

Важнейшая задача управления научными исследованиями в сфере релейной защиты и автоматики (РЗА) электроэнергетических систем заключается в том, чтобы определить направление развития и совершенствования средств РЗА и привлечь инвестиции.

Какое направление совершенствования РЗА наиболее перспективно для вложения средств? Убедительный ответ на этот вопрос можно получить только по истечении времени, однако решение необходимо принимать сегодня. Александр Витальевич Булычев рассказывает о базовых факторах, которые влияют на бизнес-перспективы разработок. Эта информация поможет дать им оценку – вполне адекватную в ситуации неопределенности.

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА

Технические требования и обоснование инвестиций в НИОКР

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЗА

Общее направление совершенствования РЗА можно определить на основе следующих рассуждений.

Принципиально новое свойство устройств РЗА, которое появилось при использовании цифровой элементной базы, – это способность запоминать и хранить информацию. Поэтому следует ожидать, что наиболее существенное улучшение свойств устройств РЗА произойдет благодаря этой принципиальной особенности – способности запоминать, хранить и затем обрабатывать сохраненную информацию [1]. Причем время хранения информации может составлять как доли миллисекунды, так и многие годы.

Накопленная информация – это основа (исходные данные) для анализа состояния контролируемого объекта и электроэнергетической системы (ЭЭС) в целом. Благодаря этому свойству уже сформировались некоторые направления совершенствования РЗА:

- определение места повреждения (ОМП);
- анализ аварийных ситуаций;
- реализация защит с более точными и сложными математическими моделями контролируемых объектов (дистанционные измерительные алгоритмы, защиты от однофазных замыканий на землю, дифференциальные защиты, решение задач фильтрации), для оперирования которыми необходимы численные методы.

Есть направления, которые находятся в начальной стадии решения:

- уточнение параметров электрических систем (по которым определяются параметры срабатывания) на основе данных, зафиксированных при реальных повреждениях;
- упреждающие защиты, имеющие отрицательное время срабатывания (срабатывают до момента возникновения повреждения);
- гибкие (адаптивные) системы релейной защиты, параметры срабатывания которых могут определяться и изменяться в процессе работы в зависимости от конфигурации (режима) контролируемого объекта;
- создание комплексных централизованных систем управления подстанциями в нормальных и аварийных режимах (по сути, это комплексы, состоящие из автоматизированных систем управления подстанциями и РЗА).

Вторая группа направлений представляет наибольший интерес для инвесторов, так как решение задач этой группы может существенно улучшить основные свойства РЗА (селективность, быстродействие, чувствительность и надежность), а следовательно, повысить привлекательность получаемых в результате инвестиций инновационных средств РЗА.

Действительно, новые решения в этой сфере еще не приблизились к границам реализуемости методического и практического характера. В связи с этим велика вероятность существенного продвижения и успеха при работе в этих направлениях.



Александр Булычев,
д.т.н., профессор, технический
директор ООО «НПП Бреслер»,
г. Чебоксары

СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПРОТИВОРЕЧИЯ В РЗА

Развивающийся процесс массовой замены устройств РЗА, выполненных на электромеханической базе, на цифровые устройства, к сожалению, сопровождается снижением надежности РЗА. Отчасти это объясняется эффектом так называемой «приработки», характерным для периода освоения нового оборудования. Его отрицательное влияние на надежность постепенно, по мере приобретения опыта производства и эксплуатации, уменьшается, и надежность повышается.

Однако основная причина связана с несогласованностью особенностей цифровой техники и функций РЗА.

Противоречивость заключается в следующем.

Во-первых, наиболее уязвимыми элементами систем РЗА справедливо считаются физические каналы связи между отдельными устройствами РЗА. А в цифровых системах многочисленные коммуникационные связи считаются нормой. Риски нарушения нормальной работы этих физических каналов связи повышаются в экстремальных условиях при повреждениях в ЭЭС, когда ответственность действий РЗА особенно велика.

