



PS3 – S7-06



Влияние стандарта МЭК 61850 на конфигурацию функций защиты

Х.-И. ХЕРРМАНН, Г. СТЕЙНБЕРГ
Siemens AG , Energy Automation
Германия

[**hans-joachim.herrmann@siemens.com**](mailto:hans-joachim.herrmann@siemens.com)

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Современные цифровые реле, ориентированное на 61850 проектирование, логические узлы, примеры применения, функции защиты, дистанционная защита.

АННОТАЦИЯ

Стандарт коммуникации МЭК 61850 открыл миру концепцию, которая не только изменила среду коммуникации, но также и принципы построения функций защиты современных устройств защиты. Например, теперь информация на выходе функций – это не просто «чисто дискретный» сигнал, имеющий состояние «вкл» или «выкл». Дополнительная она может включать в себя такую информацию, как "health" (состояние) и "test" (тестирование).

Структура с применением узлов, введенная стандартом МЭК 61850, объединяет в современных устройствах защиты функциональные группы и ступени в логической иерархии. Первые устройства с поддержкой связи по стандарту МЭК 61850 выполняли дублирование информации в протокол. Это может привести к возникновению пробелов в информации, когда необходимая информация отсутствует или наоборот, имеется дополнительная информация, которая не может быть должным образом ранжирована в протокол. Современные устройства полностью используют структуру в соответствии с МЭК 61850 и, соответственно, обеспечивают полное применение терминологии при реализации функций защиты и коммуникации.

В данной работе показано, как современные реле объединяют введенные стандартом МЭК 61850 инновации как в части функций защиты, так и в части маршрутизации сигналов.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Задача, поставленная в данной работе, показана с помощью анализа того, что ожидается от стандартного интеллектуального реле защиты. Кроме функций защиты, такое устройство выполняет функции управления и интерфейса сбора информации о технологическом процессе. Широкая функциональная область и разнообразные требования в отношении информации – все это требует дополнительных мер по обеспечению управления этой информацией.

На Рисунке 1 показана часть применяемых функциональных блоков:

- Защита: МТЗ (РТОС)/
- Индикации, зависящие от производителя: GGIO.
- Управление: например, разъединитель CSWI
- Измерения: например, действующие значения величин фидера (MMXU)
- Процесс: выключатель (XCBR)

