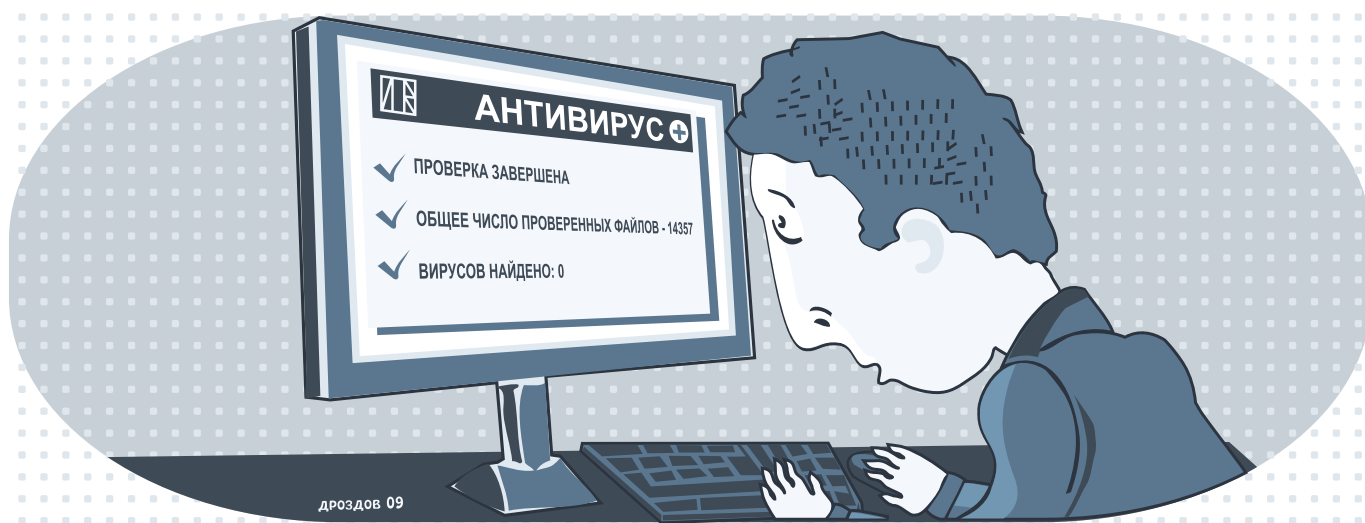


Использование средств автоматизации при вводе в эксплуатацию и техническом обслуживании устройств РЗА



В данной статье вы найдете ответы на следующие вопросы:

- В чем заключается автоматизация проверки функций цифровых устройств релейной защиты и автоматики (ЦРЗА)?
- Каковы варианты автоматизации проверок на отдельных этапах пуска и технического обслуживания ЦРЗА?

Авторы

Григорьев В. В.,
Иванов В. Л.,
Степанов В. А.,
Шнеерсон Э. М.

Иntenсивное внедрение цифровых устройств релейной защиты и автоматики (ЦРЗА) на фоне имеющегося дефицита квалифицированного обслуживающего персонала не привело, во многих случаях, к ожидаемому повышению показателей релейной защиты. Это связано, прежде всего, с ошибками, обусловленными «человеческим фактором», вносимыми на отдельных стадиях внедрения ЦРЗА (проектирование, пуско-наладочные работы, эксплуатация) [1, 2].

Указанное обусловлено, в том числе функциональной сложностью многих ЦРЗА вследствие большого объема защитных и дополнительных функций, программируемых логическо-функциональных свя-

зей, параметров и сообщений, которые необходимо контролировать в процессе проверки правильности функционирования ЦРЗА. Принципиальные затруднения вызывает и тот факт, что отсутствие законченных блоков и программный уровень формирования структуры ЦРЗА во многих случаях затрудняет проверку выбранных функций традиционными методами вследствие одновременного пуска других функций. Учет этого фактора приводит к необходимости применения дополнительных мер (например, перепрограммирования терминалов ЦРЗА) для исключения влияния непроверяемых функций в процессе проверки, что, в свою очередь, ставит под вопрос корректность таких проверок с учетом возможности внесения ошибок при восстановлении конфигурации

терминалов. Полноценная проверка традиционными методами значительного объема функций, параметров и сообщений ЦРЗА, существенно большего чем у защит предыдущих поколений потребует не только наличия квалифицированного обслуживающего персонала, но и существенных затрат времени и средств.

