

**Термопреобразователи универсальные
ТПУ-0304/МЗ-Н и ТПУ-0304/МЗ-Р**

Руководство по функциональной безопасности

НКГЖ.411531.026 ФБ

СОДЕРЖАНИЕ

1	ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	3
1.1	Общие сведения о руководстве по безопасности	3
1.2	Данные о предыдущих версиях руководства по безопасности.....	3
1.3	Другие документы, необходимые для эксплуатации прибора	3
2	ОПИСАНИЕ И РАБОТА	3
2.1	Назначение изделия	3
2.2	Состав изделия.....	3
3	ТРЕБОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	4
3.1	Функция безопасности и безопасное состояние	4
3.2	Требования к связанному оборудованию	4
3.3	Параметры функциональной безопасности	5
3.4	Требования к обслуживающему персоналу.....	6
3.5	Ограничения функциональной безопасности	6
4	КОНФИГУРАЦИЯ УСТРОЙСТВА	7
4.1	Последовательность конфигурации.....	7
5	КОНТРОЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ФУНКЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ	8
5.1	Цель проверки функции безопасности	8
5.2	Полная проверка функции безопасности: Процедура № 1.....	8
5.3	Частичная проверка функции безопасности: Процедура № 2	10
6	ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ.....	13
7	ДИАГНОСТИКА И ОБСЛУЖИВАНИЕ.....	13
7.1	Диагностические процедуры	13
7.2	Сигнализация диагностических процедур	13
7.3	Обслуживание устройства.....	14
8	ВЫВОД УСТРОЙСТВА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ	15
9	РЕМОНТ	15
10	УТИЛИЗАЦИЯ.....	15
	ПРИЛОЖЕНИЕ А СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОДКЛЮЧЕНИЙ ТПУ	16
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б ФОРМА ПРОТОКОЛА ПРОВЕРКИ	17
	ПРИЛОЖЕНИЕ В ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	18

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Общие сведения о руководстве по безопасности

1.1.1 Данное руководство по функциональной безопасности разработано в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61508-2-2012.

1.1.2 Цель руководства по функциональной безопасности состоит в документальном оформлении информации, связанной с применяемыми термопреобразователями универсальными ТПУ-0304/МЗ-Н и ТПУ-0304/МЗ-Р (далее – ТПУ), которая необходима для обеспечения интеграции применяемого изделия в систему, подсистему или элемент, связанные с безопасностью, в соответствии с требованиями ГОСТ Р МЭК 61508-2-2012.

1.1.3 Основные термины и определения, используемые в настоящем руководстве по безопасности приведены в Приложении В.

1.2 Данные о предыдущих версиях руководства по безопасности

Дата	Описание	Встроенное программное обеспечение
Март 2024 г.	Начальная версия документа	Не ниже 12.021
Июль 2024 г.	Правки по результатам внутреннего рассмотрения	Не ниже 12.021

1.3 Другие документы, необходимые для эксплуатации прибора

1.3.1 Перед началом эксплуатации необходимо ознакомиться с руководством по эксплуатации НКГЖ.411531.026РЭ.

2 ОПИСАНИЕ И РАБОТА

2.1 Назначение изделия

2.1.1 Термопреобразователи универсальные ТПУ 0304/МЗ-Н, ТПУ 0304/МЗ-Р предназначены для измерений и непрерывного преобразования температуры твердых, жидких, газообразных и сыпучих веществ в унифицированный выходной сигнал постоянного тока 4-20 мА и (или) в цифровой сигнал на базе HART-протокола.

2.1.2 ТПУ 0304/МЗ-Н, ТПУ 0304/МЗ-Р применяются в различных технологических процессах в промышленности и энергетике.

2.2 Состав изделия

2.2.1 Термопреобразователи состоят из первичного преобразователя температуры (ПП), измерительного преобразователя (ИП), корпуса и кабельного ввода. В качестве ПП температуры используются термопреобразователи сопротивления (ТС) или термоэлектрические преобразователи (ТП). В состав ИП входит компенсатор температуры «холодного» спая (только для работы с ТП).

2.2.2 Необходимым условием при эксплуатации ТПУ является соблюдение всех требований по монтажу, электрическим параметрам блока питания, внешним условиям, указанным в руководстве по эксплуатации НКГЖ.411531.026РЭ, с учетом ограничений, указанных в настоящем руководстве по безопасности.

3 ТРЕБОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 Функция безопасности и безопасное состояние

3.1.1 Функция безопасности ТПУ связана с преобразованием измеряемой температуры в унифицированный выходной сигнал постоянного тока от 4 до 20 мА. Унифицированный выходной сигнал постоянного тока от 4 до 20 мА формируется с помощью аналогового выхода.

