

УДК 621.318.5 - 181.4

О.Г. КАРПОВ

О ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯХ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЛЕ И НЕКОТОРЫХ СПОСОБАХ
ИХ УМЕНЬШЕНИЯ

Приводятся результаты исследования перенапряжений, возникающих при размыкании цепи питания некоторых типов реле. Дается сравнительная оценка уменьшения перенапряжений путем применения традиционных схемных решений и магнитного демпфирования. Приводится пример практической реализации магнитного демпфирования в реле РЭС48.

Электромагнитные реле являются одним из источников перенапряжений. При размыкании контактов, коммутирующих индуктивную нагрузку, энергия магнитного поля, запасенная в магнитной цепи этой нагрузки, вызывает значительное перенапряжение на обмотке и контактах [1].

Большие перенапряжения в момент размыкания контактов вызывают дуговые процессы, которые приводят к интенсивной эрозии контактов, резко сокращая срок их службы.

Перенапряжение, создаваемое миниатюрным реле в схемах аппаратуры, не допустимо из-за возможного выхода из строя микросхем, а также ложного срабатывания параллельно включенных реле с разными временными характеристиками.

При размыкании электрической цепи, содержащей индуктивность (обмотка на ферромагнитном сердечнике), возникают переходные напряжения, величина которых оценивается выражением

$$e = -L \frac{di}{dt},$$

где $\mathcal{L}$ - индуктивность: $\mathcal{L} = 4 \pi \cdot \frac{W^2}{R_m}$,
 W - число витков,
 R_m - магнитное сопротивление магнитопровода.

Таким образом:

$$e = - W^2 \frac{4\pi}{R_m} \frac{di}{dt}.$$

Величина э.д.с. самоиндукции зависит от скорости изменения тока, т.е. от времени размыкания цепи. Поэтому при исследованиях перенапряжений был использован ртутный контакт, который исключаетдребезг контактов и обладает очень малым временем размыкания контакта (10^{-9} с). Измеренные величины перенапряжений для некоторых типов миниатюрных реле при выключении напряжения 27 В приведены в табл. I.

Таблица I

Перенапряжение в обмотках реле различных типов

Тип реле	Параметры обмотки		Перенапряжение
	W	R, Ω_m	e, B
РЭС48	5000	600	640 - 700
РЭС24	11000	1100	1000 - 1080
РПС34	2600	370	340 - 360
РЭС47	4600	650	580 - 600
РЭС49	1700	270	380 - 340
РЭН34	5000	320	1700
РЭС54	14000	4000	580
РПС45	2700	800	840
РПС42	3500	400	1600
РПС43	2000	300	800
РЭК15	420	840	240 - 250
РПС32	3400	500	560 - 570

Для ограничения перенапряжений [2] применяют полупроводниковые приборы с односторонней проводимостью или приборы с нелинейной вольтамперной характеристикой, в частности диоды, стабилитроны, варисторы и др.

Наиболее распространенным способом является шунтирование обмотки диодом. При размыкании контактов ток, создаваемый э.д.с. самоиндукции обмотки, замыкается через диод в проводящем направлении,

сопротивление которого мало. Поэтому перенапряжение в цепи обмотки в момент выключения практически отсутствует.

Однако применение диода ухудшает динамическую характеристику размыкания контактов, замедляет процесс размыкания контактов, а следовательно, увеличивается время горения дуги, что снижает срок службы контактов в эрозионных режимах. Влияние шунтирования обмотки диодом для конкретных типов реле приведено в табл. 2, из которой видно, что время срабатывания практически не изменяется, а время отпускания увеличивается в 3 – 4 раза. При этом увеличивается не только время трогания, но и время перелета контактов.

На рис. I, а представлено изменение коммутационной способности реле РЭС48 в режиме индуктивной нагрузки (48 реле типа РЭС48). Шунтирование обмотки диодом снижает в данном режиме срок службы по количеству коммутаций примерно в два раза. В режиме коммутации активной нагрузки это влияние не заметно (рис. I, б).

Наряду со схемными решениями для ограничения перенапряжений можно использовать магнитное демпфирование. При этом электромагнит имеет две обмотки, одна из которых рабочая, а вторая короткозамкнутая обмотка – демпфирующая. Короткозамкнутая обмотка может быть выполнена секционно (рис. 2 а, б) или одновременной намоткой рабочей и демпфирующей обмоток виток к витку. Секционное выполнение основной и демпфирующей обмоток является наиболее технологичным и обеспечивает надежную изоляцию между обмотками. Исследования эффективности подавления перенапряжений показали, что при секционном выполнении обмоток уменьшение перенапряжения составляет примерно 50%, а при намотке основной и демпфирующей обмоток виток к витку перенапряжение можно уменьшить более чем на 90% в зависимости от соотношения параметров этих обмоток. При расчете параметров обмоток необходимо обеспечить следующие условия:

- равенство числа витков основной и демпфирующей обмоток,
- оптимальное соотношение их сопротивлений.

