

Как нам обустроить релейную защиту: мнения Российских специалистов и взгляд со стороны

Владимир Гуревич

канд. техн. наук, Почетный профессор, эксперт Международной электротехнической комиссии

От редакции.

Проблема выхода из тупика, сложившегося в области релейной защиты и обусловленного крайне неудовлетворительным состоянием парка электромеханических реле защиты, с одной стороны, и нехватка средств на приобретение микропроцессорных устройств защиты – с другой, беспокоят многих Российских специалистов в области релейной защиты, высказывающих свое мнение на страницах журналов. Сегодня мы предоставляем слово специалисту из Израиля, представляющего свой взгляд на эту проблему. Очевидно, что не все Российские специалисты согласятся с критикой коллеги из Израиля и захотят ответить ему на страницах нашего журнала. Приглашаем к дискуссии всех заинтересованных в этой проблеме.

Процесс перехода на микропроцессорные устройства защиты (МУРЗ) на Западе идет уже четверть века. Причем, этот процесс никогда не принимал характер целенаправленной кампании и идет довольно медленными темпами. Западные энергосистемы оснащены МУРЗ крайне неравномерно. В относительно молодых странах с интенсивно развивающейся электроэнергетикой, например, в Израиле, процент МУРЗ в релейной защите очень высок, так как большое количество вновь вводимых энергетических объектов снабжаются, как правило, МУРЗ. Как правило, но не всегда. Например, компания General Electric даже в 2004-2005 годах поставляла панели релейной защиты для газотурбинных станций, выполненные частично на МУРЗ, частично на электромеханических реле (ЭМРЗ), изготовленных компаниями в прошлые годы в больших количествах. В старых энергосистемах, например, в США, процент ЭМРЗ все еще очень высок и заменяются они на МУРЗ лишь по мере выхода из строя этих реле. Следует подчеркнуть, что ничем другим, кроме как МУРЗ, заменить их нечем, поскольку новые ЭМРЗ уже не производятся ни одной из крупных Западных компаний. Медленные темпы замены ЭМРЗ на МУРЗ связаны с тем, что большинство ЭМРЗ Западного производства – это очень высококачественные и надежные аппараты, хорошо зарекомендовавшие себя в течение десятков лет безупречной работы. Почему же в таком случае их выпуск прекращен, если они так хороши? Ответ на этот вопрос лежит совсем в другой области – в сфере производства реле. Полностью автоматизированный процесс производства и тестирования печатных плат, собранных из дешевых электронных компонентов приносит компаниям-производителям гораздо большую прибыль, чем ручная сборка и настройка ЭМРЗ, изготовленных из относительно дорогих механических элементов.

В России сложилась несколько иная ситуация. ЭМРЗ собственного производства – это, как правило, конструкции, скопированные с очень старых Западных образцов и лишь слегка модернизированные. Качество сталей, изоляционных материалов и, особенно, антикоррозионных покрытий в этих реле низкое, а срок нахождения в эксплуатации превышает установленные заводом нормы. В связи с крайне неудовлетворительным состоянием парка ЭМРЗ положение в области релейной защиты (РЗ) становится критическим, поэтому вопрос о выборе верного направления развития РЗ волнует многих Российских специалистов-релейщиков, высказывающих свое мнение на страницах технических журналов. К сожалению, у Российских специалистов отсутствует объективная и достоверная база для сравнения между собой различных видов реле, так как их опыт в области ЭМРЗ замыкается на нескольких типах устаревших конструкций, изготовленных из не очень качественных материалов

и, к тому же, давно выработавших свой ресурс. Свое справедливое негативное отношение к этим реле многие специалисты автоматически распространяют на весь класс ЭМРЗ, что является, по нашему мнению, серьезной ошибкой. Другая крайность – чрезмерное восхваление МУРЗ, как единственной альтернативы выработавшим свой ресурс ЭМРЗ, при отсутствии достаточного по длительности и масштабности собственного опыта применения МУРЗ. В результате такого перекоса в восприятии, в среде Российских специалистов-релейщиков сложились крайне противоречивые, а иногда и просто ошибочные, по нашему мнению, взгляды на проблему, которые мы попытались проанализировать в данной статье.

Белотелов А. К., РАО «ЕЭС России» [1]:

Решение о модернизации РЗА с применением устройств и систем, основанных на использовании микропроцессорной базы, основывается на положительном зарубежном опыте применения и эксплуатации микропроцессорных устройств различного назначения, показывающем, что они имеют равные или лучшие показатели надежности и значительно меньшие трудозатраты на техническое обслуживание, по сравнению с традиционными системами. Основным фактором, сдерживающим повсеместное внедрение микропроцессорных защит является отсутствие финансовых средств на их закупку.

Такой позиции придерживаются все производители МУРЗ. В зарубежной технической литературе можно найти огромное количество публикаций полурекламного характера, написанных инженерами компаний-производителей МУРЗ с восторгом повествующих о преимуществах МУРЗ. Но, вообще-то говоря, зарубежный опыт не так однозначен. Имеются и прямо противоположные мнения на этот счет [2].

Имеются две составляющие трудозатрат на техническое обслуживание: затраты на периодические проверки и затраты на ремонт. Рассмотрим отдельно две эти составляющие.

Производителями МУРЗ утверждается, что сроки периодических проверок их реле могут быть существенно увеличены в связи с постоянным внутренним мониторингом исправности узлов и даже отдельных важных элементов МУРЗ. Однако, этот внутренний мониторинг на поверку оказывается не более, чем рекламным трюком. Например, в МУРЗ типа MiCOM P437 предусмотрен постоянный мониторинг исправности каждого из встроенных выходных электромагнитных реле (так, во всяком случае, утверждает производитель). Но кто может объяснить, каким образом (хотя-бы, чисто теоретически) можно контролировать исправность (то есть способность замкнуться при подаче тока в катушку управления) нормально открытого контакта или отсутствие залипания (сваривания) нормально закрытого контакта реле без его полного включения. При более детальном рассмотрении этого вопроса оказывается, что постоянно контролируется только целостность катушки этих реле путем пропускания через них слабых импульсов тока, не вызывающих срабатывания реле. Не много же стоит такой мониторинг! МУРЗ серии RE_316*4 хорошо известные в России, в частности в Мосэнерго, вообще "не замечают" замены целой печатной платы (то есть функционального модуля) на плату другого типа и индицирует "полный порядок", хотя работать реле после такой замены не будет до тех пор, пока вручную (через компьютер) не будут внесены параметры новой платы. Что же это за самодиагностика такая и как можно на нее полагаться?

