на рис.1-3. Поэтому встречающиеся случаи залипания контактов (рис.4,5) предлагается рассматривать как результат постепенного отказа в работе ПЭР. В случае залипания контактное падение напря-

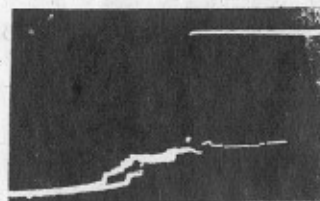


Рис.3. 5 в/1 ма,
1 в/см, 2 мсек/см

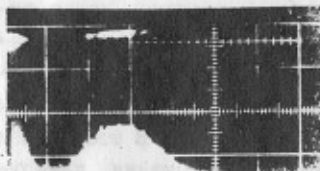


Рис.4. 5 в/1 ма,
1 в/см, 10 мсек/см.

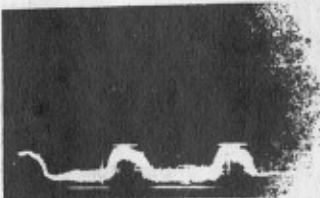


Рис.5. 5 в/1 ма,
1 в/см, 20 мсек/см.

Дуемые образцы включались в схему, известную как схема для измерения контактного сопротивления между скрепленными стержнями. Коммутировалась активная нагрузка при изменении напряжения (источник БП-50) от 0,2 до 4 в. и тока от 0,1 до 100 ма. Процесс размыкания наблюдался на экране осциллографа С1-31 (входная емкость 17 пф, при использовании делителя напряжения 1:50 - 3 пф). Суммарное значение емкостной нагрузки по нашим оценкам не превышало соответственно 20-25 пф и 8-11 пф. Паразитная индуктивность подводных проводов оценена величиной 7 мкГн.

жения увеличивается при уменьшении управляющего напряжения и уменьшается с его увеличением (рис.4). Периодичность изменения контактного напряжения соответствует частоте управляющего сигнала (рис.5). Максимальное значение контактного падения напряжения при замыкании несколько ниже соответствующего значения на размыкающихся контактах (сравни рис.1 и 2).

Дальнейшие исследования проводились на пленках золота, серебра и бронзы БрБ2, напыленных в "техническом" вакууме на полированные стеклянные подложки длиной 20 мм и диаметром 1 мм. Толщина пленок бронзы составляла 2,5 мк, а пленок золота и серебра - 0,5 мк, причем, последние наносились на адгезионный подслои из сплава МЛТ-3 или хрома толщиной до 5000 А.

Для коммутации пленочных образцов один из них закреплялся на мембране электромагнитного телефона. Катушка телефона подключалась к однополупериодному напряжению с частотой 20 Гц. При ходе подвижного контакта в 1-2 мкс оцененное значение усилия отрыва составляло 4 г. Исследо-

Некоторые из полученных результатов представлены на осциллограммах (рис.6-16) и иллюстрируют характер размыкания пленочных контактов в зависимости от тока и напряжения. Осциллограммы работы серебряных контактов аналогичны показанным на рис.7-14 и поэтому не приводятся.

Интересно отметить, что на пленках бронзы в диапазоне токов $2 < I_k < 50$ мкА размыкание отсутствовало (рис.6). Характер коммутации других значений тока подобен показанному на рис.2,3. При увеличении величины коммутируемого тока наблюдается увеличение времени процесса размыкания (рис.7-10). Однако это явление наглядно проявляется лишь при превышении некоторого порогового значения коммутируемого напряжения. Так, при тех же значениях тока, но при ограничении коммутируемого напряжения величиной 0,2 в, заметного затягивания процесса размыкания не происходит (рис.11-14).

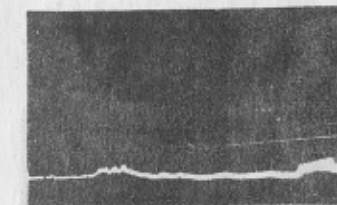
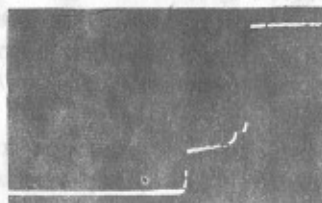
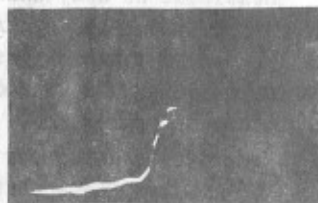
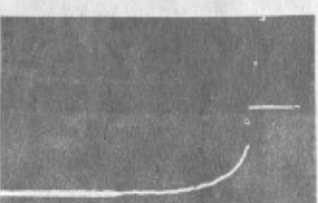
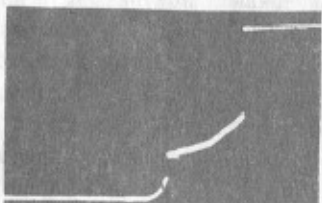
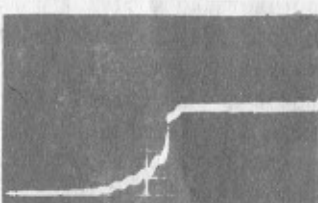
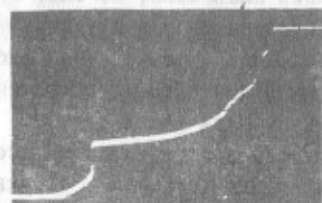
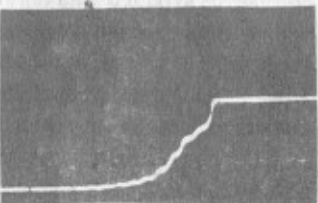


