

Решение проблемы выходных реле микропроцессорных устройств релейной защиты

Владимир ГУРЕВИЧ,
к. т. н.

Коммутационная способность и электрическая износостойкость контактов электромеханических реле при напряжении выше 30 В в сильной степени зависят от рода коммутируемого напряжения и вида нагрузки. Известно, что при коммутации постоянного тока с напряжением выше 30 В эти параметры намного ниже, чем при коммутации переменного тока, а при наличии индуктивности в нагрузке эти параметры снижаются еще более. 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 220 В постоянного тока. Контактные системы этих реле просто не предназначены для коммутации таких нагрузок, вследствие чего контакты быстро изнашиваются под действием электрической эрозии, что резко снижает надежность функционирования релейной защиты (рис. 1).

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, имеющих на рынке, обусловлено стремлением

производителей уменьшить массо-габаритные 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 — один 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 различными, что обуславливает и разные требования к выходным реле, контакты которых используются в тех или иных 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 220 В и током в несколько ампер нужны контакты из сплавов на основе серебра. Для коммутации индуктивных нагрузок при напряжении 220 В постоянного тока нужны особые реле, которые будут рассмотрены далее.

Практическая реализация этого принципа может быть осуществлена двумя путями: ус-

тановкой 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 них.

Сегодня на рынке полупроводниковых приборов имеется множество типов миниатюрных высоковольтных MOSFET- и IGBT-транзисторов на напряжения 1000–1500 В и токи 5–50 А, 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 TO-220, а также транзисторы типов STPW4N150, STW11NK100Z, APT15GN120BDQ1, APT35GN120B, IRG4PH20K, IXDH20N120, IXGH25N160 и др. в корпусах TO-247 [3]. Установленные на печатной плате МУРЗ без радиаторов и снабженные элементами защиты от перенапряжений (вариантами достаточной мощности) эти транзисторы способны непосредственно включать и выключать катушки управления промежуточных реле и небольших контакторов с токами до 1 А при номинальном напряжении 220 В постоянного тока. Недавно известная фирма CP Clare освоила массовое производство высоковольтных MOSFET-транзисторов со встроенными в корпус (типа ISOPPLUS264) драйверами с оптической развязкой (рис. 2). Такое устройство может управляться напряжением током в 10 мА от внутренних электронных цепей МУРЗ и осуществлять коммутацию катушек внешних электромагнитных реле с токами до 1 А при номинальном напряжении 220 В постоянного тока.

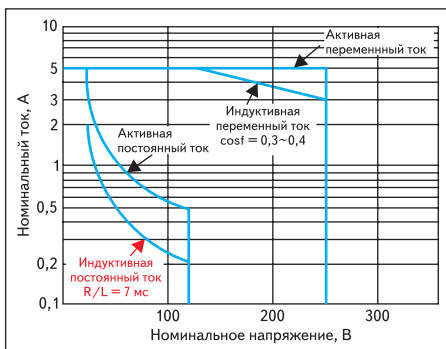


Рис. 1. Типичная коммутационная способность для различных нагрузок контактов миниатюрных электромагнитных реле, применяемых в МУРЗ

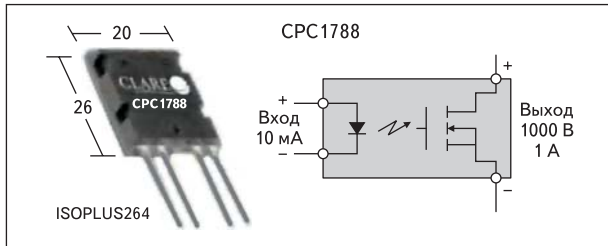


Рис. 2. Высоковольтный MOSFET-транзистор типа CPC1788 в корпусе ISOPLUS264 со встроенным драйвером с оптической развязкой производства фирмы CP Clare

