

## Предисловие

### SIMATIC

Обработка  
аналоговых  
сигналов в S7-1500,  
ET 200MP, ET 200SP,  
ET 200AL, ET 200pro,  
ET 200eco PN


Руководство по  
использованию


Ссылки на документацию	1
Что необходимо знать об аналоговой технике	2
Представление аналоговых значений	3
Подключение датчиков	4
Термопары	5
Подключение нагрузки/приводов	6
Поддерживаемые функции	7
Высокоскоростные аналоговые модули	8

# Важная информация

## Система предупреждений

Данное руководство содержит особые замечания, призванные обратить внимание пользователя на обстоятельства, связанные с безопасностью для персонала и имущества. Замечания, касающиеся безопасности для жизни и здоровья персонала, отмечены значком с восклицательным знаком. Варианты оформления замечаний с разной степенью риска представлены ниже:

 <b>Опасность</b>
Замечание, игнорирование которого <b>приведет</b> к гибели или <b>причинит</b> тяжелый ущерб здоровью людей.

 <b>Предупреждение</b>
Замечание, игнорирование которого <b>может привести</b> к гибели или <b>может причинить</b> тяжелый ущерб здоровью людей.

 <b>Предостережение</b>
Замечание, игнорирование которого <b>может причинить</b> легкий ущерб здоровью людей.

<b>Предостережение</b>
Замечание, игнорирование которого может причинить ущерб оборудованию и имуществу.


В случае, когда одновременно присутствуют риски с разным уровнем опасности, следует замечание об опаснейшем из имеющихся рисков. Замечания, отмеченные как опасные для жизни и здоровья людей, могут содержать также информацию о рисках для имущества.

## Квалификация персонала

Продукт/система, описанные в данной документации, предназначены для использования только персоналом, имеющим соответствующую квалификацию и подготовку и в соответствии с актуальной документацией, в частности, содержащей необходимые замечания, касающиеся безопасности для персонала и имущества. Квалифицированный персонал - это персонал, который используя свои знания и опыт, способен оценить все риски и избежать потенциальных опасностей при работе с представленным продуктом/системой.

## Правильное использование продукции Siemens

Необходимо учитывать следующее:

 <b>Предупреждение</b>
Продукты Siemens предназначены только для задач, указанных в каталоге, и в соответствии с технической документацией. Применение изделий других производителей возможно при наличии рекомендаций и разрешений Siemens. При транспортировке, хранении, сборке, установке, пуске, наладке, эксплуатации и обслуживании необходимо использовать только рекомендованные режимы и действия. Во всех случаях необходимо обеспечивать регламентированные условия окружающей среды. Вся необходимая информация может быть получена из актуальной документации Siemens.

## Торговые марки

Все названия, помеченные символом ®, являются зарегистрированными торговыми марками Siemens AG. Другие наименования, используемые в данной документации, также могут быть торговыми марками, неправомерное использование которых сторонними участниками может нарушать права их владельцев.

## Отказ от ответственности

Мы проверили содержание данной публикации на соответствие описанному программному и аппаратному обеспечению. Так как нельзя заранее предусмотреть всех возможных изменений, мы не можем гарантировать их полное соответствие на текущий момент. Тем не менее, информация в данной документации регулярно просматривается и все необходимые изменения включаются в последующие издания.

# Предисловие

## Назначение данной документации

В данном руководстве рассматриваются общие вопросы, касающиеся следующих устройств: S7-1500, ET 200MP, ET 200SP, ET 200AL, ET 200pro и ET 200eco PN.

Кроме общей информации о технологии обработки аналоговых сигналов в данном руководстве рассматриваются следующие темы:

- Подключение датчиков к аналоговым входам
- Подключение приводов/нагрузок к аналоговым выходам
- Термокомпенсация при измерении температуры
- Калибровка аналоговых модулей
- Диагностические функции аналоговых модулей
- Высокоскоростные аналоговые модули

## Требования к уровню базовой подготовки

Для понимания данного документа необходимо обладать следующими знаниями:

- Необходимо обладать общими знаниями в области технологии автоматического управления
- Необходимо обладать знаниями в области обработки аналоговых сигналов (аналоговой техники)
- Необходимо обладать знаниями в области использования систем автоматического управления SIMATIC
- Необходимо обладать знаниями в области использования программного обеспечения STEP 7 (TIA Portal)

## Область применения данного руководства

Данное руководство актуально для следующих устройств, предназначенных для работы с аналоговыми сигналами: S7-1500, ET 200MP, ET 200SP, ET 200AL, ET 200pro и ET 200eco PN.

## Изменения в сравнении с предыдущей версией документа

Изменения и добавления материала в данном руководстве по сравнению с предыдущей версией документа от 12 / 2013:

- Данная документация распространяется также на децентрализованную систему ввода/вывода сигналов ET 200AL.

## Соглашения

STEP 7: в данном документе под термином "STEP 7" имеется в виду ПО STEP 7, начиная с версии V12 (TIA Portal), программное обеспечение для конфигурирования и программирования систем автоматизации производственных процессов.

В данном документе встречаются изображения описываемого оборудования. Поставляемое заказчику оборудование может незначительно отличаться от представленного на иллюстрациях.

Обращайте внимание на примечания, отображаемые следующим образом:

---

### Примечание

Примечание может содержать важную информацию по вопросам, описываемым в данной документации, на которую Вам необходимо обратить особое внимание.

---

## Дополнительная поддержка

Вы также можете найти следующую дополнительную информацию по продуктам Siemens в Интернете по следующим адресам:

- Подборка технической документации по продуктам и системам SIMATIC (<http://www.siemens.com/simatic-tech-doku-portal>)
- Каталог продукции и интерактивная система для заказа необходимых продуктов (<http://mall.automation.siemens.com>)

## Вопросы безопасности

Siemens предоставляет продукты и решения для систем автоматизации с поддержкой функций промышленной безопасности для обеспечения безопасной эксплуатации установок, систем автоматического управления, механизмов и машин и/или сетей. Эти функции безопасности являются важным компонентом концепции комплексной промышленной безопасности. В этом ключе изделия и решения для систем автоматизации Siemens непрерывно совершенствуются. Siemens настоятельно рекомендует пользователям следить за выпуском обновлений технической продукции.

Для обеспечения безопасной работы оборудования и проектов Siemens должны приниматься соответствующие мероприятия (например, использование концепции поэлементной защиты - cell protection concept), при этом каждый компонент системы должен быть интегрирован в концепцию комплексной промышленной безопасности (Industrial Security concept), в соответствии с современными требованиями, предъявляемыми к промышленным технологиям. В этом плане необходимо учитывать также и интеграцию изделий сторонних производителей, если они используются в Вашем проекте. Дополнительную информацию по производственной безопасности Вы можете найти на Интернет-сайте (<http://www.siemens.com/industrialsecurity>).

Для получения свежей информации по последним изменениям конкретных продуктов обратитесь к соответствующим информационным бюллетеням Siemens. Дополнительную информацию Вы можете найти также по адресу: (<http://support.industry.siemens.com>).

# Содержание

Предисловие .....	3
1 Ссылки на документацию .....	7
2 Что необходимо знать об аналоговой технике .....	9
2.1 Обзор .....	9
2.2 Точность / разрешение .....	13
2.3 Масштабирование аналоговых значений .....	17
2.4 Демасштабирование аналоговых значений .....	19
2.5 Нелинейность характеристики преобразователя .....	21
2.6 Точность .....	22
2.7 Пределы допуска основной и рабочей погрешностей .....	23
2.8 Температурная погрешность .....	25
2.9 Подавление помех от сетей переменного тока .....	26
2.10 Синфазные помехи (UCM) .....	28
2.11 Аддитивные помехи (USM) .....	30
2.12 Подавление напряжения помехи .....	31
2.13 Перекрестные помехи между каналами .....	33
2.14 Диагностика .....	35
2.15 Код состояния .....	45
2.16 Время обработки в аналоговом модуле .....	48
2.17 Время обработки в аналоговом модуле .....	50
2.18 Время установления сигнала и время отклика в аналоговых выходных модулях .....	52
2.19 Сглаживание сигнала .....	54
2.20 Нагрузка для 2-хпроводных преобразователей .....	57
3 Представление аналоговых значений .....	61
3.1 Обзор .....	61
3.2 Представление входных сигналов .....	63
3.3 Представление выходных сигналов .....	64
4 Подключение датчиков .....	65
4.1 Обзор .....	65
4.2 Подключение аналоговых входов модуля с заземлением аналогового тракта $M_{ANA}$ .....	67
4.3 Подключение аналоговых входов модуля без заземления аналогового тракта $M_{ANA}$ .....	69
4.4 Подключение датчиков-преобразователей напряжения .....	71
4.5 Подключение датчиков-преобразователей тока .....	72

4.6	Подключение терморезисторов и резисторов.....	74
4.7	Подключение термопар.....	76
5	Термопары.....	77
5.1	Выбор термопар.....	77
5.2	Структура и принцип работы термопар.....	79
5.3	Компенсация температуры холодного спая.....	81
5.3.1	Обзор.....	81
5.3.2	Внутренняя компенсация температуры.....	84
5.3.3	Компенсация температуры с использованием опорного канала модуля.....	86
5.3.4	Компенсация температуры с использованием опорного канала Group 0.....	88
5.3.5	Компенсация с использованием фиксированной опорной температуры.....	91
5.3.6	Компенсация температуры с использованием динамической опорной температуры ...	94
5.3.7	Режим "None" или режим внешней компенсации "External compensation".....	98
5.3.8	Компенсация типа RTD (0).....	100
6	Подключение нагрузки/приводов.....	103
6.1	Обзор.....	103
6.2	Подключение нагрузки/приводов.....	104
7	Поддерживаемые функции.....	107
7.1	Калибровка аналоговых модулей.....	107
7.1.1	Обзор.....	107
7.1.2	Калибровка аналоговых модулей.....	109
7.1.3	Отмена калибровки.....	112
7.1.4	Сброс параметров аналоговых модулей к заводским настройкам.....	113
8	Высокоскоростные аналоговые модули.....	115
8.1	Основные сведения.....	115
8.2	Сравнение ST- и HS- модулей.....	121
	Предметный указатель.....	127

## Ссылки на документацию

### Введение

Документация по изделиям SIMATIC имеет модульную структуру. Она касается различных тем, связанных с системами автоматического управления.

Полный комплект документации по системам S7-1500, ET 200MP, ET 200SP, ET 200AL, ET 200pro и ET 200eco PN состоит из соответствующих системных руководств, справочников по функциям и справочных руководств по изделиям.

### Обзор дополнительной документации, посвященной обработке аналоговых сигналов

В следующей таблице представлены ссылки на документацию, посвященную обработке аналоговых сигналов.

Таблица 1-1 Ссылки на документацию, посвященную обработке аналоговых сигналов

Тема	Документация	Основное содержание
Описание системы	System manual S7-1500 Automation System ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59191792">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59191792</a> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проектирование</li> <li>• Инсталляция</li> <li>• Подключение</li> <li>• Пуск и наладка</li> </ul>
	System manual ET 200SP distributed I/O system ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/58649293">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/58649293</a> )	
	System Manual ET 200MP Distributed I/O System ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59193214">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59193214</a> )	
	System manual Distributed I/O System ET 200AL ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/89254965">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/89254965</a> )	
	Operating instructions ET 200pro Distributed I/O System ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/21210852">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/21210852</a> )	
	Operating instructions ET 200eco PN Distributed I/O System ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/29999018">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/29999018</a> )	
Конфигурирование помехозащищенных регуляторов	Function manual Configuring Interference-Free Controllers ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59193566">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59193566</a> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Теоретические основы</li> <li>• Электромагнитная совместимость</li> <li>• Молниезащита</li> </ul>

<b>Тема</b>	<b>Документация</b>	<b>Основное содержание</b>
Аналоговые модули	Справочное руководство по соответствующему изделию и обработке аналоговых сигналов.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Подключение</li><li>• Параметры</li><li>• Техническое описание</li><li>• Запись данных параметров</li><li>• Таблицы аналоговых сигналов</li></ul>

### **Руководства SIMATIC**

Настоящие руководства по продукции SIMATIC доступны для загрузки с Интернет-ресурса: (<http://www.siemens.com/automation/service&support>).



# Что необходимо знать об аналоговой технике

# 2

## 2.1 Обзор

### Введение

Данная глава предназначена для ознакомления с особыми параметрами аналоговых входных и выходных модулей с точки зрения специфики аналоговой техники и технологии обработки аналоговых сигналов. Теория и представленные ниже примеры служат базой для руководств по применению соответствующих аналоговых модулей, что облегчает их понимание и использование.

### Аналоговые и дискретные сигналы

Дискретные сигналы могут принимать только два состояния: состояние 1 (напряжение присутствует) и состояние 0 (напряжение отсутствует). В системах управления кроме дискретных сигналов часто используются аналоговые сигналы, которые также должны считываться, обрабатываться и после обработки передаваться для дальнейшего использования. В отличие от дискретных сигналов аналоговые сигналы могут иметь любое значение в заданных пределах.

Аналоговыми значениями могут описываться, например, следующие физические параметры процесса:

- Температура
- Давление
- Скорость
- Уровень заполнения емкости
- Значение pH.

## Датчики-преобразователи

Контроллеры могут обрабатывать аналоговые значения только в двоичном представлении. Аналоговые значения параметров технологических процессов (например, температура, давление и т.п.) формируются соответствующими датчиками, подключенными ко входам соответствующих аналоговых модулей. Входные модули считывают сигналы процесса в соответствии со схемой измерения в форме тока, напряжения или сопротивления. Для обработки в CPU значения входных сигналов в виде тока или напряжения преобразуются встроенными в аналоговые входные модули аналого-цифровыми преобразователями в формат шестнадцатиразрядного целого значения. В зависимости от используемого способа измерения могут применяться следующие датчики:

- Датчики-преобразователи напряжения
- Токовые датчики-преобразователи:
  - двухпроводные;
  - четырехпроводные.
- Резистивные датчики-преобразователи:
  - четырехпроводные;
  - трехпроводные;
  - двухпроводные.
- Термодпары

Более подробная информация по подключению датчиков ко входам аналоговых модулей представлена в разделе "Подключение датчиков" (страница 65).

