



Уровень



Давление



Расход



Температура



Анализ жидкости



Регистраторы



Системные компоненты



Сервис



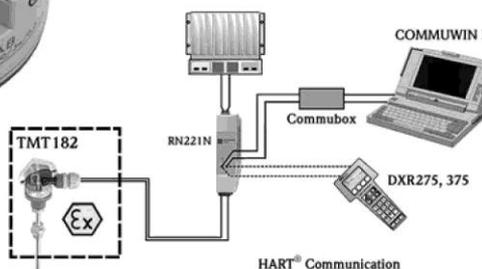
Решения

Руководство по функциональной безопасности

**iTEMP® HART® TMT182**

**с выходным сигналом 4...20 мА**

Преобразователь температуры



#### Область применения

Измерение температуры (например, защита технологического процесса от перегрева или переохлаждения при использовании в системах безопасности) в соответствии с требованиями к безопасности систем, изложенными в стандартах МЭК 61508/ МЭК 61511-1 (FDIS).

Измерительный прибор соответствует требованиям в следующих областях

- Функциональная безопасность согласно стандартам МЭК 61508/МЭК 61511-1
- Взрывозащита (зависит от исполнения)
- Электромагнитная совместимость согласно стандарту EN 61326 и рекомендациям NAMUR NE 21

#### Преимущества

- Применение в задачах мониторинга температуры до уровня SIL 2. Уровень определен в ходе независимой оценки (оценки функциональной безопасности) компанией exida.com согласно стандарту МЭК 61508/МЭК 61511-1
- Непрерывное измерение
- Простой ввод в эксплуатацию

# Содержание

<b>Декларация о соответствии SIL</b> .....	<b>3</b>
<b>Введение</b> .....	<b>4</b>
Сокращения, стандарты и сокращенные термины .....	4
Определение уровня полноты безопасности (SIL) .....	4
<b>Функция безопасности с применением прибора TMT182</b> .....	<b>5</b>
Данные по функции безопасности .....	5
Версия устройства .....	5
Дополнительная документация по устройству TMT182 .....	6
<b>Ввод в эксплуатацию и периодические проверки</b> .....	<b>6</b>
Применение прибора для проведения непрерывных измерений.....	6
<b>Рекомендуемая методика проведения периодических проверок</b> .....	<b>6</b>
Инструменты, применяемые при проведении периодических проверок .....	6
Этапы проведения испытаний .....	6
Классификация ошибок.....	7
Анализ.....	7
<b>Настройки</b> .....	<b>7</b>
Настройки .....	7
<b>Параметры, связанные с безопасностью</b> .....	<b>8</b>
Конкретные параметры устройства TMT182, связанные с безопасностью .....	8
Значения PFDAVG в зависимости от выбранной периодичности техобслуживания.....	8
<b>Ремонт</b> .....	<b>8</b>
Ремонт .....	8
<b>Краткие указания по обслуживанию Exida.com</b> .....	<b>9</b>
<b>Приложение: Справка о присутствии опасных веществ</b> .....	<b>15</b>

## Декларация о соответствии SIL

### Функциональная безопасность преобразователя температуры согласно стандарту МЭК 61508/МЭК 61511

Компания Endress+Hauser Wetzer GmbH+Co. KG, адрес: Obere Wank 1, 87484 Nesselwang являющаяся изготовителем данного прибора, заявляет, что преобразователь температуры

#### iTEMP® HART® TMT182

пригоден к применению в системах безопасности, отвечающих стандарту МЭК 61511-1 при условии соблюдения соответствующих указаний по безопасности.

Анализ видов, последствий и диагностики отказов (FMEDA) дал следующие характеристики:

SIL (Уровень полноты безопасности)	2		
Интервал контрольных проверок	1 год		
Тип прибора	B		
HFT (Допуск по ошибкам аппаратного обеспечения) <sup>1)</sup>	0 (одноканальный)		
SFF (Доля безопасных отказов)	> 73 %		
PFDAVG (Средняя вероятность опасного отказа при запросе) <sup>2)</sup>	4,69×10 <sup>-4</sup>		
MTBF (Среднее время между отказами) <sup>3)</sup>	263 года		
Мониторинг при выполнении функции безопасности <sup>4)</sup>	низкий уровень	высокий уровень	диапазон
$\lambda_{sd}$	26 FIT	101 FIT	117 FIT
$\lambda_{su}$	165 FIT	165 FIT	165 FIT
$\lambda_{dd}$	108 FIT	33 FIT	17 FIT
$\lambda_{du}$	107 FIT	107 FIT	107 FIT

<sup>1)</sup> в соответствии с п. 11.4.4 стандарта МЭК 61511-1

<sup>2)</sup> значение соответствует требованиям стандарта SIL 2 согласно документам ISA S84.01 и МЭК 61511-1

<sup>3)</sup> согласно стандарту Siemens SN29500

<sup>4)</sup> при настройке на диапазон от 4 до 20 мА

Прибор, в том числе его модификации, прошел оценку на основе реального применения.

