

УДК 621.311

К ВОПРОСУ О ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

А. В. СЫЧЕВ, Л. И. ЕВМИНОВ, В. В. КУРГАНОВ

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

А. Н. ГУМИНСКИЙ

*РУП «Витебскэнерго» Оршанская ТЭЦ,
Республика Беларусь*

Введение

Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики (РЗА), так называемые цифровые реле (ЦР) или релейные терминалы, нашли широкое применение при защите электротехнических установок в странах СНГ и дальнего зарубежья. Преимущества ЦР перед электромеханическими и электронными аналоговыми устройствами РЗА признаны ведущими специалистами в области проектирования и эксплуатации систем устройств релейной защиты и автоматики.

Переход на цифровые принципы обработки информации в микропроцессорных реле не привел к появлению каких-либо новых принципов построения релейных защит, но существенно улучшил такие эксплуатационные качества, как:

- надежность, быстродействие и непрерывный автоматический контроль и самодиагностика;
- малое потребление электроэнергии от измерительных трансформаторов тока и напряжения;
- возможность регистрации в памяти ЦР параметров аварийных режимов;
- возможность реализации более сложных и совершенных алгоритмов защиты и управления электроэнергетического объекта, удобство наладки, настройки и эксплуатации, а также сервисные возможности.
- интеграция с системами оперативного и автоматического управления, позволяющая создать терминал в пределах одного защищаемого объекта.

В настоящее время при реконструкции или проектировании новых подстанций и распределительных пунктов повсеместно предусматривается установка цифровых защит вместо защит на базе электромеханических реле. Однако полный отказ от электромеханических реле не совсем обоснован, так как имеющийся опыт эксплуатации микропроцессорных защит показал, что они не так уж и безупречны.

Достоинства и недостатки цифровых реле

Внедрение цифровых реле на электроэнергетических объектах обосновывается следующими техническими и экономическими достоинствами:

1. *Многофункциональность ЦР.* При малых габаритах одно ЦР заменяет от 10 до 20 аналоговых реле, а также несколько измерительных приборов, которые в совокупности выполняют такие же функции (экономия подсчитывается по стоимости реле, приборов и монтажных работ).

2. *Непрерывная самодиагностика и высокая аппаратная надежность.* В случае неисправности ЦР за счет непрерывной самодиагностики мгновенно выдается сигнал о неисправности и возможна оперативная замена этого реле или неисправного блока. При использовании ЦР практически исключена возможность отказа защиты при повреждениях и ненормальных режимах и, как следствие, предотвращается ущерб от недоотпуска электроэнергии. Самодиагностика ЦР, кроме того, позволяет несколько раз увеличить период плановых проверок или вообще от них отказаться, что позволяет уменьшить численность ремонтного персонала и экономить расходы на заработную плату. Так, по данным сетевого района VIRAT (Финляндия), все подстанции которого оборудованы цифровыми реле, существенно снизились затраты на ремонт, сократились перерывы электроснабжения. В отличие от цифровых аналоговые защиты не обладают свойством самодиагностики и могут оказаться в неисправном состоянии в период между плановыми проверками, периодичность которых 2–5 лет, а это неизбежно приведет к отказу защиты при повреждениях и ненормальных режимах.

3. *Высокое быстродействие защиты.* При использовании ЦР существенно уменьшаются ступени селективности, т. е. повышается быстродействие защит и повышается точность срабатывания ЦР, что позволяет применять провода линий или кабелей меньшего сечения при выборе их по условию термической стойкости.

Несмотря на указанные достоинства, в [4] проанализирована ситуация, связанная с массовым переходом на микропроцессорные реле защиты и высказаны положения, подвергающие сомнению обоснованность такого перехода.

Обратимся к ситуации с электромеханическими реле, сложившейся в 70-80-х годах прошлого века. Тогда, под напором стремительно развивавшихся полупроводниковых технологий, многие предполагали, что эра электромеханических реле закончилась. Заводы, производившие такие реле, в срочном порядке переоснащались под производство полупроводниковых устройств релейной защиты или закрывались. Отрезвление наступило довольно быстро, и уже через несколько лет выпуск электромеханических реле был восстановлен. Модернизированные контактные материалы и сплавы, новые пластмассы и лаки позволили резко уменьшить размеры и повысить надежность электромеханических реле. Сегодня всем стало абсолютно ясно, что полупроводниковые реле могут занять лишь определенную нишу, но не способны полностью вытеснить электромеханические реле, например, на подстанциях и распределительных пунктах с переменным оперативным током. Кроме того, необходимо отметить, что электромеханические реле не требуют наличия постороннего источника питания.

