

Решение проблемы выходных реле микропроцессорных устройств релейной защиты

Гуревич В. И., канд. техн. наук

Коммутационная способность и электрическая износостойкость контактов электромеханических реле при напряжении выше 30 Вольт в сильной степени зависят от рода коммутируемого напряжения и вида нагрузки. Известно, что при коммутации постоянного тока с напряжением выше 30В эти параметры намного ниже, чем при коммутации переменного тока, а при наличии индуктивности в нагрузке эти параметры снижаются еще более, рис. 1. Причем, из-за отскоков и вибрации контактов в момент их замыкания, коммутационная способность контактов на замыкание (на постоянном токе) не превышает коммутационную способность на размыкание [1].

В проведенном нами ранее исследовании [2] было показано, что параметры миниатюрных электромеханических реле, используемых в качестве выходных элементов микропроцессорных устройств релейной защиты (МУРЗ), не соответствуют реальным условиям эксплуатации: коммутации индуктивной нагрузки (отключающие обмотки выключателей или обмотки промежуточных реле) при напряжении 220В постоянного тока. Контактные системы этих реле просто не предназначены для коммутации таких нагрузок, вследствие чего контакты быстро изнашиваются под действием электрической эрозии, резко снижая надежность функционирования релейной защиты, рис. 1.



Рис. 1. Типичная коммутационная способность для различных нагрузок контактов миниатюрных электромагнитных реле, применяемых в МУРЗ.

Широкое применение таких не подходящих по своим параметрам электромеханических реле практически во всех типах МУРЗ, а также в микропроцессорных устройствах, обеспечивающих связь между реле защиты, и в других аналогичных устройствах, имеющихся на рынке, обусловлено стремлением производителей уменьшить массогабаритные показатели этих устройств. При большом количестве выходных реле, достигающем иногда до нескольких десятков, размеры корпуса реле пришлось бы увеличить вдвое - втрое, если использовать подходящие по параметрам, но более крупные по размерам реле. Понятно, что производители МУРЗ не могут пойти на такой шаг, так как размеры МУРЗ являются одним из важных рекламных критериев в борьбе за потенциального покупателя. Расплачиваться за эти игры приходится потребителю. Но можно ли решить эту проблему? Да, отвечает автор и предлагает варианты решения проблемы.

Общая суть предлагаемого нами решения заключается в отказе от установки выходных электромеханических реле внутри МУРЗ. Такие реле вообще не должны быть частью МУРЗ, а должны выбираться и приобретаться потребителем (или поставляться в комплекте с реле защиты) отдельно в зависимости от его конкретных условий. А условия эти могут быть самыми разными, что обуславливает и разные требования к выходным реле, контакты которых используются в разных цепях. Например, для коммутации низковольтных слаботочных сигналов (так называемых «сухих» цепей) в электронных цепях нужны реле с раздвоенными золотыми или позолоченными контактами, тогда как для коммутации цепей переменного тока с напряжением 220В и током в несколько ампер нужны контакты из сплавов на основе серебра. Для коммутации индуктивных нагрузок при напряжении 220В постоянного тока нужны вообще особые реле, рассмотренные ниже.

Практическая реализация этого принципа может быть осуществлена двумя путями: установкой внутри МУРЗ специального полупроводникового элемента, предназначенного для коммутации катушек внешних реле или выполнением каждого выходного канала в виде источника напряжения с мощностью, достаточной для срабатывания внешнего электромагнитного или полупроводникового реле. Рассмотрим особенности каждого из этих путей.

