

## Назрела необходимость стандартизации в области конструирования микропроцессорных защит

В. И. Гуревич, канд. техн. наук

Сегодня микропроцессорные устройства релейной защиты (МУРЗ) выпускаются десятками крупнейших мировых компаний, таких как ABB, Siemens, General Electric, Alstom (Areva), SEL, Nari Relays, Beckwith Electric, Schneider Electric, Cooper Power, Orion Italia, VAMP, Woodward, а также многочисленными компаниями в России и Украине (АББ Реле-Чебоксары, НПП «Экра», НПП «Бреслер», ЗАО «ЧЭАЗ», Радиус-Автоматика, Хартрон-Инкор, Киевприбор, РЕЛСiС, РЗА СИСТЕМЗ, Энергомашвин, НТЦ «Механотроника» и др.).

Каждый из многочисленных производителей МУРЗ сам устанавливает размеры и форму для каждой выпускаемой им модели, состав и конструкцию внутренних модулей, программное обеспечение. В результате, сегодня на рынке представлены сотни вариантов МУРЗ абсолютно не совместимых друг с другом ни по аппаратной части, ни по программной. Более того, в большинстве случаев абсолютно не совместимыми оказываются и МУРЗ разных моделей или разных поколений даже одного и того же производителя.

Такое положение дел приводит к возникновению серьезных проблем, сдерживающих развитие релейной защиты. Так, например, несовместимость аппаратной части МУРЗ приводит к тому, что приобретая единожды дорогостоящий комплект устройств релейной защиты, потребитель вынужден в течение многих лет приобретать совсем не дешевые запасные модули только у того же самого производителя, даже если их качество оставляет желать лучшего. Множество проблем порождают и тендерные закупки релейной защиты, которые практикуются сегодня в большинстве стран мира. Победа разных компаний-производителей в периодически проводимых тендерах приводит к тому, что за 10–15 лет в одной энергосистеме скапливаются в эксплуатации десятки самых разных моделей МУРЗ, выпущенных разными производителями, что резко увеличивает нагрузку на эксплуатирующий персонал и увеличивает количество ошибок на всех стадиях: от расчета уставок, до ввода этих уставок и проверках реле. По данным, опубликованным разными авторами, процент неправильных действий МУРЗ по причине ошибок обслуживающего персонала (так называемый «человеческий фактор») доходит до 50–70% [1–3]. Различные программные

интерфейсы и полная несовместимость программного обеспечения МУРЗ не позволяет осуществить автоматизацию процесса комплексного испытания МУРЗ, который сегодня занимает много времени и сил у обслуживающего персонала и представляет собой еще одно место для возможных ошибок персонала (например, при возврате реальных уставок после испытаний) [4].

В связи с отсутствием стандартов, т. е., фактически, ограничительных рамок, современные тенденции развития МУРЗ продолжают в направлении все большего их усложнения, увеличения количества реализуемых функций, использования МУРЗ для решения задач, совершенно не свойственных РЗ, например, таких как мониторинг состояния электрооборудования, совершенно недопустимым, по нашему мнению, увеличением степеней свободы МУРЗ, к которому призывают некоторые специалисты [5–12]. Следует отметить, что тенденция постоянного усложнения МУРЗ наблюдается во всем мире и ею грешат практически все производители МУРЗ, ведь более сложное и более «навороченное» устройство легче рекламировать и можно продать его по более высокой цене. Однако, конечные пользователи оценивают такие тенденции в релейной защите не совсем так, как производители. Вот, например, как оценивают релейную защиту одного из ведущих мировых производителей МУРЗ Российские специалисты-релейщики [13]:

*«В терминале Siprotec 7SJ642 (Siemens) заложена неоправданная техническая и информационная избыточность. В руководстве по эксплуатации (C53000G1140C1476, 2005 г.) отмечается «простота работы с устройством с помощью интегрированной панели управления или посредством подключения ПК с системной программой DIGSI», что не соответствует действительности. Например, требуется вводить около 500 параметров (уставок), не считая внесения неизбежных изменений в матрицу сигналов, а у каждого из сигналов есть «свойства», влияющие на работу устройства (распечатанная из DIGSI матрица сигналов занимает около 100 страниц англоязычного текста). Учитывая необходимость составления заданий на наладку и протоколов проверки терминалов, где должны указываться все параметры настройки, объем документации становится неподъемным.*

Большой объем вводимой информации усложняет настройку. Информационная избыточность повышает вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором. Техническая избыточность требует для работы с терминалом специалистов высокой квалификации. Документация фирмы по рассматриваемым терминалам — это тысячи страниц, но при этом зачастую нет нужной информации, встречаются ошибки».