Вторая составляющая - затраты на ремонт. Если по утверждению автора микропроцессорные устройства РЗА имеют такую же надежность, как и традиционные

(читай электромеханические или статические), то это значит, что они выходят из строя с той же частотой. Тогда за счет чего же может быть достигнуто значительное уменьшение трудозатрат на ремонт? Очевидно за счет того, что вышедшие из строя микропроцессорные устройства РЗА, в отличие от электромеханических или статических, не будут ремонтироваться. И это действительно так, поскольку конструкция и технология производства печатных плат, из которых состоят узлы современных микропроцессорных реле, не предусматривают возможность их ремонта (микроминиатюрные элементы поверхностного монтажа, установленные на многослойных печатных платах). Вышедшие из строя блоки современных микропроцессорных устройств РЗА можно только целиком заменить на новые. Такое, с позволения сказать, техническое обслуживание действительно требует значительно меньших трудозатрат на обслуживание, чем ремонт электромеханических или электронных статических реле и в этом автор абсолютно прав. Но ведь «трудозатраты» это всего лишь часть общих затрат на реконструкцию релейной защиты. Почему же эта часть рассматривается в отрыве от всех остальных составляющих? Что дает уменьшение трудозатрат если оно сопровождается значительным увеличением затрат на приобретение микропроцессорных реле [3, 9], стоимость которых составляет 15 – 20 тыс. долларов [4], на приобретение дорогостоящих электронных блоков для ремонта реле и на необходимость иметь значительно более высококвалифицированный (то есть более высокооплачиваемый) персонал?

В. Сушко, ведущий научный сотрудник ОАО «ВНИИР», доцент Чувашского государственного университета, к.т.н. [5]:

1. Использование в 21 веке электромеханических реле, изготовленных по технологии 60-70-х годов прошлого столетия с ручной сборкой и калибровкой путем гибки контактных пластин, не позволяет ни гарантировать стабильность параметров реле с течением времени, ни снизить эксплуатационные расходы на проверку и подкалибровку реле в течение срока их эксплуатации. ... новые устройства РЗА на электромеханической основе применяются в России на присоединениях 6 – 35 кВ в 7 раз чаще, чем на микропроцессорной. Однако такой вариант развития событий является тупиковым.

А, собственно, почему? Ведь речь идет не о недостатках электромеханических реле, как вида, а всего лишь о нескольких конкретных типах реле, известных автору, изготовленных по устаревшей технологии. Почему же очевидные и всем хорошо известные недостатки таких реле распространяются на весь класс электромеханических реле? Разве не было в мире удачных конструкций электромеханических реле, выпущенных миллионными тиражами в тех же 60-70 годах и успешно работающих до сегодняшнего дня, рис. 1. А разве за прошедшие годы не было достигнуто никакого прогресса в области новых электромагнитных, контактных и изоляционных материалов, которые можно было бы с успехом применить при разработке новых реле защиты? Кроме того, почему-то, не принимается во внимание тот факт, что электронная аппаратура также подвержена старению, как и любая другая. Более того, сложная электронная аппаратура, содержащая микропроцессоры, имеет, как правило, срок службы не более 10 – 15 лет. В отличие от электромеханических реле, контакты которых можно зачистить и подогнуть отверткой, ремонтировать блоки микропроцессорных устройств невозможно, так как они выполнены, обычно, из микросхем по технологии поверхностного монтажа на многослойных печатных платах. Через 7 – 9 лет эксплуатации, начинают «подтекать» даже высококачественные электролитические конденсаторы, рис. 2, в результате чего

приходится выбрасывать дорогостоящие блоки и закупать новые. И еще хорошо, если компания-производитель продолжает производить такие блоки в течение 7 – 9 лет.

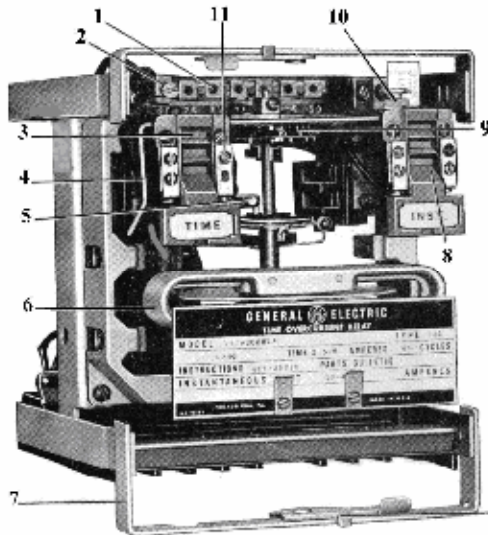


Рис. 1. Одно из самых массовых реле, широко применяемых на Западе – индукционное токовое реле с зависимой выдержкой времени типа IAS, производимое General Electric (без корпуса).

1 – переключатель отпаек токовой катушки; 2 – переключаемый вывод катушки; 3 – выходное промежуточное реле с индикаторным флажком включаемое контактом индукционного механизма; 4 – коромысло возврата индикаторного флажка; 5 – магнитопровод постоянного магнита, замедляющего вращение диска; 7 – направляющая рама с фиксатором положения реле в корпусе; 8 – реле токовой отсечки мгновенного действия с индикаторным флажком; 9 – переключатель временных характеристик реле; 10 – элемент регулировки порога срабатывания токовой отсечки; 11 – переключатель отпаек выходного реле.

В противном случае из-за повреждения одного единственного дешевого элемента, придется выбросить все реле целиком и купить новое, заплатив немалые деньги (15 – 20 тыс. долларов за одно современное микропроцессорное устройство), которых может попросту и не быть в нужный момент. В этом случае ситуация может стать еще более тяжелой, чем сегодня, когда отремонтировать ЭМРЗ можно с помощью отвертки. Такой вариант развития событий также нужно принимать в расчет и держать соответствующие складские запасы дорогостоящей аппаратуры.

