

---

## **Исследования и расчеты**

---

УДК 621.318.5.001.5

### **ИНТЕРФЕЙСНЫЕ РЕЛЕ**

В. И. ГУРЕВИЧ, канд. техн. наук, В. В. КРИВЦОВ, инж.,  
П. И. САВЧЕНКО, канд. техн. наук

При создании систем управления и защиты от аварийных режимов современных энергетических, электрофизических, рентгеновских, мощных радиоэлектронных установок приходится сталкиваться с техническими трудностями, обусловленными наличием в этих установках изолированных друг от друга функциональных частей, не допускающих их непосредственного соединения между собой ввиду высокой разности потенциалов. Для обеспечения информационной и электрической совместимости, а также реализации требуемых алгоритмов взаимодействия функциональных частей аппаратуры необходимы специальные приборы управления, получившие в зарубежной технической литературе название «интерфейсные реле» или «изолирующие интерфейсы». Общий принцип построения этих приборов — наличие специального узла гальванической развязки

между воспринимающей и исполнительной системами реле.

Наибольший интерес для указанных областей техники представляют интерфейсные реле с рабочим напряжением более 1 кВ, которым и посвящен настоящий обзор.

Устройства с релейной характеристикой, которые по принятой терминологии [1] относятся к «электрическим реле», выпускаются в СССР предприятиями различных министерств. В каждой из отраслей сложились традиции в названии и обозначении номенклатуры выпускаемых изделий, что обуславливает определенные трудности с классификацией реле. Например, тиристоры в соответствии с [1] по своим свойствам и характеристикам полностью подпадают под определение «электрические реле», но на практике их, как известно, относят к совершенно другой группе изделий — полупроводниковым приборам.

В устройствах, относимых к интерфейсным реле, широко используются различные физические принципы, причем некоторые из них не применяются в электрических реле других типов.

Любое электромагнитное реле, как известно, имеет определенный уровень изоляции выходных цепей от входных, т. е. побочно выполняет функции интерфейсных реле. Однако у обычных реле эта функция не является определяющей и никак не учитывается в существующей

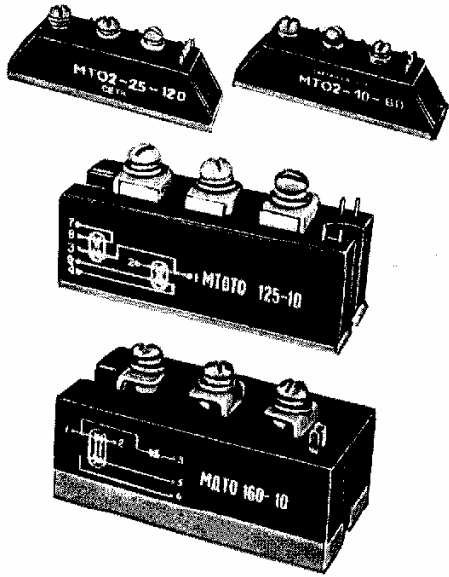


Рис. 1. Внешний вид силовых полупроводниковых модулей

системе классификаций. У интерфейсного реле свойство гальванического разделения цепей многократно усилено, параметры узла гальванической развязки являются определяющими с точки зрения выполняемой этим реле функции. С другой стороны, параметры, связанные с коммутируемой мощностью, второстепенны и могут существенно различаться у интерфейсных реле с одним и тем же уровнем гальванической развязки.

С учетом сложившегося в СССР деления электрических реле на слаботочные и силовоточные интерфейсные реле выпадают из традиционной номенклатуры изделий, что нашло свое отражение в многолетних спорах принадлежности интерфейсных реле к тому или другому классу. В связи с изложенным представляется целесообразным не искусственное присоединение интерфейсных реле к существующим классам, а выделение их в отдельный вид электрических аппаратов, имеющих собственную структуру, основанную на классификации прежде всего по характеристикам узла гальванической развязки. Например, по уровню напряжения развязки: низкого уровня (до 10 кВ); среднего уровня (от 10 до 100 кВ); высокого уровня (свыше 100 кВ).

