

Руководство по функциональной безопасности

для систем, связанных с безопасностью, и других применений
с уровнем SIL2, SIL3
в соответствии со стандартами МЭК 61508 и МЭК 61511

Искробезопасные интерфейсные модули серии **D1000** и
импульсные источники питания **PSD1206, PSD1210**
компании G.M. International

Содержание

1	Общие сведения	4
2	Показатели функциональной безопасности в соответствии со стандартами IEC 61508 и IEC 61511 из анализа EXIDA и TÜV	6
3	Определения	10
3.1	Категории отказов.....	10
3.1.1	Категории отказов для PSD1206 and PSD1210.....	13
3.2	Основные термины.....	14
4	Исходные предпосылки	15
4.1	Исходные предпосылки для PSD1206 и PSD1210.....	16
5	Основные сведения из анализа EXIDA и TÜV	17
5.1	D1010S Изолированный повторитель источника питания, HART совместимый (активный вход)	17
5.2	D1010S Изолированный повторитель источника питания, HART совместимый (пассивный вход) ...	18
5.3	D1010D Изолированный повторитель источника питания, HART совместимый (активный вход)	19
5.4	D1010D Изолированный повторитель источника питания, HART совместимый (пассивный вход)...	20
5.5	D1010S-054 Изолированный преобразователь сигналов - 5 ÷ +55 мВ / 4 ÷20 мА	21
5.6	D1010S-056 Изолированный преобразователь сигналов - 5 ÷ +35 мВ / 4 ÷20 мА	22
5.7	D1010S-057 Изолированный преобразователь сигналов - 5 ÷ +10 мВ / 4 ÷20 мА	23
5.8	D1014S и D1014D Изолированный повторитель источника питания, HART совместимый	24
5.9	D1020S и D1020D Изолированный драйвер для ЭПП, HART совместимый	25
5.10	D1021S Изолированный драйвер для ЭПП, с обнаружением неисправностей, HART	26
5.11	D1032D Изолированный повторитель состояния контакта/проксимитора, с релейным выходом	27
5.12	D1032Q Изолированный повторитель состояния контакта/проксимитора, с релейным выходом	28
5.13	D1033D Изолированный повторитель состояния контакта/проксимитора, с релейным выходом	29
5.14	D1033Q Изолированный повторитель состояния контакта/проксимитора, с релейным выходом	30
5.15	D1034S и D1034D Изолированные интерфейсы для контакта/проксимитора, с мА выходом.....	33
5.16	D1040, D1042, D1043, PSD1001, PSD1001C Изолированные драйверы с питанием от внешнего источника, для NE нагрузок	32
5.17	D1040, D1042, D1043, PSD1001, PSD1001C Изолированные драйверы с питанием от контура, для NE нагрузок	33
5.18	D1044S Релейный выход с питанием от внешнего источника, для NE или ND нагрузок.....	34
5.19	D1044S Релейный выход с питанием от контура, для NE или ND нагрузок.....	35

5.20	D1044D Релейный выход с питанием от внешнего источника, (независимые каналы) для NE или ND нагрузок	36
5.21	D1044D Релейный выход с питанием от внешнего источника (архитектура 1oo2), для NE или ND нагрузок	37
5.22	D1044D Релейный выход с питанием от контура (архитектура 1oo2), для NE или ND нагрузок	38
5.23	D1048S Цифровой выход с питанием от контура, для NE нагрузок	39
5.24	D1049S Цифровой выход с питанием от внешнего источника, для NE нагрузок	40
5.25	D1053S Изолированный преобразователь аналоговых сигналов (аналоговый выход)	41
5.26	D1053S Изолированный пороговый усилитель аналоговых сигналов (2 релейных выхода, включенных последовательно)	42
5.27	D1054S Изолированный повторитель источника питания и пороговые усилители, HART совместимый (используются активный вход и аналоговый выход)	43
5.28	D1054S Изолированный повторитель источника питания и пороговые усилители, HART совместимый (используются пассивный вход и аналоговый выход)	44
5.29	D1054S Изолированный повторитель источника питания и пороговые усилители, HART совместимый (используются активный вход и 2 последовательных релейных выхода)	45
5.30	D1054S Изолированный повторитель источника питания и пороговые усилители, HART совместимый (используются пассивный вход и 2 последовательных релейных выхода)	46
5.31	D1072S Изолированный температурный преобразователь, D1073S изолированный температурный преобразователь с пороговыми усилителями (используется аналоговый выход) ...	47
5.32	D1072D Изолированный температурный преобразователь (используется аналоговый выход)	48
5.33	D1073S Изолированный температурный преобразователь с пороговыми усилителями (используются 2 релейных выхода, включенных последовательно)	49
5.34	D1092S и D1092D Модули релейных выходов для NE нагрузок	50
5.35	D1092S и D1092D Модули релейных выходов для ND нагрузок	51
5.36	D1092S-069 и D1092D-069 Модули релейных выходов с NO контактами	52
5.37	D1092S и D1092D Модули релейных выходов с NC контактами	53
5.38	D1093S Модуль релейного выхода для NE нагрузок, с диагностикой состояния линии и нагрузки ...	54
5.39	D1093S Модуль релейного выхода для ND нагрузок, с диагностикой состояния линии и нагрузки ..	55
5.40	PSD1206, PSD1210 Изолированные импульсные источники питания, одиночный источник, NE нагрузка	56
5.41	PSD1206, PSD1210 Изолированные импульсные источники питания, одиночный источник, ND нагрузка	57
5.42	PSD1206, PSD1210 изолированные импульсные источники питания, 2 источника включены параллельно	58
5.42.1	Нормально выключенная нагрузка (NE)	58
5.42.2	Нормально выключенная нагрузка (ND)	59
5.43	PSD1206, PSD1210 Изолированные источники питания, 3 источника включены параллельно	59
5.43.1	Нормально включенная нагрузка (NE)	59
5.43.2	Нормально выключенная нагрузка (ND)	59
5.44	PSD1206, PSD1210 Изолированные источники питания, отказ с выходом напряжения за верхний предел	60
6	Примечания	61
7	Возможные проверочные тесты для выявления необнаруживаемых опасных отказов	63
7.1	D1010, D1014	63
7.2	D1010S-054, D1010S-056, D1010-057	64
7.3	D1020, D1021S	64
7.4	D1032, D1033	65
7.5	D1034	66
7.6	D1040, D1042, D1043, PSD1001, PSD1001C	66
7.7	D1044	66
7.8	D1049S	67

7.9	D1053S и D1054S (используется аналоговый выход)	68
7.10	D1053S (используются 2 релейных выхода, включенных последовательно).....	69
7.11	D1072S, D1073S (используется аналоговый выход)	70
7.12	D1073S (используются 2 релейных выхода, включенных последовательно).....	71
7.13	D1092.....	72
7.14	D1092-069.....	72
7.15	D1093S.....	72
7.16	PSD1206, PSD1210.....	73
7.16.1	Оборудование для проведения тестов.....	73
7.16.2	Тестирование одиночного источника или одного из “N” параллельно включенных источников	73
7.16.3	Тест, необходимый когда источник используется как подсистема в составе “N” параллельно включенных источников.....	74
8	Влияние сроков службы критических компонентов на интенсивность отказов	77
9	Зависимость расчета PFDavg от эффективности проверочного теста для архитектуры 1oo1	77

1 Общие сведения

В настоящем Руководстве обобщены результаты оценок, полученных для следующих искробезопасных модулей: повторителей – драйверов – интерфейсов D1010, D1010S-054 (или D1010-056, D1010-057), D1014, D1020, D1021S, D1032, D1033, D1034, D1040, D1042, D1043, D1048S, D1049S; преобразователя аналоговых сигналов с пороговыми усилителями D1053S; повторителя с пороговыми усилителями D1054S; температурного преобразователя D1072, температурного преобразователя с пороговыми усилителями D1073S; модулей релейных выходов D1044, D1092, D1092-069, D1093S; источников питания PSD1001(C), PSD1206, PSD1210.

В таблице 1 приведен перечень модулей и описание их функций безопасности.

Таблица 1: – Модель - Выходные каналы – Функции безопасности

Модель	Выходные каналы	Тип компонентов	Функции безопасности
D1010S	1	A	Изолированный повторитель источника питания, HART совместимый
D1010D	2	A	Изолированный повторитель источника питания, HART совместимый
D1010S-054	1	A	Изолированный преобразователь сигналов $-5 \div + 55$ мВ / $4 \div 20$ мА
D1010S-056	1	A	Изолированный преобразователь сигналов $-5 \div + 35$ мВ / $4 \div 20$ мА
D1010S-057	1	A	Изолированный преобразователь сигналов $-5 \div + 10$ мВ / $4 \div 20$ мА
D1014S	1	A	Изолированный повторитель источника питания, HART-совместимый
D1014D	2	A	Изолированный повторитель источника питания, HART-совместимый
D1020S	1	A	Изолированный драйвер для ЭМ клапанов, HART совместимый
D1020D	2	A	Изолированный драйвер для ЭМ клапанов, HART совместимый
D1021S	1	A	Изолированный драйвер для ЭМ клапанов, HART совместимый
D1032D	2	A	Изолированный повторитель состояния контакта / проксимитора с релейным выходом
D1032Q	4	A	Изолированный повторитель состояния контакта / проксимитора с релейным выходом
D1033D	2	A	Изолированный повторитель состояния контакта / проксимитора с транзисторным выходом
D1033Q	4	A	Изолированный повторитель состояния контакта / проксимитора с транзисторным выходом
D1034S	1	A	Изолированный интерфейс для контакта / проксимитора, мА выход
D1034D	2	A	Изолированный интерфейс для контакта / проксимитора, мА выход
D1040Q	4	B	Изолированный драйвер с питанием от контура / внешнего источника для NE нагрузок, 22 мА / 13.2 В (на канал)
D1042Q	4	B	Изолированный драйвер с питанием от контура / внешнего источника для NE нагрузок, 22 мА / 14.5 В (на канал)
D1043Q	4	B	Изолированный драйвер с питанием от контура / внешнего источника для NE нагрузок, 22 мА / 9.8 В (на канал)
D1044S	1	A	Модуль релейного выхода с питанием от контура / внешнего источника для NE или ND нагрузок
D1044D	2	A	Модуль релейного выхода с питанием от контура / внешнего источника для NE или ND нагрузок
D1048S	1	A	Цифровой выход с питанием от контура для управления NE нагрузками,
D1049S	1	A	Цифровой выход с питанием от внешнего источника для управления NE нагрузками
D1053S	1	B	Изолированный преобразователь аналоговых сигналов с пороговыми усилителями
D1054S	1	B	Изолированный повторитель источника питания с пороговыми усилителями, HART совместимый
D1072S	1	B	Изолированный температурный преобразователь, полностью программируемый
D1073S	1	B	Изолированный температурный преобразователь с пороговыми усилителями, полностью программируемый
D1092S	1	A	Модуль релейного выхода для NE или ND нагрузок
D1092D	2	A	Модуль релейного выхода для NE или ND нагрузок
D1092S-069	1	A	NE модуль релейного выхода с NO и NC контактами
D1092D-069	2	A	NE модуль релейного выхода с NO и NC контактами
D1093S	1	A	Модуль релейного выхода для NE или ND нагрузок, с диагностикой состояния линии и нагрузки
PSD1001	4	B	Изолированный источник питания 20 мА / 15 В (на канал)
PSD1001C	1	B	Изолированный источник питания 100 мА / 13.5 В
PSD1206	1	A	Изолированный импульсный источник питания 6 А / 24 В пост.
PSD1210	1	A	Изолированный импульсный источник питания 10 А / 24 В пост.

Примечание: В таблице и далее по тексту использованы следующие обозначения:

- NE – нормально включенное состояние (в нормальном режиме работы);
- ND – нормально выключенное состояние (в нормальном режиме работы);
- NO – нормально разомкнутый контакт (реле);
- NC – нормально замкнутый контакт (реле).

Интенсивности отказов компонентов, использованные в данном анализе, - это базовые интенсивности отказов из стандарта Siemens SN 29500.

Распределения видов отказов, использованные в данном анализе, взяты из стандарта FMD-91/97 американского центра по анализу надежности RAC.

Согласно таблице 2 из стандарта МЭК 61508-1, средняя вероятность отказа на запрос выполнения функции безопасности (Average Probability to Fail on Demand) PFD_{avg} для систем, работающих в режиме низкого уровня запросов, должна быть в диапазоне от $\geq 1.00 \text{ E-}03$ до $< 1.00 \text{ E-}02$ для уровня SIL 2 функций безопасности.

Однако, поскольку рассматриваемые модули являются только одной из составляющих общей функции безопасности, на их долю не должно приходиться более, чем $10 \div 20 \%$ от этого диапазона.

Для применений с уровнем SIL 2 суммарное значение PFD_{avg} функций SIF должно быть менее $1.00 \text{ E-}02$, следовательно, максимально допустимое значение PFD_{avg} для рассматриваемых модулей будет $1.00 \text{ E-}03$ (для 10% вклада) и $2.00 \text{ E-}03$ (для 20% вклада). Подобные предположения могут быть сделаны и для применений с уровнем SIL 3, в этом случае значения границ интервалов в десять раз меньше чем соответствующие значения для применений с уровнем SIL 2.

Перечисленные выше модули рассматриваются как компоненты типа А (*) или В (**), с устойчивостью к отказам аппаратной части 0.

В соответствии с таблицей 2 стандарта МЭК 61508-2, для компонентов типа А значение SFF должно быть:

- меньше 60% для SIL 1 (суб-) систем с устойчивостью к отказам аппаратной части 0;
- равно или больше 60% для SIL 2 (суб-) систем с устойчивостью к отказам аппаратной части 0;
- меньше 60% для SIL 2 (суб-) систем с устойчивостью к отказам аппаратной части 1;
- равно или больше 90% для SIL 3 (суб-) систем с устойчивостью к отказам аппаратной части 0;
- равно или больше 60% для SIL 3 (суб-) систем с устойчивостью к отказам аппаратной части 1.

В соответствии с таблицей 3 стандарта МЭК 61508-2, для компонентов типа В значение SFF должно быть:

- равно или больше 60% для SIL 1 (суб-) систем с устойчивостью к отказам аппаратной части 0;
- равно или больше 90% для SIL 2 (суб-) систем с устойчивостью к отказам аппаратной части 0;
- равно или больше 60% для SIL 2 (суб-) систем с устойчивостью к отказам аппаратной части 1;
- равно или больше 99% для SIL 3 (суб-) систем с устойчивостью к отказам аппаратной части 0;
- равно или больше 90% для SIL 3 (суб-) систем с устойчивостью к отказам аппаратной части 1.

Если требования раздела 11.4.4 стандарта МЭК 61511-1, редакция 2003-01, выполнены, устойчивость к отказам аппаратной части 0 достаточна для уровня SIL 2 (суб-) систем с компонентами типа В и имеющих значение SFF не менее 60%.

Полагая, что логическое устройство (подключенное к выходам модуля D1000) может фиксировать выход сигнала как за верхний (отказ "Fail-high"), так и за нижний пределы диапазона (отказ "Fail-low"), отказы этих обоих типов могут классифицироваться как безопасные обнаруживаемые отказы или как опасные обнаруживаемые отказы, в зависимости от конкретного применения.

В главе 5 приведены сведения по функциональной безопасности для каждого модуля, взятые из следующих документов:

- TÜV Analysis: Compliance Certificate C-IS-183645-xx и C-IS-204194-xx;
- EXIDA Analysis Reports.

(*) Компонент типа А: "несложный" компонент с четко определяемыми видами отказов (более подробную информацию см. раздел 7.4.3.1.2 стандарта МЭК 61508-2).

(**) Компонент типа В: "сложный" компонент, содержащий микроконтроллер (более подробную информацию см. раздел 7.4.3.1.3 стандарта МЭК 61508-2).

2 Показатели функциональной безопасности в соответствии со стандартами МЭК 61508 – МЭК 61511 из анализа TÜV и EXIDA

Таблица 2: Показатели функциональной безопасности

Модель	Функция безопасности	SFF	PFDavg за год	Межтестовый интервал T Proof Test (лет) для определенного уровня SIL (10% общей функции безопасности)	Межтестовый интервал T Proof Test (лет) для определенного уровня SIL (20% общей функции безопасности)	Устойчивость к отказам аппаратной части	Анализ EXIDA или TÜV	Безопасное состояние выхода при отказе	λSU (FIT)	λDD (FIT)	λDU (FIT)	MTBF (лет)
D1010S 1 канал Активный	Изолированный повторитель источника питания	91.9%	1.33 E-04	TI = 7 SIL 3	TI = 1 SIL 3 TI = 10 SIL 2	0	TÜV	<4 mA >20 mA	202	142	30.5	261
D1010S 1 канал Пассивный	Изолированный повторитель источника питания	91.9%	1.49 E-04	TI = 5 SIL 2	TI = 1 SIL 3 TI = 10 SIL 2	0	TÜV	<4 mA >20 mA	229	157	34.1	261
D1010D 2 канала Активный	Изолированный повторитель источника питания	92.0%	1.34 E-04	TI = 7 SIL 2	TI = 1 SIL 3 TI = 10 SIL 2	0	TÜV	<4 mA >20 mA	207	146	30.7	143
D1010D 2 канала Пассивный	Изолированный повторитель источника питания	92.0%	1.50 E-04	TI = 5 SIL 2	TI = 1 SIL 3 TI = 10 SIL 2	0	TÜV	<4 mA >20 mA	234	161	34.2	143
D1010S-054 1 канал	Преобразователь мВ / mA сигналов	90.1%	1.58 E-04	TI = 5 SIL 2	TI = 1 SIL 3 TI = 10 SIL 2	0	TÜV	<4 mA >20 mA	197	131	36.2	308
D1010S-056 1 канал	Преобразователь мВ / mA сигналов	90.1%	1.58 E-04	TI = 5 SIL 2	TI = 1 SIL 3 TI = 10 SIL 2	0	TÜV	<4 mA >20 mA	197	131	36.0	308
D1010S-057 1 канал	Преобразователь мВ / mA сигналов	90.1%	1.58 E-04	TI = 5 SIL 2	TI = 1 SIL 3 TI = 10 SIL 2	0	TÜV	<4 mA >20 mA	197	119	36.2	308
D1014S 1 канал	Изолированный повторитель источника питания	93.5%	9.91 E-05	TI = 1 SIL 3 TI = 10 SIL 2	TI = 2 SIL 3 TI = 10 SIL 2	0	TÜV	<4 mA >20 mA	166	158	22.6	315
D1014D 2 канала	Изолированный повторитель источника питания	93.5%	9.91 E-05	TI = 1 SIL 3 TI = 10 SIL 2	TI = 2 SIL 3 TI = 10 SIL 2	0 - 1	TÜV	<4 mA >20 mA	166	158	22.6	315
D1020S 1 канал	Изолированный драйвер для ЭМ клапанов	82.1%	3.08 E-04	TI = 3 SIL 2	TI = 6 SIL 2	0	TÜV	<4 mA	323	0	70.3	282
D1020D 2 канала	Изолированный драйвер для ЭМ клапанов	82.1%	3.08 E-04	TI = 3 SIL 2	TI = 6 SIL 2	0 - 1	TÜV	<4 mA	323	0	70.3	282
D1021S 1 канал	Изолированный драйвер для ЭМ клапанов	70.7%	5.18 E-04	TI = 1 SIL 2	TI = 3 SIL 2	0	Exida	<4 mA	285	0	118	216
D1032D 2 канала	Повторитель состояния контакта / проксимитора, релейный выход	81.3%	2.65 E-04	TI = 3 SIL 2	TI = 7 SIL 2	0	TÜV	Выключен	264	0	60.5	232
D1032Q 4 канала	Повторитель состояния контакта / проксимитора, релейный выход	82.2%	2.65 E-04	TI = 3 SIL 2	TI = 7 SIL 2	0	TÜV	Выключен	280	0	60/5	173
D1033D 2 канала	Повторитель состояния контакта / проксимитора, транзисторный выход	85.8%	1.63 E-04	TI = 5 SIL 2	TI = 10 SIL 2	0	TÜV	Выключен	224	0	37.2	243
D1033Q 4 канала	Повторитель состояния контакта / проксимитора, транзисторный выход	86.6%	1.63 E-04	TI = 5 SIL 2	TI = 10 SIL 2	0	TÜV	Выключен	240	0	37.1	179
D1034S 1 канала	Интерфейс для контакта / проксимитора, mA выход	93.2%	8.41 E-05	TI = 1 SIL 3 TI = 10 SIL 2	TI = 1 SIL 3 TI = 10 SIL 2	0	TÜV	<1,2 mA >7 mA	147	1118	19.2	396
D1034D 2 канала	Интерфейс для контакта / проксимитора, mA выход	93%	8.70 E-05	TI = 1 SIL 3 TI = 10 SIL 2	TI = 1 SIL 3 TI = 10 SIL 2	0 - 1	TÜV	<1,2 mA >7 mA	147	118	192	396
D1040Q D1042Q D1043Q PSD1001C 4 канала, внешнее питание	Изолированный драйвер ЭМ клапанов, для NE нагрузок	80.1%	3.64E-04	TI = 2 SIL 2	TI = 5 SIL 2	0	Exida	Выключен	334	1	83.0	248
D1040Q D1042Q D1043Q PSD1001C 4 канала, питание от контура	Изолированный драйвер ЭМ клапанов, для NE нагрузок	100%	0.00 E-00	Срок службы = 10 SIL 3	Срок службы = 10 SIL 3	0	Exida	Выключен	418	0	0	248

