

## Новая концепция построения микропроцессорных устройств релейной защиты

Микропроцессорные устройства релейной защиты (МУРЗ) интенсивно вытесняют сегодня с рынка все другие типы устройств релейной защиты, поскольку все ведущие мировые лидеры в этой области практически полностью прекратили производство всех других видов реле защиты для электроэнергетики. Появившись впервые 20 лет тому назад в электроэнергетике, эти устройства вызвали эйфорию среди специалистов. В технической литературе появилась масса восторженных публикаций, на все лады восхваляющих преимущества и достоинства МУРЗ. Однако любому здравомыслящему специалисту понятно, что идеальных устройств в технике не бывает. И даже у МУРЗ имеется масса технических проблем и недостатков, которые уже привели к заметному снижению аппаратной надежности релейной защиты [1–4] и росту затрат на нее. Поскольку никакой альтернативы МУРЗ сегодня уже не осталось, возникает проблема компенсации тех негативных последствий, которые привнесли с собой в релейную защиту МУРЗ. В статье автор предлагает новую концепцию построения МУРЗ, способную, по его мнению, решить многие актуальные проблемы МУРЗ.

Владимир ГУРЕВИЧ,  
к. т. н.  
vladimir.gurevich@gmx.net

Сегодня на рынке МУРЗ присутствуют сотни моделей десятков различных производителей. Каждый тип МУРЗ имеет собственный корпус, существенно отличающийся от корпуса другого типа МУРЗ, иногда даже того же самого производителя (рис. 1).

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

Исторически сложилась ситуация [5], при которой сегодня мы имеем огромное количество абсолютно не взаимозаменяемых

и не совместимых между собой конструктивных исполнений МУРЗ. В такой ситуации при выходе из строя какого-либо модуля конкретного типа МУРЗ, установленного на конкретной подстанции или электростанции, потребитель может заменить вышедший из строя 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 к этому произво-

дителю на период в 10–15 лет. Поскольку после совершения сделки для потребителя уже не имеет значения наличие нескольких производителей на рынке, так как он не может воспользоваться их изделиями. Выбраться из этой кабалы можно, только потратив еще раз не менее круглую сумму на приобретение комплекта МУРЗ другого производителя



Рис. 1. Внешний вид современных МУРЗ различных производителей



Рис. 2. Применяемый сегодня способ монтажа МУРЗ в шкафы

(и, таким образом, из одной кабалы попасть в другую).

А что делает производитель в ситуации абсолютного монополиста? Правильно: повышает цены. Стоимость одного запасного модуля для МУРЗ может доходить чуть ли не до трети и даже половины цены всего весьма недешевого 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 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, проблема недостаточной аппаратной надежности МУРЗ [1–4] перерастает в серьезную экономическую проблему, а наличие встроенной самодиагностики, так рекламируемой производителями, никак не влияет на интенсивность поломок и отказов МУРЗ.

Такой известный путь повышения аппаратной надежности, как резервирование, тоже довольно труден в случае с МУРЗ ввиду их высокой стоимости и нехватки средств даже на переоснащение основного комплекта защиты, не говоря уже о резервном комплекте.

Другой путь повышения надежности электронной аппаратуры, связанный с превентивной заменой блоков, имеющих ограниченный срок службы, например, источников питания с электrolитическими конденсаторами, никогда не применяется в практике эксплуатации МУРЗ по тем же самым причинам.

Еще одной проблемой, существенно затрудняющей эксплуатацию МУРЗ, является полное отсутствие совместимости программного обеспечения, иногда даже между отдельными версиями одной и той же программы, не говоря уже о программах разных производителей. При наличии в одной энергокомпании 4–5 видов МУРЗ обслуживающему персоналу приходится изучать все эти программы, кардинально отличающиеся друг от друга, что является источником серьезных проблем, связанных с так называемым «человеческим фактором». И это на фоне продолжающегося повсеместного усложнения МУРЗ и их программного обеспечения.

Вот, например, как оценивают релейную защиту одного из ведущих мировых производителей МУРЗ российские специалисты релейщики [6]:

«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.

Упомянутое выше изделие фирмы Siemens не является чем-то из ряда вон выходящим. Такую же оценку можно дать и большинству изделий других производителей. К сожалению, сегодня это стало общей тенденцией.

Отсутствие даже элементарной, базовой стандартизации применительно к конструкции и программному обеспечению МУРЗ приводит также к существенному усложнению их приемочных и периодических испытаний [7].

Современная тенденция увеличения количества функций защиты в одном модуле, «навешивание» на МУРЗ массы дополнительных функций, не имеющих ничего общего с релейной защитой, а также использование в МУРЗ так называемой недетерминированной (неопределенной) логики — все это дополнительные факторы снижения надежности релейной защиты и повышения непредсказуемости ее поведения в сложных аварийных ситуациях [8, 9].

Как же можно решить все эти проблемы?

