

**Руководство  
по эксплуатации**



**Серия ADMAG TI  
Электромагнитный  
расходомер AXG/AXW  
Руководство по безопасности**



IM 01E21A21-02RU

# Серия ADMAG TI

## Электромагнитный расходомер AXG/AXW

### Руководство по безопасности

IM 01E21A21-02RU 1-е издание

## Содержание

<b>1.</b>	<b>Введение .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Установка приборной системы безопасности (ПСБ) .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>Назначение и область применения.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2</b>	<b>Использование прибора для приложений ПСБ .....</b>	<b>4</b>
2.2.1	Функция безопасности .....	4
2.2.2	Точность безопасности .....	4
2.2.3	Время отклика диагностики .....	4
2.2.4	Установка .....	5
2.2.5	Установка обязательных параметров .....	5
2.2.6	Контрольная проверка .....	5
2.2.7	Ремонт и замена.....	7
2.2.8	Время запуска.....	7
2.2.9	Обновление встроенного ПО .....	7
2.2.10	Данные о надежности .....	7
2.2.11	Срок эксплуатации .....	8
2.2.12	Ограничения на окружающую среду .....	8
2.2.13	Пределы применения .....	8
<b>2.3</b>	<b>Определения и сокращения .....</b>	<b>8</b>
2.3.1	Определения .....	8
2.3.2	Сокращения .....	8

### Декларация о соответствии SIL

### Анализ видов, последствий и диагностики отказов

### Информация об изданиях

# 1. Введение

В данном руководстве содержатся основные рекомендации по установке системы противоаварийной защиты электромагнитных расходомеров AXG и AXW серии ADMAG TI (Total Insight).

Вопросы, не охваченные настоящим руководством, смотрите в соответствующих руководствах пользователя и технических характеристиках, перечисленных в Таблице 1.1. Эти документы можно загрузить с веб-сайта компании YOKOGAWA. Чтобы правильно использовать прибор, перед его эксплуатацией внимательно прочтите это руководство и полностью разберитесь в работе прибора. Для ознакомления со способом проверки модели и технических характеристик, прочтите технические характеристики, перечисленные в таблице 1.1.

Адрес веб-сайта:

<http://www.yokogawa.com/fld/doc/>

Эти руководства можно загрузить с веб-сайта компании YOKOGAWA или приобрести у представителей YOKOGAWA.

**Таблица 1.1 Список руководств и технических характеристик**

Модель	Название документа	№ документа
AXG□□□ AXW□□□ AXG4A AXW4A AX01C	Серия ADMAG TI Электромагнитный расходомер AXG/AXW Вводное руководство	IM 01E21A21-01Z1
	Серия ADMAG TI Электромагнитный расходомер AXG/AXW Руководство по безопасности	IM 01E21A21-02RU (данное руководство)
AXG□□□ AXG4A AX01C	Серия ADMAG TI Электромагнитный расходомер AXG Руководство по установке	IM 01E22A01-01RU
	Серия ADMAG TI Электромагнитный расходомер AXG Руководство по техническому обслуживанию	IM 01E22A01-02RU
	Серия ADMAG TI Электромагнитный расходомер AXG со связью BRAIN	IM 01E22A02-01RU
	Серия ADMAG TI Электромагнитный расходомер AXG со связью HART	IM 01E22A02-02RU
	Серия ADMAG TI Электромагнитный расходомер AXG Технические характеристики	GS 01E22A01-01RU

Модель	Название документа	№ документа
AXW□□□ AXW□□□G AXW□□□W AXW4A AX01C	Серия ADMAG TI Электромагнитный расходомер AXW [Размер: от 25 до 400 мм (от 1 до 16 д.)] Руководство по установке	IM 01E24A01-01RU
	Серия ADMAG TI Электромагнитный расходомер AXW [Размер: от 500 до 1800 мм (от 20 до 72 д.)] Руководство по установке	IM 01E25A01-01RU
	Серия ADMAG TI Электромагнитный расходомер AXW [Размер: от 25 до 1800 мм (от 1 до 72 д.)] Руководство по техническому обслуживанию	IM 01E24A01-02RU
	Серия ADMAG TI Электромагнитный расходомер AXW со связью BRAIN	IM 01E24A02-01RU
	Серия ADMAG TI Электромагнитный расходомер AXW со связью HART	IM 01E24A02-02RU
	Серия ADMAG TI Электромагнитный расходомер AXW [Размер: от 25 до 400 мм (от 1 до 16 д.)] Технические характеристики	GS 01E24A01-01RU
	Серия ADMAG TI Электромагнитный расходомер AXW [Размер: от 500 до 1800 мм (от 20 до 72 д.)] Технические характеристики	GS 01E25D11-01RU



## ПРИМЕЧАНИЕ

Если при описании в этом руководстве встречается такие названия модели, как AXG□□□, выражение "□□□" означает любой из следующих наборов.

Для AXG□□□:

002, 005, 010, 015, 025, 032, 040, 050, 065, 080, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400

Для AXW□□□:

025, 032, 040, 050, 065, 080, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400

Для AXW□□□G или AXW□□□W:

500, 600, 700, 800, 900, 10L



## ВАЖНО

Область применения SIL 1 включает следующие варианты.

- Интегрированный расходомер AXG
- Комбинация вынесенного датчика AXG и вынесенного преобразователя AXG4A
- Интегрированный расходомер AXW
- Комбинация вынесенного датчика AXW и вынесенного преобразователя AXW4A

В случае комбинации вынесенного датчика и вынесенного преобразователя AXFA11G, эта комбинация выходит за область применения SIL 1.

■ **Меры предосторожности, связанные с защитой, безопасностью и модификацией прибора**

В руководстве пользователя и на приборе используются следующие знаки безопасности



**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

Знак ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ обозначает опасность. Он обращает внимание на процедуру, метод, условие и тому подобное, что при неправильном выполнении или следовании может привести к травме или смерти сотрудников.



**ВНИМАНИЕ**

Знак ВНИМАНИЕ обозначает опасность. Он обращает внимание на процедуру, метод, условия или тому подобное, что при неправильном выполнении или следовании может привести к повреждению или разрушению отдельных деталей или прибора в целом.



**ВАЖНО**

Знак ВАЖНО означает, что требуется внимание, чтобы избежать повреждения прибора или отказа системы.



**ПРИМЕЧАНИЕ**

Знак ПРИМЕЧАНИЕ обозначает информацию, необходимую для более полного понимания работы прибора и его характеристик.

Для указания сопутствующих мер предосторожности в приборе и руководстве используются следующие символы:



Клемма защитного заземления



Клемма функционального заземления (эту клемму нельзя использовать как клемму защитного заземления)



Переменный ток



Постоянный ток



Внимание

Этот символ указывает, что оператор должен обратиться к описаниям настоящего руководства, чтобы избежать риска травматизма или смерти персонала или повреждения прибора.

- Для защиты и безопасного использования прибора и системы, в которую включен этот прибор, всякий раз, когда вы обращаетесь с прибором, обязательно соблюдайте инструкции и меры предосторожности для техники безопасности, данные в руководстве, указанном в таблице 1.1. Особо следует отметить, что если вы обращаетесь с прибором с нарушением этих инструкций, защитные функции прибора могут быть нарушены или повреждены. В таких случаях, компания YOKOGAWA не гарантирует качество, производительность, функционирование и безопасность прибора.
- Не модифицируйте прибор.
- Прибор следует утилизировать в соответствии с местным и национальным законодательством.

■ **Сведения о данном Руководстве пользователя**

- Данное руководство должно быть передано конечному пользователю.
- Содержание руководства может изменяться без предварительного уведомления.
- Все права сохранены. Никакая часть этого руководства не может быть воспроизведена без письменного разрешения компании YOKOGAWA.
- Компания Yokogawa не предоставляет никаких гарантий по этому руководству, включая, но не ограничиваясь, косвенные гарантии рыночной привлекательности и функциональной пригодности.
- Если возникнут какие-либо вопросы или были обнаружены ошибки, или если какая-либо информация отсутствует в этом руководстве, сообщите в ближайшее торговое представительство YOKOGAWA.
- Спецификации, приведенные в этом руководстве, ограничены спецификациями стандартного типа при указанной разбивке номера модели и не охватывают изготовленные на заказ приборы.
- Обратите внимание, что данное руководство не может переиздаваться при каждом изменении технических характеристик, модификации конструкции или изменении деталей прибора, если считается, что с точки зрения функциональности и характеристик прибора это не вызовет затруднений у пользователя.
- Чтобы обеспечить правильное использование, перед началом работы внимательно прочтите это руководство и соответствующие руководства пользователя. В технических характеристиках, которые перечислены в таблице 1.1, ознакомьтесь со спецификациями.

**■ Торговые марки:**

- Все торговые марки или названия продуктов компании Yokogawa Electric, используемые в данном руководстве, являются торговыми марками или зарегистрированными торговыми марками компании Yokogawa Electric Corporation.
- Все остальные названия компаний и продуктов, используемые в данном руководстве, являются зарегистрированными торговыми марками или торговыми марками их соответствующих владельцев.
- В настоящем руководстве торговые марки или зарегистрированные торговые марки не обозначаются символами ™ или ©.

**■ Безопасное использование прибора**

Для защиты и безопасного использования прибора и системы, в которую включен этот прибор, всякий раз, когда вы обращаетесь с прибором, обязательно соблюдайте инструкции и меры предосторожности для техники безопасности, данные в руководстве пользователя, указанном в таблице 1.1. Особо следует отметить, что если вы обращаетесь с прибором с нарушением этих инструкций, защитные функции прибора могут быть нарушены или повреждены. В таких случаях, компания YOKOGAWA не несет ответственности за любые непрямые или косвенные убытки, понесенные либо при использовании, либо по причине невозможности использования прибора.

## 2. Установка приборной системы безопасности (ПСБ)



### ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Содержимое цитируется из руководства по технике безопасности exida.com для этого прибора, которое соблюдается именно в целях безопасности. При использовании этого прибора для приложений приборной системы безопасности (ПСБ), чтобы сохранить прибор на данном уровне безопасности, необходимо строго соблюдать инструкции и процедуры, приведенные в этой главе.