Одним из основных путей выхода из создавшегося положения является использование средств автоматизации, в первую очередь, при выполнении пуско-наладочных работ и профилактическом обслуживании ЦРЗА. Указанное обеспечивает, прежде всего:

- повышение качества и достоверности проверки вследствие возможности подведения к ЦРЗА набора последовательностей, содержащих значительное количество аналоговых и дискретных сигналов, необходимых для полноценной проверки отдельных функций ЦРЗА;
- необходимый объем проверки многочисленных функций ЦРЗА и фиксацию результатов проверки, отражаемых в генерируемых протоколах испытаний;
- существенное снижение затрат времени и средств на проверку ЦРЗА однотипных объектов;
- снижение требований к квалификации проверяющего персонала и уменьшение числа ошибок, обусловленных «человеческим фактором»;
- запоминание хода и результатов проверки на носителе информации (генерирование протоколов проверки) и возможность при необходимости ее быстрого повторения, в том числе, при эксплуатационном обслуживании.

Ниже рассматриваются вопросы реализации элементов концепции автоматизации технического обслуживания ЦРЗА [1,2] на основе комплекса программно-технических средств, разработанных НПП «Селект» и НПП «Динамика».

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА АВТОМАТИЗАЦИИ

В качестве базовой программы автоматизации разработано специальное программное обеспечение, позволяющее создавать различные сценарии автоматической проверки функций защиты и автоматики. Это обеспечивается подведением к входам ЦРЗА (обычно шкафам) с помощью компьютерно – управляемого проверочного устройства РЕТОМ-51

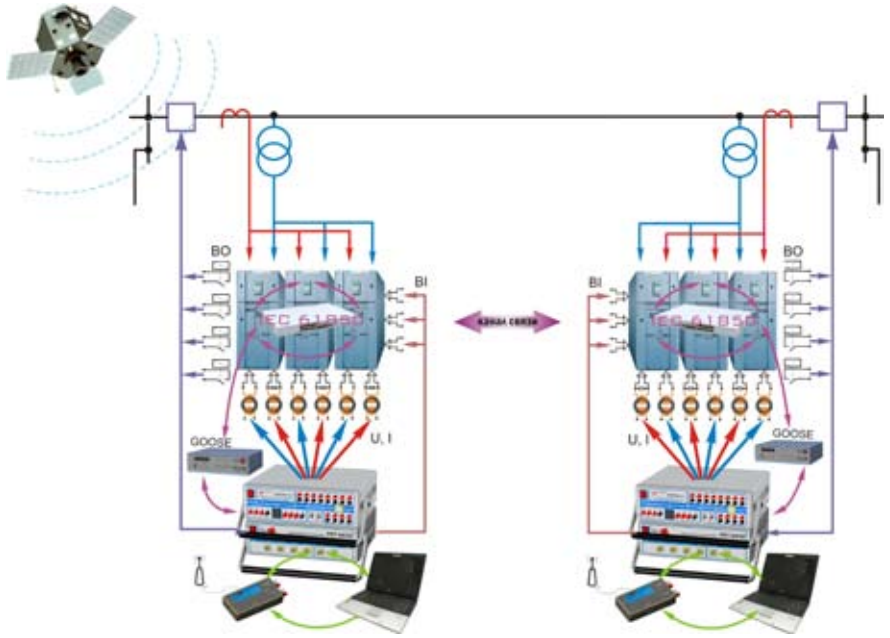


Рис. 1. Конфигурация испытательной системы при проверке дифференциальной защиты ВЛ

(61) требуемых для текущего вида проверки комбинаций аналоговых сигналов (токов и напряжений) и дискретных сигналов с одновременным контролем генерируемых ЦРЗА выходных сигналов и сообщений. При необходимости проведения операций с большим числом входных и выходных дискретных сигналов возможно использование дополнительно приставки-расширителя числа дискретных входов/выходов РЕТ-64/32.

Для проведения синхронных испытаний по обоим концам линии используется GPS-синхронизация на основе приставки РЕТ-GPS к РЕТОМ-51 (61), которая позволяет, синхронно и синфазно выдавать токи и напряжения обоих удаленных полуккомплектов (рис. 1). Для контроля GOOSE-сообщений (стандарт МЭК 61850) используется разработанное фирмой «Динамика» устройство РЕТ-61850, которое взаимодействуя с РЕТОМ-51 (61) позволяет генерировать и считывать необходимые сигналы по сети Ethernet.

Базовое программное обеспечение дает возможность интегрировать отдельные модули проверяемых объектов подстанции (ПС) в иерархическую структуру, соответствующую реальной схеме ПС (рис. 2). Обращение к отдельным строкам данной структуры соответствует переходу к процессу автоматизированной проверки выбранных защитных функций элемента ПС.

