

Safety Manual

VEGAPULS серии 60

4 ... 20 mA/HART - двухпроводный

4 ... 20 mA/HART - четырехпроводный



Document ID: 31338



VEGA

Содержание

1	Функциональная безопасность	
1.1	Общее	3
1.2	Проектирование	5
1.3	Параметрирование устройства	7
1.4	Настройка	8
1.5	Рабочее состояние и состояние отказа	8
1.6	Периодическая функциональная проверка	8
1.7	Технические показатели безопасности	9
2	Приложение А - Периодическая функциональная проверка	
2.1	Условия	12
2.2	Требования к персоналу	13
2.3	Требуемые вспомогательные средства	13
2.4	Необходимые сравнительные данные	13
2.5	Требуемое состояние технологической установки	14
2.6	Порядок проведения периодической функциональной проверки	14
2.7	Функциональная проверка - перезапуск датчика	15
2.8	Функциональная проверка - Проверка токового выхода	17
2.9	Функциональная проверка - Проверка параметров устройства	18
2.10	Проверка эхо-данных	19
2.11	Функциональная проверка - Реакция датчика на изменение уровня	21
2.12	Результат периодической функциональной проверки	21
2.13	Протокол проверки - Периодическая функциональная проверка	22
3	Приложение В - Акт проверки	

1 Функциональная безопасность

1.1 Общее

Сфера действия

Данное руководство по безопасности действует для измерительных систем с радарными датчиками VEGAPULS серии 60 в 2-проводном и 4-проводном исполнении 4 ... 20 mA/HART:

VEGAPULS 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68

Действительные версии аппаратного и программного обеспечения:

	Серийный номер электроники	Программное обеспечение датчика
VEGAPULS 61, 62, 63, 65, 66	> 13978716	от версии 3.22 до версии 3.80
VEGAPULS 61, 62, 63 с повышенной чувствительностью	> 14165303	от версии 3.25 до версии 3.80
VEGAPULS 67, 68	> 14165303	от версии 3.25 до версии 3.80

Область применения

Данная измерительная система применима для измерения уровня жидкостей и сыпучих продуктов при особых требованиях безопасности.

Для этого в одноканальной архитектуре (1oo1D) обеспечивается уровень совокупной безопасности до SIL2, а в многоканальной разнородно избыточной архитектуре - до SIL3.

Применение измерительной системы в многоканальной однородно избыточной архитектуре исключается.

Соответствие SIL

Соответствие SIL подтверждается документами в Приложении.

Аббревиатуры и термины

SIL	Safety Integrity Level
HFT	Hardware Fault Tolerance
SFF	Safe Failure Fraction
PFD _{avg}	Average Probability of dangerous Failure on Demand
PFH	Probability of a dangerous Failure per Hour
FMEDA	Failure Mode, Effects and Diagnostics Analysis
λ_{sd}	Rate for safe detected failure
λ_{su}	Rate for safe undetected failure
λ_{dd}	Rate for dangerous detected failure
λ_{du}	Rate for dangerous undetected failure
DC _S	Diagnostic Coverage of safe failures; $DC_S = \lambda_{sd}/(\lambda_{sd} + \lambda_{su})$
DC _D	Diagnostic Coverage of dangerous failures; $DC_D = \lambda_{dd}/(\lambda_{dd} + \lambda_{du})$
FIT	Failure In Time (1 FIT = 1 failure/10 ⁹ h)

MTBF	Mean Time Between Failure
MTTF	Mean Time To Failure
MTTR	Mean Time To Repair

Аббревиатуры и термины соответствуют определениям по IEC 61508-4.

Применимые нормы

- IEC 61508
 - Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
- IEC 61511-1
 - Functional safety - safety instrumented systems for the process industry sector - Part 1: Framework, definitions, system, hardware and software requirements

Требования безопасности

Предельные значения отказов, в зависимости от класса SIL (IEC 61508-1, 7.6.2)

Уровень совокупной безопасности	Режим работы с низкой частотой запросов	Режим работы с высокой частотой запросов
SIL	PFD_{avg}	PFH
4	$\geq 10^{-5} \dots < 10^{-4}$	$\geq 10^{-9} \dots < 10^{-8}$
3	$\geq 10^{-4} \dots < 10^{-3}$	$\geq 10^{-8} \dots < 10^{-7}$
2	$\geq 10^{-3} \dots < 10^{-2}$	$\geq 10^{-7} \dots < 10^{-6}$
1	$\geq 10^{-2} \dots < 10^{-1}$	$\geq 10^{-6} \dots < 10^{-5}$

Безопасность аппаратных средств для подсистем безопасности типа B (IEC 61508-2, 7.4.3)

Доля безопасных отказов	Отказоустойчивость аппаратных средств		
	HFT = 0	HFT = 1 (0)	HFT = 2
< 60 %	не разрешено	SIL1	SIL2
60 % ... < 90 %	SIL1	SIL2	SIL3
90 % ... < 99 %	SIL2	SIL3	(SIL4)
≥ 99 %	SIL3	(SIL4)	(SIL4)

Эксплуатационная надежность

В соответствии с IEC 61511-1, п. 11.4.4 аппаратная отказоустойчивость HFT для эксплуатационно надежной системы может быть уменьшена на один при следующих условиях:

- Устройство эксплуатационно надежно
- На устройстве могут быть изменены только релевантные для процесса параметры (например: диапазон измерения, токовый выход в состоянии отказа ...)
- Изменение этих релевантных для процесса параметров защищено (например, паролем ...)
- Функция безопасности требует уровня менее SIL4

Оценка способов изменения была включена в подтверждение эксплуатационной надежности.

1.2 Проектирование

Функция безопасности

Измерительная система производит на токовом выходе соответствующий уровню заполнения сигнал между 3,8 mA и 20,5 mA.

Этот аналоговый сигнал передается на подключенное устройство формирования сигнала для контроля следующих состояний:

- Превышение заданного значения уровня
- Падение ниже заданного значения уровня

При достижении установленных на устройстве формирования сигнала точек переключения выдается сигнал.

Безопасное состояние

Безопасное состояние зависит от режима работы:

	Контроль верхнего уровня	Контроль нижнего уровня
Безопасное состояние	Превышение точки переключения	Падение ниже точки переключения
Выходной ток в безопасном состоянии	> Точка переключения (-1 %)	< Точка переключения (+1 %)
Токовый сигнал неисправности "fail low"	< 3,6 mA	< 3,6 mA
Токовый сигнал неисправности "fail high"	> 21,5 mA	> 21,5 mA

Отклонение по току ± 1 % относительно полного диапазона измерения 16 mA.

Описание ошибки

Безопасный отказ имеет место, когда измерительная система без запроса процесса переходит в определенное безопасное состояние или состояние отказа.

Если внутренняя система диагностики определяет ошибку, измерительная система переходит в состояние отказа.

Опасный необнаруженный отказ (dangerous undetected failure) имеет место, если измерительная система не переходит в определенное безопасное состояние при запросе процесса.

Конфигурация блока формирования сигнала

Если измерительная система выдает выходной токовый сигнал "fail low" или "fail high", то это должно происходить из-за имеющей место неисправности.

Устройство формирования сигнала поэтому должно интерпретировать такие токовые значения как неисправность и выдавать соответствующий сигнал.

Если этого не происходит, то соответствующие части степеней отказов должны быть присвоены опасным отказам. Тем самым могут быть ухудшены числовые значения в гл. "Числовые показатели техники безопасности".

Блок формирования сигнала должен соответствовать уровню SIL измерительной цепи.

Режим работы с низкой частотой запросов

Если частота запросов составляет не более одного раза в год, то измерительная система как часть системы безопасности должна быть установлена в режиме "низкой частоты запросов" ("*low demand mode*" по IEC 61508-4, 3.5.12).