Сегодня на рынке полупроводниковых приборов имеется множество типов миниатюрных высоковольтных MOSFET - и IGBT транзисторов на напряжения 1000 – 1500В и токи 5 – 50А, а также соответствующие драйверы с оптической развязкой к ним. В качестве примера можно указать транзисторы типов: IXYS05N100, STFV4N150, STP4N150, STP5NB100, STP5NK100Z и др. в корпусах типа TO-220, а также транзисторы типов STPW4N150, STW11NK100Z, APT15GN120BDQ1, APT35GN120B, IRG4PH20K, IXDH20N120, IXGH25N160 и др. в корпусах TO-247 типа [3]. Установленные на печатной плате МУРЗ без радиаторов и снабженные элементами защиты от перенапряжений (варисторами достаточной мощности) эти транзисторы способны непосредственно включать и выключать катушки управления промежуточных реле и небольших контакторов с токами до 1А при номинальном напряжении 220В постоянного тока. Недавно, известная фирма CP Clare освоила массовое производство высоковольтных MOSFET транзисторов со встроенными в корпус (типа ISOPLUS264) драйверами с

оптической развязкой, рис. 2. Такое устройство может управляться напрямую током в 10 мА от внутренних электронных цепей МУРЗ и осуществлять коммутацию катушек внешних электромагнитных реле с токами до 1А при номинальном напряжении 220В постоянного тока.

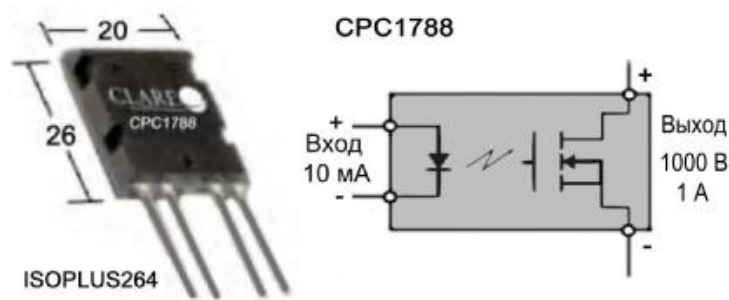


Рис. 2. Высоковольтный MOSFET транзистор типа CPC1788 в корпусе ISOPLUS264 со встроенным драйвером с оптической развязкой, производимый фирмой CP Clare.

На этом, в общем-то, исчерпываются возможности разработчиков по реализации первого упомянутого выше подхода.

Второй путь решения проблемы дает намного больше вариантов.

Во-первых, имеется несколько вариантов использования описанного выше элемента типа CPC1788 в составе внешнего модуля, например, для включения отключающей катушки выключателя, рис. 3, или промежуточного электромагнитного реле, рис. 4. Элемент CPC1788 имеет высокую чувствительность, что позволяет включать его непосредственно в схемы существующих устройств МУРЗ без каких бы то ни было изменений режимов работы, вместо катушек используемых сегодня миниатюрных электромеханических реле

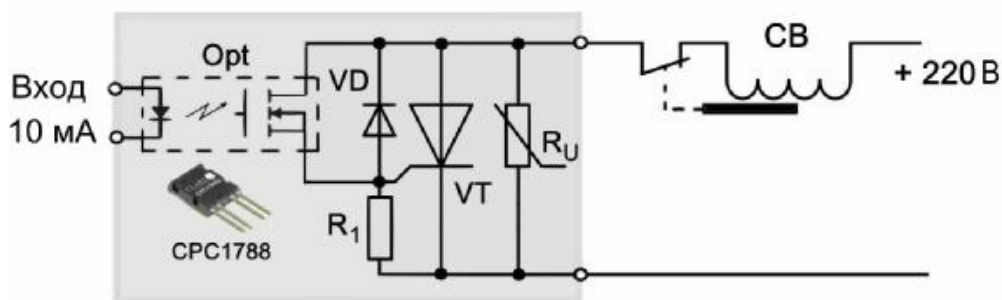


Рис. 3. Электрическая схема внешнего модуля на базе элемента CPC1788, подключаемая к выходу МУРЗ для управления отключающей катушкой выключателя (CB) при питании от сети 220В постоянного тока.
VT - тиристор; R_U – варистор.