Например, возникающие при КЗ электромагнитные помехи способны нарушить работу практически всех используемых каналов связи. По статистическим данным, периодичность отказов и неправильных действий защит, устанавливаемых на протяженных объектах, построенных с применением высокочастотных и других каналов связи, в десятки раз выше, чем защит, сосредоточенных на локальном объекте без дополнительных связей.

В качестве наглядного примера из статистического отчета можно отметить, что средняя периодичность отказов защит генераторов составляла в 1979 году 702 года, а защит линий с высокочастотным каналом связи – лишь 22 года, т.е. почти в 32 раз чаще [2]. Логические связи действуют в любых условиях и не подвержены воздействию внешних электрических и электромагнитных помех. Во многом благодаря этому свойству электромеханическая релейная защита имеет высочайшую степень надежности. Следовательно, этот хорошо зарекомендовавший себя на протяжении 100-летней истории электроэнергетики подход выгодно использовать при построении новых цифровых систем РЗА.

Во-вторых, цифровые управляющие системы, как правило, строят с применением магистральной структуры, при которой цифровые сигналы от одного устройства к другому передаются через общую цифровую шину (коммуникационный канал). В системе с такой структурой стремится иметь один общий для всех элементов датчик входных величин (например, трансформатор тока). Выход из строя датчика входных величин или общей цифровой шины полностью нарушает работу всей системы защиты. В традиционных системах РЗА с явным положительным эффектом применяется радиальная структура, при которой в каждой защите (или в группе защите) используется отдельный трансформатор тока. Общим, по сути, для всех защите является только один элемент – выключатель.

Благодаря этой структуре выход из строя отдельного элемента приводит лишь к утрате отдельных функций и не нарушает работу системы защиты в целом.

В-третьих, цифровым системам свойственно глобальное обобщение и совмещение функций, обусловленное исходной идеей построения микропроцессорных устройств: один набор унифицированных узлов позволяет выполнять разные функции за счет программного способа управления ими. Каждая управляющая программа однозначно устанавливает последовательность выполнения операций, что обеспечивает возможность задавать один из возможных алгоритмов работы микропроцессорного устройства. Отсюда стремление осуществлять функции всех защит, а иногда еще и функции управления подстанцией с помощью одной цифровой системы. Традиционным системам РЗА, в отличие от цифровых систем, свойственно стремление к персонализации. Отдельное устройство, выполняющее отдельную функцию, контролирует отдельный объект. Это, безусловно, дает существенные преимущества в обеспечении высокой надежности (живучести) РЗА.

В-четвертых, РЗА – это огромная управляющая система, представляющая собой совокупность согласованно и целенаправленно действующих, взаимосвязанных, разнообразных по природе элементов и автоматических устройств. Каждый ее элемент обеспечивает выявление и отделение от ЭЭС поврежденного объекта, а РЗА в целом обеспечивает сохранение работоспособности ЭЭС при повреждениях отдельных элементов. Это системный эффект, ради которого, собственно, система РЗА построена. С этим, безусловно, надо считаться. Например, можно попробовать создать новую операционную систему для компьютеров. Но даже если она будет во много раз лучше Windows, ее не будут покупать и устанавливать на свои компьютеры, потому что для нее нет программ. Производители не будут создавать под нее новые программы, потому что нет пользователей с этой операционной системой, которые покупали бы эти программы. Такая разработка обречена на забвение.

В-пятых, в аппаратной и программной части цифровых систем задействовано огромное количество компонентов и команд соответственно. Вероятность возникновения аппаратных повреждений и программных сбоев при этом оказывается очень высокой. Редкий компьютер может проработать без подобного рода нарушений хотя бы несколько лет, и лучшие показатели периодичности отказов электромеханических комплектов РЗА для цифровой техники представляются пока фантастическими.

Таким образом, стремление преодолеть порой противоречивые особенности традиционной РЗА и цифровой техники вызывает необходимость решения широкого круга задач научно-исследовательского характера.

