

В. Гуревич, канд. техн. наук

Как нам обустроить релейную защиту?

Как показано в ряде публикаций автора [1, 2], широкое наступление микропроцессорных устройств релейной защиты (МУРЗ) и вытеснение ими всех других видов реле защиты обусловлено не принципиальными недостатками последних и не революционными преимуществами МУРЗ, а всего лишь сверхприбылью, получаемой при производстве МУРЗ, по сравнению с производством всех других видов реле защит, то есть, фактически, диктатом производителей, практически полностью прекративших выпускать все другие виды защит, кроме микропроцессорных.

Высокая надежность МУРЗ, отмечаемая сегодня в статистических сводках, не отражает объективной ситуации и связана с неправильной методикой оценки надежности. Реальная надежность МУРЗ намного ниже приводимой в отчетах, и она ниже надежности электромеханических реле [2].

Помимо снижения надежности МУРЗ, их широкое применение породило массу дополнительных проблем в релейной защите, неизвестных ранее, решение которых сегодня пока не найдено [3].

Что же делать со всеми этими проблемами?

За ответом на этот вопрос обратимся к конструкции МУРЗ [4]. Как известно, МУРЗ имеют модульную конструкцию. Основными функциональными узлами МУРЗ 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. К чему 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. Имеется некая универсальная платформа (Windows) и огромный рынок прикладных программ на

любой вкус.

Но, наверное, есть и существенные конструктивные отличия между ПК и МУРЗ? В действительности, принципиальных отличий очень мало: тот же источник питания, тот же главный модуль (материнская плата), к которому подключены вспомогательные модули: модуль аналоговых входов (набор ТТ и ТН с фильтром и АЦП) вместо видеокарты; модуль логических входов – вместо ТВ-тюнера; модуль выходных реле – вместо звуковой карты. А чем принципиально отличается компьютерная программа, предназначенная для работы с многофункциональным МУРЗ, от любой другой компьютерной программы? Аж ничем! Так в чем же дело? Почему сегодня мы имеем огромное количество абсолютно невзаимозаменяемых 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 огромный бизнес. Например, что происходит, если выходит из строя какой-то модуль конкретного типа МУРЗ, установленного на конкретной подстанции? А вот что. Поскольку рынка универсальных модулей не существует, потребитель может заменить вышедший из



Рис. 1. Внешний вид современных МУРЗ различных производителей

строю модуль только и исключительно таким же самым, произведенным тем же изготовителем. Таким образом, потратив однажды кругленькую сумму на приобретение комплекта МУРЗ у одного из производителей, потребитель, фактически, попадает в экономическую кабалу этого производителя на период в 10 – 15 лет, поскольку после совершения сделки для потребителя уже не имеет значения наличие нескольких разных производителей на рынке, так как он не может воспользоваться изделиями других производителей. Выбраться из этой кабалы можно только потратив еще раз не менее круглую сумму на приобретение комплекта МУРЗ другого производителя (и, таким образом, из одной кабалы попасть в другую). А что делает производитель в ситуации абсолютного монополиста? Правильно: повышает цену! Цена одного запасного модуля для МУРЗ может достигать чуть ли не до трети и даже половины цены всего весьма не дешевого МУРЗ! Поскольку потребителю некуда деваться, он покупает и по такой цене. А что происходит через 8 – 10 лет эксплуатации МУРЗ? А вот что: производитель за это время освоил уже несколько новых конструкций и ему становится просто невыгодным содержать производственные мощности для выпуска запасных модулей для старых реле и он просто прекращает их выпускать. Что в такой ситуации вынужден делать потребитель? Правильно: выбросить старый МУРЗ, даже если в нем вышел из строя всего лишь один из модулей (печатные платы современных МУРЗ выполнены по технологии, не предусматривающей их ремонт), и раскошелиться на приобретение нового. Кому от этого жить хорошо...? Правильно, тому же производителю! Но почему же при любой ситуации производителю позволено наживаться за счет потребителя? Что нужно сделать, чтобы переломить ситуацию в пользу потребителя?

Правильно, производить МУРЗ в виде набора модулей – печатных плат, с универсальными стандартизированными размерами и разъемами, точно так, как это сегодня делается на рынке персональных компьютеров, и со встроенной базовой программной оболочкой, под которую потребитель мог бы загрузить купленную им на рынке программную прикладную программу конкретного вида защит или комплекта защит.

