

# Микропроцессорные реле защиты: вопросов больше, чем ответов

Сегодня на рынке микропроцессорных реле защиты (МУРЗ) присутствуют сотни моделей десятков различных производителей. Согласно статистическим данным, в 2006 г. группой ведущих компаний мира (ABB, Areva, SEL, Siemens, NARI) было продано реле защиты на сумму около 950 млн долл., а второй группой, в которую вошли Basler, General Electric, Schneider, — еще на 500 млн долл. Кроме того, на рынке МУРЗ сегодня активно работают и такие крупные компании, как Beckwith, Cooper Power, Orion Italia, VAMP, Woodward и др.

сорных защит. И дело здесь вовсе не в каких-то принципиальных недостатках электромеханических или статических реле, не в их неспособности обеспечивать надежную защиту энергетических объектов, а совершенно в другом. Дело в том, что затраты на полностью роботизированное (вплоть до автоматического тестирования) производство МУРЗ из дешевых электронных комплектующих высокой степени интеграции не идут ни в какое сравнение с затратами на производство и ручную сборку из высокоточных механических элементов электромеханических реле, при этом продажная стоимость МУРЗ остается очень высокой. Например, одна из новосибирских компаний предлагает контрактную сборку печатных плат с использованием современной технологии поверхностного монтажа со скоростью монтажа 50 тыс. компонентов в час. При наличии такого высокопроизводительного полностью автоматического оборудования производство печатных плат, из которых и состоит МУРЗ, приносит производителям баснословные прибыли по сравнению с производством и ручной сборкой высокоточных механических реле. Именно в сфере производства, а не в эксплуатации проявляется самое важное преимущество МУРЗ: сверхприбыль производителей. По этой причине сегодня уже практически нигде в мире (за исключением отдельных небольших производств, не влияющих на общую картину) не производятся никакие другие виды защит, кроме микропроцессорных. Апологеты скорейшего и повсеместно внедрения МУРЗ часто приводят такие доводы, как отсутствовавшая у электромеханических реле возможность записи аварийных режимов, возможность обмена информацией между реле и т. п. Но все это рекламные трюки, не имеющие ничего общего с действительностью. Сегодня на рынке имеются сотни разновидностей микропроцессорных самописцев аварийных режимов, способных передавать данные по сети, регистрирующих аварийные режимы значительно лучше и полнее, чем это делают МУРЗ; имеются развитые системы передачи информации, такие как SCADA, хорошо работающие уже многие годы с электромеханическими реле. В отличие от реле защиты, микропроцессорные самописцы аварийных режимов не способны повлиять на надежность электроснабжения и спровоцировать тяжелые аварии в

По предварительным данным, в 2009 г. ожидается продажа реле защиты западными компаниями на сумму уже 2 млрд долл.

Рынок России и других стран бывшего СССР представлен как крупными западными производителями, так и отечественными: НПП «Бреслер», НПП «Экра», РЕЛСiС, «Киевприбор», ЗАО «Меандр», НТЦ «Механотроника», ЗАО «Радиус Автоматика» и др. (рис. 1).

Казалось бы, при таком многообразии производителей и типов МУРЗ, представленных на рынке, потребитель всегда может выбрать наиболее подходящий для него вариант. Но давайте разберемся по-порядку.

Во-первых, почему, собственно речь идет только о микропроцессорных защитах? Ведь никаких новых функций в релейную защиту МУРЗ не привнесли, а параметры и возможности высококачественных электромеханических и полупроводниковых устройств полностью обеспечивают потребности релейной защиты. Да, МУРЗ могут иметь более сложные и более подходящие для некоторых конкретных задач релейной защиты характеристики. Например, полигональную характеристику дистанционной защиты вместо обычной круговой, как у электромеханических реле. Но эти преимущества МУРЗ не являются какими-то революционными, способными повлиять на основополагающие принципы релейной защиты.