Если отношение частоты диагностических проверок самой измерительной системы к частоте запросов превышает 100, то эту измерительную систему можно рассматривать как исполняющую функцию безопасности в режиме работы с низкой частотой запросов (IEC 61508-2, 7.4.3.2.5).

Соответствующим параметром является значение PFD_{avg} (средняя вероятность опасной ошибки при запросе). Это значение зависит от интервала T_{Proof} между функциональными проверками защитной функции.

Числовые значения см. в п. "*Показатели техники безопасности*".

Режим работы с высокой частотой запросов

Если "*Режим работы с низкой частотой запросов*" не соответствует имеющимся условиям, то измерительная система как часть системы безопасности должна быть установлена в режиме "высокой частоты запросов" ("*high demand mode*" по IEC 61508-4, 3.5.12).

Время отказоустойчивости всей системы при этом должно быть больше суммарного времени реакции или суммы сроков диагностических проверок всех компонентов измерительной цепи.

Соответствующим параметром является значение PFH (частота отказов).

Числовые значения см. в п. "*Показатели техники безопасности*".

Допущения

При выполнении FMEDA были учтены следующие основные условия:

- Частота отказов является постоянной, механический износ деталей не рассматривается
- Частота отказов из-за внешнего источника питания не включается в расчет
- Многократные ошибки не рассматриваются
- Средняя температура окружающей среды во время работы составляет 40 °C (104 °F)
- Окружающие условия соответствуют средним промышленным условиям
- Срок службы деталей составляет от 8 до 12 лет (IEC 61508-2, 7.4.7.4, примечание 3)
- Время ремонта (замены измерительной системы) после безопасного отказа составляет восемь часов (MTTR = 8 h)
- Устройство формирования сигнала может интерпретировать отказы "*fail low*" и "*fail high*" как неисправности и выдавать соответствующие сигналы

- Имеющие коммуникационные интерфейсы (например: HART, I²C) не используются для передачи релевантных для безопасности данных

Общие указания и ограничения

Измерительная система должна устанавливаться соответственно применению с учетом давления, температуры, плотности, диэлектрической постоянной и химических свойств среды.

В руководстве по эксплуатации имеются рекомендации по критическим ситуациям в технологическом процессе и емкости.

Соблюдаются специфические для данного применения предельные значения. Не разрешается выходить за пределы спецификаций, содержащихся в руководстве по эксплуатации.

1.3 Параметрирование устройства

Средства настройки

Поскольку условия монтажа оказывают влияние на функциональную безопасность измерительной системы, параметры устройства должны быть установлены в соответствии с применением.

Допускаются следующие средства:

- Соответствующий устройству VEGAPULS драйвер DTM вместе с программным обеспечением для настройки, соответствующим стандарту FDT/DTM, например PACTware.
- Модуль индикации и настройки



Примечание:

Должна использоваться версия Коллекции DTM 10/2005 или выше.

Установка места измерения

Если измерительная система не была заказана специально для применения в системе совокупной безопасности (SIS), то в программном обеспечении для настройки в меню "*базовая установка*" должен быть выбран параметр "*Датчик соотв. SIL*". Если для настройки используется модуль индикации и настройки, то в меню "*Сервис*" нужно активировать параметр "*SIL*".

Состояние при неисправности

Параметрирование токового сигнала для состояния отказа влияет на числовые показатели техники безопасности. Поэтому для безопасного применения допускаются только следующие токовые сигналы неисправности:

- fail low = < 3,6 mA (значение по умолчанию)
- fail high = 22 mA

Демпфирование выходного сигнала

Демпфирование выходного сигнала должно соответствовать безопасности процесса.

Недопустимые режимы работы

Передача измеренного значения посредством сигнала HART и работа в многоточечном режиме HART не допускаются.

Возможности проверки Установленные параметры должны проверяться надлежащим способом.

- После подключения устройства к питанию в конце фазы включения выходной ток доходит до установленного значения состояния отказа.
- В режиме "Моделирования" ток доходит до установленного значения независимо от фактического уровня.

Блокирование доступа Для предупреждения непроизвольных или случайных изменений доступ к установленным параметрам должен быть защищен:

- путем активации пароля через программное обеспечение для настройки
- путем активации PIN на модуле индикации и настройки

Доступ с помощью манипулятора HART не разрешается.

Защита от случайного или непроизвольного доступа может быть также осуществлена путем блокирования крышки корпуса.



Осторожно!

После выполнения сброса все параметры должны быть проверены или установлены заново.

1.4 Настройка

Монтаж и установка Требуется выполнять содержащиеся в руководстве по эксплуатации рекомендации по монтажу и подключению.

При пуске в эксплуатацию рекомендуется посредством первого заполнения проверить функцию безопасности.

1.5 Рабочее состояние и состояние отказа

Работа и неисправность Во время эксплуатации не разрешается изменять установочные элементы и установленные параметры.

При изменениях во время работы должна соблюдаться функция безопасности.

Возможные сообщения об ошибках описаны в руководстве по эксплуатации.

При обнаружении ошибок или при сообщениях о неисправности, вся измерительная система должна быть выведена из работы, а безопасное состояние процесса должно поддерживаться другими мерами.

Порядок замены электроники прост и описан в руководстве по эксплуатации. При этом следует соблюдать указания по параметрированию и начальной установке.

Если из-за обнаруженной ошибки необходима замена электроники или всего датчика, об этом нужно сообщить изготовителю (вместе с описанием ошибки).

1.6 Периодическая функциональная проверка

Обоснование Периодическая проверка служит для проверки функции безопасности и выявления обнаруживаемых опасных

ошибок. Работоспособность измерительной системы должна проверяться через определенные промежутки времени. Ответственность за выбор вида проверки лежит на лице, эксплуатирующем оборудование. Временные интервалы между проверками устанавливаются с учетом значения PFD_{avg} в соответствии с таблицей и диаграммой в п. "Показатели техники безопасности"

При высокой частоте запросов, согласно IEC 61508, периодическая функциональная проверка не предусматривается. Доказательством работоспособности измерительной системы является частое обращение к ней. Однако при двухканальной архитектуре для подтверждения избыточного действия есть смысл проводить периодическую функциональную проверку через определенные промежутки времени.

Выполнение

Проверку следует выполнять так, чтобы она подтверждала функцию безопасности во взаимодействии всех компонентов. Это можно обеспечить путем достижения порога срабатывания при заполнении емкости. Если заполнение емкости до уровня срабатывания не является удобным, то срабатывание измерительной системы можно вызвать путем моделирования уровня или физического измерительного эффекта.

Применяемые методы и способы проверки должны быть указаны и охарактеризованы по степени пригодности. Сама проверка должна быть задокументирована.

Если одна из функциональных проверок протекает отрицательно, то вся измерительная система должна быть выведена из работы, а безопасное состояние процесса должно поддерживаться другими мерами.

При двухканальной архитектуре (1oo2D) данные указания должны выполняться отдельно для каждого канала.

Функциональная проверка без прерывания процесса

Альтернативой вышеописанной процедуре может быть периодическая проверка датчика VEGAPULS без прерывания процесса. Инструкцию по проверке с протоколом проверки см. в Приложении А к данному руководству.

1.7 Технические показатели безопасности

Основания

Значения частоты отказов электроники, механических частей датчика и присоединения определены посредством FMEDA в соответствии с IEC 61508. Расчет основан на значениях частоты отказов конструктивных элементов по SN 29500. Все числовые значения даны относительно средней температуры окружающей среды 40 °C (104 °F).