Сегодня каждый тип МУРЗ имеет собственный корпус, существенно отличающийся от корпуса другого типа МУРЗ, иногда даже того же самого производителя, рис. 1. Отдельные МУРЗ размещаются сегодня, как правило, в релейных шкафах: по 3 – 5 штук в каждом шкафу, рис. 2. Если новые МУРЗ будут изготовлены в виде набора универсальных модулей на печатных платах, то для такого набора плат станут ненужными (во всяком случае, в большинстве случаев) отдельные корпуса. Каждый МУРЗ может быть образован отдельной горизонтальной секцией в шкафу с направляющими под печатные платы, с индивидуальной дверцей и с задней стенкой с разъемами и клеммами для подключения внешних кабелей.

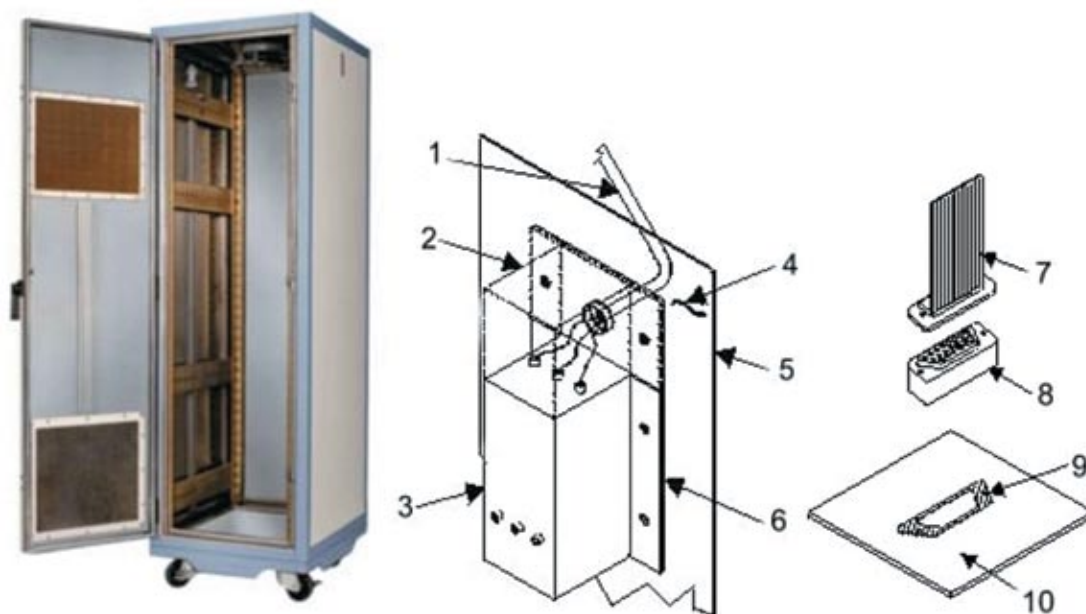
Сам релейный шкаф должен быть выполнен по специальной технологии, предназначенной для защиты его содержимого от электромагнитных воздействий, рис. 3. Сегодня существуют технологии (специальные шкафы, электропроводные прокладки и смазки, фильтры и т.п.), которые могут существенно ослабить влияние внешних электромагнитных излучений в широком спектре частот на высокочувствительную аппаратуру типа МУРЗ. Такие шкафы выпускаются сегодня такими компаниями, как R.F. Installations, Inc.; Universal Shielding Corp.; Eldon; Equipto Electronics Corp.; European EMC Products Ltd; Amco Engineering и многими другими.

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 модулей различных производителей, точно так, 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 решены не только очень многие из существующих сегодня проблем, но и была бы существенно снижена стоимость релейной защиты. Последнее позволило бы устанавливать два комплекта идентичных защит вместо одного для по-



Рис. 2. Современный способ монтажа МУРЗ в релейных шкафах



- 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.

Рис. 3. 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.

вышения надежности и использовать второй комплект как резервный, автоматически запускаемый в работу по сигналу "watchdog" поврежденного основного МУРЗ. Можно было бы отказаться от использования индивидуального источника питания для каждого МУРЗ и использовать один удвоенный комплект питания повышенной мощности и надежности на весь шкаф. Можно было бы установить в таком шкафу много разных сервисных модулей, повышающих надежность работы комплекта МУРЗ.

Значительно упростилась бы работа обслуживающего персонала, то есть служб релейной защиты, поскольку теперь им не нужно было бы изучать толстые фолианты (рис. 4) каждого из установленных типов МУРЗ, разбираться с особенностями программы каждого типа МУРЗ. Кроме существенного облегчения работы с МУРЗ и сокращением времени освоения новых защит, существенно снизился бы процент ошибок, вызванных так называемым «человеческим фактором».