г. Нессельванг, 30 июня 2003

Endress+Hauser Wetzer GmbH+Co. KG



Генеральный директор

# Введение

## Сокращения, стандарты и сокращенные термины

### Сокращения

Расшифровка сокращений приведена в брошюре по параметрам SIL (SI002Z/11).

### Используемые стандарты

Стандарт	Пояснение
МЭК 61508, части 1-7	Функциональная безопасность электрических/электронных/ программируемых электронных систем, связанных с безопасностью (Назначение: для производителей и поставщиков устройств)
МЭК 61511 Часть 1-3 (FDIS)	Функциональная безопасность – автоматические системы безопасности для перерабатывающей промышленности (Назначение: проектировщики, системные интеграторы и пользователи автоматических систем безопасности)

### Термины

Термин	Пояснение
Опасный отказ	Отказ, потенциально способный привести к переходу системы, связанной с безопасностью, в опасное или неработоспособное состояние.
Система, связанная с безопасностью	Система, связанная с безопасностью, выполняет функции безопасности, необходимые для достижения и поддержания безопасного состояния, например, установки. Пример: "устройство измерения температуры – логическое устройство (например, генератор граничного сигнала) – клапан" образуют систему, связанную с безопасностью.
Функция безопасности	Определенная функция, выполняемая системой, связанной с безопасностью, с целью достижения и поддержания безопасного состояния установки в отношении конкретного вида опасности. Пример: контроль предельных значений температуры

## Определение уровня полноты безопасности (SIL)

Достижимый уровень полноты безопасности определяется следующими параметрами, связанными с обеспечением безопасности:

- средняя вероятность опасного отказа при запросе (PFDAVG);
- допуск по ошибкам аппаратного обеспечения (HFT);
- доля безопасных отказов (SFF).

Конкретные параметры безопасной работы прибора TMT182 при его применении в качестве функции безопасности, приведены в разделе "Параметры, связанные с безопасностью".

В следующей таблице представлена зависимость показателя "Уровень полноты безопасности" (SIL) от величины "Средняя вероятность опасного отказа при запросе" (PFDAVG). В данном случае применяется режим "низкой интенсивности запросов", т.е. частота срабатывания системы, связанной с безопасностью, не превышает одного случая в год.

Уровень полноты безопасности (SIL)	PFDAVG (Режим низкой интенсивности запросов)
4	$\geq 10^{-5} \dots < 10^{-4}$
3	$\geq 10^{-4} \dots < 10^{-3}$
2	$\geq 10^{-3} \dots < 10^{-2}$
1	$\geq 10^{-2} \dots < 10^{-1}$

Датчик, логическое устройство и исполнительное устройство вместе образуют систему, связанную с безопасностью, которая выполняет функцию безопасности. Показатель "Средняя вероятность опасного отказа при запросе" (PFDAVG) обычно подразделяется на показатели для подсистем датчика, логического устройства и исполнительного устройства, как показано на рис. 1.

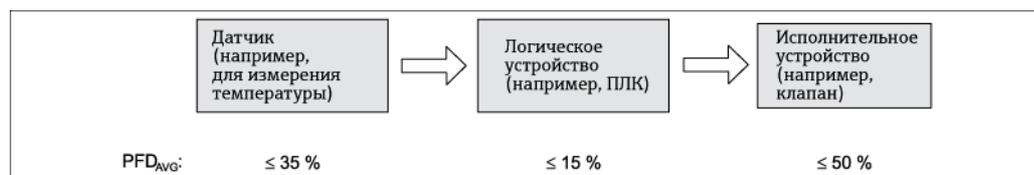


Рис. 1. Типичное подразделение показателя "Средняя вероятность опасного отказа при запросе" (PFDAVG) по подсистемам



### Примечание.

В настоящей документации прибор TMT182 рассматривается как элемент функции безопасности.

### Уровень полноты безопасности TMT182 (тип В)

В следующей таблице представлено достижимое значение "Уровень полноты безопасности" (SIL) всей системы, связанной с безопасностью, для систем типа В в зависимости от значений показателей "Доля безопасных отказов" (SFF) и "Допуск по ошибкам аппаратного обеспечения" (HFT). К системам типа В относятся, например, датчики сложной конструкции, в частности, с использованием специализированных интегральных микросхем (→ см. стандарт МЭК 61508, часть 2).

Доля безопасных отказов (SFF)	Допуск по ошибкам аппаратного обеспечения (HFT)		
	0	1 (0) <sup>1</sup>	2 (1) <sup>1</sup>
< 60%	не допускается	SIL 1	SIL 2
60 ...< 90 %	SIL 1	<b>SIL 2</b>	SIL 3
90 ...< 99 %	SIL 2	SIL 3	-
≥ 99 %	SIL 3	-	-

1) В соответствии со стандартом МЭК 61511-1 (FDIS), п. 11.4.4, показатель "Допуск по ошибкам аппаратного обеспечения" (HFT) может быть уменьшен на единицу (значение в скобках), если следующие условия выполняются для датчиков и исполнительных устройств, содержащих сложные компоненты:

- устройство проверено на практике;
- устройство допускает регулировку только технологических параметров процесса, например, диапазона измерений, верхнего и нижнего пределов обнаружения отказов и т.д.;
- доступ к настройкам технологических параметров ограничен, например, установкой перемычки или паролем (под паролем понимается число или комбинация клавиш);
- требуемый "уровень полноты безопасности" (SIL) функции не превышает 4. Для прибора iTEMP® HART® TMT182 все эти условия соблюдены.