## Пример

Скорость определяется с помощью датчика, который преобразует скорость вращения ротора (в диапазоне [0...1500] об/мин) в напряжение (в диапазоне [1...5] В). Так, при скорости вращения 865 об/мин датчик выдает сигнал напряжением 3,3 В.

Результирующее выходное напряжение датчика вычисляется по формуле:

$$U = \frac{5 \text{ V} - 1 \text{ V}}{1500 \frac{\text{U}}{\text{min}}} * 865 \frac{\text{U}}{\text{min}} + 1 \text{ V} = 3.3 \text{ V}$$

Ниже представлен график преобразования (скорость вращения) / (напряжение):

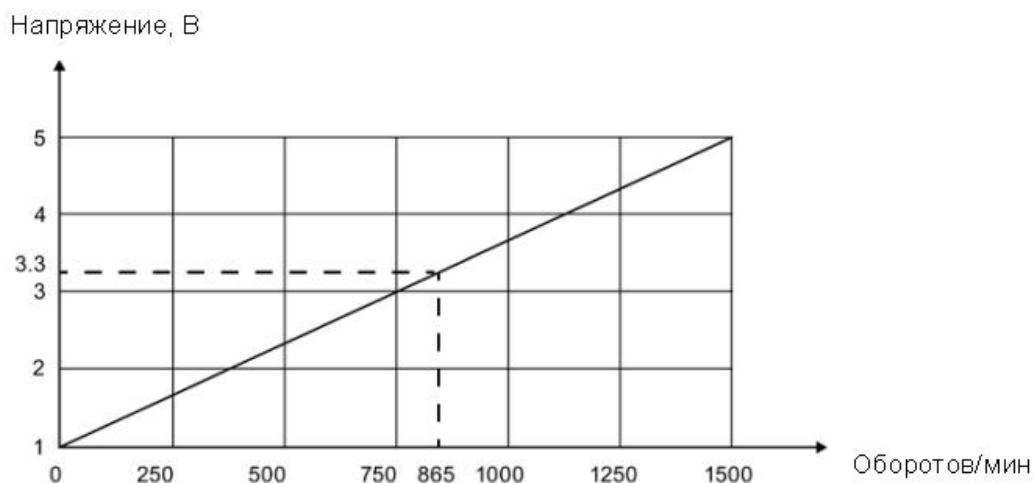
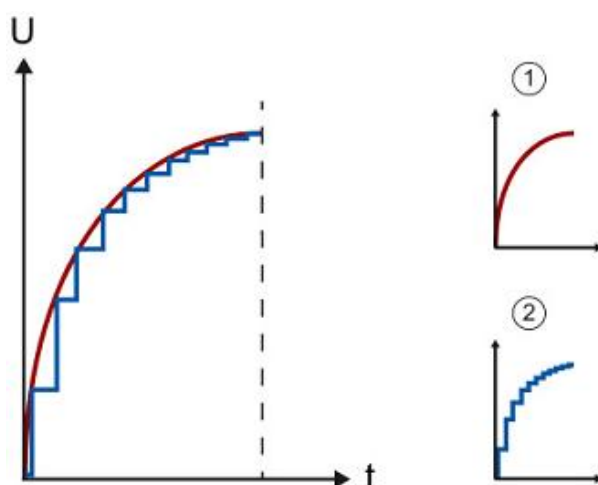


Иллюстрация 2-1 Измерение скорости

## Аналого-цифровое преобразование

CPU обрабатывает данные исключительно в цифровом представлении, поэтому перед обработкой входные аналоговые сигналы должны быть представлены в формате, обеспечивающем возможность записи в регистровую память - в цепочку битов. Такое преобразование выполняется в устройстве ввода аналоговых сигналов с помощью встроенного аналого-цифрового преобразователя или АЦП (*англ.*: ADC - analog-to-digital converter). Для последующей обработки данных в SIMATIC CPU аналого-цифровой преобразователь должен обеспечивать выходное значение сигнала в формате шестнадцатиразрядного целого. АЦП выполняет дискретизацию аналогового сигнала по уровню и аппроксимирует его ступенчатой кривой.

Важнейшими параметрами аналого-цифрового преобразователя являются разрешение и скорость выполнения преобразования.



(1) Аналоговый сигнал

(2) Результат аппроксимации аналогового сигнала

Иллюстрация 2-2 Аппроксимация графика аналогового сигнала ступенчатой кривой.

## Цифро-аналоговое преобразование

После обработки данных в CPU для управления процессом результирующий аналоговый выходной сигнал формируется в устройстве вывода аналоговых сигналов с помощью встроенного цифро-аналогового преобразователя или ЦАП (*англ.*: DAC - digital-to-analog converter), при этом выход аналогового выходного модуля используется как источник тока или источник напряжения. Результирующий выходной сигнал может использоваться для управления аналоговыми приводами в технологическом процессе. Это могут быть, например, соответствующие сервоприводы или клапаны с пропорциональным управлением.

Более подробная информация по подключению приводов к выходам соответствующих аналоговых модулей представлена в разделе "Подключение нагрузки/приводов" (страница 103).

### Важнейшие параметры аналоговых модулей

При выборе аналоговых модулей для системы автоматического управления прежде всего необходимо учитывать их соответствие диапазону измерения сигналов процесса и типу измерительной схемы, параметры точности, разрешения и время преобразования. В некоторых особых случаях, например, при применении в системах, распределенных на больших площадях, определяющими также могут быть такие параметры как возможность обеспечения синхронизации сигналов или развязка в каналах.

Перечисленные здесь характеристики более подробно будут рассмотрены в следующих разделах.

### Обработка аналоговых сигналов

На следующей ниже иллюстрации показана общая структурная схема обработки аналоговых сигналов.

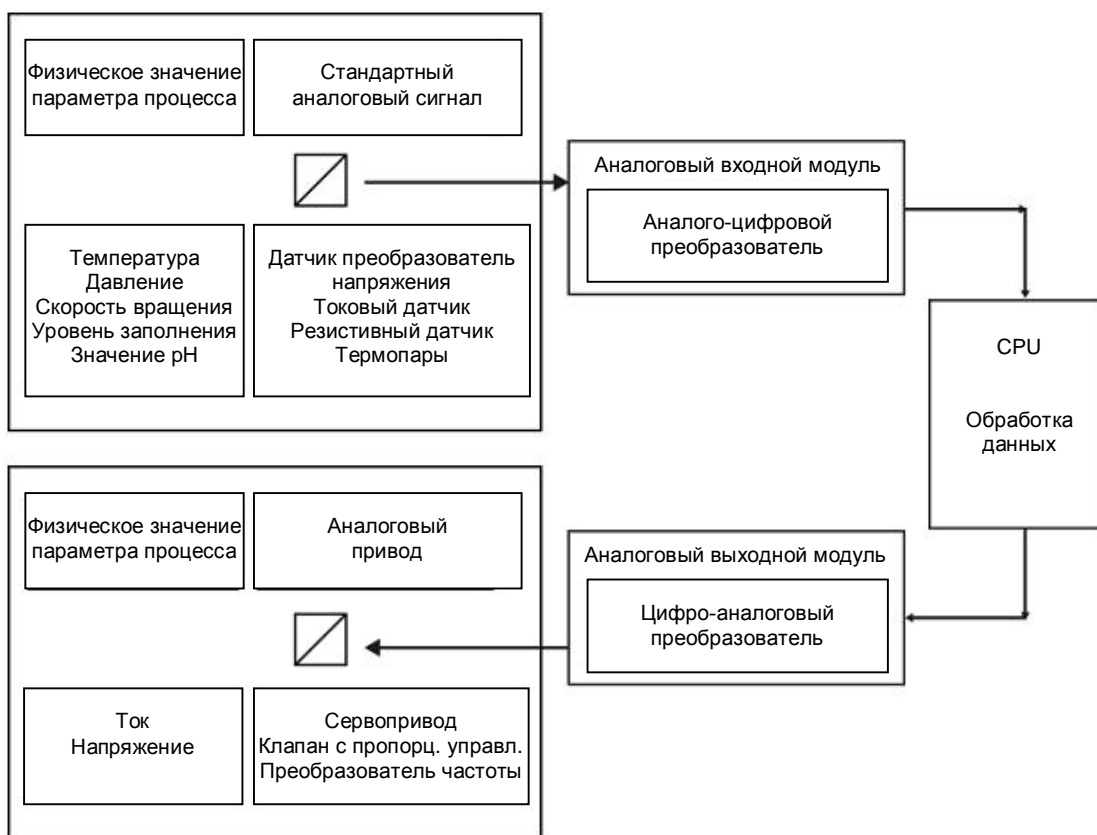


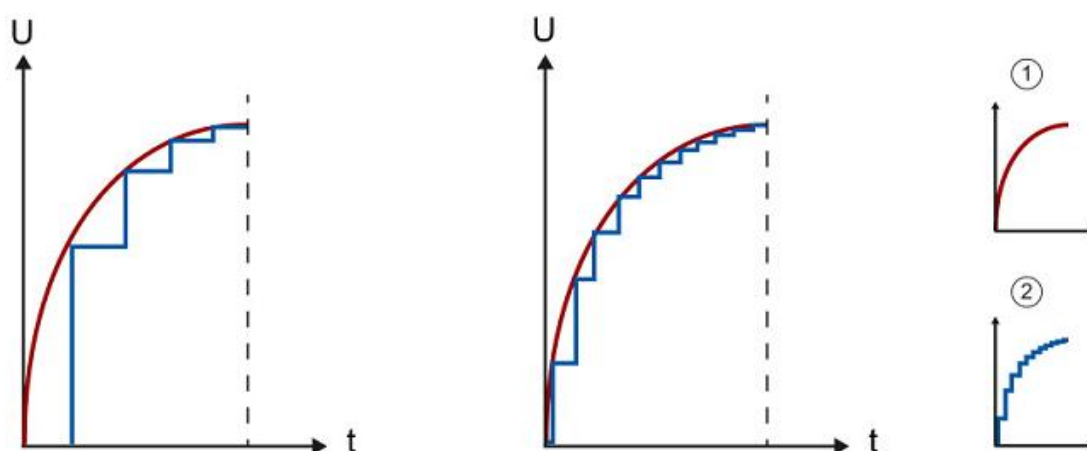
Иллюстрация 2-3 Обработка аналоговых значений параметров процесса

## 2.2 Точность / разрешение

Разрешение аналогового модуля зависит от преобразователя (АЦП/ЦАП) и от внешней цепи. Аналоговый входной и аналоговый выходной сигналы аппроксимируются ступенчатой кривой. Разрешение определяется числом дискретов по уровню, на которые может быть разбит аналоговый сигнал при аппроксимации. Чем выше разрешение модуля, тем точнее аппроксимируется аналоговый сигнал.

### Аппроксимация аналогового сигнала

Ниже на иллюстрациях показана аппроксимация аналогового сигнала с помощью ступенчатой кривой. При низком разрешении сигнал аппроксимируется менее точно (левый рисунок), тогда как при высоком разрешении сигнал аппроксимируется более точно (правый рисунок).



(1) Аналоговый сигнал

(2) Аппроксимация аналогового сигнала ступенчатой кривой

Иллюстрация 2-4 Аппроксимация аналогового сигнала ступенчатыми кривыми с низкой и с высокой степенью дискретизации (т.е. с низким и с высоким разрешением).

### Визуализация диапазона измерения с разрешением 13 разрядов и с разрешением 16 разрядов

Однополярное измеренное значение для модуля, имеющего разрешение 13 разрядов (= 12 разрядов + 1 разряд на знак), может быть разбито на  $2^{12} = 4096$  дискретов по уровню. При этом в диапазоне измерения [0 ...10] В наименьший дискрет будет составлять  $10 \text{ В} / 4096$ , т.е. 2.4 мВ.

Измеренное значение для модуля, имеющего разрешение 16 разрядов (= 15 разрядов + 1 разряд на знак), может быть разбито на  $2^{15} = 32768$  дискретов по уровню. При этом в диапазоне измерения [0 ...10] В наименьший дискрет будет составлять  $10 \text{ В} / 32768$ , т.е. 0.3 мВ. Таким образом, при увеличении разрешения на один разряд степень дискретизации удваивается, а величина дискрета наполовину уменьшается.

Таким образом, при увеличении разрешения с 13 разрядов до 16 число дискретов увеличивается в восемь раз с 4096 до 32768. При этом величина дискрета сигнала в физическом представлении для диапазона измерения [0 ...10] В уменьшается с 2.4 мВ до 0.3 мВ.

## Диапазон измерения

В аспекте оцифровки измеренного входного сигнала в системе SIMATIC S7 помимо диапазона номинальных значений сигнала могут быть определены следующие области для возможных значений входного сигнала: область выходящих за верхнюю границу номинального диапазона значений ("overrange") и область выходящих за нижнюю границу номинального диапазона значений ("underrange"), а также такие области, как область значений, вызывающих переполнение ограниченной разрядностью линейки битов ("overflow") и область значений, вызывающих потерю значимости ("underflow") при преобразовании входного сигнала. Такое разграничение диапазона возможных значений позволяет распознать, лежит ли значение измеренного сигнала в пределах диапазона, определенного техническими спецификациями аналогового модуля, или выходит за его пределы. Области "overflow" и "underflow" зарезервированы для детектирования ошибочных состояний.

При разрешении 16 разрядов диапазон напряжений [0...11.852] В для измеренного входного сигнала теоретически может быть разбит на 32768 дискретов, что означает, что только 27648 дискретов из них будут соответствовать диапазону напряжений [0...10] В. При этом размер дискрета будет равен 0.3617 мВ (см. таблицу ниже).

Таблица 2-1 Пример дискретизации диапазона измерения [0...10] В для модуля SIMATIC S7

Значение сигнала после АЦП	Диапазон измерения напряжения [ 0 ... 10 ] В	
	Измеренное значение сигнала	Примечание
32767	11.852 В	Значения сигнала, вызывающие переполнение
32512		
32511	11.759 В	Верхнее поле допуска диапазона номинальных значений
27649		
27648	10.0 В	Значения сигнала находятся в номинальном диапазоне
20736	7.5 В	
1	361.7 мкВ	
0	0 В	
Значение ниже нуля не актуально в данном примере, так как сигнал не представляется отрицательным числом		Нижнее поле допуска диапазона номинальных значений
		Значения, вызывающие потерю значимости

Диапазоны измерения для аналоговых входных сигналов могут быть биполярными или однополярными. Эти варианты рассмотрены в разделе "Визуализация диапазонов входных сигналов" (страница 62).

