Лавров В. А., Дурнев А.В.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СЛАБОТОЧНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЛЕ

В статье рассматриваются методы и средства контроля качества и выявления высоконадежных слаботочных электромагнитных реле на основе диагностической ценности признаков. Предложено программное обеспечение для выбора наиболее информативных параметров и классификации реле по надежности.

Ключевые слова: *диагностика реле, контроль реле, характеристики реле, потенциально ненадежное реле, информативные параметры реле.*

Качество радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), применяемой в различных отраслях промышленности и специальной технике (военной, космической, медицинской и др.), в значительной степени определяется качеством применяемой электронной компонентной базы [1,2]. Одними из самых широко и давно применяемых элементов РЭА являются электромагнитные слаботочные герметичные реле (в дальнейшем реле), выпуск которых вырос за последние годы [3,4]. Поэтому важно иметь диагностические инструменты, определяющие качество изготовления реле и осуществляющие прогнозирование надежности его работы.

При текущем уровне производства сохраняется возможность попадания ненадежных реле к потребителю. Причем дефекты (под дефектом понимается значение какого-либо из параметров реле, находящееся вне норм, установленных в технических условиях) обнаруживаются на каждом из этапов жизненного цикла реле, а именно, на стадии поставки, в процессе входного контроля и эксплуатации. Самым распространенным дефектом является несоответствие напряжений (токов) срабатывания и возврата к нормам, установленным в технических условиях (ТУ). Затем идут дефекты, связанные с повышенными значениями временных параметров, сопротивлением цепи контактов и наличием кратковременных обрывов цепи обмотки. Учитывая области применения реле, можно сказать, что проблемы разработки и внедрения эффективных мер по предупреждению возникновения, обнаружению вышеперечисленных дефектов и исключению попадания таких реле к потребителю, являются ключевыми в повышении качества данной продукции [5].

Путем практических экспериментов установлено, что выявление экземпляров реле с повышенными значениями уровней срабатывания, временных параметров и сопротивления цепи контактов необходимо проводить путем многократных измерений указанных параметров. Каждое измерение при этом производится в процессе либо по окончании очередной коммутации. Оптимальным является 20-30 коммутаций. Следует отметить, что нормативными документами [6] предусмотрено однократное измерение этих параметров. Было выявлено, что отклонение значений того или иного параметра (даже если оно находится в пределах норм ТУ) от измерения к измерению является сигналом того,

что в дальнейшем этот экземпляр реле будет работать нестабильно. Эти факторы играют большую роль в выявлении потенциально ненадежных реле. Для примера в таблицах 1 и 2 приведены значения параметров двух дефектных реле типа РЭК60 и РПС45. Измерения уровней срабатывания (чувствительности) производились 10 раз, а измерение сопротивления цепи контактов 30 раз.

Таблица 1. Результаты измерения сопротивления контактов реле РЭК60

Сопротивление контактов, мОм				
№ теста	НЗ 1	НР 1	НЗ 2	НР 2
1	50	82	53	56
2	68	58	51	55
3	101	62	52	55
4	67	53	52	55
5	54	601	51	55
6	52	71	52	55
7	93	93	53	55
8	60	53	52	55
9	51	54	51	55
10	52	53	52	55
11	50	53	52	55
12	51	53	52	55
13	51	53	53	55
14	50	53	53	55
15	51	53	53	55
16	50	53	52	55
17	51	53	53	55
18	51	53	52	55
19	51	85	53	55
20	234	173	52	55
21	54	649	53	55
22	138	93	53	55
23	140	55	53	55
24	53	59	53	55
25	53	53	52	55
26	51	53	52	55
27	50	53	53	55
28	51	55	52	55
29	53	58	53	55
30	52	62	53	55
31				

Таблица 2. Результаты измерения напряжений срабатывания реле РПС45

Проверка чувствительности						
№ теста	Ucp1 V	Ucp2 V		№ теста	Ucp1 V	Ucp2 V
1	11,77	11,53		6	13,78	11,54
2	12,83	11,52		7	14,16	11,54
3	13,4	11,53		8	14,35	11,45
4	13,3	11,52		9	15,34	11,56
5	14,75	11,55		10	14,17	11,54

Как следует из результатов контроля (таблицы 1,2) повышенные значения сопротивления цепи размыкающих и замыкающих контактов Rк (при норме 100 мОм) выявились на третьем, пятом и с девятнадцатого по двадцать третье, а напряжения срабатывания Ucp1 и Ucp2 (при норме 14,5 В) на пятом и девятом измерениях соответственно. При однократном измерении параметров данные дефекты не могли быть обнаружены и экземпляры реле, идентифицированные как годные, попали бы к потребителю. На входном контроле [7] также ничего бы не обнаружилось при однократном измерении. Фактически повышенное значение напряжения срабатывания и сопротивления цепи контактов свидетельствует о том, что реле в нескольких коммутациях не выполнило свою функцию (не соответствовало техническим условиям).