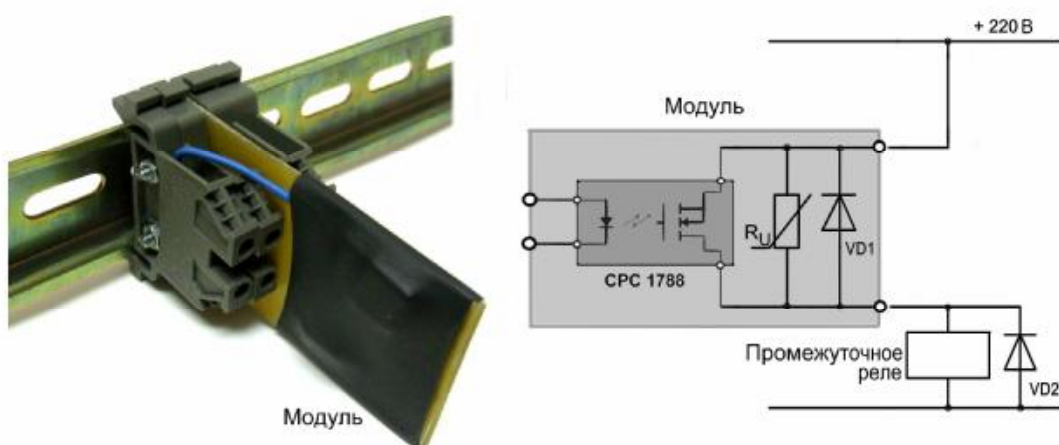


Рис. 4. Схема и устройство внешнего модуля простейшей конструкции на базе элемента CPC1788, подключаемого к выходу МУРЗ для управления промежуточными реле.

На рынке присутствуют и другие типы полупроводниковых реле, пригодных для использования в сети 220В постоянного тока, например, типа SSC1000-25, рассчитанное на максимальное напряжение 1000В и максимальный ток 25А, рис. 5.

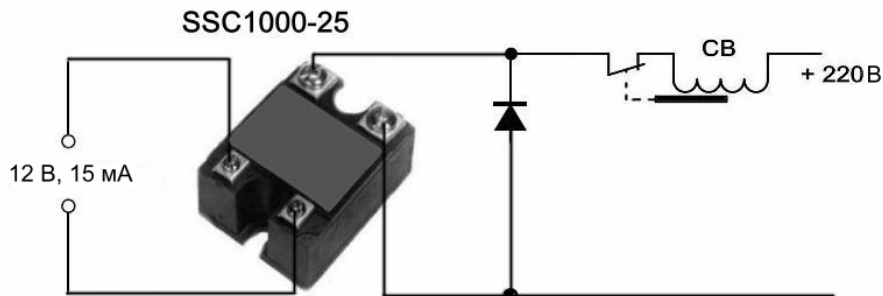


Рис. 5. Схема включения мощного полупроводникового реле типа SSC1000-25 для управления отключающей катушкой выключателя (CB).

Особенностью этого реле является то, что, во-первых, коммутируемый им ток должен превышать некоторое минимальное значение (20 мА), а, во-вторых, оно требует напряжения минимум 12 Вольт в качестве сигнала управления. Первая особенность обуславливает применение этого устройства лишь для достаточно мощных нагрузок, таких, как отключающие катушки выключателей, мощные контакторы и т.п. Вторая требует переделки внутренней электронной схемы МУРЗ, поскольку обычно, катушки встроенных выходных реле работают от напряжения 5В. Для использования элемента SSC1000-25 в качестве внешнего выходного реле разработчикам новых МУРЗ придется предусмотреть увеличение уровня выходного управляющего напряжения до 12В.

Менее мощные полупроводниковые коммутирующие устройства, рассчитанные на ток не более 1 – 1.5А могут быть использованы для управления маломощными промежуточными электромеханическими реле, широко применяемыми в системах релейной защиты, рис. 6.