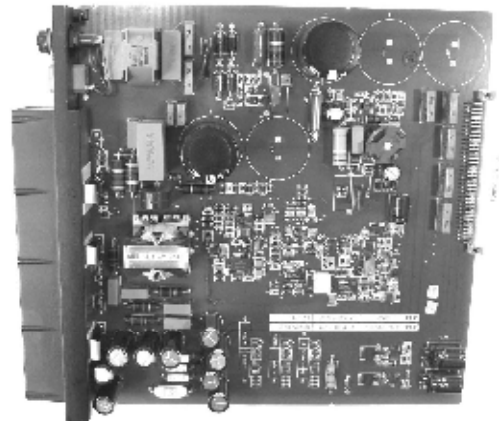
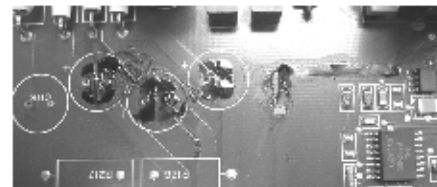


Рис. 2. Модуль питания МУРЗ типа RE_316*4 и увеличенный фрагмент печатной платы с удаленными электролитическими конденсаторами на местах установки которых видны следы протекшего электролита и поврежденные печатные про-водники.



2. Можно обратиться к чужому опыту. Так, в Финляндии в 80-е годы прошлого столетия всего за несколько лет устройства РЗА на электромеханических и статических реле были полностью заменены простыми токовыми микропроцессорными защитами. Сегодня в Финляндии численность эксплуатационного персонала в распределительных сетях на 100 км ЛЭП в 10 раз меньше, чем в России.

Довольно странная связь между численностью эксплуатационного персонала в распределительных сетях и заменой электромеханических и статических реле простыми токовыми микропроцессорными защитами. Получается, что стоит лишь заменить электромеханические устройства РЗА микропроцессорными и можно будет сократить в 10 раз численность персонала. Можно подумать, что численность персонала определяется, в основном, количеством электромеханических реле, а не общим уровнем всего подстанционного электрооборудования. Что касается перехода от электромеханических и статических реле тока к микропроцессорным, то действительно, некоторые крупные производители устройств РЗА в 70-80 годы параллельно с выпуском электромеханических и статических реле начали выпускать их микропроцессорные аналоги. Типичным примером может служить статическое реле тока с зависимой характеристикой типа RXIDF-2H и его полный функциональный аналог, выполненный на микропроцессоре, RXIDK-2H, производимые в свое время фирмой ABB, рис. 3.

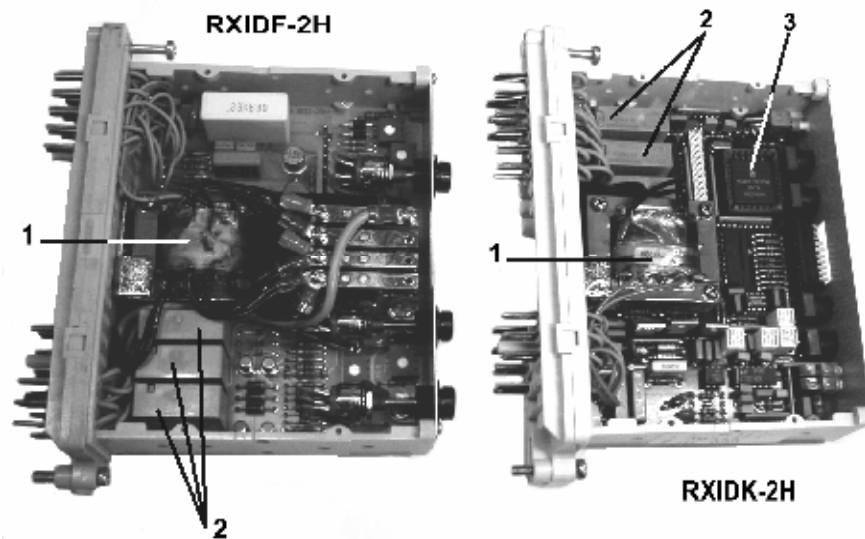


Рис. 3. Два токовых реле с зависимой выдержкой времени с одинаковыми электрическими параметрами, функциональными возможностями и габаритами, произведенные одной и той же компанией (ABB): слева – статическое полупроводниковое типа RXIDF-2H, справа – микропроцессорное типа RXIDK-2H
1 – входной трансформатор тока; 2 – выходные электромагнитные реле; 3 – специализированный микропроцессор.

Первое (RXIDF-2H) – относительно простое реле, содержащее 2 операционных усилителя и 8 транзисторов. Все настройки осуществляются потенциометрами. Эти реле находятся в эксплуатации уже более 25 лет и по-прежнему показывают надежную работу и точность. Автору довелось неоднократно производить периодические проверки реле этого типа, а также ремонт, связанный с заменой вышедших из строя электронных компонентов: микросхем, конденсаторов.

Второе реле (RXIDK-2H) – микропроцессорное реле, выпущенное как замена реле RXIDF-2H и полностью повторяющее его характеристики.

Что дала замена относительно простой и надежной схемы на микропроцессор? Те же функции, те же габариты! Только вот надежность стала намного ниже! Автору довелось видеть много таких реле, вышедших из строя, которые, к тому же, не подлежат ремонту из-за наличия специализированного микропроцессора и памяти, выпуск которых уже давно прекращен, поэтому сегодня эти реле можно обнаружить лишь в мусорном баке.

Такой переход отчетливо продемонстрировал недостатки простых, то есть «малофункциональных» микропроцессорных реле: при той же функциональности, что и электромеханические, они оказались более дорогими, гораздо менее надежными и полностью неремонтопригодными. Поэтому сегодня практически невозможно найти такие реле защиты, предназначенные для использования в электроэнергетике, на рынке. Во всяком случае, при обсуждении вопросов технической политики в области релейной защиты, в [4] рассматриваются только многофункциональные МУРЗ.

Таким образом, «чужой опыт» по созданию «простых» малофункциональных микропроцессорных защит явно не удался и брать его на вооружение было бы не оправдано.

3. Необходима также дальнейшая разработка и производство дискретных измерительных реле на микропроцессорной элементной базе. В настоящее время такие реле тока серии РСТ-40 и напряжения РСН-50 выпускает ОАО ВНИИР. Цена этих реле сопоставима с ценой электромеханических реле. Требуется освоение производства других видов измерительных реле на микропроцессорной элементной базе, цена которых не превышала бы цену выпускаемых электромагнитных и статических реле.