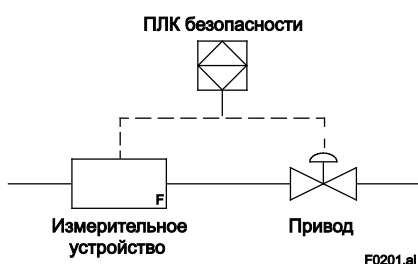
### 2.1 Назначение и область применения

В этой главе представлен обзор обязанностей пользователя по установке и эксплуатации этого прибора для поддержания заданного уровня безопасности для приложений приборной системы безопасности (ПСБ). В этой главе описаны контрольная проверка, ремонт и замена преобразователя, данные о надежности, срок службы, ограничения по окружающей среде и области применения, а также настройки параметров.

### 2.2 Использование прибора для приложений ПСБ

#### 2.2.1 Функция безопасности

Данный прибор используется в приложении ПСБ как Тип В с режимом с низкой частотой запросов.



Прибор преобразует скорость потока, объемный расход, массовый расход и шум потока (только для AXG) в ток. Его функция безопасности на клемму "I/O 1" выводит "Analog Output/Аналоговый выход 1". Другие функции (индикация и т. д.) выходят за рамки функции безопасности. Когда прибор используется для ПСБ, для подключения ПЛК безопасности используйте "Аналоговый выход 1". Перед использованием прибора для ПСБ необходимо установить соответствующие параметры. Для получения подробной информации обратитесь к подразделу 2..2.4 и подразделу 2.2.5.

#### 2.2.2 Точность безопасности

Этот прибор имеет заданную точность безопасности 2%. Это означает, что отказы внутренних компонентов указаны в интенсивности отказов устройства, если они вызовут ошибку 2% или больше.

#### 2.2.3 Время отклика диагностики

Максимальный период диагностического теста на этом приборе составляет 8 секунд. Прибор сообщает ПЛК безопасности, как своему хосту, о неисправности в течение 1 секунды, выводя информацию о перегорании (условие безопасности) на "Аналоговый выход 1". Чтобы узнать о мерах по противодействию отказу прибора, прочтите главу 4 в руководстве пользователя для соответствующего типа связи, указанного в таблице 1.1.

### 2.2.4 Установка

Задайте диапазоны и единицы измерения с помощью инструмента конфигурации BRAIN или HART. После настройки убедитесь, что они установлены правильно. Калибровку прибора следует проводить после установки параметров. Информацию об установках параметров см. в главах 4 и 5 руководства пользователя по применимому типу связи, указанному в таблице 1.1.

### 2.2.5 Установка обязательных параметров

Для сохранения прибором данного уровня безопасности необходимо установить следующие параметры, указанные в таблице 2.2.1 или таблице 2.2.2.

Таблица 2.2.1 Аппаратная установка

Элемент	Объяснение
Переключатель перегорания	Для выхода при обнаружении внутренней неисправности выберите "High/Высокий" или "Low/Низкий".
Переключатель защиты от записи	Включите функцию защиты от записи, установив ее переключатель в положение "ON/ВКЛ".

Таблица 2.2.2 Установка с помощью параметров

Элемент	Объяснение
BRAIN: G04:AO1 ALM OUT Путь меню HART: Device root menu/Главное меню устройства▶Detailed setup/Детальная настройка▶Analog output/input/ Аналоговый выход/вход ▶Analog output 1/ Аналоговый выход 1▶AO1 alarm out/Выход сигнализации AO1	Эта функция предназначена для вывода сигнала через "Аналоговый выход 1", когда прибор обнаруживает сигнализацию. Когда прибор используется для ПСБ установите "Аналоговый выход 1" как "> 21.6 mA" или "< 2.4 mA".
BRAIN: H50:SET SIL Путь меню HART: Device root menu/Главное меню устройства▶Detailed setup/Детальная настройка▶AUX calculation/Вычисление AUX▶Set SIL/Установка SIL	Когда прибор используется для ПСБ, для этого параметра установите значение "Yes/Да". В этом случае при обнаружении сигнализации его "Аналоговый выход 1" фиксируется как "> 21.6 mA" или "< 2.4 mA". Когда прибор обнаруживает собственную сигнализацию он может без сбоев выполнять функцию перегорания, используя "Аналоговый выход 1".
BRAIN: H30:DENSITY SEL HART Menu Path: Device root menu/Главное меню устройства▶Detailed setup/Детальная настройка▶Process variables/Переменные процесса▶Density/Плотность▶ Density value select/Выбор значения плотности	Когда "Аналоговый выход 1" используется для измерения массового расхода, установите этот параметр как "Fixed value/Фиксированное значение".

### 2.2.6 Контрольная проверка

Контрольная проверка - это периодическая проверка для подтверждения, что функция безопасности ПСБ работает без сбоев. Для обнаружения любого отказа, не обнаруживаемого диагностикой прибора, который предотвращает выполнение любого, назначенного в данной ситуации, действия функции безопасности ПСБ (ФБ ПСБ), необходимо обязательно провести контрольную проверку. Частота контрольных проверок (или интервал контрольных проверок) должна определяться при расчетах надежности для ФБ ПСБ, в которых применяется прибор. Для сохранения требуемой полноты безопасности ФБ ПСБ, фактические контрольные проверки должны проводиться "more frequently/чаще", чем указано в расчетах, или "as frequently as specified/так часто, как" в расчетах. Следующее действие, показанное в таблице 2.2.3, требуется для контрольной проверки, и его результаты также необходимо документировать. Эта документация должна быть частью системы управления безопасностью установки. Об обнаруженных сбоях следует сообщать в YOKOGAWA.

Персонал, выполняющий контрольные проверки приборов, должен быть обучен операциям ПСБ, включая процедуры байпаса, обслуживания прибора, а также процедуры управления изменениями в компании

Таблица 2.2.3 Контрольная проверка

Метод проверки	Требуемые инструменты	Ожидаемый результат	Примечания
<p>Проверка контура КИПиА для “Аналогового выхода”</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обойдите ПЛК безопасности или примите другие соответствующие меры, чтобы избежать ложного срабатывания.</li> <li>2. Проверьте аналоговый выход, достигает ли он ожидаемого уровня, установив через протокол связи BRAIN или HART для “Аналоговый выход 1” условие аварийного сигнала “&gt; 21.6 mA”.</li> <li>3. Проверьте аналоговый выход, достигает ли он ожидаемого уровня, установив через протокол связи BRAIN или HART для “Аналоговый выход 1” условие аварийного сигнала “&lt; 2.4 mA”.</li> <li>4. Подтвердите условия - нет ни ошибки, ни предупреждения.</li> <li>5. Проконтролируйте результаты их проверки на допустимость для аналогового выхода, как для максимального, так и для минимального диапазона.</li> <li>6. Проконтролируйте результаты их проверки на допустимость для аналогового выхода при нулевом расходе.</li> <li>7. Проконтролируйте результаты их проверки на допустимость для аналогового выхода при типичном расходе.</li> <li>8. Верните контур к полной работе.</li> <li>9. Вернитесь к нормальному режиму работы из состояния байпаса или к ПЛК безопасности из состояния предотвращения неисправности.</li> </ol>	<p>Для BRAIN: Инструмент конфигурации BRAIN</p> <p>Для HART: Инструмент конфигурации HART</p>	<p>Охват контрольной проверки; Без схемы искробезопасности = 94% Со схемой искробезопасности = 93%</p> <p>Охват контрольной проверки; (с комбинированным использованием диагностической функции) Без схемы искробезопасности = 99% Со схемой искробезопасности = 99%</p>	<p>Выход необходимо контролировать, чтобы гарантировать, что прибор передает правильный сигнал.</p>

**Пример генерации сигнализации;**

**(В случае “66:Dens cfg ERR” для BRAIN (“Density configuration error/Ошибка конфигурации плотности” для HART));**

(1) Для генерирования сигнализации на “Аналоговом выходе 1”, задайте параметры с помощью протокола связи BRAIN или HART, создав условие масштабирования на стороне верхнего предела значения тока.

BRAIN: G04: AO1 ALM OUT

Путь меню HART:

Device root menu/Главное меню устройства □ Detailed setup/Детальная настройка □ Analog output/input/Аналоговый выход/вход □ Analog output 1/Аналоговый выход 1 □ AO1 alarm out/Выход сигнализации AO1

При генерировании сигнализации для стороны верхнего предела выберите “> 21.6 mA”.

(a) BRAIN: H30: DENSITY SEL

Путь меню HART:

Device root menu/Главное меню устройства □ Detailed setup/Детальная настройка □ Process variables/Переменные процесса □ Density/Плотность □ Density value select/Выбор значения плотности

Из меню выше выберите “Fixed value/Фиксированное значение”.

(b) BRAIN: H32: FIXED DENS

Путь меню HART Menu Path:

Device root menu/Главное меню устройства □ Detailed setup/Детальная настройка □ Process variables/Переменные процесса □ Density/Плотность □ Density fixed value/Фиксированное значение плотности

В меню выше задайте значение параметра как “0.0”.

(c) BRAIN: C30: PV FLOW SEL

Путь меню HART Menu Path:

Device root menu/Главное меню устройства □ Detailed setup/Детальная настройка □ Process variables/Переменные процесса □ PV flow select/Выбор расхода PV

Из меню выше выберите “Mass/Масса”.

Сигнализация, которая была установлена на “Аналоговом выходе 1”, генерируется и появляется в результате действий выше.



- (2) Для генерирования сигнализации на “Аналоговом выходе 1”, задайте параметры с помощью протокола связи BRAIN или HART, создав условие масштабирования на стороне нижнего предела значения тока.

BRAIN: G04: AO1 ALM OUT

Путь меню HART:

Device root menu/Главное меню устройства□Detailed setup/Детальная настройка□Analog output/input/Аналоговый выход/вход▶Analog output 1/Аналоговый выход 1□AO1 alarm out/Выход сигнализации AO1

При генерировании сигнализации для стороны верхнего предела выберите “< 2.4 mA”.

- (a) BRAIN: H30: DENSITY SEL

Путь меню HART:

Device root menu/Главное меню устройства□Detailed setup/Детальная настройка□Process variables/Переменные процесса□Density/Плотность□Density value select/Выбор значения плотности

Из меню выше выберите “Fixed value/Фиксированное значение”.