Для более высокой средней температуры 60 °C (140 °F) значения частоты отказов должны умножаться на эмпирический коэффициент 2,5. Аналогичный коэффициент действует при вероятности частых температурных колебаний.

Расчеты основываются на рекомендациях, изложенных в гл. "Проектирование".

Срок пользования

Через 8 - 12 лет значения частоты отказов электронных элементов увеличиваются, из-за чего ухудшаются производные от них значения PFD и PFH (IEC 61508-2, 7.4.7.4, Примечание 3).

Частота отказов

Действительно для защиты от переполнения и сухого хода:

λ_{sd}	0 FIT
λ_{su}	461 FIT
λ_{dd}	1129 FIT
λ_{du}	358 FIT
DC _s	0 %
DC _o	75 %
MTBF = MTTF + MTTR	0,45 x 10 ⁶ час

Время реакции на ошибку

VEGAPULS 61, 62, 63

E013 (Отсутствует измеренное значение)	2 ... 20 min в зависимости от применения
E042/E043 (Аппаратная ошибка)	< 2 min
E036/E037 (Отсутствует исполнимое ПО датчика)	< 25 h

VEGAPULS 65, 66

E013 (Отсутствует измеренное значение)	2 ... 8 min в зависимости от применения
E042/E043 (Аппаратная ошибка)	< 2 min
E036/E037 (Отсутствует исполнимое ПО датчика)	< 15 h

VEGAPULS 68 и VEGAPULS 61, 62, 63 с повышенной чувствительностью

E013 (Отсутствует измеренное значение)	2 ... 36 min в зависимости от применения
E042/E043 (Аппаратная ошибка)	< 4 min
E036/E037 (Отсутствует исполнимое ПО датчика)	< 80 h

Одноканальная архитектура (1oo1D)**Специфические числа**

SIL	SIL2
HFT	0
Тип устройства	Тип В

Действительно для защиты от переполнения и сухого хода:

SFF	81 %
-----	------

PFD_{avg}	
T _{Proof} = 1 год	< 0,157 x 10 ⁻²
T _{Proof} = 5 лет	< 0,779 x 10 ⁻²
PFH	< 0,358 x 10 ⁻⁶ /час

Изменение во времени PFD_{avg}

В пределах 10 лет изменение PFD_{avg} во времени приблизительно линейное по отношению ко времени работы. Данные выше значения действительны только для временного интервала T_{Proof} по истечении которого должна проводиться периодическая функциональная проверка.

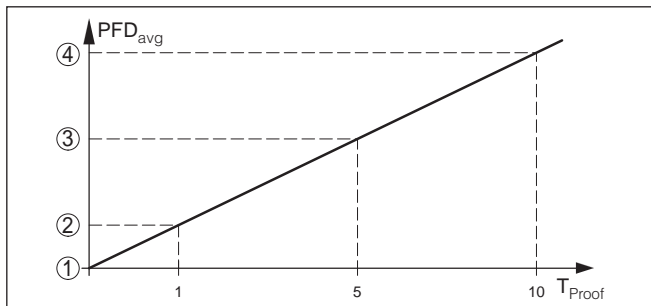


Рис. 1: Изменение PFD_{avg} во времени (числовые значения см. в таблицах выше)

- 1 PFD_{avg} = 0
- 2 PFD_{avg} через 1 год
- 3 PFD_{avg} через 5 лет
- 4 PFD_{avg} через 10 лет

Многоканальная архитектура

Специфические числа

При установке измерительной системы в многоканальной архитектуре числовые значения безопасности выбранной структуры измерительной цепи рассчитываются посредством приведенных выше значений частоты отказов специально для выбранного применения.

Необходимо учитывать соответствующий фактор общей причины отказов.

Измерительную систему разрешается устанавливать только в разнородно избыточной архитектуре!

2 Приложение А - Периодическая функциональная проверка

2.1 Условия

Описанная здесь методика позволяет проводить периодическую функциональную проверку без демонтажа устройства или достижения точки переключения с продуктом.

Данным методом обнаруживается 88 % или 96 % всех опасных необнаруженных ошибок устройства (λ_{du}).

Степень обнаружения ошибок λ_{du} 96 %

Если уже при начальной установке была создана документация датчика, можно проверять датчик со степенью обнаружения 96 % всех опасных необнаруженных ошибок.

Остающиеся опасные необнаруженные ошибки составляют 11 FIT.

FIT = Failure In Time (Отказ во времени 1 FIT = 1 отказ/10⁹ ч)



Примечание:

Следует учитывать возможность наличия последующей документации датчика. При проведении периодической функциональной проверки, такая проверочная документация должна быть составлена минимум 6 месяцев назад.

Степень обнаружения ошибок λ_{du} 88 %

Если при начальной установке не была создана документация датчика, то датчик можно проверять только со степенью обнаружения 88 % всех опасных необнаруженных ошибок.

Остающиеся опасные необнаруженные ошибки составляют в этом случае 32 FIT.

FIT = Failure In Time (Отказ во времени 1 FIT = 1 отказ/10⁹ ч)



Для Ex-применений следует соблюдать специальные указания по безопасности, которые входят в комплект поставки и прилагаются к каждому устройству с Ex-разрешением.



Внимание!

Периодическая функциональная проверка оказывает влияние на подключенные устройства. Следует учитывать, что подключенные устройства во время проведения проверки активируются.



Информация:

Для систематического ограничения возможных ошибок устройства, следует соблюдать заданный в данном руководстве порядок действий.



Информация:

Периодическую функциональную проверку следует задокументировать, например, в протоколе проверки (см. Приложение). Для облегчения составления протокола и для дальнейших функциональных проверок рекомендуется перед заполнением скопировать пустой бланк протокола.

Данную дополнительную информацию можно также загрузить через Download на нашей домашней странице.

**Информация:**

Периодическая функциональная проверка не может заменить требуемую проверку по WHG.

2.2 Требования к персоналу

Данное руководство предназначено только для обученного и допущенного к работе с прибором персонала.

При работе с устройством требуется всегда иметь необходимые средства индивидуальной защиты.

2.3 Требуемые вспомогательные средства

- Данная инструкция по проверке
- PACTware
- Актуальная VEGA DTM Collection
- DTM устройства соответствующего датчика (составная часть VEGA DTM Collection)
- Коммуникационный DTM (составная часть VEGA DTM Collection)
- Интерфейсный адаптер VEGACONNECT
- Измеритель тока или ПЛК либо РСУ (точность $\pm 0,2\%$)
- Руководство по эксплуатации датчика
- Safety Manual

2.4 Необходимые сравнительные данные

Для проверки установок должны быть использованы данные начальной установки.

Для этого необходимы следующие данные начальной установки:

- Документация начальной установки датчика со всеми параметрами или документация датчика, созданная минимум 6 месяцев назад
- Документация всех изменений параметров после начальной установки

**Примечание:**

Если документация начальной установки датчика или документация датчика, созданная минимум 6 месяцев назад, отсутствуют, то описанная здесь периодическая функциональная проверка (λ_{cu} 96 %) не может быть выполнена в полном объеме. В этом случае возможна только проверка со степенью обнаружения 88 % всех опасных необнаруженных ошибок.

2.5 Требуемое состояние технологической установки



Осторожно!

Необходимо обеспечить, чтобы во время периодической функциональной проверки на технологической установке не происходило существенных изменений условий процесса, т.е. во время проверки емкость заполняется или опорожняется только минимально. Следует учитывать, что изменения температуры, работа мешалок, протекающие в емкости реакции и т.п. могут привести к изменению уровня в емкости.