3.1.2 HART - сигнал не относится к функции безопасности, но используется для конфигурации, считывания измеренных значений и диагностической информации. Коммуникационные устройства, поддерживающие HART - протокол (ПО «HARTmanager», коммутатор или программируемый логический контроллер (ПЛК) с загруженным DD описанием), используются для проведения контрольных проверок функции безопасности.

3.1.3 Архитектура канала преобразования ТПУ: 1oo1D.

3.1.4 ТПУ может находиться в трех состояниях: нормальное состояние, безопасное состояние, опасное состояние.

В нормальном состоянии ТПУ осуществляет преобразование измеряемой температуры в унифицированный выходной сигнал постоянного тока от 4 до 20 мА с погрешностью безопасности. Погрешность безопасности составляет $\pm 2\%$ от диапазона преобразования.

В безопасном состоянии (безопасный отказ) значение унифицированного выходного сигнала постоянного тока ТПУ меньше 3,6 мА или больше 21 мА.

В опасном состоянии (опасный отказ) значение унифицированного выходного сигнала постоянного тока ТПУ находится в диапазоне от 4 мА до 20 мА, но его погрешность превышает погрешность безопасности.

3.1.5 Унифицированный выходной сигнал постоянного тока от 4 до 20 мА ТПУ удовлетворяет рекомендациям NAMUR NE43.

3.1.6 ТПУ для режимов безопасности «NAMUR» и «SIL» (параметр «Профиль безопасности» на закладке «Обслуживание») осуществляет линейное преобразование температуры ПП в унифицированный выходной сигнал постоянного тока в диапазоне от 3,8 мА до 20,5 мА. Значения токов меньше 3,8 мА или выше 20,5 мА считаются признаком отказа.

3.1.7 В случае отказа микроконтроллера или модуля питания ТПУ, приводящего к невозможности формирования пользовательского тока ошибки меньше 3,6 мА или больше 21 мА, ТПУ переходит в безопасное состояние с формированием выходного сигнала постоянного тока меньше 3,6 мА.

3.1.8 Для опасных отказов типа «короткое замыкание» значение унифицированного выходного сигнала постоянного тока ТПУ может превышать 23 мА.

3.1.9 ТПУ соответствует УПБ только в случае активации режима безопасности «SIL» (п. 4.1.2).

3.2 Требования к связанному оборудованию

3.2.1 Параметры внешнего блока питания и другого оборудования, подключаемого к ТПУ должны соответствовать приведенным в руководстве по эксплуатации НКГЖ.411531.026РЭ.

3.2.2 Программируемый логический контроллер (ПЛК), подключаемый к аналоговому выходу ТПУ должен поддерживать рекомендации NAMUR NE43 для входного токового сигнала и обеспечивать быстрое действие обнаружения признака отказа по току ошибки меньше 3,6 мА и больше 21 мА не хуже, чем 1 с.

3.2.3 Программируемый логический контроллер (ПЛК), подключаемый к аналоговому выходу ТПУ должен интерпретировать значения токов меньше 3,8 мА или выше 20,5 мА как опасное состояние.

3.2.4 Программируемый логический контроллер (ПЛК), подключаемый к аналоговому выходу ТПУ должен обеспечивать ограничение тока аналогового выхода ТПУ в случае отказа типа «короткое замыкание», при котором значение тока аналогового выхода ТПУ может превышать 23 мА.

3.2.5 Программируемый логический контроллер (ПЛК), подключаемый к аналоговому выходу ТПУ должен уметь нормально функционировать и диагностировать отказ в случае обрыва или короткого замыкания цепи унифицированного выходного сигнала постоянного тока.

3.3 Параметры функциональной безопасности

3.3.1 Частоты отказов устройства определяются посредством FMEA анализа по ГОСТ Р МЭК 61508.

3.3.2 Точность преобразования измеренной температуры в унифицированный выходной сигнал постоянного тока от 4 до 20 мА, обеспечиваемая функциональной безопасностью (погрешность безопасности), составляет $\pm 2\%$ от диапазона преобразования.

3.3.3 Основные параметры функциональной безопасности ТПУ 0304/МЗ-Н, ТПУ 0304/МЗ-Р представлены в таблице 1 и 2.

Таблица 1 – Параметры функциональной безопасности ТПУ 0304/МЗ-Н, ТПУ 0304/МЗ-Р

Показатель	Значение
Уровень полноты безопасности	УПБ 2 (SIL 2)
Устойчивость к отказам аппаратных средств (HFT)	0
Тип устройства	B
Режим запросов	с низкой частотой запросов; с высокой частотой запросов
Среднее время восстановления (MTTR), ч	8
Интервал времени между контрольными проверками (Tproof), ч	8760 (1 год)

Таблица 2 – Показатели отказов ТПУ 0304/МЗ-Н, ТПУ 0304/МЗ-Р в зависимости от типа первичного преобразователя.