Как известно, существует два основных подхода для распознавания технического состояния системы (в данном случае реле) – детерминистский и статистический вероятностный [8,9].

В работе [10] рассматриваются методы дискриминантного анализа, использование которого можно отнести к детерминистскому подходу для классификации и выбора наиболее информативных параметров. В качестве диагностических признаков авторами используются значения восьми временных параметров реле, полученные ручным осциллографическим способом. Основным недостатком метода является недостаточный охват номенклатуры признаков, по которым должна производиться классификация, в частности авторами не использовались электрические параметры реле. Проведение диагностики реле по данной номенклатуре измеряемых параметров и их однократном измерении может привести (как было показано выше) к существенной потере точности классификации. Ведь значения временных параметров, находящиеся в норме не гарантируют нормальных значений электрических параметров. К примеру, у реле РЭК60 и РПС45, приведенных в начале статьи, значения временных параметров находились в норме. Одним из путей повышения качества и точности диагностики на основе данного метода может послужить увеличение номенклатуры исследуемых признаков и автоматизация измерения электрических и временных параметров реле.

Следует также отметить, что авторами для получения временных параметров использовался трудоемкий ручной осциллографический метод, при котором практически невозможно осуществлять многократные измерения. Нельзя не отметить, что по тем временам использование такого подхода к получению значений параметров было вполне оправданным.

За последние годы произошли существенные изменения в приборном оснащении диагностики и контроля качества слаботочных электромагнитных реле. В частности, разработан ряд автоматизированных установок для измерения электрических и временных параметров реле с применением средств вычислительной техники, позволяющие проводить многократные измерения электрических и временных параметров реле с последующей статистической обработкой.

В данной статье для распознавания технического состояния реле исследуется возможность применения статистического вероятностного подхода. Рассматриваются разработанные методы, приборы и программное обеспечение для определения технического состояния и классификации реле по значениям электрических и временных параметров, а также их изменениям в

процессе многократных измерений на основе методов теории информации.

Классификация экземпляров реле по надежности и оценка информативности признаков выполнена по априорной статистике диагнозов с расчетом диагностических весов и диагностической ценности обследования.

Наиболее достоверную информацию о коммутационной долговечности слаботочных электромагнитных реле дают их испытания на износостойкость. Для определения ресурса реле необходимо установить комплекс признаков, наиболее полно характеризующих его техническое состояние.

В качестве диагностических признаков выступают электрические и временные параметры реле. За диагнозы принимается количество безотказных коммутаций, выполненных в определенном электрическом режиме.

Следует отметить, что составление диагностической матрицы, определение наиболее информативных параметров и классификация реле на основе значений диагностических весов должны осуществляться отдельно для каждого типа реле и в зависимости от режима его работы.

В рассматриваемом примере определен диагностический вес признаков реле РЭС47. Набор диагностических признаков (K_{js}) содержит 12 параметров реле, определенных до начала испытаний на износостойкость.

Для эксперимента взяты реле РЭС47 в количестве 96 штук с набором электрических и временных параметров (признаков) реле. В процессе испытаний на износостойкость с использованием активной нагрузки контактов (36В, 3А-постоянный ток) установлены следующие диагнозы (категории технического состояния) по количеству безотказно выполненных коммутаций:

- S1 -до 7 тысяч;
- S2- от 7 до 15 тысяч;
- S3 – от 15 до 23 тысяч;
- S4 – свыше 23 тысяч.

