

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ЭНЕРГООБЪЕКТОВ

Инженеры БУРЛЮК В. В., ЦАРЕВ Б. П., РАДЮК В. Л., ЩАДИНСКИЙ С. Н.

*Государственное научно-производственное объединение «АГАТ»,
Государственный энергетический концерн «Белэнерго»,
Оршанские электросети*

На основной части действующих электрических подстанций класса 110–330 кВ Белорусской энергосистемы эксплуатируются устройства релейной защиты и автоматики (РЗА), выполненные на электромеханической элементной базе. Одним из недостатков этих устройств являются их низкая информативность и практически полное отсутствие элементов самодиагностики, что существенно затрудняет анализ действий защит оперативным персоналом и специалистами служб РЗА, приводит к росту количества потенциально опасных не выявленных отказов и случаев ложной (излишней) работы устройств.

Замена электромеханических устройств РЗА на современные микропроцессорные цифровые защиты устраняет эти недостатки, но нецелесообразна по экономическим причинам, так как техническое состояние и физический ресурс существующих защит позволят нормально эксплуатировать их в течение ближайших 10...12 лет.

Другой путь – внедрение на действующих подстанциях цифровых регистраторов событий, обеспечивающих:

- цифровое осциллографирование электрических параметров предаварийного, аварийного и послеаварийного (переходного) режимов;
- регистрацию действий устройств РЗА.

Основной эффект от применения цифровых регистраторов – это возможность получения и сохранения осциллограмм переходных процессов (как правило нескольких) для последующего ретроспективного просмотра параметров процессов и анализа действий РЗА на всех стадиях. Результаты работы регистраторов, как правило, используются специалистами служб РЗА. Цифровые регистраторы дорогие, и поэтому их устанавливают на наиболее ответственных присоединениях.

Поэтому при эксплуатации подстанций, оснащенных электромеханическими устройствами РЗА, актуальна задача быстрой оценки работы защит, определения вида повреждений и информирования дежурного персонала о правильных (штатных) или нештатных результатах работы защит для принятия оперативных мер по локализации и устранению повреждений.

В статье рассматривается метод экспресс-анализа действий устройств РЗА, предлагаемый для реализации в составе функциональных задач АСУ ТП подстанции или в качестве отдельной автоматизированной функции.

В обоих случаях в процессе реализации задачи при сравнительно невысоких затратах можно существенно повысить информативность электромеханических устройств РЗА.

Предварительная оценка состава защит подстанций 110–330 кВ показывает, что для проведения полноценного и достоверного анализа действий РЗА требуется получить и обработать несколько десятков дискретных сигналов на одно присоединение подстанции. Так, для двух- и трехтрансформаторной подстанции 330 кВ необходимо иметь 850...1000 сигналов, вводимых с устройств РЗА. Непосредственный ввод такого количества сигналов практически не реален из-за отсутствия у существующих электро-механических защит свободных («сухих») контактов. При этом необходимо учитывать, что включение в состав устройств РЗА дополнительных элементов (датчиков) для ввода информации никоим образом не должно влиять на работу и надежность устройств РЗА.

Кардинальным решением этой проблемы явилось создание в Беларуси (ИФТТ и ПП НАН) бесконтактных пороговых токовых датчиков (ДПТ) на основе элементов Холла [1]. Датчики фиксируют факт протекания тока в электрических цепях и в зависимости от заданного порога реагируют на токи от 10 мА до 4 А. Установленные в цепях выходных, измерительных, логических и других органов устройств РЗА датчики не оказывают влияния на их работу и при протекании по проводу порогового тока выдают дискретный сигнал.

Для ввода потенциальных сигналов, составляющих 30...35 % общего количества необходимых дискретных сигналов (например, напряжение оперативного тока равно 220 В на катушках реле), используются оптоизолированные преобразователи напряжения, с выходов которых низковольтные сигналы вводятся в технические средства АСУ ТП, и только незначительная часть дискретных сигналов (~10...15 %) снимается со свободных («сухих») контактов устройств РЗА.

Характерными особенностями метода экспресс-анализа являются:

- создание логических моделей (эталонов) правильной (штатной) работы устройств РЗА, описывающих количество и последовательность работы их элементов, сгруппированных по функциональным признакам;
- формирование списка инициативных (маркерных) сигналов, появление которых как событий определяет выбор и обработку соответствующего эталона (эталонов) работы защит;
- постоянное сканирование дискретных и аналоговых каналов и регистрация их состояния с заданным временным интервалом;
- выявление инициативных сигналов при аварии, выбор соответствующих им эталонов и формирование на их основе модели (эталона) реальных сигналов, характеризующих работу устройств РЗА;
- логический анализ (сравнение) результатов работы устройств РЗА с заданными согласно эталонам условиями правильной (штатной) работы;
- представление результатов анализа.