Тип подключенного ПП	Условия подключения	Показатель						
		λ_{dd} , FIT	λ_{du} , FIT ¹⁾	λ_{sd} , FIT ¹⁾	λ_{su} , FIT	SFF, %	PFD _{avg} ³⁾	PFH
ТС, 4-х проводная схема	Короткие провода ¹⁾	594	48	23	303	95,0	$0,21 \cdot 10^{-3}$	$4,79 \cdot 10^{-8}$
	Удлинительные провода ²⁾	979	112	23	303	92,1	$0,49 \cdot 10^{-3}$	$11,2 \cdot 10^{-8}$
ТС, 3-х и 2-х проводная схема	Короткие провода ¹⁾	588	51	23	303	94,7	$0,22 \cdot 10^{-3}$	$5,09 \cdot 10^{-8}$
	Удлинительные провода ²⁾	930	137	23	303	90,2	$0,6 \cdot 10^{-3}$	$13,7 \cdot 10^{-8}$
ТП, встроенный КХС	Короткие провода ¹⁾	644	47	23	303	95,4	$0,21 \cdot 10^{-3}$	$4,69 \cdot 10^{-8}$
	Удлинительные провода ²⁾	1449	142	23	303	92,6	$0,62 \cdot 10^{-3}$	$14,2 \cdot 10^{-8}$
ТП, внешний КХС	Короткие провода ¹⁾	683	56	23	303	94,7	$0,25 \cdot 10^{-3}$	$5,59 \cdot 10^{-8}$
	Удлинительные провода ²⁾	1830	237	23	303	90,1	$1,04 \cdot 10^{-3}$	$23,7 \cdot 10^{-8}$
Два ТС, 2-х проводная схема	Короткие провода ¹⁾	627	60	23	303	94,1	$0,26 \cdot 10^{-3}$	$5,99 \cdot 10^{-8}$
	Удлинительные провода ²⁾	1311	232	23	303	87,6	$1,02 \cdot 10^{-3}$	$23,2 \cdot 10^{-8}$
Две ТП, встроенный	Короткие	739	52	23	303	95,4	$0,23 \cdot 10^{-3}$	$5,19 \cdot 10^{-8}$

КХС	провода ¹⁾							
	Удлинительные провода ²⁾	2349	242	23	303	91,7	1,06•10 ⁻³	24,2•10 ⁻⁸
¹⁾ ИП находится в корпусе термопреобразователя. Первичный преобразователь крепится к этому же корпусу и подключен короткими проводами. ²⁾ ИП находится на удалении от ПП ³⁾ Для T _{proof} = 1 год.								

3.3.4 Приведенные в таблице 2 интенсивности отказов соответствуют типичным условиям эксплуатации на промышленных предприятиях, при средней температуре за длительный период времени 40 °С.

3.3.5 Средний срок службы изделия составляет 15 лет.

3.4 Требования к обслуживающему персоналу

3.4.1 Лица, обслуживающие систему безопасности, должны иметь соответствующую подготовку, технические знания, опыт и квалификацию, соответствующие служебным обязанностям, которые они должны выполнять.

3.4.2 Подготовка, опыт и квалификация всех лиц, привлеченных к любым действиям, связанным с полным жизненным циклом безопасности системы, должны быть документированы.

3.4.3 ТПУ должны обслуживаться персоналом, имеющим квалификационную группу по электробезопасности не ниже II в соответствии с «Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок».

3.5 Ограничения функциональной безопасности

3.5.1 Условия эксплуатации

3.5.1.1 Не допускается применение ТПУ для измерения параметров сред, агрессивных по отношению к материалам, контактирующим с измеряемой средой. Окружающая среда не должна содержать солевых туманов, агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металл и изоляцию.

3.5.1.2 Диапазон рабочих температур: от минус 55 °С до плюс 70 °С, при условии средней температуры за длительный период времени 40 °С.

3.5.2 Ограничения конфигурации

3.5.2.1 В таблице 3 приведены допустимые значения параметров конфигурации ТПУ, обеспечивающих УПБ.

Таблица 3 – Параметры конфигурации, связанные с функциональной безопасностью

Параметр	Допустимые значения для УПБ
Назначение первичной переменной	T1, T2, T1 - T2, T1 - T2 , Средн. T1, T2, Мин. T1, T2, Макс. T1, T2, T1 или T2
Профиль безопасности	SIL
Диагностика обрыва и короткого замыкания ПП	Вкл.
Диагностика сопротивления линии ПП	Вкл.
Диагностика унифицированного выходного сигнала	Вкл.
Низкий уровень тока ошибки	3,5 мА
Высокий уровень тока ошибки	от 21,5 до 22,5 мА

Маска сигнализации аналогового выхода	Должны быть установлены: «Сбой электроники», «Отказ сенсора», «Проверка работы»
Уровень тока ошибки	«Низкий» или «Высокий»
Ток насыщения нижнего уровня	3,8 мА
Ток насыщения верхнего уровня	20,5 мА
Задержка тока ошибки	от 0 до 30 с
Режим токовой петли	Включено
Программная защита от записи	Вкл.