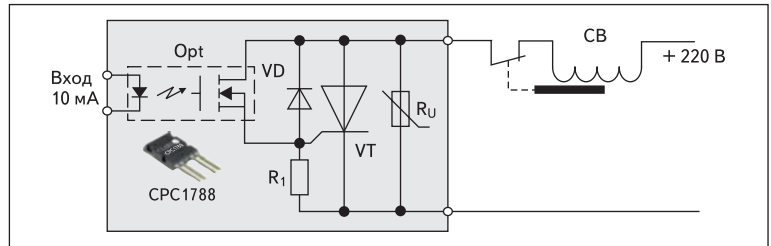


Рис. 3. Электрическая схема внешнего модуля на базе элемента CPC1788, подключаемая к выходу МУРЗ для управления отключающей катушкой выключателя (CB) при питании от сети 220 В постоянного тока: VT — тиристор; R_U — варистор

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

Второй путь решения проблемы дает намного больше вариантов.

Во-первых, есть несколько вариантов использования 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.

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

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 В 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 5 В. Для использования элемента SSC1000-25 в качестве внешнего выходного реле разработчикам новых МУРЗ придется предусмотреть увеличение уровня выходного управляющего напряжения до 12 В.

Менее мощные полупроводниковые коммутирующие устройства, рассчитанные на ток не более 1–1,5 А, могут быть использованы для управления маломощными промежуточными электромеханическими реле, широко применяемыми в системах релейной защиты (рис. 6).

Эти полупроводниковые реле не имеют нижней границы коммутируемых токов и могут управляться напряжением 5 В, что освобождает разработчиков МУРЗ от необходи-

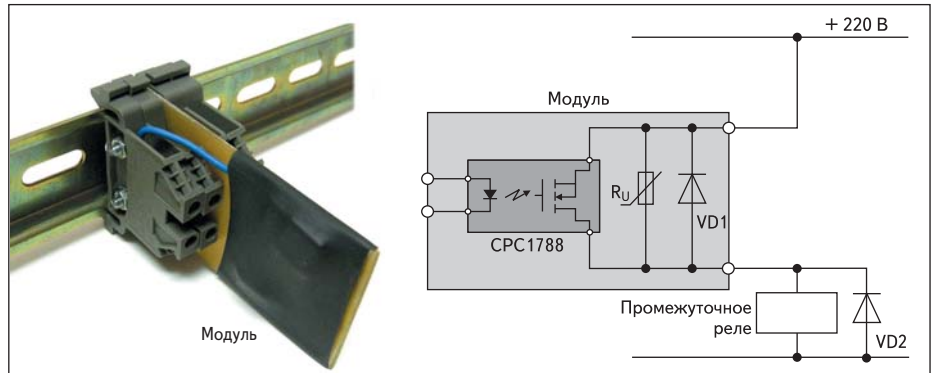


Рис. 4. Схема и устройство внешнего модуля простейшей конструкции на базе элемента CPC1788, подключаемого к выходу МУРЗ для управления промежуточными реле

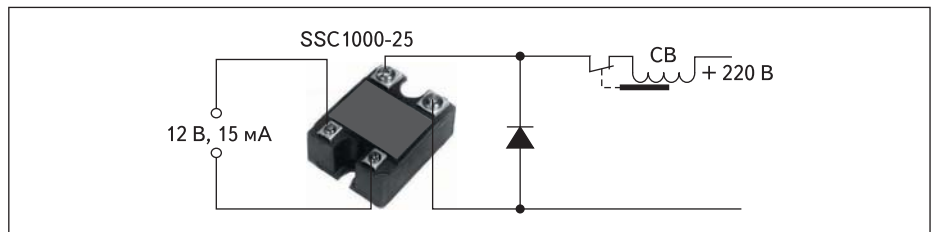


Рис. 5. Схема включения мощного полупроводникового реле типа SSC1000-25 для управления отключающей катушкой выключателя (CB)

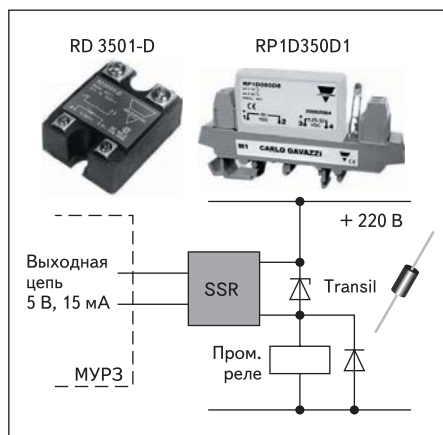


Рис. 6. Внешние выходные коммутационные элементы МУРЗ на основе маломощных полупроводниковых реле для включения и выключения промежуточных электромеханических реле в сети 220 В постоянного тока: Transil — полупроводниковый элемент, предназначенный для защиты от перенапряжений полупроводникового реле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

мости увеличения уровня напряжения выходных цепей.