Вместе с тем, неизбежно повышается роль научной составляющей любых проектов в РЗА. Особый интерес представ-

ляют комплексные решения, в которых не только решаются отдельные задачи по улучшению свойств отдельных защит, но и достигается дополнительный системный эффект за счет единства (эффект появления новых свойств системы, отдельные компоненты которой этими свойствами не обладают).

ФАКТОРЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ

Создаваемая система релейной защиты должна обеспечить:

- повышение надежности электроснабжения потребителей за счет улучшения основных свойств (селективности, быстродействия, чувствительности и надежности) и выполнения всех своих основных функций по выявлению и локализации повреждений при работе как в составе централизованной системы управления подстанцией, так и при автономной работе устройств защиты, установленных на отдельных элементах подстанции;
- снижение ремонтно-эксплуатационных расходов за счет автоматического диагностирования и резервирования отдельных устройств защиты, временно выведенных из работы;
- повышение степени защиты от несанкционированного доступа по цифровым сетям к параметрам срабатывания релейной защиты и автоматики, а также к элементам управления подстанцией за счет четкого разграничения функций релейной защиты на базовые и сервисные.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Наиболее значимые инженерно-экономические аспекты новых разработок можно наглядно показать на примере полной системы управления с выделенной системой защиты, предназначенной для установки на подстанциях класса 110/35/10 кВ, организованной по новым принципам.

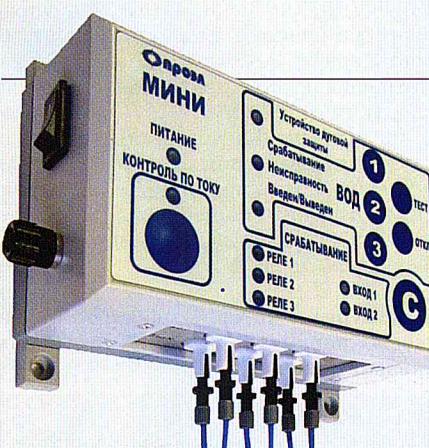
В основу системы релейной защиты положен принцип четкого отделения основных функций от сервисных.

Основной задачей научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы (НИОКР) является создание новой высокоеффективной и надежной цифровой системы релейной защиты и автоматики (ЦРЗА) и управления в нормальных режимах с опытным образцом для подстанций класса 110/35/10 кВ.

Управление подстанцией должно быть четко разделено по функциям:

- управление в нормальных режимах (на основе принципов оперативно-диспетчерского управления с развитой информационно-аналитической базой, автоматики управления нормальными режимами и других средств);
- управление в аварийных режимах (на основе принципов противоаварийной автоматики, РЗА).

Для управления подстанцией в нормальных режимах должна быть разработана централизованная автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУТП) подстанции. ▶



УДЗ «ПРОЭЛ-МИНИ»

Устройство дуговой защиты устанавливается в отсеке низковольтного оборудования ячейки или выносится на дверцу данного отсека.

Устройство управляет выключателем ячейки и через шины управления подает сигнал срабатывания на выключатели высших ступеней.

ПРОЭЛ
Россия, Санкт-Петербург,
наб. Обводного канала, д. 118А, лит. Л
Тел./факс: (812) 331-50-33, 331-50-34
info@proel.spb.ru, www.proel.spb.ru

Напряжение питания постоянное, В	120–250
Напряжение питания переменное, В	90–264
Частота переменного напряжения питания, Гц	44–55
Рабочий диапазон температур, °C	от -40 до +60
Максимальное число ВОД	3
Число дискретных входов	2
Число дискретных выходов	3
Габариты (длина, высота, глубина), мм	156x108x64,5

Особенности:

- волоконно-оптические датчики в качестве приемника излучения;
- высокое быстродействие;
- высокая помехозащищенность;
- высокая селективность;
- одно устройство защищает одну ячейку;
- программируемый алгоритм работы;
- автоматическое тестирование целостности ВОД.

