

# **Методика проведения сертификационных испытаний устройств АОПО**

## **1. Область применения**

Методика должна применяться при проведении сертификационных испытаний устройств АОПО для проверки их соответствия требованиям стандарта АО «СО ЕЭС» СТО 59012820.29.020.002-2018 «Релейная защита и автоматика. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Устройства автоматики ограничения перегрузки оборудования. Нормы и требования».

## **2. Этапы подготовки и проведения сертификационных испытаний устройств АОПО**

2.1. Сертификационные испытания устройств АОПО проводятся с использованием программно-аппаратного комплекса моделирования энергосистем в режиме реального времени (ПАК РВ) или программно-технического измерительного комплекса для РЗА (ПТ ИК РЗА).

В случае проведения сертификационных испытаний с использованием ПАК РВ сборка тестовой модели энергосистемы должна осуществляться в соответствии с требованиями раздела 3 настоящей Методики.

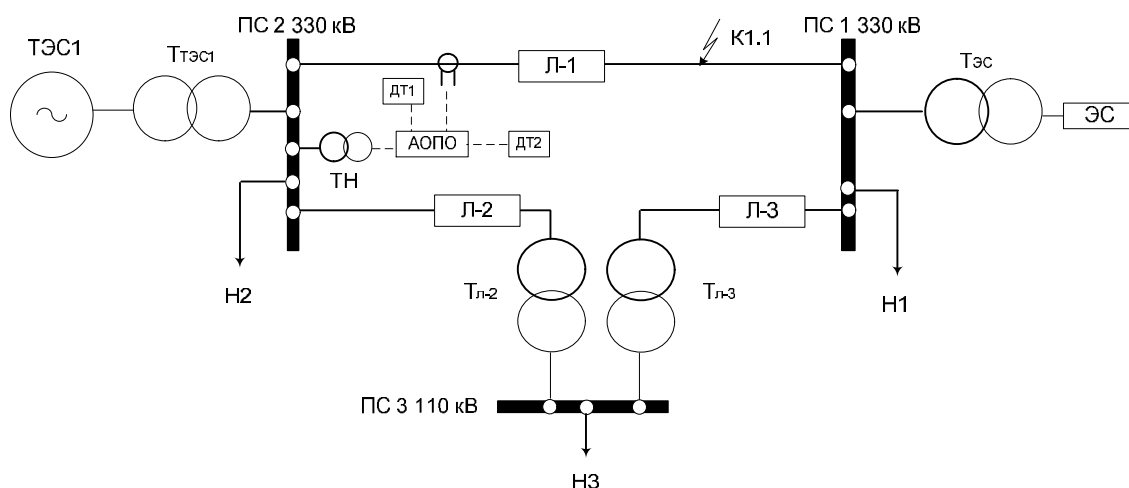
В случае проведения сертификационных испытаний с использованием ПТ ИК РЗА настройка ПТ ИК РЗА осуществляется в соответствии с инструкцией производителя ПТ ИК РЗА и должна позволять провести опыты, представленные в разделе 5 настоящей Методики. Минимальные требования к ПТ ИК РЗА представлены в разделе 4 настоящей Методики.

2.2. Сертификационные испытания должны содержать следующие этапы:

- сборка тестовой модели энергосистемы (в случае проведения сертификационных испытаний с использованием ПАК РВ) либо настройка ПТ ИК РЗА;
- проведение сертификационных испытаний;
- анализ результатов сертификационных испытаний.

## **3. Сборка тестовой модели энергосистемы**

3.1. Тестовая модель энергосистемы должна быть собрана в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 1.



**Рисунок 1. Схема тестовой модели энергосистемы для проведения сертификационных испытаний устройств АОПО**

3.2. Устройство АОПО должно подключаться на ПС № 2 на ВЛ 330 кВ Л-1.

3.3. Параметры элементов тестовой модели энергосистемы должны соответствовать параметрам, приведенным в таблицах 1–4 Методики.

Таблица 1

**Параметры ЛЭП тестовой модели энергосистемы**

Номер линии	Номера подстанций примыкания	$R_1 + jX_1$	$X_0$	$b$
		Ом	Ом	мкСм
1	ПС1-ПС2	$7,5 + j120$	81,5	335
2	ПС1-ПС3	$1,05 + j16,25$	40,75	167,5
3	ПС2-ПС3	$1,05 + j16,25$	40,75	167,5