Недостатки и справедливые нарекания на некоторые конкретные типы электромеханических реле (очень ограниченной номенклатуры) чисто психологически распространяются на весь класс электромеханических реле. Стремление избавиться от постоянного обслуживания изношенных электромеханических реле является важным стимулом при переходе на многообещающие микропроцессорные устройства для отечественных инженеров, занимающихся проектированием и обслуживанием устройств релейной защиты. Однако многие специалисты не догадываются, что затраты на обслуживание старых реле могут быть ничуть не больше затрат на приобретение вышедших из строя и не подлежащих ремонту дорогостоящих электронных блоков ЦР.

Информационный фон, целенаправленно создаваемый компаниями-производителями, дает искаженное представление о микропроцессорных реле защиты, как об устройствах, обладающих только преимуществами и не имеющих недостатков. Слабые места микропроцессорных реле, к сожалению, не обсуждаются даже на страни-

цах специализированных научно-технических журналов. Массовый же переход на микропроцессорные устройства обусловлен не принципиальной неспособностью электромеханических реле обеспечить эффективную защиту электротехнических установок от аварийных режимов и не их недостаточной надежностью, а стремлением крупнейших компаний мира получить сверхприбыль от производства модных цифровых терминалов.

Отдавая предпочтение микропроцессорной релейной защите, следует ориентироваться не только на рекламные проспекты крупных электротехнических корпораций, но и на мнение независимых специалистов. Однако в любом случае такой переход должен быть взвешенным и очень осторожным, особенно в отношении реле, производимых малоизвестными фирмами.

По различным причинам (экономическим, маркетинговым, кадровым и др.), напрямую зависящих от производителей ЦР, уже на стадии проектирования или реконструкции электроустановок, а в дальнейшем и в эксплуатации, обнаруживается целый ряд недостатков микропроцессорных реле.

Ниже приводится перечень некоторых проблем, с которыми пришлось столкнуться электротехническому персоналу РУП «Гомельтранснефть «Дружба» (г. Гомель) при внедрении на нефтеперекачивающих станциях цифровых реле типа Seram 2000 фирмы «Шнейдер электрик» (Франция):

- на печатной плате китайского производства некоторые резисторы перегревались и выходили из строя. Несколько раз происходили отказы защит вводов 6 кВ. При этом самодиагностика реле не показывала неисправность;

- по рекламным проспектам цифровые реле Seram 2000 относятся к свободно программируемым устройствам в логической части защиты, однако на практике программатор, с помощью которого перепрограммируется картридж в реле, находится у фирмы-производителя или в ее представительстве (заказчику программатор не продается). В этой связи при необходимости произвести даже незначительные изменения в выходной логике защиты требуется вызывать представителя фирмы, что связано иногда с неразрешимыми проблемами и существенными дополнительными затратами.

Необходимость перепрограммирования реле в процессе эксплуатации возникала в связи со следующими причинами:

1. В зарубежных цифровых защитах трансформатора отсутствует функция максимальной токовой защиты (МТЗ) с пуском по минимальному напряжению. В ЦР есть действующие на выходное реле МТЗ и защита минимального напряжения. Фильтра-реле напряжения обратной последовательности вообще не предусмотрено.

2. В цифровых реле электродвигателя заложена функция защиты от замыкания на землю (ОЗЗ). Причем в меню реле имеется либо направленная, либо ненаправленная ОЗЗ в зависимости от типа реле. На некоторых электродвигателях подстанции ненаправленная защита оказывается нечувствительной, ввиду значительной длины кабельной линии, питающей электродвигатель. В этом случае возникает задача или закупить новое реле с направленными защитами ОЗЗ, или вызвать представителя фирмы для перепрограммирования реле.

3. На подстанциях с синхронными двигателями автоматический ввод резерва работает от функции «ресинхронизация», запрограммированной в нескольких реле: синхронного двигателя, секционного выключателя и ввода. Однако датчик обратной активной мощности установлен в реле защиты синхронного двигателя, вместо реле защиты ввода, как это требует классический способ. В результате при совместном

выбеге асинхронных и синхронных двигателей функция «ресинхронизации» отказывает в работе.

Отдельного внимания заслуживает вопрос соотношения стоимости, функциональности и надежности ЦР, который рассмотрим на примере терминалов семейства МР белорусского производителя, каким является РУП «Белэлектромонтажналадка». Опыт эксплуатации этих реле на энергообъектах Беларуси и России подтверждает высокую надежность и функциональность данных терминалов, а по некоторым показателям (адаптивность, гибкость внутренней логики, интуитивность и русификация прикладного программного обеспечения и др.) терминалы семейства МР превосходят зарубежные аналоги. Высоких технических показателей помогло добиться тесное, кропотливое сотрудничество разработчиков терминалов семейства МР и эксплуатационников.