Диапазоны измерения для аналоговых выходных сигналов могут быть биполярными или однополярными. Эти варианты рассмотрены в разделе "Визуализация диапазонов выходных сигналов" (страница 63).

Краткое описание вариантов диапазонов измерения входных/выходных сигналов, которые могут быть применены с Вашими модулями, Вы можете найти в соответствующих руководствах по их использованию.

## Выход за нижний и верхний пределы номинального диапазона

Случается, что при управлении процессом происходят такие колебания сигнала, при которых его значение выходит за пределы номинального диапазона, прежде чем он достигнет заданного уровня. При выходе сигнала в ограниченные области выше номинального диапазона ("overrange") или ниже номинального диапазона ("underrange") система не фиксирует ошибки с выдачей соответствующего сообщения. Однако, если сигнал выходит за внешние границы областей "overflow" и "underflow" - соответственно в области "переполнения" ("overflow") или "потери значимости" ("underflow"), то система диагностирует состояние ошибки. Таким образом, области "overrange" и "underrange" являются областями допустимых значений сигнала, хоть и находятся за пределами диапазона номинальных значений. Информация по этому вопросу имеется в разделе "Время установления сигнала и время отклика в аналоговых выходных модулях" (страница 52).

На рисунке ниже показан процесс установления выходного сигнала.



(1) Аналоговый выходной сигнал

$t_E$  время установления сигнала на уровень уставки

$t_1$  момент завершения преобразования выходного сигнала и передачи его на выход

$t_2$  момент установления выходного аналогового сигнала и достижения заданного уровня

## Точность аналогового модуля

Точность аналогового модуля выражается относительным или абсолютным значением, например, в градусах Кельвина °K или Цельсия °C. Точность определяет величину ошибки при измерении параметра. Основная погрешность при 25°C, а также рабочие условия измерения определяются международным стандартом IEC 61131, на котором базируется европейский стандарт EN 61131. Информацию по теме Вы можете найти в разделе "Пределы допуска основной и рабочей погрешностей" (страница 23).

### **Связь параметров разрешения и точности**

Для обеспечения заданной точности при обработке сигналов процесса (погрешность измерения) устройства для считывания и обработки входного сигнала должны обладать соответствующим разрешением.

### **Пример**

#### **Погрешность измерения при 8-разрядной и 14-разрядной дискретизации**

Аналоговый модуль имеет диапазон измерения [0...10] В. При разрешении 8 разрядов диапазон напряжений сигнала может быть разбит на 256 дискретов. При этом размер дискрета будет составлять 39 мВ или 0.4% диапазона измерения. При разрешении 14 разрядов указанный диапазон напряжений для сигнала может быть разбит на 16384 дискретов. При этом размер дискрета будет составлять 0.61 мВ или 0.006% диапазона измерения.

Относительные значения, полученные в приведенных выкладках, являются теоретически наилучшими значениями погрешности измерения сигнала. При разрешении 8 разрядов в диапазоне измерения [0...10] В невозможно получить точность измерения лучше величины 0.4 %. Безусловно на практике это значение будет хуже, так как оно зависит еще и от примененных схемных решений.

### **Вычисление максимальной погрешности измерения**

Максимальная погрешность в физических единицах измерения в диапазоне напряжений [0...10] В в аналоговом модуле с относительной погрешностью измерения  $\pm 0.5\%$  во всем рабочем температурном диапазоне рассчитывается следующим образом:

$$10 \text{ В} \times 0.5/100 = 50 \text{ мВ}$$

То есть, максимальная погрешность измерения составляет приблизительно  $\pm 50$  мВ. Это означает, что для каждого аналогового входа во всем диапазоне измерения погрешность измерения составляет  $\pm 50$  мВ.

Напряжение 3.5 В при измерении с учетом рассчитанной здесь погрешности может быть представлено любым числом из диапазона [3.45 ... 3.55] В.

Дополнительную информацию по данному вопросу Вы можете найти в разделе "Пределы допуска основной и рабочей погрешностей" (страница 23).



## 2.3 Масштабирование аналоговых значений

### Масштабирование

Для последующей обработки часто требуется представить текущее оцифрованное значение сигнала от процесса в единицах измерения технологического параметра. Процедура преобразования такого значения (например, в диапазоне [-27648...+27648]) в значение в физических единицах (например, в диапазоне [0...500] литров) именуется "масштабированием" ("scaling").

### Блоки для масштабирования

STEP 7 предоставляет пользователю программный блок SCALE для масштабирования аналоговых сигналов. Блок масштабирования SCALE поставляется вместе с пакетом STEP 7. Этот блок поддерживает ввод двух параметров для указания нижнего и верхнего пределов диапазона значений (например, 0 и 500).

### Пример

Рассмотрим пример, в котором необходимо контролировать уровень заполнения бака емкостью 500 литров. Датчик-преобразователь выдает напряжение -10 В, если емкость пуста, и +10 В, если емкость заполнена. Аналоговый модуль оцифровывает значение входного сигнала (диапазон измерения [-10...+10] В) в диапазоне целочисленных значений [-27648...+27648], а затем с помощью программного блока SCALE это значение пересчитывается на шкалу [0...500] литров.

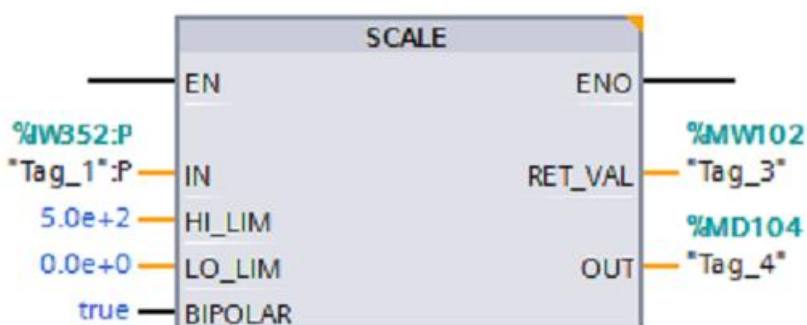


Иллюстрация 2-5 Программный блок SCALE для масштабирования сигнала

Аналоговое значение на вход **IN** поступает после непосредственного считывания модулем или передается через интерфейс данных в целочисленном формате INT. Вход **LO\_LIM** служит для ввода нижней границы диапазона физических значений (уровень 0 литров); вход **HI\_LIM** - служит для ввода верхней границы значений (уровень 500 литров). Выход **OUT** служит для вывода выходного значения из физического диапазона в формате числа с плавающей точкой ( $LO\_LIM \leq OUT \leq HI\_LIM$ ). Вход **BIPOLAR** служит для ввода логического значения "1", если используется биполярный входной сигнал, и логического значения "0", если используется однополярный входной сигнал. Выход **RET\_VAL** используется для вывода кода ошибки, если таковая обнаруживается (например, ошибка переполнения "Overflow"). Если преобразование сигнала происходит без ошибок, то на данном выходе появляется значение '0'.

Дополнительную информацию по программному блоку SCALE Вы можете найти в интерактивной справочной системе STEP 7.

### Однополярные и двухполярные диапазоны измерения

Рассмотрим пример контроля уровня заполнения емкости с использованием двухполярного диапазона измерения. Датчик уровня заполнения может выдавать как положительные, так и отрицательные напряжения. Так как при этом в целочисленном представлении может быть использован диапазон измерения  $[-27648...+27648]$ , то уровень заполнения измеряется с двойным разрешением ( $\Delta$ ) по сравнению с однополярным диапазоном измерения.

#### Примечание

##### Датчики

Необходимым условием для использования двухполярного диапазона измерения является способность датчика-преобразования выдавать двухполярный сигнал.

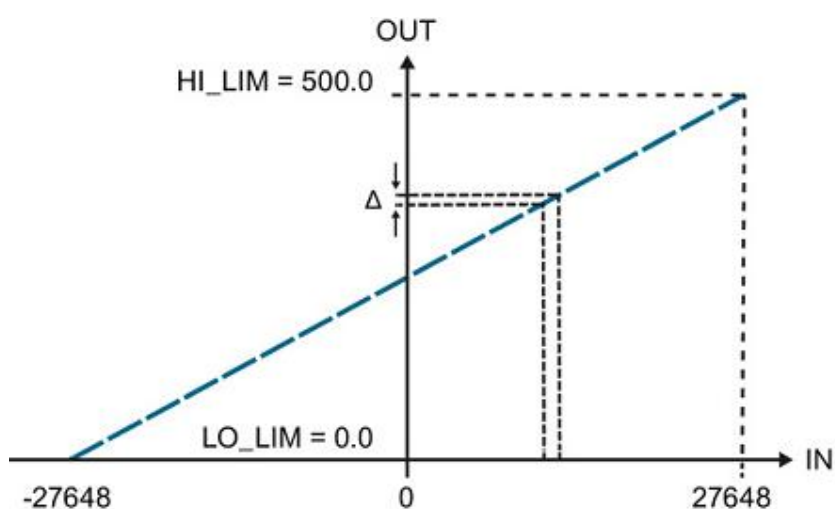


Иллюстрация 2-6 Биполярный диапазон значений

При использовании двухполярного диапазона измерения измерение уровня заполнения производится с двойным разрешением ( $\Delta$ ) по сравнению с однополярным диапазоном измерения:

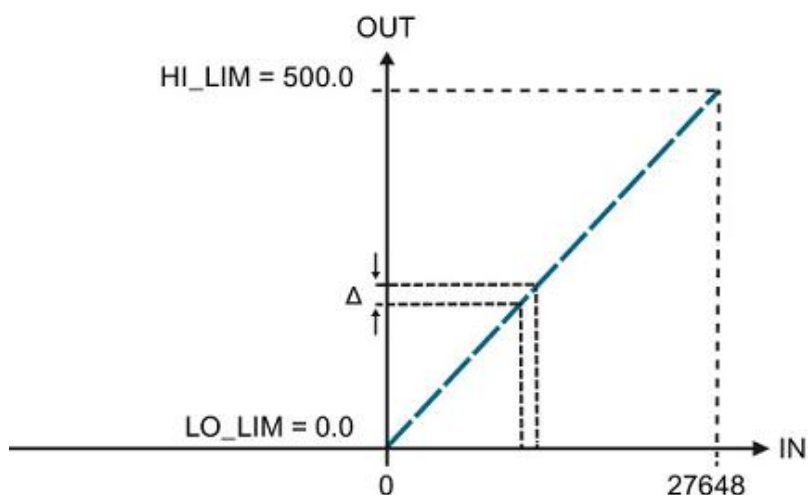


Иллюстрация 2-7 Однополярный диапазон значений

## 2.4 Демасштабирование аналоговых значений

### Демасштабирование

Часто требуется перевести аналоговое значение, рассчитанное в пользовательской программе, в формат, соответствующий диапазону сигналов аналогового выходного модуля. Такое преобразование сигнала именуется "демасштабированием" ("unscaling").

### Блоки для демасштабирования

STEP 7 предлагает пользователю программный блок UNSCALE для "демасштабирования" ("unscaling") аналоговых значений. Блок UNSCALE включен в комплект поставки STEP 7. Этот блок поддерживает ввод двух параметров для указания нижнего и верхнего значений диапазона значений в программе.

### Пример

Аналоговое значение из диапазона [0.0%...100.0%], рассчитанное в программе пользователя, с помощью блока UNSCALE должно быть пересчитано на шкалу целочисленных значений [-27648...+27648]. Затем результат поступает на аналоговый выходной модуль, управляющий аналоговым приводом (например, клапаном с плавной характеристикой). При этом при рассчитанном в программе значении 0.0% на клапан подается управляющий сигнал -10 В или -20 мА, а при рассчитанном значении 100.0% на клапан подается управляющий сигнал +10 В или +20 мА.

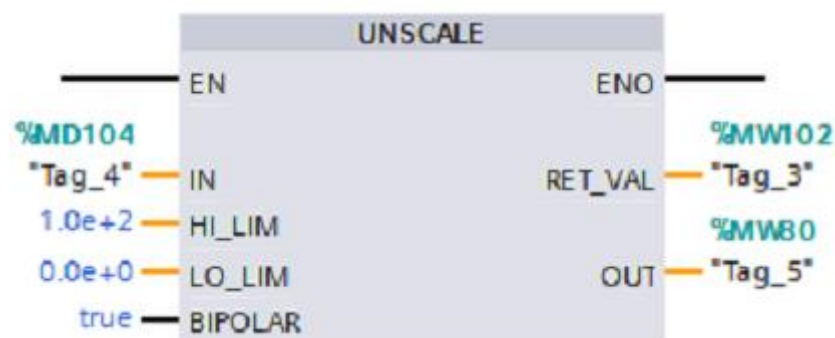


Иллюстрация 2-8 Программный блок UNSCALE для демасштабирования значения

Значение, рассчитанное в пользовательской программе, должно подаваться в формате REAL на вход **IN**. Вход **LO\_LIM** служит для ввода нижней границы диапазона (0.0%); вход **HI\_LIM** - служит для ввода верхней границы значений (100.0%). Выход **OUT** служит для вывода выходного значения в формате INT. Вход **BIPOLAR** служит для задания логического значения "1", если требуется обработка биполярного входного сигнала, и логического значения "0", если требуется обработка однополярного входного сигнала. Выход **RET\_VAL** используется для вывода кода ошибки или значения '0', если преобразование сигнала происходит без ошибок.

Дополнительную информацию по программному блоку UNSCALE Вы можете найти в интерактивной справочной системе STEP 7.

### Однополярный и биполярный диапазоны сигнала

Ниже на иллюстрации показана характеристика преобразования сигнала для привода, согласно которой рассчитанному входному значению 0% соответствует минимальное нулевое выходное значение (0 В или 0 мА), тогда как рассчитанному входному значению 100% (+27648) соответствует максимальное выходное значение (10 В или 20 мА).