Модель	Функция безопасности	SFF	PFD avg за год	Межтестовый интервал T Proof Test (лет) для определенного уровня SIL (10% общей функции безопасности)	Межтестовый интервал T Proof Test (лет) для определенного уровня SIL (20% общей функции безопасности)	Устойчивость к отказам аппаратной части	Анализ EXIDA или TÜV	Безопасное состояние выхода при отказе	λ_{SU} (FIT)	λ_{DD} (FIT)	λ_{DU} (FIT)	MTBF (лет)
D1044S 1 канал, внешнее питание, для NE или ND нагрузок	Релейный выход	85.9%	1.66 E-04	TI = 6 SIL 2	TI = 10 SIL 2	0	TÜV	Реле с NO контактом (для NE нагрузок) или с NC контактом (для ND нагрузок) выключено	232	0	38.0	420
D1044S 1 канал, питание от токовой петли, для NE или ND нагрузок	Релейный выход	88.1%	1.40 E-04	TI = 7 SIL 2	TI = 10 SIL 2	0	TÜV	Реле с NO контактом (для NE нагрузок) или с NC контактом (для ND нагрузок) выключено	238	0	32.0	420
D1044D 2 независим. канала, внешнее питание, для NE или ND нагрузок	Релейный выход	86.7%	1.66 E-04	TI = 6 SIL 2	TI = 10 SIL 2	0	TÜV	Реле с NO контактом (для NE нагрузок) или с NC контактом (для ND нагрузок) выключено	247	0	38.0	241
D1044D с архитектурой 1oo2, внешнее питание, для NE или ND нагрузок	Релейный выход	99.6%	8.32 E-06	TI = 10 SIL 3	TI = 10 SIL 3	0	TÜV	Реле с 2 последоват. NO контактами (для NE нагрузок) или с 2 параллел. NC контактами (для ND нагрузок) выключено	468	0	1.9	241
D1044D с архитектурой 1oo2, питание от токовой петли, для NE или ND нагрузок	Релейный выход	99.7%	7.01 E-06	TI = 10 SIL 3	TI = 10 SIL 3	0	TÜV	Реле с 2 последоват. NO контактами выключено (для NE нагрузок) или с 2 параллел. NC контактами (для ND нагрузок)	468	0	1.6	241
D1048S 1 канал с питанием от контура	Цифровой выход для управления NE нагрузками	100%	0.00 E-00	Срок службы = 10 SIL 3	Срок службы = 10 SIL 3	0	TÜV	Выключен	358	0	0	291
D1049S 1 канал с питанием от внешнего источника	Цифровой выход для управления NE нагрузками	99.6%	8.32 E-06	TI = 12 SIL 2	TI = 20 SIL 3	0	TÜV	Выключен	442	0	1.9	240
D1053S аналоговый выход	Изолированный преобразователь аналоговых сигналов с пороговыми усилителями	80.9%	4.16 E-04	TI = 2 SIL 2	TI = 4 SIL 2	0	Exida	<4 mA >20 mA	135	267	95.0	208
D1053S (*) 2 последовательных релейных выхода	Изолированный преобразователь аналоговых сигналов с пороговыми усилителями	82.3%	4.11 E-04	TI = 2 SIL 2	TI = 4 SIL 2	0	Exida	Выключен	437	0	94.0	164
D1054S Активный вход, аналоговый выход	Изолированный повторитель источника питания	89.9%	1.99 E-04	TI = 5 SIL 2	TI = 10 SIL 2	0	TÜV	<4 mA >20 mA	174	230	45.5	197
D1054S Активный вход, аналоговый выход	Изолированный повторитель источника питания	90.5%	2.10 E-04	TI = 4 SIL2	TI = 10 SIL 2	0	TÜV	<4 mA >20 mA	194	261	48.0	197
D1054S Активный вход (*) 2 последовательных релейных выхода	Изолированный повторитель источника питания с пороговыми усилителями	93.1%	1.47 E-04	TI = 6 SIL2	TI = 10 SIL 2	0	TÜV	Выключен	454	0	33.5	160

D1054S Пассивный вход (* 2 последовательных релейных выхода)	Изолированный повторитель источника питания с пороговыми усилителями	93.7%	1.57 E-04	TI = 6 SIL 2	TI = 10 SIL 2	0	TÜV	Выключен	530	0	35.9	160
D1072S 1 канал аналоговый выход	Изолированный температурный преобразователь	83.9%	3.33 E-04	TI = 3 SIL 2	TI = 6 SIL 2	0	TÜV	<4 mA >20 mA	154	242	76.0	226
D1072D 2 канала аналоговый выход	Изолированный температурный преобразователь	86.1%	3.71 E-04	TI = 2 SIL 2	TI = 4 SIL 2	0	TÜV	<4 mA >20 mA	248	274	84.7	151
D1073S аналоговый выход	Изолированный температурный преобразователь с пороговыми усилителями	83.9%	3.33 E-04	TI = 3 SIL 2	TI = 6 SIL 2	0	TÜV	<4 mA >20 mA	154	242	76.0	197
D1073S (* 2 релейных выхода включенных последовательно)	Изолированный температурный преобразователь с пороговыми усилителями	88.7%	2.85 E-04	TI = 3 SIL 2	TI = 6 SIL 2	0	TÜV	Выключен	509	0	65.1	158
D1092S 1 канал NE нагрузка	Релейный выход	99.1%	7.01 E-06	TI = 10 SIL 3 TI = 20 SIL 2	TI = 20 SIL 3	0	TÜV	Выключен	185	0	1.60	611
D1092S 1 канал ND нагрузка	Релейный выход	98.0%	1.14 E-05	TI = 7 SIL 3 TI = 20 SIL 2	TI = 15 SIL 3 TI = 20 SIL 2	0	TÜV	Включен	124	0	2.61	898
D1092D 2 канала NE нагрузка	Релейный выход	99.1%	7.01 E-06	TI = 10 SIL 3 TI = 20 SIL 2	TI = 20 SIL 3	0 - 1	TÜV	Выключен	185	0	1.60	611
D1092D 2 канала ND нагрузка	Релейный выход	98.0%	1.14 E-05	TI = 7 SIL 3 TI = 20 SIL 2	TI = 15 SIL 3 TI = 20 SIL 2	0 - 1	TÜV	Включен	124	0	2.61	898
D1092S-069 1 канал NO выходной контакт	NE релейный выход	99.1%	7.01 E-06	TI = 10 SIL 3 TI = 20 SIL 2	TI = 20 SIL 3	0	TÜV	Реле выключено контакты NO	182	0	1.60	621
D1092S-069 1 канал NC выходной контакт	NE релейный выход	99.1%	7.01 E-06	TI = 10 SIL 3 TI = 20 SIL 2	TI = 20 SIL 3	0	TÜV	Реле выключено контакты NC	182	0	1.60	621
D1092D-069 2 канала NO выходной контакт	NE релейный выход	99.1%	7.01 E-06	TI = 10 SIL 3 TI = 20 SIL 2	TI = 20 SIL 3	0 - 1	TÜV	Реле выключено контакты NO	182	0	1.60	621
D1092D-069 2 канала NC выходной контакт	NE релейный выход	99.1%	7.01 E-06	TI = 10 SIL 3 TI = 20 SIL 2	TI = 20 SIL 3	0 - 1	TÜV	Реле выключено контакты NC	182	0	1.60	621
D1093S 1 канал NE нагрузка	Релейный выход с диагностикой линии и нагрузки	99.2%	7.01 E-06	TI = 10 SIL 3	TI = 10 SIL 3	0	TÜV	Выключен	199	0	1.60	236 (с диагностикой)
D1093S 1 канал ND нагрузка	Релейный выход с диагностикой линии и нагрузки	98.1%	1.14 E-05	TI = 7 SIL 3 TI = 10 SIL 2	TI = 10 SIL 3	0	TÜV	Включен	138	0	2.61	269 (с диагн)

(*) Функция безопасности порогового усилителя касается только 2 релейных выходов, включенных последовательно (клеммы 5-8). Аналоговый выход не входит в эту функцию безопасности. Alarm A и Alarm B должны программироваться с одинаковыми порогами.

Модель	Функция безопасности	SFF	PFD avg за год	T Proof Test (лет) для определенного уровня SIL (10% общей функции безопасности)	T Proof Test (лет) для определенного уровня SIL (20% общей функции безопасности)	Устойчивость к отказам аппаратной части	Анализ EXIDA или TÜV	Безопасное состояние выхода при отказе	λSU (FIT)	λDD (FIT)	λDU (FIT)	MTBF (лет)
PSD1206 PSD1210 Одиночный источник, нагрузка NE	Изолированный импульсный источник питания	80.1%	5.90 E-04	TI = 1 SIL 2	TI = 3 SIL 2	0	Exida	< 2 B; 20B<...<30B	542	0	135	134 (с диагностикой)
PSD1206 PSD1210 Одиночный источник, нагрузка ND	Изолированный импульсный источник питания	48.3%	1.53 E-03	TI = 5 SIL 1	TI = 10 SIL 1	0	Exida	20B<...<30B	327	0	350	134 (с диагностикой)
PSD1206 PSD1210 2 источника параллельно нагрузка NE	Изолированные импульсные источники питания	99.4%	3.03 E-05	TI = 3 SIL 3 TI = 10 SIL 2	TI = 6 SIL 3 TI = 10 SIL 2	1	Exida	< 2 B; 20B<...<30B	1084	0	6.9	79 (с диагностикой)
PSD1206 PSD1210 2 источника параллельно нагрузка ND	Изолированные импульсные источники питания	97.2%	8.09 E-05	TI = 9 SIL 2	TI = 10 SIL 2	1	Exida	20B<...<30B	654	0	18.5	112 (с диагностикой)

3 Определения

3.1 Категории отказов

Для того, чтобы оценить характер отказов рассматриваемых модулей (за исключением PSD1206 и PSD1210, описанных подробно в разделе 3.1.1), используются следующие определения для отказов модулей:

- ❑ **Состояние при безопасном отказе (Fail-Safe State):**
Состояние, при котором выходной сигнал достигает порога, заданного пользователем, или выход отключается (или включается).
- ❑ **Безопасный отказ (Fail Safe):**
Отказ, при котором модуль / (суб) система переходит в указанное выше безопасное состояние без запроса со стороны контролируемого процесса.
- ❑ **Опасный отказ (Fail Dangerous):**
Отказ, при котором система не отвечает на запрос со стороны контролируемого процесса (т. е. не способна перейти в заданное безопасное состояние).
- ❑ **Опасный необнаруживаемый отказ (Fail Dangerous Undetected):**
Опасный отказ, который не обнаруживается средствами внутренней диагностики.
- ❑ **Опасный обнаруживаемый отказ (Fail Dangerous Detected):**
Опасный отказ, который обнаруживается средствами внутренней диагностики (при таких отказах система может переводиться в заданное безопасное состояние).
- ❑ **Отказ с высоким уровнем (Fail High):** Отказ, при котором выходной сигнал достигает максимально допустимого верхнего значения.
- ❑ **Отказ с низким уровнем (Fail Low):** Отказ, при котором выходной сигнал достигает минимально допустимого нижнего значения.
- ❑ **Отказ, не оказывающий эффекта (Fail No Effect):**
Отказ компонента, который является частью функции безопасности, но не оказывает влияния на функцию безопасности, и который не обнаруживается средствами внутренней диагностики. При расчете SFF он рассматривается как необнаруживаемый безопасный отказ.
- ❑ **Необнаруживаемая сигнализация (Annunciation Undetected):**
Отказ, который непосредственно не влияет на безопасность, но оказывает влияние на способность обнаруживать будущие отказы (например, отказ диагностической схемы) и который не обнаруживается средствами внутренней диагностики. При расчете SFF он рассматривается как безопасный необнаруживаемый отказ.

Примечание: категории «Отказ, не оказывающий эффекта» (Fail No effect) и «Необнаруживаемая сигнализация» (No annunciation) используются в тех случаях, когда существует необходимость анализа надежности более детального, чем требует стандарт МЭК 61508. В этом стандарте категории «Отказ не оказывающий эффекта» и «Необнаруживаемая сигнализация» определяются как безопасный необнаруживаемый отказ, даже если они не заставляют функцию безопасности переходить в безопасное состояние. Поэтому их необходимо учитывать при расчете функционала безопасных отказов (Safe Failure Functional – SFF).
- ❑ **Отказ компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail Not Part):**
Отказ компонента, который не является частью функции безопасности, но в то же время является частью электрической схемы и изображен для ее полноты. При расчете SFF эта категория отказов не учитывается.
- ❑ **Состояние при безопасном отказе (Fail-Safe State) для D1010, D1014 и для D1053S, D1072S, D1073S (при использовании аналогового выхода):**
В зависимости от применения, состояние при безопасном отказе определяется как переход выхода в состояние с низким уровнем (Fail Low) или в состояние с высоким уровнем (Fail High).
Для D1053S, D1072S и D1073S значения низкого и высокого уровней могут программироваться пользователем. В данном функциональном анализе они приняты 4 мА и 20 мА соответственно.
- ❑ **Состояние при безопасном отказе (Fail-Safe State) для D1020, D1021:** Состояние при безопасном отказе определяется как переход выхода в состояние с низким уровнем (Fail Low).

- **Состояние при безопасном отказе (Fail-Safe State) для D1032, D1033, PSD1001(C), D1040, D1042, D1043, D1048S, D1049S (при питании от контура или от внешнего источника) и для D1053S, D1073S (с 2 релейными выходами, включенными последовательно):**
 При безопасном отказе выходное реле выключено, или его контакты остаются разомкнутыми. Для D1053S и D 1073S пользователь может программировать значения порогов, при достижении которых выходное реле должно выключаться.
- **Состояние при безопасном отказе (Fail-Safe State) для D1034:** При безопасном отказе выходной сигнал ниже 1.2 мА или выше 7 мА.
- **Состояние при безопасном отказе для D1044:**
 При безопасном отказе выходное реле выключается, таким образом, NO-COM контакт разомкнут, а NC-COM контакт замкнут.
- **Состояние при безопасном отказе (Fail-Safe State) для D1092, D 1093S:**
 Состояние при безопасном отказе:
 - выход выключен для нормально включенной (NE) нагрузки; **или**
 - выход включен для нормально выключенной (ND) нагрузки.
- **Состояние при безопасном отказе (Fail-Safe State) для D1092-069:**
 При безопасном отказе реле выключается и, таким образом:
 - SPST-NO контакт остается разомкнутым, **и**
 - SPST-NC контакт остается замкнутым.
- **Опасный отказ для (Fail Dangerous) для D1010, D1014, D1020, D1021S, D1053S, D1072, D1073S (при использовании аналогового выхода):**
 Отказ, при котором модуль не реагирует на запрос управляемого процесса (т.е. не способен перейти в заданное безопасное состояние) или отклонение значения выходного тока от истинного значения более:
 - 5% от полной шкалы (± 0.8 мА) для D1010, D1014, D1020, D1021S;
 - 3% от полной шкалы (± 0.6 мА) для D1053S, D1072 и D1073S.
- **Опасный отказ (Fail Dangerous) для D1032, D1033, PSD1001(C), D1040, D1042, D1043, D1049S (при питании от контура); D1053S и D1073S (с двумя релейными выходами, включенными последовательно):**
 Отказ, при котором модуль не реагирует на запрос управляемого процесса (т.е. не способен перейти в заданное безопасное состояние), т. е. выходное реле остается включенным или его контакты замкнуты. Для D1053S и D1073S этот отказ приводит к увеличению погрешности измерений до величины более 3% (от полной шкалы) и поэтому релейный выход остается включенным, его контакты замкнуты (он не реагирует на запрос контролируемого процесса).
- **Опасный отказ (Fail Dangerous) для D1034:**
 Отказ, при котором модуль не отвечает на запрос контролируемого процесса (т.е. не способен перейти в заданное безопасное состояние) или выходной ток остается в пределах от 1.2 мА до 7 мА.
- **Опасный отказ для D1044:**
 Отказ, при котором модуль не реагирует на запрос контролируемого процесса, (т. е. не будет не способен перейти в заданное безопасное состояние), т. е. выходное реле остается включенным, удерживая NO-COM контакт в замкнутом, NC-COM контакт разомкнутым.
- **Опасный отказ для D1092, D1093S:**
 Отказ, при котором модуль не отвечает на запрос контролируемого процесса (т. е. не способен перейти в заданное безопасное состояние), так что выход остается:
 - включенным для нормально включенных (NE) нагрузок; **или**
 - выключенным для нормально выключенных (NE) нагрузок.
- **Опасный отказ для D1092-69:**
 Отказ, при котором модуль не отвечает на запрос контролируемого процесса (т. е. не способен перейти в заданное безопасное состояние), так что реле остается включенным, удерживая SPST-NO контакт замкнутым, а SPST-NC контакт разомкнутым.
- **Отказ с высоким уровнем (Fail High) для D1010, D1014, D1020, D1021S и для D1053S, D1072, D1073S (при использовании аналогового выхода):**
 Отказ, при котором выходной сигнал превышает максимально допустимый уровень выходного тока (т.е. > 20 мА), или запрограммированный уровень для D1053S, D1072, D1073S.

- ❑ **Отказ с высоким уровнем (Fail High) для D1034:**
Отказ, при котором выходной сигнал превышает 7 мА (короткое замыкание).
- ❑ **Отказ с низким уровнем (Fail Low) для D1010, D1014, D1020, D1021S и для D1053S, D1072, D1073S (при использовании аналогового выхода):**
Отказ, при котором выходной сигнал ниже минимального значения выходного тока (т.е. < 4 мА, который был выбран в качестве запрограммированного минимального уровня для D1053S, D1072S, D1073S).
- ❑ **Отказ с низким уровнем (Fail Low) для D1034:**
Отказ, при котором выходной сигнал ниже 0.35 мА (обрыв входной линии).
- ❑ **Отказ, не оказывающий эффекта (Fail No Effect) для D1010, D1014, D1020, D1021S, D1053S, D1072, D1073S (при использовании аналогового выхода):**
Отказ компонента, который является частью функции безопасности, но не оказывает влияния на нее, или вызывает погрешность измерения не более:
 - 5% (± 0.8 мА) от полной шкалы для D1010, D1014, D1020 и D1021S;
 - 3% (± 0.6 мА) от полной шкалы для D1053S, D1072, D1073S.При расчете SFF он рассматривается как безопасный необнаруживаемый отказ.