Стоимость же терминалов семейства МР в несколько раз меньше стоимости зарубежных аналогов. Остается лишь догадываться, почему в рабочих проектах мы часто видим использование дорогих зарубежных терминалов фирм-производителей Micom, Siemens, Sepam и т. п.

Рекомендации по принятию решений с использованием ЦР

Таким образом, на основании опыта работы с микропроцессорными средствами релейной защиты при рассмотрении технических решений с применением ЦР можно дать следующие рекомендации:

1. При оформлении договора на приобретение партии микропроцессорных реле нужно иметь в виду, что функциональные блоки, т. е. печатные платы микропроцессорных современных реле, выполнены, как правило, на микроэлементах по технологии поверхностного монтажа и являются практически неремонтопригодными, так как в эксплуатирующих организациях отсутствует оборудование (паяльные станции, объемные фены-нагреватели и т. д.) для квалифицированного ремонта этих блоков. Поэтому заранее следует предусмотреть порядок замены вышедших из строя плат и их стоимость.

2. При выборе микропроцессорных устройств того или иного типа для массовой закупки нельзя относиться к нему, как к функциональному «черному ящику» с параметрами и характеристиками, указанными компанией-производителем. Необходимо обязательно вскрыть образец реле и внимательно осмотреть его внутреннюю конструкцию. При этом должна быть учтена элементная база, на которой построены входные и выходные цепи, в частности, входные и выходные клеммы, которые по требованиям стандартов должны выдерживать высокое испытательное напряжение. Кроме того, следует обратить внимание на наличие и правильный выбор элементов для защиты от перенапряжений входных цепей, соответствие параметров выходных реле требованиям коммутации индуктивной нагрузки в цепи постоянного тока с напряжением 220 В (управление отключающей катушкой высоковольтного выключателя, их особенности приведены в [3]) и т. п. В Интернете можно найти технические параметры практически любого электронного компонента и электромагнитных реле, поэтому такая проверка не вызовет больших трудностей.

3. Для обеспечения высокой надежности работы микропроцессорных реле необходимо принять специальные меры по обеспечению их бесперебойного питания и защите питающих сетей от перенапряжений и высокочастотных помех. Хорошими помощниками в этом станут специальные фильтры для цепей питания и мощные варисторы, совмещенные с предохранителями и сигнальными элементами. На провода, соединяющие реле и трансформаторы тока и напряжения, должны быть одеты специальные ферритовые кольца, повышающие импеданс для высокочастотных сигналов.

4. Особое внимание следует уделить повышению качества цепей заземления. Лучше всего отделить контуры заземления микропроцессорных реле и других высокочувствительных электронных систем от контура заземления силового оборудования станций и подстанций, поскольку в контуре заземления при грозовых перенапряжениях и замыканиях на землю часто возникает высокий потенциал.

5. Учитывая, что современные микропроцессорные реле защиты многофункциональны и напоминают мини-ЭВМ, следует заранее позаботиться о приобретении некоторого количества портативных компьютеров (ноутбуков) и взять в штат высококвалифицированных специалистов, которым можно было бы поручить работу с такими реле. Системные администраторы должны принять серьезные меры по защите локальных компьютерных сетей с подключенными микропроцессорными реле от несанкционированного доступа, в том числе и из Интернета.

Очевидно, что даже в век высоких технологий безопасность микропроцессорных реле потребует не меньших затрат, чем ремонт электромеханических реле. То есть модное увлечение микропроцессорной релейной защитой не такое уж идеальное, как это может следовать из рекламных проспектов.

Занимаясь изучением данной проблемы, можно предложить следующие требования, которых необходимо придерживаться при проектировании и эксплуатации микропроцессорных устройств РЗА.

1. Необходимо изготавливать модули входных сигналов с напряжением надежного срабатывания дискретных входов не менее $0,65 U_{ном}$ и напряжением надежного несрабатывания ($0...0,6 U_{ном}$), что исключает излишнее срабатывание входа при замыкании на землю в цепях оперативного тока. В момент перевода входа в активное состояние (подачи напряжения на оптрон) должен формироваться ток не менее $20...50$ мА, далее ток может снижаться до значения удержания оптрона в активном состоянии ($3...5$ мА). Это исключает возможность обрыва цепи питания входа на переходном сопротивлении контактов реле, блок-контактов выключателя, разъединителя и т. д. Время задержки на дискретных входах необходимо обеспечить порядка 10 мс, если их срабатывание по принципу действия вызывает отключение силового оборудования, разгрузку электростанций или отключение потребителей. Время задержки на всех остальных дискретных входах, как правило, должно не превышать 5 мс, кроме входов, предназначенных для передачи и приема блокирующих сигналов.

