

ОКПД2 26.51.51.110



УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «ПК «ТЕСЕЙ»



В.А. Каржавин

2019г.



Датчики температуры

КТХА Ех, КТХК Ех, КТНН Ех, КТЖК Ех, КТМК Ех, ТСМТ Ех, ТСПТ Ех и преобразователи ИПП Ех в комплекте с измерительными преобразователями PR 5335, PR 6335, PR 5337, PR 6337, PR 7501, PR 5435, PR 5437

Руководство по функциональной безопасности
ЮНКЖ 400520.007 РЭ

ООО «ПК «ТЕСЕЙ»
249034, Россия, Калужская обл.,
г.Обнинск, пр-т Ленина, дом 144, офис 72

Содержание

1.	Сфера действия	4
2.	Проектирование	4
3.	Показатели функциональной безопасности	4
4.	Запуск в эксплуатацию	6
5.	Контрольные проверки и диагностика	6

Данное руководство по функциональной безопасности разработано в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61508-2012 для удовлетворения требований по функциональной безопасности.

В настоящем руководстве по функциональной безопасности приведены следующие сокращения:

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, связанных с безопасностью, и других средств по снижению риска.

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

ДБО (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.

λ_{du} – интенсивность необнаруженных опасных отказов.

λ_{dd} – интенсивность обнаруженных опасных отказов.

ОАС (HFT – hardware fault tolerance) – Отказоустойчивость Аппаратных Средств.

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

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

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

β – эффективность теста по выявлению опасных отказов.

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 (принимающий одно из четырёх значений), определяющий требования к полноте безопасности для функции безопасности, который ставится в соответствии с Э/Э/ПЭС системам, связанным с безопасностью.

1 Сфера действия

1.1 Типы датчиков температуры

Настоящие руководство по функциональной безопасности распространяются на Датчики температуры КТХА Ех, КТХК Ех, КТНН Ех, КТЖК Ех, КТМК Ех, ТСМТ Ех, ТСПТ Ех и преобразователи ИПП Ех в комплекте с измерительными преобразователями PR 5335, PR 6335, PR 5337, PR 6337, PR 7501, PR 5435, PR 5437.

1.2 Область применения

Датчики температуры КТХА Ех, КТХК Ех, КТНН Ех, КТЖК Ех, КТМК Ех, ТСМТ Ех, ТСПТ Ех и преобразователи ИПП Ех в комплекте с измерительными преобразователями PR 5335, PR 6335, PR 5337, PR 6337, PR 7501, PR 5435, PR 5437 (далее – датчики температуры (ДТ); измерительные преобразователи в полевом исполнении (ИПП)) предназначены для измерения температуры жидких, газообразных сред и твердых тел, не разрушающих защитную арматуру.

Изделие может применяться в связанных с безопасностью системах, в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61508, в режимах работы lowdemandmode (с низкой частотой запросов) или highdemandmode (с высокой частотой запросов):

УПБ (SIL) в одноканальной архитектуре.

При использовании ДТ и ИПП в многоканальной архитектуре уровень полноты безопасности может достичь уровня **УПБЗ (SIL3)**. Требуется дополнительный расчёт показателей функциональной безопасности при пересчете на конкретный объект управления с другими аппаратными и программными средствами.

1.3 Соответствие SIL

Соответствие SIL по ГОСТ Р МЭК 61508 оценивается независимой организацией с выдачей сертификата соответствия в добровольной системе сертификации ГОСТ Р.

Сертификат действителен для всех устройств, выпущенных в обращение до истечения срока действия этого сертификата, в течение всего срока службы устройства.

2 Проектирование

2.1 Функция безопасности и безопасное состояние

Функция безопасности ДТ и ИПП – выдача сигнала о температуре контролируемого объекта.

2.2 Необходимые условия для правильной эксплуатации:

- должны выдерживаться границы условий применения, указанные в паспорте на ДТ и ИПП.
- должны быть приняты во внимание указания в пункте 3.2

все составные части измерительной цепи должны соответствовать предусмотренному уровню полноты безопасности "SafetyIntegrityLevel (SIL)".