Таблица 3

№	Диагностические признаки	(K_{js})	Интервалы признаков	$P(K_{js})$	S_1	S_2	S_3	S_4
					$P(S_1)$= 0,19	$P(S_2)$ = 0,28	$P(S_3)$ = 0,39	$P(S_4)$ = 0,14
					$P(K_{js}/S_1)$	$P(K_{js}/S_2)$	$P(K_{js}/S_3)$	$P(K_{js}/S_4)$
1	Напряжение срабатывания *Uср,В*	K_{11}	6,8-7,5	$P(K_{11})$	0,12	0,16	0,26	0,38
		K_{12}	7,5-8,4	$P(K_{12})$	0,82	0,82	0,73	0,61
		K_{13}	8,4-9,4	$P(K_{13})$	0,06	0,02	0,01	0,01
2	Напряжение возврата *Uвозвр, В*	K_{21}	2,5-3,1	$P(K_{21})$	0,05	0,16	0,17	0,24
		K_{22}	3,1-3,9	$P(K_{22})$	0,93	0,72	0,71	0,6
		K_{23}	>3,9	$P(K_{23})$	0,02	0,12	0,12	0,16
3	Сопротивление цепи контактов, *Rк, мОм*	K_{31}	13-36	$P(K_{31})$	0,9	0,96	1.0	1,0
		K_{32}	36-960	$P(K_{32})$	0,1	0,04	-	-
4	Время срабатывания, *tср, мс*	K_{41}	1,3-1,9	$P(K_{41})$	0.73	0,76	0,86	0,84
		K_{42}	>1,9	$P(K_{42})$	0,27	0,24	0,14	0,16
5	Время возврата, *tвозвр, мс*	K_{51}	0,9-1,2	$P(K_{51})$	0,81	0,73	0,71	0.69
		K_{52}	1,2-1,8	$P(K_{52})$	0,19	0,27	0,29	0,31
6	Время перелета, *tпер, мс*	K_{61}	0,08-0,18	$P(K_{61})$	0.54	0.63	0,9	0,89
		K_{62}	0,18-0,8	$P(K_{62})$	0,46	0,37	0,1	0,11
7	Время дребезга, *tдр,мс*	K_{71}	0,01-0,1	$P(K_{71})$	0,02	0,07	0,24	0,22
		K_{72}	0,1-0,3	$P(K_{72})$	0,06	0,09	0,38	0,43
		K_{73}	0,3-0,7	$P(K_{73})$	0,08	0,16	0,26	0,24
		K_{74}	0,7-1,4	$P(K_{74})$	0,84	0,68	0,12	0,11
8	Отклонение напряжений срабатывания от минимального значения, Д*Uср, В*	K_{81}	0,1-0,3	$P(K_{81})$	0,56	0,48	0,51	0,43
		K_{82}	0,3-0,6	$P(K_{82})$	0,44	0,52	0,49	0,57
9	Отклонение напряжений возврата от минимального значения, Д*Uвозвр, В*	K_{91}	0,01-0,1	$P(K_{91})$	0,24	0,48	0,65	0,73
		K_{92}	0,1-0,25	$P(K_{92})$	0,76	0,52	0,35	0,27
10	Отклонение сопротивления цепи контактов от минимального значения, Д*Rк, мОм*	K_{101}	1-10	$P(K_{101})$	0,03	0,08	0,31	0,17
		K_{102}	11-20	$P(K_{102})$	0,09	0,24	0,58	0,69
		K_{103}	20-949	$P(K_{103})$	0,88	0,68	0,11	0,14
11	Время совместного хода, *tсх, мс*	K_{111}	0,03-0,12	$P(K_{111})$	0,86	0,75	0,38	0,16
		K_{112}	0,12-0,3	$P(K_{112})$	0,14	0,25	0,62	0,84
12	Время трогания якоря, *tтр, мс*	K_{121}	0.67-0,9	$P(K_{121})$	0,72	0,78	0,84	0,83
		K_{122}	0,9-1,5	$P(K_{122})$	0,28	0,22	0,16	0,17