Информация:

Задokumentировать периодическую функциональную проверку протоколом проверки (см. Приложение)

Для проведения периодической функциональной проверки должны быть выполнены следующие условия:

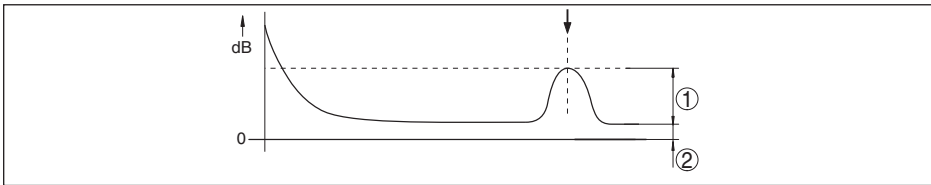


Рис. 2: Эхосигнал уровня - VEGAPULS

- 1 Амплитуда полезного эхосигнала над уровнем шумов (отношение сигнал/шум)
- 2 Уровень шумов

- Уровень должен находиться в следующих зонах:
 - Минимальное расстояние до уровня: нижний край антенны +200 мм
 - Уровень над дном емкости ≥ 250 мм
 - Надежность измерения минимум 20 дБ (амплитуда полезного эхосигнала над уровнем шумов). Надежность измерения может быть проверена во время проведения проверки.
- Условия процесса должны быть, по возможности, постоянными (уровень, давление процесса, температура процесса)
- Такой же продукт, как при начальной установке, или продукт, по крайней мере, принадлежащий к той же группе продуктов
 - Растворители/сжиженные газы/углеводороды/масла (значение DK < 3)
 - Химические смеси (значение DK 3 ... 10)
 - Водные растворы/кислоты/основания (значение DK > 10 или проводящие)

2.6 Порядок проведения периодической функциональной проверки

Периодическая функциональная проверка проводится в следующем порядке:

- 2.7 Перезапуск датчика
- 2.8 Проверка токового выхода
- 2.9 Проверка параметров устройства (только с документацией датчика)
- 2.10 Проверка эхо-данных (только с документацией датчика)
- 2.11 Реакция датчика на изменение уровня



Информация:

Задokumentировать периодическую функциональную проверку протоколом проверки (см. Приложение)

Функциональная проверка неуспешная

Если какой-либо из пунктов проверки не может быть успешно завершен, вероятно, имеет место опасная необнаруженная ошибка. Периодическая функциональная проверка не удалась.

Подтверждение функциональной безопасности в этом случае может быть осуществлено только путем достижения точки переключения.

2.7 Функциональная проверка - перезапуск датчика

Данным пунктом проверяется, выдает ли датчик после перезапуска то же самое значение в пределах предписанной минимальной точности.



Внимание!

Периодическая функциональная проверка оказывает влияние на подключенные устройства. Следует учитывать, что подключенные устройства во время проведения проверки активируются.

Для проведения перезапуска датчика выполнить следующее:

Перед перезапуском

1. Запустить PACTware и соответствующий DTM датчика.
Обеспечить соблюдение условий технологической установки. См. "*Требуемое состояние технологической установки*".
(Текущий уровень в указанной зоне или надежность измерения минимум 20 дБ)
2. Установить индикацию на "Ток".
3. Уровень зависит от колебаний условий процесса или состояния технологической установки. Следить на индицируемые токовыми значениями в соответствующем промежутке времени.
Учитывать возможную установку демпфирования у датчика.
4. Записать верхнее и нижнее предельные значения измеренного значения.
5. Измерить выходной ток датчика.

Для этого предпочтительно использовать индикацию входного токового значения в системе обработки сигнала.
Если такой возможности нет, подключить измеритель тока согласно следующей схеме:

Измеритель тока используется для проверки токового выхода в следующем пункте проверки. Точность измерителя тока должна быть выше чем 0,2 %. Выбрать наименьший диапазон, покрывающий 4 ... 20 мА.

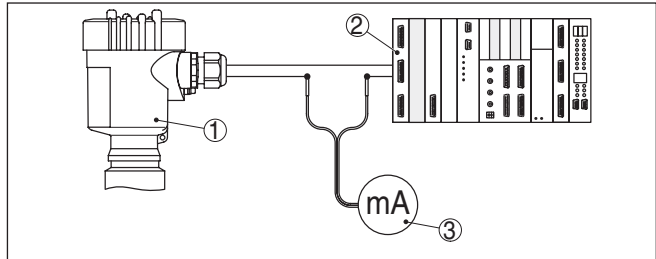


Рис. 3: Подключение измерителя тока

- 1 Уровнемер
- 2 Система формирования сигнала
- 3 Измеритель тока

6. Выключить питание.
7. Снова включить питание через прикл. 10 секунд.

Если во время или после отключения питания программное обеспечение выдает ошибку связи, эту ошибку нужно квитировать.

После подключения датчика к питанию или после восстановления напряжения в течение прикл. 30 сек. выполняется самопроверка прибора:

- Внутренняя проверка электроники
- Кратковременный скачок выходного сигнала до установленного токового значения отказа

После этого на линию выдается соответствующее уровню значение тока.

После повторного включения

1. Уровень зависит от колебаний условий процесса или состояния технологической установки. Следить на индицируемые токовыми значениями в соответствующем промежутке времени.
2. Записать верхнее и нижнее предельные значения измеренного значения.
3. Сравнить записанные текущие токовые значения с записанными ранее значениями.

Оба значения должны совпадать в пределах точности безопасности $\pm 2\%$ ($\pm 0,32$ мА).

Если оба дифференциальных значения лежат в пределах точности безопасности, проверка перезапуском произведена успешно.

Перейти к следующему пункту проверки.

2.8 Функциональная проверка - Проверка токового выхода

В данном пункте через токовый выход моделируются определенные значения уровня. Посредством этого проверяется состояние датчика при различных значениях токового выхода и состоянии переключения.



Внимание!

Периодическая функциональная проверка оказывает влияние на подключенные устройства. Следует учитывать, что подключенные устройства во время проведения проверки активируются.

Моделирование 4 мА

1. В DTM выбрать меню "Сервис" и подменю "Моделирование".
2. Выбрать "Ток" в качестве измеряемой величины для моделирования.
3. Активировать моделирование.
4. Установить значение моделирования на 4 мА.
Учитывать, что подключенные устройства активируются.
5. Принять значение моделирования.
Подождать прибл. 30 сек.
Происходит моделирование и выдается соответствующий ток.
6. Записать значение (моделирование 4 мА), показанное измерителем тока.
Это значение должно совпадать с моделированным значением в пределах точности безопасности 2 % ($\pm 0,32$ мА).

Если оба значения совпадают, продолжить моделирование.

Моделирование 20 мА

1. Установить значение выполняемого моделирования на 20 мА.
Учитывать, что подключенные устройства активируются.
2. Принять значение моделирования.
Подождать прибл. 30 сек.
Происходит моделирование и выдается соответствующий ток.
3. Записать значение (моделирование 20 мА), показанное измерителем тока.
Это значение должно совпадать с моделированным значением в пределах точности безопасности 2 % ($\pm 0,32$ мА).

Если оба значения совпадают, проверка токового выхода произведена успешно.



Осторожно!

Деактивировать моделирование.

Перейти к следующему пункту проверки.

2.9 Функциональная проверка - Проверка параметров устройства



Примечание:

Для данного пункта проверки требуется документация датчика при начальной установке или последняя документация датчика (минимум 6 месяцев назад). Если с тех пор было произведено какое-либо изменение параметров, то требуется также протокол или документация датчика с данным изменением параметров.

Если такая документация датчика отсутствует, то описанная здесь периодическая функциональная проверка не может быть выполнена в полном объеме. В этом случае возможна только проверка со степенью обнаружения 88 % всех опасных необнаруженных ошибок.