Если при разработке новых МУРЗ увеличить мощность выходного сигнала до значений 12 В 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 220 В, имеют индуктивный характер. Это вызывает особые требования к промежуточным электромеханическим 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 220 В. Для этой цели служат реле специальной конструкции: обеспечивающие многократные последовательные разрывы в коммутируемой

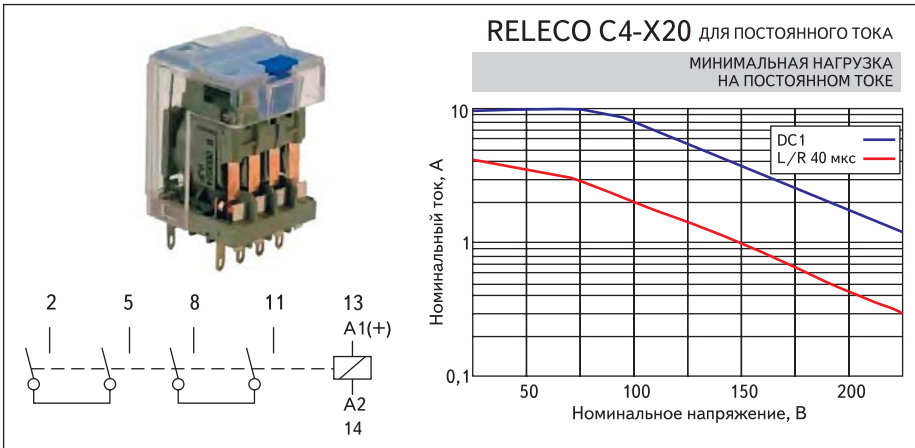


Рис. 7. Реле типа C4-X20 фирмы RELECO (с частично удаленным чехлом) с двумя контактами с двойным разрывом и его коммутационная способность на постоянном токе

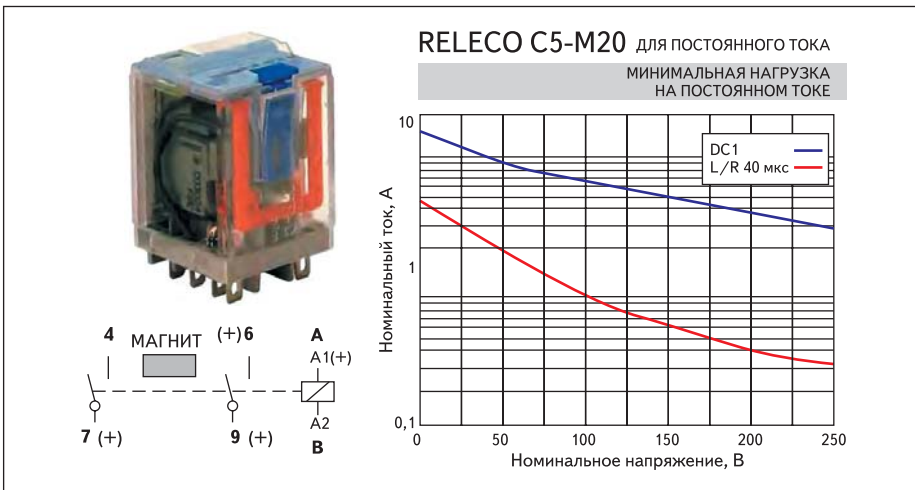


Рис. 8. Реле типа C5-M20 фирмы RELECO с двумя замыкающими контактами и дугогасящим магнитом и коммутационная способность его контактов для индуктивной нагрузки

цепи (рис. 7) или содержащие постоянный магнит вблизи контактов, предназначенный для выталкивания электрической дуги из межконтактного зазора (рис. 8).