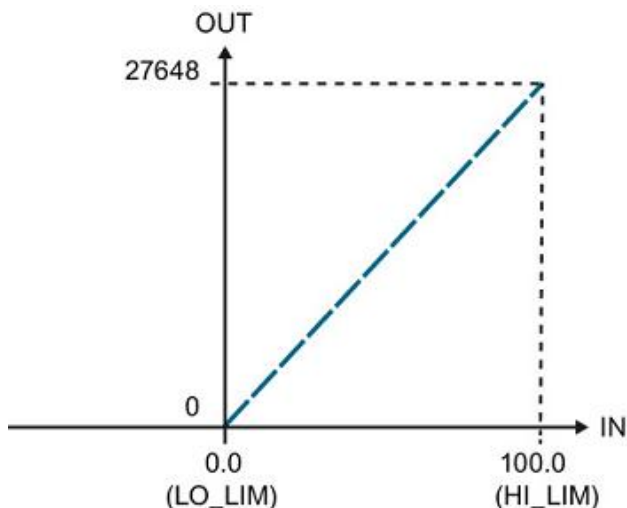


Иллюстрация 2-9 Однополярный диапазон значений

Ниже на иллюстрации показана характеристика преобразования сигнала для привода, согласно которой входному значению 0% (-27648) соответствует минимальное ненулевое выходное значение (-10 В или -20 мА), тогда как входному значению 100% (+27648) соответствует максимальное выходное значение (+10 В или +20 мА).

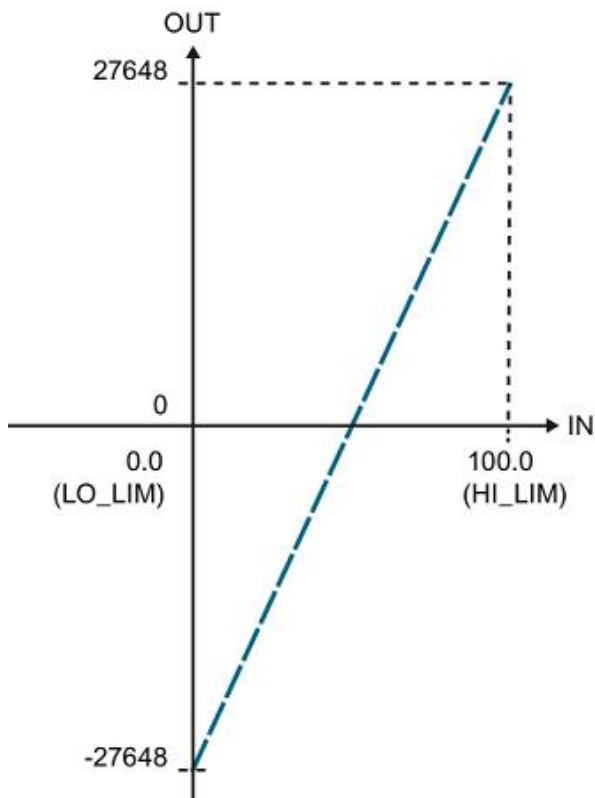


Иллюстрация 2-10 Биполярный диапазон значений

## 2.5 Нелинейность характеристики преобразователя

### Определение

Нелинейность реальной передаточной характеристики преобразователя определяется величиной отклонения полученного результата от соответствующего значения на идеальной линейной передаточной характеристике преобразователя при аналого-цифровом или цифро-аналоговом преобразовании. Таким образом, нелинейность реальной передаточной характеристики - это ее отклонение от идеальной линейной передаточной характеристики. Величина нелинейности представляется в технических данных в процентах от номинального диапазона сигналов для аналогового модуля.

Ниже на иллюстрации представлены реальная и идеальная передаточные характеристики АЦП.

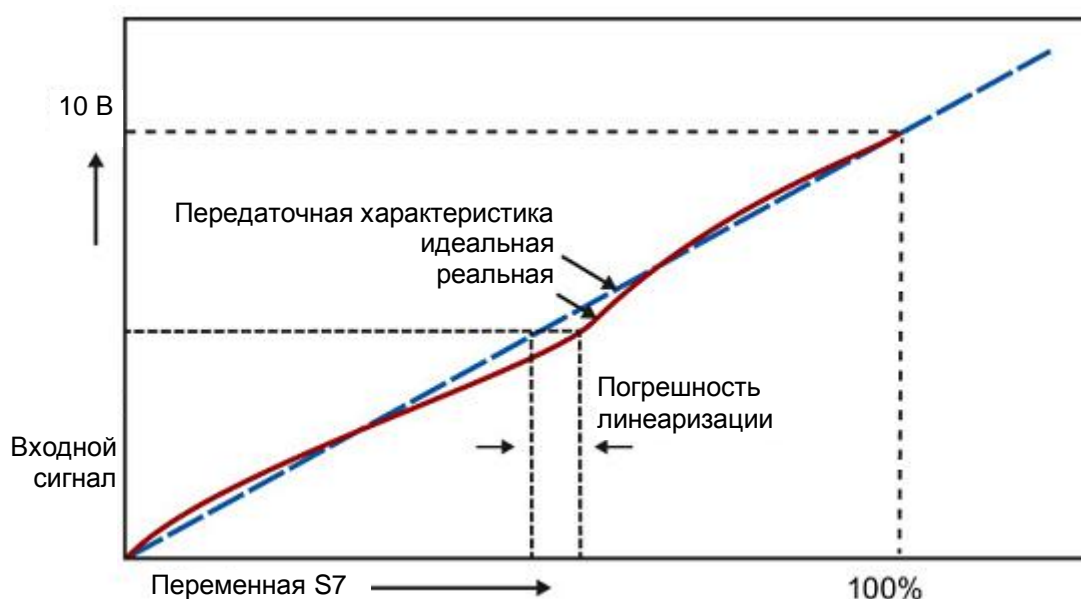


Иллюстрация 2-11 Погрешности линеаризации

### Пример

Например, отклонение  $\pm 1$  мВ в диапазоне измерения  $\pm 10$  В дает величину нелинейности  $\pm 0.01\%$ . Обратный расчет величины ошибки:  $10 \text{ В} \cdot 0.01\% = 1 \text{ мВ}$

Информация о нелинейности, представленная в технических спецификациях модуля, должна приниматься в расчет при выборе оборудования в соответствии с условиями эксплуатации.

Подробную информацию по условиям эксплуатации Вы можете найти в разделе "Пределы допуска основной и рабочей погрешностей" (страница 23).

## 2.6 Точность

### Определение

Точность измерения - это максимально возможное отклонение результатов измерения входного сигнала от его реального значения или максимально возможное отклонение сгенерированного выходного сигнала от расчетной величины этого сигнала. При этом условия окружающей среды должны оставаться в допустимых пределах.

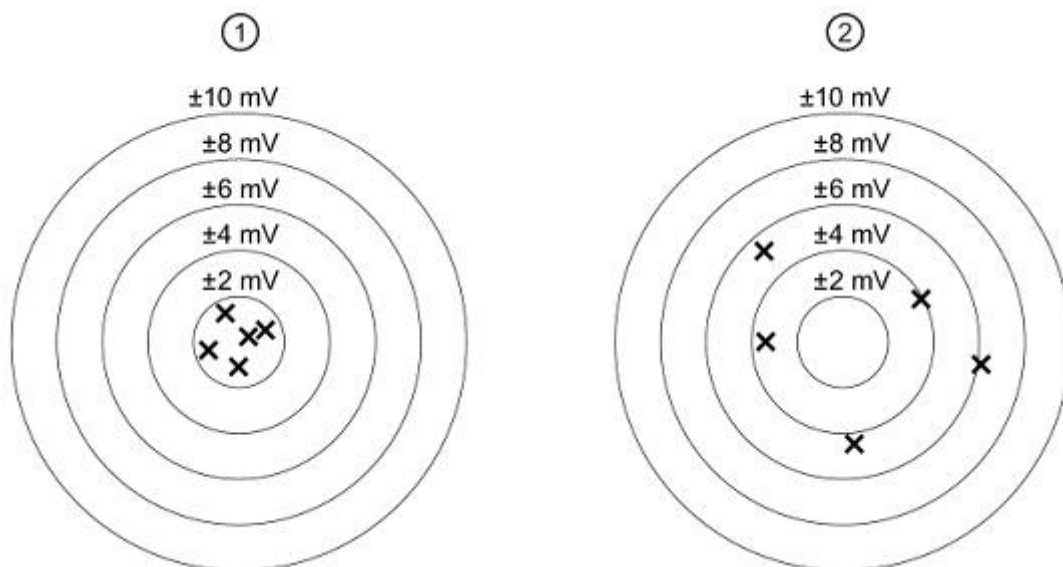
### Изменчивость измеряемого сигнала

Точность дает информацию о возможном расхождении результатов отдельных измерений одного и того же значения параметра, сделанных в разное время. При этом чем меньше расхождения в результатах измерения, тем выше точность.

Точность измерения - это один из важнейших параметров измерительных приборов. В технических данных модуля точность измерения описывается в процентах от конечного значения диапазона входных/выходных сигналов в условиях стабилизации температурного режима при 25°C.

### Пример

Пусть заданная точность измерения в процентах от конечного значения диапазона измерения составляет  $\pm 0.02\%$ . Это соответствует погрешности при повторном измерении 2 мВ для любого значения в диапазоне измерения  $\pm 10$  В. Если, например, сначала измеряется сигнал с уровнем 10 В, затем измеряется сигнал с уровнем -10 В, а в третий раз вновь измеряется сигнал с уровнем 10 В, то разница в результатах измерения в первом и третьем случаях не должна превышать  $\pm 2$  мВ.



(1) Хорошая точность измерения

(2) Плохая точность измерения

Иллюстрация 2-12 Точность измерения

## 2.7 Пределы допуска основной и рабочей погрешностей

### Введение

В следующем разделе показано, как с помощью технических спецификаций определяются границы основной и рабочей погрешностей, и, соответственно, погрешностей, возникающих при измерении входных или сгенерированных выходных сигналов. Если выбранная конфигурация оборудования в наихудших условиях отвечает предъявляемым требованиям, то это гарантирует, что с выбранным модулем параметры процесса останутся в допустимых пределах во всем диапазоне рабочих условий.

Точность аналоговых входных и выходных модулей является компонентом суммарной точности измерительного комплекса. Измерительный комплекс обычно состоит из датчика, преобразователя и линии передачи, а также включает в себя входной / выходной модуль.

### Основная или базовая погрешность

Основная погрешность - это суммарная погрешность, в которую могут быть включены все погрешности, возникающие при измерении входного или генерации выходного сигнала в номинальном диапазоне при стабильной температуре 25 °С.

### Пределы допуска основной погрешности (от верхнего предела диапазона)

В технических спецификациях для конкретного модуля пределы допуска основной погрешности всегда представляются в процентах от максимально возможного значения I/O-сигнала (верхнего значения диапазона измерения) в номинальном диапазоне.

### Рабочая или эксплуатационная погрешность (погрешность в рабочих условиях)

Рабочая погрешность или погрешность в рабочих условиях - это суммарная погрешность, в которую могут быть включены все погрешности, возникающие при измерении входного или генерации выходного сигнала в аналоговом модуле в рабочих условиях (при окружающей температуре, соответствующей номинальному температурному диапазону, и при величинах входных/выходных сигналов, соответствующих номинальному диапазону).

### Пределы допуска погрешности в рабочих условиях (от верхнего предела диапазона)

В технических спецификациях для конкретного модуля пределы допуска рабочей погрешности всегда представляются в процентах от максимально возможного значения I/O-сигнала (верхнего значения диапазона измерения) в номинальном диапазоне.

Пределы допуска основной погрешности модуля - это в той или иной мере теоретическое значение, так как на рабочих участках редко поддерживается стабильная номинальная температура 25°С. По этой причине пределы допуска рабочей погрешности всегда имеют приоритет при рассмотрении и практическом выборе подходящего модуля.

---

### Примечание

Пределы допуска рабочей и основной погрешностей всегда представляются в технических спецификациях в процентах от максимально возможного значения I/O-сигнала (верхнего значения диапазона измерения) в номинальном диапазоне для конкретного модуля.

---

Ниже на иллюстрации показан пример взаимного расположения полей допусков основной и рабочей погрешностей вместе с линией - местоположением реальных входных или расчетных выходных значений сигнала.

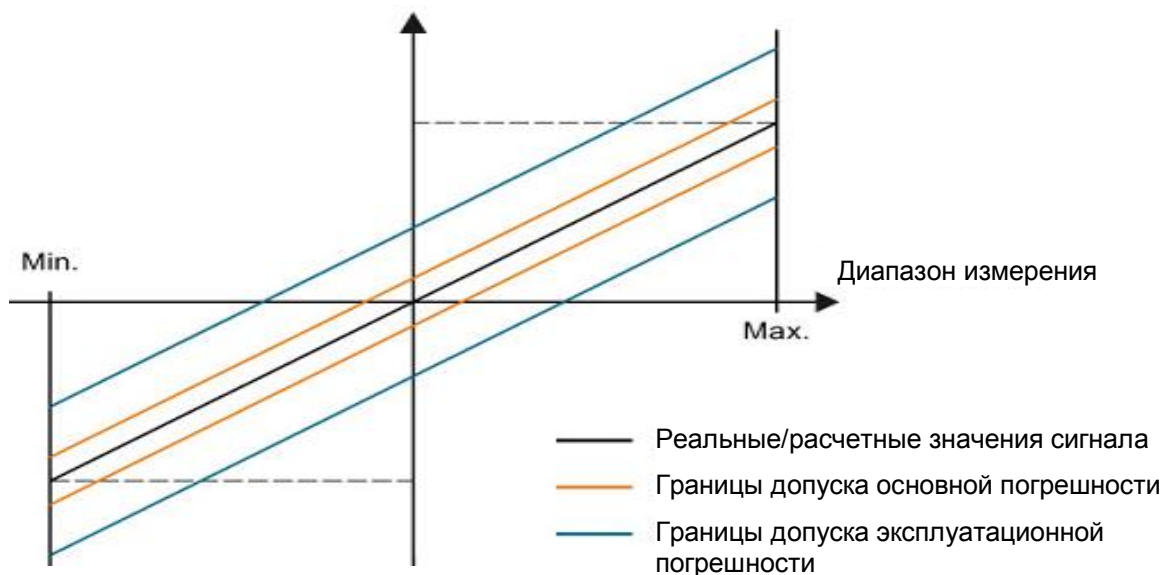


Иллюстрация 2-13 Границы допусков основной и рабочей погрешностей

### Пример расчета погрешности для выходного сигнала

Аналоговый выходной модуль используется для формирования выходного сигнала напряжением в диапазоне [0...10] В. Этот модуль работает при окружающей температуре 30 °С, что означает, что в расчетах необходимо использовать требования к рабочей погрешности.