Таблица 2

**Параметры генераторов тестовой модели энергосистемы**

Генераторы	$P_{Г\text{ ном}}$	$S_{Г\text{ ном}}$	$H$	$U_{Г\text{ ном}}$	$\cos\varphi$	Реактивные сопротивления					$T_{do}$
	МВт	МВА	МВт·с /МВА	кВ		$X_d$	$X_d'$	$X_d''$	$X_q$	$X_q''$	
	о.е.	о.е.	о.е.	о.е.		о.е.	о.е.	о.е.	о.е.	о.е.	с
ЭС	Энергосистема большой мощности, суммарная генераторная мощность которой составляет 16000 МВт, или шины бесконечной мощности										
ТЭС	500	588,2	1,848	20	0,85	1,8	0,26	0,173	1,74	0,26	5,9

Таблица 3

**Параметры трансформаторов тестовой модели энергосистемы**

Трансформатор	$S_{\text{НОМ}}$	$U_{\text{ВН НОМ}}$	$U_{\text{НН НОМ}}$	$R_{1\text{T}}$	$X_{1\text{T}}$
	МВА	кВ	кВ	о.е.	о.е.
$T_{\text{ТЭС1}}$	550	330	20	0,003	0,1315
$T_{\text{ЭС}}$	16500	330	10,5	0,001	0,378
$T_{\text{Л-2}}$	100	330	110	*	0,1
$T_{\text{Л-3}}$	100	330	110	*	0,1

*\*Используется линеаризованная модель трансформатора без учета гистерезиса и насыщения с нулевыми омическими (активными) потерями.*

Таблица 4

**Параметры АРВ синхронных генераторов тестовой модели энергосистемы**

Генератор	Тип системы возбуждения	Тип АРВ	Коэффициенты					$T_{\text{СВ}}$	$T_{\text{АРВ}}$
			$K_U$	$K_{1U}$	$K_{1F}$	$K_F$	$K_{IF}$		
			е.в.н./ е.н.с.	е.в.н./ е.н.с./с	е.в.н./ е.т.р./с	е.в.н./ Гц	е.в.н./Гц/с		
ТЭС	Тиристорная	АРВ-СД	50	5	5	1	7	0,03	0,04

3.4. Величина нагрузки на ПС1, ПС2, ПС3 может изменяться в диапазоне от 0 до 1000 МВт.

3.5. Значения параметров исходного режима тестовой модели энергосистемы должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 5.

Таблица 5

**Значения параметров исходного режима тестовой модели энергосистемы для проведения сертификационных испытаний устройств АОПО**

Параметр режима	Единица измерений	Значение параметра режима
$U_{\text{ТЭС1}}$	кВ	20,12
$P_{\text{ТЭС1}}$	МВт	448,9
$P_{\text{ЭС}}$	МВт	15710
$U_{\text{ЭС}}$	кВ	10,56
$U_{\text{ПС1}}$	кВ	335,7
$U_{\text{ПС2}}$	кВ	335,7
$U_{\text{ПС3}}$	кВ	112,2
$P_{\text{Н1}}$	МВт	550,9*
$P_{\text{Н2}}$	МВт	475,8*
$P_{\text{Н3}}$	МВт	23,8*

*\*Нагрузка моделируется активным сопротивлением.*

3.6. Тестовая модель энергосистемы должна быть оснащена системой контроля и регистрации параметров электроэнергетического режима, обеспечивающей:

- измерение параметров электроэнергетического режима с дискретностью не более 1 мс;
- запись параметров электроэнергетического режима с дискретностью не более 20 мс;
- запись параметров электроэнергетического режима в течение не менее 30 с.

#### **4. Минимальные требования к ПТ ИК РЗА для проведения испытаний**

4.1. ПТ ИК РЗА должен иметь:

- не менее двух регулируемых источников переменного тока в диапазоне 0-50 А;
- не менее четырех регулируемых источников переменного напряжения в диапазоне 0–200 В (в том числе гальванически изолированный канал  $3U_0$ ),
- фазорегулятор в диапазоне 0–360°;
- измерительные приборы: амперметры, вольтметры и ваттметры переменного тока промышленной частоты класса точности 0,5;
- генератор технической частоты в диапазоне 45–55 Гц;
- источник постоянного напряжения 110 и 220 В (оперативный ток);
- сигнальные лампы, реостаты и т.п.

4.2. ПТ ИК РЗА должен позволять:

- моделировать КЗ различного типа с успешным и неуспешным АПВ;
- моделировать аварийные режимы с увеличением и уменьшением тока;
- моделировать изменение температуры окружающей среды в диапазоне от –30 до +50°С;
- воспроизводить аварийные возмущения с точностью задания времени реализации требуемой программы не менее 0,1 с;
- регистрировать режимные параметры и срабатывание ступеней устройств АОПО при помощи системы цифрового осциллографирования с периодом опроса входных сигналов с частотой не менее 0,01 с (их просмотр и дальнейшая обработка выполняется с помощью ПВЭМ);
- в различных режимах работы проверять соответствие измеряемых в устройстве АОПО режимных параметров их значениям, фиксируемых измерительными и сигнальными средствами ПТ ИК РЗА.