3.5.2.2 Установка параметров, указанных в п. 3.5.2.1, происходит в рамках процедуры активации режима безопасности «SIL».

3.5.2.3 Проверка соответствия параметров конфигурации ТПУ требованиям функциональной безопасности возлагается на пользователя.

4 КОНФИГУРАЦИЯ УСТРОЙСТВА

4.1 Последовательность конфигурации

4.1.1 Конфигурация ТПУ осуществляется с помощью ПО «HARTmanager», коммутатора или ПЛК с загруженным DD описанием согласно руководству по эксплуатации на ТПУ, НКГЖ.411531.026РЭ.

4.1.2 Активация режима безопасности

4.1.2.1 Активация режима безопасности является обязательной процедурой, необходимой для соответствия ТПУ уровню УПБ.

4.1.2.2 Активация режима безопасности осуществляется в следующей последовательности:

- перевести переключатель аппаратной блокировки в состояние «ВЫКЛ» (если он ранее не находился в данном состоянии);
- с помощью метода «Защита от записи» снять программную защиту от модификации параметров (если она ранее была установлена), введя ранее установленный пароль;
- проверить и при необходимости установить и записать параметры согласно п. 3.5.2;
- установить и записать параметр «Профиль безопасности» = «SIL»;
- установить программную защиту от модификации параметров с помощью метода «Защита от записи»;
- при необходимости перевести переключатель аппаратной блокировки в состояние «ВКЛ».

4.1.2.3 Если значение параметра «Профиль безопасности» установлено «SIL», а значения остальных параметров не соответствуют п. п. 3.5.2, на индикаторе ТПУ отображается сообщение «Err7» (ошибка конфигурации) для исполнений с индикатором, в ПО «HARTmanager» устанавливается флаг «Ошибка конфигурации», токовый выход формирует ток ошибки, заданный пользователем.

4.1.3 Деактивация режима безопасности

4.1.3.1 Деактивация (отключение) режима безопасности «SIL» необходима для проведения диагностических проверок, контрольных проверок, конфигурации ТПУ или с целью эксплуатации ТПУ в системах, не связанных с функциональной безопасностью.

4.1.3.2 Деактивация (отключение) режима безопасности «SIL» осуществляется в следующей последовательности:

- перевести переключатель аппаратной блокировки в состояние «ВЫКЛ» (если он ранее не находился в данном состоянии);
- с помощью метода «Защита от записи» снять программную защиту от модификации параметров, введя ранее установленный пароль;
- установить и записать параметр «Профиль безопасности» = «Стандартный» или «NAMUR».

4.1.3.3 Описание режима работы для профилей безопасности «Стандартный» или «NAMUR» приведено в руководстве по эксплуатации на ТПУ НКГЖ.411531.026РЭ.



ВНИМАНИЕ!

Во время конфигурации ТПУ не находится в безопасном состоянии. Процедура конфигурации ТПУ оказывает влияние на подключенные к ТПУ устройства и узлы системы безопасности, без соответствующих мер может приводить к аварийным ситуациям или к ложному срабатыванию противоаварийной системы. Конфигурация ТПУ должна производиться только квалифицированным персоналом, ответственным за безопасность системы противоаварийной защиты.

5 КОНТРОЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ФУНКЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 Цель проверки функции безопасности

5.1.1 Для подтверждения уровня полноты безопасности (УПБ) и выявления опасных необнаруженных отказов функция безопасности должна проверяться через соответствующие промежутки времени (интервал времени между контрольными проверками (T_{proof})) посредством контрольной проверки. Выбор вида и объема проверки является ответственностью лица, эксплуатирующего устройство. Рекомендуемая форма протокола проверки приведена в Приложении Б.

5.1.2 Если результат проверки функции безопасности отрицательный, то вся измерительная система должна быть выведена из работы, а безопасное состояние процесса должно поддерживаться другими мерами.

5.2 Полная проверка функции безопасности: Процедура № 1

5.2.1 Полная проверка функции безопасности осуществляет проверку всего канала преобразования температуры в унифицированный выходной токовый сигнал постоянного тока от 4 до 20 мА и позволяет достичь диагностического покрытия 99%.

5.2.2 Во время функционального теста функция безопасности должна рассматриваться как небезопасная. Следует учитывать, что функциональный тест оказывает влияние на подключенные устройства.

5.2.3 После завершения функционального теста должно быть восстановлено состояние, определенное для функции безопасности.

5.2.4 Проверка функции безопасности ТПУ осуществляется при помощи задания контрольных точек измеряемой температуры, измерения унифицированного выходного токового сигнала, считывания диагностической информации с помощью HART-сигнала и индикатора.

5.2.5 В случае невозможности проведения функционального теста ТПУ в смонтированном состоянии на объекте необходимо произвести демонтаж ТПУ и осуществить его проверку на испытательном стенде.