В этом случае перейти к пункту проверки "*Реакция датчика на изменение уровня*" или создать актуальную документацию датчика и выполнить проверку минимум через 6 месяцев. В этой связи, проверить правильность текущего параметрирования.

Документация датчика была создана сразу после начальной установки или минимум 6 месяцев назад. Для оценки параметров устройства должна использоваться такая документация начальной установки, актуальная документация датчика после последнего изменения параметров или созданная 6 месяцев назад и проверенная документация датчика.

Создание актуальной документации датчика

Для создания документации датчика с актуальными параметрами устройства выполнить следующее:

1. В DTM выбрать функцию "Печать".
2. Для полной документации датчика выбрать все параметры устройства (за исключением специальных параметров).

Далее будет создан многостраничный pdf-файл, содержащий все релевантные данные датчика.

3. Сохранить этот pdf-документ и распечатать его для безопасности.
4. Сравнить параметры устройства в этой актуальной документации датчика с документацией датчика при начальной установке или при последнем изменении параметров.

Отклоняющиеся параметры должны быть задокументированы, обоснованы и проверены на правильность.

Если актуальная документация датчика совпадает с сохраненной документацией датчика или если измененные параметры правильные, проверка параметров устройства произведена успешно.

Перейти к следующему пункту проверки.

2.10 Проверка эхо-данных



Примечание:

Для этого пункта проверки требуется документация начальной установки датчика или документация датчика, созданная минимум 6 месяцев назад.

Если такая документация отсутствует, описанная здесь периодическая функциональная проверка ($\lambda_{\text{ду}}$ 96 %) невыполнима.

Возможна только проверка со степенью обнаружения 88 % всех опасных необнаруженных ошибок. В этом случае пропустить данный пункт проверки.

В этом случае перейти к пункту проверки "*Реакция датчика на измерение уровня*".

Для оценки эхосигналов уровня использовать оба pdf-файла документации датчика.

Под заголовком "Эхо-кривая" находится краткая таблица "Эхо-данные". Данные этой таблицы релевантны для оценки.

Сравнить значения обеих таблиц эхо-данных. Саму эхо-кривую сравнить нельзя.

Расчет коэффициента коррекции

Выполнить следующую процедуру:

1. Сравнить расстояние [m] до обоих эхосигналов уровня (актуального/при начальной установке).
2. Разделить расстояние [m] до актуального уровня на расстояние [m] до эхосигнала уровня при начальной установке.
Округлить относительное значение "V" математически до одной позиции после запятой.
3. Для вычисленного относительного значения "V" в следующей таблице найти соответствующий коэффициент коррекции (дБ).
4. С коэффициентом коррекции вычислить скорректированное значение амплитуды.

Это скорректированное значение амплитуды [дБ] актуального эхосигнала уровня может быть больше, но только максимум на 6 дБ меньше, чем амплитуда эхосигнала уровня при начальной установке.

Отношение "V"	Значение коррекции (дБ)
0,5	-6
0,6	-4,5
0,7	-3
0,8	-2
0,9	-1
1,0	-0

Отношение "V"	Значение коррекции (дБ)
1,1	+0,8
1,2	+1,5
1,3	+2,3
1,4	+3
1,5	+3,5
1,6	+4
1,7	+4,6
1,8	+5
1,9	+5,6
2,0	+6

Пример

При начальной установке эхосигнал уровня имел 32 дБ.
Расстояние [m] до продукта было 12,9 м.

Актуальный эхосигнал уровня имеет 25 дБ. Расстояние [m] до продукта составляет 15,8 м.

Деление актуального расстояния [m] расстояния [m] при начальной установке: $15,8 \text{ м} : 12,9 \text{ м} = 1,224$

Математическое округление до одного знака после запятой:
 $1,224 \rightarrow 1,2$

Значение коррекции для относительного значения (1,2): + 1,5

Расчет скорректированного значения амплитуды:
 $25 \text{ дБ} + 1,5 = 26,5 \text{ дБ}$

Результат в данном примере (26,5 дБ) лежит в пределах допуска - 6 дБ (32 дБ - 6 дБ = 26 дБ)

В данном примере этот пункт проверки выполнен успешно.

При сравнении эхо-данных должны совпадать следующие критерии:

- Если перед эхосигналом уровня (наибольшая вероятность полезного эхосигнала) стоят ложные эхосигналы, они должны иметь вероятность полезного эхосигнала 0 %.
- Амплитуда [дБ] (с коэффициентом коррекции) актуального эхосигнала уровня (наибольшая вероятность полезного эхосигнала) совпадает с соответствующим значением эхосигнала уровня при начальной установке (допуск max. -6 дБ). То есть, текущий эхосигнал уровня может быть больше, но только максимум на 6 дБ меньше, чем эхосигнал уровня при начальной установке.

Если исполняются все вышеописанные условия, измерение работает правильно и проверка эхо-данных была успешной.

Перейти к следующему пункту проверки.

2.11 Функциональная проверка - Реакция датчика на изменение уровня

В данном пункте проверки наблюдается реакция датчика в течение изменения уровня.

1. Индикацию в DTM датчика установить на "Расстояние".
2. Изменить заполнение емкости.

При этом неважно, заполняется или опорожняется емкость.

Скорость заполнения также нерелевантна.

Изменение уровня должно составлять минимум 50 мм.

3. Наблюдать реакцию датчика.

Измеренное значение [m(d)] при опорожении/заполнение изменяется в правильном направлении?

Индицируемое измеренное значение (расстояние) является расстоянием между уплотнительной поверхностью датчика и поверхностью продукта.

- При заполнении измеренное значение уменьшается.
- При опорожении измеренное значение увеличивается.

Если значение уровня изменяется аналогично изменению уровня, измерение работает правильно и оценка реакции датчика выполнена успешно.

Если все функциональные тесты были успешны, периодическая функциональная проверка завершена.



Примечание:

Если для периодической функциональной проверки использовался измеритель тока, то после завершения периодической функциональной проверки необходимо отключить датчик и удалить измеритель тока из линии датчика.

2.12 Результат периодической функциональной проверки

Если все пункты проверки были выполнены успешно, периодическая функциональная проверка была успешной.

Выполненные пункты проверки	
2.7 / 2.8 / 2.9 / 2.10 / 2.11	Степень обнаружения ошибок λ_{du} 96 %
2.7 / 2.8 / 2.11 (Документация датчика при начальной установке или созданная не менее чем 6 месяцев назад документация отсутствует)	Степень обнаружения ошибок λ_{du} 88 %

Проверка должна повторяться регулярно. Временные интервалы зависят от взятого значения PFD_{avg} в соответствии с данными в Safety Manual (SIL).

Если какой-либо из пунктов проверки (2.7 / 2.8 / 2.11) не мог быть успешно завершен, вероятно, имеет место опасная

Функциональная проверка успешная

Функциональная проверка неуспешная

необнаруженная ошибка. Периодическая функциональная проверка не удалась.

Подтверждение функциональной безопасности в этом случае может быть осуществлено только путем достижения точки переключения.

2.13 Протокол проверки - Периодическая функциональная проверка

При копировании данного протокола следует на каждой странице отметить дату функциональной проверки, место измерения и серийный номер датчика.