По принципу действия: оптоэлектронные, пневматические, радиочастотные, электрогидравлические, трансформаторные, ультразвуковые, электромагнитные и с механической передачей.

По быстродействию: сверхбыстродействующие (до 100 нс), быстродействующие (от 100 нс до 3 мс) и инерционные (свыше 3 мс).

Несмотря на условность такой классификации, она достаточно полно отражает важнейшие свойства интерфейсных реле, имеющие определяющее влияние на выполняемые ими функции.

Наибольшее распространение получили интерфейс-

ные реле оптоэлектронного типа. В СССР такие реле выпускаются под названием «оптронные модули» (рис. 1), состоящие из серий: МТО, МТОТО, МДО, МДТО, МТОД. Первые выполнены в виде гибридных интегральных структур, содержащих два силовых опто-тиристора и светоизлучающий элемент, вторые содержат оптодиодные пары светодиод-фотодиод, от одной (МДО-1) до трех (МДО-3). Оптронные модули типа МТО-2-10, МТО-2-16, МТО-2-25, способны коммутировать токи от 10 до 25 А при повторяющемся импульсном напряжении 400—1200 В. Силовые модули серии МДТО имеют средние прямые токи 10—160 А при повторяющемся импульсном напряжении 200—1400 В [2]. И, наконец, оптодиодные модули МДО-1, МДО-2, МДО-3 имеют коммутирующие токи до 30 мА при напряжении до 1,5 В. Максимальное напряжение гальванической развязки указанных оптронных модулей 3,5 кВ.

К интерфейсным реле за рубежом относят также приборы, называемые в СССР «оптронными тиристорами», содержащие светоизлучающий элемент, встроенный в полупроводниковую структуру.

Оптронные тиристоры серий ТО-12;5, ТО-2-40; ТО-132; ТО-142 выпускаются на токи от 10 до 80 А при коммутируемом напряжении до 1400 В и имеют напряжение гальванической развязки между цепью управления и силовой цепью до 3 кВ (действующие значения) [3]. Аналогичные уровни напряжения гальванической развязки имеют и маломощные приборы, выпускаемые под названием «оптроны»: АОД133А (1 кВ); АОД134АС (1,5 кВ); АОД130А (3 кВ).

Для значительного увеличения уровня гальванической развязки интерфейсных реле оптоэлектронного типа между светоизлучающим и фотоприемным элементами устанавливают волоконно-оптический кабель соответствующей длины, а светоизлучающий и фотоприемный элементы снабжают электронным формирователем импульсов и усилителем, выполняемыми на базе гибридных интегральных микросхем. Интерфейсные реле такого типа получили название «волстрон» [4]. При длине оптокабеля, соединяющего между собой передающий и принимающий блоки, около 1 м напряжение гальванической развязки, обеспечиваемое волстроном, может достигать 40 кВ.

В электроэнергетике также нашли применение интерфейсные реле оптоэлектронного типа [5] (рис. 2, б), в которых передающий и приемный блоки соединены полыми фарфоровыми изоляторами достаточно больших габаритов, снабженными встроенной оптической системой. Такие реле применяются в СССР в сетях 110—330 кВ для управления приводами высоковольтных выключателей, в качестве реле защиты блоков шунтовых конденсаторных батарей и т. д.

Техника интерфейсных реле развивается за рубежом в тех же направлениях. Фирмы «Siemens», «Magnecraft Electric» (ФРГ) выпускают множество разновидностей интерфейсных реле с оптическим узлом гальванической развязки на напряжение до 4 кВ. Голландское отделение фирмы «Brown Boveri» производит широкую гамму интерфейсных реле серий R1500, R100 и R110 с узлами гальванической развязки на напряжения до 1,6 кВ, выполненных как на традиционных оптоэлектронных компонентах, так и на встроенных изоли-

рующих трансформаторах [6].