3 Показатели функциональной безопасности

3.1 Показатели в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61508:

Частоты отказов ДТ и ИПП рассчитанные методом FMEDA-анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1

Исполнение ДТ	λ_{du}	λ_{dd}	λ_{sd}	λ_{su}
КТхх Ехi01.03, 01.04, 01.07, 01.08, 01.10, 01.24, 01.25, 01.26, 01.27, 01.35 ТСхТ Ехi101, 103, 105, 107, 109, 111, 117, 201 КТхх Ехi02.03, 02.05, 02.06, 02.09, 02.10, 02.11, 02.12, 02.13, 02.16, 02.18, 02.23, 02.28, 02.29 ТСхТ Ехi202, 203, 301, 302, 303, 202, 203, 301, 302, 303, 304, 305 КТхх 03.04, 03.05, 03.06, 03.07, 03.08, 03.09, 03.10, 03.11, 03.12, 03.12, 03.13, 03.17, 03.18 ТСхТ Ехi404, 405, 407, 409, 410	30	100	20	0
КТхх Ехi01.02, 01.05, 01.06, 01.09, 01.16, 01.20, 01.21 ТСхТ Ехi102, 104, 106, 108, 112 КТхх Ехi02.01, 02.02, 02.19, 02.34	20	80	0	0
ДТ и ИПП с преобразователем PR 5335, PR 6337				
в комплекте с термопарой	425	4973	0	142
в комплекте с термометром сопротивления по 4-х проводной схеме	195	2203	0	142
в комплекте с термометром по 2/3-х проводной схеме	575	1823	0	142
ДТ и ИПП с преобразователем PR 5337, PR 6337, PR7501				
в комплекте с термометром сопротивления по 4-х проводной схеме без удлинительных проводов	121	1153	0	0
в комплекте с термометром сопротивления по 4-х проводной схеме с удлинительными проводами	76	698	0	0
в комплекте с термопарой с удлинительными проводами	174	1105	0	0
в комплекте с термопарой без удлинительных проводов	174	2105	0	0
ДТ и ИПП с преобразователем PR 5435 / PR 5437				
в комплекте с термопарой с удлинительными проводами	127	1344	0	0
в комплекте с термопарой без удлинительных проводов	32	539	0	0
в комплекте с термометром сопротивления по 4-х проводной схеме с удлинительными проводами	32	939	0	0
в комплекте с термометром сопротивления по 4-х проводной схеме без удлинительных проводов	30	491	0	0

в комплекте с термометром сопротивления по 2/3-х проводной схеме с удлинительными проводами	122	824	0	0
в комплекте с термометром сопротивления по 4-х проводной схеме без удлинительных проводов	36	583	0	0
в комплекте с двумя термопарами с удлинительными проводами (дублированный режим)	234	2273	0	0
в комплекте с двумя термопарами без удлинительных проводов (дублированный режим)	44	663	0	0
в комплекте с двумя термометрами сопротивления по 2/3-х проводной схеме с удлинительными проводами (дублированный режим)	224	1233	0	0
в комплекте с двумя термометрами сопротивления по 2/3-х проводной схеме с без удлинительных проводов (дублированный режим)	52	551	0	0
в комплекте с двумя термометрами сопротивления по 4-х проводной схеме с удлинительными проводами (дублированный режим)	44	1463	0	0
в комплекте с двумя термометрами сопротивления по 4-х проводной схеме без удлинительных проводов (дублированный режим)	39	568	0	0

Числовые показатели функциональной безопасности ДТ и ИПП приведены в таблице 2.