Заданные параметры VEGAPULS	
Проверяющий	
Имя места измерения (ТЕГ датчика)	
Тип датчика	
Серийный номер датчика	
Версия ПО	
Требуемое состояние технологической установки (соотв. п. 2.5)	<input type="checkbox"/> соблюдено
Система совокупной безопасности (SIS)	<input type="checkbox"/> да
Активация SIL	<input type="checkbox"/> да
Продукт или группа продуктов	
Дата начальной установки (документация датчика)	
Дата последней функциональной проверки (если выполнена)	

Тест 2.7 - Перезапуск датчика		
Измеренное значение перед выключением	Значение тока min. в mA	Значение тока max. в mA
Измеренное значение после повторного включения	Значение тока min. в mA	Значение тока max. в mA
Разность токовых значений	Значение тока min. в mA	Значение тока max. в mA
Длительность наблюдения в секундах		
Результат проверки Значение Min. и Max.	<input type="checkbox"/> Отклонение $\leq 2\%$ (Пункт проверки успешный)	<input type="checkbox"/> Отклонение $> 2\%$ (Пункт проверки неуспешный)

Тест 2.8 - Проверка токового выхода		
Нижнее значение моделирования (4 mA)	Показания измерителя тока в mA	
Промежуточный результат $\leq 2\%$ ($\leq 0,32$ mA)	<input type="checkbox"/> Соответствует	<input type="checkbox"/> Не соответствует
Верхнее значение моделирования (20 mA)	Показания измерителя тока в mA	

Тест 2.8 - Проверка токового выхода		
Промежуточный результат $\leq 2\%$ ($\leq 0,32\text{ mA}$)	<input type="checkbox"/> Соответствует	<input type="checkbox"/> Не соответствует
Результат теста - Общий	<input type="checkbox"/> Соответствует	<input type="checkbox"/> Не соответствует

Тест 2.9 - Проверка параметров устройства		
<input type="checkbox"/> Документация датчика при начальной установке имеется или <input type="checkbox"/> Документация датчика (минимум 6 месяцев назад) имеется	Имя файла:	
	<input type="checkbox"/> Параметры соответствуют	
	<input type="checkbox"/> Параметры не соответствуют - Однако их правильность проверена	Имя файла:
<input type="checkbox"/> Документация датчика при начальной установке отсутствует	<input type="checkbox"/> Параметры не соответствуют - Отклонение неприемлемое	Имя файла:
	<input type="checkbox"/> Параметры проверены на правильность и сохранены (новая проверка требуется через 6 месяцев)	Имя файла:
Результат проверки	<input type="checkbox"/> Все параметры правильные или проверены на правильность	<input type="checkbox"/> Параметры неправильные
	Проверяющий:	

Тест 2.10 - Проверка эхо-данных		
Нет ложных эхосигналов или эхосигналов с вероятностью полезного эхосигнала 0 %	<input type="checkbox"/> Соответствует	<input type="checkbox"/> Не соответствует
Соответствующая амплитуда	<input type="checkbox"/> В допустимой зоне	<input type="checkbox"/> Не в допустимой зоне
Результат проверки	<input type="checkbox"/> Соответствует	<input type="checkbox"/> Не соответствует

Тест 2.11 - Проверка реакции датчика		
Уменьшение уровня	<input type="checkbox"/> Значение расстояния [m] увеличивается	<input type="checkbox"/> Другая реакция
Повышение уровня	<input type="checkbox"/> Значение расстояния [m] уменьшается	<input type="checkbox"/> Другая реакция
Результат проверки	<input type="checkbox"/> Соответствующая реакция датчика	<input type="checkbox"/> Реакция датчика не соответствует

● Итоговый вывод 96 % (λ_{du})		
	Дата	Подпись
Тест 2.7 / 2.8 / 2.9 / 2.10 / 2.11	<input type="checkbox"/> Все пять пунктов проверки выполнены	<input type="checkbox"/> Один из нескольких пунктов проверки не выполнены

● Итоговый вывод 88 % (λ_{du})		
	Дата	Подпись
Тест 2.7 / 2.8 / 2.11	<input type="checkbox"/> Все три пункта проверки выполнены	<input type="checkbox"/> Один или несколько пунктов проверки не выполнены

Дата _____

Подпись _____

3 Приложение В - Акт проверки



FMEDA and Proven-in-use Assessment

Project:

Radar Transmitters VEGAPULS 60
for level measurement of liquids and solids

Customer:

VEGA Grieshaber KG
Schiltach
Germany

Contract No.: VEGA 04/08-03

Report No.: VEGA 04/08-03 R008

Version V3, Revision R1.0, June 2006

Stephan Aschenbrenner

The document was prepared using best effort. The authors make no warranty of any kind and shall not be liable in any event for incidental or consequential damages in connection with the application of the document.
© All rights on the format of this technical report reserved.



Management summary

This report summarizes the results of the hardware assessment with proven-in-use consideration according to IEC 61508 / IEC 61511 carried out on the radar transmitters VEGAPULS 60 with 4..20 mA HART® output and software version Rev. 3.32. The devices manufactured in the USA by the Ohmart / VEGA Corporation carry the same name and are identically constructed under comparable quality aspects. Table 1 gives an overview of the different types that belong to the considered radar transmitters VEGAPULS 60.

The hardware assessment consists of a Failure Modes, Effects and Diagnostics Analysis (FMEDA). A FMEDA is one of the steps taken to achieve functional safety assessment of a device per IEC 61508. From the FMEDA, failure rates are determined and consequently the Safe Failure Fraction (SFF) is calculated for the device. For full assessment purposes all requirements of IEC 61508 must be considered.

Table 1: Version overview

(K-Band ~26GHz)		(C-Band ~6,3GHz)	
VEGAPULS 61	horn antenna – PVDF - enclosed	VEGAPULS 65	rod antenna
VEGAPULS 62	horn antenna / parabolic antenna	VEGAPULS 66	with or without horn antenna
VEGAPULS 62	standpipe	VEGAPULS 66 (HT)	with or without horn antenna (high temperature version)
VEGAPULS 63	horn antenna – PTFE - enclosed (flush mounted with flange)		
VEGAPULS 68	horn antenna / parabolic antenna – for bulk solids		

For safety applications only the 4..20 mA output was considered. All other possible output variants or electronics are not covered by this report. The different devices can be equipped with or without display.

The failure rates used in this analysis are the basic failure rates from the Siemens standard SN 29500.

According to table 2 of IEC 61508-1 the average PFD for systems operating in low demand mode has to be $\geq 10^{-3}$ to $< 10^{-2}$ for SIL 2 safety functions. A generally accepted distribution of PFD_{AVG} values of a SIF over the sensor part, logic solver part, and final element part assumes that 35% of the total SIF PFD_{AVG} value is caused by the sensor part.

For a SIL 2 application operating in low demand mode the total PFD_{AVG} value of the SIF should be smaller than 1,00E-02, hence the maximum allowable PFD_{AVG} value for the sensor part would then be 3,50E-03.

The radar transmitters VEGAPULS 60 are considered to be Type B¹ components with a hardware fault tolerance of 0.

Type B components with a SFF of 60% to < 90% must have a hardware fault tolerance of 1 according to table 3 of IEC 61508-2 for SIL 2 (sub-) systems.

¹ Type B component: "Complex" component (using micro controllers or programmable logic); for details see 7.4.3.1.3 of IEC 61508-2.



As the radar transmitters VEGAPULS 60 are supposed to be proven-in-use devices, an assessment of the hardware with additional proven-in-use demonstration for the radar transmitters and their software was carried out. Therefore according to the requirements of IEC 61511-1 First Edition 2003-01 section 11.4.4 and the assessment described in section 5.6 a hardware fault tolerance of 0 is sufficient for SIL 2 (sub-) systems being Type B components and having a SFF of 60% to < 90%.

VEGA did a qualitative analysis of the mechanical parts of the radar transmitters VEGAPULS 60 (see [D11]). This analysis was used by *exida* to calculate the failure rates of the sensor elements using different failure rate databases ([N6], [N7], [N8] and *exida*'s experienced-based data compilation) for the different components of the sensor elements (see [R2] to [R9]). The results of the quantitative analysis were used for the calculations described in sections 5.2 to 5.7.