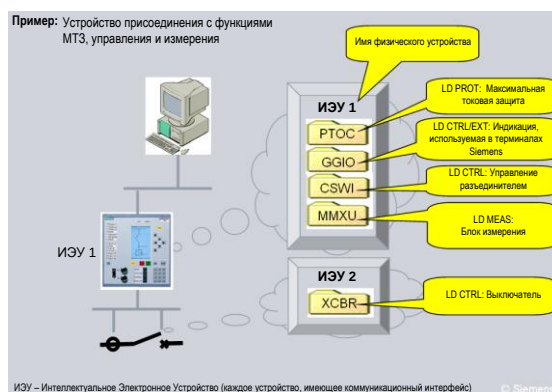


Рис. 1: Общая структура функций

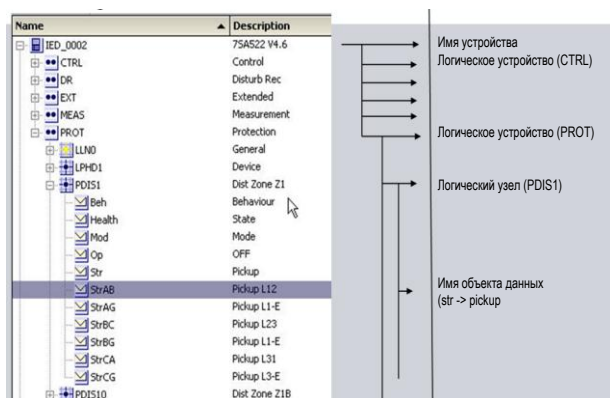


Рис. 2: Ранжирование функций

И хотя на схеме выше показаны не все функции, однако при близком рассмотрении проблема комплексности информации становится очевидной. На Рисунке 2 показано “ранжирование” функций и информации “традиционного” ИЭУ защиты в структуру МЭК 61850 (см. скриншот МЭК-браузера реального устройства). В правой части показана структура МЭК: Имя устройства – логическое устройство – логический узел – имя объекта данных. Устройством с указанными объектами данных в дереве описания является: 7SA522 – защита (PROT) – зона ДЗ Z1 (PDIS1) – пуск L12 (StrAB -> pickup). Так как структура информации в устройстве (разработана еще до существования МЭК 61850) существенно отличается от МЭК 61850, то результат является компромиссом. Однако, структура в соответствии с МЭК 61850 удовлетворяет всем связанным преимуществам, информационное содержание представлено в виде однопозиционных сигналов (такая структура хорошо известна инженеру-релейщику) принадлежит комплексной структуре, что не является необходимым. Опциональные расширения доступны в ограниченной степени.

Указанное ранжирование (PIXIT) должно описываться специальным документом в соответствии со спецификацией МЭК 61850. Основная проблема вырисовывается, если взглянуть поближе на последний элемент дерева, например, Pickup L12. В соответствии с МЭК 61850 (StrAB) эта информация принадлежит к классу информации направленных защит (ACD), например, направление и фаза. Одиночное ACD может содержать информацию о пуске дистанционной зоны защиты. В данном примере это реализовать невозможно, так как однопозиционные элементы информации не позволяют многозначных ранжирований. В качестве “обходного пути” имя объекта данных было расширено циклическим выбором “AB”. Теперь ACD относится только к этому циклу, а следовательно, для каждого цикла необходим отдельный объект (всего 6). Показанная противоречивость между имеющейся информацией на низшем уровне и моделью коммуникации может быть преодолена адаптацией модели данных при проектировании устройства на всех уровнях.

2 РЕШЕНИЕ

Частичное решение проблемы может быть найдено в стандарте: МЭК 61850 Коммуникационные сети и системы для автоматизации электрических сетей. В нем имеется подробное и систематизированное описание функций и связанных с ними моделей данных. Где бы ни применялась информация, стандарт МЭК 61850 может быть применен в контексте устройства защиты. Условно это показано на рис. 3.

Естественно, “адрес” информации является ключевым фактором для успешного структурирования. Это прослеживается в структуре “дерева”, упомянутого ранее. Здесь показано с помощью значения статуса выключателя в контексте управления выключателем (рис. 4).

Объект данных Pos принадлежит классу двухпозиционного управления (DPC) с более чем 20 атрибутами. Атрибут значение статуса (stVal) имеет тип CODED ENUM, который может указывать следующие положения: промежуточное/ выкл / вкл / неисправность. Возможен более прозрачный, требующий меньших инженерных усилий способ – это позволить программным

средствам инжиниринга и регистрации управлять информацией на уровне объекта, вместо того, чтобы иметь дело с каждым атрибутом по-отдельности в матрице конфигурации.



Рис. 3: Обзор стандарта (управление)



Рис. 4: Структура логического устройства

Однако не имеет смысла ограничивать реализацию структуры МЭК 61850 к модели данных. Стандартный подход МЭК 61850 – разделить процессы на логические узлы (LN). Функции (и подфункции), содержащиеся в LN, могут быть стандартизированы насколько это возможно, тем самым способствуя продвижению основной цели стандарта – функциональной совместимости. Это проиллюстрировано на следующем рисунке – рис. 5:

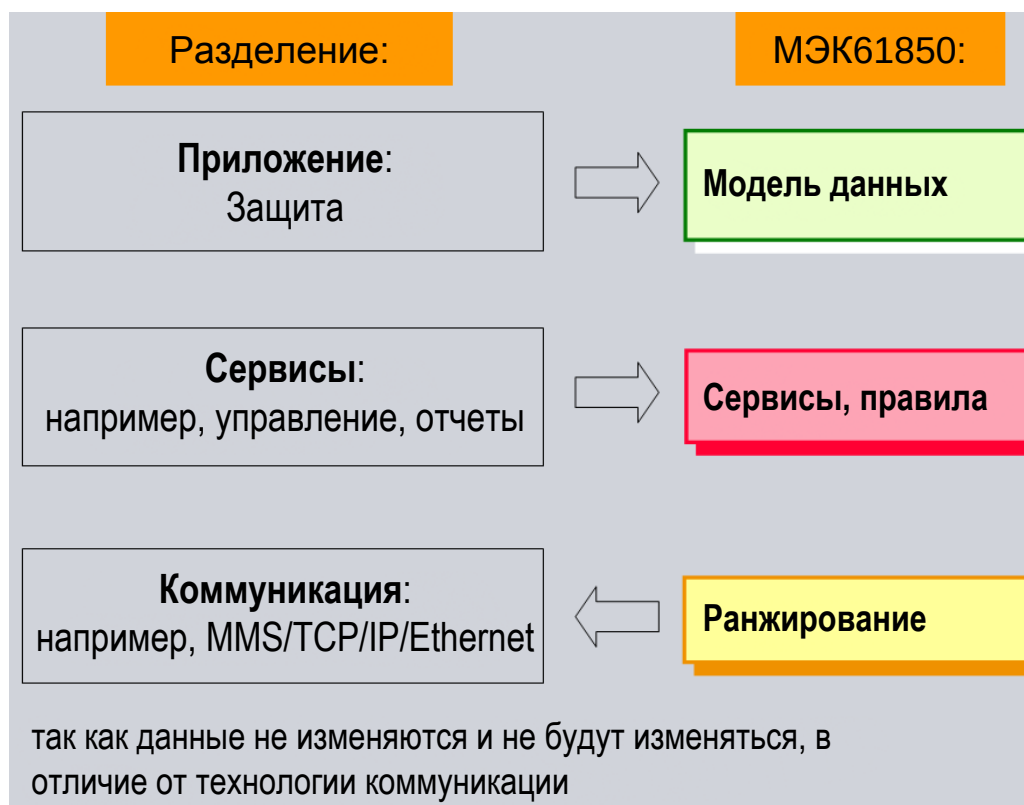


Рис. 5: Разделение функций в устройстве

В стандарте также подчеркивается, что сочетание функций физических устройств (ИЭУ) является гибким и никак не регламентируется. Это дает производителям устройств защиты большую свободу при разработке своих продуктов. Это показано на рис. 6:

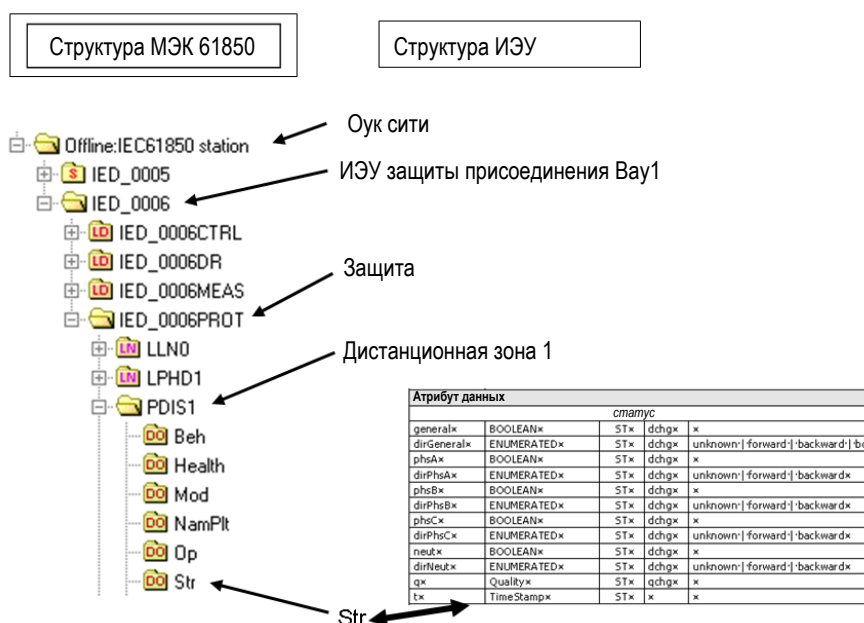


Рис. 6: Структура функции (например, зона дистанционной защиты)

Теперь структура ИЭУ соответствует структуре, определенной стандартом МЭК 61850, и позволяет заполнить пробелы в данных на самом низком уровне. Различные клиенты, обслуживаемые устройствами защиты, теперь могут оптимально обслуживаться без перегрузки инженера информацией и структурами, которые не нужны в его сфере деятельности.