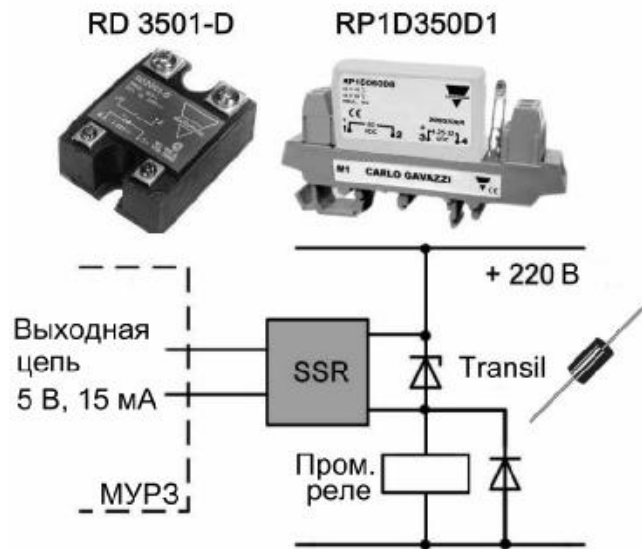


Рис. 6. Внешние выходные коммутационные элементы МУРЗ на основе маломощных полупроводниковых реле для включения и выключения промежуточных электромеханических реле в сети 220В постоянного тока. Transil® - полупроводниковый элемент, предназначенный для защиты от перенапряжений полупроводникового реле SSR.

Эти полупроводниковые реле не имеют нижней границы коммутируемых токов и могут управляться напряжением 5В, что освобождает разработчиков МУРЗ от необходимости увеличения уровня напряжения выходных цепей.

Если при разработке новых МУРЗ увеличить мощность выходного сигнала до значений: 12В и 100 мА, то появляется возможность использования внешних достаточно мощных электромагнитных реле без каких бы то ни было промежуточных полупроводниковых элементов. Необходимо отметить, что многие нагрузки, используемые на объектах электроэнергетики в сети 220В, имеют индуктивный характер. Это накладывает особые требования на промежуточные электромеханические реле, контакты которых должны быть способны коммутировать такие нагрузки. Анализ спецификаций распространенных типов электромагнитных реле показывает, что большинство из них не предназначены для коммутации индуктивных нагрузок на постоянном токе с напряжением 220В. Для этой цели служат реле специальной конструкции: обеспечивающие многократные последовательные разрывы в коммутируемой цепи (рис. 7) или содержащие постоянный магнит вблизи контактов, предназначенный для выталкивания электрической дуги из межконтактного зазора (рис. 8).

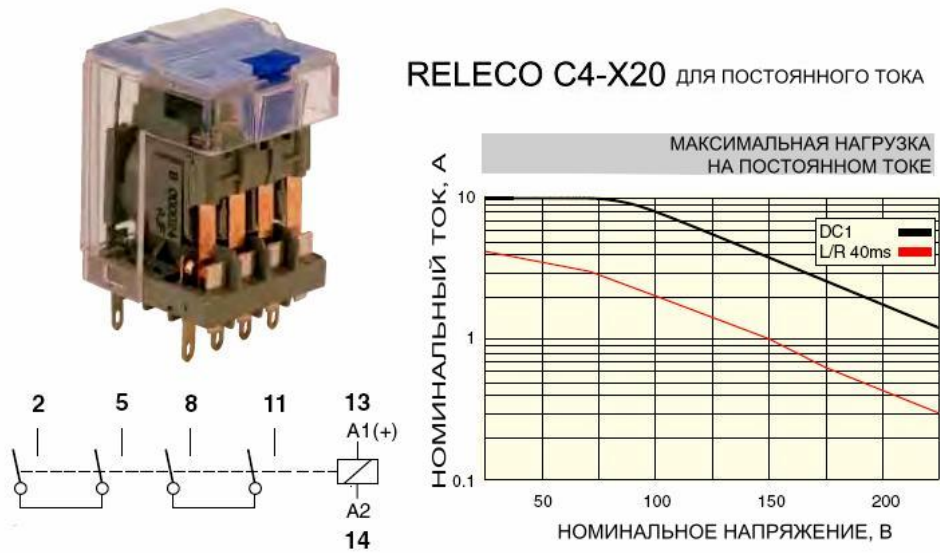


Рис. 7. Реле типа C4-X20 фирмы RELECO (с частично удаленным чехлом) с двумя контактами с двойным разрывом и его коммутационная способность на постоянном токе

