

ПОДХОДЫ К АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ НАСТРОЙКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ПА, РАБОТАЮЩИХ ПО ПРИНЦИПУ П-ДО

Ландман А.К., Петров А.М., Петров А.Э., Сакаев О.О., Чумаков В.А.
ЗАО «Институт автоматизации энергетических систем»

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В настоящее время в западной и центральной части Сибири эксплуатируется 5 управляющих вычислительных комплексов автоматики дозирования воздействий (АДВ), предназначенных для предотвращения нарушений статической и динамической устойчивости при аварийных ситуациях в сетях 110-220-500 кВ на подстанциях Итатская, Алтай, Таврическая, на Усть-Хантайской и Курейской ГЭС. Проектируются устройства АДВ для установки на подстанциях Камала, Озерная, на Саяно-Шушенской ГЭС, на Харанорской ГРЭС, поставлено оборудование на Богучанскую ГЭС.

В состав всех вышеупомянутых устройств входят алгоритмы выбора управляющих воздействий (УВ), работающие по принципу П-ДО. При этом выбор УВ для конкретных пусковых органов (ПО) производится по таблицам, сформированным на основании заранее проведенных расчетов устойчивости в контролируемых сечениях. Как правило, процесс настройки алгоритма выбора УВ по способу П-ДО заключается в следующем:

1. Проводятся расчеты устойчивости либо проектными организациями, либо соответствующими подразделениями Системного Оператора.

2. Сформированная на основании этих расчетов настройка алгоритма выбора УВ передается изготовителю устройства АДВ и эксплуатирующей организации (в случае, если необходимо внести изменения в настройку устройства, находящегося в эксплуатации) в форме, удобной для понимания человеком, ответственным за настройку устройства.

3. Выданные таблицы уставок анализируются, на основании проведенного анализа вносятся необходимые изменения в настройку устройства, и готовятся тестовые режимы.

4. Проводится тестирование устройства на предмет правильности введенных изменений и, по результатам тестирования, устройство вводится в работу.

В последнее время в подготовке настройки автоматики предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ) в ОЭС Сибири, в соответствии с Планом мероприятий по обеспечению минимизации объема балансирующих управляющих воздействий:

1. Увеличивается число ступеней УВ одновременно с уменьшением объема ступеней, с целью, с одной стороны, повысить точность выбора управления, с другой - минимизировать отключение нагрузки.

2. Растет количество контролируемых схемно-режимных условий, в которых осуществляется выбор УВ, тем самым учитывается состояние оборудования (ВЛ, трансформаторы, генераторы), а также дополнительные ограничения по режиму (например, объемы выдачи мощности станциями), и, как следствие, повышается точность управления.

В связи с постоянным вводом мощностей (строительство новых генерирующих объектов, ВЛ, подстанций), поэтапным восстановлением функционирования Саяно-Шушенской ГЭС, процедура изменения настроек устройств АДВ в регионе становится регулярной, при этом сроки, отводимые на внесение изменений, могут быть крайне сжатыми, в зависимости от текущих режимных условий и других факторов.

Таким образом, все более актуальными становятся задача автоматизации формирования конфигурации устройства АДВ и задача проверки правильности внесенных изменений. Обе эти задачи невозможно решить, не имея формального языка описания настройки алгоритма П-ДО. Такой язык в настоящее время отсутствует, в ОЭС Сибири в этом качестве используются определенные договоренности между технологами, ответственными за расчет настройки, и технологами и программистами, ответственными за конфигурирование устройства. При этом форма таблицы уставок (пример приведен в табл. 1) выбрана, исходя из удобства ее заполнения технологом-расчетчиком. Ввод различных дополнительных схемных условий и режимных ограничений в виде отдельных колонок, сносок, примечаний приводит к неоднозначному толкованию настройки на этапе конфигурирования. Кроме того, в последнее время все чаще используются ремонтные схемы, контролируемые одновременный ремонт нескольких ВЛ, в различных сочетаниях, вида «Отключены две ВЛ из...» с дополнениями «Исключается одновременный ремонт ВЛ...». Все эти сочетания также могут быть

неоднозначно истолкованы, и требуют формализации для однозначной работы процедуры автоматизации.