К сожалению, такая ситуация существует на рынке МУРЗ уже многие годы и продолжает лишь усугубляться, а организации, призванные координировать деятельность в этой области (например, такие, как ВНИИР в России), не только не занимаются решением этих вопросов, но и сами способствуют усугублению проблемы, предлагая невероятно расширять функции МУРЗ за счет навешивания на них совершенно не свойственных релейной защите функций, использования в РЗ недерминированной логики и так называемого «искусственного интеллекта». Так, в частности, предлагается придать МУРЗ функции мониторинга силового электрооборудования и прогнозирования его состояния. Предполагается, что такая РЗ будет осуществлять отключение электрооборудования по результатам оценки своих собственных прогнозов, задолго до наступления аварийного режима (так называемая «релейная защита упреждающего действия» [10–12]. В этой связи возникает вопрос о том, а что же такое вообще «реле защиты», если оно может заниматься прогнозами и отключать электрооборудование до наступления аварийного режима.

Выясняется, что сегодня не существует законченного в стандартах определения даже такому базовому понятию, как «реле защиты». В различных учебниках по релейной защите разными авторами даются разные трактовки этого понятия, далеко не всегда верные и отражающие лишь субъективные взгляды их авторов. Отсутствие стандартного определения понятию «реле защиты» способствует не только совершенно произвольной трактовке этого понятия, но, и как следствие этого, приписыванию реле защиты совершенно не свойственных ему функций, что является далеко не безобидным занятием и может привести к непредсказуемым последствиям [12].

Поэтому, по нашему мнению, стандартизация в области МУРЗ должна начинаться с четкого и понятного определения понятию «реле защиты», которое обязательно должно быть записано в стандарте. Предлагаем на суд читателей свое собственное определение:

**Реле защиты — устройство, предназначенное для выявления аварийных (ненормальных)**

**режимов в контролируемой цепи и выдаче сигнала на силовые аппараты, осуществляющие изменение режима работы этой цепи в целях ликвидации аварийного режима.**

Очевидно, что в случае принятия такого определения, ситуация существенно прояснится от того тумана, который сегодня напускается некоторыми учеными на релейную защиту и она очистится от идей и разработок, которые сами по себе весьма ценны и интересны, но не имеют ни малейшего отношения к собственно релейной защите.

Какие основные принципы должны найти отражение в будущем стандарте? По нашему мнению, это должны быть:

- запрет на использования в МУРЗ функций, не свойственных реле защиты в соответствии с узаконенным определением «реле защиты»;
- существенное ограничение количества функций в одном микропроцессорном терминале; расчет оптимального количества таких функций по критерию не только стоимости РЗ, но и ее надежности;
- отказ от использования алгоритмов с недетерминированной логикой, допускающих непредсказуемые действия релейной защиты;
- максимальное упрощение программного интерфейса на основе некоей универсальной для всех МУРЗ программной платформы (в стандарте должны быть изложены основные требования и принципы такой платформы);
- введение требований на устойчивость функционирования микропроцессорной релейной защиты в условиях преднамеренных деструктивных электромагнитных воздействий, как за счет повышения устойчивости самих МУРЗ к таким воздействиям, использования технических средств, существенно ослабляющих такие воздействия, так и за счет автоматического введения резервного комплекта РЗ при чрезвычайных ситуациях, на роль которого подходят электромеханические реле;
- введение усиленных требований по кибернетической безопасности, включая запрет на использовании технологий, при которых команды и сигналы релейной защиты могут быть перехвачены и преднамеренно искажены, например, беспроводных технологий (Wi-Fi), сетевых технологий Ethernet.

Помимо общих принципов, изложенных выше, в стандарт должны быть включены, по нашему мнению, требования к конструкции МУРЗ.

О каких требованиях идет речь?

1. Как уже отмечалось выше, сегодня каждый тип МУРЗ имеет собственный корпус, существенно отличающийся от корпуса другого типа МУРЗ, иногда даже того же самого производителя (рис. 1).