## Функция безопасности с применением прибора TMT182

Функция безопасности при контроле граничных значений температуры



Рис. 2: Реализация функции безопасности (например, при контроле граничных значений температуры) с использованием прибора TMT 182 в качестве подсистемы

Преобразователь TMT182 выдает аналоговый сигнал (4...20 мА), пропорциональный температуре. Аналоговый сигнал передается в логическое устройство, например, ПЛК или генератор граничных сигналов, и там контролируется – выполняется проверка, не превышает ли он максимально допустимое значение. Если необходимо осуществлять контроль сбоев, то логическое устройство должно определять аварийные сигналы выхода за верхний ( $\geq 21,6$  мА) и нижний пределы диапазона ( $\leq 3,6$  мА).

### Данные по функции безопасности



**Внимание!**  
Данные по функциям безопасности приведены в разделе "Параметры, связанные с безопасностью".



**Примечание.**  
Установленное среднее время восстановления (MTTR) составляет 8 часов.  
Работа систем, связанных с безопасностью и не имеющих функции самоблокировки, подлежит контролю, либо подобные системы должны переводиться в безопасное состояние после срабатывания функции безопасности в течение времени MTTR.

Версия устройства

Уровень SIL для данной версии: 1.02.08

Взрывозащищенность/сертификаты	Инструкция по эксплуатации	Прочая документация по взрывозащищенному исполнению
Нет	KA142R	Нет
ATEX II 1G EEx ia IIC T4/T5/T6	KA142R	Правила техники безопасности XA006R
ATEX II 3G EEx nA IIC T4/T5/T6	KA142R	Правила техники безопасности XA011R
ATEX II 3D	KA142R	Правила техники безопасности XA027R

Взрывозащищенность/сертификаты	Инструкция по эксплуатации	Контрольные чертежи FM	Контрольные чертежи CSA
Нет	KA142R	Нет	Нет
FM IS I/1+2/A-D	KA142R	14 06 00 111	
CSA IS I/1+2/A-D	KA142R		14 06 00 112



Внимание!

- Инструкции по монтажу и настройке, а также технические предельные значения должны соблюдаться согласно требованиям "Инструкции по эксплуатации" (KA142R и BA139R).
- Если прибор устанавливается во взрывоопасной атмосфере, то в соответствии с таблицей следует пользоваться дополнительной документацией (XA) и соответствующими контрольными чертежами.

#### Дополнительная документация на прибор iTEMP® HART® TMT182

Для получения дополнительной информации см. техническую информацию TI078R.

## Ввод в эксплуатацию и периодические проверки

Применение прибора для проведения непрерывных измерений.

Через установленные интервалы времени требуется проверять работоспособность системы безопасности. Ответственность за выбор типа и периодичности проверок в указанную единицу времени несет пользователь. В ходе испытаний должна проверяться работоспособность функции безотказной работы системы безопасности, а также исправность всех ее узлов.

## Рекомендуемая методика проведения периодических проверок

Инструменты, применяемые при проведении периодических проверок

Амперметр, перемычка

Этапы проведения испытаний

1. При подключенном датчике или имитационном резисторе получите показания в двух точках настроенного диапазона измерений. Измерьте выходной ток амперметром.
2. Отсоедините датчик от входа схемы. Измерьте выходной ток.
3. Только при использовании преобразователя вместе с резистивным датчиком температуры: Переключите входы датчика (проводом-перемычкой) и измерьте выходной ток.

**Классификация ошибок**

Следующая таблица помогает классифицировать результаты 1...3 этапов испытания. Если хотя бы на одном этапе получен "опасный" результат, то в устройстве имеется опасная ошибка. Тогда остальные этапы уже можно не проводить.

Этап испытаний	Результат испытания Выходной ток	Классификация ошибки
1	Ток ошибки	безопасная
1	Выходной ток меняется в соответствии с подаваемыми сигналами (согласно характеристикам, приведенным в техническом описании)	Нормальное функционирование
1	Выходной ток не меняется в соответствии с подаваемыми сигналами	опасная
2	Ток ошибки	безопасная
2	Любой ток, отличающийся от тока ошибки	опасная
3 (только при использовании резистивного датчика температуры)	Ток ошибки	безопасная
3 (только при использовании резистивного датчика температуры)	Любой ток, отличающийся от тока ошибки	опасная

**Анализ**

Если на каком-либо этапе получен результат "опасная", то в устройстве имеется опасная ошибка.



Примечание.

В этом случае уведомите компанию Endress+Hauser о том, что установленное в системе безопасности устройство показывает признаки опасной ошибки.