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

Имеются также реле с тремя разрывами на контакт (рис. 10), позволяющие управлять достаточно мощной индуктивной нагрузкой

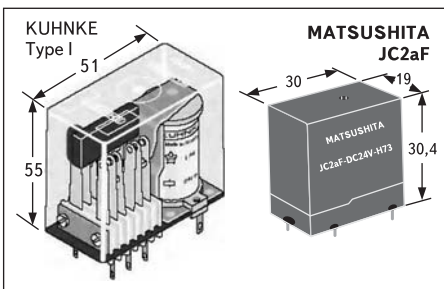


Рис. 9. Малогабаритные реле с дугогасящими магнитами

при напряжении 220 В постоянного тока, например, отключающими катушками высоковольтных выключателей, особенно старого типа.

Хорошие перспективы имеют герконовые реле, выполненные на основе нового мало-

габаритного геркона большой мощности, с двойной коммутацией, которые выпускает компания 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 0,2 А при напряжении 220 В постоянного тока. Катушки управления этих реле имеют параметры, аналогичные параметрам рассмотренных электромеханических реле.

При реализации способа модернизации МУРЗ, основанного на выполнении их выходных каналов в виде источников напряжения 5 или 12 В, 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 мини-



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

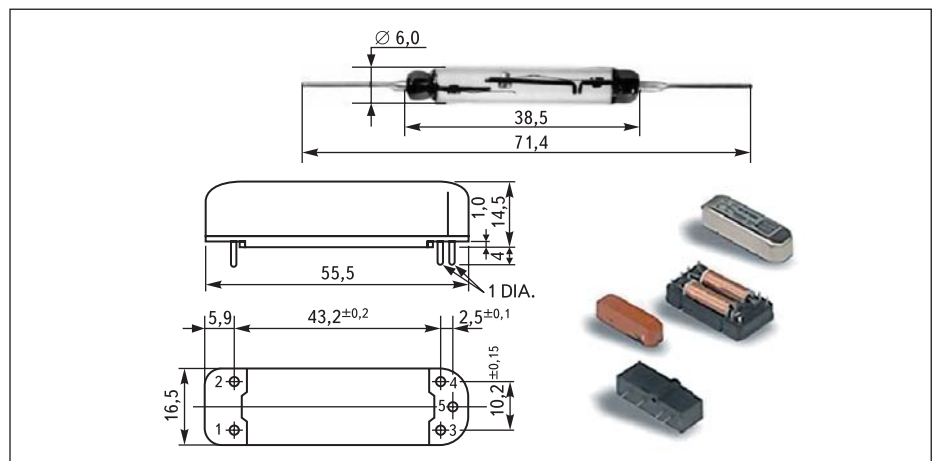


Рис. 11. Мощный геркон типа R14U (R15U) с двойным контактом и реле на его основе производства компании Yaskawa

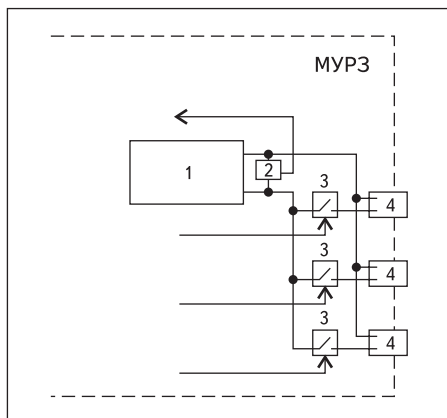


Рис. 12. Вариант выполнения выходов МУРЗ в виде источников управляющего напряжения:
1 — отдельный источник питания 5 или 12 В с токоограничением и защитой от короткого замыкания;
2 — датчик напряжения для контроля исправности источника питания;
3 — низковольтные оптрона;
4 — выходные разъемы для присоединения внешних реле

тюрных электромеханических реле, применяемых сегодня, для управления любыми типами внешних промежуточных реле, которые потребитель выбирает 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 переадресация различных выходов МУРЗ для тех или иных видов выходных реле можно осуществлять чисто программным методом.