Таблица 4

№	Диагностические признаки	K_{js}	Интервалы признаков	$P(K_{js})$	S_1	S_2	S_3	S_4
					Z_{S1}	Z_{S2}	Z_{S3}	Z_{S4}
1	Напряжение срабатывания *Uср,В*	K_{11}	6,8-7,5	0,222	-0,653	-0,142	0,068	0,233
		K_{12}	7.5-8,4	0,756	0,035	0,355	-0,015	0,093
		K_{13}	8,4-9,4	0,022	0,429	-0,047	-0,348	-0,348
2	Напряжение возврата *Uвозвр, В*	K_{21}	2,5-3,1	0,153	-0,485	0,019	0,046	0,196
		K_{22}	3,1-3,9	0,747	0,113	-0,015	-0,022	-0,095
		K_{23}	>3,9	0,101	-0,705	0,051	0,051	0,176
3	Сопротивление цепи контактов, *Rк, мОм*	K_{31}	13-36	0,969	-0,032	-0,004	0.013	0,013
		K_{32}	36-960	0,031	0,519	0,122	-	-
4	Время срабатывания, *tср, мс*	K_{41}	1,3-1,9	0,804	-0.042	-0,024	0,028	0,018
		K_{42}	>1,9	0,196	0,140	0,089	-0,14	-0,08
5	Время возврата, *tвозвр, мс*	K_{51}	0,9-1,2	0,732	0,044	-0,001	-0,03	-0.025
		K_{52}	1,2-1,8	0,268	-0,149	0,003	0,073	0,102
6	Время перелета, *tпер, мс*	K_{61}	0,08-0,18	0,755	-0.145	-0.078	0,076	0,071
		K_{62}	0,18-0,8	0,245	0,272	0,178	0,407	-0,348
7	Время дребезга, *tдр,мс*	K_{71}	0,02-0,1	0,148	-0,86	-0,32	0,21	0,172
		K_{72}	0,1-0,3	0,245	-0,611	-0,43	0,19	0,244
		K_{73}	0,3-0,7	0,195	-0,386	-0,085	0,125	0,09
		K_{74}	0,7-1,4	0,412	0,309	0,217	-0,53	-0,575
8	Отклонение напряжений срабатывания от минимального значения, Д*Uср, В*	K_{81}	0,1-0,3	0,499	0,05	-0,017	0,0173	0,065
		K_{82}	0,3-0,6	0,501	-0,055	0,017	-0,008	0,056
9	Отклонение напряжений возврата от минимального значения, Д*Uвозвр, В*	K_{91}	0,01-0,1	0,535	-0,348	-0,012	0,088	0,134
		K_{92}	0,1-0,25	0,465	-0,214	0,014	-0,02	-0,235
10	Отклонение сопротивления цепи контактов от минимального значения, Д*Rк, мОм*	K_{101}	1-10	0,173	-0,757	-0,33	0,253	-0,007
		K_{102}	11-20	0,407	-0,655	-0,229	0,153	0,229
		K_{103}	20-949	0,420	0,321	0,209	-0,58	-0,477
11	Время совместного хода, *tсх, мс*	K_{111}	0,03-0,12	0,544	0,198	0,139	-0,155	-0,531
		K_{112}	0,12-0,3	0,456	-0,512	-0,26	0,133	0,265
12	Время трогания якоря, *tтр, мс*	K_{121}	0.67-0,9	0,79	0,04	-0,005	0,027	0,026
		K_{122}	0,9-1,5	0,21	0,125	0,02	-0,118	-0,041

В соответствии с [9] формула для оценки диагностического веса признаков имеет вид:

$$Z_{S_i}(K_{js}) = \log\frac{P(K_{js}/S_i)}{P(K_{js})}, \qquad (1)$$

Где $P(K_{js}/S_i)$ – вероятность появления интервала S признака K_j для элемента системы с состоянием S_i; $P(K_{js})$ – вероятность одновременного появления каждого интервала каждого признака в каждом рассматриваемом состоянии. Величина $P(K_{js})$ рассчитывается по формуле:

$$P(K_{js}) = \sum_{i=1}^{n} P(S_i)P(K_{js}/S_i), \qquad (2)$$

где $P(S_i)$ – априорная вероятность состояния.

Подставив выражение (2) в формулу (1)получим выражение (3)

$$Z_{S_i}(K_{js}) = \log\frac{P(K_{js}/S_i)}{\sum_{i=1}^{n} P(S_i)P(K_{js}/S_i)}. \qquad (3)$$

Для расчета значений $Z_{S_i}(K_{js})$ составлена диагностическая матрица, приведенная в таблице 3.

Результаты расчета диагностических весов $Z_{S_i}(K_{js})$ по формуле (3) и вероятности одновременного появления каждого интервала каждого признака в каждом рассматриваемом состоянии $P(K_{js})$, определенные по формуле (2) приведены в таблице 4.

Как следует из таблицы, диагностический вес $Z_{S_i}(K_{js})$ может иметь и положительное и отрицательное значения. Отрицательное значение диагностического веса означает отрицание данного диагноза. Например, $Z_{S_3}(K_{13})$ = -0,38 означает отрицание диагноза S_3 по третьему интервалу первого признака. Таким образом, выявлены интервалы и характеристики, имеющие наибольшую ценность для обнаружения дефектов и выявления ненадежных реле.