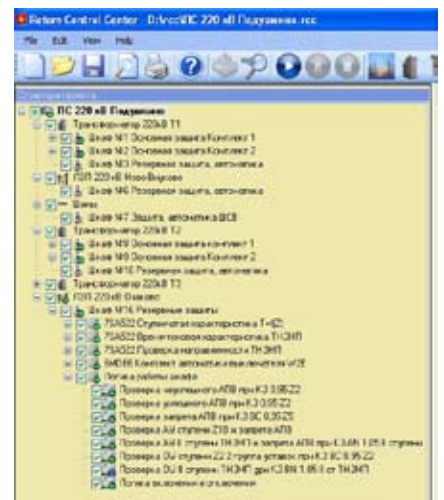


Рис. 2. Реализованная на основе базовой программы иерархическая структура проверки ПС 220 кВ

В частности, иерархическая структура ПС на примере ПС 220 кВ Подушкино включает 4 уровня:

- 1 уровень – присоединение (ЛЭП, Трансформатор, Шины, Реактор);
- 2 уровень – шкаф РЗ и А или комплекс из нескольких шкафов (панелей);
- 3 уровень (при необходимости) – уровень терминала или отдельной группы проверок;
- 4 уровень – вид проверки (проверяемая функция).

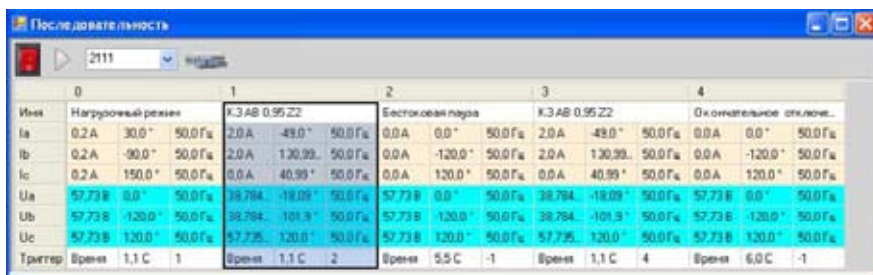


Рис. 3. Последовательность циклов при проверке функции неуспешного АПВ (КЗ АВ во второй зоне дистанционной защиты)

№	Режим	Условие	Контролируемый сигнал					Общая оценка	
			имя	подкл.	контроль	тип	время		оценка контакта
2	Нагрузочный режим	Нет излишних срабатываний	Действие защиты на отключение выключателя	03x113_03x85 (BO20_7SA522)	Норма	0	0.55 ^{0.00}	Норма	Норма
			Запрет АПВ при срабатывании защит в режиме АУ	01x115_01x85 (BO21_7SA522)	Норма	0	0.55 ^{0.00}	Норма	
			Общий пуск АПВ	01x85_01x85 (BO6_7SA522)	Норма	0	0.55 ^{0.00}	Норма	
			Отключение выключателя вручную	03x65_03x71 (BO6_6MD66)	Норма	0	0.55 ^{0.00}	Норма	
			Включение выключателя	03x65_03x79 (BO6_6MD66)	Норма	0	0.55 ^{0.00}	Норма	
3	КЗ АВ 0.95 З2	Отключение от З2	Действие защиты на отключение выключателя	03x113_03x85 (BO20_7SA522)	Норма	0→1	0.9 ^{0.1}	Норма	Норма
4	Бестоковая пауза	Включение от АПВ	Включение выключателя	03x65_03x79 (BO6_6MD66)	Норма	0→1	5 ^{0.1}	Норма	Норма
					Фактич.	0→1	5.053 ^{0.000}		
6	КЗ АВ 0.95 З2	Запрет АПВ	Запрет АПВ при срабатывании защит в режиме АУ	01x115_01x85 (BO21_7SA522)	Норма	0→1	0.1 ^{0.1}	Норма	Норма
					Фактич.	0→1	0.183 ^{0.000}		
7	Оккончателное отключение	Отсутствие повторного включения от АПВ при неуспешном 1-м цикле	Включение выключателя	03x65_03x79 (BO6_6MD66)	Норма	0	5 ^{0.1}	Норма	Норма
					Фактич.	0	-		

Рис. 4. Протокол испытаний при проверке функции неуспешного АПВ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОВЕРКИ ФУНКЦИЙ ЦРЗА

Для того чтобы осуществить проверку той или иной функции защиты или автоматики необходимо сформировать в общем случае с помощью проверочного устройства ряд последовательностей аналоговых (токи, напряжения) и дискретных сигналов,

подводимых к ЦРЗА, в том числе изменяющиеся во времени токи и напряжения, соответствующие доаварийному, аварийному и послеаварийному режимам защищаемого объекта, дискретные сигналы, характеризующие состояние элементов энергосистемы (например, блок-контакты выключателя, реле положения РПВ, РПО и т.п.), сигналы,

приходящие от РЗА других объектов, сигналы управления, ускорения защит и т.п.