Таблица 1. Пример типичной таблицы уставок устройства АДВ

№	Наименование	Настройки автоматики							
		Режим сети			Управляющие воздействия				Примечание
		Схема сети	КПР	Уст. МВт	Летний режим		Зимний режим		
1	ПО-1 «АРОЛ – 555» Автоматика разгрузки при отключении ВЛ 500 кВ ПС 22 - ПС 7	Полная	Р 554, 555 от шин ПС 7	1200	ОГ-1 ГЭС6	—	ОГ-1 ГЭС6	—	Данные УВ выводятся при Р 566,567 > 1200 МВт
				1600	ОГ-2 ГЭС6	ОН-1 ПС12	ОГ-2 ГЭС6	ОН-1 ПС12	
				2000	ОГ-3 ГЭС6	ОН-2 ПС12	ОГ-3 ГЭС6	ОН-2 ПС12	
			Р 566, 567	1200	-	ОН-1 ПС25	-	ОН-1 ПС25	
				1500	-	ОН-2 ПС25	-	ОН-2 ПС25	
			Отключена ВЛ 500 кВ ПС 7 - ПС 8 и ВЛ 500 кВ ПС 8 - ПС 24 или ВЛ 500 кВ ГЭС 6 - ПС 7	Р 554, 555 от шин ПС 7	400	ОГ-1 ГЭС6	—	ОГ-1 ГЭС6	—
		800			ОГ-2 ГЭС6	ОН-1 ПС12	ОГ-2 ГЭС6	ОН-1 ПС12	
		1200			ОГ-3 ГЭС6	ОН-2 ПС12	ОГ-3 ГЭС6	ОН-2 ПС12	
		Р 566, 567		600	ОГ-1 ГЭС20	ОН-2 ПС25	ОГ-1 ГЭС20	ОН-2 ПС25	
				1200	ОГ-2 ГЭС20	ОН-3 ПС25	ОГ-2 ГЭС20	ОН-3 ПС25	

2. ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНФИГУРИРОВАНИЯ АЛГОРИТМА П-ДО

Для решения задачи автоматизации конфигурирования алгоритма П-ДО в устройствах АДВ необходимо разработать формальный язык задания настройки. Данный язык должен однозначно задавать следующие параметры:

1. Идентификатор пускового органа (ПО).
2. Схему сети, в которой задается уставка контроля предшествующего режима (КПР) для данного ПО.
3. Контролируемое сечение, для которого задается уставка КПР.
4. Дополнительные схемные и режимные условия (состояние оборудования, ограничения по выдаче мощности и т.п.)
5. Управляющие воздействия (УВ), которые должны быть выбраны в случае превышения уставки КПР.

Формальный язык должен позволять однозначно описать любой набор уставок для некоторого ПО в любом количестве схемных и режимных условий, не прибегая к дополнительному усложнению в виде примечаний и сносок, и не должен зависеть от конкретной реализации алгоритма.

В языке должны быть предусмотрены средства описания схемы сети в виде условий, подчиняющихся дискретной логике, с возможностью сочетания по «И», «ИЛИ»:

- Включена одна ВЛ;
- Включено N ВЛ;
- Отключена одна ВЛ;
- Отключено N ВЛ;
- Отключено N ВЛ из M.

Отдельно должны быть предусмотрены средства описания ограничений по режиму (например, ограничение выдачи мощности ГЭС) и состояния оборудования (например, количества включенных

генераторов). При этом, описания схемы сети, ограничений по режиму и состоянию оборудования целесообразно объединять по «И».

Формальный язык должен позволять использовать автоматизированные (машинные) инструменты для разбора настройки. Результатом разбора настройки должен быть список уставок, в каждой строке однозначно описывающий ПО, схему, ограничение по режиму, ограничение по состоянию оборудования, уставку КПП, ожидаемые УВ.

Примерная форма таблицы уставок, заполняемой на предлагаемом формальном языке, приведена в табл. 2.

Таблица 2. Предлагаемый формат таблицы задания уставок

Наименование ПО		Сеть			Сечение	Уставка	УВ			
Полное	Оперативное	Схема сети	Режим сети	Состояние оборудования			УВ ОГ	УВ ОН	УВ др	...
...										