В релейной защите нет принципиально важных задач, которые нельзя было бы решить с помощью электромеханических или статических реле. Свидетельством этому является тот факт, что развитые электрические сети и системы существуют и успешно функционируют во всем мире уже более ста лет, тогда как микропроцессорные защиты появились в эксплуатации в сколько-ни-

будь заметном количестве всего 10–15 лет назад. В России (а также в странах бывшего СССР, в некоторых странах Восточной Европы и Азии) до сих пор количество МУРЗ в сетях не превышает нескольких процентов. Совершенно очевидно, что даже с такой крупной и разветвленной энергосистемой, как единая энергосистема России, ничего бы не произошло, если бы вместо МУРЗ обновление релейной защиты осуществлялось бы за счет новых поколений электромеханических или статических полупроводниковых реле.

Очевидно также, что с началом применения МУРЗ логика работы энерго-

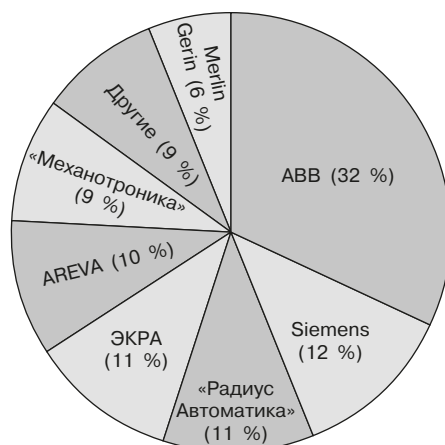


Рис. 1. Российский рынок МУРЗ

системы не изменилась: не увеличилось число операций, выполняемых энергосистемой, не изменилось количество вырабатываемой электроэнергии, не изменились и принципы передачи и распределения электроэнергии. Так почему же МУРЗ так стремительно вытесняют все остальные типы реле защиты?

30–35 лет назад все усилия разработчиков стали направляться на создание электронных, а затем и микропроцес-

сети при отказах в работе (в отличие от МУРЗ), поэтому широкое их использование можно только приветствовать.

Кроме того, разве МУРЗ в том виде, в котором они существуют сегодня, полностью устраивают потребителей? Появление МУРЗ в энергосистемах породило массу новых проблем, не ведомых ранее, на которые пока нет однозначных и четких ответов.

**1. Резервирование МУРЗ.** Необходимо ли резервирование в связи с недостаточной надежностью МУРЗ? Если да, то каких именно видов реле и какими видами реле должно осуществляться такое резервирование: микропроцессорными или электромеханическими? Каким должен быть тип резервирования?

**2. ЗИП.** Каким должен быть оптимальный ЗИП? Какова методика его расчета для МУРЗ разных видов и типов? Как, где и при каких условиях его хранить (имеется информация о том, что при длительном хранении печатных плат с электролитическими конденсаторами на складе они потом очень быстро выходят из строя)? Как обеспечить быстрое восстановление МУРЗ, особенно на необслуживаемых подстанциях?

**3. Количество функций в одном МУРЗ.** Какой должна быть оптимальная степень концентрации различных функций в одном МУРЗ, при которой повреждение одного единственного элемента может привести к отказу сразу всех функций релейной защиты, заложенных в данном МУРЗ?

**4. Человеческий фактор.** Как оценить резко возросшее влияние человеческого фактора на надежность релейной защиты при переходе от электромеханических защит к микропроцессорным? Что нужно сделать для уменьшения этого влияния?

**5. Техничко-экономический эффект.** Каков технико-экономический эффект (для потребителя, а не для производителя) от замены электромеханических реле на МУРЗ и есть ли он вообще, или этот переход убыточен? Для всех ли видов защит и для всех ли классов напряжения целесообразна такая замена? Целесообразно ли заменять электромеханические защиты микропроцессорными на старых подстанциях, не приспособленных для эксплуатации МУРЗ?

**6. Испытания МУРЗ.** Как правильно испытывать МУРЗ, в каком объеме и с какой периодичностью? Каковы требования к испытательному оборудованию? Как и где калибровать испытательное оборудование, применяемое для проверки МУРЗ?