Структурная информационно-логическая схема выполнения задачи анализа работы устройств РЗА приведена на рис. 1.

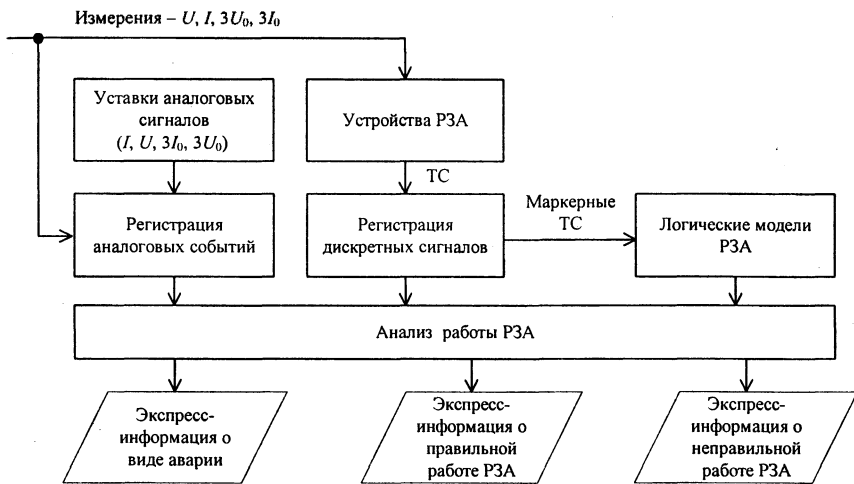


Рис. 1

Практическая реализация задачи экспресс-анализа работы РЗА предусматривается при внедрении АСУ ТП на подстанции 330 кВ «Орша». Для этой цели устройства РЗА оснащаются бесконтактными токовыми датчиками ДПТ (более 500 шт.) и нормализаторами потенциальных сигналов (около 400 шт.).

Подготовку и ход выполнения задачи рассмотрим на примере работы комплекса устройств РЗА присоединений одной из линий 110 кВ подстанции «Орша».

Список сигналов, характеризующих работу РЗА присоединения 13СЛ (Толочин), приведен в табл. 1. Логическая схема, отражающая модель состояния защит присоединения, приведена на рис. 2. Для упрощения изображения модели вместо названия сигналов (табл. 1) используются их порядковые номера из базы данных АСУ ТП подстанции.

Таблица 1

№ п/п	Наименование сигнала	Панель РЗА	Место съема	Тип сигнала*	Параметры сигнала
ВЛ-110 13СЛ (Толочин)					
563	Обрыв цепей оперативного тока 13СЛ	91	РПВ1	П	= 220 В
564	Непереключение фаз и принудительное отключение выключателя 13СЛ	91	ЗРП1	К	«Сухой» контакт
565	Работа устройства АПВ 13СЛ	91	РПВ-58	К	—»—
566	Давление воздуха упало	91	Ц.911	П	= 220 В
567	Отключение выключателя 13СЛ	91	Ц.337	П	—»—
568	Включение выключателя 13СЛ	91	Ц.307	П	—»—
569	Неисправность цепей напряж. линии 110 кВ 13СЛ	92	ДЗ-36	П	—»—
570	Неисправность или работа КРБ 13СЛ	92	КРБ-19	П	—»—
571	Работа I ст. НТЗНП	92	2КЗ-48	Т	10 мА
572	НТЗНП II ст. 13СЛ реле тока	92	2КЗ-79	П	= 220 В
573	НТЗНП III ст. 13СЛ реле тока	92	2КЗ-77	П	—»—
574	Работа II ст. НТЗНП	92	2КЗ-56	Т	10 мА