Эти отдельные МУРЗ размещаются сегодня, как правило, в релейных шкафах: по 3–5 штук в каждом шкафу (рис. 2).

Исторически сложилась ситуация [14], при которой сегодня мы имеем огромное количество абсолютно невзаимозаменяемых и несовместимых между собой конструктивных исполнений МУРЗ. Потратив однажды кругленькую сумму на приобретение комплекта МУРЗ у одного из производителей, потребитель, фактически, попадает в экономическую кабалу к этому производителю 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? Повышает цену! Цена одного запасного модуля для МУРЗ может доходить 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 невыгодно 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. Таким образом, отсутствие стандарта на конструкцию МУРЗ перерастает в серьезную экономическую проблему, сдерживающую развитие и модернизацию релейной защиты.



Рис. 1. Современные МУРЗ в корпусах различных типов и размеров



Рис. 2. Современный способ монтажа МУРЗ в шкафах

По нашему мнению, МУРЗ следующего поколения должны производиться в виде отдельных функциональных модулей (печатных плат), унифицированных по размерам и снабженных унифицированными разъемами, (соединителями).

В этом случае для такого набора плат станут не нужными (во всяком случае, в большинстве случаев, встречающихся в электроэнергетике) 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. 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. Подобные шкафы выпускаются сегодня такими компаниями, как: R.F. Installations, Inc.; Universal Shielding Corp.; Eldon; Equepto Electronics Corp.; European EMC Products Ltd; Amco Engineering, и многими другими.

2. Сегодня, модули, из которых состоят МУРЗ, далеко не всегда представляют собой отдельные функциональные модули, а часто имеют вид «сборной солянки», когда на одной печатной плате размещены разные функциональные блоки [15]. Для реализации идеи универсализации МУРЗ такая конструкция не подходит, поэтому каждая печатная плата будущих МУРЗ должна представлять собой однофункциональный модуль, например: модуль центрального процессора, модуль источника питания, модуль аналоговых входов, модуль логических входов, модуль выходных реле.

При таком конструктивном выполнении 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 модулях цифровых входов, четвертые — на выпуске шкафов разной емкости: от небольших подвесных до полногабаритных напольных. Потребитель мог бы компоновать свой МУРЗ из модулей различных производителей, точно так, как это происходит сегодня с персональными компьютерами, с учетом стоимости и качества этих модулей. При этом были бы решены не только очень многие из существующих сегодня проблем МУРЗ, но и была бы существенно снижена 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 «watchdog» поврежденного основного МУРЗ. Можно было бы отказаться от использования индивидуального источника питания для каждого МУРЗ и использовать один сдвоенный комплект питания повышенной мощности и надежности на весь шкаф. Можно было бы установить в таком шкафу много разных сервисных модулей, повышающих надежность работы МУРЗ.

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

3. Программное обеспечение МУРЗ должно быть реализовано, по нашему мнению, также на принципах, хорошо зарекомендовавших себя в персональных компьютерах, т.е. должна быть базовая программная оболочка, аналогичная Windows (но существенно более простая, конечно) и набор прикладных программ и библиотек, предназначенных для конкретных типов защит. При наличии универсальной программной платформы и унифицированной блочной конструкции МУРЗ неизбежно появился бы и рынок прикладных программ для различных типов защит. Более того, можно было бы добиться и того, чтобы интерфейсы этих прикладных программ были бы также стандартизированы с тем, чтобы потребителю не приходилось каждый раз при покупке нового МУРЗ или новой программы переучиваться и изучать с нуля новый программный интерфейс, как это происходит сегодня.

4. Должен быть изменен подход к испытанию МУРЗ [4]. Сегодня исправность устройств релейной защиты обычно принято проверять на тех конкретных уставках, которые будут использоваться в дальнейшем при реальной работе реле в данной конкретной точке сети. При изменении уставок в процессе эксплуатации реле требовалась повторная проверка работоспособности реле с этими новыми уставками. Во времена электромеханических реле защиты это было вполне оправданной мерой, так как переход с одной уставки на другую осуществлялся путем механического перемещения внутренних элементов реле или переключения

отпаек встроенных трансформаторов. При изменении настроек таких реле вполне могло оказаться, что внутренние цепи реле, подключенные к новой отпайке трансформатора не исправны (обрыв провода, нарушение контакта, поврежденная изоляция и т. п.) или, что в новом положении механических элементов реле нарушается его балансировка, появляется «затирание» и другие неприятности. Поэтому, нормальная работоспособность электро-механического реле с одним набором уставок еще не гарантировала его работоспособности с другими уставками.