Технические спецификации модуля:

- Пределы допуска рабочей погрешности выходного сигнала:  $\pm 0.1\%$

При таких исходных данных максимальная ошибка выходного сигнала в номинальном диапазоне модуля будет составлять  $\pm 10$  мВ ( $\pm 0.1\%$  от 10 В). Например, при расчетном значении выходного напряжения 2.50 В в соответствии с рабочей погрешностью реальное значение выходного сигнала может лежать в диапазоне от 2.49 В до 2.51 В.

---

### Примечание

Таким же образом рассчитывается погрешность входного сигнала в биполярных диапазонах измерения. Во входном модуле с номинальным диапазоном входных сигналов с напряжением  $\pm 10$  В при величине ошибки для линеаризации передаточной функции, равной  $\pm 0.1\%$ , погрешность измерения также составит  $\pm 10$  мВ.

---



## 2.8 Температурная погрешность

### Введение

Аналоговые модули подвергаются воздействию различных факторов рабочей среды, влияющих на точностные характеристики модулей и, соответственно, на результаты обработки аналоговых сигналов. Температурные погрешности возникают, например, при отклонении температуры окружающей среды от номинального значения 25°C. Температурные погрешности, возникающие при колебаниях температуры в пределах номинального температурного диапазона учитываются в допусках рабочей погрешности.

### Определение

Предельный допуск температурной погрешности характеризует максимальный уход измеренного/сгенерированного в аналоговом модуле сигналов от реальных/расчетных значений, вызванный колебаниями температуры окружающей среды. Температурная погрешность может возникать при любой температуре окружающей среды. Предельный допуск температурной погрешности модулей задается в процентах на изменение температуры с шагом 1°C (по шкале Цельсия) и/или 1°K (по шкале Кельвина), например,  $\pm 0.005\%/K$ , относительно конечного значения диапазона измерения для аналогового модуля.

### Допуски рабочей погрешности для компенсации

Погрешность компенсации температуры холодного спая - это параметр, учитываемый при измерении температуры с помощью термопары. Погрешность компенсации температуры холодного спая входит в температурную погрешность измерения, если выбрана опция "Internal reference junction" ("внутренняя компенсация").

Погрешность компенсации температуры холодного спая задается в технических спецификациях аналогового модуля в процентах от физического номинального диапазона температуры или абсолютным значением в градусах Цельсия (°C).

---

#### Примечание

##### Расчет погрешности измерения для термопары

Для нахождения общей погрешности измерения температуры к погрешности измерения с помощью термопары добавляют погрешность компенсации температуры холодного спая. Эти погрешности даются в соответствующих справочных руководствах.

---

### Пример

Например, температура измеряется с помощью термопары типа К. Термопара типа К используется для работы в диапазоне температур от -270°C до +1372°C.

В технических спецификациях для термопары типа К эксплуатационная погрешность в рабочих условиях > -200°C составляет  $\pm 2.4K$ . Погрешность компенсации температуры холодного спая составляет  $\pm 6^\circ C$ . Суммарная температурная погрешность в условиях > -200°C рассчитывается следующим образом:

рабочая погрешность ( $\pm 2.4K$ ) + температурная погрешность компенсации ( $\pm 6^\circ C$ ) =  $\pm 8.4^\circ C$ .

## 2.9 Подавление помех от сетей переменного тока

### Определение

Функция "Interference frequency suppression" (функция подавления помех от сетей переменного тока) используется во входных модулях для уменьшения помех, зашумляющих полезный сигнал, возникающих из-за влияния сетей переменного тока.

Источники напряжения переменного тока особенно оказывают отрицательное влияние на входные сигналы в низковольтных цепях и измерительных схемах, использующих термопары.

### Назначение параметров

Для использования функции подавления паразитных шумов от электросети в настройках входного модуля может быть указана частота переменного тока используемой сети, например, в STEP 7.

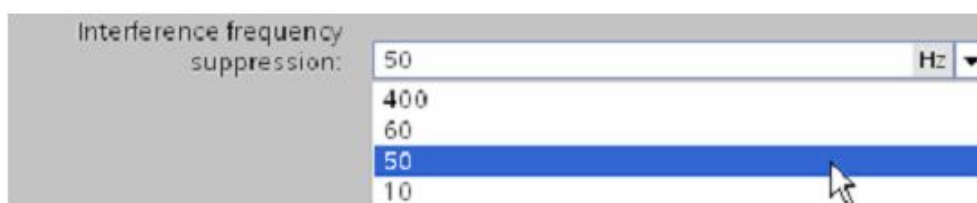


Иллюстрация 2-14 Настройка функции подавления помех от питающей сети переменного тока

Параметр "время преобразования" ("время преобразования") модуля изменяется в зависимости от настроек функции подавления наводок от питающей сети переменного тока. В технических характеристиках используемого модуля Вы можете найти соответствующие рекомендации для Вашего случая.

При настройке функции подавления помех от питающей сети переменного тока необходимо иметь в виду следующее:

Для снижения помех от электросети, чем выше частота питающей сети, тем меньше должна быть величина параметра "время преобразования" ("время преобразования").

---

### Примечание

#### Частота питающей сети

Частота паразитных наводок от сети переменного тока всегда соответствует частоте питающей сети. Если в настройках для функции подавления помех указана частота, отличная от частоты питающей сети, то фактические параметры модуля, в частности, точность измерения сигнала, могут не соответствовать заявленным в технических спецификациях на модуль.

#### Сглаживание

Сглаживание аналоговых сигналов дает дополнительный эффект подавления паразитных помех от питающей сети переменного тока.

Для получения дополнительной информации по сглаживанию аналоговых сигналов обратитесь к разделу "Сглаживание" (страница 54).

---

## **Используемые промышленные частоты**

Частота питающей сети переменного тока - термин, означающий частоту переменного электрического тока в электросети, используемой для электроснабжения различных потребителей.

Частота переменного тока в питающей сети измеряется в Герцах. Герц (Гц) - единица измерения частоты, означающая число колебаний в секунду (в частности - для периодического сигнала). Частота переменного электрического тока 50 Гц, например, соответствует 50 колебаниям в секунду мгновенного значения напряжения в сети.

В Европе, Австралии и в большинстве стран Азии и Африки используются сети переменного тока с частотой 50 Гц. В Северной и Центральной Америке и в большинстве стран Южной Америки используются сети переменного тока с частотой 60 Гц.

Промышленные частоты 400 Гц в основном используются в бортовых электрических сетях самолетов, в космической технике и на военных объектах. Одной из причин использования для электрических сетей частоты 400 Гц является возможность изготовления компонентов с меньшими массо-габаритными характеристиками. Однако, с другой стороны, использование электрических сетей с частотой тока 400 Гц не является целесообразным с точки зрения экономики. Поэтому такие сети применяются на объектах с ограниченными пространственными параметрами.

Частоты  $16 \frac{2}{3}$  Гц используются в питающих сетях для транспорта в Германии, в Австрии и Швейцарии. Некоторые модули для SIMATIC S7 также поддерживают функцию подавления помех от питающей сети переменного тока с такой частотой. Для подавления наводок от питающей сети переменного тока с частотой  $16 \frac{2}{3}$  Гц необходимо выбрать значение соответствующего параметра: 16.6 Гц.

## 2.10 Синфазные помехи ( $U_{см}$ )

### Определение

Синфазные помехи - это паразитные напряжения и токи в соединительных линиях между электроприборами и компонентами систем. В двухпроводной линии эти помехи с одинаковой амплитудой и фазой наводятся одновременно на оба проводника. Если для наведенных токов синфазной помехи находится подходящий токопровод для замыкания их контура, то сигнал помехи накладывается на полезный сигнал. Если имеется заметная разница между опорными потенциалами отдельных компонентов системы, то токопроводом для токов синфазных помех в соединительных линиях становится шина заземления.

### Синфазные помехи в аналоговых модулях

Синфазные помехи возникают в аналоговых входных и выходных модулях, если опорные потенциалы в них отличаются от опорных потенциалов подключенных к ним датчиков или приводов.

С большой вероятностью синфазные помехи возникают в случае, когда к аналоговым модулям подключены заземленные датчики. Разнесенные в пространстве отдельные компоненты и механизмы системы с заземленными датчиками скорее всего будут иметь различные опорные потенциалы в сравнении с опорным потенциалом аналогового модуля. Соответствующая разность потенциалов вызывает одинаковые паразитные токи одновременно на обоих проводниках двухпроводной соединительной линии, посредством которой подключены датчики, поэтому такие токи называются синфазными помехами.

При использовании незаземленных датчиков возникновение синфазных помех не так вероятно, как в случае с заземленными датчиками. Тем не менее, емкостные и индуктивные паразитные связи могут также способствовать возникновению соответствующей разности потенциалов, что может привести к появлению синфазной помехи. В зависимости от конкретного случая использования заземленных и незаземленных датчиков или приводов, сигнал синфазной помехи может иметь характер как переменного, так и постоянного тока.

## Пример

На следующей иллюстрации показан аналоговый модуль с двумя входами (Ch<sub>1</sub>/Ch<sub>2</sub>), на которые подаются напряжения помехи (U<sub>CM1</sub>/U<sub>CM2</sub>), а также напряжение помехи между этими входами (U<sub>CM3</sub>). Индекс "CM" расшифровывается как "Common Mode" (*англ.*), что означает "синфазный".

Параметр "подавление синфазного сигнала" показывает степень подавления сигнала помехи.

Подавление синфазного сигнала рассчитывается по формуле:

$$CMR \text{ [дБ]} = 20 \cdot \log (U_{CM} / U_a) ,$$

где U<sub>a</sub> - величина погрешности измерения.

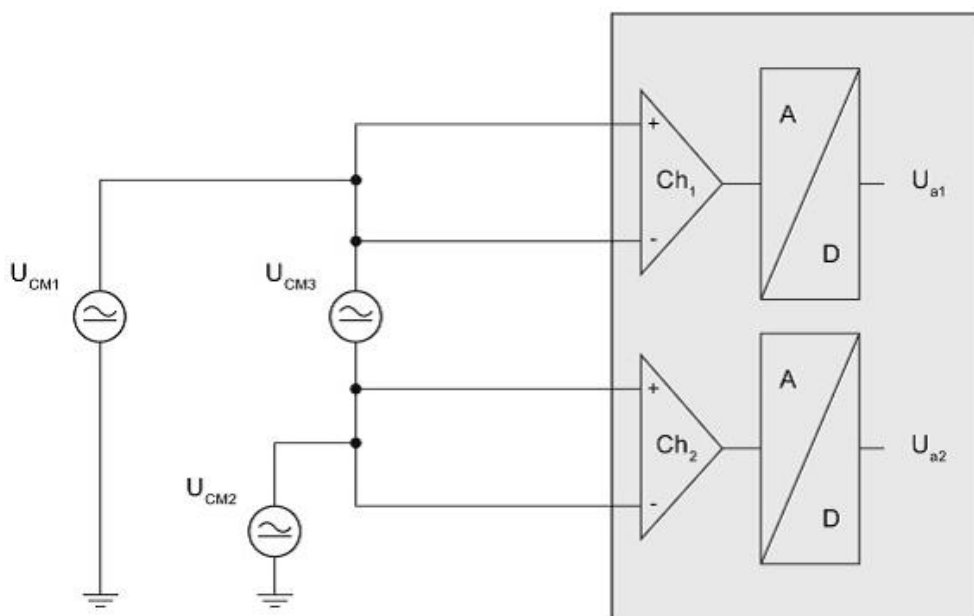


Иллюстрация 2-15 Схема включения синфазной помехи

Если известен сигнал синфазной помехи (U<sub>CM</sub>), то величина погрешности измерения U<sub>a</sub> может быть рассчитана следующим образом:

$$U_a = U_{CM} \cdot 10^{-\frac{CMR}{20}}$$

### Примечание

Параметр "подавление синфазного сигнала" (CMR) задается в технических данных в руководстве по эксплуатации соответствующего аналогового модуля.

## 2.11 Аддитивные помехи ( $U_{SM}$ )

### Определение

Аддитивные помехи - это паразитные токи, имеющие противоположное направление в двух проводниках соединительной линии.

Ток аддитивной помехи вызывает падение напряжения на входном сопротивлении приемного устройства и искажает полезный сигнал.

### Причины

Аддитивные помехи возникают из-за паразитных емкостных или индуктивных связей в соединительных линиях. Из-за индуктивной связи между соседними токонесущими проводниками генерируемый ток магнитный поток индуцирует паразитные токи помехи на соседнем проводнике. Гальваническая связь между цепями (например, через общее заземление) также вызывает помехи.

Ниже на схеме показан источник аддитивных помех в виде источника напряжения ( $U_{SM}$ ), включенный последовательно с генератором полезного сигнала ( $U_M$ ). Индекс "SM" происходит от "Series Mode", что означает "аддитивную помеху" ("шум").