**7. Надежность (повреждаемость) МУРЗ.** Как правильно учитывать надежность (повреждаемость) МУРЗ: по количеству неправильных действий ре-

лейной защиты или по общему количеству выявленных повреждений МУРЗ (которые не привели к неправильным действиям защиты) и ошибок, обнаруженных в его программном обеспечении?

**8. Критерии электромагнитной совместимости.** Какими должны быть технические требования и параметры подстанции для обеспечения надежной работы МУРЗ по критерию электромагнитной совместимости? По какой методике и как реально оценить пригодность подстанции для эксплуатации МУРЗ?

**9. Условия эксплуатации МУРЗ.** Каким должен быть оптимальный температурный режим при эксплуатации МУРЗ? Когда нужно использовать кондиционирование воздуха в релейном зале, а когда достаточно лишь вентиляции в шкафах? Нужно ли использовать в шкафах с МУРЗ подогрев воздуха для предотвращения выпадения росы?

**10. Проблема преднамеренного электромагнитного воздействия на МУРЗ и хаккерских атак.** Как предотвратить или хотя бы ослабить преднамеренные дистанционные воздействия на МУРЗ военного, уголовного или террористического характера с целью выведения из строя релейной защиты?

**11. Требования к конструкции, параметрам и программному обеспечению МУРЗ.** Какой должна быть оптимальная конструкция МУРЗ и его программного обеспечения? Кто должен сформулировать требования к конструкции и программам, как заставить производителей учитывать эти требования? Каков должен быть набор технических требований, предъявляемых к МУРЗ?

**12. Тендер.** Как правильно сформулировать технические требования к МУРЗ? Как проверить реальное соответствие МУРЗ требованиям тендера? Какие испытания МУРЗ можно проводить на этапе тендера?

Это лишь часть вопросов и проблем, возникших с появлением МУРЗ. Не стоит забывать и о проблемах с входными логическими входами [1, 2], с выходными реле [3], проблемах с электропитанием [4, 5] и др.

Особняком в этом перечне стоят проблемы надежности и эффективности МУРЗ. Как показано в ряде работ автора [6–8], а также в публикациях других специалистов [9], несмотря на полное отсутствие подвижных частей, надежность МУРЗ совсем не такая высокая, как это представляется в рекламных каталогах. Широко рекламируемая высокая ремонтпригодность МУРЗ, позволяющая за считанные минуты заменить вышедший из строя блок, на поверку оказывается мифом, поскольку замененный неисправный блок (стоимостью, кстати, в одну треть стоимости всего МУРЗ) является в большинстве случаев изделием неремонтпригодным. Это означает, что на поддержание МУРЗ в исправном состоянии требуются значительные затраты. К большому сожалению, появившиеся в последнее время публикации [10] не проясняют ситуацию, а лишь еще больше запутывают ее. Основная проблема с оценкой надежности МУРЗ заключается в неверном, по нашему мнению, подходе, когда в качестве основного статистического показателя надежности МУРЗ используется процент неправильных действий (либо дополняющий его до 100 процент правильных действий). Этот показатель используется в России и некоторых других странах при оценке результатов эксплуатации релейной защиты.

$$K = \frac{N_{\text{ПС}}}{N_{\text{ПС}} + N_{\text{ИС}} + N_{\text{ЛС}} + N_{\text{ОС}}} \cdot 100\%,$$

где  $N_{\text{ПС}}$  – число правильных срабатываний;

$N_{\text{ИС}}$  – число излишних срабатываний;

$N_{\text{ЛС}}$  – число ложных срабатываний;

$N_{\text{ОС}}$  – число отказов в срабатывании.