3.1.1 Категории отказов для PSD1206 и PSD1210

Для того, чтобы оценить характер отказов источников питания PSD1206 и PSD1210, используются следующие определения для отказов:

- ❑ **Состояние при безопасном отказе (Fail-Safe State):**
Состояние при безопасном отказе определяется как достижение выходным напряжением заданного пользователем порога. В случае нормально включенной нагрузки (NE) это состояние соответствует уровню выходного напряжения между 20 В и 30 В (ток нагрузки до 80% от максимального) или ниже 2 В. В случае нормально выключенной нагрузки (ND) это соответствует уровню выходного напряжения между 20 и 30 В (ток нагрузки до 80% от максимального).
- ❑ **Безопасный отказ (Fail Safe):**
Отказ, при котором выход переходит в заданное безопасное состояние без запроса со стороны контролируемого процесса.
- ❑ **Опасный отказ (Fail Dangerous):**
В случае нормально включенной нагрузки (NE), это отказ, при котором выходное напряжение превышает 30 В или находится в пределах от 2 В до 20 В. В случае нормально выключенной нагрузки (ND), это отказ, при котором выходное напряжение выше 30 В или ниже 20 В.
- ❑ **Отказ с высоким уровнем (Fail High):** Отказ, при котором выходное напряжение превышает верхний предел (>30 В).
- ❑ **Отказ с низким уровнем (Fail Low):** Отказ, при котором выходное напряжение ниже нижнего предела (< 2 В).
- ❑ **Отказ, не оказывающий эффекта (Fail No Effect):**
Отказ компонента, который является частью функции безопасности, но не оказывает влияния на нее. При расчете SFF он рассматривается как необнаруживаемый безопасный отказ.
- ❑ **Необнаруживаемая сигнализация (Annunciation Undetected):**
Отказ, который непосредственно не влияет на безопасность, но влияет на способность обнаруживать будущие отказы (например, отказ диагностической схемы) и который не обнаруживается средствами внутренней диагностики. При расчете SFF он оценивается до 1% опасного отказа и до 99% безопасного отказа, не отказывающего эффекта, поскольку в данной системе имеются три различных механизма защиты от перенапряжения.
- ❑ **Отказ компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail No part):**
Отказ компонента, который не является частью функции безопасности, но в то же время является частью электрической схемы и изображен для ее полноты. При расчете SFF эта категория отказов не учитывается. Эти отказы также не влияют на общую интенсивность отказов.

3.2 Основные термины

- **DC (Diagnostic coverage):**
Уровень диагностики (опасных или безопасных отказов), обеспечиваемый логическим устройством системы безопасности для рассматриваемого модуля.
- **DCs (Diagnostic coverage for safe failures):**
Уровень диагностики для безопасных отказов = $\lambda_{sd} / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$.
- **DCd (Diagnostic coverage for dangerous failures):**
Уровень диагностики для опасных отказов = $\lambda_{dd} / (\lambda_{dd} + \lambda_{du})$.
- **FIT (Failure In Time):** Количество отказов в единицу времени (1×10^{-9} отказов в час).
- **Failure Rates (Интенсивность отказов):**
Данные об интенсивности отказов, использованные в анализе FMEDA, это базовые интенсивности отказов, взятые из базы данных по отказам стандарта Siemens SN 29500. Эти интенсивности отказов подходят для расчетов при оценке уровня полноты безопасности и соответствуют предельным (стрессовым) условиям эксплуатации, типичным для промышленной среды, подобным описанным в стандарте МЭК 60654-1, класс С. Предполагается, что реальное количество отказов будет меньше, чем количество, рассчитанное на основе этих интенсивностей отказов.
- **FMEA (Failure Modes and Effects Analysis):**
Анализ видов и эффектов отказов – системный анализ для идентификации и оценки эффектов (влияния) различных видов отказов компонентов, с целью определения возможностей исключения или снижения вероятности наступления отказа, а также документирования рассматриваемой системы.
- **FMEDA (Failure Modes Effects and Diagnostic Analysis):**
Анализ видов, эффектов и диагностики отказов – это расширенный вариант анализа FMEA. Он включает стандартные процедуры анализа FMEA плюс дополнительные процедуры для идентификации он-лайн диагностики и видов отказов, обусловленных структурой системы безопасности. Этот анализ рекомендуется использовать для расчета интенсивностей отказов каждого вида (безопасных обнаруживаемых, безопасных необнаруживаемых, опасных обнаруживаемых, опасных необнаруживаемых, отказов с высоким уровнем, отказов с низким уровнем) в модулях системы безопасности. Формат анализа FMEDA является расширением формата анализа FMEA из стандарта MIL STD 1629A.
- **Low demand mode (Режим низкого уровня запросов):**
Режим, когда частота запросов на выполнение системой безопасности функций защиты не более, чем один раз в год и не превышает частоту проведения проверочных тестов более, чем в два раза.
- **MTBF (Mean Time Before Failure):** Среднее время наработки между отказами (среднее время наработки на отказ по ГОСТ 2702-89, применимо для ремонтируемых приборов).
- **MTTF (Mean Time To Failure):** Среднее время наработки до отказа.
- **MTTF_s (Mean Time To Safe Failure):** Среднее время наработки до безопасного отказа.
- **MTTF_D (Mean Time To Dangerous Failure):** Среднее время наработки до опасного отказа.
- **MTTR (Mean Time To Repair):** Среднее время восстановления системы.
- **PFD_{avg}:** Средняя вероятность отказа на запрос выполнения требуемой функции безопасности.
- **SFF (Safe Failure Fraction):**
Доля безопасных отказов в соответствии со стандартом МЭК 61508 (представляет сумму доли отказов, которые приводят к переходу в безопасное состояние, и доли отказов, которые обнаруживаются диагностическими средствами, и в результате также завершаются переходом в безопасное состояние.
$$SFF = \frac{\lambda_{DD} + \lambda_{SD} + \lambda_{SU}}{\lambda_{DD} + \lambda_{DU} + \lambda_{SD} + \lambda_{SU}} = 1 - \frac{\lambda_{DU}}{\lambda_{DD} + \lambda_{DU} + \lambda_{SD} + \lambda_{SU}}$$
где: λ_{DD} : интенсивность опасных обнаруживаемых отказов;
 λ_{DU} : интенсивность опасных необнаруживаемых отказов;
 λ_{SD} : интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов;
 λ_{SU} : интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов.
- **SIF (Safety Instrumented Function):** инструментальная функция обеспечения безопасности.
- **SIS (Safety Instrumented System):** инструментальная система обеспечения безопасности (система противоаварийной защиты).
- **SIL (Safety Integrity Level):** уровень полноты безопасности.
- **T Proof Test & Maintenance (TI):** Межпроверочный интервал периодического автономного (off-line) функционального тестирования, которое служит для выявления отказов, необнаруживаемых диагностикой, с целью проверки и восстановления исходного уровня функциональной безопасности (например, 1 - 5 - 10 лет, 1 год = 8760 часов.). Время обслуживания принимается равным 8 часам.

4 Исходные предпосылки

Следующие исходные предпосылки были сделаны при анализе видов, эффектов и диагностики отказов модулей повторителей / драйверов / интерфейсов / преобразователей D1010, D1014, D1020, D1021S, D1032, D1033, D1034, D1040, D1042, D1043, D1044, D1048S, D1049S, D1053S, D1072, D1073S, D1092, D1092-069, D1093S и источников питания PSD1001(C).

- Интенсивность отказов является постоянной величиной, механизмы естественного износа не учитываются. Распространение отказов не рассматривается.
- Отказы, возникающие в процессе задания параметров не рассматриваются.
- HART протокол используется только для задания параметров, калибровки и диагностики, но не для операций, критичных с точки зрения безопасности.
- Время восстановления или ремонта после безопасного отказа (MTTR) составляет 8 часов.
- Все модули работают в режиме низкого уровня запросов.
- Интенсивность отказов внешних источников питания не учитывалась.
- Уровень внешних воздействий средний для условий промышленной среды и может быть сопоставлен с классификацией, используемой в стандарте MIL-HNBK-217F. Также принимаемый при оценке уровень воздействий может быть взят из стандарта МЭК 60654-1, для класса С (размещение оборудования в шелтерах (контейнерах)). Диапазон температур соответствует диапазону, указанному в спецификациях производителя, при этом средняя температура за длительный период равна 40 °С. Уровень влажности соответствует спецификациям производителя.
- Приведенные в данном Руководстве интенсивности отказов соответствуют типичным условиям эксплуатации на промышленных предприятиях, описанным в стандарте МЭК 60654-1, класс С, при средней температуре за длительный период времени 40 °С. В случае более высокой средней температуры 60 °С интенсивности отказов должны быть умножены на поправочный коэффициент 2.5, полученный на основе статистики. Подобный коэффициент должен использоваться, если имеют место частые изменения температуры.
- Только один вход и один выход модуля являются составляющими функции безопасности.
- В модулях D1010, D1014 и D1053S, D1072, D1073S (при использовании аналоговых выходов) для оценки безопасности рассматривается только токовый выход.
- В модулях D1053S - D1073S (при использовании двух последовательно включенных релейных выходов) функция безопасности порогового усилителя содержит только аларм с двумя последовательно включенными релейными выходами (клеммы 5-8). Аналоговый выход в этом случае не является частью функции безопасности. Кроме этого, фактор общей причины (β) для двух реле, включенных последовательно, принимается равным 5%. Затем, два включенных последовательно релейных выхода должны быть защищены соответствующим образом (например, предохранителем), который срабатывает при 60% значении максимально допустимого тока, чтобы исключить залипание контактов.
- Модули D1032 - D1033 в применениях, связанных с обеспечением безопасности, могут использоваться только в следующих конфигурациях:
 - NO вход => ND выходное реле или NO выходной транзистор; или
 - NC вход => NE выходное реле или NC выходной транзистор.

Затем, должна быть включена система обнаружения короткого замыкания и обрыва входной линии для того, чтобы отключить выходное реле или транзистор в случае возникновения отказа.

- Модули D1049S в приложениях, связанных с обеспечением безопасности, могут использоваться только в 1-ом операционном режиме (прямая передаточная функция вход/выход: "уровень входного сигнала высокий или 24 В пост. => выход включен" или его эквивалент "уровень входного сигнала низкий или 0 В => выход выключен").

Для обоих модулей D1048S и D1049S функция блокировки отключена, так что управляющий сигнал от ПЛК системы безопасности или от РСУ - единственный сигнал в канале. Кроме этого, задействована система обнаружения неисправностей линии и нагрузки (короткое замыкание и обрыв), чтобы отключить нагрузку в случае возникновения неисправности, до тех пор, пока неисправность не будет устранена.

- Программа логического устройства системы безопасности построена таким образом, что отказы с низким и высоким уровнями обнаруживаются независимо от их воздействия (опасного или безопасного) на функцию безопасности.
- Выходной сигнал 4-20 мА поступает на аналоговый вход ПЛК системы безопасности, соответствующий уровню SIL 2 - SIL 3.

- Перед отправкой заказчику производится тестирование модулей с целью проверки отсутствия конструктивных и/или производственных дефектов, которые могут привести к несоответствию реализуемых ими функций, заявленным в технических спецификациях, или обусловить функционирование, отличное от стандартного.
- Уровни полноты безопасности в стандартах МЭК 61508 и МЭК 61511 определены следующим образом:

SIL (Safety Integrity Level) Уровень полноты безопасности	PFD_{avg} (Average probability of failure on demand) Средняя вероятность отказа на запрос за год (низкий уровень запросов)	RRF (Risk Reduction Factor) Фактор снижения риска	PFD_{avg} (Average probability of dangerous failure on demand per hour) Средняя вероятность опасных отказов за час (высокий уровень запросов)
SIL 4	$\geq 10^{-5}$ до $< 10^{-4}$	от 100000 до 10000	$\geq 10^{-9}$ до $< 10^{-8}$
SIL 3	$\geq 10^{-4}$ до $< 10^{-3}$	от 10000 до 1000	$\geq 10^{-8}$ до $< 10^{-7}$
SIL 2	$\geq 10^{-3}$ до $< 10^{-2}$	от 1000 до 100	$\geq 10^{-7}$ до $< 10^{-6}$
SIL 1	$\geq 10^{-2}$ до $< 10^{-1}$	от 100 до 10	$\geq 10^{-6}$ до $< 10^{-5}$

4.1 Исходные предпосылки для PSD1206 и PSD1210

Следующие исходные предпосылки были сделаны при анализе видов, эффектов и диагностики отказов импульсных источников питания PSD1206 и PSD1210.

- Интенсивность отказов является постоянной величиной, механизмы естественного износа не учитываются.
- Распространение отказов не учитывается.
- Отказы в процессе задания параметров не рассматриваются.
- Перед отправкой заказчику производится тестирование модулей с целью проверки отсутствия конструктивных и / или производственных дефектов, которые могут привести к несоответствию реализуемых ими функций, заявленным в технических спецификациях, или обусловить функционирование, отличное от стандартного.
- Источники работают в режиме низкого уровня запросов.
- Время восстановления после безопасного отказа (MTTR) составляет 8 часов.
- Только описанные версии используются в приложениях, критических с точки зрения безопасности.
- Практические тесты с введением отказов могут подтвердить правильность предположений относительно эффектов отказов, принятых при проведении анализа FMEDA.
- Неисправный выход не является частью функции безопасности.
- Фактор общей причины β для двух параллельно включенных источников оценивается на уровне 5 %.
- Стрессовые условия типичны для промышленных условий, описанных в стандарте МЭК 60654-1 класс С (размещение в шелтере (контейнере)), при температуре окружающей среды в пределах, указанных в спецификациях производителя и средней температуре за длительный период 40°C. Уровни влажности в пределах, указанных в спецификациях производителя.
- Перечисленные в таблицах интенсивности отказов справедливы для стрессовых условий работы, типичных для промышленных полевых условий, подобных описанным в МЭК 60654-1, класс С со средней температурой за длительный период 40°C. В случае более высокой средней температуры 60 °C интенсивности отказов должны быть умножены на полученный экспериментально коэффициент 2.5. Подобный повышающий коэффициент также должен использоваться, если могут иметь место частые изменения температуры.
- Уровень диагностики защиты от перенапряжения составляет 99 %.

5 Основные сведения из отчетов EXIDA и TÜV

Примечание:

зеленый цвет в приведенных ниже таблицах "Зависимость PFDavg от T[proof]" означает, что PFDavg модуля меньше или равно 10 % или 20% значения PFDavg, соответствующего его уровню SIL (см. Таблицу в разделе 4); желтый цвет означает, что PFDavg модуля более 10 % или 20% значения PFDavg, соответствующего его уровню SIL.

5.1 D1010S Изолированный повторитель источника питания, HART совместимый (активный вход)

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Таблица 3: Интенсивность отказов

Категория отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	141.58
↳ Опасные отказы, обнаруживаемые внутренней диагностикой или другим способом (Fail Dangerous Detected)	1.83
↳ Отказы с высоким уровнем (Fail High), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	30.50
↳ Отказы с низким уровнем (Fail Low), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	109.25
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	30.47
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов = λ_{su} = Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	201
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	374.00
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	62.00
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	436.60
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	261 год
$MTTF_s = 1 / (\lambda_s + \lambda_{su})$	565 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	3746 лет

Таблица 4: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF	DCs	DCd
0.00 FIT	201.95 FIT	141.58 FIT	30.47 FIT	91.85%	0.00%	82.29%

Таблица 5: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 7 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.33 E-04 соответствует SIL 2	PFDavg = 9.34 E-04 соответствует SIL 2	PFDavg = 1.33 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 6: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.33 E-04 соответствует SIL 3	PFDavg = 1.33 E-03 соответствует SIL 2
См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6

5.2 D1010S Изолированный повторитель источника питания, HART совместимый (пассивный вход)

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Таблица 7: Интенсивность отказов

Категория отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	157.07
↪ Опасные отказы, обнаруживаемые внутренней диагностикой или другим способом (Fail Dangerous Detected)	1.83
↪ Отказы с высоким уровнем (Fail High), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	35.04
↪ Отказы с низким уровнем (Fail Low), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	120.20
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	34.08
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов = λ_{su} = Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	229.05
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	420.20
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	16.40
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	436.60
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	261 год
$MTTF_S = 1 / (\lambda_s + \lambda_{su})$	498 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	3350 лет

Таблица 8: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF	DCs	DCd
0.00 FIT	229.05 FIT	157.07 FIT	34.08 FIT	91.89%	0.00%	82.17%

Таблица 9: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 5 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.49 E-04 соответствует SIL 2	PFDavg = 7.46 E-04 соответствует SIL 2	PFDavg = 1.49 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 10: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.49 E-04 соответствует SIL 3	PFDavg = 1.49 E-03 соответствует SIL 2
См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6

5.3 D1010D Изолированный повторитель источника питания, HART совместимый (активный вход)

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Два канала модуля D1010D не должны использоваться для повышения отказоустойчивости, необходимой для более высокого уровня SIL определенной функции безопасности, так как они не являются полностью независимыми друг от друга, поскольку содержат общие компоненты. Этот анализ проводился при условии, что функция безопасности реализуется через 1 канал, но при этом учитывалось влияние на него второго канала.

Таблица 11: Интенсивность отказов

Категория отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	145.60
☞ Опасные отказы, обнаруживаемые внутренней диагностикой или другим способом (Fail Dangerous Detected)	1.83
☞ Отказы с высоким уровнем (Fail High), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	35.50
☞ Отказы с низким уровнем (Fail Low), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	113.27
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	30.67
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов = λ_{su} = Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	206.93
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	383.20
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	417.40
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	800.60
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	143 года
$MTTF_S = 1 / (\lambda_s + \lambda_{su})$	552 года
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	3772 года

Таблица 12: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF	DCs	DCd
0.00 FIT	206.93 FIT	145.60 FIT	30.67 FIT	92.00%	0.00%	82.60%

Таблица 13: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 5 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.34 E-04 соответствует SIL 2	PFDavg = 9.40 E-04 соответствует SIL 2	PFDavg = 1.34 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 14: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.34 E-04 соответствует SIL 3	PFDavg = 1.34 E-03 соответствует SIL 2
См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6

5.4 D1010D Изолированный повторитель источника питания, HART совместимый (пассивный вход)

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Два канала модуля D1010D не могут использоваться для повышения отказоустойчивости, необходимой для более высокого уровня SIL определенной функции безопасности, так как они не являются полностью независимыми друг от друга, поскольку содержат общие компоненты. Этот анализ проводился при условии, что функция безопасности реализуется через 1 канал, но при этом учитывалось влияние на него второго канала.