Подавление аддитивной помехи ("подавление шумов") рассчитывается:

$$SMR \text{ [дБ]} = 20 \cdot \log (U_{SM} / U_a).$$

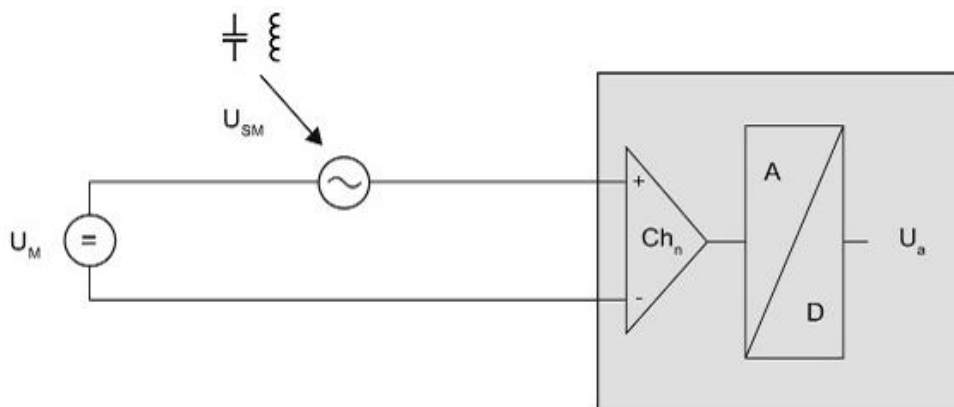


Иллюстрация 2-16 Помеха в сигнальном кабеле из-за емкостной / индуктивной связи

Погрешность измерения напряжения  $U_a$  рассчитывается следующим образом:

$$U_a = U_{SM} \cdot 10^{\frac{SMR}{20}}$$

Если известен сигнал аддитивной помехи ( $U_{SM}$ ), то величина погрешности измерения тока ( $I_a$ ) при использования токового входа:

$$I_a = U_{SM} / R_{ein} \cdot 10^{\frac{SMR}{20}}$$

### Примечание

Подавление аддитивной помехи ("подавление шумов") (SMR) как параметр задается в технических данных в руководстве по эксплуатации соответствующего аналогового модуля. Величина входного сопротивления ( $R_{ein}$ ) также описывается в технических характеристиках.

## 2.12 Подавление напряжения помехи

### Определение

Подавление сигнала помехи определяется коэффициентом подавления напряжения помехи относительно измеренного значения. Чем больше этот коэффициент, тем эффективнее подавление сигнала помехи. В технических описаниях задаются ограничения на следующие виды помех: "Синфазные помехи" и "Аддитивные помехи" ("Шум").

Подавление напряжения помехи измеряется в децибелах.

### Пример

Ниже на иллюстрации показана зависимость относительной величины сигнала помехи от степени подавления напряжения помехи в пределах от 0 до 120 дБ.

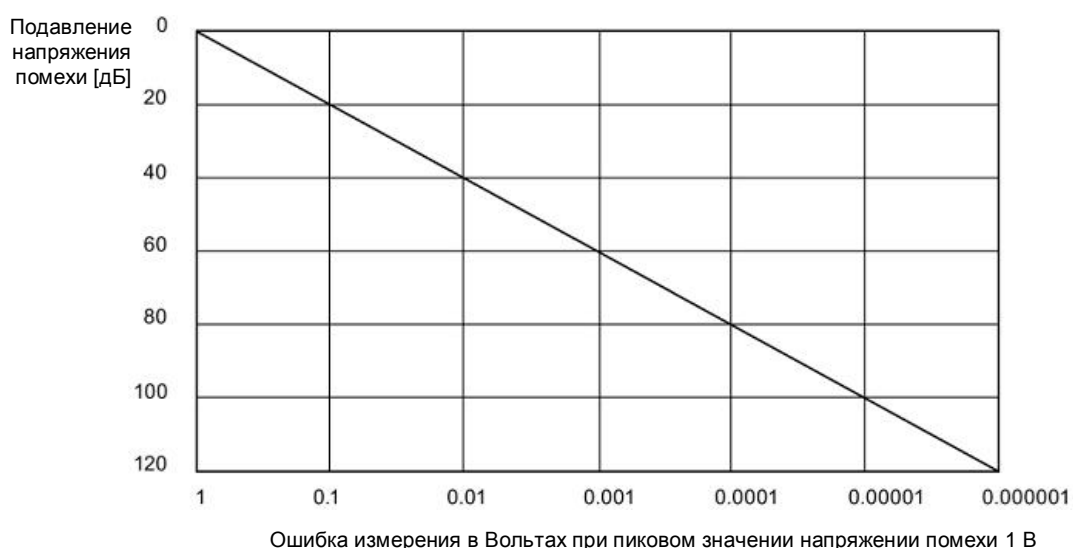


Иллюстрация 2-17 Подавление напряжения помехи

Из графика следует, что при подавлении напряжения помехи в 40 дБ и напряжении помехи 1 В, погрешность измерения составит 0.01 В.

### Примечание

#### Помехозащищенная конструкция

Сигналы помехи могут быть значительно уменьшены с помощью соответствующего заземления и экранирования, что повышает помехоустойчивость системы. Подробное описание решений для снижения помех Вы можете найти в руководстве "Configuring interference-free controllers" ("Проектирование помехоустойчивых регуляторов"):

<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59193566>.

### Подавление синфазных помех

Ниже в таблице показан пример описания ограничений по синфазным помехам в технических спецификациях для входного аналогового модуля:

Подавление напряжения помехи на частоте $f = n \times (f_1 \pm 1 \%)$ , ( $f_1 =$ частота помехи), $n = 1, 2, \dots$	
Синфазные помехи	> 100 дБ
Синфазное напряжение	Суммарное напряжение входного сигнала и синфазного сигнала не должно превышать 10 В

Если частота сигнала помехи задана значением 50 Гц, то заявленное подавление синфазной помехи будет обеспечиваться только для частот 50 Гц  $\pm 1\%$ , 100 Гц  $\pm 1\%$ , 150 Гц  $\pm 1\%$  и т.д. (кратных 50). На других частотах помехоустойчивость системы будет хуже.

Уровень синфазной помехи, обусловленной влиянием питающих сетей, обычно подавляется примерно в 100 000 раз. При этом при амплитуде напряжения помехи 1В влияние помехи на полезный сигнал не превысит 10 мкВ.

Параметр "напряжение синфазной помехи" ("UCM") определяет максимально допустимую разность потенциалов между двумя каналами или между одним каналом и потенциалом "земли" аналоговой цепи.

Уровень подавления напряжения помехи, заданный в технических спецификациях, не должен превышать. Если превышает заданное максимальное суммарное напряжение входного сигнала и синфазного сигнала (например, 10 В), то аналоговый сигнал в модуле будет обработан некорректно. Если используемый модуль поддерживает функцию диагностики подобных ошибок, то он выдаст соответствующее предупреждающее сообщение об ошибке.

Максимально допустимое суммарное напряжение входного сигнала и синфазного сигнала может быть превышено, например, вследствие использования слишком длинных соединительных линий.

### Подавление аддитивных помех

Ниже в таблице показан пример описания ограничений по аддитивным помехам в технических спецификациях для входного аналогового модуля:

Подавление напряжения помехи на частоте $f = n \times (f_1 \pm 1 \%)$ , ( $f_1 =$ частота помехи), $n = 1, 2, \dots$	
Аддитивные помехи	> 60 дБ

Если частота сигнала помехи задана значением 50 Гц, то заявленное подавление сигнала аддитивной помехи будет обеспечиваться для частот 50 Гц  $\pm 1\%$ , 100 Гц  $\pm 1\%$ , 150 Гц  $\pm 1\%$  и т.д. На других частотах помехоустойчивость системы будет хуже.

Обычно уровень аддитивной помехи, обусловленной влиянием питающих сетей, подавляется примерно в 1000 раз. При этом при амплитуде напряжения помехи 1 В влияние помехи на полезный сигнал не превысит 1 мВ.



## 2.13 Перекрестные помехи между каналами

### Происхождение термина

Термин "перекрестные помехи" ("crosstalk/ХТ") изначально использовался в области телекоммуникаций для обозначения нежелательного взаимного проникновения голосовых сигналов разных абонентов между соседними линиями связи.

### Определение

Перекрестные помехи между соседними каналами обозначают взаимное влияние сигналов в двух независимых каналах из-за токов утечки и паразитных емкостной или индуктивной связи.

Перекрестные помехи между соседними каналами определяются величиной паразитного сигнала из соседнего канала, который накладывается на полезный сигнал.

### Причины

Технически невозможно полностью изолировать каналы модуля от влияния окружающей среды. Это означает, что всегда будут иметь место токи утечки, паразитные связи между каналами, вызывающие соответствующие искажения сигналов.

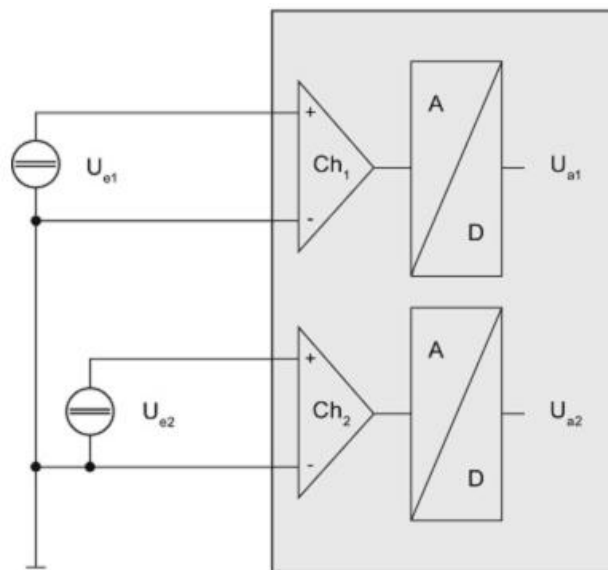


Иллюстрация 2-18 Перекрестные помехи между двумя каналами

На иллюстрации показана схема перекрестных связей между каналами (Ch<sub>1</sub>/Ch<sub>2</sub>) в аналоговом модуле. Количественно перекрестные помехи оцениваются с помощью коэффициента, показывающего относительный уровень влияния полезного сигнала (U<sub>e2</sub>) из одного канала на сигнал в другом канале (U<sub>e1</sub>).

Погрешность измерения (U<sub>a1</sub>) при этом может быть определена по формуле:

$$U_{a1} = U_{e2} \cdot 10^{\frac{-\text{ХТ [дБ]}}{20}}$$

### Пример подавления сигнала из соседнего канала

Пусть параметр "перекрестные помехи между входами" ("crosstalk between inputs") в технических спецификациях определяется значением  $>-100$  дБ в диапазоне измерения  $[-10...+10]$  В для канала 1 в восьмиканальном аналоговом входном модуле. Напряжение на входе имеет амплитуду 10 В.

Какова будет величина погрешности, обусловленной влиянием перекрестных помех в канале 0 (диапазон измерения  $\pm 10$  В) и канал 2 (диапазон измерения  $\pm 80$  мВ)?

Затухание 100 дБ означает ослабление сигнала в 100 000 раз. Следовательно измеренные значения напряжения из-за паразитной связи между каналами в канале 0 и в каналах со 2-го по 7-й могут составлять  $10 \text{ В} / 100\,000 = 100 \text{ мкВ}$ . Этот сигнал помехи алгебраически складывается с полезным сигналом от датчика. При этом результат зависит от выбранного диапазона измерения:

- Канал 0:  $100 \text{ мкВ} / 10 \text{ В} = 0.001\%$
- Канал 2:  $100 \text{ мкВ} / 80 \text{ мВ} = 0.125\%$

Напряжение 10 В в канале 1 может изменить измеренное значение в канале 0 на 0.001%, а измеренное значение в канале 2 на 0.125%.

Следовательно погрешность измерения модуля составляет 0.001% или 0.125% (в зависимости от канала).

Справочная основная погрешность уже включает в себя погрешность, возникающую из-за перекрестных помех между каналами.

### Расчет погрешности измерения

Необходимо рассчитать погрешность измерения в канале 1 в нашем примере, учитывая изменение измеренного напряжения 10 В в канале 2. Величина перекрестной помехи (ХТ [дБ]) указывается в технических спецификациях в руководстве по используемому аналоговому модулю.

Пусть:

Err 1 - погрешность измерения сигнала в 1-м канале [Вольт]

Err 2 - погрешность измерения сигнала во 2-м канале [Вольт]

тогда:

$$\text{Err 1} = \text{Err 2} \cdot 10^{\frac{\text{ХТ}[\text{дБ}]}{20}}$$
$$\text{Err 1} = 10 \text{ В} \cdot 10^{\frac{-80 \text{ дБ}}{20}} = 0,001 \text{ В}$$

Изменение измеренного напряжения 10 В в канале 2 обуславливает в канале 1 погрешность измерения величиной 0.001 В.

## 2.14 Диагностика

### Диагностика в аналоговых модулях

Аналоговые модули SIMATIC оснащены функциями диагностики. Множество диагностических функций доступны для аналоговых модулей в STEP 7. Выбор и назначение параметров функций диагностики зависит от семейства и типа используемых модулей. Подробную информацию по функциям диагностики для конкретной модели аналогового модуля Вы можете найти в соответствующем справочном руководстве.

Для выбора диагностических функций используемого модуля выполните следующие действия:

1. Откройте STEP 7.
2. Выберите аналоговый модуль в разделе *Device view* (Просмотр устройств).
3. Выберите вкладку свойств "Properties".
4. Выберите входы или необходимый канал аналогового модуля в окне *Inspector* (Инспектор объектов).

Таблица 2-2 Обзор диагностируемых ошибок

Предмет диагностики	Аналоговый входной модуль	Аналоговый выходной модуль
Обрыв провода	√	√
Нет питания L+	√	√
Переполнение (overflow)	√	√
Потеря значимости (underflow)	√	√
Синфазная ошибка	√	-
Короткое замыкание	√	√
Перегрузка	-	√
Ошибка термокомпенсации	√	-

Диагностические функции аналогового модуля выполняются в то время, когда система находится в рабочем режиме, основываясь на состоянии выходных сигналов (значений переменных), то есть значений выходных токов или напряжений. Если выходной ток или выходное напряжение не достаточны, то модуль не обеспечивает достоверной диагностики состояния. Ограничения для рабочих условий, в которых обеспечиваются диагностические функции, задаются в технических спецификациях для каждого модуля.

Модуль сообщает результат диагностики в CPU, используя диагностические прерывания. Если одновременно выполняются несколько диагностических функций, то диагностическая функция с самым высоким приоритетом вызывает прерывание первой. Диагностические функции управляют светодиодными индикаторами сигнального модуля, модуля CPU, Web-сервера или HMI-устройства.

В зависимости от схемы измерительной цепи или управляемого привода конфигурируются те или иные диагностические функции.