Анализ параметров интерфейсных реле, производимых этими и другими зарубежными фирмами, показывает, что они незначительно отличаются друг от друга по коммутационным параметрам и уровню напряжения гальванической развязки, в основном не превышающему 4 кВ. Исключение составляют реле, производимые фирмой «Band R Electrical Products» (Великобритания), напряжение гальванической развязки которых достигает 10 кВ (о конструктивных особенностях не сообщается), а также оптоэлектронные реле типа CNR-21 на напряжение развязки 15 кВ фирмы «Telefunken» (ФРГ).

Тенденции развития техники интерфейсных реле свидетельствуют о том, что преобладающим принципом построения узлов гальванической развязки остается использование оптоэлектронных систем. Важнейшей особенностью оптоэлектронных систем принято считать их помехоустойчивость, нечувствительность к электромагнитным полям. Однако при этом не учитывается,

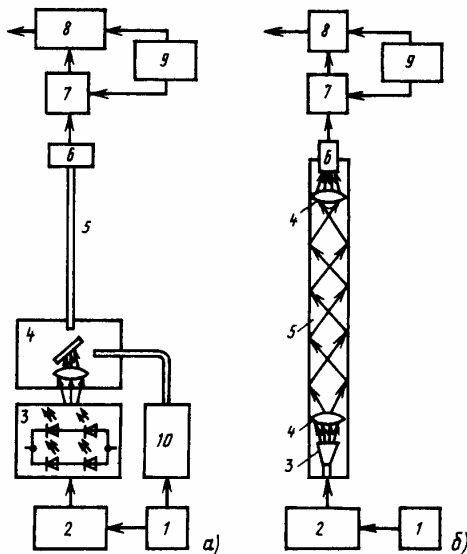


Рис. 2. Структурные схемы интерфейсов на основе ВОК (а) и световода (б):

1 — блок питания на потенциале земли; 2 — формирователь управляющих импульсов; 3 — оптический излучатель; 4 — оптическая система; 5 — оптический канал; 6 — фотоприемник; 7 — электронный усилитель; 8 — выходной исполнительный элемент; 9 — блок питания на потенциале высокого напряжения; 10 — блок контроля исправности излучателя

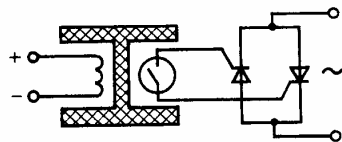


Рис. 3. Электрическая схема интерфейсного реле с узлом гальванической развязки электромагнитного типа

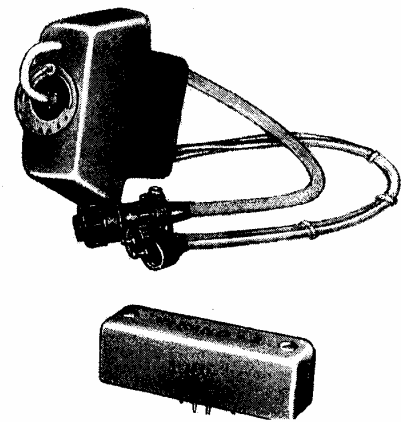


Рис. 4. Внешний вид интерфейсных реле серии «Викинг».

что помимо собственной оптоволоконной линии и выходного исполнительного элемента такая система включает в себя формирователи световых импульсов на передающем конце и усилители на приемном, выполняемые, как правило, на базе микросхемотехники. Именно эти элементы, имеющие низкие уровни срабатывания, оказываются подверженными импульсным помехам со стороны силового высоковольтного оборудования, что сводит на нет основное преимущество оптоэлектронных систем. Кроме того, сами оптические волокна подвержены сильному отрицательному влиянию ионизирующих излучений, внешних механических воздействий. Известно, что даже микроизгибы волоконно-оптических кабелей приводят к резкому ослаблению светового потока. Из практики эксплуатации интерфейсных реле этого типа известны случаи выхода из строя кабелей в результате проникновения влаги под оболочку кабеля. Применяемые в качестве светоизлучающих элементов светодиоды имеют недостаточный срок службы, а полу-