ВНИМАНИЕ!

Операции, производимые во время подготовки к проверке функции безопасности ТПУ и во время самой функциональной проверки, не являются безопасными, оказывают влияние на подключенные к ТПУ устройства и узлы системы безопасности, без соответствующих мер могут приводить к аварийным ситуациям или к ложному срабатыванию противоаварийной системы. Операции по проверке функции безопасности должны производиться только квалифицированным персоналом, ответственным за безопасность системы противоаварийной защиты.

5.2.6 Процедура полной проверки функции безопасности ТПУ осуществляется в следующем порядке.

1. Исключить ТПУ из контура, связанного с безопасностью, организовать байпасные контуры для предотвращения ложного срабатывания противоаварийной системы. При необходимости должны предприниматься другие меры для поддержания функции безопасности.
2. Снять пломбу для доступа к переключателю аппаратной блокировки.
3. Подключить к ТПУ блок питания, HART-модем или коммуникатор, измеритель тока в соответствии со схемами подключения указанными в приложении А НКГЖ.411531.026РЭ. В случае, если к ТПУ уже подключен ПЛК, обладающий характеристиками указанного оборудования, то допускается использовать данный ПЛК для осуществления функциональной проверки ТПУ. В ПЛК или коммуникатор должно быть загружено соответствующее DD описание.
4. Произвести деактивацию режима безопасности ТПУ согласно п. 4.1.3, и установить параметр «Профиль безопасности» = «Стандартный».
5. Убедиться в отсутствии статусов ошибок на закладке «Диагностика» ПО «HARTmanager», коммуникатора или ПЛК с загруженным DD описанием и сообщений об ошибке на индикаторе (для исполнений с индикатором).
6. С помощью метода M12 «Тест петли» установить значение унифицированного выходного сигнала 3.5 мА, соответствующее аварийной сигнализации нижнего уровня. С помощью подключенного к ТПУ оборудования (миллиамперметр, ПЛК) измерить ток и убедиться, что он равен 3.5 мА с учетом предела допускаемой погрешности цифро-аналогового преобразования ТПУ и погрешности измерения тока подключенным оборудованием.
7. С помощью метода M12 «Тест петли» установить значение унифицированного выходного сигнала 21.5 мА, соответствующее аварийной сигнализации верхнего уровня. С помощью подключенного к ТПУ оборудования (миллиамперметр, ПЛК) измерить ток и убедиться, что он равен 21.5 мА с учетом предела допускаемой погрешности цифро-аналогового преобразования ТПУ и погрешности измерения тока подключенным оборудованием.
8. С помощью метода M12 «Тест петли» выйти из режима фиксированного тока.
9. Активировать режим безопасности ТПУ согласно п. 4.1.2.

10. Отключить питание ТПУ, а через 5 с восстановить питание ТПУ.
11. Перезапустить коммуникационное устройство (ПО «HARTmanager», коммуникатор или ПЛК с загруженным DD описанием) и установить связь с ТПУ.
12. Убедиться в отсутствии статусов ошибок на закладке «Диагностика» ПО «HARTmanager», коммуникатора или ПЛК с загруженным DD описанием и сообщений об ошибке на индикаторе.
13. Убедиться что установлен профиль безопасности «SIL» (параметр «Профиль безопасности» на закладке «Обслуживание»).
14. Убедиться в отсутствии статусов ошибок на закладке «Диагностика».
15. Установить нижнюю контрольную температуру ПП, например, с помощью калибратора температуры, соответствующую выходному унифицированному току в диапазоне от 4 мА до 7 мА.
16. С помощью коммуникационного HART-устройства, подключенного к ТПУ, считать показания температуры ПП и убедиться, что она соответствует действительной температуре с учетом предела допускаемой основной погрешности цифрового сигнала по протоколу HART и с учетом погрешности задания температуры калибратором температуры.
17. С помощью подключенного к ТПУ оборудования (миллиамперметр, ПЛК) измерить ток и убедиться в правильности преобразования температуры в унифицированный сигнал с учетом предела допускаемой погрешности цифро-аналогового преобразования ТПУ и погрешности измерения тока подключенным оборудованием.
18. Установить верхнюю контрольную температуру ПП, например, с помощью калибратора температуры, соответствующую выходному унифицированному току в диапазоне от 17 мА до 20 мА.
19. Выполнить пп. 5.2.6.16 - 5.2.6.17 для верхней контрольной температуры.
20. Проверить параметры конфигурации ТПУ с учетом ограничений, указанных в п. 3.5.2.
21. Задokumentировать результаты проверки.

5.3 Частичная проверка функции безопасности: Процедура № 2

5.3.1 Частичная проверка функции безопасности осуществляет проверку формирования унифицированного выходного токового сигнала постоянного тока от 4 до 20 мА и позволяет достичь диагностического покрытия 60%.