- (b) BRAIN: H32: FIXED DENS

Путь меню HART:

Device root menu/Главное меню устройства□Detailed setup/Детальная настройка□Process variables/Переменные процесса□Density/Плотность□Density fixed value/Фиксированное значение плотности

В меню выше задайте значение параметра как “0.0”.

- (c) BRAIN: C30: PV FLOW SEL

Путь меню HART:

Device root menu/Главное меню устройства□Detailed setup/Детальная настройка□Process variables/Переменные процесса□PV flow select/Выбор расхода PV

Из меню выше выберите “Mass/Масса”.

Сигнализация, которая была установлена на “Аналоговом выходе 1”, генерируется и появляется в результате действий выше.

### 2.2.7 Ремонт и замена

Если прибору, несмотря на то, что он находится постоянно подключенным к процессу, необходимы ремонтные работы, то его следует устанавливать, сделав байпасную линию. Пользователь должен задать соответствующие процедуры байпаса.

Если в приборе произошла неисправность, чтобы узнать об обнаруженной неисправности, свяжитесь с YOKOGAWA.

При замене прибора требуется процедура, описанная в данном руководстве.

Персонал, выполняющий работы по ремонту или замене этого прибора, должен иметь достаточный уровень квалификации.

### 2.2.8 Время запуска

Прибор генерирует действительный сигнал в течение 3 секунд, если его постоянная времени демпфирования установлена на 0,1 секунды.

### 2.2.9 Обновление встроенного ПО

От пользователя не требуется выполнять какие-либо действия по обновлению встроенного ПО.

Если требуется обновление, то обновление должно выполняться в YOKOGAWA.

### 2.2.10 Данные о надежности

Подробный отчет анализа видов, последствий и диагностики отказов (FMEDA) доступен от YOKOGAWA со всеми интенсивностями и видами отказов.

Данный прибор адаптирован до уровня SIL1 для использования в симплексной (1oo1) конфигурации, в зависимости от результатов вычисления PFDavg для всей ФБ ПСБ.

Процесс разработки прибора адаптирован до уровня SIL3, что позволяет использовать этот преобразователь с резервированием до этого уровня безопасности (SIL), в зависимости от результатов вычисления PFDavg для всей ФБ ПСБ.

При использовании преобразователя этого расходомера в конфигурации с резервированием рекомендуется использовать коэффициент общей причины ( $\beta$ -фактор) 5%. Если владелец-оператор установки будет проводить обучение работе с отказами по общей причине и более подробные процедуры технического обслуживания для предотвращения отказов по общей причине, будет применяться коэффициент  $\beta$  равный 2%.

### 2.2.11 Срок эксплуатации

Ожидаемый срок службы этого прибора составляет 10 лет. Данные о надежности, указанные в отчете FMEDA, действительны только для этого периода. Интенсивность отказов данного прибора может увеличиться через некоторое время после этого периода. Расчеты надежности, основанные на данных, перечисленных в отчете FMEDA для срока его эксплуатации свыше 10 лет, могут дать слишком оптимистичные результаты, т.е. рассчитанный уровень SIL не будет достигаться.

### 2.2.12 Ограничения на окружающую среду

Ограничения на окружающую среду для этого прибора указаны в технических характеристиках, указанных в таблице 1.1.

### 2.2.13 Пределы применения

Пределы применения этого прибора указаны в данном руководстве. Если он используется вне пределов применения, данные о надежности, перечисленные в подразделе 2.2.10, будут недействительными.

## 2.3 Определения и сокращения

### 2.3.1 Определения

#### • Безопасность

Определение	Содержание
Безопасность	Свобода от неприемлемого риска причинения ущерба.
Функциональная безопасность	Способность системы выполнять действия, необходимые для достижения или поддержания определенного безопасного состояния для оборудования/машин /установок/аппаратуры, находящихся под управлением системы.
Базовая безопасность	Оборудование должно быть спроектировано и изготовлено таким образом, чтобы оно защищало людей от риска поражения электрическим током и других опасностей, а также от возгорания и взрыва. Защита должна быть эффективной при всех условиях штатной работы и при условии единичного отказа.

#### • Проверка

Определение	Содержание
Верификация	Подтверждение для каждого этапа жизненного цикла, что (выходные) результаты этапа соответствуют целям и требованиям, указанным на входах для этапа. Верификация обычно выполняется путем анализа и/или проверки.
Подтверждение достоверности	Подтверждение, что система(ы), связанная с безопасностью, или комбинация систем, связанных с безопасностью, и внешних средств снижения риска по всем пунктам соответствуют Спецификации требований безопасности. Верификация обычно выполняется путем проверки.
Оценка безопасности	Исследование для вынесения оценки, основанной на доказательствах уровня безопасности, достигнутой системами, связанными с безопасностью.

Дополнительные определения терминов, используемых для методов и мер безопасности, а также описание систем, связанных с безопасностью, даны в МЭК 61508-4.

### 2.3.2 Сокращения

Определение	Содержание
FMEDA	Анализ видов, последствий и диагностики отказов
SIF	Функция безопасности ПСБ (ФБ ПСБ)
SIL	Уровень полноты безопасности
SIS	Приборная система безопасности (ПСБ)
SLC	Жизненный цикл системы безопасности

Декларация о соответствии функциональной безопасности SIL  
согласно МЭК61508: 2010, части 1-7.

Электромагнитный расходомер AXG/AXW серии ADMAG TI

Yokogawa Electric Corporation  
Musashino-shi, Tokyo, Japan

Стойкость к систематическим отказам: SC 3 (уровень  
безопасности SIL 3)

Стойкость к случайным отказам: Элемент класса B  
(маршрут I<sub>H</sub>)

SIL 1 @ HFT = 0; SIL 2 @ HFT = 1; SIL 3 @ HFT = 2;

Интенсивность отказов в FIT согласно МЭК 61508

Устройство	$\lambda_{SD}$	$\lambda_{SU}$	$\lambda_{DD}$	$\lambda_{DU}$	SFF
Неискробезопасная версия для; Электромагнитного расходомера AXG <sup>(*)1</sup> Электромагнитного расходомера AXW <sup>(*)2</sup>	0	256	2461	315	89,6%
Искробезопасная версия для; Электромагнитного расходомера AXG <sup>(*)1</sup> Электромагнитного расходомера AXW <sup>(*)2</sup>	0	223	2248	325	88,4%

\*1: AXG интегрированного типа и AXG разнесенного типа, подключенного к преобразователю AXG4A.

\*2: AXW интегрированного типа и AXG разнесенного типа, подключенного к преобразователю AXW4A.

Стойкость к систематическим отказам:

Указанные выше продукты удовлетворяют требованиям процесса проектирования производителя для Уровня полноты безопасности (SIL) 3. Они предназначены для обеспечения достаточной надежности от систематических ошибок проектирования со стороны производителя. Функция безопасности ПСБ, разработанная для приведенных выше продуктов, не должна использоваться при уровне SIL, который превосходит указанный здесь уровень.

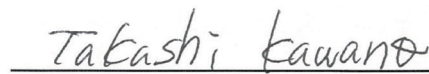
Стойкость к случайным отказам:

Предел SIL, налагаемый архитектурными ограничениями, должен соблюдаться для каждого элемента.

Токио Япония, 28 марта 2017 г.

Главное управление по платформе промышленной автоматизации, Центр по торговле продуктами, Отдел расходомеров.

Генеральный директор: Takashi Kawano/Такаши Кавано



Подпись



## **Анализ видов, последствий и диагностики отказов**

Проект:  
Электромагнитный расходомер AXG/W  
Компания:  
Yokogawa Electric Corporation  
Musashino, Tokyo Japan

Номер контракта: Q16/03-009  
Номер отчета: YEC 16/03-009 R001  
Версия V1, редакция R5, 7 ноября 2016 г.  
Kiyoshi Takai/Киёши Такай

## Краткий обзор проекта

В этом отчете подводятся итоги результатов оценки оборудования в формате - анализ видов, последствий и диагностики отказов (FMEDA) электромагнитного расходомера AXG/W, с версией программного и аппаратного обеспечения как в разделе 2.5.1. Анализ видов, последствий и диагностики отказов - это один из шагов, которые необходимо предпринять для получения сертификата функциональной безопасности устройства согласно МЭК 61508. Интенсивность отказов определяется по FMEDA. Анализ FMEDA, описанный в этом отчете, касается только оборудования электромагнитного расходомера AXG/W. Для целей сертификации полной функциональной безопасности необходимо учитывать все требования МЭК 61508.

Для измерения расхода жидкости электромагнитный расходомер AXG/W использует катушки возбуждения и электроды. Сигнал связи HART или BRAIN накладывается на сигнал 4-20 мА. Помимо аналогового токового выхода 4-20 мА, есть сигнал импульсного выхода. В диагностику входит мониторинг налипания изоляционного материала на электроды, что может повлиять на измерение расхода, а также обратный расчет переменных процесса.

В соответствии с МЭК 61508, электромагнитный расходомер AXG/W классифицируется как элемент класса В<sup>1</sup>, имеющий аппаратную устойчивость к неисправности 0.

Исходя из предположений, перечисленных в 4.3, интенсивность отказов электромагнитного расходомера AXG/W указана в разделе 4.4.

Эти значения интенсивности отказов действительны на весь срок полезного использования продукта, см. Приложение А.

В интенсивности отказов, указанные в этом отчете, не входят отказы из-за износа каких-либо компонентов. Они отражают случайные отказы и в них входят отказы из-за таких внешних событий, как неожиданное использование, см. раздел 4.2.

Пользователь электромагнитного расходомера AXG/W может использовать эти интенсивности отказов в вероятностной модели функция безопасности ПСБ, чтобы определить пригодность для использования в приборной системе безопасности (ПСБ) при определенном уровне полноты безопасности (SIL).

---

<sup>1</sup> Элемент класса В: "сложный" элемент (с использованием микроконтроллеров или программируемой логики); подробности см. в разделе 7.4.4.1.3 МЭК 61508-2, изд.2, 2010.