Таблица 15: Интенсивность отказов

Категория отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	161.14
☞ Опасные отказы, обнаруживаемые внутренней диагностикой или другим способом (Fail Dangerous Detected)	1.78
☞ Отказы с высоким уровнем (Fail High), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	35.16
☞ Отказы с низким уровнем (Fail Low), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	124.20
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	34.23
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов = λ_{su} = Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	234.03
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	429.40
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	371.20
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	800.60
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	143 года
$MTTF_S = 1 / (\lambda_s + \lambda_{su})$	488 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	3335 лет

Таблица 16: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF	DCs	DCd
0.00 FIT	234.03 FIT	161.14 FIT	34.23 FIT	92.03%	0.00%	82.48%

Таблица 17: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 5 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.50 E-04 соответствует SIL 2	PFDavg = 7.50 E-04 соответствует SIL 2	PFDavg = 1.50 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 18: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.50 E-04 соответствует SIL 3	PFDavg = 1.50 E-03 соответствует SIL 2
См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6

5.5 D1010S-054 Изолированный преобразователь - 5 ÷ +55мВ сигналов в 4 ÷ 20 мА сигналы

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Таблица 19: Интенсивности отказов

Категория отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	130.93
↳ Опасные отказы, обнаруживаемые внутренней диагностикой или другим способом (Fail Dangerous Detected)	1.90
↳ Отказы с высоким уровнем (Fail High), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	28.00
↳ Отказы с низким уровнем (Fail Low), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	101.03
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	36.15
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов = λ_{su} = Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	197.32
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	364.40
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	6.60
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	371.00
MTBF = MTTF + MTTR = $1/(\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	308 лет
$MTTF_S = 1 / \lambda_s + \lambda_{su}$	579 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	3158 лет

Таблица 20: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF	DCs	DCd
0.00 FIT	197.32 FIT	130.93 FIT	36.15 FIT	90.08%	0.00%	78.36%

Table 21: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 5 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.58 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 7.92 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.58 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 22: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.58 E-04 соответствует SIL 3	PFDavg = 1.58 E-03 соответствует SIL 2
См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6

5.6 D1010S-056 Изолированный преобразователь - 5 ÷ +35мВ сигналов в 4 ÷ 20 мА сигналы

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Таблица 23: Интенсивности отказов

Категория отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	130.88
↳ Опасные отказы, обнаруживаемые внутренней диагностикой или другим способом (Fail Dangerous Detected)	1.83
↳ Отказы с высоким уровнем (Fail High), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	27.88
↳ Отказы с низким уровнем (Fail Low), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	101.17
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	36.03
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов = λ_{su} = Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	197.29
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	364.20
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	6.60
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	370.80
MTBF = MTTF + MTTR = $1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	308 лет
$MTTF_S = 1 / \lambda_s + \lambda_{su}$	579 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	3168 лет

Таблица 24: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF	DCs	DCd
0.00 FIT	197.29 FIT	130.88 FIT	36.03 FIT	90.11%	0.00%	78.41%

Table 25: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 5 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.58 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 7.89 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.58 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 26: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.58 E-04 соответствует SIL 3	PFDavg = 1.58 E-03 соответствует SIL 2
См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6

5.7 D1010S-057 Изолированный преобразователь - 5 ÷ +10 мВ сигналов в 4 ÷ 20 мА сигналы

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Таблица 27: Интенсивности отказов

Категория отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	130.90
☞ Опасные отказы, обнаруживаемые внутренней диагностикой или другим способом (Fail Dangerous Detected)	1.83
☞ Отказы с высоким уровнем (Fail High), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	27.90
☞ Отказы с низким уровнем (Fail Low), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	101.17
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	36.18
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов = λ_{su} = Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	197.32
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	364.40
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	6.60
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	371.00
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	308 лет
$MTTF_S = 1 / \lambda_s + \lambda_{su}$	579 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	3155 лет

Таблица 28: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF	DCs	DCd
0.00 FIT	197.32 FIT	130.90 FIT	36.18 FIT	90.07%	0.00%	78.35%

Table 29: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 5 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.58 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 7.92 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.58 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 30: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.58 E-04 соответствует SIL 3	PFDavg = 1.58 E-03 соответствует SIL 2
См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6

5.8 D1014S и D1014D Изолированный повторитель источника питания, HART совместимый

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Два канала модуля D1014D могут использоваться для повышения отказоустойчивости, необходимой для более высокого уровня SIL определенной функции безопасности, так как они являются полностью независимыми друг от друга, поскольку не содержат общих компонентов. Поэтому, результаты анализа, выполненного для одноканального модуля D1014S, справедливы и для каждого канала двухканального модуля D1014D.

Таблица 31: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	158.31
↳ Опасные отказы, обнаруживаемые внутренней диагностикой или другим способом (Fail Dangerous Detected)	1.89
↳ Отказы с высоким уровнем (Fail High), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	45.89
↳ Отказы с низким уровнем (Fail Low), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	110.53
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	22.64
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов = λ_{su}	166.06
↳ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	0.68
↳ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	165.38
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	347.01
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	15.00
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	362.01
MTBF = MTTF + MTTR = $1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	315 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	687 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	5042 года

Таблица 32: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF	DCs	DCd
0.00 FIT	166.06 FIT	158.31 FIT	22.64 FIT	93.48%	0.00%	87.49%

Таблица 33: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 9.91 E-05 соответствует SIL 3	PFDavg = 9.90 E-04 соответствует SIL 2
См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6

Таблица 34: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 2 ujlf	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 9.91 E-05 Соответствует SIL 3	PFDavg = 1.98 E-04 Соответствует SIL 3	PFDavg = 9.90 E-04 соответствует SIL 2
См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 6 в главе 6	См. примечания 7 в главе 6

5.9 D1020S и D1020D Изолированный драйвер для ЭПП, HART СОВМЕСТИМЫЙ

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Два канала модуля D1020D могут использоваться для повышения отказоустойчивости, необходимой для более высокого уровня SIL определенной функции безопасности, так как они являются полностью независимыми друг от друга, поскольку не содержат общих компонентов. Поэтому, результаты анализа, выполненного для одноканального модуля D1020S, справедливы и для каждого канала двухканального модуля D1020D.

Таблица 35: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	70.32
↳ Опасные необнаруживаемые отказы (Fail Dangerous Undetected)	49.92
↳ Отказы с высоким уровнем (Fail High)	20.40
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов = λ_{su}	323.00
↳ Отказы с низким уровнем (Fail Low),	90.14
↳ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	231.15
↳ Опасные обнаруживаемые отказы (Fail Dangerous Detected)	1.71
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	393.32
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	10.88
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	404.20
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	282 года
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	353 года
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	1623 года

Таблица 36: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	323.00 FIT	0.00 FIT	70.32 FIT	82.12%

Таблица 37: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 3 года	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 3.08 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 9.24 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 3.08 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 38: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 6 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 3.08 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.85 E-03 Соответствует SIL 2	PFDavg = 3.08 E-03
См. примечание 7 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6	См. примечания 8 и 9 в главе 6

5.10 D1021S Изолированный драйвер для ЭПП, с обнаружением неисправностей, HART совместимый

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия EXIDA Report GM 03/07-24 R001 Version V2, revision R1.

Таблица 39: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	118.30
☞ Опасные необнаруживаемые отказы (Fail Dangerous Undetected)	85.30
☞ Отказы с высоким уровнем (Fail High)	33.00
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов = λ_{su}	285.00
☞ Отказы с низким уровнем (Fail Low),	109.00
☞ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	176.00
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	403.30
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	126.00
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	529.30
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	216 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	400 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	965 лет

Таблица 40: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	285.00 FIT	0.00 FIT	118.30 FIT	70.66%

Таблица 41: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 3 года	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 5.18 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.55 E-03	PFDavg = 5.18 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6	См. Примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 42: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 3 года	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 5.18 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.55 E-03 Соответствует SIL 2	PFDavg = 5.18 E-03
См. примечание 7 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6	См. примечания 8 и 9 в главе 6

5.11 D1032D Изолированный повторитель состояния контакта / проксимитора, с релейным выходом

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Два канала модуля D1032D не могут использоваться для повышения отказоустойчивости, необходимой для более высокого уровня SIL определенной функции безопасности, так как они не являются полностью независимыми друг от друга, поскольку содержат общие компоненты. Этот анализ проводился при условии, что функция безопасности реализуется через 1 канал, но при этом учитывалось влияние на него второго канала.

Таблица 43: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	60.51
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	263.79
↳ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	147.17
↳ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	114.97
↳ Необнаруживаемая сигнализация (Annunciation Undetected):	0.16
↳ Опасные обнаруживаемые отказы (Fail Dangerous Detected)	1.49
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	324.30
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	167.40
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	491.70
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	232 года
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	433 года
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	1887 лет

Таблица 44: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	263.79 FIT	0.00 FIT	60.51 FIT	81.34%

Таблица 45: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 3 года	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 2.65 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 7.95 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 2.65 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 46: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 7 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 2.65 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.86 E-03 Соответствует SIL 2	PFDavg = 2.65 E-03
См. примечание 7 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6	См. примечания 8 и 9 в главе 6

5.12 D1032Q Изолированный повторитель состояния контакта / проксимитора, с релейным выходом

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Четыре канала модуля D1032Q не должны использоваться для повышения отказоустойчивости, необходимой для более высокого уровня SIL определенной функции безопасности, так как они не являются полностью независимыми друг от друга, поскольку содержат общие компоненты. Этот анализ проводился при условии, что функция безопасности реализуется через 1 канал, но при этом учитывалось влияние на него остальных каналов.

Таблица 47: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	60.43
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	279.63
☞ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	151.55
☞ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	126.55
☞ Необнаруживаемая сигнализация (Annunciation Undetected):	0.16
☞ Опасные обнаруживаемые отказы (Fail Dangerous Detected)	1.37
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	340.06
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	319.45
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	659.51
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	173 года
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	408 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	1889 лет

Таблица 48: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	279.63 FIT	0.00 FIT	60.43 FIT	82.23%

Таблица 49: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 3 года	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 2.65 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 7.94 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 2.65 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 50: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 7 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 2.65 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.85 E-03 Соответствует SIL 2	PFDavg = 2.65 E-03
См. примечание 7 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6	См. примечания 8 и 9 в главе 6

5.13 D1033D Изолированный повторитель состояния контакта / проксимитора, с транзисторным выходом

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Два канала модуля D1033D не могут использоваться для повышения отказоустойчивости, необходимой для более высокого уровня SIL определенной функции безопасности, так как они не являются полностью независимыми друг от друга, поскольку содержат общие компоненты. Этот анализ проводился при условии, что функция безопасности реализуется через 1 канал, но при этом учитывалось влияние на него второго канала.

Таблица 51: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	37.21
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	224.09
↳ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	107.29
↳ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No effect")	115.15
↳ Необнаруживаемая сигнализация (Annunciation Undetected):	0.16
↳ Опасные обнаруживаемые отказы (Fail Dangerous Detected)	1.49
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	261.30
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	209.20
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	470.50
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	243 года
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	509 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	3068 лет

Таблица 52: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	224.09 FIT	0.00 FIT	37.21 FIT	85.76%

Таблица 53: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 5 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.63 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 8.15 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.63 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 54: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.63 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.63 E-03 Соответствует SIL 2
См. примечание 7 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6

5.14 D1033Q Изолированный повторитель состояния контакта / проксимитора, с транзисторным выходом

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Четыре канала модуля D1033Q не могут использоваться для повышения отказоустойчивости, необходимой для более высокого уровня SIL определенной функции безопасности, так как они не являются полностью независимыми друг от друга, поскольку содержат общие компоненты. Этот анализ проводился при условии, что функция безопасности реализуется через 1 канал, но при этом учитывалось влияние на него других каналов.

Таблица 55: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	37.13
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	239.93
☞ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	111.67
☞ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No effect")	126.73
☞ Необнаруживаемая сигнализация (Annunciation Undetected):	0.16
☞ Опасные обнаруживаемые отказы (Fail Dangerous Detected)	1.37
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	277.06
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	361.25
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	638.31
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	179 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	476 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	3074 года

Таблица 56: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	239.93 FIT	0.00 FIT	37.13 FIT	86.60%

Таблица 57: Зависимость PFD_{avg} от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 5 лет	T[Proof] = 10 лет
PFD _{avg} = 1.63 E-04 Соответствует SIL 2	PFD _{avg} = 8.13 E-04 Соответствует SIL 2	PFD _{avg} = 1.63 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 58: Зависимость PFD_{avg} от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFD _{avg} = 1.63 E-04 Соответствует SIL 2	PFD _{avg} = 1.63 E-03 Соответствует SIL 2
См. примечание 7 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6

5.15 D1034S и D1034D Изолированный повторитель состояния контакта / проксимитора, с МА выходом

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Два канала модуля D1034D могут использоваться для повышения отказоустойчивости, необходимой для более высокого уровня SIL определенной функции безопасности, так как они являются полностью независимыми друг от друга, поскольку не содержат общих компонентов. Поэтому, результаты анализа, выполненного для одноканального модуля D1034S, справедливы и для каждого канала двухканального модуля D1034D.

Таблица 59: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	117.83
↳ Опасные отказы, обнаруживаемые внутренней диагностикой или другим способом (Fail Dangerous Detected)	0.29
↳ Отказы с высоким уровнем (Fail High), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	36.83
↳ Отказы с низким уровнем (Fail Low), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	80.71
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	19.20
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов = λ_{su} = Отказов, не оказывающих влияния (Fail "No effect")	147.17
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	284.20
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	4.00
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	288.20
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	396 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	776 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	5946 лет

Таблица 60: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF	DCs	DCd
0.00 FIT	147.17 FIT	117.83FIT	19.20 FIT	93.24%	0.00%	85.99%

Таблица 61: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 8.41 E-05 Соответствует SIL 3	PFDavg = 8.41 E-04 Соответствует SIL 2
См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6

Таблица 62: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 2 года	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 8.41 E-05 Соответствует SIL 3	PFDavg = 1.68 E-04 Соответствует SIL 3	PFDavg = 8.41 E-04 Соответствует SIL 2
См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6

5.16 D1040Q, D1042Q, D1043Q, PSD1001(C) изолированные драйверы, с питанием от внешнего источника для NE нагрузок

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из отчета EXIDA GM04/10-26 Version 1, Revision R1.

Таблица 63: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	1.49
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	83.20
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых безопасных отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	333.40
↪ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	196.00
↪ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No effect")	135.00
↪ Необнаруживаемая сигнализация (Annunciation Undetected):	2.40
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	418.09
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	42.60
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	460.69
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	248 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	342 года
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	1372 года

Таблица 64: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	333.40 FIT	1.49 FIT	83.20 FIT	80.12%

Таблица 65: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 2 года	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 3.64 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 7.28 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 3.63 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 66: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 5 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 3.64 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.82 E-03 Соответствует SIL 2	PFDavg = 3.63 E-03
См. примечание 7 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6	См. примечания 8 и 9 в главе 6

5.17 D1040Q, D1042Q, D1043Q, PSD1001(C) изолированные драйверы, с питанием от контура, для NE нагрузок

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из отчета EXIDA GM04/10-26 Version 1, Revision R1.

Поскольку в этом случае модули получают питание непосредственно от дискретного выхода ПЛК системы безопасности, здесь отсутствуют дополнительные источники питания, которые могут поддерживать выход во включенном состоянии в случае внутреннего отказа. Таким образом, все внутренние отказы не оказывают эффекта на функцию безопасности, или приводят к переходу в безопасное состояние, как это отражено в следующей таблице.

Таблица 67: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF	$\lambda_{notpart}$	MTBF
0.00 FIT	418.09 FIT ("No Effect" = 137.40 FIT)	0.00 FIT	0.00 FIT	100%	42.60 FIT	248 лет

Учитывая, что значение PFD_{avg} всегда равно нулю, поскольку $\lambda_{du} = 0.00$ FIT, $SFF > 99\%$ и количество допустимых отказов аппаратной части 0, модули цифрового выхода D1040Q, D1042Q, D1043Q, PSD1001(C) в случае питания их от сигнального контура, могут использоваться в системах безопасности с уровнем SIL 3 в течение всего срока их службы (до 10 лет).

5.18 D1044S Релейный выход с питанием от внешнего источника, для NE и ND нагрузок

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-204194-01.

Таблица 68: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	37.99
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	231.81
☞ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	125.73
☞ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No effect")	106.08
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	269.80
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	2.00
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	271.80
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	420 лет
$MTTF_s = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	492 года
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	3005 лет

Таблица 69: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	231.81 FIT	0.00 FIT	37.99 FIT	85.92%

Таблица 70: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 6 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.66 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 9.98 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.66 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 71: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.66 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.66 E-03 Соответствует SIL 2
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6

5.19 D1044S Релейный выход с питанием от контура, для NE или ND нагрузок

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-204194-01.

Таблица 72: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	32.00
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	237.80
↪ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	130.22
↪ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No effect")	107.58
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	269.80
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	2.00
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	271.80
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	420 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	480 года
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	3567 лет

Таблица 73: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	237.80 FIT	0.00 FIT	32.00 FIT	88.14%

Таблица 74: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 6 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.40 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 9.81 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.40 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 75: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.40 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.40 E-03 Соответствует SIL 2
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6

5.20 D1044D Цифровой релейный выход с питанием от внешнего источника (независимые каналы), для NE и ND нагрузок

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-204194-01.

Таблица 76: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	37.99
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	246.81
☞ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	131.33
☞ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	115.48
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	284.80
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	188.60
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	473.40
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	241 год
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	462 года
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	3005 лет

Таблица 77: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	246.81 FIT	0.00 FIT	37.99 FIT	86.66%

Таблица 78: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 6 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.66 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 9.98 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.66 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 79: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.66 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.66 E-03 Соответствует SIL 2
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6

5.21 D1044D Цифровой релейный выход с питанием от внешнего источника (архитектура 1oo2), для NE или ND нагрузок

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-204194-01.

Таблица 80: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	1.90
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	467.50
↪ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	291.56
↪ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	175.94
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	469.40
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	4.00
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	473.40
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	241 год
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	244 года
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	60082 года

Таблица 81: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	467.50 FIT	0.00 FIT	1.90 FIT	99.59%

Таблица 82: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10% или более.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 8.32 E-06 Соответствует SIL 3	PFDavg = 8.32 E-05 Соответствует SIL 3
См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 1 в главе 6

5.22 D1044D Цифровой релейный выход с питанием от контура (архитектура 1oo2), для NE или ND нагрузок

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-204194-01.

Таблица 83: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	1.60
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	467.80
☞ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	288.86
☞ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	178.94
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	469.40
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	4.00
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	473.40
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	241 год
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	244 года
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	71347 лет

Таблица 84: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	467.80 FIT	0.00 FIT	1.60 FIT	99.66%

Таблица 85: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10% или более.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 7.01 E-06 Соответствует SIL 3	PFDavg = 7.01 E-05 Соответствует SIL 3
См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 1 в главе 6

5.23 D1048S Цифровой выход с питанием от контура, для NE нагрузок

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-204194-01.

Модуль D1048S получает питание непосредственно от цифрового выхода ПЛК системы безопасности или РСУ. Если они переходят в состояние аварийного останова, то в системе нет больше никакого источника, который мог бы поддерживать выход модуля D1048S во включенном состоянии в случае возникновения в нем внутреннего отказа. Таким образом, все внутренние отказы этого модуля не оказывают влияния на функцию безопасности (Fail “No Effect”) или переводят систему в безопасное состояние, в соответствии с определениями, данными в Главе 4.

Таблица 86: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	0.60
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	357.90
↪ Безопасные необнаруживаемые безопасные отказы (Fail Safe Undetected)	141.45
↪ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail “No Effect”)	216.45
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	357.90
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail “Not Part”) = $\lambda_{notpart}$	33.70
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	391.60
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	291 год
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	319 лет
SFF(%) = $1 - (\lambda_{du} / \lambda_{tot\ safe})$	100%
PFDavg = $1/2 \lambda_{du}$	0.00 E-00

Поэтому модуль D1048S имеет уровень SIL 3 при условии межтестового интервала Tproof 20 лет, эквивалентного сроку службы модуля.

5.24 D1049S Цифровой выход с питанием от внешнего источника, для NE нагрузок

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-204194-01.

Таблица 87: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	1.90
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	441.90
☞ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	189.19
☞ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	252.71
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	443.80
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	31.60
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	475.60
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	240 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	258 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	60081 год

Таблица 88: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	441.90 FIT	0.00 FIT	1.90 FIT	99.57%

Таблица 89: Зависимость PFD_{avg} от $T[proof]$, с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

$T[Proof] = 1$ год	$T[Proof] = 12$ лет	$T[Proof] = 20$ лет
$PFD_{avg} = 8.32 \text{ E-}06$ Соответствует SIL 3	$PFD_{avg} = 9.99 \text{ E-}05$ Соответствует SIL 3	$PFD_{avg} = 1.66 \text{ E-}04$ Соответствует SIL 2
См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6

Таблица 90: Зависимость PFD_{avg} от $T[proof]$, с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

$T[Proof] = 1$ год	$T[Proof] = 20$ лет
$PFD_{avg} = 8.32 \text{ E-}06$ Соответствует SIL 3	$PFD_{avg} = 1.66 \text{ E-}04$ Соответствует SIL 3
См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 1 в главе 6

5.25 D1053S Изолированный преобразователь аналоговых сигналов и пороговые усилители (использование аналогового выхода)

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из отчета EXIDA GM04/10-27 R003 Version 2, Revision R0.