Предлагаемая нами концепция построения МУРЗ основана на следующих основных принципах:

1. Функциональные блоки МУРЗ должны быть физически четко разделены. И хаотический принцип размещения этих функциональных блоков на печатных платах, имеющий место сегодня [10], должен быть заменен упорядоченным размещением, оговоренным специальным стандартом. К примеру: такие функциональные модули, как источник питания, модуль входных трансформаторов тока и напряжения с элементами предварительной обработки сигналов, модуль цифровых входов, модуль выходных реле, модуль центрального процессора и т. д., 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 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.

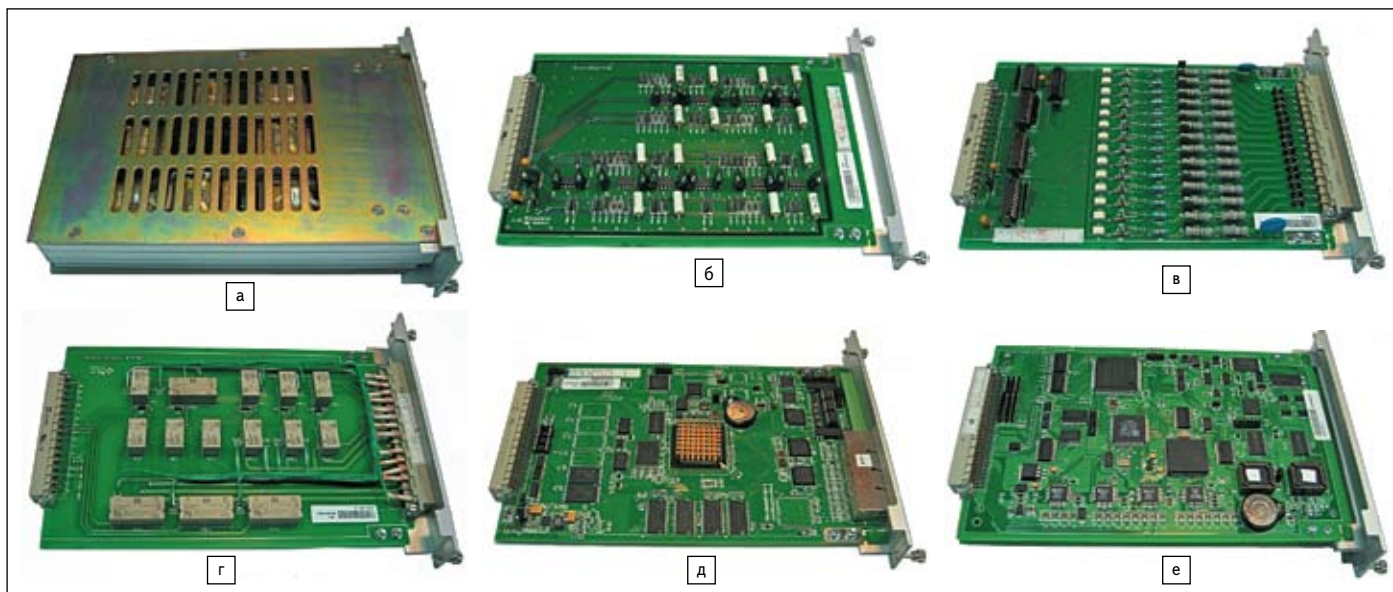
5. Питание всех модулей в шкафу должно осуществляться от двух источников повышенной надежности, соединенных между собой как основной и резервный.

6. Все указанные принципы должны быть оговорены в новом стандарте под условным наименованием «Принципы конструирования микропроцессорных устройств релейной защиты. Основные требования».

Возможна ли с технической точки зрения реализация предлагаемой концепции?

Как отмечалось выше, большинство из присутствующих 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 [10]. Однако проведенный нами анализ многих типов современных МУРЗ ведущих мировых производителей позволил все же найти устройства, идеально удовлетворяющие уже сегодня сформулированное выше требование в части конструктивного исполнения. Такими устройствами являются МУРЗ серии 900 известной китайской компании Nari-Relays с их универсальными модулями, используемыми в защитах разного типа (рис. 3).

Эти модули полностью готовы к использованию и не требуют никакой предварительной подготовки (кроме программного конфигурирования функций защиты, разуме-



**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.: а) модуль входных трансформаторов тока и напряжения; б) узкополосный фильтр (антиалиазинговый фильтр); в) модуль цифровых входов; г) модуль выходных реле; д) модуль оптической связи; е) модуль центрального процессора

ется). Не требуется и никакой наладки МУРЗ после его сборки, которая заключается лишь в установке печатных плат, изображенных на рис. 3 в размеченные направляющие корпуса (в нашем случае это будет отсек шкафа). (В реальный комплект входит еще и плата источника питания, который не нужен в нашей концепции и поэтому не показан.) На сборку такой сложной защиты, как дистанционная, из 7 отдельных модулей, поставляемых в картонных коробках, и включение реле требуется не более 10–15 минут, после чего можно начинать ввод уставок. 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 для них, даже небольшая компания способна уже сейчас 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 от различных производителей, наиболее полно удовлетворяющих потребности эксплуатирующей ор-

ганизации с точки зрения 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, а также установки резервных модулей, автоматически вводимых в работу при повреждении основных; исключение необходимости ремонта вышедших из строя модулей МУРЗ.
- Нет зависимости от монополиста-производителя, единожды продавшего 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 весь 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 (практикуется некоторыми производителями).
- 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 начавших производство МУРЗ в виде модулей на территории отдельной страны, перед иностранными.