В микропроцессорных реле защиты переход с одного набора уставок на другой не сопровождается физическими изменениями в его внутренней структуре. Независимо от конкретных уставок и режимов работы в МУРЗ работают одни и те же входные и выходные цепи, одни и те же логические элементы, тот же самый процессор, тот же самый источник питания и т. д. Даже включение или отключение отдельных функций МУРЗ не связано с изменениями физического состояния его цепей. Проверка же правильности выбора логики защиты и правильности расчета уставок для конкретных условий конкретной сети — это совсем другая задача, которая не имеет отношения к проверке исправности реле и решается не персоналом, эксплуатирующим реле и отвечающим за его исправность, а инженерной службой, отвечающей за расчеты уставок и выбор внутренней логики работы реле. Да и невозможно в процессе тестирования исправности реле смоделировать все реальные ситуации и все возможные комбинации факторов, действующих в реальной сети. Выявление таких ситуаций не является целью проверки исправности реле защиты. Более того, можно показать, что отказ от проверки реле с использованием расчетных уставок является положительной мерой, снижающей риск неправильных действий защиты вследствие так называемого «человеческого фактора» (свыше 50% неправильных действий защиты). Дело в том, что в многофункциональных микропроцессорных защитах уставки для конкретных условий работы выбираются таким образом, что проверить определенные функции реле можно только при загрузке или полном отключении другой, конкурирующей функции. Не возврат такой загруженной или отключенной функции в исходное положение после окончания тестирования реле часто является причиной неправильных действий защиты в аварийных режимах.

На основании изложенного выше, можно сформулировать некоторые принципы, которые могут быть приняты при тестировании МУРЗ:

- для подтверждения исправности сложных многофункциональных МУРЗ при вводе их в эксплуатацию, после ремонта или в процессе периодических испытаний совершенно не обязательно проводить их тестирование именно на тех уставках, при которых реле будет в дальнейшем работать в данной конкретной сети;
- для проверки исправности МУРЗ достаточно проверить их правильное функционирование лишь в некоторых, *заранее заданных*, наиболее критичных точках характеристики; в некоторых, *заранее заданных*, наиболее сложных (комбинированных) режимах работы, включая динамические режимы работы с *заранее заданными* переходными процессами, характерными для типовых электрических сетей (но не обязательно для данной конкретной сети).

Такие испытания должны охватывать все физические входы и выходы реле. После окончания проверки реле и подтверждения его исправности все тестовые уставки должны быть автоматически заменены заранее подготовленным набором (файлом) реальных расчетных уставок. Такое тестирование микропроцессорной защиты в наиболее сложных режимах работы позволит, по нашему мнению, значительно лучше проверить исправность МУРЗ, нежели ограниченная проверка в очень ограниченных пределах конкретных уставок, при которых МУРЗ будет в дальнейшем функционировать.

Наличие универсальной базовой программной оболочки и сформулированные выше принципы позволят полностью автоматизировать процесс испытаний МУРЗ с помощью современных тестовых систем релейной защиты (ТСПЗ). 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 тестовых систем релейной защиты (типа Omicron, Doble, Megger и др.) и схемы внешних подключений МУРЗ к выходам и входам тестовых систем релейной защиты (ТСПЗ). При этом вся процедура тестирования сведется к загрузке в МУРЗ набора уставок номер XX1, загрузке в ТСПЗ набора уставок номер YY1 и подключению МУРЗ к ТСПЗ. 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 сообщения.

Итак, основные принципы, которые должны быть заложены, по нашему мнению, в будущий стандарт под условным наименованием: «Принципы конструирования микропроцессорных устройств релейной защиты. Основные требования», таковы:

1. Функциональные блоки МУРЗ должны быть физически четко разделены и хаотический принцип размещения этих функциональных блоков на печатных платах, имеющий место сегодня [14], должен быть заменен упорядоченным размещением, оговоренным специальным стандартом. Например: функциональные модули такие, как источник питания, модуль входных трансформаторов тока и напряжения с элементами предварительной обработки сигналов, модуль цифровых входов, модуль выходных реле, модуль центрального процессора и другие должны быть выполнены на отдельных печатных платах стандартных размеров, снабженных универсальными разъемами.