Таблица 91: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	267.00
↳ Опасные отказы, обнаруживаемые внутренней диагностикой или другим способом (Fail Dangerous Detected)	65.00
↳ Отказы с высоким уровнем (Fail High), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	82.00
↳ Отказы с низким уровнем (Fail Low), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	120.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	95.00
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail safe Undetected) = λ_{su}	135.00
↳ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	134.00
↳ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	1.00
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	497.00
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	51.00
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	548.00
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	208 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	846 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	1202 года

Таблица 92: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF	DCs	DCd
0.00 FIT	135.00 FIT	267.00 FIT	95.00 FIT	80.89%	0.00%	73.76%

Таблица 93: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 2 года	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 4.16 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 8.32 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 4.15 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 94: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 4 года	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 4.16 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.66 E-03 Соответствует SIL 2	PFDavg = 4.15 E-03
См. примечание 7 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6	См. примечания 8 и 9 в главе 6

5.26 D1053S Изолированный преобразователь аналоговых сигналов и пороговые усилители (используются 2 релейных выхода, включенные последовательно)

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из отчета EXIDA GM04/10-27 R003 Version 2, Revision R0.

Таблица 95: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	94.00
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	437.00
↪ Необнаруживаемые безопасные отказы (Fail Safe Undetected)	270.00
↪ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	114.00
↪ Необнаруживаемая сигнализация (Annunciation Undetected):	28.00
↪ Опасные обнаруживаемые отказы (Fail Dangerous Detected) (обнаруживаются внутренней диагностикой и преобразуются в необнаруживаемые безопасные отказы)	25.00
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	531.00
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	160.00
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	691.00
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	164 года
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	261 год
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	1214 лет

Таблица 96: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	437.00 FIT	0.00 FIT	94.00 FIT	82.30%

Таблица 97: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 2 года	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 4.11 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 8.22 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 4.10 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 98: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 4 года	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 4.11 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.64 E-03 Соответствует SIL 2	PFDavg = 4.10 E-03
См. примечание 7 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6	См. примечания 8 и 9 в главе 6

5.27 D1054S Изолированный повторитель источника питания и пороговые усилители, HART совместимый (используются активный вход и аналоговый выход)

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-204194-02.

Таблица 99: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	229.70
☞ Опасные отказы, обнаруживаемые внутренней диагностикой или другим способом (Fail Dangerous Detected)	23.98
☞ Отказы с высоким уровнем (Fail High), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	35.43
☞ Отказы с низким уровнем (Fail Low), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	170.29
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	45.52
☞ Опасные необнаруживаемые отказы (Fail Dangerous Undetected)	45.45
☞ 5% Необнаруживаемая сигнализация (Fail "Annunciation Undetected")	0.07
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	174.18
☞ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	172.93
☞ 95% Необнаруживаемая сигнализация (Fail "Annunciation Undetected")	1.25
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	449.40
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	127.20
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	577.20
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	197 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	655 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	2507 лет

Таблица 100: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF	DCs	DCd
0.00 FIT	174.18 FIT	229.70 FIT	45.52 FIT	89.87%	0.00%	83.50%

Таблица 101: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 5 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.99 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 9.97 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.99 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 102: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 2 года
PFDavg = 1.99 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.99 E-03 Соответствует SIL 2
См. примечание 7 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6

5.28 D1054S Изолированный повторитель источника питания и пороговые усилители, HART совместимый (используются пассивный вход и аналоговый выход)

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-204194-02.

Таблица 103: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	261.05
☞ Опасные отказы, обнаруживаемые внутренней диагностикой или другим способом (Fail Dangerous Detected)	25.18
☞ Отказы с высоким уровнем (Fail High), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	35.43
☞ Отказы с низким уровнем (Fail Low), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	200.44
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	48.00
☞ Опасные необнаруживаемые отказы (Fail Dangerous Undetected)	47.93
☞ 5% Необнаруживаемая сигнализация (Fail "Annunciation Undetected")	0.07
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	193.95
☞ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	1192.70
☞ 95% Необнаруживаемая сигнализация (Fail "Annunciation Undetected")	1.25
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	503.00
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	74.20
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	577.20
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	197 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	588 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	2378 лет

Таблица 104: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF	DCs	DCd
0.00 FIT	193.95 FIT	261.05 FIT	48.00 FIT	90.46 %	0.00%	84.50%

Таблица 105: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 4 года	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 2.10 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 8.41 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 2.10 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 106: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 8 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 2.10 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.68 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 2.10 E-03
См. примечание 7 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6	См. примечания 8 и 9 в главе 6

5.29 D1054S Изолированный повторитель источника питания и пороговые усилители, HART совместимый (используются активный вход и 2 релейных выхода, включенные последовательно)

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-204194-02.

Таблица 107: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	33.46
↳ Опасные необнаруживаемые отказы (Fail Dangerous Undetected)	33.39
↳ 5% Необнаруживаемая сигнализация (Fail "Annunciation Undetected")	0.07
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	454.34
↳ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	334.42
↳ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	118.67
↳ 95% Необнаруживаемая сигнализация (Fail "Annunciation Undetected")	1.25
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	487.80
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	225.40
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	713.20
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	160 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	251 год
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	3411 лет

Таблица 108: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	454.34 FIT	0.00 FIT	33.46 FIT	93.14%

Таблица 109: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 5 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.47 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 8.79 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.47 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 110: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 2 года
PFDavg = 1.47 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.47 E-03 Соответствует SIL 2
См. примечание 7 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6

5.30 D1054S Изолированный повторитель источника питания и пороговые усилители, HART совместимый (используются пассивный вход и 2 релейных выхода, включенные последовательно)

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-204194-02.

Таблица 111: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	35.94
↳ Опасные необнаруживаемые отказы (Fail Dangerous Undetected)	35.87
↳ 5% Необнаруживаемая сигнализация (Fail "Annunciation Undetected")	0.07
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	530.46
↳ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	367.07
↳ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	162.14
↳ 95% Необнаруживаемая сигнализация (Fail "Annunciation Undetected")	1.25
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	566.40
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	146.80
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	713.20
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	160 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	215 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	3176 лет

Таблица 112: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	530.46 FIT	0.00 FIT	35.94 FIT	93.65%

Таблица 113: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 5 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.57 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 9.45 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.57 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 114: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 2 года
PFDavg = 1.57 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.57 E-03 Соответствует SIL 2
См. примечание 7 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6

5.31 D1072S Изолированный температурный преобразователь D1073S Изолированный температурный преобразователь и пороговые усилители (используется аналоговый выход)

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-204194-02.

Таблица 115: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	242.35
↳ Опасные отказы, обнаруживаемые внутренней диагностикой или другим способом (Fail Dangerous Detected)	43.23
↳ Отказы с высоким уровнем (Fail High), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	78.75
↳ Отказы с низким уровнем (Fail Low), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	120.37
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	76.01
↳ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	75.94
↳ 5%* необнаруживаемая сигнализация (Fail "Annunciation Undetected"):	0.07
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	154.04
↳ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	152.79
↳ 95% * необнаруживаемая сигнализация (Fail "Annunciation Undetected"):	1.25
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	472.40
D1072S: Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	31.40
D1073S: Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	107.60
D1072S: Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	503.80
D1073S: Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	580.00
D1072S: MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	226 лет
D1073S: MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	197 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	741 год
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	1502 года

Таблица 116: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF	DCs	DCd
0.00 FIT	154.04 FIT	242.35 FIT	76.01 FIT	83.91%	0.00%	76.10%

Таблица 117: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 3 года	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 3.33 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 9.99 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 3.33 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 118: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 6 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 3.33 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.998 E-03 Соответствует SIL 2	PFDavg = 3.33 E-03
См. примечание 7 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6	См. примечания 8 и 9 в главе 6

5.32 D1072D Изолированный температурный преобразователь (используется аналоговый выход)

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-204194-02.

Два канала модуля D1072D не могут использоваться для повышения отказоустойчивости, необходимой для более высокого уровня SIL определенной функции безопасности, так как они не являются полностью независимыми друг от друга, поскольку содержат общие компоненты. Этот анализ проводился при условии, что функция безопасности реализуется через 1 канал, но при этом учитывалось влияние на него второго канала.

Таблица 119: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	274.16
☞ Опасные отказы, обнаруживаемые внутренней диагностикой или другим способом (Fail Dangerous Detected)	43.23
☞ Отказы с высоким уровнем (Fail High), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	103.20
☞ Отказы с низким уровнем (Fail Low), обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	127.73
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	84.66
☞ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	84.59
☞ 5%* необнаруживаемая сигнализация (Fail "Annunciation Undetected"):	0.07
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	248.18
☞ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	246.93
☞ 95% * необнаруживаемая сигнализация (Fail "Annunciation Undetected"):	1.25
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	607.00
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	145.60
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	752.60
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	151 год
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	460 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	1348 лет

Таблица 120: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF	DCs	DCd
0.00 FIT	248.18 FIT	274.16 FIT	84.66 FIT	86.05%	0.00%	76.40%

Таблица 121: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 2 года	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 3.71 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 7.42 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 3.71 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 122: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 6 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 3.71 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.48 E-03 Соответствует SIL 2	PFDavg = 3.71 E-03
См. примечание 7 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6	См. примечания 8 и 9 в главе 6

5.33 D1073S Изолированный температурный преобразователь и пороговые усилители (используются 2 релейных выхода, включенные последовательно)

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-204194-02.

Таблица 123: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	65.13
↳ Опасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	65.06
↳ 5%* необнаруживаемая сигнализация (Fail "Annunciation Undetected"):	0.07
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	509.07
↳ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	379.60
↳ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	128.22
↳ 95% * необнаруживаемая сигнализация (Fail "Annunciation Undetected"):	1.25
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	574.20
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	145.60
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	720.00
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	158 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	224 года
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	1752 года

Таблица 124: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	509.07 FIT	0.00 FIT	65.13 FIT	88.66%

Таблица 125: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 3 года	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 2.85 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 8.56 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 2.85 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 126: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 6 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 2.85 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.71 E-03 Соответствует SIL 2	PFDavg = 2.85 E-03
См. примечание 7 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6	См. примечания 8 и 9 в главе 6

5.34 D1092S и D1092D Модули релейных выходов для НЕ нагрузок

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Два канала модуля D1092D могут использоваться для повышения отказоустойчивости, необходимой для более высокого уровня SIL определенной функции безопасности, так как они являются полностью независимыми друг от друга, поскольку не содержат общих компонентов. Поэтому результаты анализа, выполненного для одноканального модуля D1092S, справедливы и для каждого канала двухканального модуля D1092D.

Таблица 127: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	1.60
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	185.20
↪ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	156.63
↪ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No effect")	28.57
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	186.80
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	0.00
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	186.80
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	611 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	616 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	71347 лет

Таблица 128: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	185.20 FIT	0.00 FIT	1.60 FIT	99.14%

Таблица 129: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет	T[Proof] = 20 лет
PFDavg = 7.01 E-06 Соответствует SIL 3	PFDavg = 7.01 E-05 Соответствует SIL 3	PFDavg = 1.40 E-04 Соответствует SIL 3
См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6

Таблица 130: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 20 лет
PFDavg = 7.01 E-06 Соответствует SIL 3	PFDavg = 1.40 E-04 Соответствует SIL 3
См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 6 в главе 6

5.35 D1092S и D1092D Модули релейных выходов для ND нагрузок

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Два канала модуля D1092D могут использоваться для повышения отказоустойчивости, необходимой для более высокого уровня SIL определенной функции безопасности, так как они являются полностью независимыми друг от друга, поскольку не содержат общих компонентов. Поэтому результаты анализа, выполненного для одноканального модуля D1092S, справедливы и для каждого канала двухканального модуля D1092D.

Таблица 131: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	2.61
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	124.48
↳ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	96.00
↳ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	28.48
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	127.09
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	0.00
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	127.09
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	898 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	917 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	43738 лет

Таблица 132: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	124.48 FIT	0.00 FIT	2.61 FIT	97.95%

Таблица 133: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 7 лет	T[Proof] = 20 лет
PFDavg = 1.14 E-05 Соответствует SIL 3	PFDavg = 7.01 E-05 Соответствует SIL 3	PFDavg = 2.29 E-04 Соответствует SIL 2
См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6

Таблица 134: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 15 лет	T[Proof] = 20 лет
PFDavg = 1.14 E-05 Соответствует SIL 3	PFDavg = 1.71 E-04 Соответствует SIL 3	PFDavg = 2.29 E-04 Соответствует SIL 2
См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 6 в главе 6

5.36 D1092S-069 и D1092D-069 Модули релейных выходов, с нормально разомкнутыми (NO) контактами

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Два канала модуля D1092D могут использоваться для повышения отказоустойчивости, необходимой для более высокого уровня SIL определенной функции безопасности, так как они являются полностью независимыми друг от друга, поскольку не содержат общих компонентов. Поэтому, результаты анализа, выполненного для одноканального модуля D1092S-069 справедливы и для каждого канала двухканального модуля D1092D-069.

Таблица 135: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	1.60
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	182.20
↪ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	156.63
↪ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	28.57
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	183.80
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	0.00
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	183.80
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	621 год
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	627 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	71347 лет

Таблица 136: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	182.20 FIT	0.00 FIT	1.60 FIT	99.13%

Таблица 137: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет	T[Proof] = 20 лет
PFDavg = 7.01 E-06 Соответствует SIL 3	PFDavg = 7.01 E-05 Соответствует SIL 3	PFDavg = 1.40 E-04 Соответствует SIL 2
См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6

Таблица 138: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 20 лет
PFDavg = 7.01 E-06 Соответствует SIL 3	PFDavg = 1.40 E-04 Соответствует SIL 3
См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 6 в главе 6

5.37 D1092S-069 и D1092D-069 Модули релейных выходов, с нормально замкнутыми (NC) контактами

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Два канала модуля D1092D могут использоваться для повышения отказоустойчивости, необходимой для более высокого уровня SIL определенной функции безопасности, так как они являются полностью независимыми друг от друга, поскольку не содержат общих компонентов. Поэтому результаты анализа, выполненного для одноканального модуля D1092S-069, справедливы и для каждого канала двухканального модуля D1092D-069.

Таблица 139: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	1.60
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	182.20
↻ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	156.63
↻ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	28.57
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	183.80
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	0.00
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	183.80
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	621 год
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	627 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	71347 лет

Таблица 140: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	182.20 FIT	0.00 FIT	1.60 FIT	99.13%

Таблица 141: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет	T[Proof] = 20 лет
PFDavg = 7.01 E-06 Соответствует SIL 3	PFDavg = 7.01 E-05 Соответствует SIL 3	PFDavg = 1.40 E-04 Соответствует SIL 2
См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6

Таблица 142: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 20 лет
PFDavg = 7.01 E-06 Соответствует SIL 3	PFDavg = 1.40 E-04 Соответствует SIL 3
См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 6 в главе 6

5.38 D1093S Модуль релейного выхода для NE нагрузок, с диагностикой состояния линии и нагрузки

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Таблица 143: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	1.60
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	198.80
☞ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	156.63
☞ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	42.17
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	200.40
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	283.60
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	484.40
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	236 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	574 года
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	71347 лет

Таблица 144: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	198.80 FIT	0.00 FIT	1.60 FIT	99.20%

Таблица 145: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 7.01 E-06 Соответствует SIL 3	PFDavg = 7.01 E-05 Соответствует SIL 3
См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 1 в главе 6

Таблица 146: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 7.01 E-06 Соответствует SIL 3	PFDavg = 7.01 E-05 Соответствует SIL 3
См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 6 в главе 6

5.39 D1093S Модуль релейного выхода для ND нагрузок, с диагностикой состояния линии и нагрузки

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из сертификата соответствия TÜV C-IS-183645-xx.

Таблица 147: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	2.61
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	138.08
↪ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	96.00
↪ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	42.08
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	140.69
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	283.60
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	424.29
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	269 лет
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	827 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	43738 лет

Таблица 148: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	138.08 FIT	0.00 FIT	2.61 FIT	98.14%

Таблица 149: Зависимость PFD_{avg} от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 7 лет	T[Proof] = 10 лет
PFD _{avg} = 1.14 E-05 Соответствует SIL 3	PFD _{avg} = 8.00 E-05 Соответствует SIL 3	PFD _{avg} = 1.14 E-04 Соответствует SIL 2
См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6

Таблица 150: Зависимость PFD_{avg} от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFD _{avg} = 1.14 E-05 Соответствует SIL 3	PFD _{avg} = 1.14 E-04 Соответствует SIL 3
См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 6 в главе 6

5.40 PSD1206, PSD1210 Изолированные импульсные источники питания для NE нагрузок, одиночный источник

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из отчета EXIDA GMI 06/11-20 R004 Version V1, Revision 0.

Таблица 151: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	134.80
☞ Опасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	134.00
☞ Отказы с высоким уровнем (1% от общей интенсивности отказов Fail High)	0.21
☞ Необнаруживаемая сигнализация (1% от общей интенсивности отказов Fail "Annunciation Undetected")	0.59
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	542.20
☞ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	34.00
☞ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	214.00
☞ Отказы с высоким уровнем (99% от общей интенсивности отказов Fail High) обнаруживаемые логическим устройством системы безопасности	20.79
☞ Отказы с низким уровнем (Fail Low)	215.00
☞ Необнаруживаемая сигнализация (99% интенсивности отказов Fail "Annunciation Undetected"):	58.41
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	677.00
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	174.00
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	851.00
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	134 года
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	210 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	847 лет

Таблица 152: Интенсивности отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	542.20 FIT	0.00 FIT	134.80 FIT	80.09%

Таблица 153: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности SIF составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 3 года	T[Proof] = 6 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 5.90 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.77 E-03	PFDavg = 3.54 E-03	PFDavg = 5.90 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6	См. примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 154: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности SIF составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 3 года	T[Proof] = 6 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 5.90 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.77 E-03 Соответствует SIL 2	PFDavg = 3.54 E-03	PFDavg = 5.90 E-03
См. примечание 7 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6	См. примечания 8 и 9 в главе 6	См. примечания 8 и 9 в главе 6

5.41 PSD1206 и PSD1210 Изолированные импульсные источники питания для ND нагрузок, одиночный источник

В следующих таблицах приведены данные по функциональной безопасности из отчета EXIDA GMI 06/11-20 R004 Version V1, Revision 0.