В соответствии с [9] понятие диагностического веса реализации каждого конкретного признака применимо только к данному диагнозу как его подтверждение или отрицание, что еще не дает представления о диагностической ценности обследования по данному признаку. Диагностическая ценность обследования по признаку K_j для диагноза S_i, которая характеризуется величиной информации, вносимой всеми реализациями признака K_j в установление диагноза S_i (4)

$$Z_{S_i}(K_j) = \sum_{s=1}^{m} Z_{S_i}(K_{js}) P(K_{js} / S_i),$$

$$Z_{S_i}(K_j) = \sum_{s=1}^{m} P(K_{js} / S_i) \log \frac{P(K_{js} / S_i)}{\sum_{i=1}^{n} P(S_i) P(K_{js} / S_i)}, \quad (4)$$

где m – разрядность признака; $Z_{S_i}(K_j)$ – является частной диагностической ценностью обследования по признаку K_j, потому как относится к одному конкретному состоянию.

Общая диагностическая ценность обследования [6] или количество информации, вносимое обследованием в систему диагнозов, рассчитывается по формуле (5):

$$Z_s(K_j) = \sum_{i=1}^{n} Z_{S_i}(K_{js}) P(S_i). \quad (5)$$

Другими словами – это усредненное значение информации, вносимое обследованием для постановки неизвестного заранее диагноза. Значения частной и общей диагностической ценности обследования экспериментальной партии реле приведены в таблице 5.

По значениям общей и частной диагностической ценности обследования можно сделать вывод, о том, что наиболее информативными признаками для рассматриваемого случая являются *tдр, ДRк* и *tсх*.

Следует отметить, что по значениям $Z_{S_i}(K_j)$ можно определять диагностическую ценность обследования в зависимости от величины количества интервалов.

Теперь можно проводить классификацию реле по методу Байеса [9], у которых известны реализации комплекса признаков $K_{компл}$. Для рассматриваемого случая, возьмем реле, подлежащее классификации и имеющее следующие значения наиболее информативных параметров (комплекс признаков):

tдр = 0,26 мс; *ДRк*= 19 мОм; *tсх* =0,06 мс.

Вероятность появления комплекса признаков $K_{компл} = (K_{72}, K_{122}, K_{132})$ при наличии диагноза S_i вычисляется по формуле (6) [9]:

$$P(K_{компл} / S_i) = \\ = P(K_{компл1} / S_i) P(K_{компл2} / S_i) ..... P(K_{комплN} / S_i). \quad (6)$$

Тогда обобщенная формула Байеса принимает вид (7):

$$P(S_i / K_{компл}) = \frac{P(S_i) P(K_{компл} / S_i)}{\sum_{s=1}^{n} P(S_i) P(K_{компл} / S_i)}, \quad (7)$$

Для рассматриваемого случая формула (6) принимает вид:

$P(K_{компл} / S_i) = P(K_{72} / S_i) P(K_{122} / S_i) P(K_{132} / S_i)$

Подставив численные значения, найдем вероятность появления комплекса признаков для каждого диагноза

$P(K_{компл}/S_1)$ = 0,06·0,09·0,14= 0,00076,

$P(K_{компл}/S_2)$= 0,09·0,24·0,25= 0,0054,

$P(K_{компл}/S_3)$= 0,38·0,58·0,62= 0,137,

$P(K_{компл}/S_4)$= 0,43·0,69·0,84= 0,249.

В результате расчета по обобщенной формуле Байеса (6) получаем следующие значения апостериорных вероятностей рассматриваемых четырех состояний $P(S_1/K_{компл})$ = 0,00159; $P(S_2/K_{компл})$ = 0,0168; $P(S_3/K_{компл})$ = 0,594; $P(S_4/K_{компл})$ = 0,387.

Максимальное значение энтропии (первоначальной) или априорная энтропия диагнозов может быть рассчитана по формуле 8:

$$H(S) = -\sum_{i=1}^{n} P(S_i) \log P(S_i), \quad (8)$$

Тогда нетрудно подсчитать, что для данного случая

$H(S)$ = –((0,19)×(–0,721)+0,28×(–0,552)+0,39×(–0,408)+0,14×(–0,853) = 0,137+0,154+0,159+0,149=0,569.

После реализации комплекса признаков энтропия такого элемента системы составит:

Таблица 5

№	Признаки	$Z_{S_1}(K_j)$	$Z_{S_2}(K_j)$	$Z_{S_3}(K_j)$	$Z_{S_4}(K_j)$	$Z_{S_5}(K_j)$
1	Напряжение срабатывания,*Uср*	0,023	0,222	0,0033	0,036	0,072
2	Напряжение возврата,*Uвозвр*	0,071	0,0012	0,0015	0,018	0,019
3	Сопротивление цепи контактов, *Rк,*	0,023	0,00065	0,013	0,013	0,011
4	Время срабатывания, *tср*	0,023	0,00312	0,0045	0,023	0,01
5	Время возврата, *tвозвр*	0,0075	0,00005	0,012	0,014	0,02
6	Время перелета, *tпер*	0,047	0,017	0,011	0,024	0,059
7	Время дребезга, *tдр*	0,259	0,076	0,22	0,101	0,166
8	Отклонение напряжений срабатывания от минимального значения, Д*Uср*	0,004	0,00077	0,005	0,06	0,035
9	Отклонение напряжений отпускания от минимального значения, Д*Uвозвр*	0,099	0.0029	0,005	0,034	0,005
1	Отклонение сопротивления цепи контактов от минимального значения, Д*Rк*	0,2	0,068	0,103	0,09	0,107
1	Время совместного хода, *tсх*	0,098	0,039	0,141	0,138	0,103
1	Время трогания якоря, *tтр*	0,064	0,00011	0,003	0,01	0,014

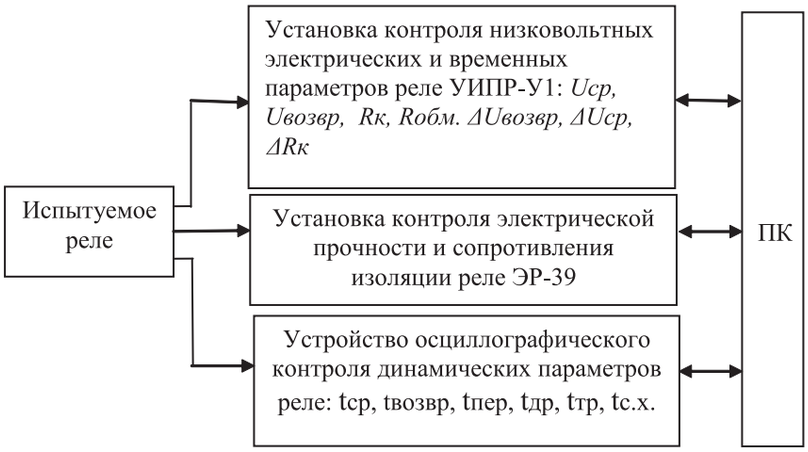


Рис. 1. Структурная схема системы определения электрических и временных параметров реле

$$H(S/K) = -\sum_{i=1}^{n} P(S_i/K_i)\log P(S_i/K_{компл}).$$

$$H(S/K) = -(0,00159\cdot\log 0,00159 + 0,0168\cdot\log 0,0168 +$$
$$+0,594\cdot\log 0,594 + 0,387\cdot\log 0,387 = 0,00444 + 0,03 +$$
$$+0,1343 + 0,16 = 0,328$$

Степень неопределенности или остаточная энтропия составит 0,569-0,328=0,241.

Таким образом можно сделать вывод, что система достаточно определенна и данный экземпляр реле должен быть отнесен к третьей категории технического состояния.

Для измерения электрических и временных параметров, определяемых при диагностике реле, используется разработанное контрольно-измерительное оборудование (рис. 1): установки УИПР-У1, ЭР-40 и автоматизированное устройство контроля динамических характеристик реле, фотографии которых приведены на рис. 2 – 4[11].

Надо отметить, что вышеперечисленные установки являются автоматизированными и имеют выход на персональный компьютер. Рассмотрение принципов работы установок является отдельной темой и выходит за рамки данной статьи.

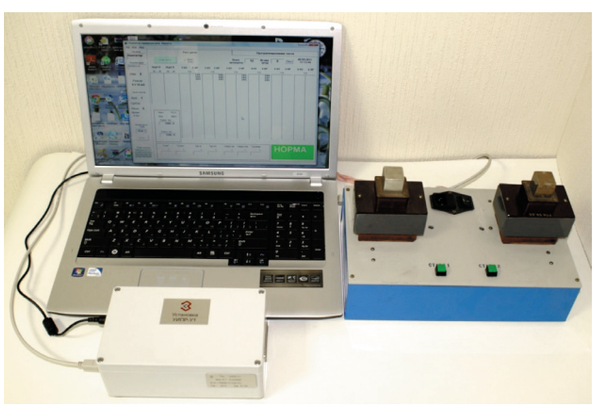


Рис. 2. Установка контроля низковольтных параметров реле УИПР-У1

Для классификации реле и отбора наиболее информативных параметров разработано программное обеспечение. На рис. 5 приведено окно классификации реле.

Здесь присутствуют три логические части: коэффициенты классификации, данные для расчета и сводная таблица с параметрами реле и результатами контроля.