2. Отдельные устройства релейной защиты энергетических объектов должны производиться и продаваться не в виде отдельных, изделий, снабженных индивидуальными корпусами разных размеров и формы, а в виде отдельных универсальных печатных плат (модулей), из которых потребитель может собрать МУРЗ требуемой конфигурации. Эти платы (модули) должны быть предназначены для простой установки (путем введения по направляющим до состыковки с разъемом кросс-платы) в металлические шкафы, снабженные отдельными отсеками с отдельными дверцами. Металлические шкафы должны быть выполнены по технологии, предусматривающей защиту их содержимого от внешних электромагнитных излучений.

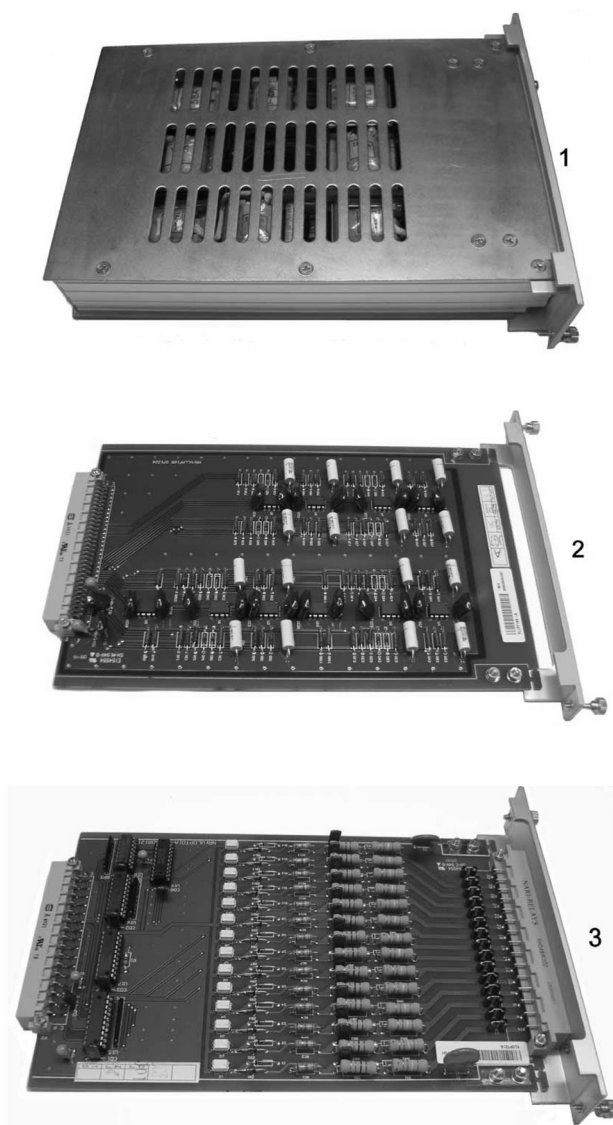
3. Функции МУРЗ должны быть ограничены только задачами релейной защиты и никакими другими. Количество функций в одном модуле должно быть оптимизировано по показателям «стоимость» и «надежность» и ограничено стандартом.

4. Программное обеспечение для компьютера, предназначенное для работы с МУРЗ должно состоять из стандартной базовой оболочки и набора различных прикладных программ и библиотек, совместимых с общей базовой оболочкой.

5. Питание всех модулей в шкафу должно осуществляться от двух источников повышенной надежности, соединенных между собой как основной и резервный.

Возможна ли, с технической точки зрения, реализация предлагаемой концепции построения МУРЗ?

Как отмечалось выше, большинство из имеющихся сегодня на рынке МУРЗ не имеют строго разделенного по функциям набора модулей, а их конструкция напоминает скорее «сборную солянку», когда на одной печатной плате блок центрального процессора может соседствовать с импульсным источником питания. Однако, проведенный нами анализ многих типов самых современных МУРЗ ведущих мировых производителей, позволил все же найти устройства, идеально удовлетворяющие уже сегодня сформулированному выше требованию в части конструктивного исполнения [15]. Такими устройствами являются МУРЗ серии 900 известной Китайской компании Nari-Relays с их универсальными модулями, используемыми в защитах разного типа (рис. 3).