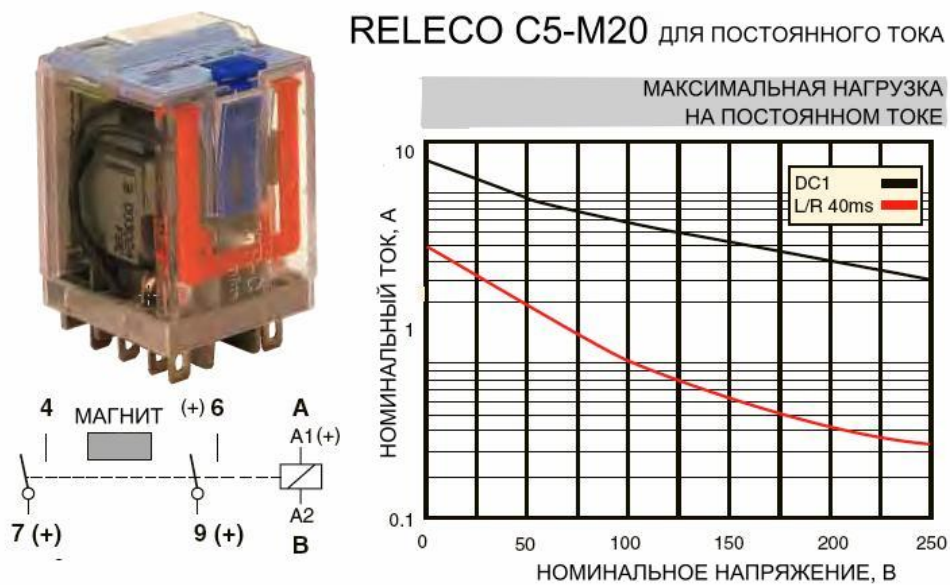


Рис. 8. Реле типа C5-M20 фирмы RELECO с двумя замыкающими контактами и дугогасящим магнитом и коммутационная способность его контактов для индуктивной нагрузки

На рынке имеются и меньшие по размерам многополюсные реле с дугогасящим магнитом, и даже предназначенные для печатного монтажа, рис. 9.

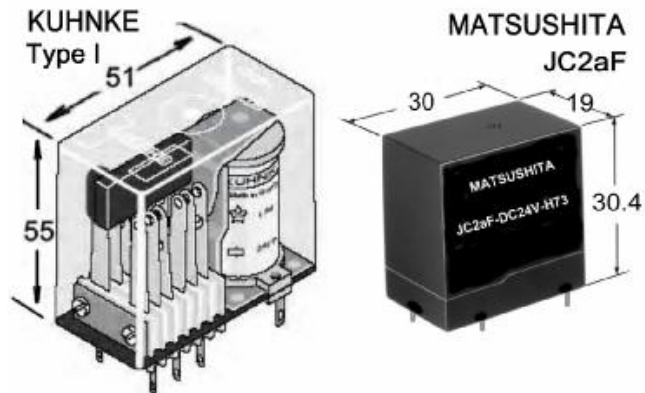


Рис. 9. Малогабаритные реле с дугогасящими магнитами

Имеются также и реле с тремя разрывами на контакт, рис. 10, позволяющие управлять достаточно мощной индуктивной нагрузкой при напряжении 220В постоянного тока, например, отключающими катушками высоковольтных выключателей, особенно старого типа.

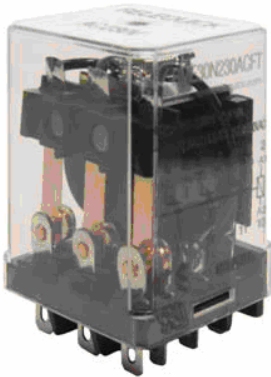


Рис. 10. Реле типа RMEA-FT-1 с одним замыкающим контактом с тройным разрывом, способным коммутировать постоянный ток до 3А в индуктивной нагрузке при напряжении 220В (производитель: RELEQUICK S. A.).