#### **5. Проведение сертификационных испытаний**

5.1. Программа сертификационных испытаний должна включать опыты, указанные в таблице 6.

**Перечень опытов программы сертификационных испытаний устройств АОПО**

Цель испытаний	№ опыта	Настройка устройства АОПО	Подключение устройства АОПО (на тестовой модели / к ПТ ИК РЗА)	Аварийное возмущение	Корректное действие устройства АОПО
1	2	3	4	5	6
Проверка отсутствия срабатывания при включении и отключении питания	1.1	Заданы исходные уставки	-/ ПТ ИК РЗА	Включение оперативного питания	Отсутствие срабатывания
	1.2	Заданы исходные уставки	-/ ПТ ИК РЗА	Отключение оперативного питания	Отсутствие срабатывания
Проверка отсутствия срабатывания при возникновении неисправности в цепях оперативного тока	2.1	Заданы исходные уставки	-/ ПТ ИК РЗА	Замыкание клеммы питания «+» на землю	Отсутствие срабатывания
	2.2	Заданы исходные уставки	-/ ПТ ИК РЗА	Замыкание клеммы питания «-» на землю	Отсутствие срабатывания
Проверка отсутствия срабатывания при неисправностях цепей напряжения	3.1	Заданы исходные уставки	-/ ПТ ИК РЗА	Отключение одной фазы вторичных цепей трансформатора напряжения	Отсутствие срабатывания
	3.2	Заданы исходные уставки	-/ ПТ ИК РЗА	Отключение двух фаз вторичных цепей трансформатора напряжения	Отсутствие срабатывания
	3.3	Заданы исходные уставки	-/ ПТ ИК РЗА	Отключение трех фаз вторичных цепей от обмоток трансформатора напряжения, соединенных «звездой»	Отсутствие срабатывания
	3.4	Заданы исходные уставки	-/ ПТ ИК РЗА	Замыкание фазы вторичной цепи от трансформатора напряжения на корпус (землю)	Отсутствие срабатывания

Цель испытаний	№ опыта	Настройка устройства АОПО	Подключение устройства АОПО (на тестовой модели / к ПТ ИК РЗА)	Аварийное возмущение	Корректное действие устройства АОПО
1	2	3	4	5	6
	3.5	Заданы исходные уставки	-/ ПТ ИК РЗА	Замыкание двух фаз вторичной цепи от трансформатора напряжения на корпус (землю)	Отсутствие срабатывания
	3.6	Заданы исходные уставки	-/ ПТ ИК РЗА	Смена фаз А и В вторичной цепи от трансформатора напряжения	Отсутствие срабатывания
	3.7	Заданы исходные уставки	-/ ПТ ИК РЗА	Отключение нулевого вывода обмоток трансформатора напряжения, соединенных «звездой»	Отсутствие срабатывания
Проверка отсутствия срабатывания при неисправностях цепей переменного тока	4.1	Заданы исходные уставки	-/ ПТ ИК РЗА	Отключение одной фазы вторичных цепей трансформатора тока	Отсутствие срабатывания
	4.2	Заданы исходные уставки	-/ ПТ ИК РЗА	Отключение двух фаз вторичных цепей трансформатора тока	Отсутствие срабатывания
Проверка отсутствия срабатывания при изменении групп уставок	5	Заданы исходные уставки	-/ ПТ ИК РЗА	Изменение группы уставок в устройстве АОПО (без перезагрузки устройства)	Отсутствие срабатывания
Проверка отсутствия срабатывания при перезагрузке	6	Заданы исходные уставки	-/ ПТ ИК РЗА	Перезагрузка устройства (с помощью кнопки на устройстве, тумблера и т.д.)	Отсутствие срабатывания
Проверка восстановления работоспособности с заданными уставками и	7	Заданы исходные уставки	-/ ПТ ИК РЗА	Отключение оперативного питания. Включение оперативного питания через 60 с	Отсутствие срабатывания. Готовность устройства к работе за время не более 30 с

