

УДК 621.316.925.1

В. А. КАПЫРИН

**СХЕМНЫЕ МЕТОДЫ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ ГОРЕНИЯ ДУГИ
ПРИ КОММУТАЦИИ СЛАБОТОЧНЫМИ КОНТАКТАМИ
ИНДУКТИВНЫХ НАГРУЗОК**

Рассматриваются вопросы защиты контактов, работающих в условиях возникновения дуги и коммутирующих токи от 0,4 А до 2,0 А. Показаны схемные методы, применяемые для искрогашения на маломощных контактах и для сокращения времени горения дуги.

Вопросам обеспечения надежной работы контактов в настоящее время посвящено достаточно много работ. Эти работы условно можно разделить на три группы:

работы, посвященные физическим процессам, протекающим на контактах, и разработке контактных систем с высокими коммутационными способностями [1—5];

работы, посвященные вопросам резервирования контактов с целью обеспечения заданных требований по надежности функционирования релейно-контактных устройств [6—8];

работы, посвященные конструктивным и схемным методам защиты контактов при коммутации индуктивных нагрузок [9—11].

Предлагаемая статья посвящена схемным методам защиты контактов при коммутации токов более 0,4 А, при которых износ контактов происходит в основном за счет электрической дуги [3]. Известно, что для увеличения срока службы контактов при работе их в условиях возникновения дуги необходимо либо не допустить ее возникновение, либо, если это не представляется возможным, сократить время ее горения до минимальной величины. Необходимым условием горения дуги является нарушение устойчивого равновесия процессов ионизации и деиниции в межконтактном промежутке.

На практике сокращение времени горения дуги достигается главным образом путем растягивания дуги и удаления заряженных частиц из межконтактного промежутка.

Для этого применяют различные приспособления в виде дугогасительных камер, воздушного, либо магнитного дутья, а также денонизационные решетки [12, 13]. Однако эти приспособления являются довольно громоздкими и поэтому не находят применения в миниатюрных релейно-контактных элементах, коммутирующих малые и средние мощности (токи более 0,4 А).

В этом случае для гашения дуги, как показывают экспериментальные исследования, весьма эффективно могут быть использованы схемные методы.

Одним из наиболее простых и весьма эффективных схемных методов сокращения времени горения дуги является последовательное сое-

динение контактов (чаще двух). Сущность применения этого метода заключается в увеличении разрядного промежутка и создании дополнительных участков катодного падения напряжения.

Однако следует иметь в виду, что для эффективного применения данного метода гашения дуги необходимо, чтобы последовательно соединенные контакты имели разновременность расхождения контактов не более долей единиц миллисекунд. Это требование обуславливается тем, что в случае применения релейно-контактных элементов с большими разбросами по времени размыкания, основная часть энергии горящей дуги будет выделяться на первом разомкнутом контакте.

На рис. 1 приведены полученные экспериментально зависимости времени горения дуги (t_d) от изменения величины постоянной времени цепи нагрузки (τ_h) при коммутации одним контактом (кривые 1 и 3) и двумя последовательно соединенными контактами (кривые 2 и 4) для

реле типа РЭС49 (материалы контактов ЗлСрМгН-2-97) при токах нагрузки (J_h) 0,9А (кривые 1 и 2) и 0,7А (кривые 3 и 4) и напряжении на разомкнутых контактах $E=30$ В.

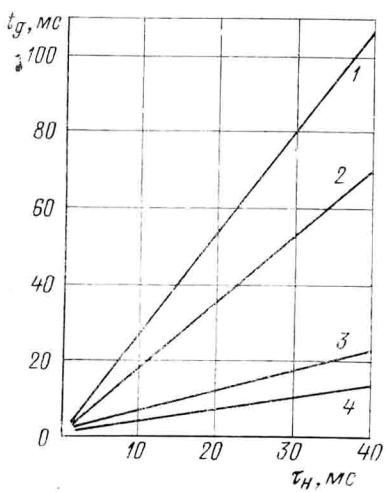


Рис. 1. Влияние последовательного соединения контактов реле РЭС10 (кривые 1 и 2) и РЭС49 (кривые 3 и 4) на время горения дуги.

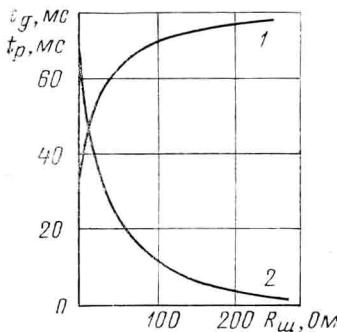


Рис. 2. Зависимость времени горения дуги на контактах реле РЭС10 (кривая 1) и времени размыкания контактов коммутируемого электромагнита (кривая 2) от величины шунтирующего резистора.