**Параметры герконтронов некоторых типов из серии «Викинг»**

Наименование параметра	Тип герконтрона серии «Викинг»			
	1 (1М)	2	6	9
Уровень напряжения гальванической развязки (максимальное значение), кВ постоянного тока	45	5	150	6
Испытательное напряжение (50 Гц), действующее значение, кВ	60	7,5	170	10
Ток срабатывания (А) постоянного тока	0,005—5,0	0,05	0,05	0,01
Мощность, потребляемая цепью управления, Вт	1—5	1,0	2,0	0,01
Коммутируемая мощность, Вт	30 (1000)	10	30	10
Диапазон коммутируемых токов (А) постоянного или переменного тока	10 <sup>-6</sup> —1,0 (Кратковременно до 50 А)	10 <sup>-4</sup> —3,0	10 <sup>-6</sup> —0,25	10 <sup>-4</sup> —0,5
Коммутируемое напряжение, В: постоянного тока	150	5000	125	180
переменного тока	220	—	125	130
Максимальная частота коммутации, 1/с	50	50	50	100
Время срабатывания, не более, мс	1,5	3,0	1,5	1,0
Габариты, мм	140×80×47 (140×120×47)	90×30×28	∅160×450	47×33×33
Диапазон рабочих температур, °С	(-60÷+85)	-40÷+60	-40÷+60	-60÷+60
Механические воздействия	Вибрация (10—500) Гц 15g Удары 10g 100 000	По группе М25 ГОСТ 17516-72		По группе М25 ГОСТ 17516-72

проводниковые лазеры страдают так называемой катодической деградацией.

Интерфейсные реле с напряжением гальванической развязки среднего уровня, кроме того, достаточно дороги.

Все это свидетельствует о том, что преимущественное использование в интерфейсных реле оптоэлектронного узла гальванической развязки не всегда оправдано, а иногда является лишь следствием стереотипности мышления разработчиков и данью своеобразной технической моде.

Фирмой «Brown Boveri» принята специальная программа развития интерфейсных реле «SIGMA—SWITCH» [6], в которой наряду с обычной оптоэлектронной системой предусматриваются разработка и освоение принципиально новых интерфейсных реле, в частности, с узлом гальванической развязки электромагнитного типа (рис. 3). Следует однако отметить, что приоритет в создании интерфейсных реле, работающих на таком принципе, не принадлежит фирме «Brown Boveri».

Фирма «Magnecraft Electric» уже освоила промышленное производство таких реле типов 102 V, 102 HV на основе вакуумных герконов, коммутирующих токи до 200 мА при напряжении до 10 кВ и имеющих уровень гальванической развязки до 12 кВ [7]. Еще в 1977 г. такие реле были предложены в Харьковском институте механизации и электрификации сельского хозяйства [8] и к моменту опубликования программы «SIGMA SWITCH» насчитывали множество разновидностей, защищенных десятками авторских свидетельств (рис. 4). Разработанные в СССР устройства такого типа получили название «герконтроны». Эти приборы по своим параметрам намного превосходят образцы фирмы «Brown Boveri» и «Magnecraft Electric» (таблица).

Анализ характеристик герконтронов, опыт их создания и применения показывают, что они имеют определенную область использования, в рамках которой обладают явными преимуществами перед другими видами интер-

фейсных реле. Речь идет прежде всего о передаче дискретных команд управления, защиты и сигнализации типа «да — нет», следующих с частотой до 50—100 Гц и допустимым быстродействием в 1—2 мс, между частями аппаратуры, находящимися под разностью потенциалов до 150 кВ. В пределах этих значений параметров герконтроны отличаются наибольшей простотой и надежностью, обладают широкими функциональными возможностями. Особую привлекательность имеют такие свойства герконтронов, как высокая перегрузочная способность цепи управления и мощная выходная цепь, нечувствительность к импульсным помехам, механическая прочность конструкции, сохранение работоспособности в широком интервале температур, давления, влажности. Эти свойства герконтронов обуславливают их широкое применение в бортовой и возимой радиоэлектронной аппаратуре [9], в системах релейной защиты и автоматики электрических сетей класса 6—35 кВ [10—12] в электроаппаратостроении [13], в электрофизических установках [14], в силовой преобразовательной технике и т. п.