В данном случае имеет место довольно странная ошибка ведущего научного сотрудника ОАО ВНИИР относительно изделий, выпускаемых ОАО ВНИИР. Реле тока серии РСТ-40 и напряжения РСН-50 – это не микропроцессорные реле, как утверждает автор, а самые что ни на есть статические. И понятно, что их цена может быть сопоставима с ценой электромеханических реле. Но это еще не значит, что цена микропроцессорных устройств РЗА может быть и должна быть сопоставима с ценой электромеханических реле. О нецелесообразности производства малофункциональных (или как их называет автор, «дискретных») микропроцессорных реле, уже говорилось выше.

4. Разработка и освоение производства в России малых контроллеров для целей РЗА позволили бы отказаться от производства промежуточных электромагнитных реле...

Это полная утопия. Производство промышленных контроллеров и электромагнитных реле никак не связано друг с другом и идет параллельно, нарастающими темпами. Кампания по сокращению производства электромагнитных реле, связанная с прогрессом в области полупроводниковых реле, началась на Западе в 70-х годах прошлого столетия, но закончилась так же быстро, как и началась [6].

5. Мировая практика показывает, что в настоящее время ряд фирм, для построения гибких систем РЗА выпускает микропроцессорные дискретные реле. Это, например, фирма АВВ (система Combiflex) и др.

Упомянутая автором «практика» устарела по крайней мере лет на 20. Дискретные реле системы Combiflex не выпускаются уже десятки лет. В настоящее время для целей РЗА электроэнергетических объектов выпускаются, в основном, только дорогие многофункциональные микропроцессорные устройства, например, хорошо известные в России [4]: REL-511, REL-521, SA 522, P-437 и др., а тенденция в этой области направлена в сторону, противоположную той, о которой рассуждает автор, то есть в сторону усложнения и увеличения выполняемых функций.

Е. Коновалова, бригадный инженер ОРГРЭС [3, 7]:

1. В эксплуатации находилось 98.5 % электромеханических и 1.5 % микропроцессорных устройств РЗА. Из общего количества неправильных действий РЗА, происшедших по причине дефектов и неисправностей (28.9%) дефекты электромеханических аппаратов составили 15.3 %, а микроэлектронной и полупроводниковой аппаратуры – 5.4%.

На первый взгляд, абсолютные цифры дефектов: 15.3% и 5.4% говорят в пользу микроэлектронной аппаратуры, как более надежной. Однако, если соотнести эти цифры с общим количеством находящихся в эксплуатации устройств РЗА этих типов (то есть с 98.5% и 1.5%), то окажется, что интенсивность повреждений микроэлектронных РЗА намного выше, чем электромеханических, несмотря на почтенный возраст последних. Это подтверждается также данными, представленными в [8]. По этим данным процент неправильных действий устройств релейной защиты на Западе составил: 5% для МУРЗ и 0.1% для электромеханических реле. То есть, МУРЗ были в 50 раз менее надежными, чем их электромеханические аналоги. По данным же Российских релейщиков получается, что Российские МУРЗ гораздо более надежны, чем Западные. Процент их неправильных действий составил 1.4%, против 0.5% для электромеханических реле. В любом случае, даже если сбросить с чаши весов различные погрешности в оценке этих цифр, все равно получается, что надежность МУРЗ заметно ниже надежности электромеханических реле.

2. Доля устройств РЗА, эксплуатируемых более 25 лет, составляет 50 – 60 %. При этом 22.4% всех неправильных действий РЗА, имевших место в 2005 г. в 46 сетевых компаний, произошло по причине старения электромеханических устройств РЗА. Основные дефекты, связанные со старением: повреждение изоляции (истирание, высыхание), ржавление винтов и клеммных зажимов, выработки в механической части реле. Необходимо отметить недостаточное выделение денежных средств на ... приобретение цифровых устройств РЗА.

Из приведенного текста следует, по меньшей мере, два вывода. Первый: фактический срок службы электромеханических устройств РЗА в энергосистемах намного превысил нормы, установленные заводом-изготовителем для таких реле (15 лет). Второй:

дефекты этих реле связаны не с принципиальными недостатками электромеханических реле, как класса, а с низким качеством применяемых для изготовления металлов, изоляционных материалов, антикоррозионных покрытий.

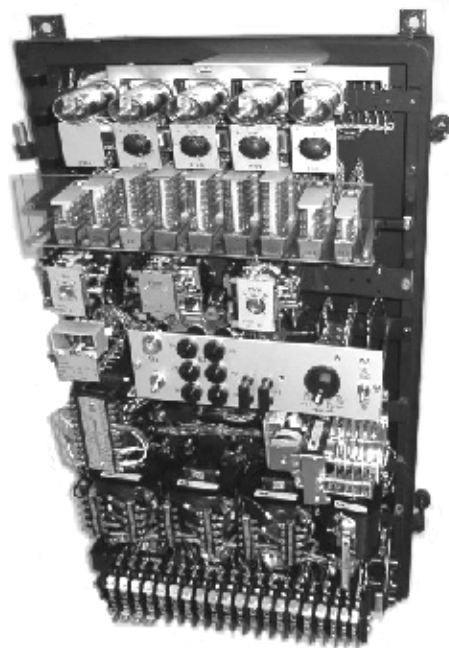


Рис. 4. Шедвр релестроения – электромеханическое реле трехступенчатой дистанционной защиты типа LZ31, выпускавшееся фирмой ASEA в 70-х годах и до сих пор надежно защищающих линии высокого напряжения 110 – 220 кВ во многих странах мира (со снятой крышкой-дверцей).

Из многолетней личной практики проверки, настройки и ремонта электромеханических реле ведущих Западных компаний, автору не

известны случаи механической выработки в подвижных частях или случаи коррозии металлических элементов реле, находящихся в эксплуатации в субтропическом климате 25 – 30 лет. Как правило, такие реле размещаются в тяжелых стальных корпусах со стеклянными окнами и снабжены хорошими резиновыми уплотнениями. На металлических элементах реле не обнаруживаются даже мельчайшие следы коррозии. Как правило, все внутренние элементы таких реле, выпущенных еще в 70-х годах прошлого столетия, блестят и сверкают всеми красками, как только что сошедшие с конвейера, рис. 4. Выходит, дело вовсе не принципиальных недостатках электромеханических реле, а в качестве комплектующих элементов, из которых их собирают. Так почему же вопрос обновления парка релейной защиты связывают с приобретением микропроцессорных реле, а не с повышением требований к качеству электромеханических реле. Во всяком случае, в цитируемых работах [3 и 7] вывод о необходимости выделения денежных средств на закупку именно микропроцессорных реле, а не на разработку и освоение производства новых высококачественных электромеханических реле, никак и ничем не обоснован.