Из анализа этих кривых видно, что последовательное соединение контактов позволяет примерно в 4—5 раз сократить время горения дуги и этим самым существенно сократить износ контактов. Причем кратность по времени горения дуги уменьшается с уменьшением коммутируемого тока.

Аналогичные результаты получены на контактах реле РЭС47 (материал контактов СрМгН-99).

Одним из наиболее простых методов защиты контактов, рекомендуемых, в частности, в работе [10], является применение шунтирующего резистора, подключенного параллельно либо коммутирующим контактам, либо индуктивной нагрузке. Для оценки эффективности этого метода в целях дугогашения была получена экспериментально зависимость t_d от величины шунтирующего резистора (R_{sh}) при коммутации контактами реле РЭС10 (материал контактов ПЛИ-10) индуктивной нагрузки с $\tau_h=1,75$ мс и $J_h=1,0$ А при $E=30$ В (рис. 2, кривая 1).

Шунтирующий резистор начинает заметно сказываться на времени горения дуги при значениях $R_{ш} \leqslant 15$ Ом, т. е. в 2—2,5 раза меньших активного сопротивления нагрузки, что в подавляющем большинстве является недопустимым либо из-за существенного увеличения нагрузочного тока на контакт реле, либо из-за невозможности обеспечить ток отпускания коммутируемого электромагнита. Кроме того следует отметить, что такие величины шунтирующих резисторов приводят к значительному увеличению времени отпускания шунтируемого электромагнита (рис. 2, кривая 2).

Таким образом, хотя принципиально и возможно применять резисторы для сокращения времени горения дуги при коммутации индуктивных нагрузок, применение этого метода на практике нецелесообразно.

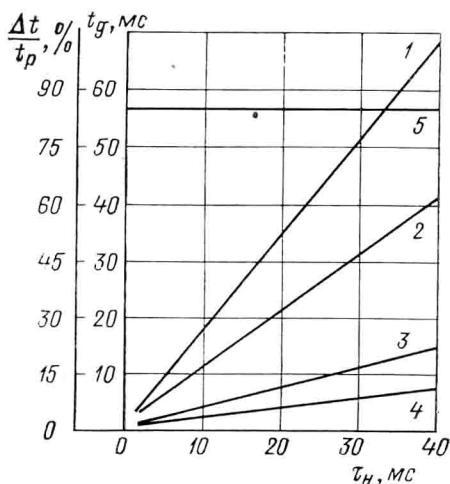


Рис. 3. Влияние варисторов на время горения дуги на контактах реле РЭС10 (кривые 1 и 2) и РЭС49 (кривые 3 и 4) и на изменение величины времени отпускания шунтируемого электромагнита (кривая 5).

Для сокращения времени горения дуги с достаточно высокой эффективностью могут быть использованы варисторы. При этом, как показали исследования, наибольшей эффективности можно достигнуть, если сопротивление варистора в момент размыкания контактов не превышает активного сопротивления нагрузки. Данное условие и ограничивает применение варисторов для защиты контактов при коммутации нагрузок с активным сопротивлением менее 1 кОм, поскольку разработанные в настоящее время варисторы имеют динамическое сопротивление более 1 кОм.

На рис. 3 представлены кривые $t_d = f(\tau_n)$, полученные при коммутации kontaktами реле РЭС10 (кривые 3 и 4) и РЭС49 (кривые 1 и 2) при токе 0,7 А и напряжении 30 В для случая подключения варисторов типа СН1-2-2-39 $\pm 10\%$ параллельно индуктивной нагрузке (кривые 2 и 4) и без них (кривые 1 и 3). На этом же рисунке показано относительное изменение времени размыкания контактов шунтируемого электромагнита $\Delta t/t_p$ (кривая 5).

Применение варисторов позволяет примерно в 1,5—2 раза сократить время горения дуги на контактах при незначительном увеличении за счет шунтирования обмотки реле варистором величины времени размыкания контактов. Причем на контактах РЭС10 происходит большее сокращение времени горения дуги, что можно объяснить большим, чем у РЭС49, напряжением дугообразования.