На основе расчетов с использованием этого показателя многими авторами, проводившими анализ ситуации с надежностью МУРЗ, делаются выводы об их очень высокой надежности. Однако не понятно, почему для оценки надежности реле принято не количество его поломок, требующих ремонта, а количество последствий этих поломок, т. е. неправильных действий защиты в аварийных режимах. Получается, что потребитель



**СПЕЦСИСТЕМА**

научно-производственный центр

СЕРТИФИЦИРОВАННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ (СЧЕТЧИКИ)

ГАЗА, ПАРА, ВОДЫ, ТЕПЛА, СЖАТОГО ВОЗДУХА

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

e-mail: [spsys@vitebsk.by](mailto:spsys@vitebsk.by)

<http://www.spsys.net>

г. Витебск, 210004, ул. Ломоносова, 22

Тел./факс: (8 0212) 34-69-99, 34-26-93, тел. моб.: (8 029) 624-29-11, 819-29-12

УНП 300047573



может получить реле, не имеющее неправильных срабатываний, но требующее частой замены вышедших из строя модулей, стоимость каждого из которых составляет 20–25 % от стоимости всего микропроцессорного реле. Можно только представить, какую «головную боль» будет иметь потребитель от этого реле.

Данная методика оценки надежности релейной защиты никак не учитывает отказы важнейшей составной части РЗА – собственно реле защиты – в том случае, если эти отказы не сопровождались неправильными действиями РЗА. Применительно к микропроцессорным устройствам РЗ речь идет о тех случаях, когда внутренняя система самодиагностики выявила повреждение и выдала об этом соответствующее сообщение. На первый взгляд кажется, что регистрировать такое событие в качестве отказа РЗ и не требуется. Но давайте вспомним, как обычно работает система внутренней самодиагностики в МУРЗ. При выявлении серьезной неисправности, способной повлиять на работоспособность МУРЗ (например, повреждение содержимого ячеек памяти, сбой в работе главного процессора и т. п.), его особый элемент, так называемый «watchdog» (в русском переводе – «сторожевой пес»), выдает команду на полную перезагрузку МУРЗ (если, конечно, не вышел из строя источник питания). Если это не помогло, то элемент полностью блокирует МУРЗ, выводя из работы все 10–15 функциональных защит, входящих в состав одного многофункционального модуля МУРЗ. При этом, по-существу, остаются без всякой защиты такие объекты электроэнергетики, как линии электропередачи, мощные трансформаторы, генераторы на электростанции и т. д. Такое состояние РЗ будет сохраняться до тех пор, пока обслуживающий персонал не получит со склада новый модуль МУРЗ и не заменит его. А что будет, если на складе не оказалось нужного модуля или если подстанция вообще не обслуживаемая? Допустимо ли никак не учитывать и эти события?

А как относиться к ошибкам в заводском программном обеспечении МУРЗ, выявленным, скажем, в процессе проверки МУРЗ? Или к ошибкам в уставках, коэффициентах или выбранных режимах защиты? Тоже нигде не регистрировать и никак не учитывать? Однако для обеспечения правильного функционирования МУРЗ исправность его программного обеспечения имеет ничуть не меньшее значение, чем исправность «железа». Значит, «программные проблемы» являются такими же отказами МУРЗ, как и повреждения электронных компонентов.

Как известно, количество неправильных действий вследствие ошибок персонала микропроцессорной защиты значительно больше, чем это было ранее для электромеханических защит. Но как быть, если МУРЗ, находясь в эксплуатации, ни разу не сработало (например, из-за отсутствия аварийных режимов в защищаемом объекте) при наличии «заблокированной» по ошибке при предыдущих испытаниях функции? Ведь МУРЗ не могло правильно сработать при возникновении аварийного режима, т. е. все время оставалось неисправным. Разве такое событие, выявленное при очередной проверке, не влияет на надежность защиты и его не нужно регистрировать?