№ п/п	Наименование сигнала	Панель РЗА	Место съема	Тип сигнала*	Параметры сигнала
575	Работа III ст. НТЗНП	92	2К3-35	Т	—»—
576	Автоматическое ускорение III ст. НТЗНП	92	2К3-37	Т	—»—
577	Отключение ВВ 110 от НТЗНП	92	2К3-5	Т	4 А
578	Токовая отсечка 13СЛ	92	1К3-8	П	= 220 В
579	III ст. ДЗ	92	ДЗ-4РУ	Т	10 мА
580	Реле-повтор пускового органа 13СЛ	92	ДЗ-49	П	= 220 В
581	Реле-повтор дистанционного органа 13СЛ	92	ДЗ-30	П	—»—
582	I ст. ДЗ	92	ДЗ-1РУ	Т	10 мА
583	Отключение ВВ 110 от ДЗ	92	ДЗ-6	Т	4 А
584	II ст. ДЗ	92	ДЗ-3РУ	Т	10 мА
585	Автоматическое ускорение II ст. ДЗ	92	ДЗ-63	Т	—»—
586	Реле тока IV ст. НТЗНП 13СЛ	92	2К3-75	П	= 220 В
587	Отключение ВВ 110 от ТО	92	1К3-17	Т	4 А
588	Работа IV ст. НТЗНП 13СЛ	92	2К3-38	Т	10 мА
589	Положение ВВ 110 линии 13СЛ	135	7РП	П	= 220 В
590	Обрыв цепей РПР	106	РПР-12	П	—»—

* П – потенциальный; Т – токовый; К – контакт реле.

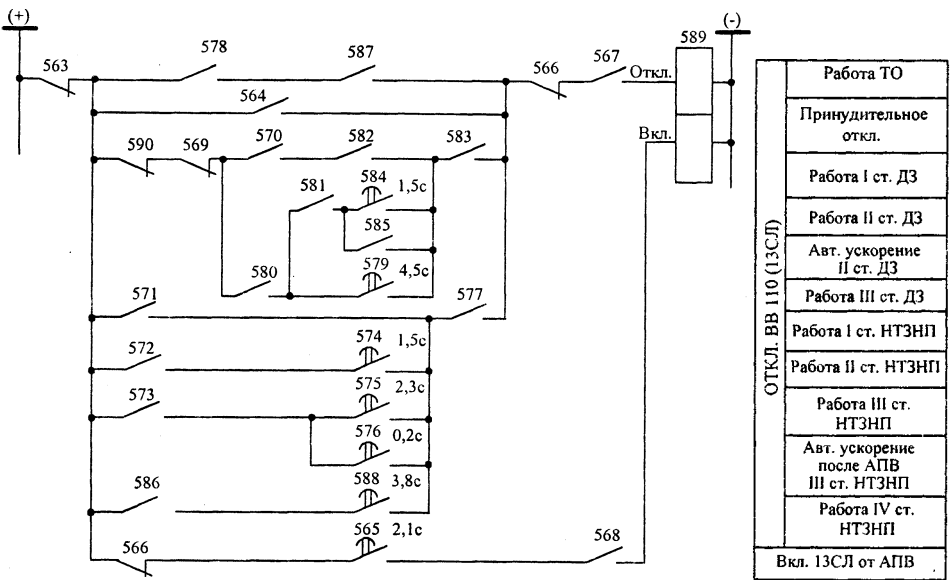


Рис. 2

На основании логических схем производится описание моделей (эталон) защит выражениями булевой алгебры по дискретным сигналам, входящим в каждую логическую цепь. Затем каждому эталону назначается инициативный (маркерный) сигнал, появление которого запускает задачу. Такими маркерными сигналами являются, например, команды на отключение/включение выключателей, сигналы срабатывания указательных реле и т. п. Пример логического описания эталонов выбранного присоединения с привязкой эталонов к маркерному сигналу приведен в табл. 3.

Действие маркерного сигнала фиксации активного состояния РЗА должно подтверждаться фактами аварийных событий по результатам изме-

рений действующих значений электрических параметров подстанции, которые выявляются путем задания аварийных уставок по значениям U , I , $3I_0$, $3U_0$. Появление этих аналоговых событий определяют момент и вид короткого замыкания (аварий) согласно условиям, приведенным в табл. 2 [2]. Назначение списка критерийных параметров для определения вида КЗ производится при конфигурировании задачи. Точность фиксации аналоговых сигналов по времени обеспечивается быстродействием измерительных каналов АСУ ТП. Для работы задачи нужен только факт начала аварии по времени, а не параметры протекания аварии (осциллограммы), которые определяются, например, при использовании специализированных цифровых регистраторов.

Таблица 2

Критерий	Вид КЗ									
	<i>ABC</i>	<i>AB</i>	<i>BC</i>	<i>CA</i>	<i>AB0</i>	<i>BC0</i>	<i>CA0</i>	<i>A0</i>	<i>B0</i>	<i>C0</i>
U_{A0}	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-
U_{B0}	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-
U_{C0}	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+
$3U_0$	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
U_{AB}	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
U_{BC}	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-
U_{CA}	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-
I_A	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-
I_B	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-
I_C	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+
$3I_0$	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+

+ – выход за уставку аварийного режима.