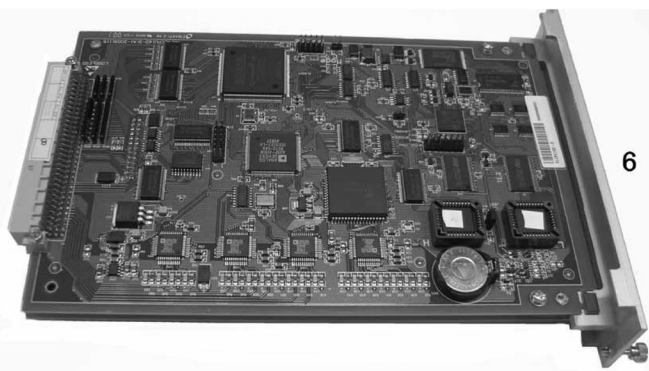




4



5



6

Рис. 3. Набор универсальных функциональных модулей (220 × 145 мм), выполненных на отдельных печатных платах, из которых состоят различные МУРЗ, производства компании Nari-Relays: PCS-931 (дифференциальная защита линий), PSC-902 (дистанционная защита), и др.:

1 — модуль входных трансформаторов тока и напряжения; 2 — узкополосный фильтр (антиалиазинговый фильтр); 3 — модуль цифровых входов; 4 — модуль выходных реле; 5 — модуль оптической связи; 6 — модуль центрального процессора

Эти модули полностью готовы к использованию и не требуют никакой предварительной подготовки (кроме программного конфигурирования функций защиты, разумеется). Не требуется и никакой наладки МУРЗ после его сборки, которая заключается лишь в установке печатных плат, изображенных на рис. 3 (в реальный комплект

входит еще и плата источника питания, который не нужен в нашей концепции и поэтому не показан) в направляющие корпуса (в нашем случае это будет отсек шкафа). На сборку такой сложной защиты, как дистанционная, из семи отдельных модулей, поставляемых в картонных коробках, и включение реле требуется не более 10 – 15 мин, после чего можно начинать ввод уставок. Совершенно очевидно, что рядовой инженер-релейщик, не имеющий специальных знаний в области микропроцессорной техники, с легкостью справится со сборкой реле защиты из таких универсальных блоков непосредственно на месте его установки.

В принципе, уже сегодня ничего не мешает началу воплощения предлагаемой концепции на территории отдельной страны. Приобретая на первых порах наборы универсальных модулей Nari-Relays (с разными алгоритмами, записанными в EEPROM и разными наборами входных трансформаторов), и освоив производство шкафов под них, даже небольшая компания способна уже сегодня выйти на рынок МУРЗ, предложив потребителю новую концепцию дешевой и надежной релейной защиты, оснащенной резервными блоками-модулями.

Какие преимущества сулит предлагаемый путь развития МУРЗ?

**Для потребителя:**

- значительное снижение стоимости МУРЗ при покупке;
- возможность компоновать МУРЗ из отдельных модулей, различных производителей, наиболее полно удовлетворяющих потребности эксплуатирующей организации с точки зрения наиболее оптимального баланса между качеством и стоимостью;
- возможность создания оптимального ЗИПа модулей МУРЗ;
- снижение актуальности проблемы пониженной надежности МУРЗ за счет быстрой и свободной замены на месте вышедших из строя дешевых модулей, за счет установки резервных модулей, автоматически вводимых в работу при повреждении основных; исключение необходимости в ремонте вышедших из строя модулей МУРЗ;
- возможность ухода от привязки к монополисту-производителю, единожды продавшему МУРЗ;
- усиление конкуренции между производителями за счет появления на рынке новых «игроков» — малых и средних компаний, специализирующихся на выпуске лишь отдельных видов модулей, а не комплектных МУРЗ;

- упрощение испытаний МУРЗ и снижение влияния «человеческого фактора»;
- значительное упрощение работы с программным обеспечением, возможность выбора наиболее подходящей и удобной прикладной программы (интерфейса), возможность безболезненной замены прикладных программ (интерфейсов) для одного и того же МУРЗ;
- ускорение технического прогресса в области МУРЗ, без усложнения их эксплуатации и без возникновения дополнительных проблем у потребителя при каждом переходе на новое поколение устройств;
- снижение затрат на обновление МУРЗ, поскольку обновлять все МУРЗ каждые 10–15 лет, как это часто происходит сегодня, необязательно. Достаточно обновить его отдельные модули. Более того, обновлять материнскую плату можно даже чаще, чем это делается сейчас, ускоряя технический прогресс в этой области.

