

Ковалёв А.А., к.т.н., доцент, УрГУПС, г. Екатеринбург
Честюнин Е.А., студент гр. Э-329, УрГУПС, г. Екатеринбург

АНАЛИЗ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Интенсивное развитие цифровой техники обусловило широкое проникновение ее во все уровни автоматизации энергообъектов как в энергетике, так и во всех других отраслях промышленности. Так, например, устройства релейной защиты автоматики (РЗА), выполненные на традиционной элементной базе, уже не способны обеспечить решение ряда актуальных эксплуатационных и технических проблем.

Микропроцессорные устройства релейной защиты автоматики (МПУ РЗА) начали применяться в мировой практике более двух десятилетий тому назад, постепенно вытесняя не только электромеханические устройства, но и электронную аналоговую технику. Переход на цифровые принципы обработки информации в РЗА не привел к появлению новых принципов построения защит, но определил оптимальную структуру построения аппаратной части современных цифровых устройств и существенно улучшил эксплуатационные качества устройств РЗА.

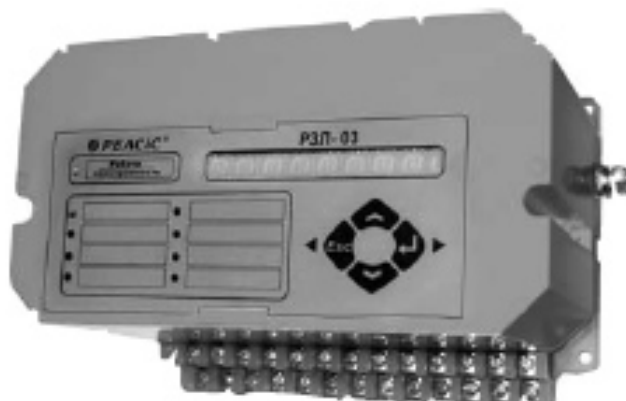


Рис. 1. Микропроцессорное устройство релейной защиты автоматики [1]

Многие специалисты считают, что переход на МПУ РЗА неизбежен [2]. Конечно, первоначально нужно заменить физически изношенную аппаратуру, которую уже нельзя эксплуатировать, на традиционную аппаратуру, выровнять состояние энергосистем и после этого можно приступить к планомерному переходу на релейную защиту на микропроцессорной базе. Не стоит забывать и о том, что каждый энергообъект имеет свои особенности и при решении задачи переоснащения РЗА не может быть выработан стандартный подход. Поэтому, как показывает опыт, необходимо подходить к этому процессу весьма осторожно и вдумчиво.

В настоящее время МПУ РЗА являются основным направлением развития релейной защиты. Помимо основной функции, аварийного отключения энергетических систем, МПУ РЗА имеют дополнительные функции по сравнению с устройствами релейной защиты других типов (например, электромеханическими реле) по регистрации аварийных ситуаций. В некоторых типах устройств введены дополнительные режимы защиты, например, функция опережающего отключения синхронных электродвигателей при потере устойчивости, функция дальнего резервирования отказов защит и выключателей. Данные функции не могут быть реализованы на устройствах релейной защиты на электромеханической или аналоговой базе.

Таблица 1

Достоинства и недостатки МУП РЗА [2]

Достоинства	Недостатки
Сокращение эксплуатационных расходов за счёт самодиагностики, автоматической регистрации режимов и событий.	Большая стоимость устройства по сравнению с электромеханической, что в российских условиях порой играет существенную роль.

Достоинства	Недостатки
Уменьшение времени на выяснение причин аварий за счёт регистрации и записи	Переход на МПУ РЗА требует переучивания обслуживающего персонала.
Возможность диагностики не только устройств РЗА, но и первичного оборудования.	При включении питания (например, после перерыва в энергоснабжении) системе на МПУ необходимо время на перезагрузку.
Снижение потребления по цепям оперативного постоянного тока и напряжения.	
Сокращение расходов на строительство, монтаж, уменьшение габаритов, экономия кабелей, уменьшение затрат на аппаратную часть.	
Улучшение контроля за состоянием оборудования и работой устройств РЗА.	