Для удобства в процессе инжиниринга участвуют различные пользователи. Эксперт МЭК 61850 знает всю терминологию и описания. Ему нужно описание информации, относящейся к стандарту. На рис. 7 представлены выдержки из конфигуратора МЭК 61850. В левой колонке показана структура МЭК 61850 с использованием префиксов и суффиксов (например, **QUAD** PDIS1). Префикс характеризует тип характеристики (например, QUAD = quadrilateral (полигональный)), а суффикс – экземпляр (например, Зона 1). В правой колонке показано четкое описание. Иконки служат для удобства и наглядности работы в конфигураторе. Иконка в виде отвертки изображает параметр, который можно задать.

Name	Path
(All...)	(All...)
FG1_Line_FN1_DisGnd1_3pol	21 Distance prot. 1
LLNO	LLNO
GAPC1	Line 1:21 Distance prot. 1:General
PU_GAPC5	Line 1:21 Distance prot. 1:Pickup Z<
DISB_PTRC2	Line 1:21 Distance prot. 1:Group indicat.
QUAD_PDIS1	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 1
Mod	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 1:Mode (controllable)
Beh	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 1:Behavior
Health	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 1:Health
NamPlt	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 1:Name plate
Str	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 1:Pickup
Op	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 1:Operate
DirMod	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 1:Directional mode
PhdITmms	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 1:Operate delay (multi-ph.)
GndDITmms	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 1:Operate delay (1-phase)
X1	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 1:X reach
RisGndRch	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 1:R (ph-g)
RisPhRch	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 1:R (ph-ph)
KOFact	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 1:KO
KOFactAng	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 1:Angle (KO)

Рис. 7: Функциональный вид функций защиты в конфигураторе (оформление по второй редакции)

3 ПРИМЕР СРАБАТЫВАНИЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

С помощью данного примера будет показано предложенное решение. Как описано выше, принятый подход призван достичь оптимальной последовательности между структурой данных источника и структурой, используемой для передачи данных. Ядро функции защиты не меняется. Инженер-релейщик по-прежнему работает с привычной ему информацией.

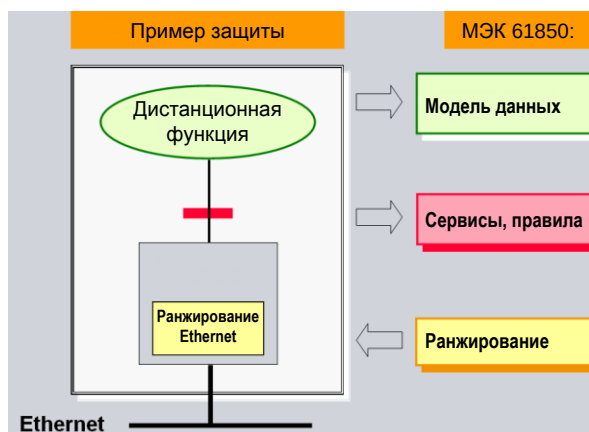


Рис. 8: Устройство относительно структуры МЭК 61850



Рис. 9: Заданная модель данных (управление выключателем)

Внутри ИЭУ защиты пользователь обнаружит “логическое устройство” защиты, которое может включать функцию дистанционной защиты, выполненную из “логических узлов” PDISx. Они представляют собой различные зоны защиты. Фактически, здесь нет ничего нового, однако информация из логического узла предоставляется в соответствии с заданной моделью данных так, что стандартные сервисы могли бы эти данные использовать.

До тех пор, пока инженер-релейщик будет выполнять маршрутизацию сигналов для своих целей без необходимого комплексного подхода, приложение типа «модель данных» не будет для него выгодным.