М. Шамис, Генеральный директор ОАО "ВНИИР", к. т. н.; [9]:

1. При существующих темпах обновления парка находящихся в эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики, для его полного обновления потребуется, как минимум, около 50 лет. Положение в области РЗА гораздо хуже, чем в области электроэнергетики в целом, так как деградация РЗА продолжается.

50 лет – это срок меньший, чем расчетный срок обновления парка РЗА на Западе: 70 лет! [10]. Поэтому, если цифра 50 – не ошибка автора, то России не о чем печалиться, она оказывается впереди планеты всей по темпам внедрения микропроцессорных устройств РЗА!

2. Качественное изменение парка устройств РЗА с заменой его на микропроцессорные устройства потребует увеличения инвестиций по сравнению с существующим уровнем не менее чем в 5 — 6 раз, учитывая действующий уровень цен микропроцессорных устройств РЗА. Одним из путей решения проблемы прекращения дальнейшей деградации парка оборудования РЗА называется разработка микропроцессорных терминалов РЗА присоединений 6 — 35 кВ, приближающихся по цене к комплектам на дискретных реле.

Поскольку это предлагает руководитель предприятия, производящего такие устройства то, что же ему мешает снизить цену на производимую его предприятием продукцию в 5 – 6 раз? Интересно, каким образом можно снизить стоимость микропроцессорных устройств РЗА в 5 – 6 раз без снижения их качества? Кроме того, при оценке затрат на массовый переход на микропроцессорные устройства РЗА не учитывается еще много дополнительных факторов, приводящих к еще большему удорожанию такого перехода. Например, необходимость резкого увеличения парка компьютеров на подстанциях; совершенно иной уровень квалификации релейщиков; дополнительных затрат на курсы повышения квалификации; возрастание ущерба от неправильных действий РЗА по вине обслуживающего персонала (увеличение доли так называемого «человеческого фактора»); резкого увеличения затрат на ремонт вышедших из строя реле, выполненных по технологии, не допускающей ремонт, а требующей полной замены дорогостоящих блоков; на обновление версий программного обеспечения, и т.п.

*Палей Э. Л., помощник генерального директора ОАО «ПО Элтехника»
Лисицын А. А., начальник службы РЗА ОДУ Северо-Запада [11]:*

1. Регистрация действий защиты и осциллографирование аналоговых сигналов в аварийных режимах – это огромное преимущество МУРЗ. Установленные на присоединениях или сборных шинах аварийные осциллографы (носитель – фотобумага или фотопленка) имели ограниченные возможности и требовали фотообработки.

Осциллографирование аналоговых сигналов в аварийных режимах – это не функция релейной защиты, а ведь обсуждается именно релейная защита, а не что-то другое. Для выполнения этих функций существуют специализированные микропроцессорные регистраторы аварийных событий, записывающие аварийные режимы гораздо лучше и полнее, чем это делают МУРЗ. И при чем здесь фотобумага и фотопленка? Конечно, шлейфовый пленочный осциллограф типа МПО-2, удостоенный Сталинской премии, был шедевром своего времени, но какое он имеет отношение к релейной защите?

2. Не должна подвергаться сомнению возможность и необходимость выполнения удаленного доступа для изменения уставок и характеристик реле. В действительности это удобно и такая необходимость возникает часто.

Если учесть, что по признанию Российских же специалистов, одной из основных причин неправильных действий микропроцессорной защиты являются ошибки обслуживающего персонала, доходящие до 60% отказов в функционировании МУРЗ [8], то можно лишь посочувствовать энергосистеме, в которой уставки МУРЗ будут изменяться по дистанционным командам без последующей проверки функционирования реле с этими новыми уставками. В энергетической компании Израиля, в которой работает автор, такие действия с МУРЗ категорически запрещены.

3. Рассматривается тезис о том, что чувствительность микропроцессорных реле часто завышается из рекламных соображений, а вовсе не потому, что такая чувствительность необходима. Авторы пишут о том, что этот тезис справедлив только в том случае, когда используются малофункциональные микропроцессорные реле, например реле тока, и не справедливо, когда речь идет о комплексной защите объекта, а именно такой случай и нужно рассматривать. Из сравнения реле тока РТ-40 и РТ-80 с микропроцессорными реле следует, что последние имеют чувствительность в 1.3 раза выше, что важно для защиты нагруженных длинных линий.

В публикации ведущего научного сотрудника ОАО «ВНИИР» В. Сушко [5] как выход из существующей тупиковой ситуации предлагается как раз широкое использование именно малофункциональных, в том числе токовых микропроцессорных реле защиты, что противоречит выводам авторов. Реле тока РТ-40 – это аналог реле ЭТ-520, разработанного в 50-х годах прошлого века, а реле РТ-80 – это почти точная копия реле RI, разработанного шведской фирмой ASEA в 1918 году, рис. 5. Как можно сравнивать современные микропроцессорные реле с конструкциями, разработанными чуть ли не 100 лет тому назад и серьезно обсуждать недостатки последних? По-видимому, у Российских специалистов просто



Рис. 5. Индукционные реле тока: слева типа RI, разработанного в 1918 году фирмой ASEA, справа – PT-80, до сих пор выпускаемого в России.

нет иной базы для сравнения. Но это не означает, что такой достойной для сравнения базы нет вообще и об этом уже говорилось выше.

4. По мнению авторов, утверждение об опасности преднамеренных дистанционных воздействий на МУРЗ с целью нарушения ее нормальной работы является надуманным.

Такое мнение авторов говорит лишь о полном незнании ими проблемы. Обсуждать эту сложную и обширную тему в рамках данной дискуссии, считаем нецелесообразным. Вместе с тем, читателям, интересующимся этой темой, можем посоветовать ознакомиться с одной из многочисленных публикаций на эту тему [12].

5. Не всегда верно говорить о влиянии электромагнитных возмущений на работу именно МУРЗ. Так, негативному влиянию на работу реле электромагнитных возмущений не в меньшей мере подвержены и статические реле.