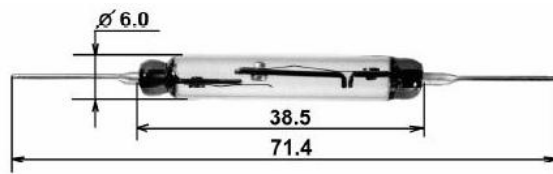
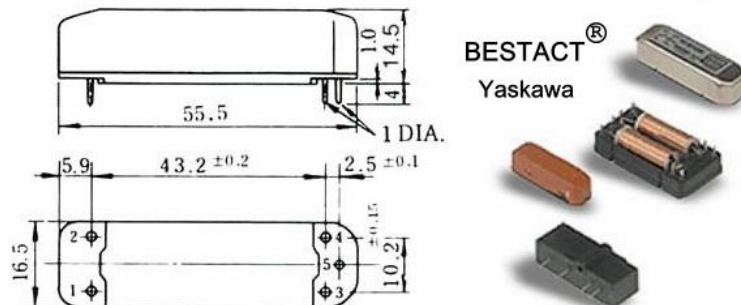


Рис. 11. Мощный геркон типа R14U (R15U) с двойным контактом и реле на его основе, производимые компанией Yaskawa

Хорошие перспективы имеет использование



герконовых реле, выполненных на основе нового малогабаритного геркона большой мощности, с двойной коммутацией, производимого компанией Yaskawa, под торговой маркой BESTACT®, рис. 11. Герконы этого типа имеют двойной контакт (основной и дугогасительный), с последовательной коммутацией, позволяющий включать и отключать высокоиндуктивную нагрузку ($L/R = 100$ мс) с током 0.2А при напряжении 220В постоянного тока. Катушки управления этих реле имеют параметры, аналогичные параметрам рассмотренных выше электромеханических реле.

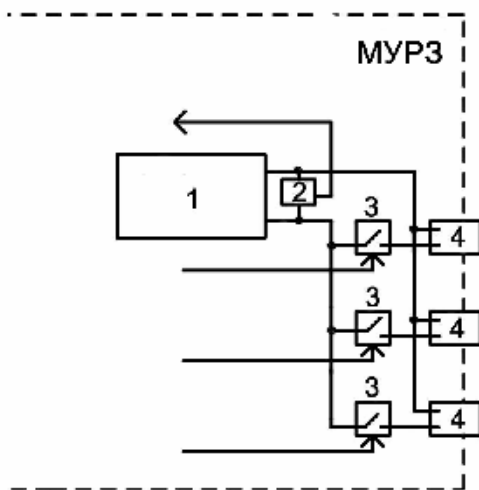


Рис. 12. Вариант выполнения выходов МУРЗ в виде источников управляющего напряжения

1 – отдельный источник питания 5В или 12В с токоограничением и защитой от короткого замыкания; 2 – датчик напряжения для контроля исправности источника питания; 3 – низковольтные оптроны; 4 – выходные разъемы для присоединения внешних реле.

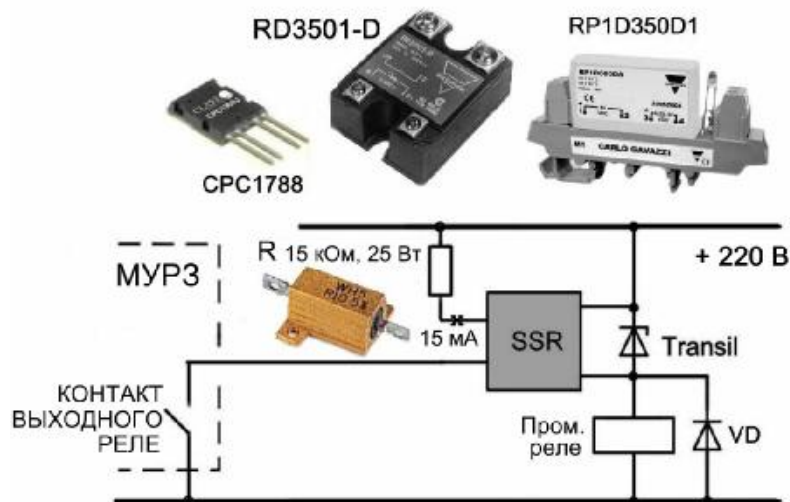


Рис. 13. Схема подключения к выходу МУРЗ внешнего полупроводникового модуля (SSR) для коммутации индуктивной нагрузки (обмотки промежуточного реле) при напряжении 220В постоянного тока.