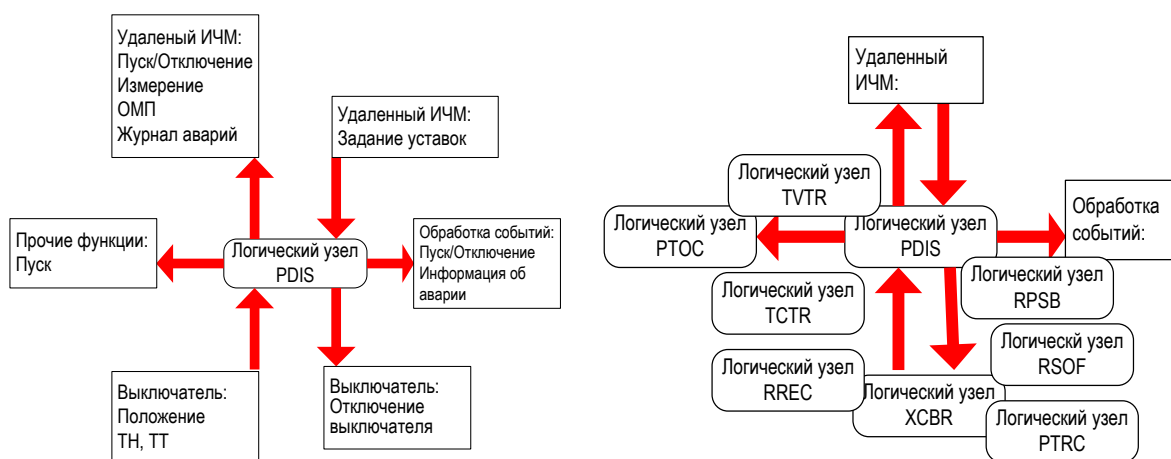


Рис. 10: Взаимодействие логического узла (слева: общий вид, справа: подробный вид МЭК 61850)

Как было показано ранее, разбиение функций на логические узлы приводит к образованию большого их числа внутри логического устройства, защиты. Программное средство инжиниринга должно скрыть эту запутанность на прикладном уровне, где выполняется специфическое конфигурирование.

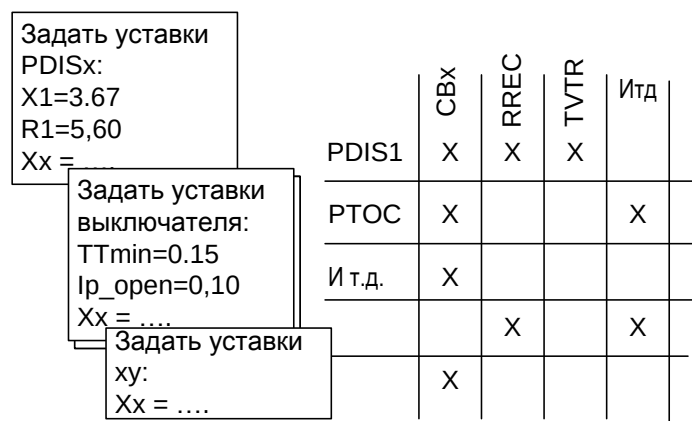


Рис. 11: Простота работы с помощью инструмента инжиниринга

Должно быть обеспечено четкое введение и отображение уставок защит с помощью окон с уставками. В зависимости от применяемой функции защиты все соответствующие взаимосвязи должны задаваться в табличной форме. Границы этой таблицы должны быть свободно доступны для взаимодействия в зависимости от используемых функций.

Назначение на физический интерфейс (дискретный вход/выход и светодиод), а также маршрутизация сигналов в журналы событий выполняется по хорошо известному принципу “матрицы”. В виду большого количества информации в различных классах данных, очень важным является разумное отображение сигналов в матрице. Четкое разделение гарантирует, что все «подписчики» информации, например, положение выключателя может получать эту информацию в одном источнике. Поставщик информации имеет четко определенные правила для отображения информации, чтобы все подписчики могли получить необходимую им информацию.

Обработка процесса срабатывания дистанционной защиты в нашем примере выполняется следующим образом. Выбор и конфигурирование функции дистанционной защиты выполняется соответствующим программным приложением. Это выполняется для ИЭУ защиты, в котором также конфигурируются точки измерения, выключатель и другие параметры энергосистемы. Программное приложение идентифицирует поток многозначной информации между применяемыми функциями и позволяет выбирать активные связи с помощью таблицы. Срабатывание дистанционной защиты с помощью данной таблицы должно быть направлено (подключено) на соответствующий выключатель. Завершающие подключения этого ИЭУ к выключателю выполняется через физический интерфейс с помощью матрицы. Здесь же выполняются и другие привязки сигнала отключения (на светодиоды, в журнал отключений и т.д.). После завершения заключительных подключений сигналов к логическому узлу выключателя (XCVR), это автоматически применяется для всех других функций защиты.