5.3.2 Во время функционального теста функция безопасности должна рассматриваться как небезопасная. Следует учитывать, что функциональный тест оказывает влияние на подключенные устройства.

5.3.3 После завершения функционального теста должно быть восстановлено состояние, определенное для функции безопасности.

5.3.4 Проверка функции безопасности ТПУ осуществляется при помощи задания контрольных точек унифицированного выходного токового сигнала, считывания диагностической информации с помощью HART-сигнала и индикатора.

5.3.5 В случае невозможности проведения функционального теста ТПУ в смонтированном состоянии на объекте необходимо произвести демонтаж ТПУ и осуществить его проверку на испытательном стенде.



ВНИМАНИЕ!

Операции, производимые во время подготовки к проверке функции безопасности ТПУ и во время самой функциональной проверки, не являются безопасными, оказывают влияние на подключенные к ТПУ устройства и узлы системы безопасности, без соответствующих мер могут приводить к аварийным ситуациям или к ложному срабатыванию противоаварийной системы. Операции по проверке функции безопасности должны производиться только квалифицированным персоналом, ответственным за безопасность системы противоаварийной защиты.

5.3.6 Процедура частичной проверки функции безопасности ТПУ осуществляется в следующем порядке.

1. Исключить ТПУ из контура, связанного с безопасностью, организовать байпасные контуры для предотвращения ложного срабатывания противоаварийной системы. При необходимости должны предприниматься другие меры для поддержания функции безопасности.
2. Снять пломбу для доступа к переключателю аппаратной блокировки.
3. Подключить к ТПУ блок питания, HART-модем или коммутатор, измеритель тока в соответствии с приложением А НКГЖ.411531.026РЭ. В случае, если к ТПУ уже подключен ПЛК, обладающий характеристиками указанного оборудования, то допускается использовать данный ПЛК для осуществления функциональной проверки ТПУ. В ПЛК или коммутатор должно быть загружено -соответствующее DD описание.
4. Произвести деактивацию режима безопасности ТПУ согласно п. 4.1.3, и установить параметр «Профиль безопасности» = «Стандартный».
5. Убедиться в отсутствии статусов ошибок на закладке «Диагностика» ПО «HARTmanager», коммутатора или ПЛК с загруженным DD описанием и сообщений об ошибке на индикаторе (для исполнений с индикатором).
6. С помощью метода M12 «Тест петли» установить значение унифицированного выходного сигнала 3.5 мА, соответствующее аварийной сигнализации нижнего уровня. С помощью подключенного к ТПУ оборудования (миллиамперметр, ПЛК) измерить ток и убедиться, что он равен 3.5 мА с учетом предела допускаемой погрешности цифро-аналогового преобразования ТПУ и погрешности измерения тока подключенным оборудованием.
7. С помощью метода M12 «Тест петли» установить значение унифицированного выходного сигнала 21.5 мА, соответствующее аварийной сигнализации верхнего уровня. С помощью подключенного к ТПУ оборудования (миллиамперметр, ПЛК) измерить ток и убедиться, что он равен 21.5 мА с учетом предела допускаемой погрешности цифро-аналогового преобразования ТПУ и погрешности измерения тока подключенным оборудованием.
8. С помощью метода M12 «Тест петли» выйти из режима фиксированного тока.
9. Активировать режим безопасности ТПУ согласно п. 4.1.2.
10. Отключить питание ТПУ, а через 5 с восстановить питание ТПУ.
11. Перезапустить коммуникационное устройство (ПО «HARTmanager», коммутатор или ПЛК с загруженным DD описанием) и установить связь с ТПУ.
12. Убедиться в отсутствии статусов ошибок на закладке «Диагностика» ПО «HARTmanager», коммутатора или ПЛК с загруженным DD описанием и сообщений об ошибке на индикаторе.
13. Убедиться что установлен профиль безопасности «SIL» (параметр «Профиль без-

- опасности» на закладке «Обслуживание»).
14. Убедиться в отсутствии статусов ошибок на закладке «Диагностика».
 15. При необходимости перевести переключатель аппаратной блокировки в состояние «ВКЛ».
 16. Проверить параметры конфигурации ТПУ с учетом ограничений, указанных в п. 3.5.2.
 17. Задокументировать результаты проверки.

6 ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

6.1 Перед вводом в эксплуатацию необходимо ознакомиться с руководством по эксплуатации на ТПУ (НКГЖ.411531.026РЭ), и настоящим руководством по безопасности.

6.2 Требуется выполнять рекомендации по монтажу и подключению, содержащиеся в руководстве по эксплуатации НКГЖ.411531.026РЭ.

6.3 Ввод ТПУ в эксплуатацию осуществляется в соответствии с проектной документацией на систему безопасности, в которую интегрируется ТПУ.