К устройству можно подключить до 3-х ВОД: например, ВОД из отсека выключателя, ВОД из отсека сборных шин и ВОД из отсека ввода/вывода. В устройстве предусмотрена возможность формирования сигналов: «Запрет АПВ» или «Запрет АВР», «Неисправность», «Срабатывание» и «Отсутствие оперативного тока».

- ▶ Для управления подстанцией в аварийных режимах должна быть разработана цифровая система релейной защиты и автоматики, которая должна действовать независимо (автономно) от других систем управления подстанцией, с минимальным количеством каналов связи, и отделять поврежденные элементы ЭЭС от исправной ее части за минимальное время по заранее определенным алгоритмам.

ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Разрабатываемая ЦСРЗА должна выполнять основные функции релейной защиты применительно к двухтрансформаторной подстанции класса напряжений 110/35/10 кВ с главной схемой типов 5Н, 5АН и других, близких по структуре типов схем с трансформаторами мощностью 6,3 МВА и более.

В этой связи ЦСРЗА должна обеспечивать селективное отключение коротких замыканий (КЗ) в соответствующих зонах действия защит за наименьшее возможное время с целью сохранения бесперебойной работы неповрежденной части ЭЭС, а также сохранения устойчивой работы ЭЭС, восстановления нормальной работы с помощью средств противоаварийной автоматики (автоматической частотной разгрузки (АЧР), автоматического повторного включения (АПВ), автоматического включения резервного питания (АВР) и др.).

ЦСРЗА должна выполнять все свои основные функции по выявлению и локализации повреждений в контролируемой ЭЭС при работе как в составе централизованной АСУТП подстанции, так и при автономной работе устройств защиты, установленных на отдельных элементах подстанции.

Разработка должна быть завершена созданием и всесторонним исследованием опытного образца ЦСРЗА в составе АСУТП на действующей подстанции.

Программно-технический комплекс АСУТП, представляющий собой интегрированную систему управления подстанцией, должен обеспечивать:

- обмен информацией с верхними уровнями контроля и управления;
- дистанционное управление оборудованием подстанции (функции устройств телемеханики);
- мониторинг основного силового оборудования подстанции и МП РЗА;
- контроль состояния силового коммутационного оборудования (включено, отключено, положение заземляющих ножей и выкатных тележек) и состояния устройств защит и автоматики (факт срабатывания);
- управление коммутационными аппаратами (выключателями 110 кВ, разъединителями 110 кВ, выключателями 10 кВ);
- передачу телемеханической информации по имеющимся и перспективным каналам связи;
- регистрацию аварийных событий;
- мониторинг счетчиков коммерческого и технического учета электроэнергии.

На каждом из элементов контролируемой ЦСРЗА части ЭЭС должна быть предусмотрена основная защита, предназначенная для ее действия при повреждениях в пределах всего защищаемого элемента с временем, меньшим чем у других установленных на этом элементе защит. Кроме того, на каждом из элементов контролируемой ЦСРЗА части ЭЭС должна быть предусмотрена резервная защита, обеспечивающая дальнее резервное действие. Если в качестве основной используется защита с абсолютной селективностью, то резервная защита должна выполнять функции не только дальнего, но и ближнего резервирования.

Измерение токов и напряжений, контролируемых устройствами ЦСРЗА, должно осуществляться с помощью традиционных электромагнитных трансформаторов тока и напряжения. При этом основные и соответствующие резервные защиты должны, как правило, получать входные сигналы от разных вторичных обмоток трансформаторов тока.

Питание устройств ЦСРЗА должно выполняться от источника оперативного постоянного тока.

Для линий электропередачи (ЛЭП) 110 кВ должна быть предусмотрена основная и резервная защита. В качестве основной защиты может быть применена продольная дифференциальная защита линий (ДЗЛ) или направленная высокочастотная защита (НВЧЗ). При использовании защит ДЗЛ или НВЧЗ необходимо предусмотреть установку второго полукомплекта на противоположном конце ЛЭП 110 кВ и канал связи между полукомплектами.