## Содержание

2.1  
*exida*

5

2.2 Роли участвующих сторон

5

2.3 Используемые стандарты и литература

5

2.4 Используемые инструменты  
*exida*

6

2.5 Справочные документы

6

2.5.1 Документация, предоставленная Yokogawa Electric Corporation

6

2.5.2 Документация, созданная  
*exida*

7

4.1 Описание категорий отказов

9

4.2 Методология - FMEDA, интенсивность отказов

10

4.2.1  
FMEDA

10

4.2.2 Интенсивность отказов

10

4.3 Предположения

11

4.4 Результаты

12

5.1 Вычисление  $PFD_{avg}$  для электромагнитного расходомера AXW/G

.....  
14

7.1 Ответствен-  
ность

.....  
16

7.2 Изда-  
ния

.....  
16

7.3 Будущие улучше-  
ния

.....  
16

7.4 Подписи на выпуск изда-  
ния

.....  
17

Приложение А Срок службы критически важных компонен-  
тов

.....  
18

Приложение В Контрольные проверки для выявления опасных необнаруженных  
неисправно-  
стей

.....  
19

В.1 Предлагаемая контрольная про-  
верка

.....  
19

Приложение С Профиль электромагнитной обстановки  
*exida*

.....  
20

Приложение D Определение уровня полноты безопасно-  
сти

.....  
21

## 1. Назначение и область применения

В этом документе описываются результаты оценки оборудования в формате - анализ видов, последствий и диагностики отказов, выполненные на электромагнитном расходомере AXG/W. Исходя из этого, можно рассчитать интенсивности отказов и примерные значения  $PFD_{avg}$ .

Информация в этом отчете может использоваться для оценки того, соответствует ли элемент требованиям средней вероятности отказа по запросу ( $PFD_{AVG}$ ) и, если применимо, архитектурным ограничениям/минимальным требованиям аппаратной устойчивости к неисправности в соответствии с МЭК 61508/МЭК 61511.

FMEDA является частью усилий, необходимых для получения полной сертификации по МЭК 61508 или другому соответствующему стандарту функциональной безопасности.



## 2. Управление проектом

### 2.1 exida

*exida* является одной из ведущих мировых аккредитованных органов по сертификации, а также компанией, основанной на знаниях, которая специализируется на безопасности и доступности систем автоматизации, с более чем 400-летним опытом в области функциональной безопасности. *exida*, основанная несколькими ведущими экспертами в области надежности и безопасности из оценочных организаций и производителей, является глобальной компанией с офисами по всему миру. *exida* предлагает обучение, тренировки, проектно-ориентированные системные консалтинговые услуги, инструменты проектирования жизненного цикла системы безопасности, подробную гарантию качества продукции, сертификацию кибербезопасности и функциональной безопасности, а также набор онлайн-ресурсов по безопасности и надежности. Компания *exida* ведет самую большую базу данных технологического оборудования с указанием интенсивности и видов отказов, содержащую более чем 100 миллиардов условных рабочих часов.

### 2.2 Роли участвующих сторон

Yokogawa Electric Corporation      Производитель электромагнитного расходомера AXG/W

*exida*      Провела оценку оборудования

В марте 2016 года Yokogawa Electric Corporation заключила контракт с *exida* на оценку оборудования вышеупомянутого устройства.

### 2.3 Используемые стандарты и литература

Услуги, предоставляемые *exida*, были выполнены на основе следующих стандартов/литературы

[N1]	IEC 61508-2: ed2, 2010	Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-Related Systems
[N2]	Electrical Component Reliability Handbook, 3rd Edition, 2012	<i>exida</i> LLC, Electrical Component Reliability Handbook, Third Edition, 2012, ISBN 978-1-934977-04-0
[N3]	Mechanical Component Reliability Handbook, 3rd Edition, 2012	<i>exida</i> LLC, Electrical & Mechanical Component Reliability Handbook, Third Edition, 2012, ISBN 978-1-934977-05-7
[N4]	Safety Equipment Reliability Handbook, 3rd Edition, 2007	<i>exida</i> LLC, Safety Equipment Reliability Handbook, Third Edition, 2007, ISBN 978-0-9727234-9-7
[N5]	Goble, W.M. 2010	Control Systems Safety Evaluation and Reliability, 3 <sup>rd</sup> edition, ISA, ISBN 978-1-934394-80-9. Reference on FMECA methods
[N6]	IEC 60654-1:1993-02, second edition	Industrial-process measurement and control equipment – Operating conditions – Part 1: Climatic condition
[N7]	Scaling the Three Barriers, Recorded Web Seminar, June 2013,	Scaling the Three Barriers, Recorded Web Seminar, June 2013, <a href="http://www.exida.com/Webinars/Recordings/SIF-Verification-Scaling-the-Three-Barriers">http://www.exida.com/Webinars/Recordings/SIF-Verification-Scaling-the-Three-Barriers</a>
[N8]	Meeting Architecture Constraints in SIF Design, Recorded Web Seminar, March 2013	<a href="http://www.exida.com/Webinars/Recordings/Meeting-Architecture-Constraints-in-SIF-Design">http://www.exida.com/Webinars/Recordings/Meeting-Architecture-Constraints-in-SIF-Design</a>

## 2.4 Используемые инструменты *exida*

[T1]	V7.1.18	Инструмент FMEDA от <i>exida</i>
[T2]	V 2.5.1.7	<i>exSILentia</i>

## 2.5 Справочные документы

### 2.5.1 Документация, предоставленная Yokogawa Electric Corporation

[D1]	Doc # AXG_Block Diagram_r1	Блок-схема
[D2]	Doc # FD1-F9482PA, Rev 0	Схематический чертеж, основная плата (100 В)
[D3]	Doc # FD1-F9482PB, Rev0	Схематический чертеж, основная плата (24 В)
[D4]	Doc # FD1-F9482SA00_r2, Rev 0	Схематический чертеж, плата датчика
[D5]	Doc # FD1-F9484AA_1_21, Rev 1	Схематический чертеж, многофункциональная плата
[D6]	Doc # FD1-F9482XA_r0, Rev 0	Схематический чертеж, клеммная плата шейки
[D7]	Doc # FD1-F9482YA00_r0, Rev 0	Схематический чертеж, плата барьера шейки
[D8]	Doc # FD1-F9480VA_0_21, Rev 0	Схематический чертеж, клеммная плата
[D9]	Doc # FDI-F9481LA_0_21, Rev 0	Схематический чертеж, плата индикатора
[D10]	Doc # FD1-F9484EP_1_21, Rev 1	Схематический чертеж, искробезопасная базовая плата
[D11]	Doc # FD1-F9484EC_r0, Rev 0	Схематический чертеж, неискробезопасная базовая плата
[D12]	Doc # FD1-F9484AG_0_21, Rev 0	Схематический чертеж, дополнительная искробезопасная плата
[D13]	Doc # FE1-F9482PA_PB_20160405, Rev 0	Спецификация на материалы, основная плата (100 В)
[D14]	Doc # FE1-F9482PA_PB_20140405, Rev 0	Спецификация на материалы, основная плата (24 В)

[D15]	Doc # FE1-F9482SA00_r2, Rev 0	Спецификация на материалы, плата датчика
[D16]	Doc # FE1-F9484AA_3_21, Rev 3	Спецификация на материалы, многофункциональная плата
[D17]	Doc # FE1-F9482XA_r0, Rev 0	Спецификация на материалы, клеммная плата шейки
[D18]	Doc # FE1-F9482YA00_r0, Rev 0	Спецификация на материалы, плата барьера шейки
[D19]	Doc # FE1-F9480VA_0_21, Rev 0	Спецификация на материалы, клеммная плата
[D20]	Doc # FE1-F9481LA_3_21, Rev 3	Спецификация на материалы, плата индикатора
[D21]	Doc # FE1-F9484EP_1_21, Rev 1	Спецификация на материалы, искробезопасная базовая плата
[D22]	Doc # FE1-F9484EC_r0, Rev 0	Спецификация на материалы, неискробезопасная базовая плата
[D23]	Doc # FE1-F9484AG_4_21, Rev 4	Спецификация на материалы, дополнительная искробезопасная плата

## 2.5.2 Документация, созданная exida

[R1]	AXG_W Magnetic Flowmeter FMEDA - Non IS- 01Aug2016.efm	Анализ видов, последствий и диагностики отказов – Электромагнитный расходомер AXG/W (включая датчик) - неискробезопасный
[R2]	AXG_W Magnetic Flowmeter FMEDA -IS - 01Aug2016.efm	Анализ видов, последствий и диагностики отказов – Электромагнитный расходомер AXG/W (включая датчик) - искробезопасный
[R3]	YEC 16-03-009 R001 V1R5 FMEDA AXG_W.pdf	Отчет FMEDA, Электромагнитный расходомер AXG/W (данный отчет)
[R4]	YEC 16-08-013 AXG_W Magnetic Flowmeter FMEDA - Non IS- V1R1_After FIT.efm	Анализ видов, последствий и диагностики отказов – Электромагнитный расходомер AXG/W (включая датчик) - неискробезопасный, после FIT
[R5]	YEC 16-08-013 AXG_W Magnetic Flowmeter FMEDA -IS – V1R1_After FIT.efm	Анализ видов, последствий и диагностики отказов – Электромагнитный расходомер AXG/W (включая датчик) – Искробезопасный, после FIT

### 3. Описание продукта

Для измерения расхода жидкой среды электромагнитный расходомер AXG/W использует катушки возбуждения и электроды. Сигнал связи HART или BRAIN накладывается на сигнал 4-20 мА. Помимо аналогового токового выхода 4-20 мА, есть сигнал импульсного выхода. В диагностику входит мониторинг налипания изоляционного материала на электроды, что может повлиять на измерение расхода, и обратный расчет переменных процесса, а также обнаружение обрыва катушки или короткого замыкания.

В FMEDA анализируются катушки, электроды и электроника с четырехпроводным питанием. См. диаграмму ниже.