6.4 При вводе в эксплуатацию ТПУ необходимо выполнить, как минимум, требования разделов «Внешний осмотр» и «Опробование» руководства по эксплуатации на ТПУ(НКГЖ.411531.026РЭ), а также провести частичную проверку функции безопасности (Процедура № 2) в соответствии с п. 5.3 настоящего руководства по безопасности.

7 ДИАГНОСТИКА И ОБСЛУЖИВАНИЕ

7.1 Диагностические процедуры

7.1.1 В ТПУ реализованы методы диагностики и самодиагностики, позволяющие своевременно обнаружить неисправность работы ТПУ или отклонение от нормальных условий эксплуатации. Диагностика может производиться непрерывно, однократно при включении ТПУ или по запросу.

7.1.2 Большая часть диагностик производится ТПУ автоматически в непрерывном режиме без участия оператора.

7.1.3 Для выявления необнаруженных опасных отказов необходимо проводить контрольные проверки функции безопасности в соответствии с п. 5 настоящего руководства по безопасности.

7.1.4 При проведении диагностик по запросу ТПУ должен быть поставлен на байпас для исключения ложного срабатывания системы безопасности, или регламентные работы по обслуживанию и диагностики ТПУ должны проводиться во время остановочного ремонта.



ВНИМАНИЕ!

Диагностика ТПУ, осуществляемая оператором по запросу, не является безопасной, оказывает влияние на подключенные к ТПУ устройства и узлы системы безопасности, без соответствующих мер может приводить к аварийным ситуациям или к ложному срабатыванию противоаварийной системы. Диагностика по запросу оператора должна производиться только квалифицированным персоналом, ответственным за безопасность системы противоаварийной защиты.

7.2 Сигнализация диагностических процедур

7.2.1 Результат работы диагностических процедур отображается на закладке «Диагностика» коммуникационного устройства (ПО «HARTmanager», коммуникатор или ПЛК с загруженным DD описанием).

7.2.2 Описание диагностических статусов, получаемых с помощью HART-протокола, приведено в руководстве по эксплуатации на ТПУ, НКГЖ.411531.026РЭ.

7.2.3 Признак ошибки сигнализируется посредством тока ошибки унифицированного выходного сигнала (аналоговый выход). Значения токов меньше 3,8 мА или выше 20,5 мА считаются признаком неисправности прибора для профилей безопасности «NAMUR» и «SIL» (параметр «Профиль безопасности» на закладке «Обслуживание»). В случае возникновения ошибки (отказа) аналоговый токовый выход формирует ток ошибки, значение которого определено пользователем. Стандартными токами ошибки являются 3,5 мА (низкий уровень) или 21,5 мА (высокий уровень).

7.3 Обслуживание устройства

7.4 Обслуживание ТПУ осуществляется путем соблюдения требований раздела «Техническое обслуживание» руководства по эксплуатации на ТПУ, НКГЖ.411531.026РЭ.

7.5 С целью подтверждения уровня полноты безопасности (УПБ) необходимо производить периодические контрольные проверки функции безопасности в соответствии с п. 5 настоящего руководства по безопасности.

7.6 При необходимости производится диагностика ТПУ в соответствии с п. 7 настоящего руководства по безопасности с целью проверки работоспособности каналов сигнализации: проверка индикатора, проверка HART-сигнала, проверка унифицированного выходного сигнала.

7.7 В случае обнаружения неисправностей необходимо осуществить процедуру вывода ТПУ из эксплуатации в соответствии с п. 8 настоящего руководства по безопасности.

7.8 Решение о ремонте, замене, утилизации ТПУ с выявленными неисправностями принимает эксплуатирующая организация.

8 ВЫВОД УСТРОЙСТВА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ

8.1 Вывод ТПУ из эксплуатации осуществляется по следующим причинам.

1. Истек срок службы ТПУ.
2. Истек срок межповерочного интервала.
3. Отказ конструктивных элементов, механические повреждения.
4. Отказ, выявленный периодической диагностикой ТПУ.
5. Отрицательный результат контрольной проверки функции безопасности.
6. Изменение проекта системы, в которую был интегрирован ТПУ.

8.2 Вывод ТПУ из эксплуатации осуществляется в соответствии с проектной документацией на систему безопасности, в которую был интегрирован ТПУ.

8.3 При выводе ТПУ из эксплуатации необходимо принимать специальные меры по поддержке безопасного состояния системы.

9 РЕМОНТ

9.1 Ремонт ТПУ производится на предприятии-изготовителе по отдельному договору.

10 УТИЛИЗАЦИЯ

10.1 ТПУ не содержат вредных материалов и веществ, требующих специальных методов утилизации.