Рассмотренные технические решения предназначены для использования во вновь разрабатываемых МУРЗ. А как быть с тысячами устройств, которые уже находятся в эксплуатации, ведь компании продолжают выпускать их на рынок? Очевидно, что модернизацию таких устройств можно осуществлять только за счет каких-то внешних модулей, без изменения внутренних цепей МУРЗ. Один из вариантов включения таких модулей показан на рис. 13. В нем могут быть использованы любые из описанных компонентов. Поскольку для цепей управления полупроводниковых модулей требуются низкие напряжения (12–36 В), в схему добавлен резистор R, на котором гасится основная часть напряжения сети 220 В.

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).

В том случае, когда в качестве нагрузки используются обмотки небольших маломощных

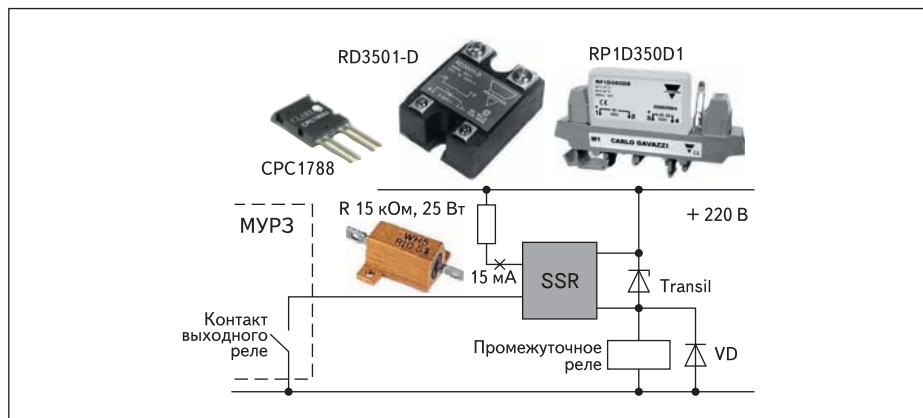


Рис. 13. Схема подключения к выходу МУРЗ внешнего полупроводникового модуля (SSR) для коммутации индуктивной нагрузки (обмотки промежуточного реле) при напряжении 220 В постоянного тока

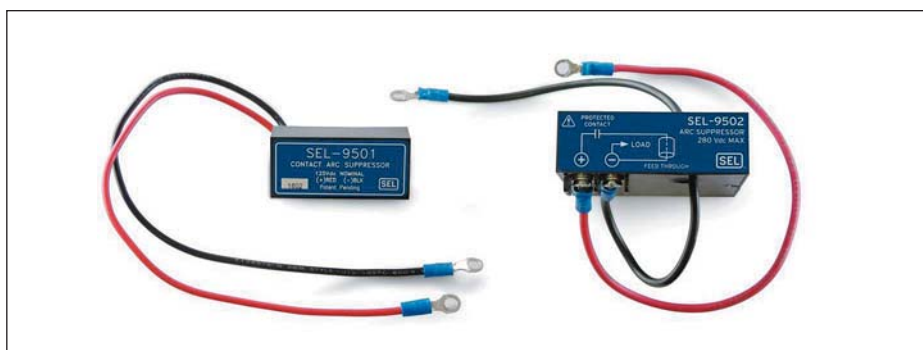


Рис. 14. Активные дугогасительные элементы типа SEL-9501 и SEL-9502 компании Schweitzer Engineering Laboratories Inc.

промежуточных реле, простейшим выходом из положения может быть замена этих реле на реле того же типа, но с катушками на напряжение 12 В, включенными последовательно с гасящими резисторами соответствующей мощности (не менее 25 Вт). 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), которые производит компания Phoenix Contact. Такие реле содержат внутри корпуса небольшую печатную плату с установленными на ней диодами, резисторами и 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 // ЭЛЕКТРО. 2008. № 4.
3. Gurevich V. Electronic Devices on Discrete Components for Industrial and Power Engineering. Boca Raton — London — New York: Taylor & Francis Group, 2008.