Необходимо также отметить, что МПУ РЗА требуют, по сравнению с защитами на электромеханических реле и интегральных микросхемах, конфигурирования, ранжирования и параметрирования.

Специалисты по эксплуатации достаточно осторожно говорят о необходимости замены электромеханических устройств РЗА на микропроцессорные. Это связано с адаптацией цифровой аппаратуры к смежным системам на предприятии. Для теплоэнергоцентрали (ТЭЦ) – это, в

первую очередь, электромагнитная совместимость. Пришлось решать проблему надежного функционирования МПУ РЗА под воздействием больших полей кабельных трасс.

Нельзя моментально решить и другую задачу: определение степени надежности новых схемных решений. Ведь каждая новая система имеет период наработки на отказ. А у систем защиты есть определенная специфика: проверить степень ее надежности можно только при аварийной ситуации, когда она как раз и должна срабатывать. Поэтому менять РЗА надо, но делать это постепенно, нарабатывая опыт ее эксплуатации.

Несмотря на то, что устройство МПУ РЗА является весьма дорогим, но его применение дает большой экономический эффект в первую очередь за счет снижения эксплуатационных затрат и ущерба от недоотпуска электроэнергии. Интеграция или построение на их базе автоматизированных систем управления (АСУ) электростанций, подстанций позволяет достичь наибольшего эффекта не только в экономическом плане, но и с точки зрения организации труда персонала предприятия.

В основном внедряются устройства следующих фирм: ООО «АББ Автоматизация», «Сименс» (Германия), «Шнайдер электрик» (Франция), которые адаптировали устройства под условия российских энергосистем, НПП ЭКРА, НТЦ «Механотроника», НПФ «Радиус» (Россия). Опыт применения российских защит показывает, что они ни в чем не уступают западным, обеспечивают очень высокую надежность работы и полностью соответствуют самым жестким требованиям энергетиков.

Продукция АББ для микропроцессорной защиты трансформаторов и автотрансформаторов представлена дифференциальным реле с торможением SPAD 346 C и блоком RET 316.

Характеристики и особенности SPAD 346 C:

предназначено для защиты двухобмоточных трансформаторов;
трёхступенчатая максимальная токовая защита (МТЗ) для трансформаторов, а также двухступенчатая резервная защита от замыканий на землю;

короткое время срабатывания, также при частичном насыщении трансформаторов тока;

характеристику срабатывания блока дифференциального реле можно устанавливать индивидуально для объекта;

широкий диапазон подстройки коэффициентов трансформации трансформаторов тока с помощью точной цифровой регулировки;

система непрерывного самоконтроля электроники и программного обеспечения повышает надёжность реле в эксплуатации.

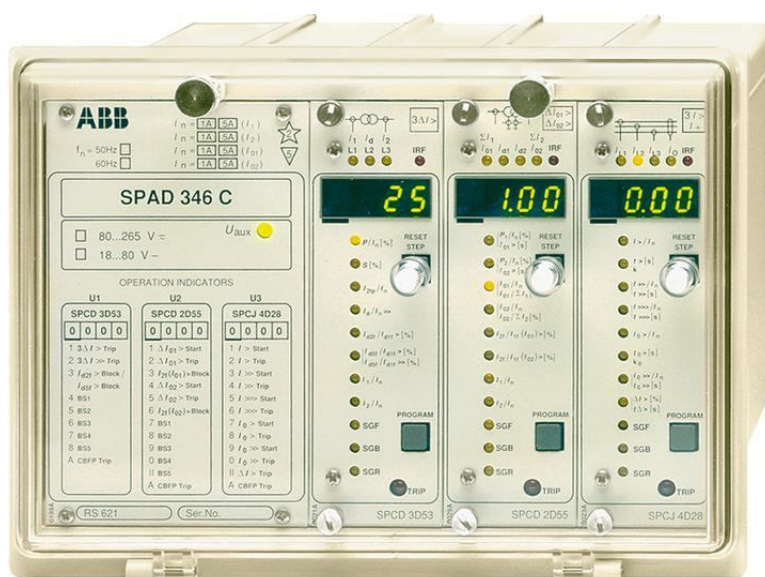


Рис.2. Дифференциальное реле с торможением SPAD 346 C [1]