## Настройки

**Настройки**

Прибор TMT182 поддерживает различные виды настроек. Дополнительная информация приведена в инструкции по эксплуатации VA139R.

## Параметры, связанные с безопасностью

Конкретные параметры устройства TMT182, связанные с безопасностью

В таблице показаны конкретные параметры устройства TMT182, связанные с безопасностью.

	TMT182
SIL	SIL 2
HFT	0
SFF	> 73 %
PFD <sub>AVG</sub>	$4,69 \times 10^{-4}$
TI <sup>1</sup>	ежегодно

1) Полное испытание работоспособности

Значения PFD<sub>AVG</sub> в зависимости от выбранной периодичности техобслуживания

Зависимость величины PFD<sub>AVG</sub> от интервала техобслуживания представлена на следующем графике. Значение PFD<sub>AVG</sub> возрастает при удлинении интервалов техобслуживания.

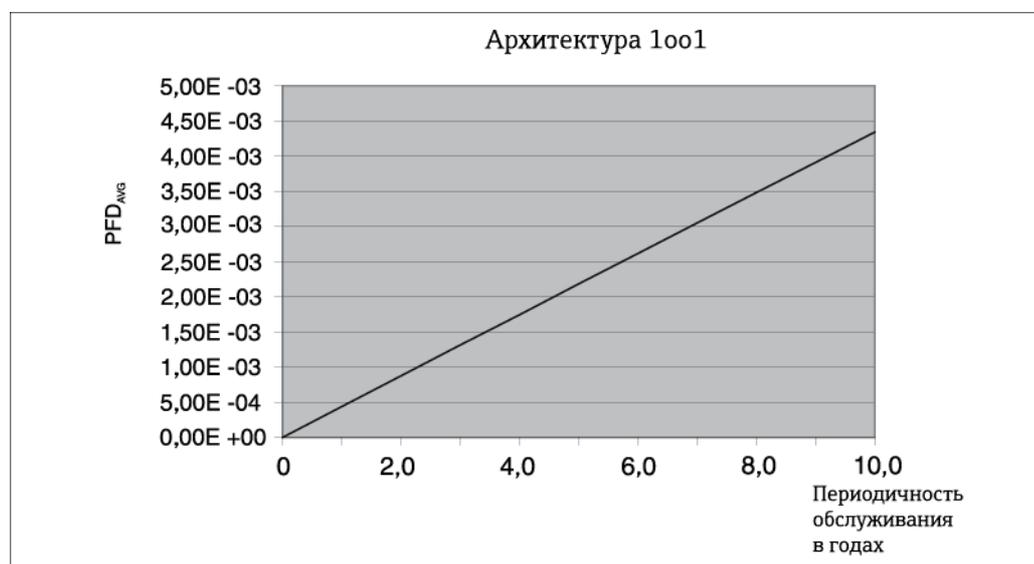


Рис. 4: Величина показателя "Средняя вероятность опасного отказа при запросе" (PFD<sub>AVG</sub>) в зависимости от выбранного интервала техобслуживания

## Ремонт

Ремонт



Примечание.

Вместе с отказавшим устройством, соответствующим классу SIL, производства компании E+H, использованном в системе функциональной безопасности, необходимо предоставить форму "Справка о присутствии взрывчатых материалов и опасных веществ", содержащую соответствующую информацию  Используется в автоматической системе безопасности как прибор с уровнем полноты безопасности SIL".

Форма "Справка о присутствии взрывчатых материалов и опасных веществ" приведена в приложении к настоящему руководству по функциональной безопасности.

## Краткие указания по обслуживанию Exida.com



### Оценка FMEDA и оценка работы в реальных условиях

Проект:

Температурный преобразователь с установкой в головке iTEMP® HART® TMT 182 и температурные преобразователи iTEMP® HART® (крепление на рейку DIN) TMT 122 и TMT 112

Заказчик:

Endress+Hauser Wetzer GmbH + Co. KG  
Nesselwang  
Германия

Номер договора: E+H 02/11-05

Номер отчета: E+H 02/11-05 R005

Версия V2, редакция R1.0, апрель 2005 г.

Штефан Ашенбрэннер (Stephan Aschenbrenner)

Настоящий документ был подготовлен с максимально возможной тщательностью. Авторы не предоставляют каких-либо гарантий и не несут ответственности за любые события, которые могут привести к прямому или косвенному ущербу, наступившему случайно или как последствие, в связи с применением настоящего документа.

© Все права защищены.

## Краткие указания по обслуживанию

В настоящем отчете собраны результаты оценки оборудования с учетом опыта его эксплуатации согласно стандартам МЭК 61508 / МЭК 61511, проведенной в отношении температурного преобразователя с установкой в головке iTEMP® HART® TMT 182, версия устройства V1.02.08, и температурных преобразователей iTEMP® HART® (крепление на рейку DIN) TMT 122 и TMT 112 версий V1.00.06 и V1.00.04. В табл. 1 приведен перечень различных исполнений изделий, для которых выполнялась оценка.