Одним из наиболее эффективных схемных методов сокращения времени горения дуги является применение диодов. На рис. 4 приведены кривые $t_d = f(\tau_n)$, полученные на контактах реле РЭС10 (кривая 1) и РЭС49 (кривая 2) при тех же условиях, что и кривые на рис. 3, но при подключении параллельно контактам диодов типа 2Д104А.

Из сравнения кривых 1 и 2 (рис. 4) с кривыми 1 и 3 (рис. 3) следует, что применение диода позволяет примерно в 5 раз сократить время го-

рения дуги на контактах РЭС10 и почти в 2 раза—на контактах РЭС49.

Однако при применении диодов необходимо, иметь в виду, что время размыкания контактов электромагнита, обмотка которого шунтируется диодом, возрастает почти в 4 раза (рис. 4, кривая 3).

Для сокращения влияния шунтирующего диода можно рекомендовать включение параллельно контактам либо индуктивной нагрузке вместо одного диода цепочки, состоящей из последовательно и встречно включенных диода и стабилизатора.

Для оценки влияния напряжения стабилизации стабилитрона (U_{ct}) на время горения дуги были получены кривые на контактах реле РЭС10, РЭС47, РЭС49. Эти кривые можно представить в виде следующей обобщенной характеристики, показанной на рис. 5, а, которая имеет три характерных участка кривой.

Первый участок ($U_{ct} \leq U_{ct}^I$). Время горения дуги (кривая 1) изменяется незначительно, и его можно принять равным времени горения дуги, получаемому при шунтировании нагрузки одним диодом. При этом время размыкания кон-

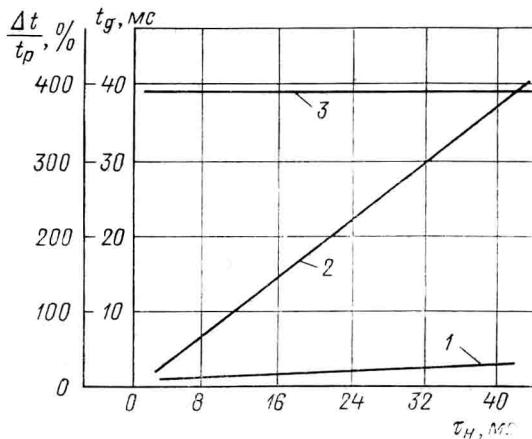


Рис. 4. Влияние диодов на время горения дуги на контактах реле РЭС10 (кривая 1) и РЭС49 (кривая 2) и на изменение величины времени отпускания шунтируемого электромагнита (кривая 3).

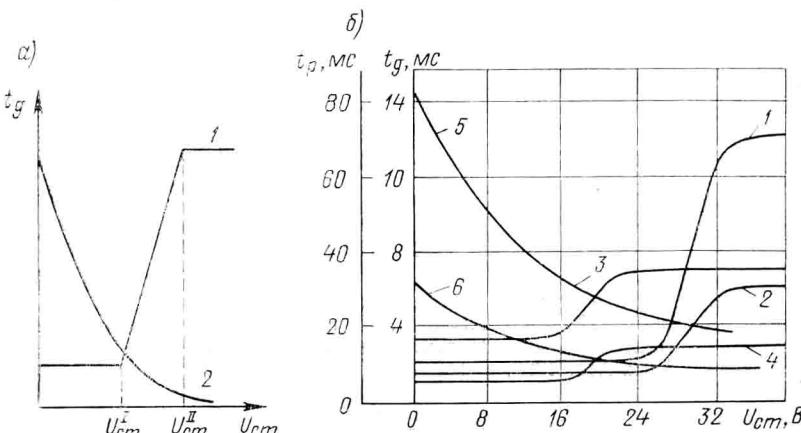


Рис. 5. Влияние напряжения стабилизации стабилитронов на время горения дуги на контактах реле РЭС10 (кривые 3 и 4) и РЭС49 (кривые 1 и 2) и на время отпускания шунтируемого электромагнита (кривые 5 и 6).

тактов коммутируемого электромагнита (кривая 2) резко уменьшается с увеличением U_{ct} .

Второй участок U_{ct} , где $U_{ct}^I < U_{ct} \leq U_{ct}^{II}$, характеризуется резким увеличением времени горения дуги с ростом напряжения стабилизации. В конце второго участка время горения дуги достигает максималь-

ногого значения. В то же время изменение величины на этом участке незначительно.

На третьем участке где $U_{ct} > U_{ct}^{II}$, с ростом напряжения стабилизации время горения дуги и время размыкания контактов реле, достигнув максимального значения (а время размыкания минимального), практически не изменяется.