Проверочное устройство конфигурируется таким образом, чтобы принимать и фиксировать сигналы и сообщения, генерируемые ЦРЗА при проверке, в том числе сигналы пуска, отключения, действия отдельных функций. В зависимости от реакции проверяемого ЦРЗА проверочное устройство будет изменять последовательность генерируемых аналоговых сигналов, в частности, прекращать генерирование токов через заданное время после возникновения сигнала отключения объекта, повторно генерировать входные аналоговые сигналы при неуспешном АПВ и т.п.

Последовательности генерируемых аналоговых и дискретных сигналов образуются совокупностью отдельных (единичных) программируемых циклов. Длительность цикла может сокращаться при приходе определенных сигналов от ЦРЗА, что также программируется при задании цикла.

Оценка правильности проведенного теста производится в автоматическом режиме в каждом цикле с помощью сопоставления выходных сигналов ЦРЗА с сигналами, которые должны возникнуть при правильном функционировании устройства (оцениваются моменты возникновения и длительность возникающих дискретных сигналов). В каждом цикле возможно задание произвольного числа оценочных условий. В самом условии может анализироваться произвольное число дискретных входов.

По окончании проверки каждой функции программой формируется протокол испытаний, с оценкой каждого теста «Норма» или «Ошибка» и с указанием полученных погрешностей. Оценка «Норма» возникает при полном соответствии логики и времен действия выходных контактов УРЗ, подключенных к входам испытательного оборудования, с предварительно заданными состояниями в таблицах оценок. В противном случае возникает оценка «Ошибка».

Проиллюстрируем указанное на примере проверки функции АПВ при неуспешном повторном включении. На рис. 3 и рис 4 представлены соответственно формируемая последовательность циклов, используемых в данной проверке, и таблица протокола с результатами проверки.

Программа дает дополнительную возможность для просмотра и анализа результата выполнения каждого условия оценки (рис. 5). При выборе строки в этой таблице в нижней части окна графически показывается работа выбранного контакта совместно с



УСЛУГИ:

СЕРВИС устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) энергосистем различных производителей на основе автоматизации пуско-наладочных и проверочных работ с генерацией протоколов испытаний:

- наладочные работы и пуск в эксплуатацию;
- комплексные проверки аппаратуры РЗА на объекте с имитацией аварийных режимов в системе пользователя;
- обеспечение приемных испытаний;
- профилактический контроль РЗА;
- обучение персонала.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Универсальный инструмент для проверки РЗА различных производителей и оформления документации - **«КОМПЛЕКС»:**

- генерация последовательностей аналоговых и дискретных сигналов для проверки различных функций РЗА с использованием одного или нескольких РЕТОМ 51(61), РЕТ-64/32 и РЕТ-61850;
- анализ и оценка входных дискретных сигналов и GOOSE сообщений;
- генерация протоколов проверки с выявлением ошибок и несоответствий;
- запоминание хода и результатов проверки на носителе информации с возможностью при необходимости её быстрого повторения (например, при техническом обслуживании).

ПОСТАВКА:

ПО **«КОМПЛЕКС»** с инициализацией на РЕТОМ 51 (61).

ООО «НПП «Селект»

428000, г.Чебоксары, ул.Анисимова, 6

т./ф. (8352) 45 26 00, e-mail:select@rzaselect.ru

www.rzaselect.ru

Цели условия	Имя условия	Тном	Тдел	Тдел+	Такс	Тдел-	Оценка
1 (211) Микроавтоматический выключатель	Нет сигнала срабатывания	0.95000 С	0.95000 С	0.95000 С	0.00000 С	0.05000 С	+
2 (211) КЗ АВ 0.95.22	Отключение от ЗЗ	0.90000 С	0.10000 С	0.10000 С	0.32429 С	0.03429 С	+
3 (211) Проверка пуска	Выключение от АВ	5.00000 С	0.10000 С	0.10000 С	5.00000 С	0.05000 С	+
4 (211) КЗ АВ 0.95.22	Защит АВ	0.10000 С	0.10000 С	0.10000 С	0.14300 С	0.00300 С	+
5 (211) КЗ АВ 0.95.22	Отключение от ЗЗ	0.10000 С	0.05000 С	0.05000 С	0.14300 С	0.02300 С	+
6 (211) Одновременное отключение	Срабатывание пускового выключателя от АВ при нарушении Т-напряжения	5.00000 С	0.50000 С	0.50000 С	0.00000 С	5.00000 С	+