Далее в таблицах показаны типы диагностических функций, которые могут быть задействованы в зависимости от схемы измерения или привода, а также в зависимости от типа аналогового модуля.

### Диагностика аналоговых входных модулей

Таблица 2-3 Типы диагностических функций аналогового входного модуля, которые могут быть сконфигурированы в соответствии со схемой измерения "Voltage" ("Напряжение")

	Нет напряжения питания L+	Обрыв провода [1...5] В	Переполнение (overflow)	Потеря значимости (underflow)	Синфазная ошибка	Ошибка компенсации температуры	Короткое замыкание
S7-1500	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
ET 200MP	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
ET 200SP	✓	-	✓	✓	-	-	✓
ET 200AL	-	✓	✓	✓	-	-	✓
ET 200eco PN	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓ *	✓ *	-	-	✓

\* для ET 200pro: параметры "Overflow" и "Underflow" объединены в параметр "Overflow/Underflow"

Таблица 2-4 Типы диагностических функций аналогового входного модуля, которые могут быть сконфигурированы в соответствии со схемой измерения "Current (4-wire transducer)" ("Ток: 4-проводный датчик")

	Нет напряжения питания L+	Обрыв провода [4...20] mA	Переполнение (overflow)	Потеря значимости (underflow)	Синфазная ошибка	Ошибка компенсации температуры	Короткое замыкание
S7-1500	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
ET 200MP	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
ET 200SP	✓	✓	✓	✓	-	-	✓ **
ET 200AL	-	✓	✓	✓	-	-	✓ **
ET 200eco PN	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓ *	✓ *	-	-	✓

\* для ET 200pro: параметры "Overflow" и "Underflow" объединены в параметр "Overflow/Underflow"

\*\* Диагностические функции только для питания внешних цепей

Таблица 2-5 Типы диагностических функций аналогового входного модуля, которые могут быть сконфигурированы в соответствии со схемой измерения "Current (2-wire transducer)" ("Ток: 2-проводный датчик")

	Нет напряжения питания L+	Обрыв провода [4...20] mA	Переполнение (overflow)	Потеря значимости (underflow)	Синфазная ошибка	Ошибка компенсации температуры	Короткое замыкание
S7-1500	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
ET 200MP	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
ET 200SP	✓	✓	✓	-	-	-	✓ **
ET 200AL	-	✓	✓	✓	-	-	✓ **
ET 200eco PN	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓ *	✓ *	-	-	✓

\* для ET 200pro: параметры "Overflow" и "Underflow" объединены в параметр "Overflow/Underflow"

\*\* Диагностические функции только для питания внешних цепей

Таблица 2-6 Типы диагностических функций аналогового входного модуля, которые могут быть сконфигурированы в соответствии со схемой измерения "Resistor (4-wire connection)" ("Резистор: 4-проводное включение")

	Нет напряжения питания L+	Обрыв провода	Переполнение (overflow)	Потеря значимости (underflow)	Синфазная ошибка	Ошибка компенсации температуры	Короткое замыкание
S7-1500	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200MP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200SP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200eco PN	✓	✓	✓	-	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓ *	✓ *	-	-	-

\* для ET 200pro: параметры "Overflow" и "Underflow" объединены в параметр "Overflow/Underflow"

Таблица 2-7 Типы диагностических функций аналогового входного модуля, которые могут быть сконфигурированы в соответствии со схемой измерения "Resistor (3-wire connection)" ("Резистор: 3-проводное включение")

	Нет напряжения питания L+	Обрыв провода	Переполнение (overflow)	Потеря значимости (underflow)	Синфазная ошибка	Ошибка компенсации температуры	Короткое замыкание
S7-1500	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200MP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200SP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200AL	-	✓	✓	-	-	-	-
ET 200eco PN	✓	✓	✓	-	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓ *	✓ *	-	-	-

\* для ET 200pro: параметры "Overflow" и "Underflow" объединены в параметр "Overflow/Underflow"

Таблица 2-8 Типы диагностических функций аналогового входного модуля, которые могут быть сконфигурированы в соответствии со схемой измерения "Resistor (2-wire connection)" ("Резистор: 2-проводное включение")

	Нет напряжения питания L+	Обрыв провода	Переполнение (overflow)	Потеря значимости (underflow)	Синфазная ошибка	Ошибка компенсации температуры	Короткое замыкание
S7-1500	✓	-	-	✓	-	-	-
ET 200MP	✓	-	-	✓	-	-	-
ET 200SP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200AL	-	✓	✓	-	-	-	-
ET 200eco PN	✓	✓	✓	-	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓ *	✓ *	-	-	-

\* для ET 200pro: параметры "Overflow" и "Underflow" объединены в параметр "Overflow/Underflow"

Таблица 2-9 Типы диагностических функций аналогового входного модуля, которые могут быть сконфигурированы в соответствии со схемой измерения "Терморезистор (2-wire connection)" ("Терморезистор: 2-хпроводное включение")

	Нет напряжения питания L+	Обрыв провода	Переполнение (overflow)	Потеря значимости (underflow)	Синфазная ошибка	Ошибка компенсации температуры	Короткое замыкание
S7-1500	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200MP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200SP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200eco PN	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓ *	✓ *	-	-	-

\* для ET 200pro: параметры "Overflow" и "Underflow" объединены в параметр "Overflow/Underflow"

Таблица 2-10 Типы диагностических функций аналогового входного модуля, которые могут быть сконфигурированы в соответствии со схемой измерения "Терморезистор (3-wire connection)" ("Терморезистор: 3-хпроводное включение")

	Нет напряжения питания L+	Обрыв провода	Переполнение (overflow)	Потеря значимости (underflow)	Синфазная ошибка	Ошибка компенсации температуры	Короткое замыкание
S7-1500	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200MP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200SP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200AL	-	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200eco PN	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓ *	✓ *	-	-	-

\* для ET 200pro: параметры "Overflow" и "Underflow" объединены в параметр "Overflow/Underflow"

Таблица 2-11 Типы диагностических функций аналогового входного модуля, которые могут быть сконфигурированы в соответствии со схемой измерения "Терморезистор (2-wire connection)" ("Терморезистор: 2-хпроводное включение")

	Нет напряжения питания L+	Обрыв провода	Переполнение (overflow)	Потеря значимости (underflow)	Синфазная ошибка	Ошибка компенсации температуры	Короткое замыкание
S7-1500	-	-	-	✓	-	-	-
ET 200MP	-	-	-	✓	-	-	-
ET 200SP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200AL	-	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200eco PN	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓ *	✓ *	-	-	-

\* для ET 200pro: параметры "Overflow" и "Underflow" объединены в параметр "Overflow/Underflow"

Таблица 2-12 Типы диагностических функций аналогового входного модуля, которые могут быть сконфигурированы в соответствии со схемой измерения "Thermocouple" ("Термопара")

	Нет напряжения питания L+	Обрыв провода	Переполнение (overflow)	Потеря значимости (underflow)	Синфазная ошибка	Ошибка компенсации температуры	Короткое замыкание
S7-1500	V	V	V	V	V	V	-
ET 200MP	V	V	V	V	V	V	-
ET 200SP	V	V	V	V	-	V	-
ET 200eco PN	V	-	V	V	-	V	-
ET 200pro	-	-	V *	V *	-	V	-

\* для ET 200pro: параметры "Overflow" и "Underflow" объединены в параметр "Overflow/Underflow"

### Диагностика аналоговых входных модулей

Таблица 2-13 Типы диагностических функций аналогового выходного модуля, которые могут быть сконфигурированы в соответствии с выходом типа "Voltage" ("Напряжение")

	Нет напряжения питания L+	Обрыв провода	Переполнение (overflow)	Потеря значимости (underflow)	Ошибка компенсации температуры	Короткое замыкание
S7-1500	V	-	V	V	V	-
ET 200MP	V	-	V	V	V	-
ET 200SP	V	-	V	V	V	-
ET 200eco PN	V	-	-	-	V	V
ET 200pro	-	-	-	-	V	-

Таблица 2-14 Типы диагностических функций аналогового выходного модуля, которые могут быть сконфигурированы в соответствии с выходом типа "Current" ("Ток")

	Нет напряжения питания L+	Обрыв провода	Переполнение (overflow)	Потеря значимости (underflow)	Ошибка компенсации температуры	Короткое замыкание
S7-1500	V	V	V	V	-	-
ET 200MP	V	V	V	V	-	-
ET 200SP	V	V	V	V	-	-
ET 200eco PN	V	V	-	-	-	V
ET 200pro	-	V	-	-	-	-

#### Примечание Диапазон измерения

Типы диагностических функций параметрируются в соответствии со схемой входа/выхода, а также с рабочим диапазоном входных/выходных сигналов.

#### Примечание Минимальные выходные значения

Некоторые отказы, например, обрыв и КЗ не могут диагностироваться, если не обеспечиваются номинальные выходные напряжение или ток. Эти функции восстанавливаются при обеспечении номинальных напряжения или тока.

### Диагностика питающего напряжения L+

Включить функцию диагностики отсутствия или пониженного напряжения L+ в аналоговом модуле можно активацией чекбокса "No supply voltage L+" ("Нет питающего напряжения L+"). При этом, если питающее напряжение отсутствует или ниже номинального, то индикаторы ошибки и состояния отобразят отказ. Сигнал в буфере диагностической функции обеспечит получение этой информации CPU.

Если напряжение питания отсутствует, то другие диагностические функции не доступны.

### Диагностика обрыва провода

Термин "Wire break" ("Обрыв провода") означает состояние отказа, при котором обычно замкнутая цепь оказывается разомкнутой.

#### Диагностика обрыва провода в аналоговых входных модулях

Диагностическая функция "Wire break" ("Обрыв провода") упрощает определение неисправностей во время работы. В STEP 7 в свойствах модуля настраиваются различные параметры. В зависимости от используемого модуля Вы можете, например, задать в настройках граничное значение параметра, при котором будет выдаваться сообщение об обрыве цепи.

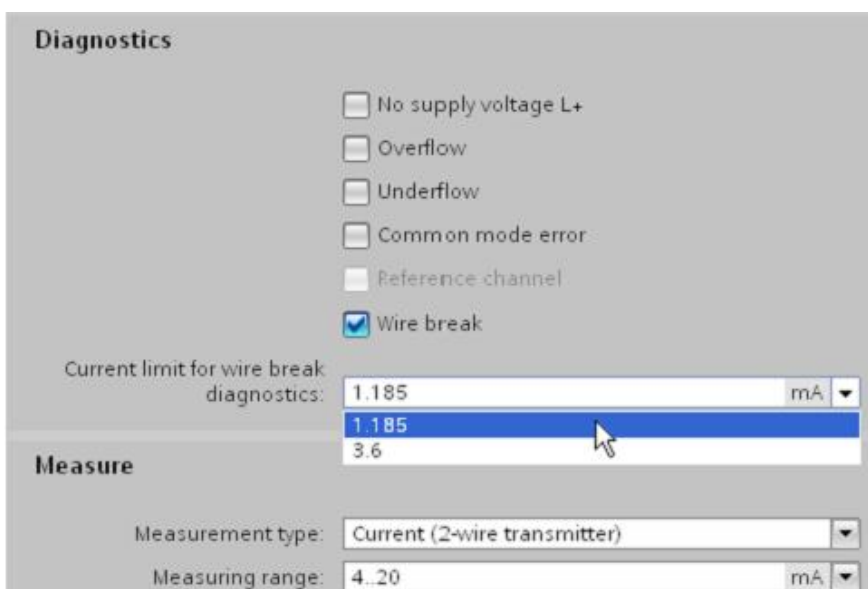


Иллюстрация 2-19 Задание граничного значения тока для диагностики обрыва цепи для аналогового входного модуля в STEP 7

Обычно техника "плавающего нуля" используется для детектирования обрыва провода. Началом диапазона измерения стандартного сигнала "плавающего нуля" [4...20] мА выбирается значение 4 мА. Обрыв провода между входом и датчиком детектируется при отсутствии тока. Вместо тока для диагностики обрыва провода можно использовать напряжение в пределах [1...5] В. Диагностическая функция "Wire break" ("Обрыв провода") может быть сконфигурирована только с использованием диапазонов [4...20] мА (для тока) или [1...5] В (для напряжения).

При использовании схем измерения "Resistor", "Терморезистор" и "Thermocouple" (см. выше таблицы) в соединительные линии подается ток. В случае обрыва провода прохождение тока прерывается и диагностируется отказ "Wire break" ("Обрыв провода").



### Диагностика обрыва провода в аналоговых выходных модулях

Аналоговый выходной сигнал используется для диагностики обрыва провода. Реальная диагностика обрыва провода не возможна, если напряжение в линии слишком низкое. В этом случае диагностическая функция не работает без изменения своего состояния.

В справочном руководстве по используемому модулю Вы можете, найти граничное значение тока, при котором будет выдаваться сообщение об обрыве цепи.

### Диагностика ошибок "переполнение" и "потеря значимости"

При рассмотрении диапазона измерения аналогового входного модуля различают поддиапазоны, показанные ниже в таблице.

Таблица 2- 15 Пример дискретизации диапазона измерения [-10...+10] В для аналогового входного модуля SIMATIC S7

Значение сигнала после АЦП	Диапазон измерения напряжения [ -10...+10 ] В	
	Измеренное значение сигнала	Примечание
32767	> 11.759 В	Значения сигнала, вызывающие переполнение (Overflow)
32511	11.759 В	Верхнее поле допуска диапазона номинальных значений (Overrange)
27649		
27648	10.0 В	Значения сигнала находятся в номинальном диапазоне (Rated range)
0	0 В	
-27648	-10.0 В	
-27649		Нижнее поле допуска диапазона номинальных значений (Underrange)
-32512	-11.759 В	
-32768	< -11.759 В	Значения, вызывающие потерю значимости (Underflow)

Начиная со значения 32512 и выше оцифрованное считанное значение выходит за верхнюю границу диапазона допустимых значений и считается некорректным. В этом случае диагностируется состояние ошибки "Overflow" ("Переполнение"). Поддиапазон значений "overrange" считается полем допуска входного сигнала.