По нашему мнению, основная проблема существующих методик оценки надежности МУРЗ заключается в том, что они относятся к релейной защите (т. е. к некоей системе), а не к отдельным ее компонентам. Для сложной системы, называемой «релейной защитой», в состав которой входит множество компонентов, включая и МУРЗ, вполне корректно оценивать надежность так, как это делается сегодня, т. е. по количеству неправильных действий этой системы (излишних срабатываний или, наоборот,

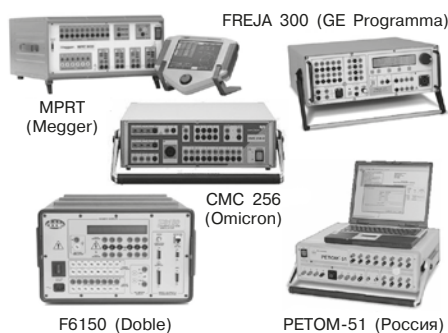


Рис. 2. Современные компьютеризированные тестовые системы последнего поколения для испытания многофункциональных микропроцессорных защит

несрабатываний в аварийных режимах). Однако если мы хотим произвести технико-экономическую оценку МУРЗ или сравнительную оценку надежности различных типов МУРЗ (отдельного компонента системы релейной защиты), то такой подход неприемлем, поскольку он никак не учитывает случаи отказов компонентов этой системы, которые были связаны с полной потерей работоспособности и потребовали замены дорогостоящих внутренних блоков, но не привели к неправильным действиям системы, т. е. релейной защиты.

Исходя из вышеизложенного, при оценке надежности отдельных микропроцессорных реле защиты необходимо, по нашему мнению, учитывать три типа отказов.

1. Отказы реле, не связанные с неправильными действиями РЗ, но требующие ремонта или замены вышедших из строя элементов, блоков и модулей или программного обеспечения реле ( $M_S$ ).

2. Неправильные действия релейной защиты, то есть излишние срабатывания при отсутствии аварийного режима или несрабатывания при аварийном режиме ( $M_D$ ).

3. Ошибки персонала, связанные с эксплуатацией, тестированием и программированием реле, влияющие на правильность действия этого реле, но выявленные до наступления неправильного действия релейной защиты ( $M_P$ ).

Все эти составляющие должны войти в обобщенный нормализованный показатель отказов  $M_{\Sigma}$  релейной защиты:

$$M_{\Sigma_i} = \left( \frac{M_{S_i} + M_{D_i} + M_{P_i}}{N_i} \right) 100 \%,$$

где  $M_{S_i}$ ,  $M_{D_i}$ ,  $M_{P_i}$  – количество отказов каждого типа для реле  $i$ -го вида за выбранный период времени;

$N_i$  – количество реле  $i$ -го вида, находящихся в эксплуатации в рассматриваемый период времени.

Предлагаемый критерий, по нашему мнению, мог бы послужить одной из основных составляющих в интегральном показателе эффективности реле защиты (в частности, МУРЗ) при оценке ситуации и принятии решений. Совершенно очевидно, что при использовании предлагаемого критерия показатели надежности МУРЗ будут резко снижены по сравнению с показателями, приводимыми сегодня в статистических отчетах.

Еще одна проблема: сложность испытаний МУРЗ. Существующие компьютеризированные тестовые системы релейной защиты (ТСРЗ) предназначены для проведения испытаний трех групп: статических, динамических и переходных процессов. Первая группа испытаний предполагает проверку базовых уставок срабатывания реле и является как бы предварительным испытанием. Вторая группа испытаний предназначена для проверки поведения сложных защит, таких, как дистанционные или дифференциальные, на различных участках характеристик и зон защиты при изменении входных параметров (ток, напряжение, угол) во времени. Третья группа испытаний предполагает инъекцию во входные цепи реле файлов переходных процессов в формате COMTRADE, извлеченных из регистрирующих устройств, записавших реальный переходный процесс короткого замыкания в сети, или файлов в том же формате, построенных искусственно с помощью специальных программ. Результаты испытаний формируются в базу данных и автоматически оформля-

ются в виде стандартного протокола, который может быть переслан на принтер. Изготовители ТСПЗ предлагают обычно наборы тестовых процедур (библиотеки) в виде макросов для различных видов испытаний и даже для некоторых распространенных типов реле.

Современные ТСПЗ (рис. 2) обладают поистине супергибкостью и широчайшими функциональными возможностями.