Рис. 5. Пример таблицы оценки заданного условия (в данном случае контролируется сигнал включения в цикле АГВ)

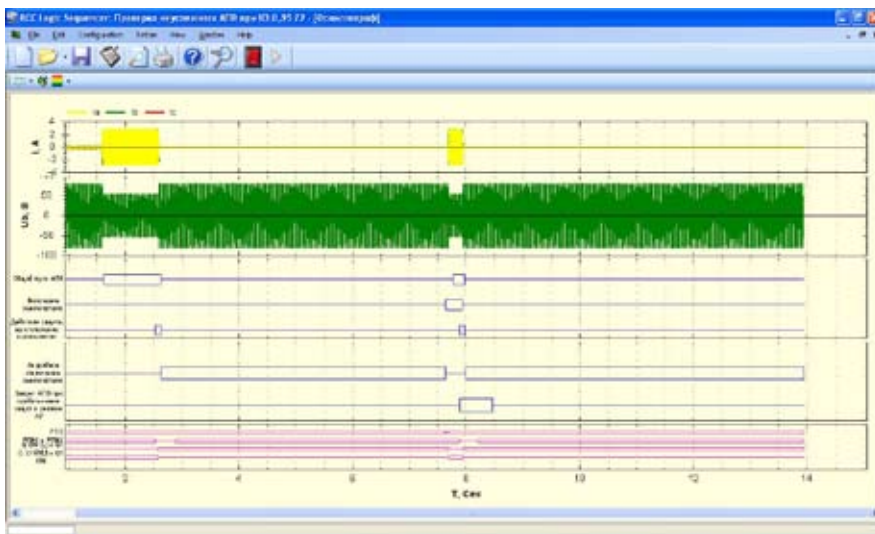


Рис. 6. Осциллограмма проверки неуспешного АГВ

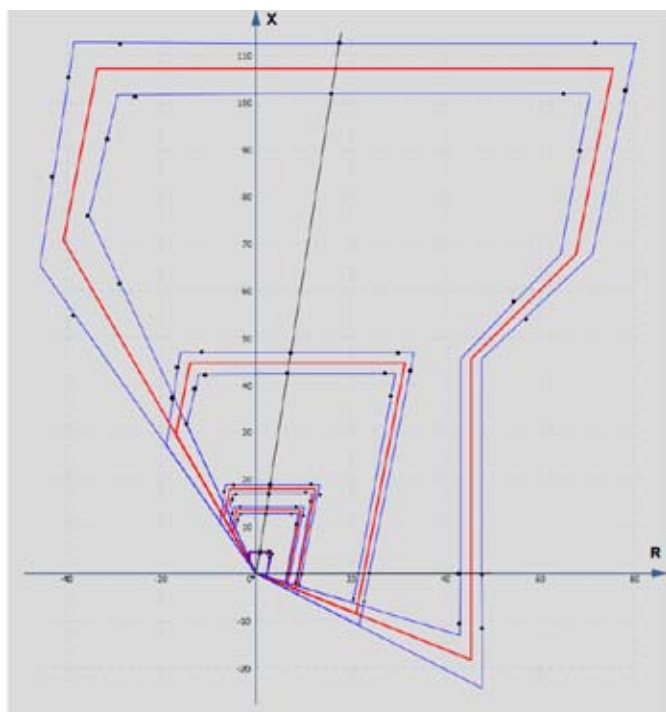


Рис. 7. Проверка характеристик срабатывания дистанционной защиты

оценочным условием. Зеленым цветом на графике отображается зона оценки, красной линией – ожидаемая работа контакта, синей – фактический результат.

В протокол комплексных испытаний для каждой проверки при необходимости вводится реальная осциллограмма проверки, фиксируемая проверочным устройством (рис. 6). В осциллограмме по выбору пользователя отображаются необходимые токи и напряжения, контактные выходы и дискретные входы испытательного устройства.

Отличительной особенностью программ проверки является динамический характер проверок, то есть скачкообразное изменение входных сигналов тока и напряжения, что максимально приближает режим испытания РЗА к реальным условиям КЗ. Алгоритм проверок характеристик срабатывания ступеней дистанционной защиты оптимизирован таким образом, что проверяются только характеристические точки (на угле линии и на изломах характеристики) – см. рис. 7. На рис. 8 приведена характеристика срабатывания из протокола испытаний дифференциальной защиты трансформатора.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЭТАПОВ ПУСКА И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЦРЗА

Пуско-наладочные и приемные испытания

Наиболее актуальным является применение средств автоматизации для проверок ЦРЗА на вновь вводимых или реконструируемых объектах. Рис. 9 поясняет возможный вариант организации проверочных работ.