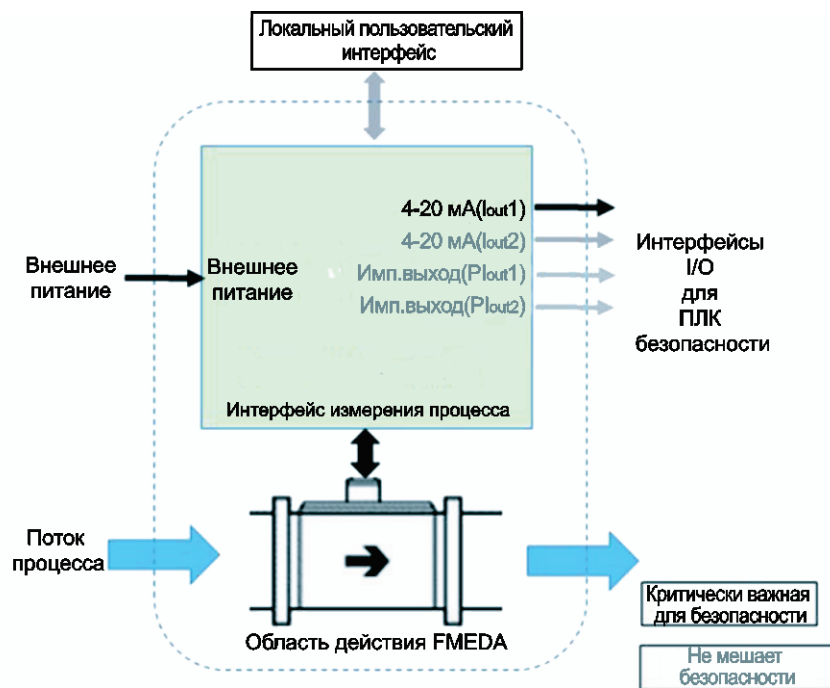


Рис. 1 Электромагнитный расходомер AXG/W, детали, входящие в FMEDA

В соответствии с МЭК 61508 электромагнитный расходомер AXG/W классифицируется как элемент класса B<sup>2</sup>, имеющий аппаратную устойчивость к неисправности 0.

<sup>1</sup> Элемент класса B: "сложный" элемент (с использованием микроконтроллеров или программируемой логики); подробности см. в разделе 7.4.4.1.3 МЭК 61508-2, изд.2, 2010.

## 4. Анализ видов, последствий и диагностики отказов

Анализ видов, последствий и диагностики отказов был выполнен на основе документации в разделе 2.5.1 и задокументирован в [R1], [R2], [R3], [R4] и [R3].

### 4.1 Описание категорий отказов

Чтобы оценить поведение при отказе электромагнитного расходомера AXG/W, были рассмотрены следующие определения отказа устройства.

Отказоустойчивое состояние	Отказ, при котором сигнал процесса или фактический выходной сигнал отклоняется более чем на 2% диапазона, смещается в сторону заданного пользователем порога (точки срабатывания), в результате чего выход остается в пределах активной шкалы.
Безопасный отказ	Отказ, при котором устройство переходит в определенное отказоустойчивое состояние без запроса со стороны процесса.
Обнаруженный отказ	Отказ, при котором выходной сигнал переходит в предварительно заданное состояние сигнализации (3,6 или 21,6 мА, выбирается пользователем).
Опасный отказ	Отказ, при котором сигнал процесса или фактический выходной сигнал отклоняется более чем на 2% диапазона, смещается от заданного пользователем порога (точки срабатывания), и выход остается в пределах активной шкалы.
Необнаруженный опасный отказ	Опасный отказ, который опасен и не обнаруживается автоматической диагностикой.
Обнаруженный опасный отказ	Отказ, который опасен, но обнаруживается автоматической диагностикой.
Отказ по верхнему пределу	Отказ, при котором выходной сигнал выходит за верхний предел диапазона или за предел выходного тока сигнализации верхнего предела (> 21 мА).
Отказ по нижнему пределу	Отказ, при котором выходной сигнал выходит за нижний предел диапазона или за предел выходного тока сигнализации нижнего предела (<3,6 мА).
Не влияющий отказ	Отказ компонента, который является частью функции безопасности, но не влияет на функцию безопасности.
Оповещение, обнаруженное	Отказ, который не влияет напрямую на безопасность, но влияет на способность обнаруживать будущую неисправность (например, неисправность в диагностической цепи) и которая обнаруживается внутренней диагностикой. Обнаружение сообщения об отказе приводит к ложной диагностической сигнализации.
Оповещение, не обнаруженное	Отказ, который напрямую не влияет на безопасность, но влияет на способность обнаруживать будущую неисправность (например, неисправность в диагностической цепи) и которая не обнаруживается внутренней диагностикой.

Перечисленные выше категории отказов расширяют категории, перечисленные в МЭК 61508, которые являются только безопасными и опасными, как обнаруженными, так и необнаруженными. В МЭК 61508, редакции 2010, отказы, не имеющие последствий, не могут влиять на интенсивность отказов функции безопасности. Поэтому они не используются для расчета доли безопасных отказов, необходимой, когда недоступны данные об отказах маршрута 2n.

В зависимости от приложения, отказ по верхнему или нижнему пределу может быть безопасным или опасным и может быть обнаружен или не обнаружен в зависимости от программирования логического устройства. Следовательно, во время проверки уровня полноты безопасности (SIL) категории отказов по верхнему и нижнему пределу должны классифицироваться как безопасные или опасные, обнаруженные или необнаруженные.

Оповещения об отказах предназначены для тех, кто хочет моделировать надежность более подробно, чем требуется в МЭК61508. Предполагается, что вероятностная модель правильно учитывает оповещения об отказах. В противном случае, в соответствии с МЭК 61508 (предположение наихудшего случая), необнаруженные оповещения об отказах должны классифицироваться как опасные необнаруженные отказы.

## 4.2 Методология - FMEDA, интенсивность отказов

### 4.2.1 FMEDA

Анализ видов и последствий отказов (FMEA) представляет собой систематический способ выявления и оценки влияния различных видов отказа компонентов, определения того, что может устранить или уменьшить вероятность отказа, а также задокументировать рассматриваемую систему.

FMEDA (анализ видов, последствий и диагностики отказов) представляет собой расширение FMEA. Он сочетает в себе стандартные методы FMEA с расширением для определения методов автоматической диагностики и видов отказов, относящихся к проектированию систем приборной безопасности. Это метод, рекомендуемый для генерации интенсивности отказов для каждой важной категории (обнаруженный безопасный, необнаруженный безопасный, обнаруженный опасный, необнаруженный опасный, по верхнему пределу, по нижнему пределу и т. д.). Формат FMEDA является расширением стандартного формата FMEA из MIL STD 1629A, Анализ видов и последствий отказов.

### 4.2.2 Интенсивность отказов

Данные об интенсивности отказов, используемые *exida* в этом анализе FMEDA, взяты из справочников по надежности электрических и механических компонентов [N2] и [N3], которые были получены с использованием данных об эксплуатационных отказах из нескольких источников и данных об отказах из различных баз данных за более чем 100 миллиардов рабочих часов. Значения интенсивности были выбраны таким образом, чтобы они соответствовали расчетам для верификации уровня полноты безопасности. Значения интенсивности были выбраны в соответствии с профилем 2 от *exida*, см. приложение С. Выбранный профиль *exida* был признан наиболее подходящим для информации о продукте и применении, представленной Yokogawa Electric Corporation. Ожидается, что фактическое количество эксплуатационных отказов в полевых условиях из-за случайных событий будет меньше, чем количество, предсказываемое этими значениями интенсивности отказов.

Для оценки оборудования в соответствии с МЭК 61508 интерес представляют только случайные отказы оборудования. Предполагается, что оборудование было правильно выбрано для применения и введено в эксплуатацию, поэтому отказы в начальном периоде эксплуатации (ранние отказы) можно исключить из анализа.

Отказы, вызванные внешними событиями, следует рассматривать как случайные отказы. Примерами таких отказов являются потеря мощности, физическое воздействие или проблемы из-за неустойчивого качества воздуха в приборах.

Также предполагается, что оборудование обслуживается в соответствии с требованиями стандартов МЭК 61508 или МЭК 61511 и, следовательно, существует программа профилактического обслуживания для замены оборудования до окончания его "срока использования". Коррозия, эрозия, перегорание катушки и т. д., рассматриваются как отказы, связанные со старением, при условии, что применяемые материалы и технологии действительно подходят для применения во всех режимах эксплуатации.

Пользователь этих числовых значений несет ответственность за определение их применимости к любым конкретным условиям эксплуатации. Профили электромагнитной обстановки *exida*, в которых перечислены ожидаемые уровни нагрузки, можно найти в приложении С. Некоторые промышленные предприятия имеют высокий уровень нагрузки. В этих условиях данные об интенсивности отказов корректируются до более высокого значения, чтобы учесть конкретные условия установки.

Для этой цели могут использоваться точные данные по конкретной установке. Если у пользователя есть данные, собранные из хорошо проверенной системы отчетов контрольных проверок, например, *exida* SILStat™, которая указывает на более высокую интенсивность отказов, следует использовать более высокие численные значения.



### 4.3 Предположения

Во время анализа видов, последствий и диагностики отказов электромагнитного расходомера AXG/W были сделаны следующие допущения.

- Отказ всего одного компонента приведет к отказу всего электромагнитного расходомера AXG/W.
- Интенсивности отказов постоянны; механизмы износа не включены.
- Распространение отказов не имеет значения.
- Исключаются все компоненты, которые не являются частью функции безопасности и не могут влиять на функцию безопасности (с защитой от обратной связи).
- Отказы, вызванные эксплуатационными ошибками, зависят от конкретного места установки и поэтому не учитываются.
- Уровни нагрузки являются средними для промышленной среды и могут быть сопоставлены с профилем 3 от *exida* с температурными пределами, указанными производителем. Предполагается, что другие характеристики электромагнитной обстановки соответствуют требованиям производителя.
- Практические испытания со вставкой неисправностей могут продемонстрировать, что последствия отказа, предполагаемые во время FMEDA, и диагностический охват, обеспечиваемый автоматической диагностикой, были правильными.
- Протоколы HART или BRAIN используются только для целей настройки, калибровки и диагностики, но не для критически важной для безопасности работы.
- Прикладная программа в логическом устройстве построена таким образом, что отказы по верхнему и по нижнему пределу обнаруживаются независимо от воздействия, безопасного или опасного, на функцию безопасности.
- Материалы совместимы с условиями процесса.
- Устройство установлено в соответствии с инструкциями производителя.
- Интенсивность отказов внешнего источника питания не включается.
- Время обнаружения внутренней неисправности в наихудшем случае составляет менее 1 часа.