Эти ТСПЗ позволяют симулировать практически любые встречающиеся на практике условия работы реле защиты. Такие супервозможности современных ТСПЗ обуславливают наличие и оборотной стороны медали: необходимости вводить сотни параметров в десятки таблиц для выполнения каждого отдельного испытания реле. При этом встроенные библиотеки тестовых процедур на практике мало помогают. К этому следует добавить не меньшую гибкость и универсальность испытуемого объекта (МУРЗ), также требующего введения огромного количества параметров из десятков выпадающих меню и таблиц. Малейшее несоответствие между собой настроек МУРЗ и ТСПЗ приводит к неправильным результатам. Причем далеко не всегда можно понять, что полученные результаты неверны. И даже в тех случаях, когда ошибка очевидна (например, полученная характеристика реле не соответствует теоретической), очень сложно определить, где именно она допущена: в настройках МУРЗ или в настройках ТСПЗ.

Не менее сложна и работа с моделью электрической сети, применяемой в ТСПЗ некоторых типов для проверки дистанционных защит. Для настройки параметров ТСПЗ в этом режиме необходимо знание множества параметров реальной электрической сети, которые необходимо занести со специальными коэффициентами во множество таблиц. Технику и даже инженеру службы релейной защиты многие из этих параметров реальной сети и применяемых коэффициентов часто не известны, что требует участия в процедуре проверки реле инженеров из других служб энергосистемы.

Что же делать со всеми возникшими проблемами? Как показано в [11], МУРЗ имеют модульную конструкцию. Их основными функциональными узлами являются материнская плата с аналого-цифровым преобразователем, микропроцессором, различными видами памяти и другими вспомогательными элементами, модуль цифровых (логических) входов с оптронами, модуль аналоговых входов на основе трансформаторов тока и напряжения, модуль выходных реле. Не правда ли, модульная конструкция МУРЗ чем-то напоминает конструкцию

персонального компьютера (ПК)? Однако имеется одно очень существенное, можно сказать, основополагающее отличие ПК от МУРЗ: для каждого модуля ПК имеется обширный рынок, позволяющий комплектовать ПК из набора этих модулей, выпущенных разными производителями в разных странах. Это приводит к снижению цены и возможности комплектовать ПК из набора модулей, наиболее подходящих потребителю и по характеристикам, и по цене. То же самое относится и к программному обеспечению.

Принципиальных отличий между ПК и МУРЗ очень мало: тот же источник питания, тот же главный модуль, к которому подключены вспомогательные модули. А чем принципиально отличается компьютерная программа, предназначенная для работы с многофункциональным МУРЗ, от любой другой компьютерной программы? Ничем! Почему же сегодня мы имеем огромное количество абсолютно не взаимозаменяемых конструктивных исполнений МУРЗ вместо набора универсальных модулей в виде печатных плат, а также огромное количество программ для МУРЗ и их версий, несовместимых даже между собой?

Для ответа на этот вопрос давайте проследим, как работает этот бизнес. Например, что происходит, если выходит из строя какой-то модуль конкретного типа МУРЗ, установленного на конкретной подстанции? Поскольку рынок универсальных модулей не существует, потребитель может заменить вышедший из строя модуль только и исключительно таким же, произведенным тем же изготовителем. Таким образом, потратив однажды кругленькую сумму на приобретение комплекта МУРЗ у одного из производителей, потребитель, фактически, попадает в зависимость от этого производителя на период в 10–15 лет. Ведь после совершения сделки для потребителя уже не имеет значения наличие других производителей на рынке, т. к. он уже не может воспользоваться их изделиями. Выбраться из этой кабалы можно только потратив еще раз значительную сумму на приобретение комплекта МУРЗ другого производителя (и, таким образом, из одной кабалы попасть в другую). А производитель в данном положении абсолютного монополиста повышает цену. Цена одного запасного модуля для МУРЗ может доходить чуть ли не до половины цены всего МУРЗ. А что происходит через 8–10 лет эксплуатации МУРЗ? Производитель за это время ос-

воил уже несколько новых конструкций, ему становится невыгодно содержать производственные мощности для выпуска запасных модулей для старых реле и он прекращает их выпускать. Потребителю остается только выбросить старый МУРЗ, даже если в нем вышел из строя всего лишь один из модулей, и раскошиться на приобретение нового.