Assuming that the application program in the safety logic solver is configured to detect under-range and over-range failures and does not automatically trip on these failures, these failures have been classified as dangerous detected failures. The following tables show how the above stated requirements are fulfilled.

Table 2: Summary for the worst case version – Failure rates

Failure category	Failure rates (in FIT)
Fail Dangerous Detected	1129
Fail detected (internal diagnostics or indirectly) = $\lambda_{su} + \lambda_{dd}$	462
Fail low (detectable by the logic solver)	639
Fail High (detectable by the logic solver)	28
Fail Dangerous Undetected	358
No Effect	409
Annunciation Undetected	52
Not part	295
MTBF = MTTF + MTTR	51 years

Table 3: Summary for the worst case version – IEC 61508 Failure rates

λ_{SD}	λ_{SU}^2	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF	DC _S ³	DC _D ³
0 FIT	461 FIT	1129 FIT	358 FIT	81%	0%	75%




Table 4: Summary for the worst case version – PFD_{AVG} values

T[Proof] = 1 year	T[Proof] = 5 years	T[Proof] = 10 years
PFD _{AVG} = 1,57E-03	PFD _{AVG} = 7,79E-03	PFD _{AVG} = 1,55E-02

² Note that the SU category includes failures that do not cause a spurious trip

³ DC means the diagnostic coverage (safe or dangerous) for the radar transmitters VEGAPULS 60 by the safety logic solver.



The boxes marked in yellow () mean that the calculated PFD_{AVG} values are within the allowed range for SIL 2 according to table 2 of IEC 61508-1 but do not fulfill the requirement to not claim more than 35% of this range, i.e. to be better than or equal to $3,50E-03$. The boxes marked in green () mean that the calculated PFD_{AVG} values are within the allowed range for SIL 2 according to table 2 of IEC 61508-1 and do fulfill the requirement to not claim more than 35% of this range, i.e. to be better than or equal to $3,50E-03$. The boxes marked in red () mean that the calculated PFD_{AVG} values do not fulfill the requirements for SIL 2 according to table 2 of IEC 61508-1.

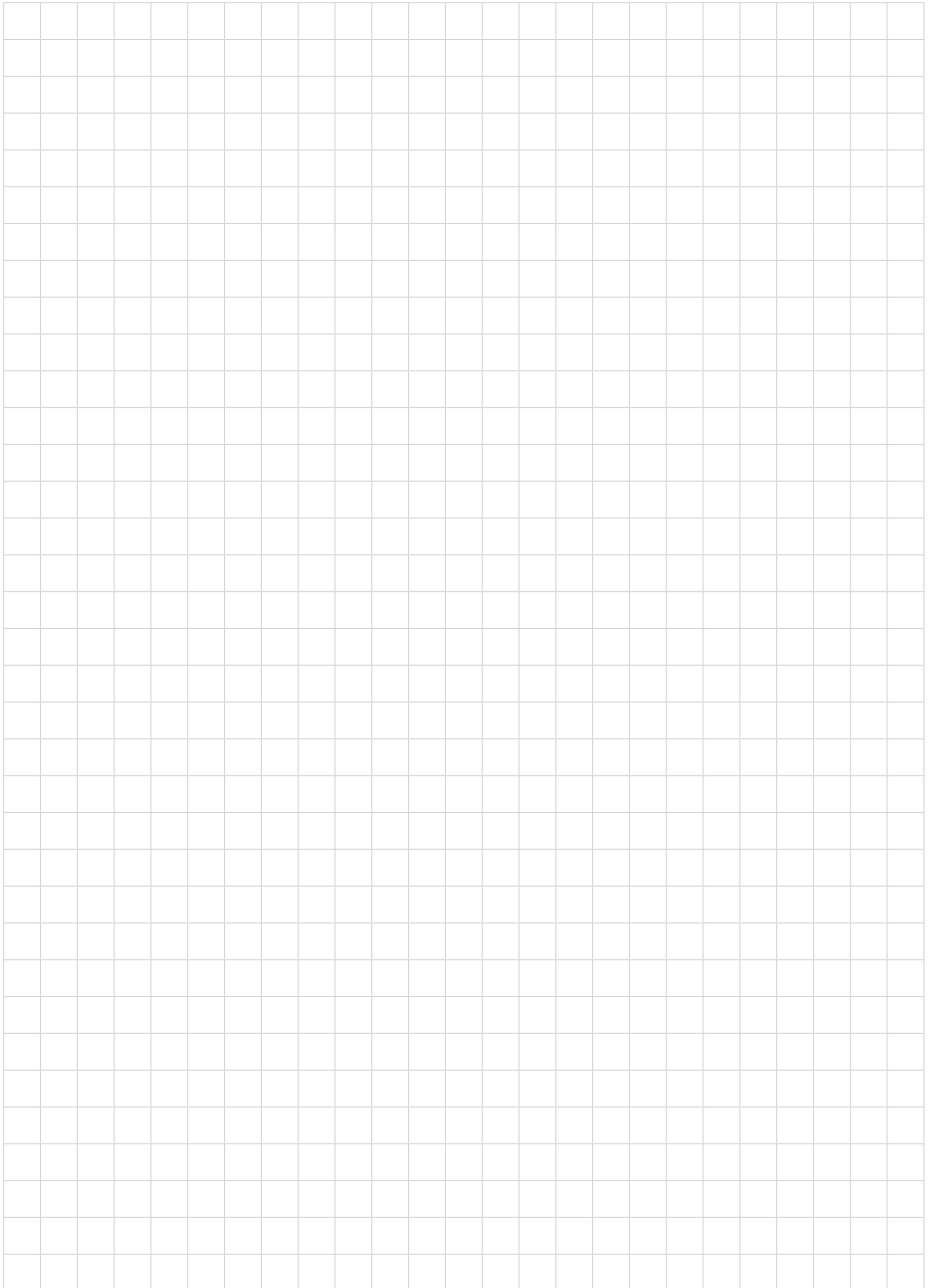
The failure rates listed above do not include failures resulting from incorrect use of the radar transmitters VEGAPULS 60, in particular humidity entering through incompletely closed housings or inadequate cable feeding through the inlets.