Необходимыми условиями автоматизации отдельных этапов проверочных работ при наладочных (приемных) испытаниях является наличие компьютерно – управляемого проверочного устройства и базового программного обеспечения, позволяющего пользователю создавать различные проверочные модули с учетом особенностей конкретных объектов. Помимо «стандартных» программ проверки отдельных функций (например, характеристик срабатывания дистанционных защит, дифференциальных защит и т.д.), ключевое значение для комплексной проверки отдельных функций, включая логические связи, при наладочных работах, а также при приемных испытаниях имеет базовое программное обеспечение, позволяющее генерировать произвольные последовательности единичных тестов и контролировать результаты проверки (например, рис. 4). Разрабо-

танные на основе базового программного обеспечения программные модули проверки конкретного объекта открыты для наладочного персонала и допускают корректировку проверочных программ с учетом возникающих новых условий.

ОАО «ФСК ЕЭС» в 2008 году принял «Регламент по приему новой техники РЗА в эксплуатацию», предусматривающий проведение приемных испытаний при вводе новой техники РЗА.

При приемке ЦРЗА сложных объектов, целесообразно использовать, в необходимых случаях, итоговую комплексную проверку (ИКП) [2], когда при вводе в эксплуатацию производится проверка всего комплекса РЗА объекта путем имитации повреждений на объекте с соответствующими сигналами, подводимыми к входам комплекса РЗА (например, рис. 1). При этом проверяется реакция всего комплекса РЗА на различные повреждения на защищаемом объекте (внешние и внутренние повреждения, успешное неуспешное АПВ и ОАПВ, действие УРОВ и т. д.) и, следовательно, контролируются не только ошибки при монтаже и наладке, но и возможные ошибки в проекте.

При проведении ИКП конфигурация, параметры и уставки проверяемого ЦРЗА полностью соответствуют рабочему состоянию отдельных терминалов и всего комплекса РЗА объекта, предусмотренному проектом.

Входные цепи переменного тока и напряжения отсоединены от измерительных трансформаторов и присоединены к входам испытательного устройства (ИУ). Программно управляемое ИУ генерирует сигналы переменного тока и напряжения, соответствующие различным видам КЗ внутри и вне защищаемого объекта и синхронно с необходимыми сдвигами по времени генерирует дискретные сигналы, соответствующие действию от РЗА других объектов, если они в данном случае предусмотрены. Одновременно контролируются и выходные сигналы комплекса, подаваемые на вход ИУ (например, рис. 1).

Отметим, что концепция ИКП основана на принципе «черного ящика» – на входах комплекса УРЗА создаются сигналы, соответствующие различным повреждениям в энергосистеме и контролируется правильность генерируемых комплексом команд и сообщений. Поэтому необходимость специальных знаний, связанных с особенностями ЦРЗА отдельных производителей минимизируется. Ошибки, связанные с переходом от режима проверки к рабочему режиму, также минимизируются тем, что этот переход опре-