Оценка аппаратного обеспечения включает в себя анализ режимов отказа, воздействия и диагностики (Failure Modes, Effects and Diagnostics Analysis, FMEDA). Анализ FMEDA – один из этапов оценки функциональной безопасности прибора согласно МЭК 61508. На основе результатов FMEDA рассчитываются значения частоты отказа, из которых, в свою очередь, вычисляется доля безопасных отказов (Safe Failure Fraction, SFF) для данного прибора. Для получения полной оценки необходимо учесть все требования, изложенные в стандарте МЭК 61508.

**Табл. 1: Перечень конфигураций**

	Конфигурации
[CONF 1]	Преобразователь температуры с установкой в головке iTEMP® HART® TMT182
[CONF 2]	Преобразователь температуры iTEMP® HART® для монтажа на DIN-рейке TMT 122
[CONF 3]	Преобразователь температуры iTEMP® HART® для монтажа на DIN-рейке TMT 112

Использованная в анализе частота отказов представляет собой базовую частоту отказов по стандарту Siemens SN 29500.

Согласно данным в табл. 2 по стандарту МЭК 61508-1 средняя величина PFD для систем, работающих условиях низкой интенсивности запросов, должна быть от  $>10^{-3}$  до  $< 10^{-2}$  при реализации функций безопасности уровня SIL 2. Общепринятое распределение значений PFD<sub>avg</sub> функции безопасности по датчику, логическому устройству и оконечному устройству предполагает, что 35% суммарного PFD<sub>avg</sub> функции безопасности приходится на датчик. При обеспечении уровня SIL 2 суммарное значение PFD<sub>avg</sub> системы безопасности не должно превышать 1,00E-02, поэтому максимально допустимая величина PFD<sub>avg</sub> для датчика составляет 3,50E-03.

Преобразователь температуры с установкой в головке iTEMP® HART® TMT 182 и преобразователи температуры iTEMP® HART® (с установкой на рейку DIN) TMT 122 и TMT 112 являются элементами системы типа В1. Оба типа имеют допуск по ошибкам аппаратного обеспечения, равный 0.

Элементы типа В с показателями доли безопасных отказов (SFF) в диапазоне от 60% до  $< 90\%$  должны иметь допуск по ошибкам аппаратного обеспечения, равный 1, согласно табл. 3 стандарта МЭК 61508-2 для систем и подсистем уровня SIL 2.

Поскольку температурный преобразователь с установкой в головке iTEMP® HART® TMT 182 и температурные преобразователи iTEMP® HART® (с установкой на планку DIN) TMT 122 и TMT 112 должны являться проверенными на практике устройствами, была проведена проверка с демонстрацией устройств и программного обеспечения в работе. Поэтому в соответствии с требованиями стандарта МЭК 61511-1, первое издание 2003-01, раздел 11.4.4, и процедурой оценки, приведенной в разделе 5.1, допуск по ошибкам аппаратного обеспечения, равный 0, является достаточным для систем и подсистем уровня SIL 2 при использовании элементов типа В и значении SFF в диапазоне от 60% до  $< 90\%$ .

Предполагается, что подключенный блок анализа способен распознавать выходы и за верхний, и за нижний пределы допустимого диапазона, отказы при обоих видах выходов за диапазон можно классифицировать как безопасные и опасные обнаруженные отказы в зависимости от того, применяются ли температурные преобразователи в системах с "контролем выхода за нижнюю границу диапазона", "контролем выхода за верхнюю границу диапазона" и "контролем выхода за диапазон". В этих сферах применения выполнение указанных выше требований можно определить по следующим таблицам.

Элемент типа В: "Сложный" элемент (с использованием микроконтроллеров или программируемой логики); подробнее см. в пункте 7.4.3.1.3 стандарта МЭК 61508-2.

Табл. 2: Сводная таблица показателей – PFDAVG для прибора TMT 182

T[контр. проверка] = 1 год	T[контр. проверка] = 5 лет	T[контр. проверка] = 10 лет
$PFD_{avg} = 4,69E-04$	$PFD_{avg} = 2,34E-03$	$PFD_{avg} = 4,67E-03$

Табл. 3: Сводная таблица частоты отказов для прибора TMT 182

Категории отказов	$\lambda_{sd}$	$\lambda_{su}$	$\lambda_{dd}$	$\lambda_{du}$	SFF	DCS 2	DCD
$\lambda_{low} = \lambda_{sd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{dd}$	26 FIT	165 FIT	108 FIT	107 FIT	> 73%	14%	50%
$\lambda_{low} = \lambda_{dd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{sd}$	101 FIT	165 FIT	33 FIT	107 FIT	> 73%	38%	24%
$\lambda_{low} = \lambda_{sd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{sd}$	117 FIT	165 FIT	17 FIT	107 FIT	> 73%	41%	14%