Статические реле, особенно выполненные на дискретных активных элементах, то есть на транзисторах, работают со значительно более высокими уровнями напряжений, чем микропроцессорные устройства и поэтому они значительно меньше подвержены воздействию внешних электромагнитных возмущений. Еще менее чувствительны к ним электромеханические реле.

По утверждению Российских специалистов в области электромагнитной совместимости (ЭМС), полная замена устройств РЗА на микропроцессорные грозит обернуться катастрофой, если не будут приняты специальные меры [13]. В [14, 15] также утверждается, что применение микропроцессорных устройств РЗА на действующих энергообъектах России возможно лишь при выполнении ряда специальных технических мероприятий, обеспечивающих реальное снижение уровня электромагнитных возмущений.

Дони Н. А., зав. отделом перспективных разработок НПП «Экра» [11]:

1. Автор не согласен с тезисом о том, что надежность МУРЗ во многих случаях бывает ниже, чем надежность электромеханических реле. В качестве примера он ссылается на работу сталеплавильного производства с дуговыми печами, где токовая защита от перегрузки, выполненная на

индукционном реле РТ-80, периодически запускается (для защиты это нормальный режим). В результате, из-за естественного износа подшипников и червячного механизма, реле приходилось менять чуть ли не ежегодно. В этом случае применение МУРЗ, несомненно, повышает надежность.

Не будем повторяться по поводу цифр по надежности МУРЗ и ЭМРЗ, а также античной конструкции реле РТ-80. Заметим лишь, что приведенный пример совершенно не типичен для релейной защиты электроэнергетических объектов (которые мы рассматриваем) где количество срабатываний реле в год очень невелико. Кроме того, почему именно микропроцессорные реле могут помочь повысить надежность защиты в рассматриваемом случае? Почему не простые электронные или герконовые реле тока [16, 17]?

2. Устройства релейной защиты на электромеханических реле еще в большей мере, чем микропроцессорные работают непредсказуемо при понижении уровня напряжения. Так, например, для исключения ложных срабатываний промежуточных реле при замыканиях на землю в цепях постоянного тока, они настраиваются на порог срабатывания 0.6 от номинального уровня. Поэтому, снижение напряжения ниже 0.6 от номинального напряжения приводит к отказу электромеханических реле защиты.

Промежуточные реле будут всегда успешно дополнять микропроцессорные устройства защиты и автоматики.

А разве для реле РТ-40 или РТ-80 нужен внешний источник питания? Автор начинает свой тезис с реле защиты, а заканчивает промежуточными электромагнитными реле. Но при чем здесь промежуточные реле? Ведь автор сам подчеркивает, что те же самые промежуточные электромагнитные реле всегда будут использоваться также совместно и с микропроцессорными защитами? Стало быть не имеет никакого значения способность собственно МУРЗ выдерживать значительные снижения питающего напряжения.

3. Проверка МУРЗ внешне ничем не отличается от проверки защит аналогичного типа на базе электромеханических реле. Во многих случаях МУРЗ имеют специальный режим тестирования, позволяющий автоматизировать процесс проверки при выпуске и эксплуатации.

Если это так, то почему же многие Российские специалисты говорят о необходимости специального обучения персонала для работы с МУРЗ, о недостаточной квалификации персонала для работы с МУРЗ? [3, 18]. В действительности, утверждение автора – глубокое заблуждение. Для работы с современными многофункциональными МУРЗ, произведенными такими компаниями, как АBB, Alstom, Areva, General Electric, Siemens требуется специальное обучение персонала. Более того, программное обеспечение этих реле настолько сложное и настолько отличается одно от другого, что требуется отдельное изучение каждого отдельно взятого реле. Например, у нас в Израиле каждое из таких реле изучают на двухнедельном курсе, проводимом представителем фирмы – производителя. Причем, речь идет только о чисто теоретическом курсе, не дающем навыков практической работы с реле.

4. Автор признает, что не является специалистом в области терроризма, тем не менее утверждает, что электронному терроризму доступно все существующее оборудование, а применение устройств с микропроцессорными технологиями не изменяет доступность оборудования к электронному терроризму.

Не очень понятно, почему, не считая себя специалистом в рассматриваемом вопросе, автор, тем не менее, делает столь категоричные заявления. Если бы автор был немного знаком с проблемой, он бы знал, что чувствительность разного вида оборудования к преднамеренным электронным воздействиям с целью выведения его из строя (то есть к электронному терроризму) очень сильно (в десятки и сотни раз) различается. Например, у электромеханических реле такая чувствительность очень слаба, в то время, как у микропроцессорных – наоборот, очень высока. Чувствительность именно релейной защиты к таким воздействиям намного важнее, чем чувствительность другого электронного оборудования, например, того же микропроцессорного регистратора аварийных событий, потому, что выход из строя такого регистратора не может повлечь за собой катастрофического нарушения режима работы энергосистемы.

Нудельман Г. С., директор центра инжиниринга «АББ Автоматизация» [11]:

Совершенно некорректно сравнение встроенной функции регистрации в МУРЗ с внешними регистраторами. Все, кому доводилось эксплуатировать МУРЗ, поняли, что функция регистратора в терминалах позволяет провести анализ аварийной ситуации глубже, чем внешний регистратор.

Совершенно ошибочное утверждение. Пользуясь стилем автора, можем утверждать, что всем, кому довелось исследовать информацию, полученную с микропроцессорного регистратора-осциллографа аварийных событий, поняли, что объем и качество этой информации не идет ни в какое сравнение с информацией, полученной с МУРЗ.

Шалин А. И., проф. кафедры электрических станций Новосибирского гос. техн. университета, докт. техн. наук [8]:

На Западе не допускают персонал обслуживающих энергообъекты служб к релейной защите. Настройки и проверки устройств РЗА ведут специально обученные представители фирм-изготовителей. В результате в этих странах примерно вдвое меньше численность персонала служб релейной защиты электротехнических лабораторий, соответственно меньше количество отказов в функционировании РЗ.

А почему такая политика должна ограничиваться только релейной защитой? Чем хуже техническое обслуживание других видов сложного электроэнергетического оборудования, например, силовых трансформаторов? Ведь там не менее сложная работа: нужно периодически измерять тангенс угла диэлектрических потерь главной изоляции и вводов (а это довольно сложная процедура, требующая специального оборудования), проверять многочисленные защитные реле, встроенные в трансформатор, проводить химический анализ растворенных в масле газов и т.д. Почему бы не оставить в электроэнергетике только менеджеров, которые

заказывали бы обслуживание того или иного вида электрооборудования по мере необходимости у специализированных компаний?