Из сказанного следует, что в случае применения, для сокращения времени горения дуги, цепочки из последовательно и встречено включенных стабилитрона и диода существует оптимальное значение U_{ct} , при котором значения t_d и t_p имеют минимальное значение.

На рис. 5, б приведены кривые $t_d = f(U_{ct})$ и $t_p = f(U_{ct})$ для контактов реле РЭС10 из материала Пли-10 (кривые 1, 2 и 6 соответственно) и РЭС49 из материала ЗлСрМгН-2-97 (кривые 3, 4 и 5 соответственно) при коммутации индуктивных нагрузок с параметрами $J_n = 0,7 \text{ A}$, $\tau_n = 40 \text{ мс}$ (кривые 1 и 3), $\tau_n = 14 \text{ мс}$ (кривые 2 и 4), $E = 30 \text{ В}$ и использовании стабилитронов типа Д815.

Из этих кривых следует, что значения U_{ct}^I и U_{ct}^{II} изменяются в зависимости от типа и материала контактов и практически не зависят от параметров нагрузки. Поэтому, если для применяемых типов реле при различных U_{ct} определить U_{ct}^I и U_{ct}^{II} , то затраты времени на выбор типа стабилитрона, позволяющего ограничить t_d до допустимой величины, будут сведены к минимуму.

Таким образом, приведенные результаты показывают, что схемные методы, используемые для искрогашения, весьма успешно могут быть применены и для сокращения времени горения дуги. При этом эффективность схем, применяемых для дугогашения в каждом конкретном случае, необходимо проверить экспериментально, поскольку при определенных токах и напряжениях для данного контакта сокращение времени горения дуги за счет схемных методов могут быть незначительным. Кроме того, при выборе схемы для сокращения времени горения дуги необходимо учитывать увеличение времени размыкания шунтируемого схемой электромагнита, которое может возрастать в несколько раз. Одним из наиболее приемлемых схемных методов сокращения времени горения дуги является применение цепочки, состоящей из последовательно и встречено соединенных диода и стабилитрона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хольм Р. Электрические контакты. ИЛ., 1961.
2. Молчанов Г. Н., Садыков Н. Н. Некоторые пути повышения надежности разрывных контактов. В кн. «Математические и теоретические проблемы в контактной технике». Алма-Ата, 1969, с. 146—149 (институт математики и механики АН Казахской ССР).
3. Разумихин М. А. Эрозионная устойчивость маломощных контактов (Библиотека по автоматике, вып. 104). Изд. «Энергия», 1964.
4. Штремберг Т. К., Белозерова Н. А., Анцишкина Э. А. Влияние индуктивной нагрузки контактов на надежность и износостойчивость реле. «Вопросы радиоэлектроники», серия «Техника проводной связи», вып. 3, 1967.
5. Чуничин А. А. Электрические аппараты. Изд. «Энергия», 1967, стр. 536.
6. Городецкий А. Ю., Рассохин А. Г., Коган Э. Г. Повышение надежности релейных схем автоматизации. «Механизация и автоматизация производства», 1969, № 5, с. 25—26.
7. Артюхов В. А. Резервирование одиночных электромагнитных реле. Сб. «Судовая электротехника и связь», вып. 22, 1964, с. 36—47.
8. Szentai Endre, Megbízható elektromagneses tele Kapcsolások letrehozása. „Madyar tud. akad. Automatiz. Kutato int. koze.“ 1965, N 11, s. 85—94.

9. Исаакова А. В., Шевчук В. В., Назери А. Р. Влияние схем искрогашения на эрозию электрических контактов. В сб. «Вопросы контактной аппаратуры автоматики», вып. 4, Харьков, 1970, с. 76—80.
10. Ляличев В. С. Искрогашение на контактах реле с помощью линейных резисторов. Автоматика, телемеханика, связь, 1972, № 1, с. 12—15.
11. Евсеев И. Г., Ляличев В. С., Иванов Н. И. Варисторы — эффектное средство искрогашения на контактах реле. Автоматика, телемеханика, связь, 1971, № 8, с. 10—12.
12. Буткевич Г. В. Дуговые процессы при коммутации электрических цепей. Изд. «Высшая школа», 1967, с. 195.
13. Кузнедов Р. С. Аппараты распределения электрической энергии на напряжения до 1000 В. Изд. «Энергия», 1970, с. 544.

Статья поступила 2 января 1975 г.