Дополнительная обмотка уменьшает обмоточное пространство основной обмотки, поэтому диаметр провода должен быть малым. Однако при этом эффект уменьшения перенапряжения заметно снижается.

Для определения зависимости величины переходного напряжения в обмотке принято, что коэффициент связи между обмотками при намотке виток к витку равен 1, тогда в случае идеального разрыва цепи питания возникает переходное напряжение, равное

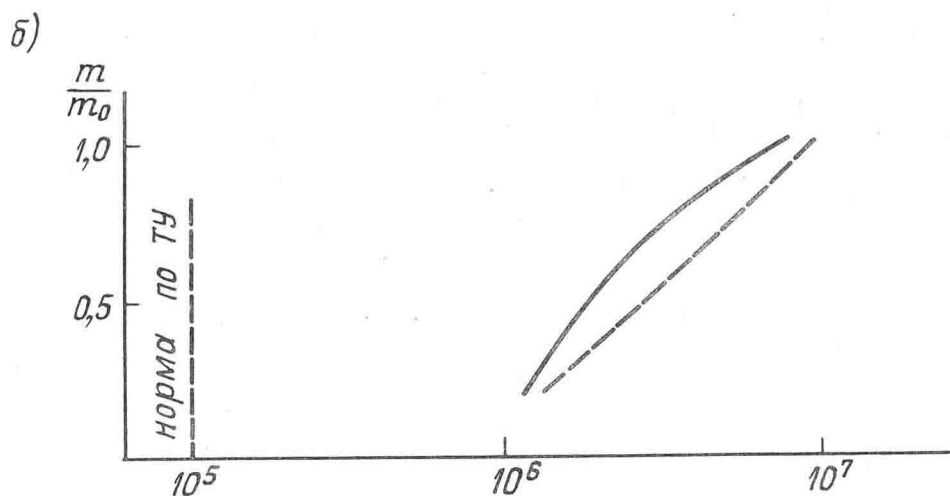
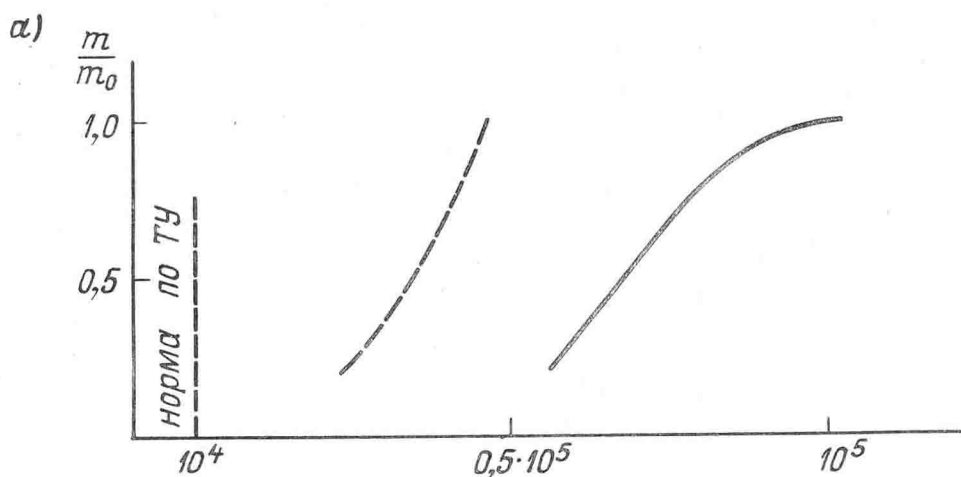


Рис. I. Изменение коммутационной способности реле РЭС48 при шунтировании обмотки диодом (— без диода; - - - с диодом):

а) при коммутации индуктивной нагрузки (48 реле типа РЭС48);

б) при коммутации активной нагрузки (2А, 30В).

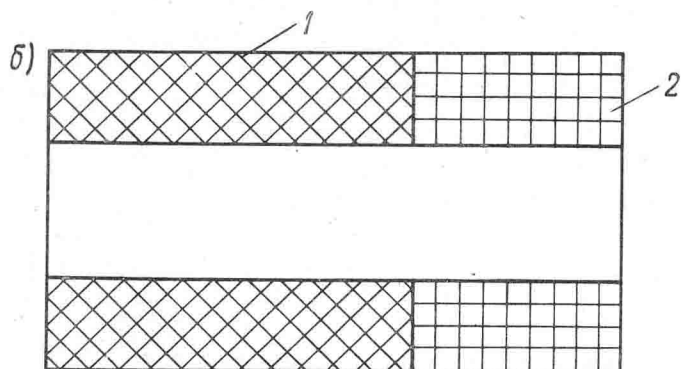
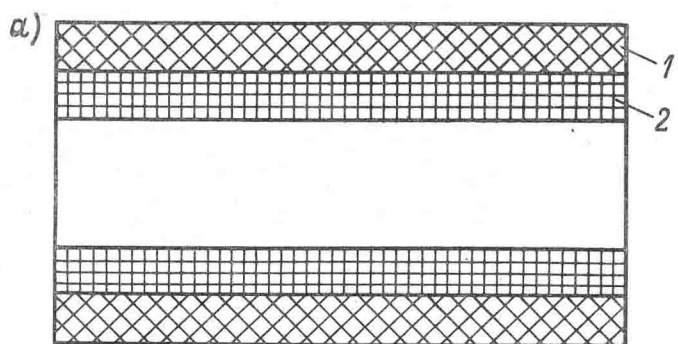