Что нужно сделать, чтобы переломить ситуацию в пользу потребителя? Как вариант, производить МУРЗ в виде набора модулей – печатных плат с универсальными стандартизированными размерами и разъемами, как это сегодня делается на рынке персональных компьютеров, и со встроенной базовой программной оболочкой, под которую потребитель мог бы загрузить купленную им на рын-



Рис. 3. Современные МУРЗ различных производителей

ке программ прикладную программу конкретного вида защит или комплекта защит.

Отдельные МУРЗ (рис. 3) размещаются сегодня, как правило, в релейных шкафах: по 3–5 штук в каждом. Если новые МУРЗ будут изготовлены в виде набора универсальных модулей на печатных платах, отдельные корпуса станут не нужны. Каждый МУРЗ может быть образован отдельной горизонтальной секцией в шкафу с направляющими под печатные платы, с индивидуальной дверцей, с задней стенкой и с разъемами и клеммами для подключения внешних кабелей.

Сам релейный шкаф должен быть выполнен по специальной технологии, предназначенной для защиты его содержимого от электромагнитных воздействий (рис. 4). Сегодня существуют технологи, которые могут существенно ослабить влияние внешних электромагнитных излучений в широком спектре частот на высокочувствительную аппаратуру типа МУРЗ.

В случае принятия предложенного пути развития МУРЗ на рынке появились бы новые игроки, одни из которых специализировались бы на выпуске модулей аналоговых входов с трансформаторами тока и напряжения, другие – на выпуске материнской платы, третьи – на программном обеспечении. Потребитель мог бы компоновать свой МУРЗ из моду-

лей различных производителей, как это происходит сегодня с ПК, с учетом стоимости и качества этих модулей, а также использовать одну и ту же программу для всех своих МУРЗ. При этом были бы «сняты» очень многие из сформулированных выше вопросов и существенно снизилась бы стоимость релейной защиты. Последнее позволило бы устанавливать два комплекта идентичных защит вместо одного для повышения надежности и использовать второй комплект как резервный, автоматически запускаемый в работу по сигналу поврежденного основного МУРЗ.

Значительно упростилась бы и работа обслуживающего персонала (служб релейной защиты), поскольку теперь не

тирования в МУРЗ должен быть загружен файл заранее проверенных рабочих уставок с соответствующего компакт-диска. Процесс загрузки должен автоматически контролироваться МУРЗ, и его успешность по завершении должна быть подтверждена выдачей на дисплей соответствующего подтверждения.

Как практически можно было бы реализовать описанную выше программу реконструкции МУРЗ? Проще всего это сделать в рамках одной большой страны с большой емкостью рынка, при наличии нескольких национальных производителей МУРЗ, способных договориться между собой, при относительной централизации управления энергетикой. Странами, в которых существуют

все эти условия, на наш взгляд являются Россия и Китай. Первым шагом на этом пути должен стать набор национальных стандартов, касающихся требований к конструкции МУРЗ нового типа, его программного обеспечения, методики испытаний и т. д. К работе над этими стандартами должен быть привлечен широкий круг специалистов, представляющих и ученых, и будущих производителей МУРЗ, и потенциальных потребителей, и представителей