3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ НАСТРОЙКИ АЛГОРИТМА П-ДО, РЕАЛИЗОВАННОГО В УСТРОЙСТВАХ АДВ НА БАЗЕ КПА-М

Для выявления ошибок, которые могут возникнуть при вводе конфигурации, разработана процедура автоматизированного тестирования. Результатом работы данной процедуры является перечень уставок или схемно-режимных условий, для которых выявлены ошибки в конфигурации. Необходимым условием для реализации процедуры автоматизированного тестирования является задание настройки с помощью формального языка, описанного выше.

Процедура должна состоять из следующих шагов:

1. Генерация контрольного примера по формально заданной настройке.
2. Запуск программного обеспечения устройства АДВ с передачей на вход устройства информации контрольного примера и имитацией срабатываний ПО.
3. Обработка результатов и сравнение их с эталонными.

В соответствии с этим, технологю должны быть предоставлены:

1. Средства генерации контрольного примера.
2. Средства эмуляции тестовых режимов и имитации срабатывания ПО.
3. Средства обработки результатов.

Рассмотрим реализацию данной процедуры на примере устройств АДВ на базе КПА-М [1].

Средство генерации контрольного примера реализовано на базе редактора таблиц Microsoft Excel. Ввод настройки осуществляется по разработанному шаблону в форме табл. 2, в соответствии с правилами формального языка, описанными выше. При разборе настройки контролируются ошибки ввода данных, при отсутствии ошибок формируются файлы задания для средства эмуляции. Файлы задания однозначно описывают в каждой строке ПО, схему, ограничение по режиму, ограничение по состоянию оборудования, уставку КПП, ожидаемые УВ. Каждая схема при этом разворачивается во все возможные сочетания ремонтов ВЛ, соответствующие схемному условию, в результате развертывания, в зависимости от объемов настройки, могут быть получены тысячи и десятки тысяч строк.

Средство эмуляции представляет собой программный модуль, запускаемый совместно со штатным программным обеспечением устройства АДВ и подменяющий собой модули ввода доаварийной информации от устройств телемеханики и модули дискретного ввода-вывода (рис. 1).



Рис 1. Цикл работы устройства АДВ в режиме тестирования настройки алгоритма II-ДО

Согласно файлам задания контрольного примера, с заданными интервалами времени, во входные таблицы технологических алгоритмов подаются аналоговые и дискретные параметры текущего режима, а также ожидаемая дозировка (в специальную таблицу), затем имитируются срабатывания ПО. При этом устройство формирует протокол срабатываний, где фиксирует текущую выставленную дозировку для каждого сработавшего ПО, а также ожидаемую дозировку.

Необходимо отметить, что при больших объемах настройки, время работы устройства на контрольном примере, с учетом перебора всех сочетаний ремонтных схем и других ограничений, с соблюдением всех выдержек времени при формировании ПО, может составлять до нескольких суток, что необходимо учитывать при планировании работ по внесению изменений в настройку алгоритма II-ДО.

Средство обработки результатов представляет собой программный модуль, который выделяет строки выставленной дозировки УВ в протоколе срабатываний и сравнивает их с соответствующими строками ожидаемой дозировки, отображая в файл протокола испытаний только случаи несовпадения выставленной дозировки с эталонной. Таким образом, объем результатов испытаний, подлежащих анализу, резко уменьшается по сравнению с традиционным подходом к тестированию.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

В настоящее время предлагаемая методика тестирования настройки алгоритма II-ДО проходит находится в опытной эксплуатации в ЗАО «ИАЭС». В частности, проведена проверка по данной методике проектной настройки УВК АДВ ПС 1150 кВ Итатская, что позволило значительно сократить объем тестирования при последующем внесении изменений в период опытной эксплуатации УВК АДВ. Также прорабатывается синтаксис формального языка описания настройки, с целью его внедрения в качестве основного средства задания настройки алгоритма II-ДО в ОЭС Сибири. Проводятся работы по созданию средств автоматического заполнения таблиц настройки устройств АДВ.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] А.К. Ландман, А.М. Петров, А.Э. Петров, О.О. Сакаев. Разработка интегрированной системы ПА ОЭС Сибири. // Релейная защита и автоматика энергосистем: Сборник докладов XX конференции (Москва, 1-4 июня 2010). – М: «Научно-инженерное информационное агентство», 2010. - С. 52-59.