

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО НПП «ЭЛЕМЕР»

В. М. Окладников

«17» апреля 2024 г.

**Результаты анализа видов, последствий и диагностики отказов
(FMEA) ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ УНИВЕРСАЛЬНЫХ**

ТПУ-0304/МЗ-Н и ТПУ-0304/МЗ-Р

Оглавление

| | |
|--|---|
| 1. Введение | 3 |
| 2. Описание продукта | 3 |
| 3. Методология - FMEDA, частота отказов | 3 |
| 4. Исходные предпосылки FMEDA анализа..... | 3 |
| 5. Виды отказов, последствия и анализ диагностики..... | 3 |
| 6. Результаты..... | 4 |
| 7. Выводы | 5 |

1. Введение

В данном документе обобщены результаты анализа видов, последствий и диагностики отказов (FMEDA) термопреобразователей универсальных ТПУ-0304/МЗ-Н и ТПУ-0304/МЗ-Р.

На основе FMEDA определяется частота отказов и доля безопасных отказов оборудования.

Анализ FMEDA, описанный в этом документе, касается только аппаратного обеспечения ТПУ-0304/МЗ-Н и ТПУ-0304/МЗ-Р

Данный документ является обобщенными сводными результатами проведенного анализа с помощью анализа всех компонентов устройства и установления критичности их отказов и диагностики. Подробный покомпонентный анализ приведен в отдельном документе.

2. Описание продукта

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

Функция безопасности ТПУ-0304/МЗ-Н и ТПУ-0304/МЗ-Р связана с преобразованием измеряемой температуры в унифицированный выходной сигнал постоянного тока от 4 до 20 мА. Цифровой сигнал на базе HART-протокола не участвует в выполнении функции безопасности.

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

Архитектура канала термопреобразователей универсальных ТПУ: 1oo1D.

3. Методология - FMEDA, частота отказов

Анализ режимов отказов и их последствий (FMEA) — это системный способ определения и оценки влияния разных типов отказов компонентов, позволяющий понять, каким образом можно устранить или снизить вероятность отказа, а также документального описания архитектуры устройства.

Анализ режимов отказов, их последствий и диагностики (FMEDA) — это расширенная версия FMEA. Данный метод объединяет стандартные методы FMEA с дополнительными методами, чтобы определить способы диагностики и режимы отказов, относящиеся к выполнению функции безопасности устройства.

4. Исходные предпосылки FMEDA анализа

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

- Отказ всего одного компонента приведет к отказу всего устройства;
- Интенсивность отказов является постоянной величиной;
- Все компоненты, которые не являются частью функции безопасности и не могут влиять на функцию безопасности исключаются.
- Отказы, возникающие в процессе задания параметров не рассматриваются;
- Устройство относится к компоненту типа В по ГОСТ Р МЭК 61508-1-2012;
- Отказом оборудования и модулей, входящих в состав, считается невозможность выполнения заявленных функций безопасности;
- Данные по интенсивности отказов взяты из Siemens Standard SN 29500 являющимся надежным источником;
- Приведенные интенсивности отказов соответствуют типичным условиям эксплуатации на промышленных предприятиях, описанным в стандарте МЭК 60654-1, класс С

5. Виды отказов, последствия и анализ диагностики

Для анализа о поведении при отказе компонентов ТПУ-0304/МЗ-Н и ТПУ-0304/МЗ-Р были присвоены следующие определения отказа изделия:

опасный отказ (dangerous failure): Отказ элемента, влияющий на выполнение функции безопасности:

а) препятствует выполнению функции безопасности, если необходимо ее выполнение (в режиме запроса), или вызывает прекращение выполнения функции безопасности (в непрерывном режиме), переводя управляемый объект в опасное или потенциально опасное состояние, или

б) снижает вероятность корректного выполнения функции безопасности, если необходимо ее выполнение.

безопасный отказ (safe failure): Отказ элемента, играющий определенную роль в реализации функции безопасности, который:

а) приводит к ложному выполнению функции безопасности, переводящей управляемый объект (или

его часть) в безопасное состояние или поддерживающей безопасное состояние, или

в) увеличивает вероятность ложного выполнения функции безопасности, переводящей управляемый объект (или его часть) в безопасное состояние или поддерживающей безопасное состояние.

невлияющий отказ (no effect failure): Отказ компонента, который участвует в реализации функции безопасности, но непосредственно не влияет на функцию безопасности.

обнаруженный отказ (detected, revealed, overt): установленный с помощью диагностических проверок, контрольных проверок, вмешательства оператора (например, физическим осмотром и ручной проверкой) либо в ходе нормальной работы.

необнаруженный отказ (undetected, unrevealed, covert): не выявленный с помощью диагностических проверок, контрольных проверок, вмешательства оператора (например, физическим осмотром и ручной проверкой) либо в ходе нормальной работы.

Для ТПУ-0304/МЗ-Н и ТПУ-0304/МЗ-Р были сделаны следующие предположения для проведения FMEDA анализа:

ТПУ-0304/МЗ-Н и ТПУ-0304/МЗ-Р может находиться в трех состояниях: нормальное состояние, безопасное состояние, опасное состояние.

В нормальном состоянии ТПУ-0304/МЗ-Н и ТПУ-0304/МЗ-Р осуществляет преобразование измеряемой температуры в унифицированный выходной сигнал постоянного тока от 4 до 20 мА с погрешностью безопасности.

В безопасном состоянии (безопасный отказ) значение выходного сигнала постоянного тока меньше 4 мА или больше 20 мА.

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

6. Результаты

Сводные значения результатов FMEDA анализа приведены в таблицах ниже.

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

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

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

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

| проводная схема | провода ¹⁾ | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|------|-----|-----|------|----------------------|----------------------|
| | | Удлинительные провода ²⁾ | 1311 | 232 | 23 | 303 | 87,6 | $1,02 \cdot 10^{-3}$ |
| Две ТП, встроенный КХС | Короткие провода ¹⁾ | 739 | 52 | 23 | 303 | 95,4 | $0,23 \cdot 10^{-3}$ | $5,19 \cdot 10^{-8}$ |
| | Удлинительные провода ²⁾ | 2349 | 242 | 23 | 303 | 91,7 | $1,06 \cdot 10^{-3}$ | $24,2 \cdot 10^{-8}$ |
| ¹⁾ ИП находится в корпусе термопреобразователя. Первичный преобразователь крепится к этому же корпусу и подключен короткими проводами. ²⁾ ИП находится на удалении от ПП ³⁾ Для $T_{proof} = 1$ год. | | | | | | | | |

7. Выводы

Проведён FMEDA анализ термопреобразователей универсальных ТПУ-0304/МЗ-Н и ТПУ-0304/МЗ-Р. По результатам анализа получены частоты отказов изделия. По полученным данным можно сделать вывод, о том, что изделие имеет долю безопасных отказов SFF > 90 %, что соответствует требованиям предъявляемым к уровню полноты безопасности УПБ 2 (SIL 2).

Отчёт составил: *Андреева / Соколова Г.М.*