Рис.6. 4 в/10 ма,
1 в/см, 10 мсек/см.

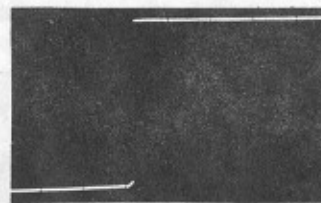
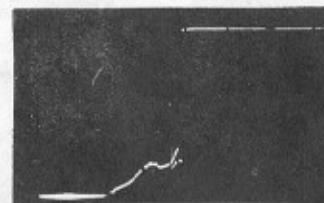
Особенности процесса размыкания можно объяснить, допустив образование мостиков и в случае пленочных контактов. В пользу такого допущения говорит также факт соответствия напряжения плавления металлов [1] напряжению ступеньки. Тогда горизонтальная полочка ступеньки при малых токах (рис.7,8) и резкие переходы к разомкнутому состоянию объясняются взрывом тонкого мостика. Увеличение тока приводит к увеличению объема расплавленного металла, что находит свое отражение в искажении формы ступеньки (рис.9,10) из-за разрывания непрочного металла. Подобное объяснение кажется приемлемым также для объяснения осциллограмм рис.11-14, где коммутируемое напряжение 0,2 в - ниже соответствующего значения напряжения плавления, но виде напряжения размыкания металла. Более проблематичным представляется объяснение поведением бронзовых контактов (рис.6). Возможно, что в данном случае отсутствие размыкания контактов вызывается увеличением устойчивости мостика из-за наличия оксидов [2].

По результатам предварительных осциллографических наблюдений заполнена таблица зависимости длины мостиков от тока для пленок бронзы, золота и серебра при значении коммутируемого на-

Ток (ма)	0,1	0,5	1,0	10	50	100
Пленка						
Серебро	130 А	260 А	520 А	780 А	1560 А	2600 А
Золото	130 А	185 А	260 А	650 А	910 А	1040 А
БрБ2	не набл.	2600 А	3640 А	нет разм.	7800 А	5200 А

Рис.7. 4 в/0,1 ма,
1 в/см, 0,1 мсек/см.Рис.11. 0,2 в/0,5 ма,
0,1 в/см, 0,05 мсек/см.Рис.8. 4 в/0,5 ма,
1 в/см, 0,1 мсек/см.Рис.12. 0,2 в/1 ма,
0,1 в/см, 0,1 мсек/см.Рис.9. 4 в/1 ма,
1 в/см, 0,1 мсек/см.Рис.13. 0,2 в/10 ма,
0,1 в/см, 0,1 мсек/см.Рис.10. 4 в/10 ма,
1 в/см, 0,2 мсек/см.Рис.14. 0,2 в/100 ма,
0,1 в/см, 0,1 мсек/см.

пряжения 4 в. Длина мостиков определялась как произведение средней скорости размыкания на время существования мостика (длительность ступеньки на осциллограмме). Средняя скорость размыкания оценивалась как $v = 2\pi \cdot f \cdot A$, где f - частота колебаний мембраны телефона, а A - её амплитуда (ход контакта).

Рис.15. 4 в/10 ма,
1 в/см, 0,05 мсек/см.Рис.16. 4 в/100 ма,
1 в/см, 5 мсек/см.

В заключение обратим внимание на осциллограммы рис.15,16, снятые при размыкании контактов со скольжением. Затягивание фронта выключения появляются лишь при токе 100 ма, а разрывание тока 10 ма происходит практически мгновенно (5+10 мсек).

Л и т е р а т у р а

1. ХОЛЫМ Р. Электрические контакты. М., Ил, 1961.
2. РАХОВСКИЙ В.И. Физические основы коммутации электрического тока в вакууме. М., Изд-во "наука", 1970.