С помощью программного обеспечения в представленном окне производится загрузка данных алгоритма классификации, полученных в результате обучения, и осуществляется заполнение измеренными значениями параметров. Также производятся расчеты по классификации экземпляров реле и сохранение результатов классификации в формате Excel. Имеется возможность изменения набора параметров, по значениям которых будет производиться классификация (рис.6).

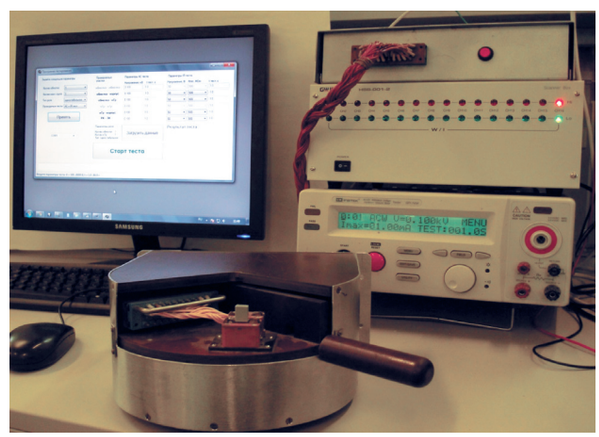


Рис. 3. Установка контроля высоковольтных параметров реле ЭР-40

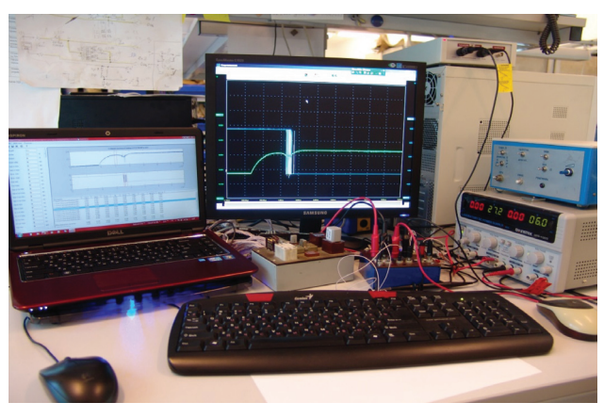
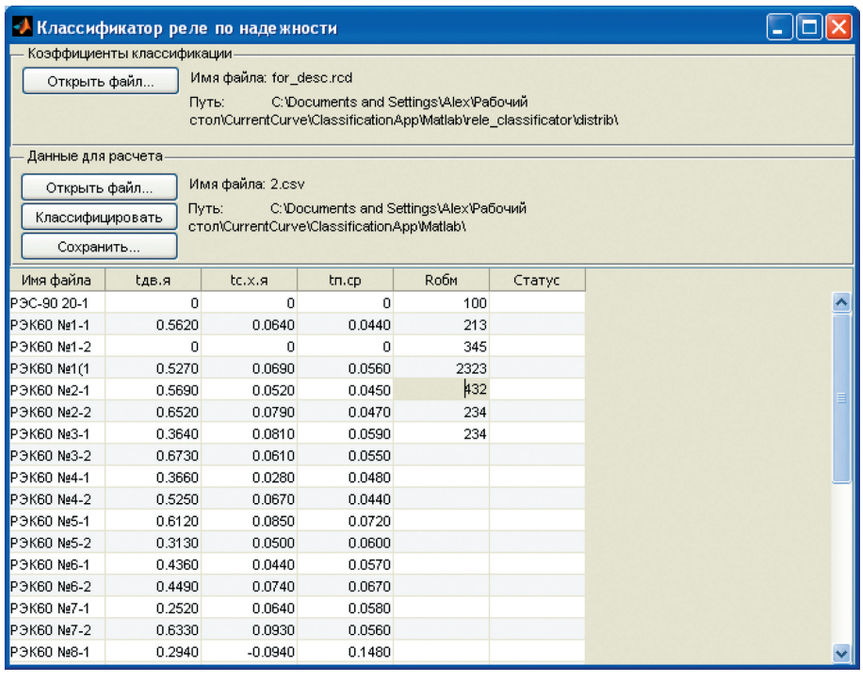


Рис. 4. Автоматизированное устройство контроля временных параметров реле осциллографическим методом