Цель испытаний	№ опыта	Настройка устройства АОПО	Подключение устройства АОПО (на тестовой модели / к ПТ ИК РЗА)	Аварийное возмущение	Корректное действие устройства АОПО
1	2	3	4	5	6
алгоритмом функционирования после перерыва питания					
Проверка срабатывания при превышении значения допустимой токовой нагрузки ЛЭП	8.1	Заданы исходные уставки	Л-1/ ПТ ИК РЗА	Монотонное увеличение токовой нагрузки по Л-1 до достижения заданной уставки устройства АОПО	Срабатывание через заданную выдержку времени с выдачей УВ
	8.2	Заданы исходные уставки	Л-1/ ПТ ИК РЗА	Скачкообразное увеличение токовой нагрузки по Л-1 до достижения заданной уставки устройства АОПО	Срабатывание через заданную выдержку времени с выдачей УВ
Проверка отсутствия срабатывания при допустимых нагрузочных режимах	9.1	Заданы исходные уставки	Л-1 / ПТ ИК РЗА	Отключение нагрузки Н1. Токовая нагрузка по Л-1 не превышает уставку срабатывания устройства АОПО	Отсутствие срабатывания
	9.2	Заданы исходные уставки	Л-1 / ПТ ИК РЗА	Отключение нагрузки Н2. Токовая нагрузка по Л-1 не превышает уставку срабатывания устройства АОПО.	Отсутствие срабатывания
Проверка отсутствия срабатывания (выдачи УВ) при коротких замыканиях	10	Время срабатывания устройства АОПО задано 3 с. Уставка по току меньше тока КЗ (определяется экспериментально)	Л-1 / ПТ ИК РЗА	2-ф КЗ на землю на Л-1 с ее отключением через 2 с и включением через 1 с (имитация работы резервной защиты и АПВ)	Отсутствие выходного сигнала на выдачу УВ
Проверка отсутствия срабатывания при	11.1	Устройство АОПО настроено на срабатывание при перетоке	Л-1, ТН / ПТ ИК РЗА	Монотонное увеличение токовой нагрузки на Л-1 до величины	Отсутствие срабатывания

Цель испытаний	№ опыта	Настройка устройства АОПО	Подключение устройства АОПО (на тестовой модели / к ПТ ИК РЗА)	Аварийное возмущение	Корректное действие устройства АОПО
1	2	3	4	5	6
направлении перетока активной мощности по ЛЭП в направлении обратном контролируемому		мощности по Л-1 в сторону ПС1		уставки срабатывания устройства АОПО путем увеличения нагрузки на ПС2 и уменьшении мощности генератора ТЭС1.	
	11.2	Устройство АОПО настроено на срабатывание при перетоке мощности по Л-1 в сторону ПС1. Токовая нагрузка по Л-1 соответствует уставке срабатывания устройства АОПО. Время срабатывания задано 6 с	Л-1, ТН / ПТ ИК РЗА	Монотонное увеличение нагрузки на ПС 1 и одновременное уменьшение нагрузки на ПС2. Переток мощности направлен в сторону ПС 1 с токовой нагрузкой по Л-1 равной уставке срабатывания в течение 3 с. Изменение направления мощности по Л-1 путем увеличения нагрузки на ПС2 и одновременное уменьшение нагрузки на ПС1. Переток мощности изменяется в сторону ПС2 с токовой нагрузкой по Л-1 равной уставке срабатывания в течение 4 с	Отсутствие срабатывания
Проверка срабатывания при направлении перетока активной мощности по ЛЭП в контролируемом направлении	12	Устройство АОПО настроено на срабатывание при перетоке мощности по Л-1 в сторону ПС1. Токовая нагрузка по Л-1 соответствует уставке срабатывания устройства АОПО. Время срабатывания задано 6 с.	Л-1, ТН / ПТ ИК РЗА	Монотонное увеличение токовой нагрузки на Л-1 путем увеличения нагрузки на ПС1 и уменьшении нагрузки на ПС2	При перетоке мощности в контролируемом направлении, срабатывание устройства через 6 с



Цель испытаний	№ опыта	Настройка устройства АОПО	Подключение устройства АОПО (на тестовой модели / к ПТ ИК РЗА)	Аварийное возмущение	Корректное действие устройства АОПО
1	2	3	4	5	6
Проверка блокирования пуска всех УВ, кроме воздействия на отключение защищаемого элемента при направлении перетока активной мощности по ЛЭП в контролируемом направлении и неисправности цепей напряжения	13	Устройство АОПО настроено на срабатывание при перетоке мощности по Л-1 в сторону ПС1. Уставка срабатывания устройства АОПО соответствует токовой нагрузке по Л-1	Л-1, ТН / ПТ ИК РЗА	Монотонное увеличение токовой нагрузки на Л-1 путем увеличения нагрузки на ПС1 и уменьшении нагрузки на ПС2. При перетоке мощности в контролируемом направлении отключение одной фазы вторичных цепей ТН	Блокирование пуска всех УВ, кроме воздействия на отключение защищаемого элемента
Проверка коэффициента возврата	14	Заданы исходные уставки	Л-1 / ПТ ИК РЗА	Монотонное увеличение токовой нагрузки по Л-1 выше заданной уставки устройства АОПО и последующее монотонное уменьшение токовой нагрузки	При увеличении токовой нагрузки выше заданной уставки, срабатывание устройства. При уменьшении токовой нагрузки до величины токовой нагрузки, соответствующей $K_v=0,99$ , – прекращение выходного сигнала на выдачу УВ