Рис.2. Варианты секционного исполнения рабочей(а) и демпфирующей (б) обмотки :

а) обмотки I и 2 выполнены в виде двух последовательных секций;

б) обмотки I и 2 выполнены в виде двух слоев.

$$e = - \frac{U_{\text{раб.}} R_2}{R_1} \cdot \frac{N_1 \mathcal{L}_1}{N_2 \mathcal{L}_2},$$

где $\frac{U_{\text{раб.}}}{R_1}$ - ток в основной обмотке до размыкания;

R_2 - сопротивление закороченной обмотки;

N_1 - число витков основной обмотки;

N_2 - число витков закороченной обмотки;

$\mathcal{L}_1$ - индукция основной обмотки;

$\mathcal{L}_2$ - индукция короткозамкнутой обмотки.

При $N_I = N_2$ и $\mathcal{L}_I = \mathcal{L}_2$ переходное напряжение определя-

ется
$$e = - \frac{U_{\text{раб.}} R_2}{R_1}$$

Для того, чтобы допустимое перенапряжение не превышало 1,5 кратного значения рабочего напряжения, необходимо иметь соотношение $R_2/R_1 \leq 1,5$. В табл. 3 приведены расчетные параметры исполнения реле РЭС48 с демпфирующей обмоткой.

Использование реле с демпфирующей обмоткой позволит исключить в аппаратуре применение элементов, гасящих перенапряжение, и уменьшить габаритно-массовые характеристики аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. В и т е н б е р г М. И. Расчет электромагнитных реле. Л.: Энергия, 1975.

2. Плоские реле и их применение: Экспресс-информация // Приборы и элементы автоматики и вычислительной техники. 1982. №15.

Статья поступила в октябре 1985 года.

Временные параметры реле

Тип реле	Время срабатывания						Время отпущения					
	без диода			с диодом			без диода			с диодом		
	$t_{тр},$ мс	$t_{пер},$ мс	$t_{ср},$ мс	$t_{тр},$ мс	$t_{пер},$ мс	$t_{ср},$ мс	$t_{тр},$ мс	$t_{пер},$ мс	$t_{ср},$ мс	$t_{тр.},$ мс	$t_{пер},$ мс	$t_{ср},$ мс
РЭС47	2,8	0,35	3,15	2,85	0,35	3,2	0,5	0,3	0,8	2,6	0,65	3,25
РЭС48	3,0	0,5	3,5	3,0	0,5	3,5	0,95	0,3	1,25	3,6	0,5	4,1
РЭС49	1,7	0,1	1,8	1,75	0,1	1,85	0,2	0,3	0,5	1,4	0,7	2,1
РЭС60	1,8	0,1	1,9	1,8	0,1	1,9	0,25	0,15	0,4	0,7	0,55	1,25
РПС32	1,3	0,3	1,6	1,45	0,3	1,75						
РПС43	1,4	0,7	2,1	1,8	0,7	2,5						

П р и м е ч а н и е : Временные параметры измерены при минимальном рабочем напряжении.

Таблица 3

Технические характеристики реле РЭС48 с демпфирующей обмоткой

Наименование	Параметры регулировки				Эксплуатационные параметры		
	Значение				Значение		
	при регулировке		при проверке		Наименование	Обычное исполнение	с демпфирующей обмоткой
	обычное исполнение	с демпфирующей обмоткой	обычное исполнение	с демпфирующей обмоткой			
Сила контактного нажатия, гс	I2+I7	6±8	II	≥ 5	Сопротивление обмотки, Ом	600 ± 60	780 ± 78
Раствор между контактами, мм	0, I7±0,2	0, I7±0,2	0, I5±0,25	≥ 0, I5	Ток срабатывания, мА	23	I7
Ход якоря, мм	0,65±I,0	0,65±I,0	I,0	0,65±I,0	Напряжение срабатывания, В	I6,5	I5,4
Свободный ход якоря, мм, не менее	0,3	0,3	0,2	0,2	Потребляемая мощность, Вт	I,35	I,04
Усилие возвратной пружины, гс	5±I0	6 - 8	≥ 5	≥ 5	Время срабатывания, мс	I0	I0
Надежность контактирования под шуп, мм	0,055	0,05	0,04	0,04	Время отпускания, мс	5	6
Ток срабатывания, мА, не более	2I,5	I6,5	22,5	I7	Перенапряжение, В	≈ 700	не более 45
Ток отпускания, мА, не менее	4	4	3,5	3	Режим работы обмотки: а) рабочее напряжение, В	27 ± 9	27 ± 7 27 ± 2,7
					б) температура, °C	85	55 85
					в) давление, мм рт.ст.	5	720 5