Имя файла	tдв.я	tс.х.я	tп.ср	Robм	Статус
РЭС-90 20-1	0	0	0	100	
РЭК60 №1-1	0.5620	0.0640	0.0440	213	
РЭК60 №1-2	0	0	0	345	
РЭК60 №1(1	0.5270	0.0690	0.0560	2323	
РЭК60 №2-1	0.5690	0.0520	0.0450	432	
РЭК60 №2-2	0.6520	0.0790	0.0470	234	
РЭК60 №3-1	0.3640	0.0810	0.0590	234	
РЭК60 №3-2	0.6730	0.0610	0.0550		
РЭК60 №4-1	0.3660	0.0280	0.0480		
РЭК60 №4-2	0.5250	0.0670	0.0440		
РЭК60 №5-1	0.6120	0.0850	0.0720		
РЭК60 №5-2	0.3130	0.0500	0.0600		
РЭК60 №6-1	0.4360	0.0440	0.0570		
РЭК60 №6-2	0.4490	0.0740	0.0670		
РЭК60 №7-1	0.2520	0.0640	0.0580		
РЭК60 №7-2	0.6330	0.0930	0.0560		
РЭК60 №8-1	0.2940	-0.0940	0.1480		

Рис. 5. Окно классификации

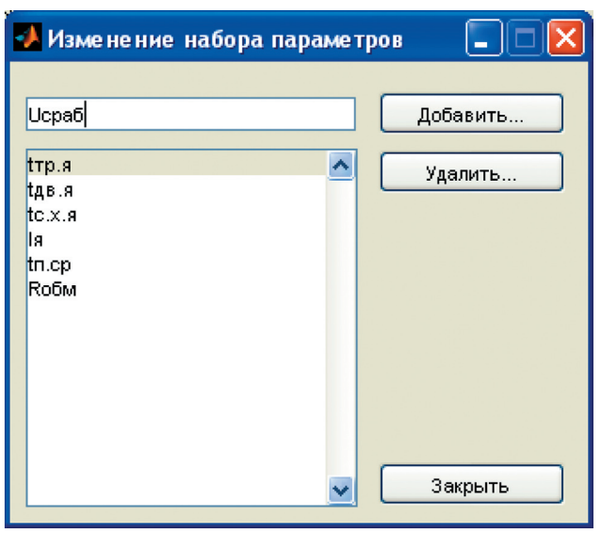


Рис. 6. Окно изменения набора параметров

В данном окне можно изменять номенклатуру параметров реле для расчетов, удалять выделенные параметры и добавлять новые. Таблица параметров в окне классификации будет меняться в соответствии с новым списком.

Для установления диагноза проведена классификация реле РЭС47 по наиболее информативным параметрам с последующим проведением испытаний на износостойкость. При этом, ошибки (первого рода), отнесения годных реле к бракованным, составили и ошибки (второго рода) не превысили 4%.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что использование автоматизированных установок и устройств контроля позволяет с необходимой достоверностью производить классификацию реле, а также приводят к общему снижению трудоемкости выполнения контрольных операций и диагностики реле. Причем, следует отметить возможность применения данного оборудования для классификации реле по значениям электрических и временных параметров, как при вероятностном, так и при детерминистском подходе распознавания технического состояния реле.

Литература

1. **Малащенко А.А.** Электромагнитные реле // Электронные компоненты.-2003.-№7.-с.17-29.

2. **Борисов Ю.И.** Отечественная электронная промышленность и компонентная база. Перспективы развития. //Электроника: Наука. Технология. Бизнес.- 2006, №8, с.4-10.

3. **Малащенко А.А.** Преобразовательные устройства скачкообразного действия // Электронные компоненты.-2004.-№9.-с.1-3.

4. **Гуревич В.И.** электрические реле: устройство, принцип действия и применение. – М.:СОЛОН-ПРЕСС, 2011.-688 с.

5. **Семенихин В.Н., Камышный В.П.** Проблемы и практика диагностирования электромагнитных реле // Техника средств связи, серия ТПС.-1985.- вып. 5.- с.7-17.

6. ГОСТ 16121-86 Реле слаботочные электромагнитные. Общие технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1987г., 56 с.

7. ГОСТ 24297-87 Входной контроль продукции. Основные положения. – М.: Издательство стандартов, 1987г., 9 с.

8. **Фомин Я.А., Тарловский Г.Д.** Статистическая теория распознавания образов.- М.:Радио и связь,1986.-264 с.

9. **Биргер И.А.** Техническая диагностика. -М.: «Машиностроение», 1978.-240 с.

10. Выбор наиболее информативных параметров слаботочных реле для прогнозирования надежности. /Ветров Л. Г., Красинский Ю.В., Мироненко А.Ф., Тимонин В.И. // Ж. Техника средств связи, серия ТПС.-1991.-Вып.9.- С.21-26.

11. Технические условия Установка измерения параметров реле УИПР-У1 РВИМ.411259.001ТУ.