В качестве резервных защит необходимо использовать ступенчатые дистанционные защиты (ДЗ) от всех видов замыканий и токовые направленные защиты нулевой последовательности (ТНЗНП) от замыканий на землю.

На стороне 110 кВ должна быть предусмотрена автоматика управления выключателями (АУВ) с функцией АПВ и устройством резервирования отказа выключателя (УРОВ).

Должна использоваться защита ошиновки 110 кВ по дифференциальному принципу, а также отдельная защита, устанавливаемая на шиносоединительный выключатель 110 кВ, содержащая токовые защиты от междуфазных и однофазных КЗ.

Для трансформаторов должны быть предусмотрены защиты от следующих видов повреждений:

- междуфазных замыканий в обмотках и на выводах;
- однофазных КЗ на землю в обмотках и на выводах, присоединенных к сети с глухозаземленной нейтралью;
- витковых замыканий в обмотках;
- токов в обмотках, обусловленных внешними КЗ;
- токов в обмотках, обусловленных перегрузками;
- понижения уровня масла в баке масляного трансформатора;
- однофазных замыканий на землю в сетях 10 и 35 кВ.

Необходимо выполнить все защиты, устанавливаемые на трансформаторах данного класса:

- газовая защита;
- продольная дифференциальная защита;
- защита от токов внешних КЗ;
- защита от однофазных замыканий на землю;
- защита от перегрузки;
- другие защиты, улучшающие основные свойства системы РЗА.

Для отходящих линий 10 и 35 кВ должны быть установлены защиты от междуфазных замыканий и однофазных замыканий на землю. В качестве основных защит от междуфазных коротких замыканий должны использоваться токовые защиты с зависимыми и независимыми от тока выдержками времени срабатывания.

Резервная защита должна осуществлять дальнее резервирование всех защит смежных присоединений, в том числе защит трансформаторов, подключенных к ответвлениям на защищаемых ЛЭП.

Защита от однофазных замыканий на землю должна обеспечивать выявление поврежденного присоединения при изолированной и компенсированной (заземленной через индуктивное или активно-индуктивное сопротивление) нейтрали и иметь возможность действовать на отключение и на сигнал.

На вводных выключателях 10 и 35 кВ должны быть установлены специальные защиты, выполняющие функции комплекса основных токовых защит, и дополнительные функции управления. На секционных выключателях 10 и 35 кВ, кроме того, должны быть защиты, обеспечивающие АВР.

На всех секциях шин 10 и 35 кВ должна быть предусмотрена компенсация емкостных токов замыкания на землю, реализованная с помощью дугогасящих агрегатов (ДГА) на 10 кВ и дугогасящих катушек (ДГК) на 35 кВ. Автоматика управления ДГА и ДГК должна обеспечивать их настройку в резонанс по собственной частоте контура нулевой последовательности при заземлении нейтрали как через индуктивное, так и через активно-индуктивное сопротивление.

В закрытом распределительном устройстве подстанции должна быть установлена дуговая защита. Для секционированных шин 10 и 35 кВ должна быть предусмотрена логическая защита шин (ЛЗШ), построенная на цепях пуска от третьих ступеней токовых защит. Для распределительного устройства 10 кВ должна быть предусмотрена АЧР.

В следующем номере журнала автор подробно остановится на оценке финансовых параметров НИОКР, необходимых для решения поставленной задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булычев А.В., Гуляев В.А. Инновационные технико-экономические решения в релейной защите электрических систем: Учеб. пособие. Вологда: Вологодский государственный технический университет, 2005.
2. Статистические данные о работе релейной защиты и электроавтоматики в энергосистемах СССР за 1979 год. М.: Служба передового опыта и информации Союзтехэнерго, 1980.