Еще одна отдельная проблема: сложность испытаний МУРЗ. Существующие компьютеризированные тестовые системы релейной защиты (TCPЗ) предназначены для проведения испытаний трех групп: статических (steady state tests), динамических (dynamic tests) и переходных процессов (transient tests). Первая группа испытаний предполагает проверку базовых уставок срабатывания реле и является как бы предварительным испытанием реле. Вторая группа испытаний предназначена, в основном, 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 переходной процесс короткого замыкания в сети, или файлов в том же формате, построенных искусственно с помощью специальных программ. Результаты испытаний формируются в базу данных, реализованную, как правило, на основе Sybase SQL Anywhere, и автоматически оформляются в виде стандартного протокола, который может быть переслан на принтер. Изготовители TCPЗ предлагают, обычно, наборы тестовых процедур (библиотеки) в виде макросов для различных видов испытаний и даже для некоторых распространенных типов реле.

Современные TCPЗ обладают поистине супергибкостью и широчайшими функциональными возможностями.

Эти TCPЗ позволяют симулировать практически любые встречающиеся на практике условия работы реле защиты, включая создание под собственные требования искусственных COMTRADE файлов; искусственное искажение формы кривой тока; симуляция гармоник; смещение синусоиды тока относительно оси (симуляция апериодической составляющей); симуляция ответной реакции выключателя; автоматическое построение самых сложных полигональных характеристик дистанционных защит; синхронизация дифференциальных защит через спутники и т.п. Такие супервозможности современных TCPЗ 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, так как не освобождают от необходимости заполнения мно-



Рис. 4. Многостраничные фолианты с описанием МУРЗ, предназначенные для потребителя

гих таблиц. 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 допущена ошибка: в настройках МУРЗ или в настройках ТСПЗ. На собственном опыте автор может подтвердить, что поиск ошибки такого рода чрезвычайно сложен и занимает много усилий и времени. Не менее сложна работа с моделью электрической сети (Power System Model), 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. Вообще же, психологами давно установлено, что чем большим количеством кнопок и рычажков (реальных или виртуальных, то есть программных) должен манипулировать оператор, тем ниже эффективность взаимодействия человека с такой техникой. Многие функции и возможности такой «навороченной» техники просто выпадают из человеческого восприятия.

При предложенном подходе к конструкции МУРЗ решилась бы и проблема тестирования сложных функций МУРЗ, таких, как полигональная характе-

ристика дистанционных реле. При наличии общей стандартной программной платформы для всех МУРЗ производители МУРЗ 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, или для характерных точек характеристики, или для типовых примеров электрических сетей. На втором, под номерами, соответствующими наборам уставок защиты, должны быть записаны полные наборы уставок для ТСПЗ и схемы внешних подключений МУРЗ к выходам и входам ТСПЗ. При этом вся процедура тестирования сведется к загрузке в МУРЗ набора уставок номер ХХ1, загрузке в ТСПЗ набора уставок номер YY1, подключению МУРЗ к ТСПЗ и ... приготвлению порции кофе. После успешного завершения процедуры автоматического тестирования 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 ее можно было бы реализовать в рамках одной большой страны с большой емкостью рынка, при наличии нескольких национальных производителей МУРЗ, способных договориться между собой, при относительной централизации управления энергетикой, при наличии трудностей с финансированием проектов по модернизации релейной защиты, основанной на дорогостоящих МУРЗ западного производства. Странами, в которых существуют все эти условия, на наш взгляд являются Россия и Китай. Первым шагом на этом пути должен стать, по нашему мнению, набор национальных стандартов, посвященных требованиям к конструкции МУРЗ нового типа, его программному обеспечению, методике испытаний и т.д. К работе над этими стандартами должен быть привлечен широкий круг специалистов, представляющих и ученых, и будущих производителей МУРЗ, и будущих потребителей, и представителей проектных организаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуревич В. И. Надежность микропроцессорных устройств релейной защиты: мифы и реальность. – Про Электричество, 2008, № 4/28, с. 42 – 48.
2. Гуревич В. И. Еще раз о надежности микропроцессорных устройств релейной защиты. - Вести в электроэнергетике, 2009, № 3, с. 33 – 39.
3. Проблемы микропроцессорных устройств релейной защиты: мнения специалистов, нерешенные проблемы, публикации в прессе. - <http://digital-relay-problems.tripod.com/>
4. Гуревич В. И. Микропроцессорные реле защиты. Как они устроены? – Электротехнический рынок, 2009, №№ 4 – 6; 2010, №№ 1 – 2 (цикл из 5 статей).