Таблица 155: Интенсивности отказов

Категории отказов	Интенсивность отказов (FIT)
Общая интенсивность опасных обнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Detected) = λ_{dd}	0.00
Общая интенсивность опасных необнаруживаемых отказов (Fail Dangerous Undetected) = λ_{du}	349.80
↳ Опасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	134.00
↳ Отказы с высоким уровнем (1% от общей интенсивности отказов Fail High)	0.21
↳ Отказы с низким уровнем (Fail Low)	215.00
↳ Необнаруживаемая сигнализация (1% от общей интенсивности отказов Fail "Annunciation Undetected")	0.59
Общая интенсивность безопасных обнаруживаемых отказов (Fail Safe Detected) = λ_{sd}	0.00
Общая интенсивность безопасных необнаруживаемых отказов (Fail Safe Undetected) = λ_{su}	327.20
↳ Безопасные необнаруживаемые отказы (Fail Safe Undetected)	34.00
↳ Отказы, не оказывающие эффекта (Fail "No Effect")	214.00
↳ Отказы с высоким уровнем (99% от общей интенсивности отказов Fail High)	20.79
↳ Необнаруживаемая сигнализация (99% интенсивности отказов Fail "Annunciation Undetected"):	58.41
Общая интенсивность отказов (функции безопасности) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$	677.00
Отказы компонента, не являющегося частью функции безопасности (Fail "Not Part") = $\lambda_{notpart}$	174.00
Общая интенсивность отказов (устройства) = $\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}$	851.00
MTBF = $MTTF + MTTR = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su} + \lambda_{dd} + \lambda_{du} + \lambda_{notpart}) + MTTR$	134 года
$MTTF_S = 1 / (\lambda_{sd} + \lambda_{su})$	349 лет
$MTTF_D = 1 / \lambda_{du}$	326 лет

Таблица 156: Интенсивность отказов в соответствии с МЭК 61508

λ_{sd}	λ_{su}	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
0.00 FIT	327.20 FIT	0.00 FIT	349.80 FIT	48.33%

Таблица 157: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности SIF составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 5 лет	T[Proof] = 9 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.53 E-03 Соответствует SIL 1	PFDavg = 7.66 E-03 Соответствует SIL 1	PFDavg = 1.38 E-02	PFDavg = 1.53 E-02
См. примечание 4 в главе 6	См. примечание 4 в главе 6	См. примечание 5 в главе 6	См. примечание 5 в главе 6

Таблица 158: Зависимость PFDavg от T[proof], с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности SIF составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 1.53 E-03 Соответствует SIL 1	PFDavg = 1.53 E-02 Соответствует SIL 1
См. примечание 4 в главе 6	См. примечание 9 в главе 6

5.42 PSD1206 и PSD1210 изолированные источники питания, 2 источника включены параллельно

Одним из способов расчета средней вероятности отказов PFD_{AVG} системы, состоящей из двух источников питания, включенных параллельно, может быть использование дерева отказов, изображенного на рис. 1.



Рис. 1: Дерево отказов для двух источников питания, включенных параллельно (два PSD1210 или PSD1206)

Вероятность отказа такой системы рассчитывается следующим образом, принимая общий причинный фактор между двумя источниками PSD12xx равным $\beta = 5\%$:

$$PFD_{AVG_System}(TI = x \text{ years}) = \beta \cdot PFD_{AVG_PSD12xx}(TI = x \text{ years}) + \left((1 - \beta) \cdot PFD_{AVG_PSD12xx}(TI = x \text{ years}) \right)^2 =$$

$$= \beta \cdot \lambda_{DU} \cdot \frac{TI}{2} + \left((1 - \beta) \cdot \lambda_{DU} \cdot \frac{TI}{2} \right)^2$$

где: λ_{DU} = интенсивность необнаруживаемых опасных отказов PSD12xx;

TI = интервал между проверочными тестами (измеряется в годах).

5.42.1 Нормально включенная нагрузка (NE)

Для системы из двух источников питания, включенных параллельно, с нормально включенной нагрузкой (NE) расчет вероятности отказов для различных значений TI можно выполнить с помощью предыдущей формулы: $PFD_{AVG_System}(TI = x \text{ years})$, подставив в нее значения $PFD_{AVG_PSD12xx}(TI = x \text{ years})$ из таблиц 153 и 154 (для 10% и 20% значений вклада в общую функцию безопасности SIF), или используя λ_{DU} из таблицы 152.

Таблица 159: $PFD_{AVG_System}(TI = x \text{ years})$ с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности SIF составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 3 года	T[Proof] = 6 лет	T[Proof] = 10 лет
$PFD_{AVG} = 3.03 \text{ E-}05$ Соответствует SIL 3	$PFD_{AVG} = 9.34 \text{ E-}05$ Соответствует SIL 3	$PFD_{AVG} = 1.90 \text{ E-}04$ Соответствует SIL 2	$PFD_{AVG} = 3.41 \text{ E-}04$ Соответствует SIL 2
См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6

Таблица 160: $PFD_{AVG_System}(TI = x \text{ years})$ с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности SIF составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 3 года	T[Proof] = 6 лет	T[Proof] = 10 лет
$PFD_{AVG} = 3.03 \text{ E-}05$ Соответствует SIL 3	$PFD_{AVG} = 9.34 \text{ E-}05$ Соответствует SIL 3	$PFD_{AVG} = 1.90 \text{ E-}04$ Соответствует SIL 2	$PFD_{AVG} = 3.41 \text{ E-}04$ Соответствует SIL 2
См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 7 в главе 6

5.42.2 Нормально выключенная нагрузка (ND)

Для системы из двух источников питания, включенных параллельно, с нормально выключенной нагрузкой (ND) расчет вероятности отказов для различных значений TI можно выполнить с помощью предыдущей формулы $PFD_{AVG_System}(TI = x \text{ years})$, подставив в нее значения $PFD_{AVG_PSD12xx}(TI = x \text{ years})$ из таблиц 157 и 158 (для 10% и 20% значений вклада в общую функцию безопасности SIF), или используя λ_{DU} из таблицы 156.

Таблица 161: $PFD_{AVG_System}(TI = x \text{ years})$ с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности SIF составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 5 лет	T[Proof] = 9 лет	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 8.09 E-05 Соответствует SIL 2	PFDavg = 4.65 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 9.40 E-04 Соответствует SIL 2	PFDavg = 1.10 E-03
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6	См. Примечания 3 и 4 в главе 6

Таблица 162: $PFD_{AVG_System}(TI = x \text{ years})$ с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности SIF составляет 20%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 8.09 E-05 Соответствует SIL 3	PFDavg 1.10 E-03 Соответствует SIL 2
См. примечание 6 в главе 6	См. примечание 6 в главе 6

5.43 PSD1206 и PSD1210 Изолированные импульсные источники питания, 3 источника включены параллельно

Для системы из трех параллельных источников вероятность отказа для различных значений TI можно рассчитать, используя следующую формулу:

$$PFD_{AVG_System}(TI = x \text{ years}) \cong \beta \cdot \lambda_{DU} \cdot \frac{TI}{2} + \frac{((1-\beta) \cdot \lambda_{DU} \cdot TI)^3}{4}$$

где: $\beta = 5\%$; λ_{DU} – интенсивность опасных необнаруживаемых отказов PSD12xx;
 TI – межтестовый интервал.

5.43.1 Нормально включенная нагрузка (ND)

Используем предыдущую формулу $PFD_{AVG_System}(TI = x \text{ years})$, подставив в нее λ_{DU} из таблицы 152.

Таблица 163: $PFD_{AVG_System}(TI = x \text{ years})$ с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности SIF составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 3 года	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 2.99 E-05 Соответствует SIL 3	PFDavg = 8.96 E-05 Соответствует SIL 3	PFDavg = 2.99 E-04 Соответствует SIL 2
См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 1 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6

5.43.2 Нормально выключенная нагрузка (ND)

Используем предыдущую формулу $PFD_{AVG_System}(TI = x \text{ years})$, подставив в нее λ_{DU} из таблицы 156.

Таблица 164: $PFD_{AVG_System}(TI = x \text{ years})$ с определением SIL при условии, что вклад модуля в общую функцию безопасности SIF составляет 10%.

T[Proof] = 1 год	T[Proof] = 10 лет
PFDavg = 7.80 E-05 Соответствует SIL 3	PFDavg = 7.87 E-04 Соответствует SIL 2
См. примечание 2 в главе 6	См. примечание 2 в главе 6

5.44 PSD1206 и PSD1210 Изолированные импульсные источники питания, отказ с выходом напряжения за верхний предел

Одним из способов расчета вероятности отказов источников питания PSD1206 и PSD1210 с выходом напряжения за верхний предел (Over voltage) может быть использование дерева отказов, представленного на рис. 2. В случае использования дерева отказов вероятность PFD должна вычисляться для множества временных интервалов (например, каждый час) и затем производится ее усреднение за интересующий период времени.

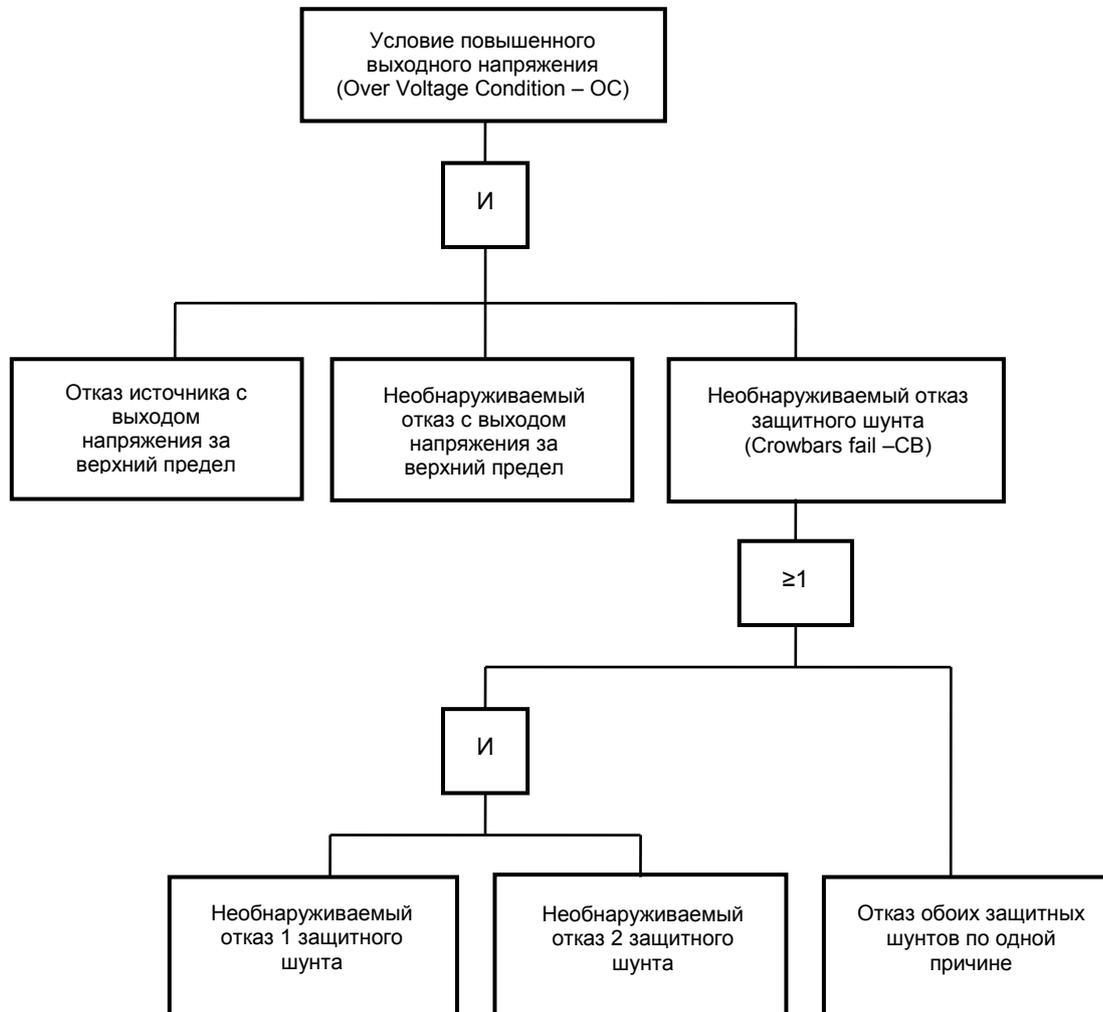


Рис. 2: Дерево отказов для расчета вероятности отказов с выходом напряжения за верхний предел

Вероятность отказа системы с выходом напряжения за верхний предел $PFD_{AVG_OC_Sys}$ рассчитывается следующим образом для каждого временного интервала:

$$PFD_{AVG_OC_Sys} = PFD_{OC_PS} * PFD_{OP} * PFD_{CB},$$

$$PFD_{CB} = PFD_{CB1} * PFD_{CB2} + \beta * PFD_{CB12}$$

$$PFD_{OC_PS} (T_{proof} = 1 \text{ год}) = 1.84 \text{ E-}04$$

$$PFD_{OP} (T_{proof} = 1 \text{ год}) = 9.64 \text{ E-}05$$

$$PFD_{CB1} (T_{proof} = 1 \text{ год}) = PFD_{CB2} (T_{proof} = 1 \text{ год}) = 2.10 \text{ E-}04$$

$$PFD_{CB12} (T_{proof} = 1 \text{ год}) = 2.11 \text{ E-}04$$

$$\beta * PFD_{CB12} (T_{proof} = 1 \text{ год}) = 0.05 * 2.11 \text{ E-}04 = 1.05 \text{ E-}05$$

$$PFD_{CB} (T_{proof} = 1 \text{ год}) = 1.06 \text{ E-}05$$

$$PFD_{AVG_OC_Sys} (T_{proof} = 1 \text{ год}) = 9.36 \text{ E-}14$$

▪ **Примечание 10:**

Необходимо понимать, что отказы, не оказывающие эффекта (Fail “No Effect”) и необнаруживаемые отказы диагностики (“Annunciation Undetected”) входят в категорию “безопасных необнаруживаемых отказов”. Сами по себе эти отказы не влияют на надежность или безопасность системы и не должны учитываться при расчете вероятности ложных срабатываний.

7 Возможные проверочные тесты для выявления опасных необнаруживаемых отказов

В соответствии с разделом 7.4.3.2.2 f) стандарта МЭК 61508-2 проверочный тест (proof test) проводится для выявления опасных отказов, не обнаруживаемых диагностическими средствами (dangerous undetected – “du”). Это означает, что необходимо точно определить, как опасные не обнаруживаемые отказы, указанные в анализе FMEDA, могут быть выявлены при проверочном тестировании.

Проверочные тесты должны выполняться квалифицированными специалистами по обслуживанию контрольно-измерительной техники.

О любых неисправностях или отказах необходимо информировать компанию G.M. International srl (контактные сведения указаны на последней странице).

7.1 D1010, D1014

Таблица 165: Этапы проверочного теста 1

Этапы	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Подать на повторитель HART команду для перевода токового выхода в состояние, соответствующее максимальному значению при отказе (high alarm current output), и проверить, что аналоговый токовый выход достиг этого значения. Это тест для выявления проблем с напряжением, таких как пониженное напряжение питания в контуре или повышенное сопротивление соединительных кабелей. Этот тест может выявлять и другие возможные проблемы.
3	Подать на повторитель HART команду для перевода токового выхода в состояние, соответствующее минимальному значению при отказе (low alarm current output), и проверить, что аналоговый токовый выход достиг этого значения. Это тест для выявления отказов, связанных с током в неактивном состоянии.
4	Восстановить контур для нормального функционирования.
5	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты.

Этот тест выявляет приблизительно 50 % возможных опасных необнаруживаемых (“du”) отказов в повторителе.

Таблица 166: Этапы проверочного теста 2

Этапы	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Выполнить действия, описанные в этапах 2 и 3 проверочного теста 1 (таблица 165).
3	Выполнить 2-х точечную калибровку (т.е. в нижней и верхней точках шкалы) подключенного датчика-преобразователя и проверить, что значения выходного тока соответствуют указанным в спецификациях. Датчик-преобразователь предварительно должен быть протестирован без преобразователя и не иметь опасных необнаруженных неисправностей.
4	Восстановить контур для нормального функционирования.
5	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты.

Этот тест выявляет приблизительно 99 % возможных опасных необнаруживаемых (“du”) отказов в повторителе.

7.2 D1010S-054, D1010S-056, D1010S-057

Таблица 167: Этапы проверочного теста 1

Этапы	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Подать на мВ/мА преобразователь мВ сигнал с уровнем, соответствующим полной шкале выходного сигнала, и проверить, что выходной ток достигает этого значения. Это тест для выявления проблем с напряжением, таких как пониженное напряжение питания в контуре или повышенное сопротивление соединительных кабелей. Этот тест может выявлять и другие возможные проблемы.
3	Подать на мВ/мА преобразователь мВ сигнал с уровнем, соответствующим нижнему значению шкалы выходного сигнала, и проверить, что выходной ток достигает этого значения. Это тест для выявления отказов, связанных с током в неактивном состоянии.
4	Восстановить контур для нормального функционирования.
5	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты.

Этот тест выявляет приблизительно 50 % возможных опасных необнаруживаемых ("du") отказов в повторителе.

Таблица 168: Этапы проверочного теста 2

Этапы	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Выполнить действия, описанные в этапах 2 и 3 проверочного теста 1 (таблица 167).
3	Выполнить 2-х точечную калибровку мВ/мА преобразователя (т.е. - 5 мВ и +55 мВ для D1010S-054; - 5 мВ и + 35 мВ для D1010S-056; - 5 мВ и + 10 мВ для D1010S-057) и проверить, что значения выходного тока модуля соответствуют указанным в спецификациях.
4	Восстановить контур для нормального функционирования.
5	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты.

Этот тест выявляет приблизительно 99 % возможных опасных необнаруживаемых ("du") отказов в повторителе.

7.3 D1020, D1021S

Таблица 169: Этапы проверочного теста 1

Этапы	Действия
1	Принять соответствующие меры для исключения ложных срабатываний.
2	Подать управляющий сигнал 20 мА на драйвер для открытия/закрытия электромагнитного клапана и проконтролировать, что он открыт/закрыт. Это тест для выявления проблем с напряжением, таких как пониженное напряжение питания в контуре или повышенное сопротивление соединительных кабелей. Этот тест может выявлять и другие возможные проблемы. Позиционер предварительно должен быть протестирован без драйвера и не иметь опасных необнаруженных неисправностей.
3	Подать управляющий сигнал 4 мА на драйвер для открытия/закрытия электромагнитного клапана и проконтролировать, что он открыт/закрыт. Это тест для выявления отказов, связанных с током в неактивном состоянии. Позиционер предварительно должен быть протестирован без драйвера и не иметь опасных необнаруженных неисправностей.
4	Восстановить контур для нормального функционирования.
5	Восстановить нормальный режим работы.

Этот тест выявляет приблизительно 70 % возможных опасных необнаруживаемых (“du”) отказов в драйвере.

Таблица 170: Этапы проверочного теста 2

Этапы	Действия
1	Принять соответствующие меры для исключения ложных срабатываний.
2	Выполнить действия, описанные в этапах 2 и 3 проверочного теста 1 (таблица 169).
3	Выполнить 2-х точечную калибровку позиционера (т.е. 4 мА и 20 мА) и проверить, что значения выходного тока модуля соответствуют значениям, указанным в спецификациях. Датчик-преобразователь предварительно должен быть протестирован без преобразователя и не иметь опасных необнаруженных неисправностей.
4	Восстановить контур для нормального функционирования.
5	Восстановить нормальный режим работы.

Этот тест выявляет приблизительно 99 % возможных опасных необнаруживаемых (“du”) отказов в драйвере.

7.4 D1032, D1033

Примечание для входа контактного датчика: Для обнаружения обрыва или короткого замыкания входного кабеля к контакту подключается последовательно резистор 1 Ком и параллельно резистор 10 Ком.

Таблица 171: Этапы проверочного теста

Этапы	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Изменяя состояние входного датчика/контакта проверить, что состояние релейного/транзисторного выхода изменяется соответствующим образом от выключенного на включенное и наоборот. Проверить, что выключенное состояние выхода соответствует требуемой функции безопасности.
3	Отключить входную линию и проверить, что аларм-выход, соответствующий обрыву входной линии, выключен (обесточен). Замкнуть вход и проверить, что соответствующий выход остается выключенным (обесточенным). В обоих случаях красный светодиод ALARM должен гореть.
4	Восстановить контур для нормального функционирования.
5	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты.

Этот тест выявляет приблизительно 99 % возможных опасных необнаруживаемых (“du”) отказов в повторителе.

7.5 D1034

Примечание для входа контактного датчика: Для обнаружения обрыва и короткого замыкания входного кабеля к входному контакту подключается последовательно резистор 1 Ком и параллельно резистор 10 Ком.