#### 4.4 Результаты

Используя данные о надежности, извлеченные из справочника по надежности электрических и механических компонентов *exida*, на основании данных FMEDA электромагнитного расходомера AXG/W были выявлены следующие интенсивности отказов.

Таблица 1 Интенсивности отказов электромагнитного расходомера AXG/W

Категория отказа	Интенсивность отказов (FIT)	
	Неискробезопасная версия	Искробезопасная версия
Безопасный отказ, необнаруженный	256	223
Опасный отказ, обнаруженный	2461	2248
Отказ обнаружен (обнаружен внутренней диагностикой)	2003	1977
Отказ по верхнему пределу (обнаружен логическим устройством)	14	0
Отказ по нижнему пределу (обнаружен логическим устройством)	444	271
Опасный отказ, необнаруженный	315	325
Нет последствий	748	502
Оповещение, необнаруженное	6	6

Эти значения интенсивности отказов действительны для срока использования продукта, см. приложение А.

Согласно МЭК 61508 необходимо определить архитектурные ограничения элемента. Это можно сделать, следуя подходу 1<sub>н</sub>, в соответствии с пунктом 7.4.4.2 МЭК 61508, или подходу 2<sub>н</sub>, в соответствии с пунктом 7.4.4.3 МЭК 61508.

Подход 1<sub>н</sub> состоит из вычисления доли безопасных отказов для всего элемента.

При подходе 2<sub>н</sub> производится оценка данных надежности для всего элемента в соответствии с МЭК 61508, пункт 7.4.4.3.3.

Согласно МЭК 61508-4, п. 3.6.15, доля безопасных отказов (SFF: Safe Failure Fraction) - это свойство связанного с безопасностью элемента, которое определяется соотношением средней интенсивности отказов безопасных и опасных обнаруженных отказов, и безопасных и опасных отказов. Это соотношение представлено следующим уравнением:

$$SFF = (\sum \lambda_s \text{ avg} + \sum \lambda_{DD} \text{ avg}) / (\sum \lambda_s \text{ avg} + \sum \lambda_{DD} \text{ avg} + \sum \lambda_{DU} \text{ avg})$$

Если интенсивности отказов являются постоянными величинами, как при данном анализе, то выражение упрощается и имеет вид:

$$SFF = (\sum \lambda_s + \sum \lambda_{DD}) / (\sum \lambda_s + \sum \lambda_{DD} + \sum \lambda_{DU})$$

Где:

$\lambda_s$  = Безопасный отказ

$\lambda_{DD}$  = Опасный отказ, обнаруженный

$\lambda_{DU}$  = Опасный отказ, необнаруженный



В таблице 2 приведена интенсивность отказов электромагнитного расходомера AXG/W в соответствии с МЭК 61508.

Таблица 2 Интенсивность отказов согласно МЭК 61508 в FIT

Устройство	$\lambda_{SD}$	$\lambda_{SU}^3$	$\lambda_{DD}$	$\lambda_{DU}$	SFF <sup>4</sup>
Электромагнитный расходомер AXG/W неискробезопасная версия	0	256	2461	315	89,6%
Электромагнитный расходомер AXG/W искробезопасная версия	0	223	2248	325	88,4%

<sup>3</sup> Важно понимать, что, в соответствии с IEC 61508, издание 2, 2010, отказы без последствий больше не входят в категорию безопасных необнаруженных отказов.

<sup>4</sup> Если необходимо, доля безопасных отказов должна вычисляться на уровне элемента.

## 5. Использование результатов FMEDA

В следующем разделе(-ах) описывается, как применять результаты FMEDA.

### 5.1 Вычисление $PFD_{avg}$ для электромагнитного расходомера AXW/G

Используя данные об интенсивности отказов, отображаемые в разделе 0, и данные об интенсивности отказов для связанных устройств элемента, для элемента можно выполнить расчет средней вероятности отказа по запросу ( $PFD_{avg}$ ).

Вычисление вероятности отказа по запросу ( $PFD_{avg}$ ) использует несколько параметров, многие из которых определяются конкретным приложением и принципами работы каждой рабочей площадки. Некоторые параметры зависят от продукта и являются предметом ответственности производителя. Эти параметры производителя приведены в этом отчете третьей стороны.

Вычисление вероятности отказа по запросу ( $PFD_{avg}$ ) является обязанностью владельца/оператора процесса и часто делегируется разработчику функции безопасности ПСБ. Производители продуктов могут предоставить  $PFD_{avg}$ , только сделав множество предположений о приложениях и принципах работы рабочей площадки. Поэтому использование этих численных значений требует полного знания об этих предположениях, а также согласованности с текущим приложением и рабочей площадкой.

Вычисление вероятности отказа по запросу ( $PFD_{avg}$ ) лучше всего выполнять с помощью инструмента exSILentia от *exida*. Полное описание, как определить уровень безопасности для элемента, см. в приложении D. Время миссии, используемое для вычисления, зависит от целевого значения  $PFD_{avg}$  и срока службы продукта. Для выполнения вычисления  $PFD_{avg}$  для элемента требуются интенсивности отказов и охват контрольной проверкой. Охват контрольной проверкой для предлагаемой контрольной проверки приведен в приложении B.

## 6. Термины и определения

Автоматическая диагностика	Проверки, выполняемые самим устройством в рабочем режиме или, если указано, другим внешним устройством без ручного вмешательства.
Критерии <i>exida</i>	Консервативный подход к получению интенсивности отказов, подходящий для использования при оценке оборудования с использованием подхода 2 <sub>n</sub> из МЭК 61508-2.
Устойчивость к неисправности	Способность функционального блока продолжать выполнять требуемую функцию при наличии неисправностей или ошибок (МЭК 61508-4, 3.6.3).
FIT	Количество отказов за определенный период ( $1 \times 10^{-9}$ отказов в час)
FMEDA	Анализ видов, последствий и диагностики отказов
HFT	Аппаратная устойчивость к неисправности
Режим с низкой частотой запросов	Режим, в котором интервал запроса на операцию в системе, связанной с безопасностью, превышает интервал контрольной проверки более чем в два раза.
PFD <sub>avg</sub>	Средняя вероятность отказа по запросу
Стойкость к случайным отказам	Предел SIL, налагаемый архитектурными ограничениями для каждого элемента.
SFF	Доля безопасных отказов - суммируется доля отказов, которые приводят к безопасному состоянию, плюс доля отказов, которые будут обнаружены с помощью мер автоматической диагностики и приведут к определенному действию безопасности.
SIF	Функция безопасности ПСБ
SIL	Уровень полноты безопасности
SIS	Приборная система безопасности (ПСБ) – реализация одной или нескольких функций безопасности. ПСБ состоит из любой комбинации датчика(ов), логического устройства(ств) и конечного элемента(ов).
Элемент класса А	“Несложный” элемент (с использованием дискретных компонентов); подробности см. в пункте 7.4.4.1.2 МЭК 61508-2.
Элемент класса В	“Сложный” элемент (с использованием таких сложных компонентов, как микроконтроллеры или программируемая логика); подробности см. в пункте 7.4.4.1.3 МЭК 61508-2.

## 7. Состояние документа

### 7.1 Ответственность

*exida* готовит отчеты FMEDA на основе методов, рекомендованных международными стандартами. Интенсивности отказов получены из набора промышленных баз данных. *exida* не несет никакой ответственности за использование этих численных значений или за правильность стандартов, на которых основаны общие методы их вычисления.

В связи с будущими потенциальными изменениями в стандартах, изменениями в конструкции прибора, а также коррекцией всей доступной информации и передовых методик, текущие результаты FMEDA, представленные в этом отчете, могут не полностью соответствовать результатам, которые будут представлены в будущем для прибора с идентичным номером модели. Являясь лидером на рынке функциональной безопасности, *exida* активно участвует в разработке передовых методик до официального выпуска обновленных стандартов, чтобы наши отчеты эффективно превосходили любые известные изменения. Кроме того, ожидается, что большинство изменений будут носить постепенный характер, и результаты, представленные за предыдущий трехлетний период, должны быть достаточными для текущего использования без существенных проблем.

Большинство продуктов также со временем претерпевают постепенные изменения. Если FMEDA от *exida* не обновлялся в течение последних трех лет, обратитесь к поставщику продукта, чтобы проверить актуальность результатов.

### 7.2 Издания

История версий:	V1, R5:	Обновление после FIT, 7 ноября 2016
	V1, R4:	Первое издание, 3 августа 2016
	V1, R3:	Обновление после отзыва заказчика, 2 августа 2016
	V1, R2:	Вторая рабочая версия для проверки заказчиком, 2 августа 2016
	V1, R1:	Рабочая версия для проверки заказчиком, 31 июля 2016
	V0, R1:	Рабочая версия для внутренней проверки, 25 июля 2016
Автор(ы):	Kiyoshi Takai	
Проверка:	V0, R1:	Rudolf Chalupa ( <i>exida</i> ), 26 июля 2016
	V1, R2:	Kaoru Sonoda, 2 августа 2016
	V1, R3:	Kaoru Sonoda, 2 августа 2016

Состояние издания: Вторая рабочая версия для проверки заказчиком

### 7.3 Будущие улучшения

По желанию заказчика.

#### 7.4 Подписи на выпуск издания

A handwritten signature in black ink, enclosed in a thin black rectangular box. The signature appears to be "Kiyoshi Takai".

Kiyoshi Takai, инженер по безопасности

A handwritten signature in black ink, enclosed in a thin black rectangular box. The signature appears to be "Rudolf P. Chalupa".

Rudolf Chalupa, CFSE, старший инженер по безопасности

A handwritten signature in black ink, enclosed in a thin black rectangular box. The signature appears to be "Kaoru Sonoda".

Kaoru Sonoda, главный инженер

## Приложение А Срок службы критически важных компонентов

В соответствии с разделом 7.4.9.5 МЭК 61508-2 следует предполагать срок службы, основанный на опыте.

Хотя вероятностный метод оценки предполагает постоянную интенсивность отказов (см. раздел 4.2.2), это применимо только при условии, что срок службы<sup>5</sup> компонентов не превышен. Таким образом, за пределами их срока службы результат вероятностного метода расчета не имеет смысла, поскольку вероятность отказа со временем значительно увеличивается. Срок службы сильно зависит от самой подсистемы и условий ее эксплуатации.