На самом деле это неправда. То, о чем пишет автор, применяют лишь непрофильные компании, не имеющие отношения к электроэнергетике, но имеющие на своем балансе много электрооборудования и много устройств релейной защиты. Такие компании действительно заказывают периодические проверки своего электрооборудования, а не только релейной защиты, у специализированных фирм.

Шехтер Б., ведущий специалист ООО «АББ Автоматизация» [19]

1. Устройства РЗА на традиционной элементной базе уже не способны обеспечить решение ряда актуальных проблем, в том числе из-за того, что:
 - затруднено дистанционное управление электрической частью объектов и сигнализация;
 - полностью отсутствует запись аварийных режимов;
 - требуется обслуживающий персонал высокой квалификации.

Весьма странные претензии к устройствам РЗА. Разве они обязаны обеспечивать дистанционное управление электрической частью объектов? А с каких пор запись аварийных режимов стала функцией релейной защиты? Разве не существует огромное количество микропроцессорных регистраторов-осциллографов аварийных режимов, обеспечивающих выполнение этой функции намного лучше, чем самое продвинутое микропроцессорное устройство РЗА? А разве для обслуживания микропроцессорных РЗА требуется персонал меньшей квалификации, чем для обслуживания традиционных реле? В действительности, дело обстоит как раз наоборот: недостаточно высокая квалификация обслуживающего персонала указывается многими российскими специалистами как одно из серьезных препятствий для широкого внедрения микропроцессорных устройств РЗА.

2. Уверенно доказаны следующие преимущества микропроцессорных устройств РЗА перед электромеханическими и электронными статическими:
 - сокращение эксплуатационных расходов за счет самодиагностики, автоматической регистрации режимов;
 - сокращение затрат на строительство, уменьшение затрат на аппаратную часть;
 - ускорение отключения короткого замыкания;
 - унификация технических решений, применение стандартных модулей;
 - возможность диагностики не только устройств РЗА, но и первичного оборудования;
 - уменьшение времени на выяснение причин аварий за счет регистрации и записи аварийных режимов;
 - упрощение расчета уставок устройств РЗА

По поводу сокращения эксплуатационных расходов уже говорилось выше.

За счет чего может быть достигнуто сокращение затрат на строительство? Неужели за счет того, что МУРЗ занимает меньше места на панели релейной защиты, чем комплект электромеханических реле? Какую часть строительной площади подстанции занимает площадь этой панели, чтобы серьезно говорить об этом?

Что касается уменьшения затрат на аппаратную часть, то дело обстоит как раз наоборот: затраты на новые МУРЗ намного превышают затраты на обновление устройств РЗА, выполненные на традиционной элементной базе (см. выше).

Практика показывает, что максимальное быстродействие МУРЗ составляет 30 – 50 миллисекунд, что заметно превышает время срабатывания электромеханических реле. Эта разница становится особенно заметной при сложных коротких замыканиях, что связано с большим количеством вычислительных операций и преобразований, производимых в МУРЗ. Во всяком случае, при параллельном включении обоих типов реле, применяемым довольно часто, первым всегда срабатывает реле защиты электромеханического типа.

А о какой унификации идет речь, если для изучения современных многофункциональных МУРЗ, и программного обеспечения к ним требуются отдельные многодневные курсы по каждому отдельному типу реле. Из личного опыта автора следует, что доскональное знание МУРЗ одного типа, произведенное одним изготовителем, не только не помогает, но даже мешает изучению МУРЗ другого типа, с совершенно другим программным обеспечением, произведенное другим производителем.

Трудно себе представить, каким образом реле защиты может производить диагностику первичного оборудования подстанции, упомянутое автором.

А почему расчет уставок для МУРЗ должен быть проще, чем для других типов реле защиты?

Многие из тезисов автора о преимуществах МУРЗ выглядят надуманными и не обоснованными.

Сухонос К.Б., Демидов Г. Д., Харьковоблэнерго [20]:

Массовое применение цифровых защит может дать ощутимую отдачу – сокращение затрат на эксплуатацию РЗА, снизить риск тяжелых системных аварий, ущерб от которых существенно превышает стоимость работ по техническому перевооружению.

О сокращении эксплуатационных затрат мы уже говорили.

Что касается якобы снижения риска тяжелых системных аварий, то мнения у Российских специалистов расходятся до противоположного. Например, в статье [21], написанной специалистом Чебоксарского электроаппаратного завода, дословно говорится следующее: «вероятность системной ошибки при микропроцессорных защитах достаточно велика, что мы видим в США и Европе».

Действительно, уже одно только объединение многих реле с разными защитными функциями, часто дублирующими друг друга для повышения надежности, в одном едином комплексе, выполненном на основе общего микропроцессора, чревато серьезной опасностью. Выход из строя одного из общих элементов, таких, как источник питания, элементы памяти, аналого-цифрового преобразователя и т.п., приведет к отказу сразу всего комплекса, то есть всех функций защиты объекта.

Эпилог.

Автор данной статьи не берется давать прямых советов о путях реконструкции релейной защиты в России, так как после публикации одной из статей на эту тему в Российском журнале его уже обвинили в попытке «продлить агонию электромеханических реле» и «затормозить технический прогресс в России». Но, очевидно, что в условиях, когда мнения самих Российских специалистов либо противоречат один другому, либо основываются на устаревших и откровенно ошибочных сведениях, либо не учитывают

весь спектр вопросов из-за отсутствия информации и достаточно длительного и обширного опыта работы с МУРЗ, наметить пути выхода из кризиса должна, по-видимому, специальная комиссия. Эта комиссия должна провести всесторонний анализ всех без исключения аспектов проблемы, всех факторов, реально действующих в России, привлечь зарубежный опыт (но только не в лице фирм-производителей МУРЗ, а в лице специалистов, занимающихся эксплуатацией МУРЗ). При этом, по мнению автора, при проведении этого анализа следует принять во внимание несколько ключевых положений, которые часто игнорируются Российскими специалистами, что является источником возникновения распространенных штампов, а порой и серьезных заблуждений:

1. При сравнении между собой МУРЗ и традиционных устройств релейной защиты, обычно упускается из виду тот факт, что современные МУРЗ – это по своей сущности вовсе не устройства релейной защиты, а многофункциональный комплекс, в котором релейная защита занимает лишь часть функций. Остальное – это функции регистратора-осциллографа аварийных событий, функции терминалов связи, органов контроля исправности цепей. Для выполнения каждой из этих функций имеются современные специализированные устройства, часто выполненные на микропроцессорной основе, которые выполняют свои функции намного лучше, чем МУРЗ. По непонятным для нас причинам, практически все Российские специалисты-релейщики, говоря о преимуществах МУРЗ, сравнивают весь комплекс их функций, не выделяя функции релейной защиты, с простыми электромеханическими устройствами, выполняющими только функции релейной защиты и ничего более того. По нашему мнению, это ключ к пониманию многих заблуждений и противоречий при оценке перспектив МУРЗ. При оценке преимуществ микропроцессорного комплекса следует сравнивать его с аналогичным по функциям комплексом, содержащим, например, электромеханические реле защиты; так называемые «supervision relays», контролирующие исправность цепей релейной защиты; многоканальный микропроцессорный регистратор-осциллограф аварийных событий; цифровые модули связи, обеспечивающие включение реле в общую систему, например, SCADA. Такие гибридные системы широко распространены в Западных энергосистемах, уже давно предложены для России [22] и в них нет, в действительности, никаких внутренних противоречий. Такой комплекс аппаратуры, укомплектованный для нужд подстанции может оказаться гораздо более привлекательным и по стоимости, и по надежности, чем несколько дорогостоящих МУРЗ, выполняющих те же функции.
2. Говоря об альтернативных реле защиты, следует иметь в виду не давно уже устаревшие реле РТ-40 и РТ-80, а лучшие мировые образцы электромеханических реле, а также новые перспективные разработки в области полупроводниковых, герконовых и гибридных реле [23].

По мнению автора, только с учетом этих ключевых положений можно надеяться на действительно объективную оценку ситуации и принятие правильных решений по выходу из тупика, в котором оказалась Российская релейная защита.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белотелов А. К. Научно-техническая политика РАО «ЕЭС России» в развитие систем релейной защиты и автоматики. Сборник докладов XV Научно-техн. конф. «Релейная защита и автоматика энергосистем – 2002», М., ЕЭС России, 2002, с. 3 – 5.
2. Aspects of Digital Protective Relaying. – Report RE-626, IEC, 1991.

3. Коновалова Е. В. Основные результаты эксплуатации устройств РЗА энергосистем Российской Федерации. Сборник докладов XV Научно-техн. конф. «Релейная защита и автоматика энергосистем – 2002», М., ЕЭС России, 2002, с. 19 – 23.
4. Жуков А. В., Федотов А. З., Перегудов С. М., Родин В. В. Вопросы технической политики при техперевооружении РЗА в сетях СВН ОЭП Центра. Сборник докладов XV Научно-техн. конф. «Релейная защита и автоматика энергосистем – 2002», М., ЕЭС России, 2002, с. 247 – 249.
5. Сушко В. Релейная защита присоединений 6 – 35 кВ. Есть ли выход из тупика. – Новости электротехники, 2006, N 4, с.
6. Гуревич В.И. О развитии средств релейной защиты электрических сетей. – Энергетическое строительство, 1994, N1, с. 48 – 51.
7. Коновалова Е. В. Основные результаты работы устройств РЗА на электрических станциях в энергосистемах Российской Федерации. – Релейная защита и автоматика электрических станций. Сборник докладов техн. семинара. – М., ОРГРЭС, 2004, с. 5 – 10.
8. Шалин А. И. Микропроцессорные реле защиты. Необходим анализ эффективности и надежности. – Новости электротехники, N 2 (38), 2006.
9. Шамис М. и др. Состояние релейной защиты в России. – Электро-инфо, 2004, N11 (13), с. 4 – 7.
10. Johnson G. J., Thomson M. Recommended Installation Procedures for Microprocessor-Based Products. – Basler Electric Co., N 015580-01, issue 2, June 1995.
11. Микропроцессорные реле защиты: новые перспективы или новые проблемы? Мнения специалистов. Новости электротехники, N 1(37), 2006.
12. Гуревич В. И. Электромагнитный терроризм – новая реальность 21 века. – Мир техники и технологий, N 12 (49), 2005, с. 14 – 15.
13. Борисов Р. К. Невнимание к проблеме ЭМС может обернуться катастрофой. – Новости электротехники, N 2, 2001.
14. Матвеев М. Электромагнитная обстановка на объектах определяет ЭМС цифровой аппаратуры. Новости электротехники, N 1, 2002.
15. Борисов Р. К., Смирнов М.Н., Арцишевский Я. Л., Жуков А.В. Характерные особенности ЭМО действующих энергообъектов при внедрении микропроцессорных устройств РЗА. «Релейная защита и автоматика энергосистем – 2002», М., ЕЭС России, 2002, с. 157 – 162.
16. Гуревич В. И. Универсальные защитные реле максимального тока нового поколения. – Электротехника, 1994, N 1, с. 61 – 65.
17. Гуревич В. И. «Ренессанс» электромеханических реле защиты? – PRO-Электричество, 2006, N 3 (19), с. 21 – 25.
18. Удрис А. П. Проблемы подготовки кадров релейного персонала. Сборник докладов XV Научно-техн. конф. «Релейная защита и автоматика энергосистем – 2002», М., ЕЭС России, 2002, с. 16 – 17.
19. Шехтер Б. Микропроцессорные устройства РЗА – будущее или реальность? – Новости электротехники, N 2 (14), 2002.
20. Сухонос К.Б., Демидов Г. Д. Опыт эксплуатации цифрового устройства РЗА IPR XXL. Сборник докладов XV Научно-техн. конф. «Релейная защита и автоматика энергосистем – 2002», М., ЕЭС России, 2002, с. 9 – 13.
21. Варганов Г. Релейная защита: цена ошибки. – Оборудование: рынок, предложение, цены, 2003, N 9.
22. Гуревич В. И. О концепции развития средств релейной защиты распределительных сетей 6 – 10 кВ. – Энергетика и электрификация, 1993, N 2, с. 40 – 43.
23. Gurevich V. Electric Relays: Principles & Applications. – CRC Press (Taylor & Francis Group), London - New-York, 2005, 704 pp.