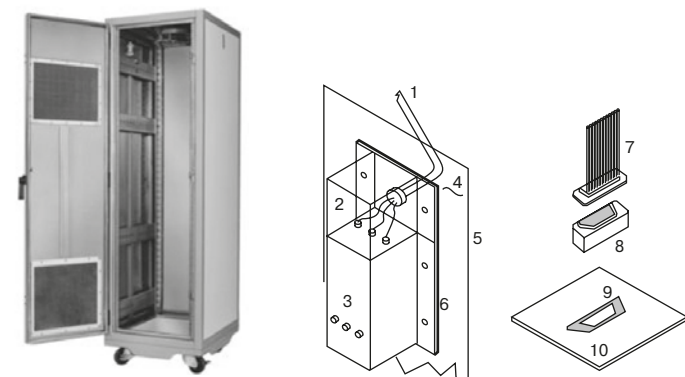


Рис. 4. Специальный металлический шкаф с вентиляционными окнами, имеющими защиту от проникновения радиоизлучений, и элементы фильтров для усиленной защиты от внешних электромагнитных полей в широком спектре частот:

- 1 – экранированный кабель питания;
- 2 – отсек, экранирующий ввод и разделку силового кабеля;
- 3 – мощный сетевой фильтр с элементами защиты от перенапряжений;
- 4 и 5 – внутренняя и внешняя поверхности шкафа;
- 6 и 9 – прокладки из специальной электропроводной резины;
- 7 – сигнальный кабель; 8 – специальный высокочастотный фильтр;
- 10 – стенка шкафа

нужно было бы разбираться с особенностями программы каждого типа МУРЗ.

При такой конструкции также решалась бы проблема тестирования сложных функций МУРЗ, таких, как полигональная характеристика дистанционных реле. При наличии общей стандартной программной платформы для всех МУРЗ производители могли бы снабжать свои защиты двумя компакт-дисками. На одном из них под соответствующими номерами должны быть записаны полные наборы уставок для специфических режимов работы защит, на втором, под номерами, соответствующими наборам уставок защиты, – полные наборы уставок для ТСРЗ и схемы внешних подключений МУРЗ к выходам и входам ТСРЗ. При этом вся процедура тестирования сведется к загрузке в МУРЗ набора уставок номер ХХ1, загрузке в ТСРЗ набора уставок номер YY1 и подключению МУРЗ к ТСРЗ. После успешного завершения процедуры автоматического тес-

лей проектных организаций.

**Владимир ГУРЕВИЧ,**  
кандидат технических наук, почетный профессор  
Харьковского национального технического университета  
им. П. Василенко

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Гуревич В. И. О надежности логических входов микропроцессорных устройств релейной защиты // Электроника-Инфо. – 2009. – № 2, с. 28–30.
2. Гуревич В. И. Повышение помехоустойчивости логических входов микропроцессорных устройств релейной защиты // Электроника-Инфо. – 2008. – № 11, с. 26–27.
3. Гуревич В. Проблемы выходных реле, используемых в микропроцессорных устройствах релейной защиты // Электрические сети и системы. – 2007. – № 1, с. 66–74.
4. Гуревич В. Проблемы электропитания микропроцессорных реле защиты // Промышленная энергетика. – 2007. – № 5, с. 7–11.
5. Гуревич В. И. Устройства для мониторинга целостности цепи подстанционной батареи // Энергослужба предприятия. – 2008. – № 4 (34), с. 12–15.
6. Гуревич В. И. Надежность микропроцессорных устройств релейной защиты: мифы и реальность // Вести в электроэнергетике. – 2008. – № 4, с. 29–37.
7. Гуревич В. И. Еще раз о надежности микропроцессорных устройств релейной защиты // Вести в электроэнергетике. – 2009. – № 3, с. 33–39.
8. Гуревич В. И. Микропроцессорные реле защиты: альтернативный взгляд // Электроинфо. – 2006. – № 4 (30), с. 40–46.
9. Проблемы микропроцессорных устройств релейной защиты: мнения специалистов, нерешенные проблемы, публикации в прессе. – <http://digital-relay-problems.tripod.com/>
10. Нудельман Г. С., Шалин А. И. Микропроцессорные системы РЗА. Оценка эффективности и надежности // Новости электротехники. – 2008. – № 3 (51).
11. Гуревич В. И. Микропроцессорные реле защиты. Как они устроены? // Электротехнический рынок. – 2009. – № 4–6; 2010. – № 1–2.