Таблица 2

Исполнение ДТ	PFDavg	SFF[%]	SIL (УПБ)
КТхх Exi01.03, 01.04, 01.07, 01.08, 01.10, 01.24, 01.25, 01.26, 01.27, 01.35 ТСхТ Exi101, 103, 105, 107, 109, 111, 117, 201 КТхх Exi02.03, 02.05, 02.06, 02.09, 02.10, 02.11, 02.12, 02.13, 02.16, 02.18, 02.23, 02.28, 02.29 ТСхТ Exi202, 203, 301, 302, 303, 202, 203, 301, 302, 303, 304, 305 КТхх 03.04, 03.05, 03.06, 03.07, 03.08, 03.09, 03.10, 03.11, 03.12, 03.12, 03.13, 03.17, 03.18	$6,65 \cdot 10^{-4}$ (Tproof = 5 лет)	80	SIL2
КТхх Exi01.02, 01.05, 01.06, 01.09, 01.16, 01.20, 01.21 ТСхТ Exi102, 104, 106, 108, 112 КТхх Exi02.01, 02.02, 02.19, 02.34	$5,58 \cdot 10^{-4}$ (Tproof = 5 лет)	80	SIL2
ДТ и ИПП с преобразователем PR 5335, PR 6337			
в комплекте с термопарой	$9,30 \cdot 10^{-3}$ (Tproof = 5 лет)	92	SIL2

Исполнение ДТ	PFDavg	SFF[%]	SIL (УПБ)
в комплекте с термометром сопротивления по 4-х проводной схеме	$4,27 \cdot 10^{-3}$ (Tproof = 5 лет)	92	SIL2
в комплекте с термометром по 2/3-х проводной схеме	$1,26 \cdot 10^{-2}$ (Tproof = 5 лет)	77	SIL1
ДТ и ИПП с преобразователем PR 5337, PR 6337, PR7501			
в комплекте с термометром сопротивления по 4-х проводной схеме без удлинительных проводов	$1,64 \cdot 10^{-3}$ (Tproof = 5 лет)	90	SIL2
в комплекте с термометром сопротивления по 4-х проводной схеме с удлинительными проводами	$1,64 \cdot 10^{-3}$ (Tproof = 5 лет)	90	SIL2
в комплекте с термопарой с удлинительными проводами	$1,70 \cdot 10^{-3}$ (Tproof = 5 лет)	86	SIL1
в комплекте с термопарой без удлинительных проводов	$1,70 \cdot 10^{-3}$ (Tproof = 5 лет)	92	SIL2
ДТ и ИПП с преобразователем PR 5435 / PR 5437			
в комплекте с термопарой с удлинительными проводами	$1,15 \cdot 10^{-3}$ (Tproof = 10 лет)	91	SIL2
в комплекте с термопарой без удлинительных проводов		94	SIL2
в комплекте с термометром сопротивления по 4-х проводной схеме с удлинительными проводами		96	SIL2
в комплекте с термометром сопротивления по 4-х проводной схеме без удлинительных проводов		94	SIL2
в комплекте с термометром сопротивления по 2/3-х проводной схеме с удлинительными проводами		87	SIL1
в комплекте с термометром сопротивления 2/3-х проводной схеме без удлинительных проводов		93	SIL2
в комплекте с двумя термопарами с удлинительными проводами (дублированный режим)		90	SIL3
в комплекте с двумя термопарами без удлинительных проводов (дублированный режим)		93	SIL3
в комплекте с двумя термометрами сопротивления по 2/3-х проводной схеме с удлинительными проводами (дублированный режим)		84	SIL2
в комплекте с двумя термометрами сопротивления по 2/3-х проводной схеме с без удлинительных проводов (дублированный режим)		91	SIL3

Исполнение ДТ	PFDavg	SFF[%]	SIL (УПБ)
в комплекте с двумя термометрами сопротивления по 4-х проводной схеме с удлинительными проводами (дублированный режим)		97	SIL3
в комплекте с двумя термометрами сопротивления по 4-х проводной схеме без удлинительных проводов (дублированный режим)		94	SIL3

Для определения Уровня УПБ (SIL) использовались значения доли безопасных отказов в зависимости от отказоустойчивости аппаратных средств в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61508-2-2012

Таблица 3

Компоненты типа А

Доля безопасных отказов SSF	Отказоустойчивость аппаратных средств		
	N = 0	N = 1	N = 2
Менее 60%	УПБ 1	УПБ 2	УПБ 3
от 60% до менее 90%	УПБ 2	УПБ 3	УПБ 4
от 90% до менее 99%	УПБ 3	УПБ 4	УПБ 4
более и равно 99%	УПБ 3	УПБ 4	УПБ 4

Таблица 4

Компоненты типа В

Доля безопасных отказов SSF	Отказоустойчивость аппаратных средств		
	N = 0	N = 1	N = 2
Менее 60%	не оговаривается	УПБ 1	УПБ 2
от 60% до менее 90%	УПБ 1	УПБ 2	УПБ 3
от 90% до менее 99%	УПБ 2	УПБ 3	УПБ 4
более и равно 99%	УПБ 2	УПБ 4	УПБ 4

Сводные значения показателей функциональной ДТ и ИПП безопасности приведены в таблице 4.