Табл. 4: Сводная таблица показателей – PFDAVG для прибора TMT 122

T[контр. проверка] = 1 год	T[контр. проверка] = 5 лет	T[контр. проверка] = 10 лет
$PFD_{avg} = 4,82E-04$	$PFD_{avg} = 2,41E-03$	$PFD_{avg} = 4,80E-03$

Табл. 5: Сводная таблица частоты отказов для прибора TMT 122

Категории отказов	$\lambda_{sd}$	$\lambda_{su}$	$\lambda_{dd}$	$\lambda_{du}$	SFF	DCS2	DCD
$\lambda_{low} = \lambda_{sd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{dd}$	26 FIT	190 FIT	132 FIT	110 FIT	> 75%	12%	55%
$\lambda_{low} = \lambda_{dd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{sd}$	124 FIT	190 FIT	33 FIT	110 FIT	> 75%	39%	23%
$\lambda_{low} = \lambda_{sd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{sd}$	141 FIT	190 FIT	17 FIT	110 FIT	> 75%	43%	13%

Табл. 6: Сводная таблица показателей – PFDAVG для прибора TMT 112

T[контр. проверка] = 1 год	T[контр. проверка] = 5 лет	T[контр. проверка] = 10 лет
$PFD_{avg} = 4,85E-04$	$PFD_{avg} = 2,45E-03$	$PFD_{avg} = 4,83E-03$

Табл. 7: Сводная таблица частоты отказов для прибора TMT 112

Категории отказов	$\lambda_{sd}$	$\lambda_{su}$	$\lambda_{dd}$	$\lambda_{du}$	SFF	DCS2	DCD
$\lambda_{low} = \lambda_{sd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{dd}$	25 FIT	183 FIT	128 FIT	111 FIT	> 75%	12%	55%
$\lambda_{low} = \lambda_{dd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{sd}$	120 FIT	183 FIT	32 FIT	111 FIT	> 75%	39%	23%
$\lambda_{low} = \lambda_{sd}$ $\lambda_{high} = \lambda_{sd}$	136 FIT	183 FIT	17 FIT	111 FIT	> 75%	43%	13%

<sup>2</sup> DC означает диагностический охват (безопасные либо опасные отказы) блока анализа в системе безопасности с температурными преобразователями.

Пользователь температурного преобразователя с установкой в головке iTEMP<sup>®</sup> HART<sup>®</sup> TMT 182 и температурных преобразователей iTEMP<sup>®</sup> HART<sup>®</sup> (с установкой на планку DIN) TMT 122 и TMT 112 может применить эти значения частоты отказов в вероятностной модели функции отказа в случае возникновения опасной ситуации (safety instrumented function, SIF) с целью определения их применимости в автоматической системе безопасности (safety instrumented system, SIS) на определенном уровне полноты безопасности (safety integrity level, SIL). Полная таблица значений частоты отказов для различных рабочих условий с принятыми предпосылками приведена в разделах 5.2...5.4.

В полном сборе температурный преобразователь состоит из приборов TMT 182, TMT 122 или TMT 112 и близко установленной термопары либо установленного на амортизаторе четырехполюсного терморезистора, применяемого с приборами TMT 182, TMT 122 или TMT 112. Вся система может быть смоделирована при ее рассмотрении в качестве последовательно соединенных подсистем, когда отказ одного элемента приводит к отказу всей системы. В подобной системе интенсивности отказов складываются.

В разделе 5.5 приведены типичные значения интенсивностей и распределений отказов для термопар и терморезисторов. Следующие таблицы основаны на этих данных.

Предполагается, что приборы TMT 182, TMT 122 и TMT 112 запрограммированы на выдачу сигнала высокого уровня при обнаружении отказа термопары или терморезистора ( $\lambda_{low} = \lambda_{dd}$ ,  $\lambda_{high} = \lambda_{sd}$ ). Вклад показателя PFD<sub>avg</sub> термопары или терморезистора в интенсивность отказов в условиях низкой интенсивности срабатываний приведен ниже:

**Табл. 8: Показатели работы сборки из прибора TMT 182 и термопары в условиях низкой интенсивности срабатываний**

T[контр. проверка] = 1 год	T[контр. проверка] = 5 лет	T[контр. проверка] = 10 лет	SFF
PFD <sub>avg</sub> = 1,56E-03	PFD <sub>avg</sub> = 7,80E-03	PFD <sub>avg</sub> = 1,56E-02	> 93%

$$\lambda_{sd} = 4,85E-06 \text{ 1/h} = 4851 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{su} = 1,65E-07 \text{ 1/h} = 165 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{dd} = 3,34E-08 \text{ 1/h} = 33 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{du} = 3,57E-07 \text{ 1/h} = 357 \text{ FIT}$$

**Табл. 9: Показатели работы сборки из прибора TMT 122 и термопары в условиях низкой интенсивности срабатываний**

T[контр. проверка] = 1 год	T[контр. проверка] = 5 лет	T[контр. проверка] = 10 лет	SFF
PFD <sub>avg</sub> = 1,58E-03	PFD <sub>avg</sub> = 7,90E-03	PFD <sub>avg</sub> = 1,58E-02	> 93%

$$\lambda_{sd} = 4,87E-06 \text{ 1/h} = 4874 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{su} = 1,90E-07 \text{ 1/h} = 190 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{dd} = 3,34E-08 \text{ 1/h} = 33 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{du} = 3,60E-07 \text{ 1/h} = 360 \text{ FIT}$$