10.2 После окончания срока службы ТПУ подвергаются мероприятиям по подготовке и отправке на утилизацию. При этом следует руководствоваться нормативно-техническими документами, принятыми в эксплуатирующей организации.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОДКЛЮЧЕНИЙ ТПУ

Схемы подключений ТПУ указаны в приложении А руководства по эксплуатации ТПУ
НКГЖ.411531.026РЭ

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Форма протокола проверки

Идентификация	
Фирма/Проверяющее лицо	
Тип устройства/Код заказа	
Серийный номер устройства	
Дата начальной установки	
Версия встроенного ПО	
Пароль защиты от записи параметров	
Дата последней проверки функции безопасности	

Основание/объем проверки	
	Проверка контрольных точек < 3,6 мА и > 21 мА для унифицированного выходного токового сигнала ТПУ
	Проверка контрольных точек измеряемой величины внутри диапазона преобразования ТПУ от 4 до 20 мА
	Проверка диагностических сообщений ТПУ
	Проверка параметров конфигурации ТПУ

Результат проверки		
Ожидаемое измеренное значение	Действительное значение	Результат проверки

Дата	Подпись
------	---------

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Термины и определения

Функциональная безопасность (Functional Safety) – часть общей системы безопасности, обусловленная применением управляемого оборудования и системы управления и зависящая от правильности функционирования электрических/ электронных/ программируемых электронных систем (далее – Э/Э/ЭП системы), связанных с безопасностью, и других средств по снижению риска.

Полнота безопасности (safety integrity) – вероятность того, что система, связанная с безопасностью, будет удовлетворительно выполнять требуемые функции безопасности при всех оговоренных условиях в течение заданного периода времени.

УПБ (SIL – safety integrity level) – уровень полноты безопасности - дискретный уровень (принимаящий одно из четырех значений), определяющий требования к полноте безопасности для функции безопасности, который ставится в соответствии с Э/Э/ПЭ системам, связанным с безопасностью.

Опасное состояние (dangerous state) - состояние процесса, при котором функция безопасности не может быть выполнена.

Безопасное состояние (safe state) – состояние процесса, в котором достигается безопасность. Функция безопасности выполнена.

Функция безопасности (safety function) – функция, реализуемая системой, связанной с безопасностью, основанной на других технологиях, или внешними средствами снижения риска, которая предназначена для достижения или поддержания безопасного состояния процесса применительно к определенному опасному событию.

Отказ (failure) – прекращение способности функциональной единицы выполнять требуемую функцию.

Опасный отказ (dangerous failure) – отказ, который потенциально может перевести систему, связанную с безопасностью, в опасное или неработоспособное состояние.

Безопасный отказ (safe failure) – отказ, который не переводит систему, связанную с безопасностью, в опасное состояние или в состояние отказа при выполнении функции.

Обнаруженный отказ (detected failure) – отказ, выявленный с помощью диагностических проверок, контрольных проверок, вмешательства оператора (например, физического осмотра и ручной проверки) либо в ходе нормальной работы.

Необнаруженный отказ (undetected failure) – отказ, не выявленный с помощью диагностических проверок, контрольных проверок, вмешательства оператора (например, физического осмотра и ручной проверки) либо в ходе нормальной работы.

Отказобезопасность – свойства изделия, ориентированные на сохранение безопасности в случае отказа.

Архитектура MooN – приборная система безопасности или ее часть, выполненная из N независимых каналов, соединенных так, что M каналов достаточно для выполнения функции безопасности.

FMECA (Failure Modes, Effect, and Diagnostics Analysis) – анализ видов и последствий отказов, их эффектов и диагностики. Применяется для расчёта показателей функциональной безопасности.

Контрольная проверка/проверка функции безопасности (proof test) – периодическая проверка, выполняемая для того, чтобы обнаружить отказы в системе, связанной с безопасностью, с тем чтобы при необходимости система могла быть восстановлена настолько близко к исходному состоянию, насколько это возможно в данных условиях.

FIT (failures in time) – вероятность отказа, представляемая как число отказов на миллиард часов. $1 \text{ FIT} = 1 \cdot 10^{-9}$ в час.

DC (diagnostic coverage) – охват диагностикой, %.

SFF (safety fail fraction) – доля безопасных отказов - свойство элемента, связанного с безопасностью, определяемое отношением суммы средних частот безопасных отказов и опасных обнаруженных отказов к сумме средних частот безопасных и опасных отказов.

HFT (hardware fault tolerance) – допустимое число отказов оборудования.

$HFT = X$ означает, что $X+1$ является минимальным числом отказов, которые могут привести к потере функции безопасности.

PFDavg (probability of dangerous failure on demand) - средняя вероятность опасного отказа по запросу, средняя неготовность Э/Э/ПЭ системы, связанной с безопасностью, обеспечить безопасность, т.е. выполнить указанную функцию безопасности, когда происходит запрос.

PFH (average frequency of a dangerous failure per hour) - средняя частота опасного отказа в час, средняя частота опасного отказа Э/Э/ПЭ системы, связанной с безопасностью, выполняющей указанную функцию безопасности в течение заданного периода времени.