Таблица 4

Показатель	Значение
Уровень полноты безопасности (SafetyIntegrityLevel)	УПБ 2 (SIL2) в одноканальной архитектуре УПБ 3 (SIL3) в многоканальной архитектуре
Устойчивость к отказам аппаратных средств	HFT = 0; HFT = 1
Тип устройства	Тип А для датчиков температуры Тип В для измерительных преобразователей

Режим работы	С низкой частотой запросов; С высокой частотой запросов
SFF	от 60% до менее 90% для датчиков температуры от 90% до менее 99% для измерительных преобразователей
MTTR	Неремонтопригодное изделие
MTBF	Неремонтопригодное изделие

3.2 Дополнительные сведения

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

В основе расчетов лежат частоты отказов конструктивных элементов по SN 29500.

Следующие исходные предпосылки были сделаны при анализе видов, эффектов и диагностики отказов ДТ и ИПП:

- интенсивность отказов является постоянной величиной, механизмы естественного износа не учитываются. Распространение отказов не рассматривается.
- ДТ и ИПП относятся к компоненту типа А по ГОСТ Р МЭК 61508-1-2012.
- отказом ДТ и ИПП считается невозможность выполнения заявленных функций (преобразования температуры).
- ДТ и ИПП являются невосстанавливаемыми, неремонтируемыми изделиями.
- приведенные интенсивности отказов соответствуют типичным условиям эксплуатации на промышленных предприятиях, описанным в стандарте МЭК 60654-1, класс С. Для конкретных условий применения частоты должны быть пересчитаны с учетом температурного коэффициента.

Приведенные выше значения для PFD_{AVG} были рассчитаны для архитектуры 1001 следующим образом:

$$PFD_{AVG} = \frac{\beta \cdot \lambda_{du} \cdot T_{proof}}{2} + \lambda_{dd} \cdot MTTR + \frac{(1 - \beta) \cdot \lambda_{du} \cdot LT}{2}$$

где: β – эффективность теста по выявлению опасных отказов (принято 0,9);

λ_{du} – интенсивность необнаруженных опасных отказов;

T_{proof} – время между проведением проверочных диагностических тестов (1 год или 8760 часов);

λ_{dd} – интенсивность обнаруженных опасных отказов;

MTTR – среднее время ремонта (неремонтируемое изделие);

LT – средний срок службы изделия (10 лет или 87600 часов).

4 Запуск в эксплуатацию

Требуется выполнять условия, содержащиеся в паспорте на конкретное изделие и руководстве по эксплуатации. Подключение ДТ и ИПП осуществляется по схеме, указанной в руководстве по эксплуатации.

5 Контрольные проверки и диагностика

5.1 Работы должны быть проводиться через определенные промежутки времени.

5.2 Рекомендуются следующие тесты каждые 12 месяцев:

5.2.1 Проверка работоспособности ДТ и ИПП (наличие сигнала).

5.2.2 Проверка сопротивления изоляции между защитной арматурой и внешними выводами ДТ (если предусмотрено РЭ).

Минимальное сопротивление изоляции при комнатной температуре должно составлять 100 МОм при 100 В.

5.2.3 Проверка отсутствия механических повреждений и коррозии защитной арматуры ДТ и ИПП.

5.3 ДТ должны проходить периодическую поверку (для оборудования подлежащего периодической поверке) в соответствии с группой условий эксплуатации (1, 2 и 5 лет соответственно), ИПП должны проходить периодическую поверку каждые 5 лет для обеспечения надежного и точного измерения температуры.

[illegible]