**Табл. 10: Показатели работы сборки из прибора TMT 112 и термопары в условиях низкой интенсивности срабатываний**

T[контр. проверка] = 1 год	T[контр. проверка] = 5 лет	T[контр. проверка] = 10 лет	SFF
PFD <sub>avg</sub> = 1,58E-03	PFD <sub>avg</sub> = 7,91E-03	PFD <sub>avg</sub> = 1,58E-02	> 93%

$$\lambda_{sd} = 4,87E-06 \text{ 1/h} = 4870 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{su} = 1,83E-07 \text{ 1/h} = 183 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{dd} = 3,24E-08 \text{ 1/h} = 32 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{du} = 3,61E-07 \text{ 1/h} = 361 \text{ FIT}$$

**Табл. 11: Показатели работы сборки из прибора TMT 182 и четырехполюсного терморезистора в условиях низкой интенсивности срабатываний**

T[контр. проверка] = 1 год	T[контр. проверка] = 5 лет	T[контр. проверка] = 10 лет	SFF
PFD <sub>avg</sub> = 5,56E-04	PFD <sub>avg</sub> = 2,78E-03	PFD <sub>avg</sub> = 5,56E-03	> 94%

$$\lambda_{sd} = 2,08E-06 \text{ 1/h} = 2081 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{su} = 1,65E-07 \text{ 1/h} = 165 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{dd} = 3,34E-08 \text{ 1/h} = 33 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{du} = 1,27E-07 \text{ 1/h} = 127 \text{ FIT}$$

**Табл. 12: Показатели работы сборки из прибора TMT 122 и четырехполюсного терморезистора в условиях низкой интенсивности срабатываний**

T[контр. проверка] = 1 год	T[контр. проверка] = 5 лет	T[контр. проверка] = 10 лет	SFF
PFD <sub>avg</sub> = 5,69E-04	PFD <sub>avg</sub> = 2,85E-03	PFD <sub>avg</sub> = 5,69E-03	> 94%

$$\lambda_{sd} = 2,10E-06 \text{ 1/h} = 2104 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{su} = 1,90E-07 \text{ 1/h} = 190 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{dd} = 3,34E-08 \text{ 1/h} = 33 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{du} = 1,30E-07 \text{ 1/h} = 130 \text{ FIT}$$

**Табл. 13: Показатели работы сборки из прибора TMT 112 и четырехполюсного терморезистора в условиях низкой интенсивности срабатываний**

T[контр. проверка] = 1 год	T[контр. проверка] = 5 лет	T[контр. проверка] = 10 лет	SFF
PFD <sub>avg</sub> = 5,74E-04	PFD <sub>avg</sub> = 2,87E-03	PFD <sub>avg</sub> = 5,74E-03	> 94%

$$\lambda_{sd} = 2,10E-06 \text{ 1/h} = 2100 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{su} = 1,83E-07 \text{ 1/h} = 183 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{dd} = 3,24E-08 \text{ 1/h} = 32 \text{ FIT}$$

$$\lambda_{du} = 1,31E-07 \text{ 1/h} = 131 \text{ FIT}$$

**Табл. 14: Показатели работы сборки из прибора TMT 182 и двух- либо трехполюсного терморезистора в условиях низкой интенсивности срабатываний**

T[контр. проверка] = 1 год	T[контр. проверка] = 5 лет	T[контр. проверка] = 10 лет	SFF
PFD <sub>avg</sub> = 2,22E-03	PFD <sub>avg</sub> = 1,11E-02	PFD <sub>avg</sub> = 2,22E-02	> 78%

$\lambda_{sd} = 1,70E-06$  1/h = 1701 FIT  
 $\lambda_{su} = 1,65E-07$  1/h = 165 FIT  
 $\lambda_{dd} = 3,34E-08$  1/h = 33 FIT  
 $\lambda_{du} = 5,07E-07$  1/h = 507 FIT

**Табл. 15: Показатели работы сборки из прибора TMT 122 и двух- либо трехполюсного терморезистора в условиях низкой интенсивности срабатываний**

T[контр. проверка] = 1 год	T[контр. проверка] = 5 лет	T[контр. проверка] = 10 лет	SFF
PFD <sub>avg</sub> = 2,23E-03	PFD <sub>avg</sub> = 1,12E-02	PFD <sub>avg</sub> = 2,23E-02	> 79%

$\lambda_{sd} = 1,72E-06$  1/h = 1724 FIT  
 $\lambda_{su} = 1,90E-07$  1/h = 190 FIT  
 $\lambda_{dd} = 3,34E-08$  1/h = 33 FIT  
 $\lambda_{du} = 5,10E-07$  1/h = 510 FIT