Это предположение о постоянной интенсивности отказов основано на U-образной кривой интенсивности отказов. Поэтому, очевидно, что вычисление  $PFD_{avg}$  действительно только для компонентов, которые имеют область постоянной интенсивности отказов, и что достоверность вычисления ограничена сроком службы каждого компонента.

В таблице 3 показано, какие компоненты вносят вклад в интенсивность опасных необнаруженных отказов и, следовательно, в вычисление  $PFD_{avg}$ , а также каков их расчетный срок службы.

**Таблица 3 Срок службы компонентов, вносящих вклад в увеличение интенсивности необнаруженных опасных отказов**

Компонента	Срок службы
Конденсатор (электролитический) - Танталовый электролитический, твердый электролит	Прибл. 500000 часов
Конденсатор (электролитический) - Алюминиевый электролитический, нетвердый электролит	Прибл. 90,000 часов

В соответствии с инструкциями производителя, конечный пользователь несет ответственность за техническое обслуживание и эксплуатацию электромагнитного расходомера AXG/W. Кроме того, регулярный техосмотр должен показать, что все компоненты чистые и не имеют повреждений.

Если опыт эксплуатации установки указывает на более короткий срок службы, чем указано в этом приложении, следует использовать численное значение, основанное на опыте эксплуатации установки.

<sup>5</sup> Срок службы - это технический термин, обозначающий надежность, который описывает интервал времени работы, при котором интенсивность отказов устройства является относительно постоянной. Это не термин, который охватывает устаревание продукта, гарантию или другие коммерческие вопросы.

## Приложение В Контрольные проверки для выявления опасных необнаруженных неисправностей

В соответствии с разделом 7.4.5.2 f) МЭК 61508-2 для выявления опасных неисправностей, которые не обнаруживаются с помощью автоматических диагностических проверок, необходимо проводить контрольные проверки. Это означает, что необходимо указать, каким образом опасные необнаруженные неисправности, которые были отмечены во время Анализа видов, последствий и диагностики отказов, могут быть обнаружены во время контрольных проверок.

### В.1 Предлагаемая контрольная проверка

Предлагаемая контрольная проверка, описанная в таблице 4, обнаружит 94% возможных отказов DU (опасных необнаруженных) в неискробезопасной версии электромагнитного расходомера AXG/W. Предлагаемая контрольная проверка в сочетании с автоматической диагностикой обнаружит 99% возможных отказов DU (опасных необнаруженных) в неискробезопасной версии электромагнитного расходомера AXG/W. Для электромагнитного расходомера AXG/W искробезопасной версии численные значения составляют 93% для контрольной проверки и 99% для контрольной проверки в сочетании с автоматической диагностикой.

Предлагаемая контрольная проверка состоит из установки минимального и максимального выходного сигнала, и проверки калибровки, см. таблицу 4.

Таблица 4 Предлагаемая контрольная проверка

Шаг	Действие
1.	Обойдите функцию безопасности и выполните соответствующие действия, чтобы избежать ложного срабатывания.
2.	Для получения диагностических данных и выполнения соответствующих действий используйте связь HART.
3.	Чтобы перейти к выходу сигнализации верхнего предела отправьте команду HART или BRAIN на преобразователь и убедитесь, что аналоговый ток достигает это значение <sup>6</sup> .
4.	Чтобы перейти к выходу сигнализации нижнего предела отправьте команду HART или BRAIN на преобразователь и убедитесь, что аналоговый ток достигает это значение <sup>7</sup> .
5.	Выполните двухточечную калибровку <sup>8</sup> преобразователя на всем рабочем диапазоне.
6.	Проверьте токовый выход, когда в расходомере нет потока <sup>9</sup> .
7.	Проверьте токовый выход, когда в расходомере типичный расход.
8.	Снимите обход функции безопасности и полностью восстановите нормальную работу.

<sup>6</sup> Это проверка для определения таких проблем соответствия напряжения, как низкое напряжение источника питания контура или повышенное сопротивление проводки. Также проверяются другие возможные отказы.

<sup>7</sup> Это проверка на возможные отказы, связанные с током покоя.

<sup>8</sup> Если двухточечная калибровка выполняется с помощью электрических приборов, на этом этапе контрольной проверки не будут обнаружены отказы катушек и электродов.

<sup>9</sup> Проверка токового выхода при отсутствии потока и при типичном расходе позволяет обнаружить некоторые неисправности катушек и электродов.

## Приложение С Профиль электромагнитной обстановки *exida*

Таблица 5 Профиль электромагнитной обстановки *exida*

Профиль <i>exida</i>	1	2	3	4	5	6
Описание (электрическое)	В шкафу/ Климат-контроль	С низким энергопотреблением на рабочей площадке без самопрогрева	Общего назначения на рабочей площадке самопрогрев	Под водой	На шельфе	Н/Д
Описание (механическое)	В шкафу/ Климат-контроль	Общего назначения на рабочей площадке	Общего назначения на рабочей площадке	Под водой	На шельфе	Смачивается процессом
Профиль МЭК 60654-1 P	B2	C3 также применимо для D1	C3 также применимо для D1	Н/Д	C3 также применимо для D1	Н/Д
Средняя температура окружающей среды	30 С	25 С	25 С	5 С	25 С	25 С
Средняя внутренняя температура	60 С	30 С	45 С	5 С	45 С	Температура технологической среды
Суточные колебания температуры (пик-пик)	5 С	25 С	25 С	0 С	25 С	Н/Д
Сезонные колебания температуры (средние зимние - средние летние)	5 С	40 С	40 С	2 С	40 С	Н/Д
Воздействие химических элементов /погодных условий	Нет	Да	Да	Да	Да	Да
Влажность <sup>10</sup>	0-95% без конденсации	0-100% с конденсацией	0-100% с конденсацией	0-100% с конденсацией	0-100% с конденсацией	Н/Д
Ударные нагрузки <sup>11</sup>	10 g	15 g	15 g	15 g	15 g	Н/Д
Вибрация <sup>12</sup>	2 g	3 g	3 g	3 g	3 g	Н/Д
Химическая коррозия <sup>13</sup>	G2	G3	G3	G3	G3	Совместимый материал
Выброс напряжения <sup>14</sup>						
Линия-Линия	0,5 кВ	0,5 кВ	0,5 кВ	0,5 кВ	0,5 кВ	Н/Д
Линия-Земля	1 кВ	1 кВ	1 кВ	1 кВ	1 кВ	
Чувствительность к электромагнитным помехам <sup>15</sup>						
от 80 МГц до 1,4 ГГц	10 В/м	10 В/м	10 В/м	10 В/м	10 В/м	Н/Д
от 1,4 ГГц до 2,0 ГГц	3 В/м	3 В/м	3 В/м	3 В/м	3 В/м	
от 2,0 ГГц до 2,7 ГГц	1 В/м	1 В/м	1 В/м	1 В/м	1 В/м	
Электростатический разряд (воздух) <sup>16</sup>	6 кВ	6 кВ	6 кВ	6 кВ	6 кВ	Н/Д

<sup>10</sup> Норматив влажности согласно МЭК 60068-2-3

<sup>11</sup> Стойкость к ударным воздействиям согласно МЭК 60068-2-27

<sup>12</sup> Устойчивость к вибрации согласно МЭК 60068-2-6

<sup>13</sup> Стойкость к химической коррозии согласно ISA 71.04

<sup>14</sup> Устойчивость к выбросу напряжения согласно МЭК 61000-4-5

<sup>15</sup> Чувствительность к электромагнитным помехам согласно МЭК 61000-4-3

<sup>16</sup> Устойчивость к электростатическому разряду (воздух) согласно МЭК 61000-4-2



## Приложение D Определение Уровня полноты безопасности (SIL)

Информация в этом приложении предназначена для предоставления метода определения Уровня полноты безопасности (SIL) функции безопасности ПСБ (ФБ ПСБ). **Численные значения, используемые в примерах, не относятся к прибору, описанному в этом отчете.**

При проверке того, что данная схема функции безопасности ПСБ (ФБ ПСБ) соответствует уровню полноты безопасности (SIL) [N5] и [N7], необходимо проверить три вещи.

Это:

A. Стойкость к систематическим отказам или обоснование предварительного использования для каждого устройства соответствует уровню SIL функции безопасности ПСБ;

B. Архитектурные ограничения (минимальные требования к избыточности) выполнены; а также

C. Результат вычисления  $PFD_{avg}$  находится в диапазоне чисел, заданном для уровня SIL.

A. Стойкость к систематическим отказам (SC) определена в МЭК 61508: 2010. Класс SC - это мера качества проектирования, основанная на методах и приемах, используемых для проектирования и разработки продукта. Все устройства в ФБ ПСБ должны иметь класс SC, равный или превышающий уровень SIL функции безопасности ПСБ. Например, ФБ ПСБ разработана для соответствия уровню SIL 3 с тремя датчиками давления при методе голосования по схеме 2oo3. Преобразователи имеют класс SC2. Конструкция не соответствует SIL 3. В качестве альтернативы МЭК 61511 позволяет конечному пользователю выполнить обоснование "Prior Use/Предварительного использования". Конечный пользователь оценивает оборудование по заданному уровню SIL, документирует оценку и берет на себя ответственность за обоснование.

B. Архитектурные ограничения требуют определенных минимальных уровней избыточности. В разных таблицах показаны разные уровни резервирования для каждого уровня SIL. Выбирается таблица, и, соответственно, в проект включается резервирование [N8].

C. Вычисление вероятности отказа по запросу ( $PFD_{avg}$ ) использует несколько параметров, многие из которых определяются конкретным приложением и принципами работы каждой рабочей площадки. Некоторые параметры зависят от прибора и являются предметом ответственности производителя. Эти параметры, связанные с производителем, приведены в этом отчете третьей стороны.