2. Анализировать на стадии разработки проекта защиты электротехнических установок возможность адаптации ЦР для данной электроустановки, так как зачастую применяются не адаптированные к отечественным условиям цифровые терминалы, особенно зарубежных фирм. Многие терминалы содержат ряд защит, не используемых в отечественной практике. Например, для защиты трансформаторов и автотрансформаторов зарубежные фирмы предлагают терминалы с функциями защиты от перевозбуждения, а также от перегрева, на основе тепловой модели (тепловые модели иностранных и отечественных трансформаторов различны), но в зарубежных терминалах отсутствует функция контроля и защиты изоляции высоковольтных вводов. Защита электродвигателей от перегрузки также построена на основе тепловой модели. Однако данные о постоянных времени нагрева и охлаждения для отечественных двигателей отсутствуют в паспортах и в каталогах. Многие блоки не дают возможности задать необходимую величину значения уставки ввиду малой дискретности или начального значения величины. Необходимо учитывать возможность применения блоков с большим временем готовности после подачи оперативного тока.

3. Необходимо учитывать, что нормы по электромагнитной совместимости (ЭМС), приведенные в описании изделия, соответствуют нормам МЭК и относятся к автономно работающему блоку. Но при создании нижнего уровня АСУ электротех-

нических установок на базе ЦР (через интерфейс RS422, RS485 или с аналогичной аппаратной платформой) эти нормы будут значительно завышены. Известны случаи нарушения работы микропроцессорных защит после объединения в локальную сеть нижнего уровня АСУ. После изучения проблемы и устранения выявленных недостатков в части ЭМС нормальная работа терминалов восстанавливалась.

4. Практически каждая фирма-производитель ЦР применяет свой или видоизменяет чужой протокол информационного обмена и формат файла осциллограмм. В итоге при желании объединить блоки различных фирм в общую АСУ электротехнических установок персонал сталкивается с рядом проблем и трудностей. Все это подталкивает потребителя использовать блоки только одного производителя.

Данная маркетинговая политика ошибочна. Это доказывает опыт ее применения на заре становления компьютерных технологий и сотовой связи (в настоящее время в преобладающем большинстве используются IBM совместимые компьютеры и сотовые телефоны стандарта GSM).

5. Техническая документация на отдельные терминалы не содержит всех технических данных, требуемых для проектирования и эксплуатации. Практически отсутствуют методические указания по выбору уставок цифровых реле.

6. Организациям, выполняющим проект РЗА электроустановок на ЦР, необходимо кроме традиционных разделов включать в рабочий проект разделы по принципиальным логическим схемам цифровых защит. Приложением к проекту должен являться носитель информации с файлами конфигурации каждого ЦР конкретной электроустановки (ячейки, фидера, двигателя, трансформатора и т. д.). Из опыта эксплуатации известно, что при применении терминалов с гибкой внутренней логикой бывает сложно увязать принципиальную схему внешних соединений с внутренней логикой блока без соответствующей информации.

Заключение

Проектные и эксплуатирующие организации должны обоснованно подходить к выбору микропроцессорных устройств релейной защиты, полностью изучая особенности энергообъекта, выполняя технико-экономическое обоснование применения микропроцессорных устройств РЗА различных фирм-производителей, учитывая расходы на эксплуатацию этих устройств. Это поможет избежать целого ряда проблем, возникающих в процессе эксплуатации.

В настоящее время при реконструкции и проектировании новых подстанций и распределительных пунктов повсеместно закладываются цифровые защиты. Очевидным является выработка руководящих указаний в области проектирования, создания и эксплуатации микропроцессорных устройств РЗА и обязательное соблюдение этого стандарта всеми проектными и эксплуатирующими организациями.

Литература

1. Актуальные проблемы РЗА и АСУ Э : Материалы семинара, Санкт-Петербург // Энергетик. – 2007. – № 7.
2. Гуревич, В. И. Электромагнитная незащищенность – новая реальная опасность 21 века / В. И. Гуревич // Энергетик. – 2006. – № 5.
3. Гуревич, В. И. Об особенностях реле управления отключающими катушками высоковольтных выключателей / В. И. Гуревич // Электричество. – 2008. – № 11.
4. Гуревич, В. И. Микропроцессорные реле защиты: новые перспективы или новые проблемы? / В. И. Гуревич // Пром. энергетика. – 2006. – № 3, 4.

5. Опыт внедрения микропроцессорной релейной защиты на оборудовании собственных нужд Ленинградской АЭС // Энергетик. – 2003. – № 3.
6. Релейная защита и автоматика энергосистем 2002 : сб. докл. XV науч.-техн. конф. СРЗА ЦДУ ЕЭС. – Москва, 2002.

Получено 30.03.2009 г.