**Табл. 16: Показатели работы сборки из прибора TMT 112 и двух- либо трехполюсного терморезистора в условиях низкой интенсивности срабатываний**

T[контр. проверка] = 1 год	T[контр. проверка] = 5 лет	T[контр. проверка] = 10 лет	SFF
PFD <sub>avg</sub> = 2,24E-03	PFD <sub>avg</sub> = 1,12E-02	PFD <sub>avg</sub> = 2,24E-02	> 79%

$\lambda_{sd} = 1,72E-06$  1/h = 1720 FIT  
 $\lambda_{su} = 1,83E-07$  1/h = 183 FIT  
 $\lambda_{dd} = 3,24E-08$  1/h = 32 FIT  
 $\lambda_{du} = 5,11E-07$  1/h = 511 FIT

Выделение полей желтым цветом (  ) означает, что расчетные значения PFD<sub>avg</sub> находятся в пределах допустимого диапазона для уровня полноты безопасности SIL 2 согласно таблице 2 МЭК 61508-1, однако не выполняют требование, запрещающее занимать более 35% этого диапазона, т.е. требования соответствовать значению 3,5E-03 или лучше. Выделение полей зеленым цветом (  ) означает, что расчетные значения PFD<sub>avg</sub> находятся в пределах допустимого диапазона для уровня полноты безопасности SIL 2 согласно таблице 2 стандарта МЭК 61508-1 и таблице 3.1 ANSI/ISA-84.01 1996, и выполняют требование, запрещающее занимать более 35% этого диапазона, т.е. требование соответствовать значению 3,5E-03 или лучше. Выделение полей красным цветом (  ) означает, что расчетные значения PFD<sub>avg</sub> не соответствуют требованиям SIL 2 согласно таблице 2 стандарта МЭК 61508-1.

Оценка оборудования показала, что температурный преобразователь с установкой в головке iTEMP® HART® TMT 182 и температурные преобразователи iTEMP® HART® (с установкой на планку DIN) TMT 122 и TMT 112 с терморезистором или четырехполюсным терморезистором в условиях низкой интенсивности срабатываний имеют показатель PFD<sub>avg</sub>, попадающий в допустимый диапазон для уровня SIL 2 в соответствии с табл. 2 стандарта МЭК 61508-1 и таблицей 3.1 стандарта ANSI/ISA-84.01-1996 при показателе доли безопасных отказов (SFF) > 93%. На основе верификации в реальных условиях эксплуатации приборы могут применяться в качестве единственного устройства обеспечения функций безопасности уровня SIL 2 согласно стандарту МЭК 61511-1, первое издание, 2003-01.

## Приложение

# Endress+Hauser

People for Process Automation

### Справка о присутствии опасных веществ *Erklärung zur Kontamination und Reinigung*

Номер разрешения  
на возврат

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

На всех документах необходимо указывать номер разрешения на возврат (Return Authorization Number, RA#), полученный от Endress+Hauser, кроме того, следует четко указать этот номер на упаковке. Невыполнение этих условий может привести к отказу от принятия устройства на нашем предприятии.

*Bitte geben Sie die von E+H mitgeteilte Rücklieferungsnummer (RA#) auf allen Lieferpapieren an und vermerken Sie diese auch außen auf der Verpackung. Nichtbeachtung dieser Anweisung führt zur Ablehnung ihrer Lieferung.*

В соответствии с законодательными требованиями и положениями техники безопасности, действующими в отношении сотрудников и рабочего оборудования нашей компании, заказ может быть обработан только при условии предоставления заполненной и подписанной формы "Справка о присутствии взрывчатых материалов и опасных веществ". Просьба в обязательном порядке прикрепить ее к внешней поверхности упаковки.

*Aufgrund der gesetzlichen Vorschriften und zum Schutz unserer Mitarbeiter und Betriebseinrichtungen, benötigen wir die unterschriebene "Erklärung zur Kontamination und Reinigung", bevor Ihr Auftrag bearbeitet werden kann. Bringen Sie diese unbedingt außen an der Verpackung an.*

Тип прибора/датчика

Geräte-/Sensortyp \_\_\_\_\_

Серийный номер

Seriennummer \_\_\_\_\_

- Используется в автоматической системе безопасности как прибор с уровнем безопасности SIL /  
*Einsatz als SIL Gerät in Schutzeinrichtungen*

Параметры технологического  
процесса/ *Prozessdaten*

Температура / *Temperatur* \_\_\_\_\_ [°C]

Давление / *Druck* \_\_\_\_\_ [ Па ]

Проводимость / *Leitfähigkeit* \_\_\_\_\_ [См]

Вязкость / *Viskosität* \_\_\_\_\_ [мм/с]

## SC RUSSIA

ООО "Эндресс+Хаузер"  
117105, РФ, г. Москва,  
Варшавское шоссе, д. 35, стр. 1

Тел.: +7 (495) 783 28 50  
Факс: +7 (495) 783 28 55  
<http://www.ru.endress.com>  
[info@ru.endress.com](mailto:info@ru.endress.com)

**Endress+Hauser**   
People for Process Automation