#### Для производителя:

- отсутствие необходимости в выпуске устаревших модулей, необходимых для поддержания эксплуатации старых моделей МУРЗ;
- отказ от пожизненного бесплатного ремонта МУРЗ;
- значительный рост потребления отдельных модулей;
- появление нового рынка прикладных программ (интерфейсных оболочек);
- возможность специализации на производстве каких-то отдельных, наиболее выгодных для данного производителя, видов модулей;
- возможность участия в данном бизнесе малых и средних компаний, не имеющих достаточных ресурсов для разработки и производства комплектных МУРЗ;
- конкурентное преимущество национальных производителей, первыми начавшими производство МУРЗ в виде модулей на территории отдельной страны, перед иностранными.

Совершенно очевидно, что все изложенное выше является лишь наброском некоторых общих принципов будущего стандарта. К реальной работе над этим стандартом должен быть привлечен широкий круг специалистов, представляющих и ученых, и будущих производителей МУРЗ, и будущих потребителей, и представителей проектных организаций. Отсутствие, сегодня, таких стандартов, т. е. каких бы то ни было ограничивающих рамок и направлений

развития МУРЗ уже сегодня приводит к значительным экономическим потерям, а в ближайшем будущем может привести к полному хаосу в этой области.

#### Литература

1. Коновалова Е. В. Основные результаты эксплуатации устройств РЗА энергосистем Российской Федерации/Сборник докладов XV научно-технической конференции «Релейная защита и автоматика энергосистем», Москва, 2002.
2. Kjolle G. H., Heggset J., Hjartsjo B. T., Engen H. Protection System Faults 1999 – 2003 and the Influence on the Reliability of Supply 2005//IEEE St. Petersburg Power Tech, St. Petersburg, Russia, June 27 – 30, 2005.
3. Гуревич В. И. Проблемы оценки надежности релейной защиты//Электричество, 2011. № 2. С. 28 – 31.
4. Гуревич В. И. Испытания микропроцессорных устройств релейной защиты//Электро: Электротехника. Электроэнергетика. Электротехническая промышленность, 2009. № 1. С. 31 – 33.
5. Bittencourt A., Carvalho M. R., Rolim J. G. Adaptive Strategies in Power Systems Protection using Artificial Intelligence Techniques/The 15th International Conference on Intelligent System Applications to Power Systems, Curitiba, Brazil November 8 – 12, 2009.
6. Laughton M. A. Artificial Intelligence Techniques in Power Systems/In book «Artificial intelligence techniques in power systems»//The Institution of Engineering and Technology, 1997. P. 1 – 18.
7. Khosla R., Dillion T. Neuro-Expert System Applications in Power Systems/In book «Artificial intelligence techniques in power systems»//The Institution of Engineering and Technology, 1997. P. 238 – 258.
8. Лямец Ю. Я., Кержаев Д. В., Нудельман Г. С., Романов Ю. В. Многомерная релейная защита/Тезисы докладов Второй Международной научно-технической конференции «Современные направления развития систем релейной защиты и автоматика энергосистем», Москва 7 – 10 сентября 2009 г.
9. Камель Т. С., Хассан М. А., Эль-Моршеди А. (Cairo University, Египет) Применение систем искусственного интеллекта в дистанционной защите линии электропередачи/Тезисы докладов Второй Международной научно-технической конференции «Современные направления развития систем релейной защиты и автоматика энергосистем», Москва 7 – 10 сентября 2009 г.
10. Булычев А., Нудельман Г. Релейная защита. Совершенствование за счет упреждающих функций//Новости электротехники, 2009. № 4 (58).
11. Гуревич В. И. Fata Morgana или фантазеры из ВНИИРа//Электрические сети и системы, 2009. № 6. С. 54 – 57.