Цифровая защита трансформаторов RET 316 предназначена для быстросрабатывающей селективной защиты двухобмоточных или трёхобмоточных трансформаторов. Кроме этого возможно использование для защиты автотрансформатора. Защита действует при следующих видах повреждений:

междуфазные замыкания;

замыкания на землю при металлическом или низкоомном сопротивлении заземлении нейтрали точки звезды силового трансформатора;

междувитковые замыкания.

RET 316 может поставляться со следующими функциями защиты:

функция дифференциальной защиты (одна из наиболее важных функций для быстродействующей и селективной защиты всех трансформаторов с мощностью больше нескольких МВ·А);

функцию защиты максимального тока, которую рекомендуется использовать для резервной защиты;

в некоторых случаях желательно использовать защиту от превышения напряжения;

другие функции по специальному заказу (например, частотная функция).

Компания «Шнайдер электрик» наладила производство новых современных устройств микропроцессорной защиты Seram серий 20, 40, 80.

Устройства микропроцессорной релейной защиты Seram торговой марки *MerlinGerin* используются для защиты электрооборудования 6 – 35 кВ и трансформаторов 6 – 220 кВ от коротких замыканий и ненормальных режимов работы.

Помимо функции защиты, они выполняют ряд дополнительных функций:

- измерение параметров сети;
- функции автоматики;
- управление электрооборудованием;
- диагностика сети и коммутационного аппарата;
- технический учет электроэнергии.

Устройства Seram серии 20 применяются в тех случаях, когда для защиты достаточно токовых защит или защит по напряжению и не требуется сложной автоматики. Основные типы применения устройств серии 20 для защиты трансформаторов – защита силовых трансформаторов 6, 10 кВ малой мощности.

Seram серии 40 используются для защиты электрооборудования, требующего большого объема защит, одновременно по току и напряжению, или при необходимости построения сложной логики работы. Устройства серии 40 также позволяют осуществлять технический учет электроэнергии.



Рис. 3. Микропроцессорная защита серии Seram 20,40,80 [1]

Seram серии 80 универсальные устройства, которые могут быть использованы для защиты трансформаторов 35 – 220 кВ. Устройства этой серии имеют все необходимые защиты, могут обладать большим числом дискретных входов и выходных реле, расширенный редактор уравнений, что позволяет создать автоматику любой сложности. Seram 80 применяется также для защиты трансформаторных вводов 6, 10 кВ.

Продукция НПП ЭКРА, используемая для защиты трансформаторов и автотрансформаторов, представлена шкафами защиты ШЭ 2607. Он предназначен для защиты трансформаторов с высшим напряжением до 220 кВ.

Шкаф состоит из двух комплектов. Комплект 1, выполненный на базе микропроцессорного терминала БЭ2704V041, реализует функции основных и резервных защит трансформатора и содержит:

дифференциальной токовой защиты (ДЗТ) от всех видов коротких замыканий внутри бака трансформатора;

защиту от перегрузки (ЗП);

токовые реле для пуска автоматики охлаждения;

Кроме того, комплект 1 обеспечивает прием сигналов от газовой защиты трансформатора (ГЗ), газовой защиты РПН трансформатора (ГЗ РПН), датчиков температуры, уровня масла, неисправности цепей охлаждения.

Комплект 2 обеспечивает прием сигналов от отключающих ступеней газовых защит трансформатора, регулирования под нагрузкой (РПН) и действует на отключение через две группы отключающих реле.

Шкаф ШЭ2607 042043 предназначен для защиты автотрансформатора с высшим напряжением 220 кВ. Шкаф состоит из трех комплектов.

Комплект 1 реализует функции основных и резервных защит автотрансформатора.