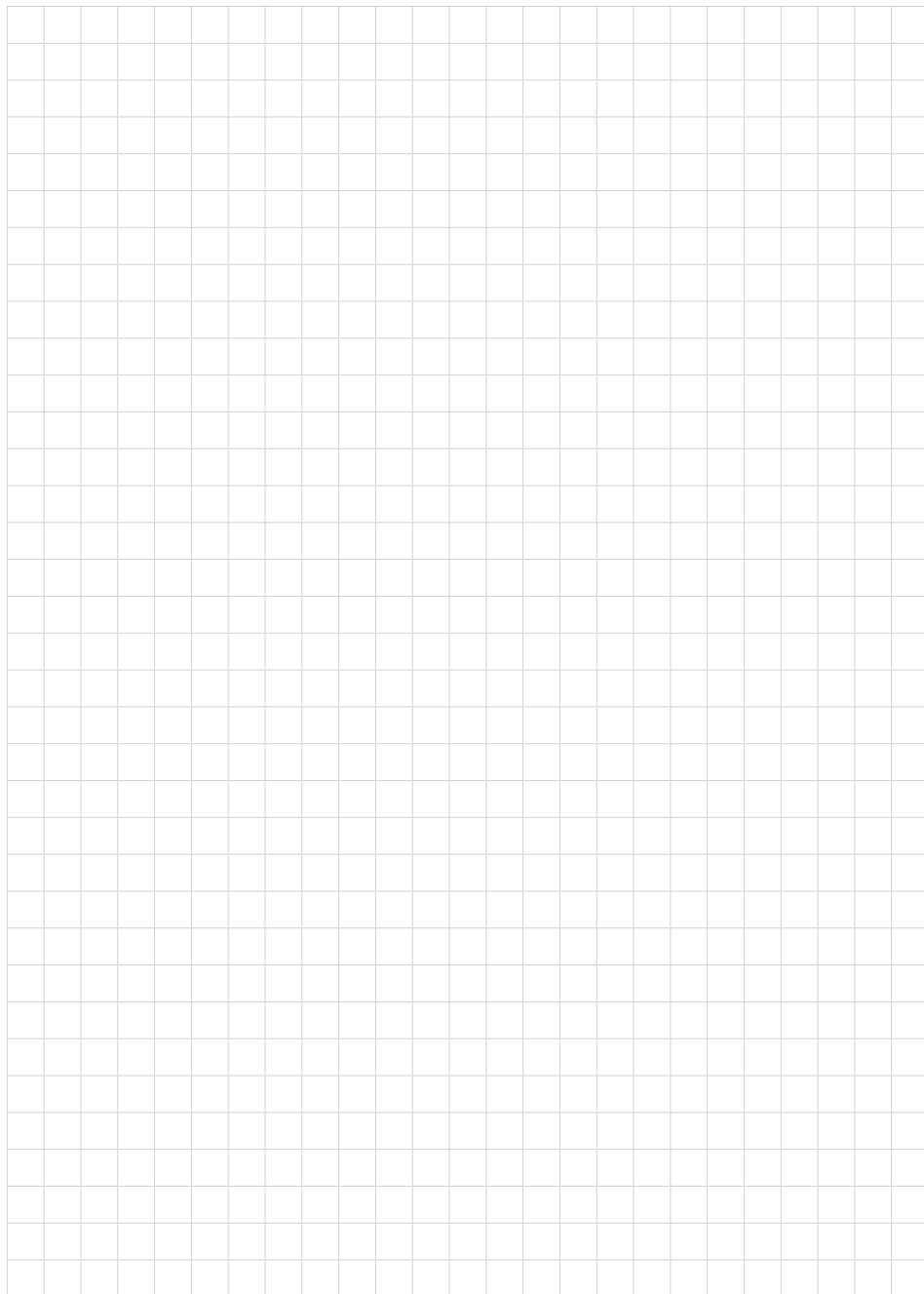
The listed failure rates are valid for operating stress conditions typical of an industrial field environment similar to IEC 60654-1 class C (sheltered location) with an average temperature over a long period of time of $40^{\circ}C$. For a higher average temperature of $60^{\circ}C$, the failure rates should be multiplied with an experience based factor of 2,5. A similar multiplier should be used if frequent temperature fluctuation must be assumed.

A user of the radar transmitters VEGAPULS 60 can utilize these failure rates in a probabilistic model of a safety instrumented function (SIF) to determine suitability in part for safety instrumented system (SIS) usage in a particular safety integrity level (SIL). A full table of failure rates for different operating conditions is presented in sections 5.2 to 5.7 along with all assumptions.

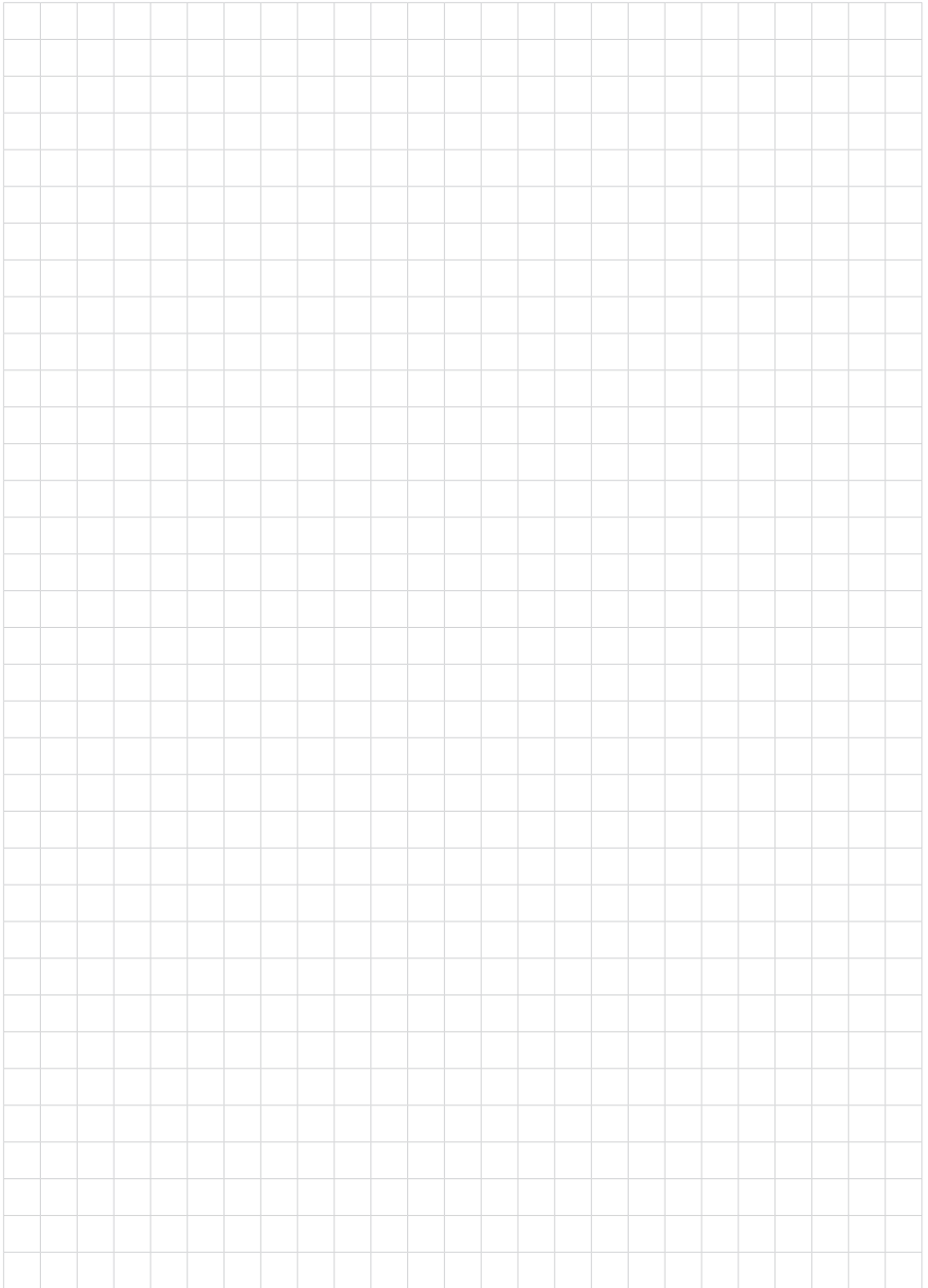
It is important to realize that the "no effect" failures and the "annunciation" failures are included in the "safe undetected" failure category according to IEC 61508. Note that these failures on its own will not affect system reliability or safety, and should not be included in spurious trip calculations.

The failure rates are valid for the useful life of the radar transmitters VEGAPULS 60 (see Appendix 3).





31338-RU-130507



Дата печати:

VEGA



Вся приведенная здесь информация о комплектности поставки, применении и условиях эксплуатации датчиков и систем обработки сигнала соответствует фактическим данным на момент.

Возможны изменения технических данных

© VEGA Grieshaber KG, Schiltach/Germany 2013



31338-RU-130507

VEGA Grieshaber KG
Am Hohenstein 113
77761 Schiltach
Germany

Phone +49 7836 50-0
Fax +49 7836 50-201
E-mail: info.de@vega.com
www.vega.com