Одиночный выбор, выполняемый инженером-релейщиком, связывает дистанционную защиту с конкретным выключателем. Фактическое соединение имеет множество аспектов, которые автоматически выполняются в фоновом режиме. Например, для функции защиты при включении на повреждение требуется информация о включении линии. Для этого будет использоваться информация о положении выключателя без необходимости дополнительного выбора. То же относится и к логике конца со слабым источником, связанной с дистанционной защитой.

Реальная польза будет ощутима в будущем

В ходе приведенного выше обсуждения, кажется, много сложностей, для достижения чего-то, что было бы намного проще, если рассматривается типичный случай: одна дистанционная защита и один выключатель в одном логическом устройстве. Однако можно предвидеть, что функция УРОВ и функции измерения не всегда будут размещаться в том же физическом устройстве. Если это так, то необходимо применять структуры, описанные в стандарте МЭК 61850. Чем ближе структура данных реальной защиты к стандарту, тем выше качество всей системы.

Защита с телеускорением с использованием МЭК 61850

Дистанционная защита является важной частью схемы селективной защиты системы. Характеристики защиты могут быть существенно улучшены благодаря использованию канала связи. Использование инфраструктуры протокола МЭК 61850 для направления сигналов защиты открывает дополнительные возможности. Для обеспечения надежного функционирования сети Ethernet во время аварий и предупреждения появления проблем передачи сигналов, связь между подстанциями осуществляется в специально выделенной подсети. В этом случае даже возможно полное отделение этого соединения от остальной структуры коммуникации. С другой стороны, если нет опасности возникновения проблем связи, то коммуникационные инфраструктуры могут быть объединены.

4 ОБЪЕДИНЕНИЕ И СОЕДИНЕНИЕ ФУНКЦИЙ

В приведенном выше примере, основное внимание было сосредоточено на дистанционной защите и том, как она взаимодействует с другими функциями для направления сигнала отключения на выключатель. Ниже будут описаны некоторые функции для демонстрации того, как использование принципа логических узлов при сочетании функций позволяет реализовать высокую гибкость без чрезмерного усложнения.

Пример функции резервирования отката выключателя (УРОВ)

Функция УРОВ может реализовываться в том же ИЭУ, что и основные функции защиты, например дистанционная и дифференциальная защита. В данном случае сигналы отключения от основной защиты должны быть внутренним способом направлены на пуск функции УРОВ. С другой стороны, функция УРОВ может находиться и в другом физическом устройстве. В этом случае применения функция также должна позволять просто конфигурировать.

Сигналы пуска можно разделить на две категории: Отключение от функции с контролем по аварийному току и отключение от функции без контроля аварийного тока. Указанные два типа должны обрабатываться по отдельности функцией УРОВ.

Пусковой сигнал (отключение) может быть внутренним (от других функций защиты в том же ИЭУ) или внешним, полученным через дискретный вход или по GOOSE. В этом случае пуск может поступать по двум каналам для обеспечения надежности.

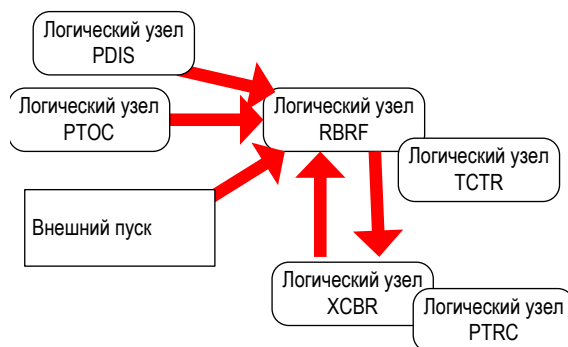


Рис. 12: Структура функции УРОВ и взаимодействие с другими функциями

Для инженера-релейщика связь между необходимыми функциями должна осуществляться с помощью простого символа “X”, установленного напротив них.

Пример функции АПВ

Функция АПВ содержит несколько сигналов, значения которых необходимо получить от соответствующих функций защиты: сигналы обнаружения повреждения и выбора фазы от функций защиты, а также сигналы разрешения работы зон защиты от АПВ.