Комплект 2, реализованный на базе микропроцессорного терминала БЭ2704V043, предназначен для защиты цепей стороны 6 – 10 кВ линейного регулировочного трансформатора и секций шин стороны низкого напряжения (НН).

Комплект 3 обеспечивает прием сигналов от отключающих ступеней ГЗ автотрансформатора, ГЗ РПН автотрансформатора, ГЗ линейного регулировочного трансформатора и действует на отключение автотрансформатора через две группы реле.



Рис. 4. Шкаф ШЭ2607 022 предназначен для дистанционной и токовой защит обходного выключателя [1]

Также выпускаются шкафы резервной защиты трансформаторов и автотрансформаторов ШЭ2607 071071, ШЭ2607 072071, ШЭ2607 072072.

Изделия производства НТЦ «Механотроника» представлена БМРЗ-ТР,

цифровой блок релейной защиты БМРЗ-ТР предназначен для выполнения функций релейной защиты, автоматики, управления, измерения и сигнализации трансформатора 110/35/10(6) или 10(6)/0,4 кВ. БМРЗ-ТР применяют в качестве резервных защит трансформаторов 110-220 кВ.

Функции:

трехступенчатая МТЗ;

защита от несимметрии и от обрыва фазы питающего фидера с контролем тока обратной последовательности (ЗОФ);

измерение параметров сети;

самодиагностика.



Рис. 5. Цифровой блок релейной защиты БМРЗ-ТР [1]

Применение новейшей элементной базы и современных цифровых технологий позволило получить новое качество функционирования дифференциальной защиты: совершенные алгоритмы выравнивания токов плеч, автоматический учет текущего положения РПН трансформатора, высокое быстродействие, устойчивость и адаптивность работы в переходных режимах коротких замыканий, сопровождающихся глубоким насыщением измерительных трансформаторов тока и броском тока намагничивания, удобство настройки и высокую стабильность параметров.

В 2003 – 2004 гг. фирма ЗАО «Радиус - автоматика» начала серийный выпуск терминалов, предназначенных для защиты двухобмоточных и трехобмоточных силовых трансформаторов с высшим напряжением 35 - 110 кВ. Это микропроцессорные устройства «Сириус-УВ», «Сириус-Т» и «Сириус-Т3».

Указанные терминалы выполнены в виде независимых устройств, предназначенных для работы совместно как с другими микропроцессорными защитами, так и с традиционными защитами, выполненными на электромеханической базе.

Для полноценной защиты силового трансформатора рекомендуется установка комплекса защит. Он состоит из двух терминалов: устройства управления высоковольтным выключателем и резервных защит трансформатора «Сириус-УВ», устройства основной дифференциальной защиты двухобмоточного трансформатора «Сириус-Т» (либо трехобмоточного «Сириус-Т3»).



Рис. 6. Сириус-Т3 устройство защиты трехобмоточного трансформатора [4]

Техническое совершенство комплекса защит трансформаторов определяется не только его структурой, но и качеством функционирования терминалов, входящих в комплекс. Использование микропроцессорной базы позволило, помимо стандартных и хорошо себя зарекомендовавших решений,

применить ряд новых алгоритмов и способов, значительно повышающих эффективность функционирования защит. В первую очередь это касается ДЗТ, к которой предъявляются достаточно жесткие требования по чувствительности и быстродействию.

Таким образом, предлагаемые устройства «Сириус-УВ», «Сириус-Т» и «Сириус-ТЗ» являются современными терминалами, использование которых позволяет значительно повысить надежность и эффективность функционирования системы РЗА силовых трансформаторов.

Устройство микропроцессорной защиты «Сириус-Т», предназначено для выполнения функций основной защиты двухобмоточного (в том числе с расщепленной обмоткой) трансформатора с высшим напряжением 35 – 220 кВ. Также возможно использование в качестве дифференциальной защиты реактора или мощного синхронного двигателя. Содержит подменную МТЗ высокого напряжения (ВН) и МТЗ НН с внешним комбинированным пуском напряжения. Устройство предназначено для установки на панелях и в шкафах в релейных залах и пультах управления электростанций и подстанций 35-220 кВ.