В случае принятия предложенного пути развития МУРЗ на рынке появились бы новые «игроки», одни из них 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 сформулированных выше вопросов, 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 двоярный 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, то есть служб релейной защиты, поскольку теперь им не нужно было бы изучать толстые фолианты каждого из установленных типов МУРЗ и разбираться с особенностями программы каждого типа МУРЗ. Кроме существенного облегчения работы с МУРЗ и сокращения времени освоения новых защит, существенно снизился бы процент ошибок, вызванных так называемым «человеческим фактором».

При такой конструкции МУРЗ решалась бы и проблема тестирования его сложных функций, таких как полигональная характеристика дистанционных реле.

Насколько привлекательна предлагаемая концепция с чисто коммерческой стороны?

В соответствии с данными отчета Newton-Evans Research Co., в 2006 году группой ведущих компаний мира — ABB, Areva, SEL, Siemens, NARI — было продано реле защиты на сумму около \$950 млн, а второй группой, в которую вошли Basler, General Electric, Schneider, — еще на \$500 млн. Помимо указанных в отчете, на рынке МУРЗ сегодня активно работают такие крупные компании, как Beckwith, Cooper Power, Orion Italia, VAMP, Woodward и др.

По данным того же отчета, в 2009 году объем продаж реле защиты западными компаниями должен был составить уже \$2 млрд.

Рынок России и других стран бывшего СССР представлен как крупными западными производителями, так и местными: НПП «Бреслер», НПП «Экра», «РЕЛСiС», «Киевприбор», ЗАО «Меандр», НТЦ «Механотроника», ЗАО «Радиус Автоматика», «Энергомашвин», ЗАО ЧЭАЗ, ВНИИР и др. (рис. 4). С учетом того обстоятельства, что сегодня доля МУРЗ в релейной защите России составляет лишь 10%, остается еще очень большой сектор рынка для реализации данной концепции в ближайшем будущем.

Конечно, рынок МУРЗ существенно меньше рынка персональных компьютеров с его 52 миллиардами долларов, но, тем не менее, он все же достаточно емок для успешной реализации предлагаемой концепции.

С чего можно было бы начать реализацию этой концепции? По нашему мнению, с разработки уже упомянутого стандар-

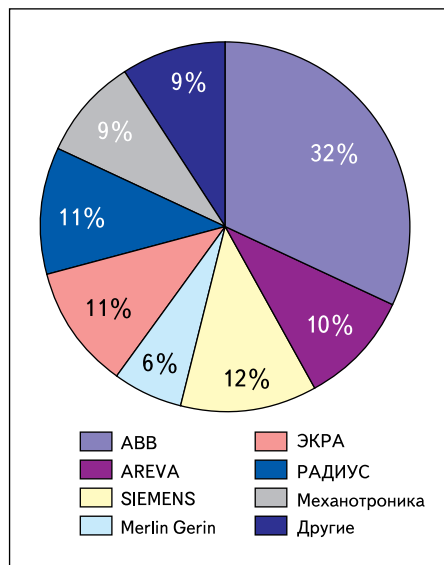


Рис. 4. Российский рынок МУРЗ

та, к которой должен быть привлечен широкий круг специалистов, включающий и инженеров-релейщиков, и ученых, и проектировщиков, и представителей промышленности, а также контракта с Nari-Relays как первого шага на пути к реализации концепции. ■

### Литература

1. Гуревич В. Надежность микропроцессорных устройств релейной защиты: мифы и реальность // Проблемы энергетики. 2008. № 5–6.
2. Гуревич В. И. О некоторых оценках эффективности и надежности микропроцессорных устройств релейной защиты // Вести в электроэнергетике. 2009. № 5.
3. Гуревич В. И. Еще раз о надежности микропроцессорных устройств релейной защиты // Электротехнический рынок. 2009. № 3.
4. Проблемы микропроцессорных устройств релейной защиты: мнения специалистов, нерешенные проблемы, публикации в прессе — <http://digital-relay-problems.tripod.com>
5. Гуревич В. И. Проблемы микропроцессорных реле защиты: кто виноват и что делать? // Энергоинфо. 2009. № 10.
6. Беляев А., Широков В., Емельянцева А. Цифровые терминалы РЗА. Опыт адаптации к российским условиям. // Новости электротехники. 2009. № 5.
7. Гуревич В. И. Испытания микропроцессорных устройств релейной защиты // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2009. № 1.
8. Гуревич В. И. Сенсационные «открытия» в области релейной защиты // Энергетика и промышленность России. 2009. № 23–24.
9. Гуревич В. И. Энергобезопасна ли релейная защита? // Энергобезопасность и энергосбережение. 2010. № 2.
10. Гуревич В. И. Микропроцессорные реле защиты. Как они устроены? // Электротехнический рынок. 2009. № 4–6. 2010. № 1–2.