Алгоритм задачи анализа работы РЗА выполняется в режиме реального времени (на всех этапах протекания аварийного процесса) и начинает действовать при появлении маркерного сигнала фиксации активного состояния РЗА, свидетельствующего о возможном факте аварии в присоединении, к которому относится данный сигнал. Достоверность маркерного сигнала подтверждается выходом за уставку аварийного режима соответствующего аналогового измерения.

На основании логических эталонов, связанных с маркерным сигналом, опрашиваются все сигналы, характеризующие состояние элементов защиты данного присоединения. При этом формируется временной срез сигналов в пределах интервала, заданного для маркерного сигнала при конфигурировании задачи (например, время ожидания отключения выключателя, время работы АПВ). Далее путем логического сравнения эталонов с соответствующими им наборами реальных сигналов из массива временных срезов выявляется логическая цепь, сработавшая согласно условиям, заданным описанием эталона. Если цепь определена и совпадает с эталоном, а также выявлен вид повреждения (КЗ), то можно сделать вывод о правильной (штатной) работе защит присоединения и выдать экспресс-информацию персоналу подстанции. Другие результаты анализа приведут к выводу о нештатной работе защит или неопределенности результатов.

При многовариантности выполнения задачи во времени (например, отслеживание функции АПВ) каждый законченный цикл, определяемый маркерным сигналом, будет сопровождаться индивидуальным результатом экспресс-анализа работы РЗА.

Таблица 3

Маркерный сигнал фиксации активного состояния РЗА	Сигнал срабатывания указательного реле	Описание эталонов состояния логических цепей комплекса защит ВЛ-110 (Толочин)	Экспресс-информация о штатной работе РЗА
567		563&578&587&566	Отключение ВВ 110 ВЛ на Толочин от токовой отсечки ($t_{cp} = 0$)
567		563&564&566	Принудительное отключение ВВ 110 ВЛ (Толочин)
567	582	563&590&569&570&582&583&566	Отключение ВВ 110 ВЛ на Толочин при работе I ст. ДЗ ($t_{cp} = 0$). Сработало указательное реле ДЗ-1РУ на панели 92. Поднимите указательный флажок реле
567	584	563&590&569&580&581&584&583&566	Отключение ВВ 110 ВЛ на Толочин при работе II ст. ДЗ ($t_{cp} = 1,5$ с). Сработало указательное реле ДЗ-3РУ на панели 92. Поднимите указательный флажок реле
567		563&590&569&580&581&585&583&566	Отключение ВВ 110 ВЛ на Толочин при авт. ускорении II ст. ДЗ после АПВ
567	579	563&590&569&580&579&583&566	Отключение ВВ 110 ВЛ на Толочин при работе III ст. ДЗ ($t_{cp} = 4,5$ с). Сработало указательное реле ДЗ-4РУ на панели 92. Поднимите указательный флажок реле
567		563&571&577&566	Отключение ВВ 110 ВЛ на Толочин при работе I ст. НТЗНП ($t_{cp} = 0$)
567		563&572&574&577&566	Отключение ВВ 110 ВЛ на Толочин при работе II ст. НТЗНП ($t_{cp} = 1,5$ с)
567		563&573&575&577&566	Отключение ВВ 110 ВЛ на Толочин при работе III ст. НТЗНП ($t_{cp} = 2,3$ с)
567		563&573&576&577&566	Отключение ВВ 110 ВЛ на Толочин при авт. ускорении III ст. НТЗНП ($t_{cp} = 0,2$ с)
567		563&586&588&577&566	Отключение ВВ 110 ВЛ на Толочин при работе IV ст. НТЗНП ($t_{cp} = 3,8$ с)
568		563&566&565	Включение ВВ 110 ВЛ на Толочин при работе АПВ ($t_{cp} = 2,1$ с)

ВЫВОДЫ

1. Предлагаемый метод экспресс-анализа обеспечивает персонал энергообъектов объективной информацией о результатах работы устройств РЗА.
2. При сравнительно невысоких затратах на техническую реализацию метод экспресс-анализа действий устройств РЗА может быть внедрен в составе функциональных задач АСУ ТП подстанции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Датчик тока пороговый (ДПТ) для фиксации действий релейной защиты и автоматики энергосистем / В. Л. Радюк, А. П. Драпезо, В. А. Ярмолович и др. // Энергоэффективность. – 2001. – № 10.
2. Алгоритм оптимального обнаружения и программа анализа аварийных режимов по массивам информации цифровых регистраторов / О. Ю. Иванов, С. А. Ильиных, А. А. Старостин, В. Б. Волков // Электрические станции. – 1997. – № 5. – С. 66–68.

Поступила 28.02.2003