Цель испытаний	№ опыта	Настройка устройства АОПО	Подключение устройства АОПО (на тестовой модели / к ПТ ИК РЗА)	Аварийное возмущение	Корректное действие устройства АОПО
1	2	3	4	5	6
Проверка перехода устройства АОПО с автоматического режима задания уставок на последние достоверные данные, полученные от датчиков температуры окружающей среды, при выявлении недостоверности поступающей информации о температуре окружающей среды	15.1	Уставка срабатывания устройства АОПО соответствует токовой нагрузке по Л-1 при определенной температуре. Уставка, на которую должно перейти устройство АОПО при поступлении недостоверных данных о температуре, заведомо ниже токовой нагрузки по Л-1	Л-1, ДТ1+ДТ2 / ПТ ИК РЗА	Имитируется отсутствие сигнала от ДТ1, на ДТ2 температура окружающей среды не изменяется	Автоматический переход на последние достоверные данные, полученные от датчиков температуры окружающей среды, и срабатывание устройства АОПО
	15.2			На ДТ1 и ДТ2 имитируется выход замера температуры окружающей среды за заданный диапазон измерений	
	15.3			На ДТ1 температура окружающей среды не изменяется, на ДТ2 имитируется снижение температуры окружающей среды с выходом разности между показаниями датчиков окружающей среды за допустимую величину	
Проверка автоматической смены группы уставок при изменении температуры окружающей среды	16	Заданы 2 группы уставок, соответствующие определенной температуре окружающей среды: I гр.: I <sub>ср</sub> =700 А, t=+40°С, t=5 с; II гр.: I <sub>ср</sub> =900 А, t=+20°С, t=5 с. На входе в устройство АОПО имитируется температура +35°С	Л-1, ДТ1 / ПТ ИК РЗА	Плавное повышение температуры окружающей среды от +35°С до +45°С на ДТ1	Автоматическая смена группы уставок

5.2. Настройка сертифицируемых устройств АОПО должна быть выполнена органом по добровольной сертификации в соответствии с представленными заявителем параметрами настройки устройств АОПО для тестовой модели энергосистемы. Для испытаний с помощью ПТ ИК РЗА настройки устройства АОПО аналогичные.

5.3. Регистрация параметров электроэнергетического режима должна проводиться для каждого опыта.

## **6. Анализ результатов сертификационных испытаний**

Результаты сертификационных испытаний считаются положительными, а устройство АОПО прошедшим сертификационные испытания при одновременном выполнении следующих условий:

6.1. Отсутствует срабатывание устройства АОПО при неисправностях цепей напряжения и потере напряжения, неисправностях измерительных цепей тока.

6.2. Отсутствует срабатывание устройства АОПО при изменении уставок.

6.3. Отсутствует срабатывание устройства АОПО при включении /отключении оперативного питания и неисправностях в цепях оперативного тока.

6.4. Восстановление работоспособности устройства АОПО с заданными уставками и алгоритмом функционирования после перерыва питания происходит за время менее 30 с с момента подачи питания.

6.5. Отсутствует срабатывание устройства АОПО при перезагрузке.

6.6. Устройство АОПО срабатывает через заданную выдержку времени при достижении заданной уставки срабатывания.

6.7. Отсутствует срабатывание устройства АОПО в допустимых нагрузочных режимах.

6.8. Отсутствует срабатывание (выдача УВ) устройства АОПО при коротких замыканиях.

6.9. Отсутствует срабатывание устройства АОПО при направлении перетока активной мощности по ЛЭП в направлении обратном контролируемому.

6.10. Устройство АОПО срабатывает при перетоке мощности в контролируемом направлении.

6.11. Устройство АОПО срабатывает при перетоке мощности в контролируемом направлении и неисправности цепей напряжения с действием только на отключение защищаемого элемента.

6.12. Устройство АОПО переходит с автоматического режима задания уставок на последние достоверные данные, полученные от датчиков температуры окружающей среды, при выявлении недостоверности поступающей информации о температуре окружающей среды.

6.13. Обеспечивается автоматическое изменение группы уставок при изменении температуры окружающей среды.