Устройство «Сириус-Т» (рис. 7) является комбинированным микропроцессорным терминалом релейной защиты и автоматики.

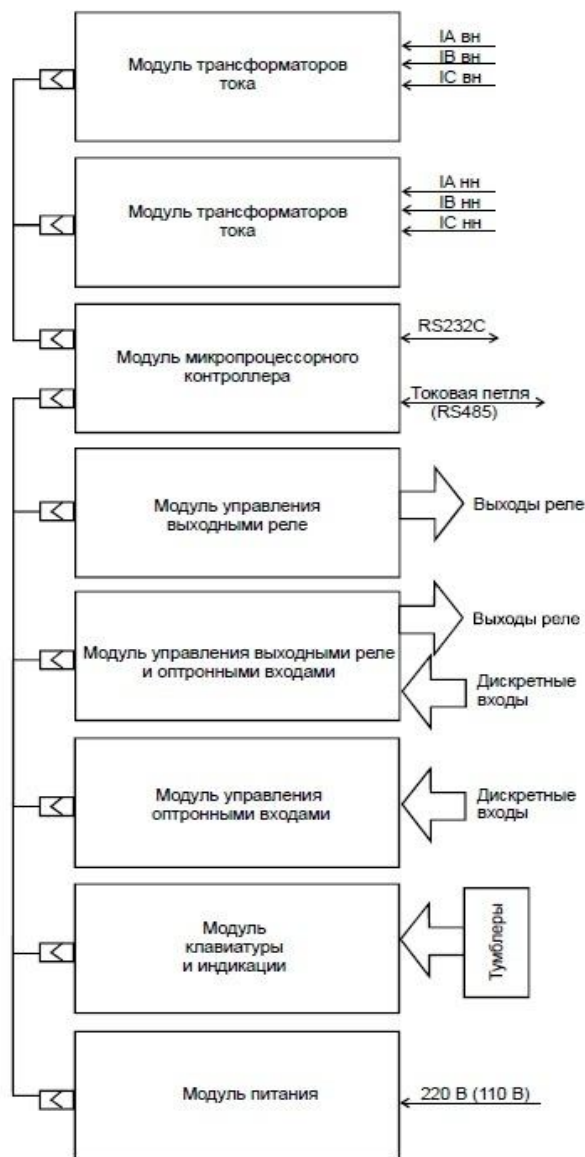


Рис. 7. Структурная схема устройства «Сириус-Т» [4]

Применение в устройстве модульной мультипроцессорной архитектуры наряду с современными технологиями поверхностного монтажа позволит обеспечить высокую надежность, большую вычислительную мощность и быстродействие, а также высокую точность измерения электрических величин и временных интервалов, что дает возможность снизить ступени селективности и повысить чувствительность терминала. Реализованные в устройстве алгоритмы функций защиты и автоматики, а также схемы подключения устройства разработаны по требованиям к отечественным системам РЗА в

сотрудничестве с представителями энергосистем и проектных институтов, что обеспечивает совместимость с аппаратурой, выполненной на различной элементной базе, а также облегчает внедрение новой техники проектировщикам и эксплуатационному персоналу.

Литература

1. Аппараты релейной защиты. URL: <http://images.yandex.ru> (дата обращения 19.03.2012)
2. Васильев И.Л., Луковкин К.П. Автоматизация устройств электроснабжения. Методическое руководство по лабораторным работам Ч. 2. : УрГАПС, Екатеринбург, 1997.
3. Аржанников Б.А., Васильев И.Л., Луковкин К.П., Фролов Л.А. Применение микропроцессоров в устройствах электроснабжения ж.д. Методическое пособие для курсового и дипломного проектирования для студентов специальности 190401 «Электроснабжение железных дорог». УрГУПС, Екатеринбург, 2006.
4. Аржанников Б.А., Набойченко И.О., Ушаков А.Г., Фролов Л.А. Комплектная трансформаторная подстанция с однофазным трансформатором с литой изоляцией.