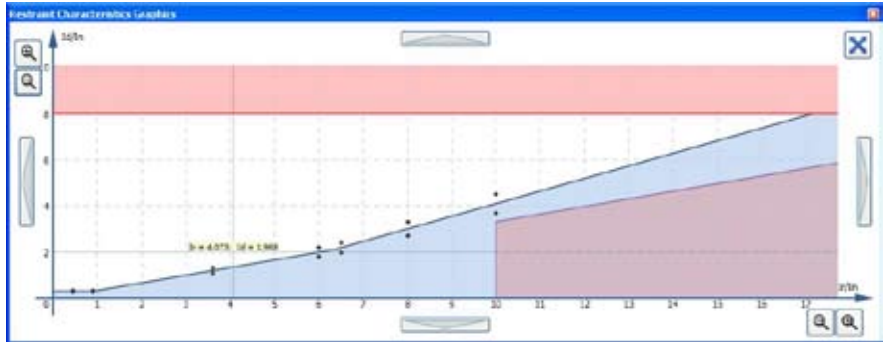


Рис. 8. Проверка тормозной характеристики дифференциальной защиты трансформатора

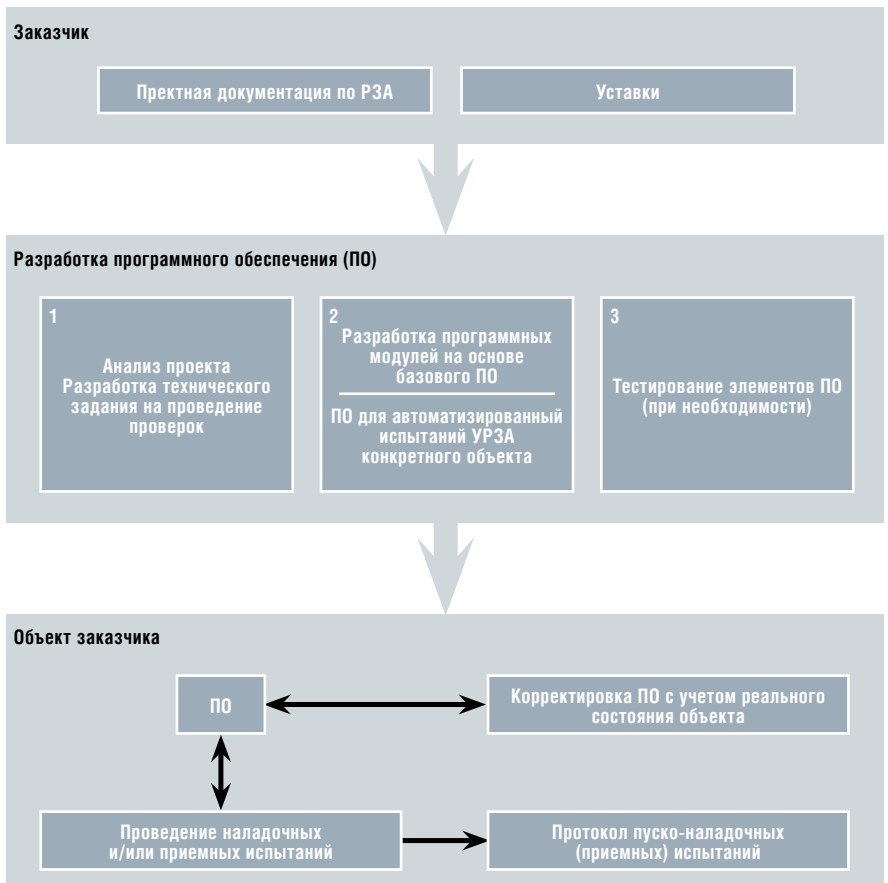


Рис. 9. Вариант организации проверочных работ

деляется в основном переключениями в цепях переменного тока и выходных сигналов комплекса и не затрагивает операции с микропроцессорными терминалами. Правильность восстановления цепей переменного тока и напряжения проверяется обычным методом контроля «под нагрузкой».

При проведении ИКП для расчета КЗ целесообразно использовать максимально простые и по возможности стандартизованные модели (например, рис. 10 для защит ВЛ), которые, в первую очередь, должны служить для проверки правильности реали-

зации проекта комплекса РЗА, при которой проверяются логическо-функциональные связи, обмен сигналами и, главное, работоспособность всего комплекса в части реагирования на различные виды повреждений в энергосистеме.

Техническое обслуживание ЦРЗА в эксплуатационных условиях

Для цифровых устройств РЗА доля отказов, связанных с износом и старением устройств достаточно мала. Поэтому при профилактическом и последующих контро-