Функции АПВ также необходима информация от выключателя: статус блок-контакта выключателя и сигнал готовности выключателя.

Режим работы может выбираться внутренним или внешним способом: например, 1&3 pole (1&3 фазн.) или только 1pole (1 фазн.).

Для инженера-релейщика важно то, чтобы он мог выполнить привязку функции АПВ к выключателю, а также функций защиты, управления, контроля синхронизма и других функций без необходимости конфигурирования каждого сигнала в отдельности, например, пуска и срабатывания. На рис. 13 показано, как это взаимодействие может быть реализовано с помощью матрицы. Конфигурирование выполняется с помощью нескольких щелчков мышью (установки крестиков). На рисунке показано, какие функции и сигналы запускают функцию АПВ и УРОВ.

▼ Circuit-breaker interaction					
		Circuit breaker 1			
Protection group		Start automatic reclosing	Block automatic...	Trip	Start CB failure ...
REL_(All...)	▼	REL_(All...)	▼	REL_(All...)	▼
49 Th.overl. 1				X	
▼ 21 Distance prot. 1		*		X	X
Z 1		X		X	X
Z 2				X	X
Z 3				X	X
Z 4				X	X
▶ 85-21Perm.overr.				X	
▼ 87 Line diff. prot.		X		X	X
General		X		X	X
▼ 50/51 OC-3phase 1		X		X	X
Definite-T 1		X		X	X
Definite-T 2		X		X	X
Inverse-T 1		X		X	X

Рис. 13: Конфигурация взаимодействия между функциями

Журнал событий и журнал срабатываний

Модель данных также нужно рассматривать с точки зрения отчетов. Когда выполняется ранжирование элемента информации, например, «пуск 1 зоны дистанционной защиты» в журнал срабатываний, то инженеру-релейщику нет необходимости думать о сигналах по каждой фазе или о направленности. Журналы должны регистрировать подробную информацию о «пуске дистанционной защиты» без необходимости выбора каждого сигнала в отдельности. На рис. 14 приведен пример. Сигнал пуска направляется в журнал событий. Используется только тип ACD.

Information			Source		Destination					
			▼ F	GOOSE	CFC	▼ BO	▼ LED	Fault records	Logs	
Signals	Number	Type						Recorder	O	F
REL_(All...)	REL_(All...)	...	REL_	...				REL_(All...)		
▼ 21 Distance prot. 1	21.901					*			*	*
▶ Z ph-g	21.901.2310	WYE								
▶ Z ph-ph	21.901.2310	DEL								
▶ Group indicat.	21.901.4501									
General	21.901.2310									
▼ Z 1	21.901.3571					*			*	*
▶ >Block stage	21.901.3571	SPS								
▶ >Block ph-g loops	21.901.3571	SPS								
▶ >Block ph-ph loops	21.901.3571	SPS								
▶ Inactive	21.901.3571	SPS							X	
▶ Behavior	21.901.3571	ENS							X	
▶ Health	21.901.3571	ENS							X	
▼ Pickup	21.901.3571	ACD				*				X
▶ general		SPS				*				
▶ phs A		SPS				*				
▶ phs B		SPS				*				
▶ phs C		SPS				*				
▶ gnd		SPS				*				

Рис. 14: Ранжирование сигналов в журналы

5 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При использовании структур, описанных в стандарте МЭК 61850, для разработки ИЭУ защиты важно также обеспечить наличие всесторонних программных средств для содействия при конфигурировании и задании уставок. Система защиты, основанная на такой структуре, будет обеспечивать гибкость и снижение расходов в ближайшем будущем. Однако реальная польза будет ощутима в будущем, где такая система послужит очень хорошим потенциалом для улучшений в области автоматизации подстанций и Smart Grid (интеллектуальных сетей).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] IEC61850-1, Technical Report: Communication networks and systems for power utility automation: Part 1: Introduction and overview
- [2] IEC61850-4, Communication networks and systems for power utility automation: Part 4: System and project management
- [3] IEC61850-7-4 Ed.2: Communication networks and systems for power utility automation: Part 7-4: Basic communication structure – Compatible logical node classes and data object classes