Таблица 172: Этапы проверочного теста

Этапы	Действия
1	Принять соответствующие меры для исключения ложных срабатываний.
2	Вход контакта: Изменяя состояние входного датчика/контакта проверить, что значение выходного тока равно примерно 4 мА при замкнутом входе и 0.66 мА при разомкнутом. Вход проксимитора: Изменяя состояние входного проксимитора с ВКП на ВЫКП проверить, что эти изменения состояния корректно передаются на ПЛК..
3	Отключить входную линию и проверить, что выходной ток при обрыве линии равен или меньше 0.35 мА, и при коротком замыкании равен или больше 6.8 мА.
4	Восстановить контур для нормального функционирования.
5	Восстановить нормальный режим работы.

Этот тест выявляет приблизительно 99 % возможных опасных необнаруживаемых ("du") отказов в повторителе.

7.6 D1040, D1042, D1043, PSD1001, PSD1001C

Таблица 173: Этапы проверочного теста

Этапы	Действия
1	Принять соответствующие меры для исключения ложных срабатываний.
2	Подать управляющий сигнал на модули дискретного выхода D104* и PSD1001 (C) для открытия /закрытия управляемого выхода и проверить, что управляемый выход открыт/закрыт.
3	Восстановить контур для нормального функционирования.
4	Восстановить нормальный режим работы.

Этот тест выявляет приблизительно 99 % возможных опасных необнаруживаемых ("du") отказов в модулях D1040 – D1042 – D1043 – PSD1001 – PSD1001C.

7.7 D1044

Таблица 174: Этапы проверочного теста

Этапы	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Для одного канала проверить функционирование вход-выход: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Для NO контакта выходная нагрузка нормально включена (NE), когда входной канал включен, при выключении (безопасном состоянии входного канала нагрузка выключается (обесточивается); <input type="checkbox"/> Для NC контакта выходная нагрузка нормально выключена (ND), когда входной канал включен, при выключенном (безопасном состоянии) входного канала нагрузка включена. <p>Функционирование канала должно быть проверено в диапазоне напряжений питания от 20 до 30 В пост. Для включения или выключения входного канала подключите источник питания постоянного тока к входным клеммам модуля. Для контроля состояния NO и NC контактов подключите омметр последовательно с NO-COM выходным контактом и другой омметр последовательно с NC-COM выходным контактом. Выполните следующую процедуру:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> При выключенном (напряжение источника постоянного тока ≤ 1 В) входном канале (входные клеммы "5" и "6" или "7" и "8") тестируемого модуля проверьте с помощью омметров, что NO-COM выходные контакты (клеммы "13/14" и "15" или "9/10" и "11") разомкнуты, а NC-COM выходные контакты (клеммы "16" и "15" или "12" и "11") замкнуты. Таким образом, первое требование выполнено. При включенном (напряжение источника постоянного тока ≥ 6 В) входном канале (входные клеммы "5" и "6" или "7" и "8") тестируемого модуля проверьте с помощью омметров, что NO-COM выходные контакты (клеммы "13/14" и "15" или "9/10" и "11") замкнуты, NC-COM выходные контакты (клеммы "16" и "15" или "12" и "11") разомкнуты. Таким образом, второе требование выполнено.
3	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты, или восстановите нормальный режим работы.

Этот тест выявляет приблизительно 99 % возможных опасных необнаруживаемых ("du") отказов в модулях

7.8 D1049S

Таблица 175: Этапы проверочного теста

Этапы	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	<p>Установить следующую конфигурацию:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> SW1 DIP переключатель: SW1-1 = ВЫКЛ (для отключения системы обнаружения неисправности полевой линии и нагрузки), SW1-2 = SW1-3 = SW1-4 = ВКЛ или ВЫКЛ (поскольку они не используются); <input type="checkbox"/> SW2 DIP переключатель: SW2-1 = ВКЛ (прямая передаточная функция ВХОД / ВЫХОД), SW2-2 = ВКЛ, SW2-3 = ВЫКЛ, SW2-4 = ВЫКЛ (чтобы включить выход аварийной сигнализации и отключить функцию блокировки входа). <p>К выходу модуля подключаются сопротивление нагрузки 1 Ком с последовательно включенным амперметром и параллельно им ко входу подключается вольтметр (начинают с выхода А, затем переходят на выход В и выход С). Подается питание модуля 24 В пост. Затем на вход модуля подается управляющий сигнал, который может иметь два состояния:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> ВЫКЛ = 0 В пост. В этом случае ток нагрузки 0 мА и напряжение на нагрузочном резисторе 0В, поскольку он должен быть обесточен в соответствии с статусом ВЫКЛ управляющего входного сигнала; <input type="checkbox"/> ВКЛ = 24 В пост. В этом случае на нагрузочном резисторе присутствует управляющий сигнал: ток должен быть $17.5 \div 18.5$ мА и напряжение $17.5 \div 18.5$ В (на выходе А); ток $16.5 \div 17.5$ мА и напряжение $16.5 \div 17.5$ В (на выходе В); ток $16 \div 17$ мА и напряжение $16 \div 17$ В (на выходе С). <p>Затем нагрузочный резистор 1 Ком отсоединяется от выхода канала, чтобы имитировать обрыв / короткое замыкание нагрузки, когда система обнаружения неисправности линии и нагрузки отключена и управляющий сигнал = ВКЛ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Обрыв линии: подключите параллельно выходу только вольтметр, напряжение должно быть $21 \div 21.5$ В; <input type="checkbox"/> Короткое замыкание линии: подключите параллельно выходу только амперметр, ток должен быть $53 \div 57$ мА.
3	<p>Конфигурация модуля аналогична, описанной в предыдущем этапе 2, с тем отличием, что DIP переключатель SW1-1 переключен из состояния ВЫКЛ в состояние ВКЛ, чтобы активировать систему обнаружения неисправностей линии и нагрузки. Включите питание модуля 24 В пост. и на вход подайте управляющий сигнал 24 В пост. = ВКЛ. Затем подключите омметр к выходу аварийной сигнализации и другой омметр к шине аварийной сигнализации. При наличии нагрузочного резистора 1 КОМ на выходе канала, красный светодиод аварийной сигнализации FAULT не горит, выход аварийной сигнализации замкнут (сопротивление равно нулю), и шина аварийной сигнализации разомкнута (сопротивление равно бесконечности), поскольку неисправности линии или нагрузки не обнаружены.</p> <p>Затем отключите нагрузочный резистор 1 КОМ от выхода канала, чтобы имитировать неисправность линии или нагрузки (обрыв, короткое замыкание). Светодиод аварийной сигнализации при этом загорается, выход аварийной сигнализации разомкнут (сопротивление равно бесконечности), и шина аварийной сигнализации замкнута (сопротивление равно нулю).</p> <p>Проверка работы системы обнаружения неисправностей линии и нагрузки (короткое замыкание или обрыв) выполняется следующим образом:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Обрыв цепи: подключите параллельно выходу модуля только вольтметр, напряжение должно быть $4 \div 4.5$ В (диагностика напряжения при обрыве цепи); <input type="checkbox"/> Короткое замыкание: подключите к выходу модуля только амперметр, ток нагрузки должен быть < 1 мА (диагностика тока при коротком замыкании). <p>Эти результаты также справедливы, когда управляющий сигнал = ВЫКЛ и канал выключен, поскольку система диагностики (если она включена) работает всегда, независимо от состояния канала.</p>
4	<p>Конфигурация модуля аналогична, описанной в этапе 2, с тем отличием, что DIP переключатель SW1-1 переключен из состояния ВЫКЛ в состояние ВКЛ, чтобы активировать систему обнаружения неисправностей линии и нагрузки. Вместо нагрузочного резистора и амперметра к выходам модуля подключается калибратор тока (с выходом 45 мА) и параллельно ему вольтметр (начинают с выхода А, затем переходят на выход В и выход С). Включите питание модуля 24 В пост. и на вход подайте управляющий сигнал 24 В пост. = ВКЛ. При этом на нагрузке должно быть напряжение: $13 \div 13.5$ В (выход А), $10.2 \div 10.7$ В (выход В) и $8.5 \div 9$ В (выход С).</p>
5	Восстановить нормальный режим работы контура.
6	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты, или восстановите нормальный режим работы.

Этот тест выявляет приблизительно 100 % всех возможных опасных необнаруживаемых (“du”) отказов в модулях.

7.9 D1053S и D1054S (используется аналоговый выход)

Таблица 176: Этапы проверочного теста 1.

Этапы	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	<p><u>Для D1053S:</u> Подать на преобразователь аналоговых сигналов команду для перевода токового выхода на верхнее значение диапазона и проверить, что выходной ток соответствует этому значению.</p> <p><u>Для D1054S:</u> Подать на трансмиттер, подключенный к входу повторителя, HART команду или какой-либо другой сигнал для перевода его токового выхода в состояние, соответствующее максимальному значению при отказе (high alarm current output), и проверить, что аналоговый токовый выход достиг этого значения.</p> <p>Это тест для выявления проблем с напряжением, таких как пониженное напряжение питания в контуре или повышенное сопротивление соединительных кабелей. Этот тест может выявлять и другие возможные проблемы.</p>
3	<p><u>Для D1053S:</u> Подать на преобразователь аналоговых сигналов команду для перевода токового выхода на нижнее значение диапазона и проверить, что выходной ток соответствует этому значению. Это тест для выявления отказов, связанных с током в неактивном состоянии.</p> <p><u>Для D1054S:</u> Подать на трансмиттер, подключенный к входу повторителя, HART команду или какой-либо другой сигнал для перевода его токового выхода в состояние, соответствующее минимальному значению при отказе (low alarm current output), и проверить, что аналоговый токовый выход достиг этого значения. Это тест для выявления отказов, связанных с током в неактивном состоянии.</p>
4	Восстановить контур для нормального функционирования.
5	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты.

Этот тест выявляет приблизительно 50 % возможных опасных необнаруживаемых (“du”) отказов в преобразователе аналоговых сигналов или в повторителе.

Таблица 177: Этапы проверочного теста 2

Этапы	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Выполнить действия, описанные в этапах 2 и 3 проверочного теста 1 (таблица 176).
3	<p><u>Для D1053S:</u> Выполнить калибровку преобразователя аналоговых сигналов в нижней и верхней точках шкалы (т.е. 4 мА и 20 мА) и проверить, что значения выходного тока находятся в пределах допусков, указанных в спецификациях.</p> <p><u>Для D1054S:</u> Выполнить 2-х точечную калибровку (т.е. в нижней 4 мА и верхней 20 мА точках шкалы) трансмиттера, подключенного к входу повторителя. Затем, задавая разные значения выходного сигнала трансмиттера в пределах рабочего диапазона 4-20 мА, проверить, что значения выходного тока повторителя повторяют их с погрешностью, не превышающей, указанную в спецификациях. Трансмиттер предварительно должен быть протестирован без преобразователя и не иметь опасных необнаруженных неисправностей.</p>
4	Восстановить контур для нормального функционирования.
5	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты.

Этот тест выявляет приблизительно 99 % возможных опасных необнаруживаемых (“du”) отказов в преобразователе аналоговых сигналов или в повторителе.

7.10 D1053S, D1054S (используются 2 релейных выхода, включенные последовательно)

Таблица 178: Этапы проверочного теста 1

Этап	Действие
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Подать на преобразователь аналоговых сигналов или на повторитель команду для перевода токового выхода в состояние, соответствующее верхнему значению выхода при аварии (high alarm current output), и проверить, что релейные контакты (клеммы 5-8) переключились.
3	Подать на преобразователь аналоговых сигналов или на повторитель команду для перевода токового выхода в состояние, соответствующее нижнему значению выхода при аварии (low alarm current output), и проверить, что релейные контакты (между клеммами 5-8) переключились.
4	Восстановить контур для нормального функционирования.
5	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты.

Этот тест выявляет приблизительно 50 % возможных опасных необнаруживаемых (“du”) отказов в преобразователе аналоговых сигналов или повторителе и в пороговых усилителях.

Таблица 179: Этапы проверочного теста 2

Этапы	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Выполнить действия, описанные в этапах 2 и 3 проверочного теста 1 (Таблица 178).
3	Выполнить калибровку порогового усилителя в двух точках (т.е. 4 мА и 20 мА) и проверить, что релейные контакты (клеммы 5-8) переключаются.
4	Восстановить контур для нормального функционирования.
5	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты.

Этот тест выявляет приблизительно 90 % возможных опасных необнаруживаемых (“du”) отказов в преобразователе аналоговых сигналов или в повторителе и в пороговых усилителях.

Таблица 180: Этапы проверочного теста 3

Этап	Действие
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Удалить перемычку между клеммами 6-7.
3	Выполнить калибровку порогового усилителя в двух точках (т.е. 4 мА и 20 мА) и проверить, что релейные контакты (клеммы 5-6) переключаются.
4	Выполнить калибровку порогового усилителя в двух точках (т.е. 4 мА и 20 мА) и проверить, что релейные контакты (клеммы 7-8) переключаются.
5	Восстановить перемычку между клеммами 6-7.
6	Восстановить контур для нормального функционирования.
7	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты.

Этот тест выявляет приблизительно 99 % возможных опасных необнаруживаемых (“du”) отказов в преобразователе аналоговых сигналов или в повторителе и в пороговых усилителях.

7.11 D1072S, D1073S (используется аналоговый выход)

Таблица 181: Этапы проверочного теста 1

Этапы	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Подать на температурный преобразователь команду для перевода токового выхода в состояние, соответствующее верхнему значению шкалы, и проверить, что выходной ток соответствует этому значению. Это тест для выявления проблем с напряжением, таких как пониженное напряжение питания в контуре или повышенное сопротивление соединительных кабелей. Этот тест может выявлять и другие возможные проблемы.
3	Подать на температурный преобразователь команду для перевода токового выхода в состояние, соответствующее нижнему значению шкалы, и проверить, что выходной ток соответствует этому значению. Это тест для выявления отказов, связанных с током в неактивном состоянии.
4	Восстановить контур для нормального функционирования.
5	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты.

Этот тест выявляет приблизительно 50 % возможных опасных необнаруживаемых ("du") отказов в температурных преобразователях.

Таблица 182: Этапы проверочного теста 2

Этапы	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Выполнить действия, описанные в этапах 2 и 3 проверочного теста 1 (Таблица 181).
3	Выполнить калибровку температурного преобразователя в нижней и верхней точках шкалы (т.е. 4 мА и 20 мА) и проверить, что значения выходного тока находятся в пределах допусков, указанных в спецификациях.
4	Восстановить контур для нормального функционирования.
5	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или восстановить нормальный режим работы.

Этот тест выявляет приблизительно 99 % возможных опасных необнаруживаемых ("du") отказов в температурных преобразователях

7.12 D1073S (используются 2 релейных выхода, включенные последовательно)

Таблица 183: Этапы проверочного теста 1

Этапы	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Подать на температурный преобразователь команду для перевода токового выхода в состояние, соответствующее верхнему значению выхода при аларме (high alarm current output), и проверить, что релейные контакты (клеммы 5-8) переключились.
3	Подать на температурный преобразователь команду для перевода токового выхода в состояние, соответствующее нижнему значению выхода при аларме (low alarm current output), и проверить, что релейные контакты (клеммы 5-8) переключились.
4	Восстановить контур для нормального функционирования.
5	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или восстановить нормальный режим работы.

Этот тест выявляет приблизительно 50 % возможных опасных необнаруживаемых (“du”) отказов в температурном преобразователе и пороговых усилителях.

Таблица 184: Этапы проверочного теста 2

Этапы	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Выполнить действия, описанные в этапах 2 и 3 проверочного теста 1 (Таблица 183).
3	Выполнить калибровку температурного порогового усилителя в двух точках (т.е. 4 мА и 20 мА) и проверить, что релейные контакты (клеммы 5-8) переключаются.
4	Восстановить контур для нормального функционирования.
5	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или восстановить нормальный режим работы.

Этот тест выявляет приблизительно 90 % возможных опасных необнаруживаемых (“du”) отказов в температурном преобразователе и пороговых усилителях.

Таблица 185: Этапы проверочного теста 3

Этап	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Удалить перемычку между клеммами 6-7.
3	Выполнить калибровку температурного порогового усилителя в двух точках (т.е. 4 мА и 20 мА) и проверить, что релейные контакты (клеммы 5-6) переключаются.
4	Выполнить калибровку температурного порогового усилителя в двух точках (т.е. 4 мА и 20 мА) и проверить, что релейные контакты (клеммы 7-8) переключаются.
5	Восстановить перемычку между клеммами 6-7.
6	Восстановить контур для нормального функционирования.
7	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или восстановить нормальный режим работы.

Этот тест выявляет приблизительно 99 % возможных опасных необнаруживаемых (“du”) отказов в температурном преобразователе и пороговых усилителях.

7.13 D1092

Таблица 186: Этапы проверочного теста

Этапы	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Для каждого канала D1092D или для одного канала D1092S проверяется функциональность входа-выхода для двух различных применений: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Нормально включенная (NE) нагрузка (клеммы "1" и "2" для выхода 1-го канала; клеммы "5" и "6" для выхода 2-го канала): Подайте питание на вход каждого канала (клеммы "13" и "14" для 1-го канала; клеммы "15" и "16" для 2-го канала) и проверьте, что соответствующая нагрузка включена. Затем отключите вход каждого из каналов и проверьте, что соответствующие нагрузки тоже выключены (безопасное состояние). <input type="checkbox"/> Нормально выключенная (ND) нагрузка (клеммы "3" и "4" для выхода 1-го канала; клеммы "7" и "8" для выхода 2-го канала): Подайте питание на вход каждого канала (клеммы "13" и "14" для 1-го канала; клеммы "15" и "16" для 2-го канала) и проверьте, что соответствующая нагрузка включена (безопасное состояние). Затем отключите вход каждого из каналов и проверьте, что соответствующие нагрузки выключены.
3	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или восстановить нормальный режим работы.

Этот тест выявляет приблизительно 90 % возможных опасных необнаруживаемых ("du") отказов в релейном модуле.

7.14 D1092D-069

Таблица 187: Этапы проверочного теста

Этапы	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Для каждого канала D1092D-069 или для одного канала D1092S-069 проверяется функциональность входа-выхода для двух различных применений: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Нормально разомкнутый SPST NO контакт (клеммы "1" и "2" для выхода 1-го канала; клеммы "5" и "6" для выхода 2-го канала): Подайте питание на вход каждого канала (клеммы "13" и "14" для 1 канала; клеммы "15" и "16" для 2-го канала) и проверьте, что соответствующий SPST NO контакт замкнут. Затем выключите входы каждого из каналов и проверьте, что соответствующие SPST NO контакты разомкнуты (безопасное состояние). <input type="checkbox"/> Нормально замкнутый SPST NC контакт (клеммы "3" и "4" для выхода 1-го канала; клеммы "7" и "8" для выхода 2-го канала): Подайте питание на вход каждого канала (клеммы "13" и "14" для 1-го канала; клеммы "15" и "16" для 2-го канала) и проверьте, что соответствующий SPST NC контакт разомкнут. Затем выключите входы каждого из каналов и проверьте, что соответствующие SPST NC контакты замкнуты (безопасное состояние).
3	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или восстановить нормальный режим работы.

Этот тест выявляет приблизительно 90 % возможных опасных необнаруживаемых ("du") отказов в релейном модуле.