При реализации рассмотренного выше направления модернизации МУРЗ, основанного на выполнении их выходных каналов в виде источников напряжения 5В или 12В, предназначенных для подключения входов внешних реле, необходимо принять меры по защите внутренних цепей МУРЗ от перегрузки и повреждений при неправильном включении этих выходов. Один из вариантов выполнения таких выходов представлен на рис. 12.

Идеальным решением нам представляется применение в новых типах МУРЗ встроенных мощных высоковольтных оптронов (вроде CPC1788) вместо внутренних миниатюрных электромеханических реле, применяемых сегодня, для управления любыми типами внешних промежуточных реле, выбираемыми потребителем самостоятельно. Другим решением является комплектная поставка изготовителем совместно с МУРЗ блока выходных реле, включающего реле различных типов (по заявке потребителя), снабженного специальным разъемом, служащим для соединения с МУРЗ. Назначение и переназначение (переадресация) тех или иных выходов МУРЗ для тех или иных видов выходных реле может осуществляться чисто программным методом.

Рассмотренные выше технические решения предназначены для использования во вновь разрабатываемых МУРЗ. А как быть с тысячами устройств уже находящихся в эксплуатации и продолжающих выпускаться на рынок? Очевидно, что модернизация таких устройств может осуществляться только за счет каких-то внешних модулей, без каких бы то ни было изменений внутренних цепей МУРЗ. Один из вариантов включения таких модулей показан на рис. 13. В нем могут быть использованы любые из описанных выше компонентов. Поскольку для цепей управления полупроводниковых модулей требуются низкие напряжения (12 – 36В), в схему добавлен резистор R, на котором гасится основная часть напряжения сети 220В.

Специально для решения проблемы коммутации индуктивных нагрузок контактами выходных реле МУРЗ, уже имеющихся на рынке, известная компания Schweitzer Engineering Laboratories, Inc разработала и освоила выпуск специальных активных дугогасительных элементов, подключаемых параллельно этим контактам, рис. 14.



Рис. 14. Активные дугогасительные элементы типа SEL-9501 и SEL-9502 компании Schweitzer Engineering Laboratories, Inc

В том случае, когда в качестве нагрузки используются обмотки небольших маломощных промежуточных реле, простейшим выходом из положения может быть замена этих реле на реле того же типа, но с катушками на напряжение 12 - 36 В, включенными последовательно с гасящими резисторами соответствующей мощности. В дополнение к этому, катушка реле должна быть зашунтирована диодом, включенным в обратном направлении (как на рис. 13). Использование катушки промежуточного реле на меньшее напряжение (то есть, содержащей значительно меньшее количество витков) и включение резистора последовательно с обмоткой реле приводит к существенному снижению постоянной времени катушки L/R и облегчению условий коммутации. Собственно говоря, такой же принцип используется и в некоторых типах серийных реле, например, в небольшом промежуточном реле типа ST-REL7-HG220/4X21 (с контактами, не предназначенными для коммутации индуктивной нагрузки на постоянном токе), производимом компанией Phoenix Contact, содержащей внутри корпуса небольшую печатную плату с установленными на ней диодами, резисторами, индикаторным светодиодом, рис. 15. Входная цепь этого реле обладает очень высоким сопротивлением и может совершенно свободно коммутироваться контактами выходных миниатюрных реле любого типа при напряжении 220 В постоянного тока.



Рис. 15. Промежуточное реле типа ST-REL7-HG220/4X21 (Phoenix Contact) с дополнительными электронными компонентами, установленными на печатной плате внутри корпуса реле.

ЛИТЕРАТУРА

1. IEC 61810-1: Electromechanical elementary relays – Part 1: General requirements.
2. Гуревич В. И. Об особенностях реле управления отключающими катушками высоковольтных выключателей. – Электричество, 2008, № 11.
3. Gurevich V. Electronic Devices on Discrete Components for Industrial and Power Engineering. – Taylor & Francis Group, Boca Raton – London - New York, 2008, 419 p.