Вычисление вероятности отказа по запросу ( $PFD_{avg}$ ) должно выполняться на основе нескольких переменных, включая:

1. Интенсивность отказов каждого продукта в проекте, включая виды отказов и любой диагностический охват с помощью автоматической диагностики (атрибут продукта, указанный в этом отчете FMEDA);
2. Резервирование устройств, включая отказы по общей причине (атрибут схемы ФБ ПСБ);
3. Интервалы контрольной проверки (назначаются на основе практики конечного пользователя);
4. Среднее время восстановления (атрибут практики конечного пользователя);
5. Эффективность контрольной проверки; (атрибут метода контрольных проверок, использованного конечным пользователем, с примером, приведенным в этом отчете);
6. Заданная продолжительность работы (атрибут практики конечного пользователя);
7. Контрольная проверка при выполнении технологического процесса или при остановке процесса (атрибут практики конечного пользователя);
8. Продолжительность контрольной проверки (атрибут практики конечного пользователя); и
9. Эксплуатационные возможности/возможности техобслуживания (атрибут практики конечного пользователя).

Производитель прибора отвечает за первую переменную. Большинство производителей для прогноза интенсивности отказов, показанных в этом отчете, используют метод FMEDA от *exida*, который основан на данных об отказах на рабочих площадках за более чем 100 миллиардах часов работы в обрабатывающих отраслях промышленности. Разработчик системы выбирает вторую переменную. За все другие переменные ответственность несет конечный пользователь. Программа *exSILentia*® *SILVer*™ учитывает все эти переменные и предоставляет эффективные средства для вычисления  $PFD_{avg}$  для любого заданного набора переменных.



Когда интервал контрольной проверки для датчика и конечного элемента увеличивается с шагом в один год, на рисунке 3 показаны результаты.

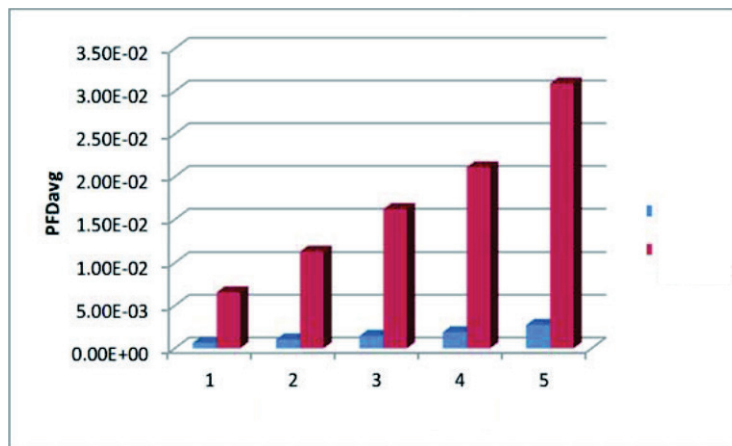


Рис. 3  $PFD_{avg}$  в зависимости от интервала контрольной проверки.

Если для одной и той же ФБ ПСБ в программу exSILentia ввести набор реалистичных переменных, включая:

- Заданная продолжительность работы = 25 лет
- Интервал контрольной проверки = 1 год для датчика и конечного элемента, 5 лет для логического устройства
- Охват контрольной проверки = 90% для датчика и 70% для конечного элемента
- Продолжительность контрольной проверки = 2 часа при работающем процессе.
- MTTR = 48 часов
- Возможности техобслуживания = средняя для датчика и конечного элемента, хорошая для логического устройства

при этом все остальные переменные остаются без изменений, то  $PFD_{avg}$  для ФБ ПСБ равняется  $5,76E-02$ , что едва соответствует SIL 1 с коэффициентом снижения риска 17. Вклад подсистем в  $PFD_{avg}$ :  $PFD_{avg}$  датчика =  $2.77E-03$ ,  $PFD_{avg}$  логического устройства =  $1.14E-05$  и  $PFD_{avg}$  конечного элемента =  $5.49E-02$  (рис. 4).

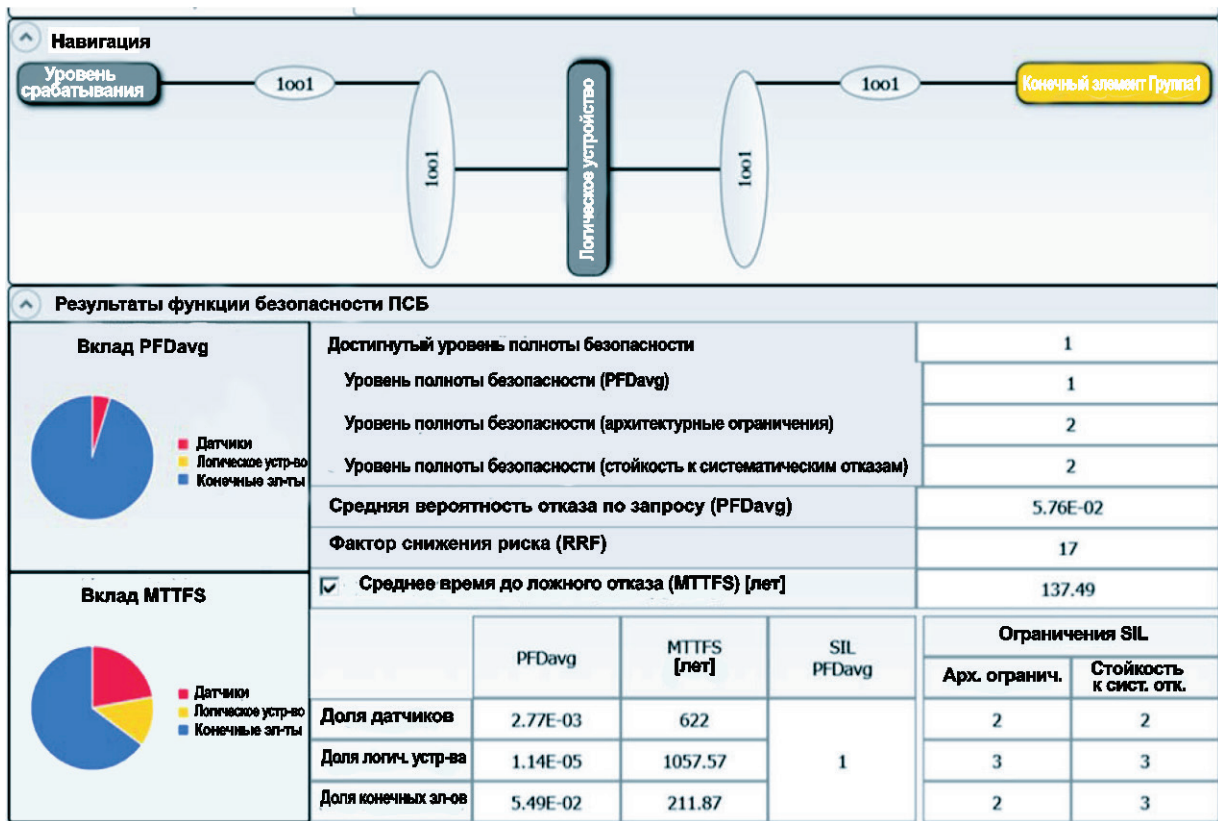


Рис. 4: Результаты exSILentia для реалистичных переменных

Понятно, что, когда не используются все критические переменные, результаты PFD<sub>avg</sub> могут полностью изменить уровень SIL.

---

# Информация об изданиях

- Наименование: Серия ADMAG TI Электромагнитный расходомер AXG/AXW  
Руководство по безопасности
- Номер руководства: IM 01E21A21-02RU

Издание	Дата	Примечание
1-е	Июнь 2017	Новая публикация



#### YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION

##### Центральный офис

2-9-32, Nakacho, Musashino-shi, Tokyo, 180-8750 JAPAN (Япония)

##### Торговые филиалы

Нагоя, Осака, Хиросима, Фукуока, Саппоро, Сендай, Ичихара, Тойода, Каназава, Такамацу, Окаяма и Китакою.

#### YOKOGAWA CORPORATION OF AMERICA

##### Центральный офис

2 Dart Road, Newnan, Ga. 30265, U.S.A. (США)

Телефон: 1-770-253-7000

Факс: 1-770-254-0928

##### Торговые филиалы

Чэгри-Фоллс, Элк-Гроув-Виллидж, Санта-Фе-Спрингс, Хоуп-Вэлли, Колорадо, Хьюстон, Сан Хосе

##### YOKOGAWA EUROPE B.V.

##### Центральный офис

Databankweg 20, Amersfoort 3812 AL, THE NETHERLANDS (Нидерланды)

Телефон: 31-334-64-1611 Факс 31-334-64-1610

##### Торговые филиалы

Маарсен (Нидерланды), Вена (Австрия), Завентем (Бельгия), Ратинген (Германия), Мадрид (Испания), Братислава (Словакия), Ранкорн (Соединенное Королевство), Милан (Италия).

##### YOKOGAWA AMERICA DO SUL S.A.

Praca Acapuico, 31 - Santo Amaro, Sao Paulo/SP - BRAZIL (Бразилия)

Телефон: 55-11-5681-2400 Факс 55-11-5681-4434

#### YOKOGAWA ELECTRIC ASIA PTE. LTD.

##### Центральный офис

5 Bedok South Road, 469270 Singapore, SINGAPORE (Сингапур)

Телефон: 65-6241-9933 Факс 65-6241-2606

#### YOKOGAWA ELECTRIC KOREA CO., LTD.

##### Центральный офис

395-70, Shindaebang-dong, Dongjak-ku, Seoul, 156-714 KOREA (Южная Корея)

Телефон: 82-2-3284-3016 Факс 82-2-3284-3016

#### YOKOGAWA AUSTRALIA PTY. LTD.

##### Центральный офис (Сидней)

Centrecourt D1, 25-27 Paul Street North, North Ryde, N.S.W.2113, AUSTRALIA (Австралия)

Телефон: 61-2-9805-0699 Факс: 61-2-9888-1844

#### YOKOGAWA INDIA LTD.

##### Центральный офис

40/4 Lavelle Road, Bangalore 560 001, INDIA (Индия)

Телефон: 91-80-2271513 Факс: 91-80-2274270

#### ООО «ИОКОГАВА ЭЛЕКТРИК СНГ»

##### Центральный офис

Самарская ул., д.1, эт.4, 129110 Москва, РОССИЯ

Телефон: (+7 495) 737-7868

Факс (+7 495) 737-7869

URL: <http://www.yokogawa.ru>

E-mail: [info@ru.yokogawa.com](mailto:info@ru.yokogawa.com)