Немаловажное значение имеет в ряде случаев и низкая стоимость герконтронов. Например, при потребности в интерфейсных реле с испытательным напряжением 5,5 кВ переменного тока для систем диагностики и сигнализации мощных тиристорных преобразователей электроподвижного состава в 100 000 штук в год герконтроны с требуемыми параметрами, имеющие себестоимость изготовления около 1,5 руб., с экономической точки зрения оказываются единственно приемлемым вариантом.

В настоящее время к промышленному производству предложены интерфейсные реле типа «Викинг-9» и «Викинг-1». Последняя конструкция является базовой для целой серии интерфейсных реле: дифференциальных; с узлом размножения выходных цепей; со встроенным тиристорным ключом; со встроенной мостовой схемой сочленения геркона с мощным трехфазным тиристорным пускателем; со специальной обмоткой

управления, выдерживающей импульсные перенапряжения до 35 кВ и т. п. На базе этих устройств разработаны квазианалоговые измерители постоянного тока в высокопотенциальных цепях, комплекс устройств релейной защиты и автоматики для электрических сетей и другие виды аппаратуры.

#### Список литературы

1. **Реле** электрические. Термины и определения. ГОСТ 16022-85. М.: 1983.
2. **Машнин С. В.** Силовые диодные, тиристорные и опто-тиристорные модули // Электротехника. 1988. № 5.
3. **Новые** типы силовых оптронных тиристоров / Р. Н. Рыбак, Н. А. Тетерьова, С. Н. Белая, О. С. Насекан // Электротехника. 1988. № 5.
4. **Носов Ю. Р., Дмитриев В. П., Файзулаев Б. Н.** Волстрон — новый класс изделий электронной техники // Электронная промышленность. 1983. Вып. 6, (123).
5. **Карпенко Л. Н.** Световые системы управления высоковольтными аппаратами. Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1977.
6. **Caillie Jean-Claude.** Anwendungskriterien bei elektronischen Lastrelais // Brown Boveri Techn. 1986. В. 73. № 4.
7. **Stock Relay Cotalog-Magnecraft Electric Company,** 1988.
8. **А. с. 758462 СССР.** Устройство для управления тиристорами с антипараллельным включением высоковольтного переключателя / В. И. Гуревич, П. И. Савченко // Открытия. Изобретения. 1978. № 20.
9. **Гуревич В. И., Савченко П. И.** Высокоэффективная защита мощных электровакуумных приборов // Электронная техника. Сер. Электровакуумные и газоразрядные приборы. 1987. Вып. 1.
10. **Гуревич В. И., Труб И. И.** Геркотронные указатели короткого замыкания // Энергетика и электрификация. 1988. № 1.
11. **Гуревич В. И.** Применение геркотронов в устройствах релейной защиты горных электроустановок // Промышленная энергетика. 1987. № 2.
12. **Гуревич В. И., Савченко П. И., Бережнюк И. Г.** Электромагнитная система управления автогазовыми выключателями // Электрические станции. 1988. № 2.
13. **Гуревич В. И., Измайлов О. И., Обухов А. Г.** Защита подстанций от неполнофазных режимов // Техника в сельском хозяйстве. 1986. № 10.
14. **Новые** схемные решения системы управления объектами под высоким потенциалом с применением геркотронов / В. П. Герасимов, В. И. Гуревич, А. Г. Нечаев и др. // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Электрофизическая аппаратура. 1985. Вып. 22.

Поступила 21.11.88