

ОБ ИЗМЕРЕНИИ СИЛ РАЗМЫКАНИЙ КОНТАКТОВ  
ПЛЁНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ РЕЛЕ

Г.А.Абрамов, Б.С.Потапов,  
В.А.Стерелухин, А.И.Роголев

В большинстве конструкций ПЭР размыкание контактов осуществляется упругой силой мембраны, которая ввиду требования малых величин напряжения срабатывания (порядка 10–20 в), оказывается незначительной. Поэтому любые силы, препятствующие возвращению подвижного электрода в исходное состояние, могут явиться причиной неустойчивой работы реле. Основными силами, препятствующими коммутации, являются силы сваривания и электростатического притяжения расходящихся металлических поверхностей. Эти силы зависят от параметров коммутируемой цепи, в частности, от значений токов и напряжений, от материала контактов и конструктивных особенностей реле. Поэтому определение усилия отрыва мембраны от контакта следует производить в зависимости от указанных факторов. Измерения можно осуществить, воздействуя на подвижный электрод ПЭР известной силой и фиксируя её величину в момент размыкания нагруженных контактов.

Одним из вариантов силового воздействия на мембрану ПЭР является использование силы, действующей на проводник с током при помещении его в магнитное поле.

Тогда сила, необходимая для замыкания контактов ПЭР, определится в системе СИ, как

$$F_{ср\text{аб}} = B \cdot I_{ср\text{аб}} \cdot L$$

где  $B$  – магнитная индукция воздушного зазора;  $I_{ср\text{аб}}$  – ток через мембрану в момент срабатывания ПЭР;  $L$  – длина мембраны ПЭР.

Для отрыва мембраны от контакта, при наличии на нем напряжения, необходимая сила (если считать её сосредоточенной и при-

ложенной в центре мембраны) запишется в виде:

$$F_{отп} = \frac{1}{2} (F_{ср\text{аб}} \pm F_{отп})$$

где  $F_{отп} = B \cdot I_{отп} \cdot L$  ( $I_{отп}$  – ток, протекающий через мембрану при размыкании контактов), а знак определяется направлением тока, при котором происходит размыкание контактов.

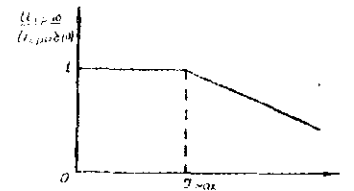


Рис. 1

Ток, протекающий через мембрану ПЭР, может вызвать изменение её упругих свойств. Степень влияния тока на упругость мембраны можно оценить по экспериментальной зависимости напряжения срабатывания ПЭР от величины протекающего через мембрану тока при постоянном напряжении на контакте и значении индукции магнитного поля  $B = 0$ . На рис. 1 приведена зависимость  $\frac{U_{ср\text{аб}}}{U_{ср\text{аб}}(0)} = f(I)$ , где  $U_{ср\text{аб}}(0)$  – напряжение срабатывания ПЭР при  $I=0$ ,  $I_{макс}$  – максимальная величина тока, не вызывающая изменения упругих свойств мембраны.

Комбинированное воздействие на испытуемый образец электростатическими и магнитоэлектрическими силами (при токах через мембрану, обеспечивающих неизменность её упругих свойств) позволяет определить такие конструктивные параметры ПЭР, как натяжение мембраны и величина воздушного зазора, а также проводить измерения сил размыкания контактов ПЭР в безгистерезисном и гистерезисном режимах его работы.

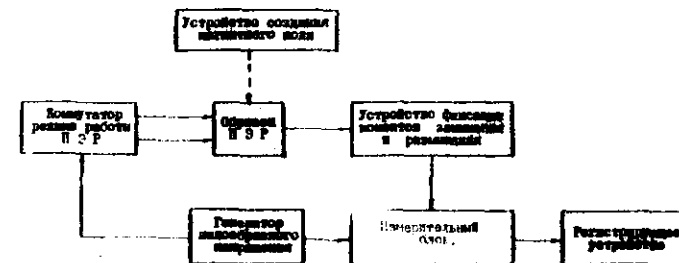


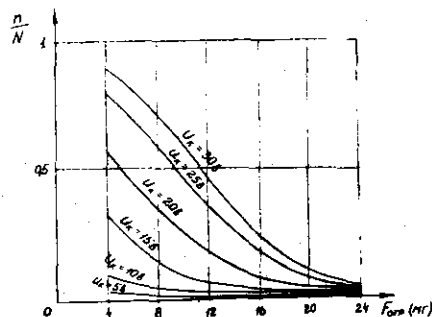
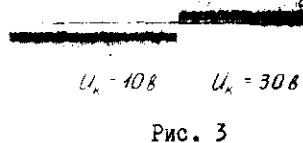
Рис. 2

Блок-схема установки, позволяющей осуществить комбинированное воздействие на испытуемый образец, состоит из следующих основных узлов (рис.2): 1) генератора пилообразного напряжения, 2) коммутатора режима работы ПЭР, 3) устройства фиксации моментов замыкания и размыкания ПЭР, 4) устройства создания магнитного поля, 5) блока формирования значений измеряемых величин, 6) регистрирующего устройства.

От генератора пилообразного напряжения ток в мембрану задается через коммутатор режима работы ПЭР, с которого, в зависимости от режима, задается также напряжение на управляющие электроды реле. В контактную цепь ПЭР включается устройство, фиксирующее моменты замыкания и размыкания контактов и управляющее устройством, вырабатывающим соответствующие значения тока срабатывания и отпускания (в безгистерезисном режиме) или напряжения срабатывания и тока отпускания (в гистерезисном режиме). В качестве примера на рис.3

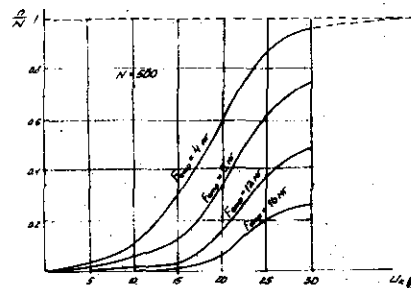
приведена запись токов срабатывания и отпускания на диаграммной ленте, когда в качестве устройства регистрации результатов измерения использовался самопишущий вольтметр. Данные приведены для образцов ПЭР с контактами из бериллиевой бронзы при коммутации тока  $I = 1$  ма и напряжениях  $U_k$  равных 10 и 30 в.

Анализ результатов измерений сил размыкания позволяет сделать вывод, что в зависимости от числа срабатывания ПЭР, при прочих равных условиях, сила, необходимая для отрыва мембраны от контакта, есть величина случайная. Кроме



того, вероятность появления того или иного значения силы зависит от напряжения на контакте, характера коммутируемой нагрузки, материала контактов, числа срабатываний ПЭР.

На основе результатов измерений на рис. 4 приведены зависимости  $\frac{n}{N} = f(F_{отр})$  при различных значениях напряжения на контакте  $U_k$ , отражающие



вероятность залипания реле ( $n$ ) при выбранных величинах  $U_k$  и числе срабатываний реле  $N$  равного 500. Зависимость, характеризующая вероятность залипания реле в функции от напряжения  $U_k$  при различных значениях сил отрыва приведена на рис. 5.

Полученные данные позволяют определить значение минимально необходимой упругой силы, обеспечивающей стабильную работу ПЭР в зависимости от величины коммутируемого напряжения. Определение силы размыкания контактов при заданной надежности работы ПЭР требует проведения аналогичных измерений в зависимости от параметров коммутируемой цепи, материала, контакта и конструктивных особенностей реле.