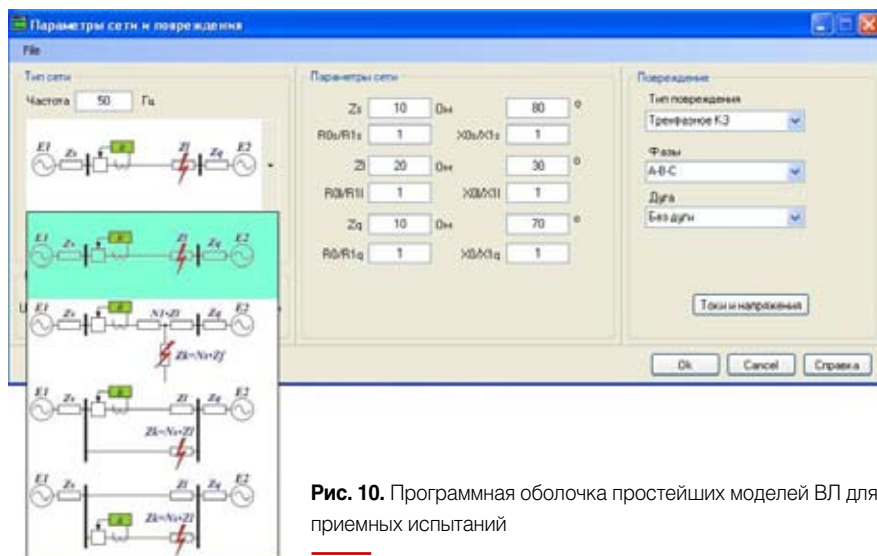


Рис. 10. Программная оболочка простейших моделей ВЛ для приемных испытаний

лях ЦРЗА объем проверок может быть существенно сокращен и в основу проверок могут быть положены, прежде всего, результаты приемных испытаний. Рассмотренная выше концепция проверок, позволяющая иметь в электронном виде информацию с результатами наладочных и приемных испытаний, которую легко возможно повторить в необходимых случаях, дает возможность, с минимальными затратами времени и средств, провести профилактические и последующие испытания. Одновременно решаются и вопросы организации необходимых форм документации, фиксирующей объем и результаты отдельных видов проверки.


С учетом изложенного, при первом профилактическом контроле ЦРЗА пользователю необходимо использовать записанную на электронном носителе программу проведения приемных испытаний, внося необходимые корректировки в уставках и конфигурации, в случае, если они имели место в период между проверками. Возможно и использование результатов пуско-наладочных испытаний, также заполняемых автоматически в электронном виде.

При проведении этих испытаний используется имеющаяся иерархическая структура проверки (рис. 2), выбирается проверяемое устройство (шкаф) с ЦРЗА и собирается

схема подключения испытательного устройства к тестируемому ЦРЗА.

Далее из всего объема тестов выбирается необходимый объем проверок и запускается тестовая программа. В необходимых случаях, согласно указаниям программы, обеспечиваются ручные переключения, например, переключения ключей и оперативных накладок проверяемого шкафа с ЦРЗА.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные элементы автоматизации пуско-наладочных и приемных испытаний, а также технического обслуживания комплектных устройств с ЦРЗА позволяют существенно повысить качество работ и уменьшить вероятность отказов, вызываемых ошибками вследствие влияния «человеческого фактора». Естественно, при подготовке программного обеспечения проверки конкретных объектов потребуются «инжиниринг», заключающейся в привязке базовых программ к конкретному объекту. Однако, учитывая сложность ЦРЗА и ответственность решаемых задач, применение средств автоматизации при обслуживании ЦРЗА не имеет альтернативы. 

СПИСОК ИТЕРАТУРЫ

1. Э.М. Шнейерсон. Цифровая релейная защита. Москва: Энергоатомиздат, 2007.
2. Э.М. Шнейерсон. Проектирование и эксплуатация – ключевые вопросы современной релейной защиты. Релейщик, № 1. 2009.

МНЕНИЕ



Орлов Ю. Н.
Заместитель начальника Центра
инжиниринга электрооборудования
Филиала ОАО «Инженерный центр
ЕЭС» – «Фирма ОРГЭС»

Тема статьи, безусловно, актуальная и соответствует перспективному направлению по совершенствованию методов проверки устройств РЗА. Вместе с тем, по статье имеется ряд вопросов и предложений. Предлагаемые в статье проверки устройств РЗА рекомендуются к выполнению при пуско-наладочных работах на энергообъектах и при дальнейшем их техническом обслуживании. При

этом объемы проверок как бы идут в дополнение к работам, выполняемым в соответствии с действующими в отрасли РД 153-34.0-35.617-2001 («Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110-750 кВ»). В тоже время, подготовка программ проверки требует определенного финансирования, что в

некоторых случаях, может привести к повышению стоимости пуско-наладочных работ. Авторы статьи говорят о сокращении времени на проверку устройств РЗА. Но ведь предлагаемые проверки – только часть всех работ. Следовало бы это оценить в трудозатратах в общем объеме работ по наладке (например, в сравнении с методом при использовании при наладке тех же установок «Ретом» и ручном методе проверки функций). Хотелось бы иметь также сведения по имеющемуся опыту практического внедрения предлагаемых методов проверки устройств РЗА и отзывах наладочного и эксплуатационного персонала об их эффективности (ведь

сборка схемы для проверки проводится также вручную и требует определенного опыта). В свете предлагаемых проверок продолжает оставаться вопрос оптимизации методов и объемов тестирования, закладываемых разработчиками и изготовителями в выпускаемые устройства РЗА. Очевидно также, что в настоящее время требуется разработка и обсуждение «Общих технических требований к устройствам (установкам) для автоматизированной проверки устройств РЗА», а также подготовка новой редакции указаний выше Правил с детализацией Раздела 5 «Объемы работ при техническом обслуживании микропроцессорных устройств РЗА».