7.15 D1093S

Таблица 188: Этапы проверочного теста

Этапы	Действия
1	Включить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или принять другие приемлемые меры для исключения ложных срабатываний.
2	Подать сигнал на диагностическую цепь (клеммы "9-11" и "10-12") и проконтролируйте работу светодиодов и выхода аварийной сигнализации. Для одного канального модуля D1093S проверяется функциональность входа-выхода для двух различных применений: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Нормально включенная (NE) нагрузка (клеммы "5" и "6"): подайте сигнал на вход канала (клеммы "13" и "14") и проверьте, что нагрузка включена. Затем отключите вход канала и проверьте, что нагрузка выключена (безопасное состояние). В обоих случаях, если нагрузка отсоединена (аварийная состояние), красный аварийный светодиод FAULT должен гореть, а выход аварийной сигнализации должен быть выключен. <input type="checkbox"/> Нормально выключенная (ND) нагрузка (клеммы "7" и "8"): подайте сигнал на вход канала (клеммы "13" и "14") и проверьте, что нагрузка включена (безопасное состояние). Затем отключите вход канала и проверьте, что нагрузка выключена. В обоих случаях, если нагрузка отсоединена (аварийная состояние), красный аварийный светодиод FAULT должен гореть, а выход аварийной сигнализации должен быть выключен.
3	Отключить обход ПЛК системы противоаварийной защиты или восстановить нормальный режим работы.

Этот тест выявляет приблизительно 90 % возможных опасных необнаруживаемых ("du") отказов в релейном модуле.

7.16 PSD1206, PSD1210

Эта процедура описывает виды тестов источников питания, которые должны выполняться в конце межтестового периода (T-proof period) с целью проверки корректности работы защитных цепей источников питания, необходимых для восстановления необходимого уровня SIL. Теоретическая эффективность проверочных тестов составляет 60 % собственно для источника питания и 99 % для устройств защиты (Защита от перенапряжения (Over voltage protection) и защитные шунты (Crowbars)).

Тестированию подлежат следующие функции:

- Нагрузочная способность по току.
- Защитный шунт Crowbar A функционирование.
- Защитный шунт Crowbar B функционирование.
- Ограничение выходного напряжения.
- Функционирование диодов, обеспечивающих параллельную работу источников.
- Способность распределения тока нагрузки.

7.16.1 Оборудование для проведения тестов

Для проведения тестов необходимо следующее оборудование:

- Амперметр с диапазоном 0-10 А и с разрешением не хуже 0.1 А.
- Переменный резистор мощностью 300 Вт с сопротивлением, регулируемым от 2 до 25 Ом, рассчитанный на ток до 10 А, для тестирования источника PSD1210 или резистор мощностью 150 Вт с сопротивлением, регулируемым от 4 до 25 Ом, рассчитанный на ток до 6 А, для тестирования источника PSD1206.
- Триммер 10 Ком.

7.16.2 Тестирование одиночного источника или одного из “N” параллельно включенных источников

Убедитесь, что тестируемый источник питания может быть отключен без нарушения работы или повреждения системы. Затем подключите тестовое оборудование согласно рекомендованным схемам.

Таблица 189: Этапы проверочного теста 1 (Нагрузочная способность).

Этапы	Действия
1	Установить сопротивление нагрузочного резистора 25 Ом, соответствующее минимальной нагрузке.
2	Подключить источник к сети переменного тока и подать питание на тестируемую схему, выждать 30 минут для прогрева и стабилизации параметров.
3	Проверить, что напряжение на выходных клеммах источника находится в пределах допусков (от 23.6 В до 24.4 В) и при необходимости отрегулировать его с помощью подстроечного триммера.
4	Установить ток нагрузки 10 А для PSD1210 или 6 А для PSD1206.
5	Проверить, чтобы выходное напряжение было в пределах допусков (от 23.6 В до 24.4 В) и ток нагрузки соответствовал указанным выше значениям.

Таблица 190: Этапы проверочного теста 2 (Функционирование защитного шунта А (Crowbar А))

Этапы	Действия
1	Установить переключку между тестовыми клеммами В1 и В2 для отключения схемы защиты от перенапряжения.
2	Установить переключку между тестовыми клеммами S2 и COM для отключения защитного шунта Crowbar B.
3	Установить подстроечный триммер в положение, соответствующее максимальному сопротивлению.
4	Включить 10 Ком триммер между клеммами С1 и С2.
5	Проконтролировать, чтобы выходное напряжение было выше номинального 24 В при 80% от полной нагрузки. Медленно поверните триммер, уменьшая его сопротивление, выходное напряжение при этом должно увеличиваться.
6	В определенный момент защитный шунт Crowbar А срабатывает и в результате выходное напряжение падает до < 2 В. Максимальное выходное напряжение непосредственно перед срабатыванием шунта должно быть в пределах от 27.0 до 29.0 В.
7	Отключить источник питания, чтобы восстановить защитный шунт.
8	Установить триммер в положение, соответствующее максимальному сопротивлению.
9	Удалить переключку с клемм S2 и COM.

Таблица 191: Этапы проверочного теста 3 (Функционирование защитного шунта В (Crowbar В)).

Этапы	Действия
1	Включить источник питания.
2	Установить перемычку между тестовыми клеммами S1 и COM для отключения защитного шунта Crowbar А.
3	Проконтролировать, чтобы выходное напряжение было выше номинального 24 В при 80% от полной нагрузки. Медленно поверните триммер, уменьшая его сопротивление, выходное напряжение при этом должно увеличиваться.
4	В определенный момент защитный шунт Crowbar В срабатывает и в результате выходное напряжение падает до < 2 В. Максимальное выходное напряжение непосредственно перед срабатыванием шунта должно быть в пределах от 27.0 до 29.0 В.
5	Выключить источник питания, чтобы восстановить защитный шунт.
6	Отключить триммер от клемм С1 и С2.
7	Удалить перемычку между тестовыми клеммами S1 и COM.
8	Удалить перемычку между клеммами В1 и В2, чтобы активировать схему защиты от перенапряжений.

Таблица 192: Этапы проверочного теста 4 (Функционирование защиты от перенапряжения (Over voltage protection))

Этапы	Действия
1	Включить источник питания.
2	Установить перемычку между тестовыми клеммами S1 и COM для блокировки защитного шунта Crowbar А.
3	Установить перемычку между тестовыми клеммами S2 и COM для блокировки защитного шунта Crowbar В.
4	Включить перемычку между тестовыми клеммами А1 и А2 для блокировки цепи регулировки напряжения.
5	Проверить, что выходное напряжение находится между 25.5 В и 28 В при 80% нагрузке.
6	Удалить перемычку между клеммами S1 и COM.
7	Удалить перемычку между клеммами S2 и COM.
8	Удалить перемычку между клеммами А1 и А2.

7.16.3 Тест, необходимый, когда источник используется как подсистема в составе “N” параллельно включенных источников

Этот тест необходим только в том случае, если источник питания используется в системе из нескольких источников, включенных параллельно.

Однако, если система модифицировалась, тест должен выполняться до запуска ее в действие.

Таблица 193: Этапы проверочного теста 5 (Функционирование диодов, обеспечивающих параллельную работу)

Этапы	Действия
1	Выключите другие источники питания кроме тестируемого.
2	Подключить систему к сети переменного тока и включите питание тестируемого источника, подождите 30 минут для прогрева и стабилизации параметров.
3	Установить ток нагрузки 10 А для PSD1210 или 6 А для PSD1206.
4	Подключить вольтметр к клеммам D2(+) и D1(-), к которым подключены диоды, обеспечивающие параллельную работу источников. Падение напряжения на диодах должно быть в пределах от 0.3 В до 0.7 В.
5	Включить, по крайней мере, один из остальных источников.
6	Выключить тестируемый источник.
7	Проверить, что напряжение на диодах находится в пределах от -22 В до -26 В.

Таблица 194: Этапы проверочного теста 6 (Способность распределения тока нагрузки)

Этапы	Действия
1	Подключить к выходу каждого источника амперметр, чтобы измерить индивидуальный выходной ток.
2	Подключить к выходу требуемую нагрузку.
3	Подключите блок клемм распределения тока (CS).
4	Подключить сетевое питание на все тестируемые источники.
5	Проверить, чтобы напряжение на выходных клеммах было в пределах от 23.6 В до 24.4 В.
6	Установить ток нагрузки, соответствующий максимальному значению, требуемому системой.
7	Проверить выходной ток каждого источника, разброс значений тока не должен превышать 10 %.

Для обеспечения уровня полноты безопасности системы питания SIL 2 (нормально выключенная нагрузка – ND) или SIL 3 (нормально включенная нагрузка - NE), а также при проведении проверочных тестов, дополнительно для каждой системы необходимы два резервных источника.

Если N – это количество источников, включенных параллельно, для обеспечения максимального тока нагрузки, требуемого системой без учета резервирования, то общее количество модулей должно быть N+2.

В следующей таблице 179 приведены данные для источника PSD1210 (10 А, 24 В), однако эта концепция также применима и для источника PSD1206 (6 А, 24 В).

Таблица 195: Количество источников питания, включаемых параллельно для обеспечения различных значений максимального тока нагрузки

Максимальный ток, необходимый для питания системы (А)	Количество источников, необходимых без учета резервирования N	Количество источников, с учетом резервирования, необходимых для нормальной работы системы N+1	Количество источников, с учетом резервирования, необходимых для нормальной работы и при проведении периодических тестов системы N+2
10	1	2	3
20	2	3	4
30	3	4	5
40	4	5	6
50	5	6	7
	<p><u>Для NE нагрузок:</u> а) SIL 2 при T-proof = 1 год; б) SIL 2 при T-proof = 3 года.</p> <p><u>Для ND нагрузок:</u> с) SIL 1 при T-proof = 5 лет; д) SIL 1 при T-proof = 10 лет</p> <p>При тестировании каждого отдельного источника система питания не может обеспечивать максимальный ток нагрузки, поскольку резервирование (N+1) отсутствует.</p>	<p><u>Для NE нагрузок:</u> а) SIL 3 при T-proof = 3 года или SIL 2 при T-proof = 10 лет; б) SIL 3 при T-proof = 6 лет или SIL 2 при T-proof = 10 лет.</p> <p><u>Для ND нагрузок:</u> с) SIL 2 при T-proof = 9 лет или SIL 1 при T-proof = 10 лет; д) SIL 2 при T-proof = 10 лет</p> <p>При тестировании каждого отдельного источника система питания может обеспечивать максимальный ток нагрузки, но уровень SIL изменяется с SIL 3 на SIL 2 (для NE нагрузок) или с SIL 2 на SIL 1 (для ND нагрузок), поскольку резервирование (N+2) отсутствует.</p>	<p><u>Для NE нагрузок:</u> а) SIL 3 при T-proof = 3 года; б) SIL 3 при T-proof = 6 лет.</p> <p><u>Для ND нагрузок:</u> с) SIL 1 при T-proof = 5 лет; д) SIL 2 при T-proof = 10 лет</p> <p>При тестировании каждого отдельного источника система питания может обеспечивать максимальный ток нагрузки, и поддерживать уровень SIL 3 (для NE нагрузок) или SIL 2 (для ND нагрузок), поскольку присутствует резервирование (N+2)</p>

Здесь: а) или с) предполагается, что система дает не более 10% от общего числа опасных отказов SIF;

б) или д) предполагается, что система дает не более 20% от общего числа опасных отказов SIF.

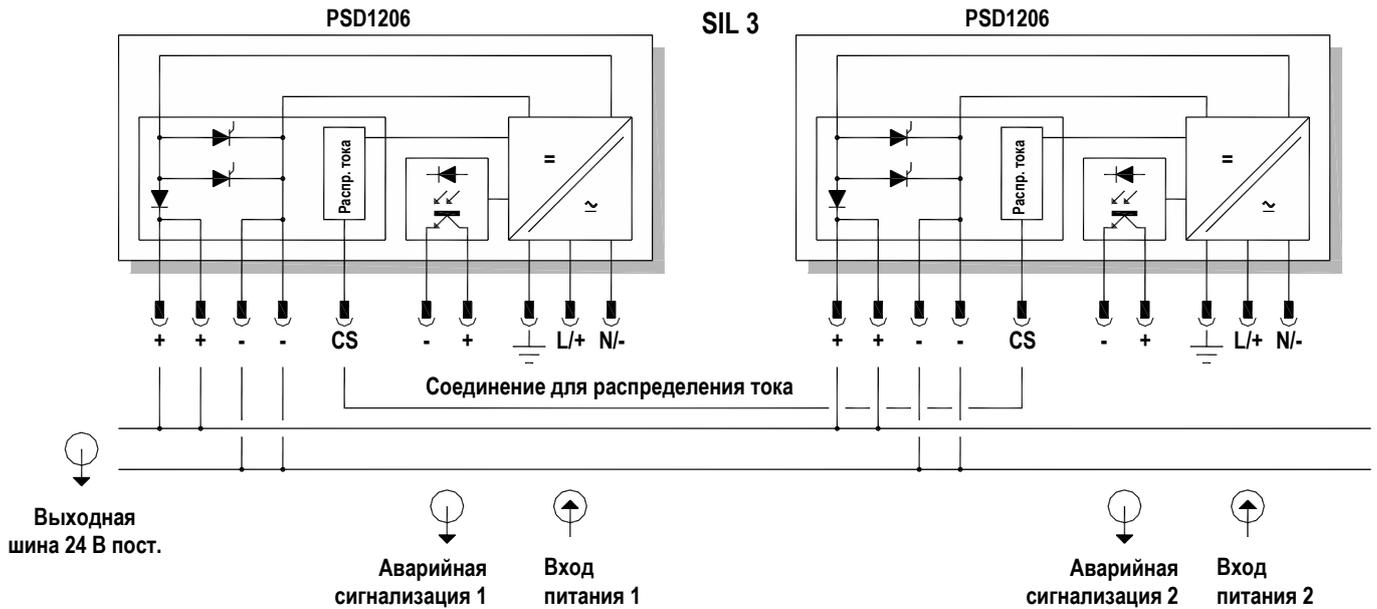


Рис. 3: Параллельное включение двух источников питания PSD1206

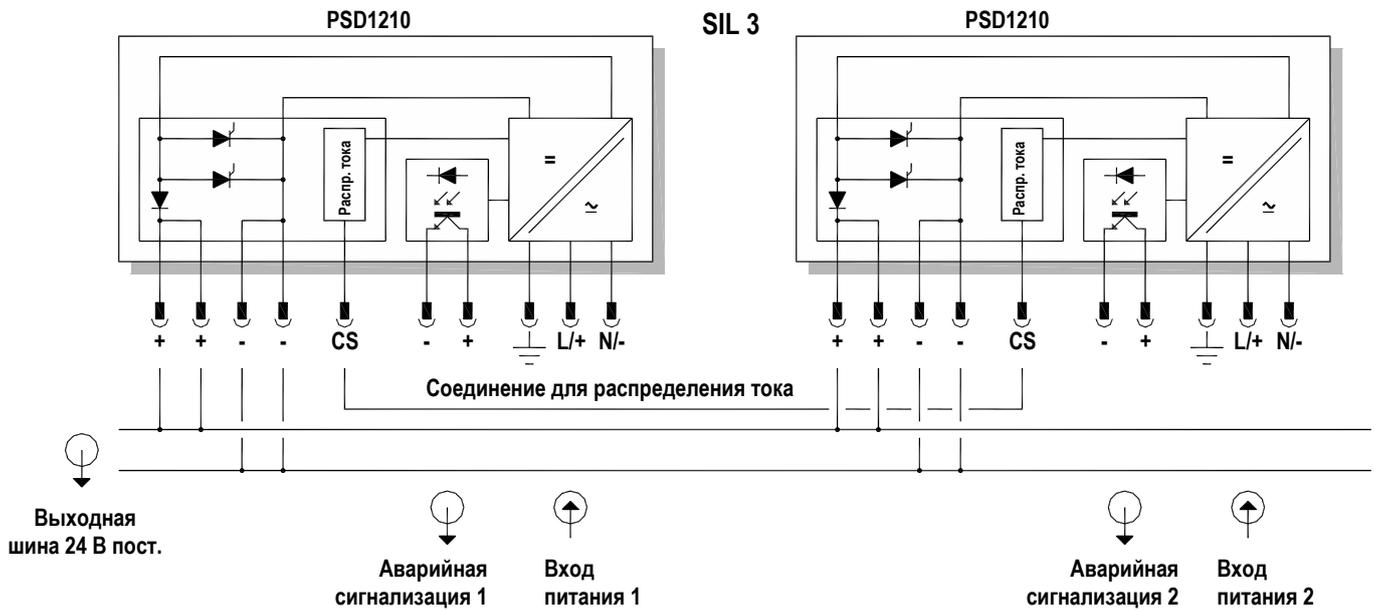


Рис. 4: Параллельное включение двух источников питания PSD1210

8 Влияние сроков службы критических компонентов на интенсивность отказов

Хотя при оценке средней вероятности отказов предполагаются постоянные интенсивности отказов компонентов (см. Разделы 3 и 4), этот метод применим только в том случае, если не превышаются полезные сроки службы компонентов. При превышении этих сроков службы результат вероятностных расчетов не имеет смысла, поскольку вероятность отказа значительно возрастает со временем.

Полезный срок службы существенно зависит от самих компонентов и условий их эксплуатации, в частности, температуры (например, электролитические конденсаторы могут быть весьма чувствительны к температуре).

Предположение о постоянстве интенсивности отказов основано на кривой отказов, которая показывает типичное поведение электронных компонентов.

Поэтому очевидно, что расчет вероятности PFDavg справедлив только для компонентов, имеющих постоянную интенсивность отказов, и что допустимость такого расчета ограничивается полезным сроком службы каждого из компонентов.

Предполагается, что ранние отказы в основном обнаруживаются в период пуска наладки, и поэтому предположение о постоянстве интенсивности отказов в течение полезного срока службы является допустимым.

Однако, в соответствии с разделом 7.4.7.4 стандарта МЭК 61508-2, должен использоваться полезный срок службы, основанный на экспериментальных данных. В соответствии с разделом 7.4.7.4, примечание 3 стандарта МЭК 61508-2, опыт показал, что полезный срок службы обычно составляет около 10-15 лет.

9 Зависимость расчета PFDavg от эффективности проверочного теста для архитектуры 1oo1

Формула для расчета PFDavg, используемая, когда компонент или подсистема новые и когда λ_{du} на 99 % оценена на основе проверочных тестов:

$$PFD_{avg} = \lambda_{du} \times \frac{TI}{2}$$

Когда эти тесты не выявляют, по крайней мере, 99 % λ_{du} , эта формула изменяется следующим образом:

$$PFD_{avg} = (Et \times \lambda_{du} \times \frac{TI}{2}) + (1 - Et) \times \lambda_{du} \times \frac{SL}{2}$$

где:

Et – эффективность проверочного теста (0-100 %);

SL – может быть:

- 1) Время между двумя проверочными тестами с эффективностью 99-100%.
- 2) Время между двумя заменами компонента;
- 3) Срок службы компонента, если не произойдет проверочных тестов или замен.

Для $TI = 1$ год формула имеет вид:

$$PFD_{avg} = \left(Et \times \frac{\lambda_{du}}{2} \right) + (1 - Et) \times \lambda_{du} \times \frac{SL}{2}$$

Пример 1:

$\lambda_{du} = 0.01$ / год ; $TI = 1$ год ; $SL = 12$ лет ; $Et = 90\% = 0.9$; $PFD_{avg} = 0.0002$ / год

В начале эксплуатации: $PFD_{avg} = 0.01 / 2 = 0.005$ / год ; $RRF = 1 / PFD_{avg} = 1 / 0.005 = 200$ (Соответствует SIL 2).

После 1 года: $PFD_{avg} = (0.9 \times 0.01/2) + (0.1 \times 0.01 \times 6) = 0.0105$; $RRF = 95$ (Соответствует SIL 1).

Пример 2:

$\lambda_{du} = 0.01$ / год ; $TI = 1$ год ; $SL = 12$ лет ; $Et = 99\% = 0.99$; $PFD_{avg} = 0.0002$ / год

В начале эксплуатации: $PFD_{avg} = 0.01 / 2 = 0.005$ / год ; $RRF = 1 / PFD_{avg} = 1 / 0.005 = 200$ (Соответствует for SIL 2).

После 1 года: $PFD_{avg} = (0.99 \times 0.01/2) + (0.01 \times 0.01 \times 6) = 0.0056$; $RRF = 178$ (Соответствует SIL 2).