Начиная со значения -32513 и ниже оцифрованное считанное значение выходит за нижнюю границу диапазона допустимых значений и считается некорректным. При этом диагностируется состояние ошибки "Underflow" ("Потеря значимости"). Поддиапазон значений "underrange" считается полем допуска входного сигнала.

Ошибки "Overflow" или "Underflow" могут возникать, например, из-за обрыва провода, некорректного диапазона измерения или некорректного монтажа соединительных линий.

#### Примечание

##### Точность

Точность, определенная в технических данных модуля, обеспечивается только в диапазоне номинальных значений входного сигнала.

### **Диагностика синфазной ошибки**

Включить функцию диагностики синфазной ошибки в аналоговом модуле можно активацией чекбокса "Common mode" ("Синфазная ошибка"). При этом модуль начнет отслеживать превышение допустимого уровня разности потенциалов ( $U_{CM}$ ) между опорными потенциалами отдельных компонентов модуля, например, измерительных входов и заземления аналогового тракта  $M_{ANA}$ .

Причиной возникновения "синфазной ошибки" может стать:

- Ошибка монтажа
- Отсутствие электромагнитной совместимости с используемым оборудованием
- Некорректное заземление датчиков
- Слишком длинные соединительные линии
- Неподключенный датчик
- 2-хпроводный датчик, подключенный к точке заземления аналоговой схемы  $M_{ANA}$

---

#### **Примечание**

При использовании 4-хпроводных датчиков последовательно включенный измеритель тока приведет к слишком большому падению напряжения.

---

Разность потенциалов  $U_{CM}$ , превышающая допустимую величину, может приводить к большим погрешностям измерения и к повреждению приборов. Для предупреждения синфазных ошибок соедините измерительные входы с точкой заземления аналогового тракта  $M_{ANA}$  кабелем для выравнивания потенциала. Подробную информацию по данному вопросу можно найти в разделе "Подключение датчиков".

### Диагностика короткого замыкания

Включить функцию диагностики короткого замыкания в аналоговом модуле можно активацией чекбокса "Short circuit" ("Короткое замыкание"). При этом модуль начнет отслеживать перегрузку каналов модуля.

Причиной возникновения короткого замыкания может стать:

- Ошибка монтажа, например, КЗ в коннекторах или в сигнальном кабеле
- Неисправность приводов

Для диагностики КЗ контролируется состояние аналогового выхода модуля. При слишком низком выходном напряжении невозможна адекватная диагностика короткого замыкания. В этом случае диагностическая функция деактивируется без изменения статуса системы диагностики. В технических данных модуля можно найти нижний предел выходного напряжения, при котором обеспечивается функционирование функции диагностики короткого замыкания.

Модули SIMATIC имеют специальную защитную схему для предотвращения короткого замыкания. Благодаря этой схеме ток короткого замыкания ограничивается. Уровень тока короткого замыкания задается в технических данных используемого модуля.

---

#### Примечание

##### Перегрузка

Необходимо помнить, что перегрузка каналов приводит к перегреву модуля, и соответствующим образом влияет на параметры модуля. Избегайте длительной перегрузки каналов выходных модулей.

---

### Диагностика ошибки компенсации температуры

Данная функция диагностики используется во входных модулях только при использовании термопары (измерительный режим "Thermocouple"). Включить функцию диагностики ошибки компенсации температуры в аналоговом модуле можно активацией чекбокса "Reference junction". При этом модуль начнет отслеживать ошибку в опорном канале для компенсации температуры.

Температура на холодном спае термопары измеряется в опорном канале модуля с помощью внешнего терморезистора (RTD). Если обнаруживается ошибка, например, из-за размыкания в схеме опорного канала, то компенсации температуры холодного спае больше не происходит. При этом значение температуры холодного спае будет вне допустимых пределов.

Подробную информацию по данному вопросу можно найти в разделах "Термопары" и "Подключение датчиков".

### **Диагностика перегрузки**

Включить функцию диагностики перегрузки в аналоговом модуле можно активацией чекбокса "Overload" ("Перегрузка"). При этом модуль начнет отслеживать превышение допустимой температуры в каналах модуля.

Причиной возникновения перегрузки может стать:

- Слишком высокая окружающая температура
- Выходные каналы модуля используются с нарушением допустимых рабочих условий для модуля

---

#### **Примечание**

##### **Перегрузка**

Необходимо помнить, что перегрузка каналов приводит к перегреву модуля, и соответствующим образом влияет на параметры модуля. Избегайте длительной перегрузки каналов выходных модулей.

---

## 2.15 Код состояния

### Код состояния

В случае некорректного аналогового значения обрабатываемой переменной модуль выводит код ошибки 0x7FFF (при переполнении разрядов "overflow" и прочих ошибках) или 0x8000 (при потере значимости "underflow") для соответствующего канала. При этом в пользовательской программе может быть обработан код ошибки для соответствующего канала. Пользователь также может предусмотреть реакцию на события с помощью диагностических сообщений.

Кроме использования кодов ошибки 0x7FFF или 0x8000 и сконфигурированных функций диагностики аналоговые модули поддерживают вывод диагностической информации в образе процесса - в соответствующих областях памяти (PII - Process image input). Диагностическая информация синхронно передается в *Код состояния* или *Код качества* и в данные пользователя. Код качества (QI - Quality Information) определяется состоянием входного сигнала. Различаются два значения кода качества: "Good" (корректный сигнал = 1) и "Bad" (некорректный сигнал = 0).

---

#### Примечание

В аналоговых входных модулях использование кода состояния является альтернативой оценки состояния каналов с помощью кодов ошибки 0x7FFF или 0x8000. По сравнению с кодами ошибок оценка бинарного кода состояния (0 или 1) в пользовательской программе проще.

В аналоговых выходных модулях код состояния информирует пользователя о том, может ли быть выведено в соответствующий канал записанное значение. Используя код состояния, пользователь может отреагировать прежде всего на эту информацию без необходимости считывания кодов диагностики модуля.

---

## Пример

### Активация кода состояния аналогового входного модуля

Для активации кода состояния аналогового входного модуля выполните следующие действия:

- Выберите в STEP 7 необходимый аналоговый модуль
- Выберите опцию "AI configuration" ("Конфигурация аналогового входа") на вкладке свойств "Properties" модуля
- Отметьте чекбокс "Value status" ("Код состояния")

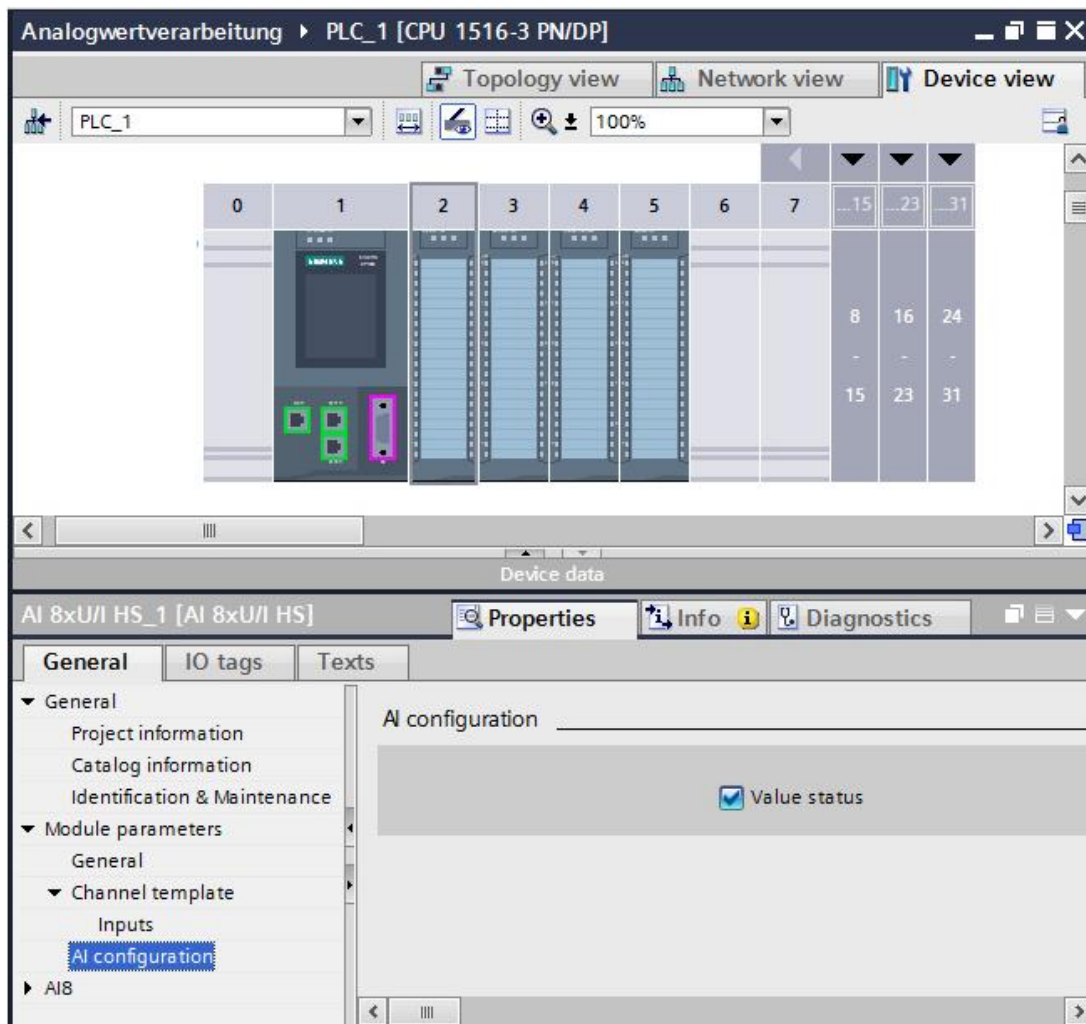


Иллюстрация 2-20 Активация кода состояния аналогового входного модуля

После активации кода состояния аналогового входного модуля в адресной области входов соответствующего модуля для кода состояния используется дополнительный байт.

Каждый бит в этом байте назначается соответствующему каналу для отображения информации, например, можно ли выводить рассчитанное в программе значение на выход модуля (0= значение некорректно; 1= значение корректно).

#### **Появление ошибки**

Если обнаружен обрыв провода, например, тогда в аналоговом модуле тогда для текущего состояния сигнала в образе процесса PII и для кода состояния устанавливается значение "invalid" ("некорректно"). При этом в пользовательской программе это состояние может использоваться, например, для включения соответствующего светового индикатора.

#### **Диагностические сообщения и код состояния**

При использовании аналоговых модулей сторонних производителей с помощью GSD-файла, и диагностические события не могут быть проверены, то лучше использовать код состояния.

---

#### **Примечание**

Код состояния является индикатором - инструментом групповой диагностики, который предоставляет пользователю только качественную информацию: два состояния - "Good" ("Корректно") или "Bad" ("Некорректно").

Код состояния не дает возможности для более подробного анализа причин ошибочного состояния (например, "обрыв провода", "короткое замыкание в соединительных кабелях" или "слишком низкое напряжение").

---

## 2.16 Время обработки в аналоговом модуле

### Базовое время обработки и фактическое время обработки сигнала во входном аналоговом канале

Базовое время обработки - это минимальное время, необходимое для преобразования аналогового значения в одном канале. Фактическое время обработки включает в себя базовое время обработки и, в зависимости от используемого аналогового модуля, время для выполнения следующих проверок:

- время выполнения измерения сопротивления;
- время выполнения мониторинга ошибки "обрыва провода";
- время выполнения мониторинга ошибок "переполнения" / "потери значимости";
- время выполнения мониторинга синфазной ошибки.

### Пример

В данном примере рассматривается измерение сопротивления 6000 Ом в канале 6 аналогового входного модуля, сконфигурированное время интеграции = 20 мс и активирован мониторинг ошибки "Обрыв провода".

Общее время обработки состоит из следующих процедур:

Время процедуры обработки	Время, мс
Базовое время обработки	27
Время выполнения измерения RTD/сопротивления (6000 Ом)	4
Время выполнения мониторинга ошибки обрыва провода в цепях термодпары / схемы компенсации (RTD)	9
<b>Время обработки сигнала в канале</b>	<b>40</b>

### Время обработки сигнала во входном аналоговом канале

Отсчет времени обработки сигнала во входном аналоговом канале начинается с передачи оцифрованного значения сигнала из внутренней памяти модуля и заканчивается преобразованием в блоке ЦАП.

Время обработки сигнала во входном аналоговом канале не включает в себя время установления аналогового сигнала на выходе аналогового модуля.

Подробную информацию Вы можете найти в разделе "Время установления и время отклика в аналоговых выходных модулях" (страница 52).

#### Примечание

#### Зависимость времени обработки от функций диагностики

Некоторые диагностические функции выполняются параллельно с обработкой сигнала и не увеличивают общего времени обработки сигнала в модуле, тогда как другие диагностические функции (такие как показанные в предыдущем примере) приводят к увеличению общего времени обработки сигнала в модуле.



### **Время обработки сигнала в высокоскоростных аналоговых модулях**

Для скоростной обработки сигналов были разработаны высокоскоростные аналоговые модули (HS-модули). HS-модули обеспечивают меньшее число диагностических функций и схем измерения сигнала, чем стандартные модули (ST-модули). Подробную информацию по HS-модулям Вы можете найти в разделе "Высокоскоростные аналоговые модули" (страница 113).

## 2.17 Время обработки в аналоговом модуле

### Определение

Время цикла аналогового модуля представляет собой время, необходимое для обработки сигналов во всех каналах. Время цикла аналогового модуля зависит от способа получения сигналов, например, мультиплексный или параллельный опрос датчиков.

### Последовательная обработка сигналов

При данном способе обработки сигналы обрабатываются в каналах последовательно - один за другим. При этом входные сигналы из аналоговых входов для обработки подключаются к преобразователю, например, через мультиплексор.

Время цикла преобразования для такого аналогового модуля определяется суммарным временем обработки сигналов во всех каналах модуля.

STEP 7 обеспечивает опцию деактивации неиспользуемых каналов для уменьшения времени цикла.

Ниже на иллюстрации показана схема выполнения последовательной обработки сигналов в отдельных каналах, из которой понятны основные факторы влияющие на суммарное время цикла аналогового модуля с многоканальной последовательной обработкой сигналов.

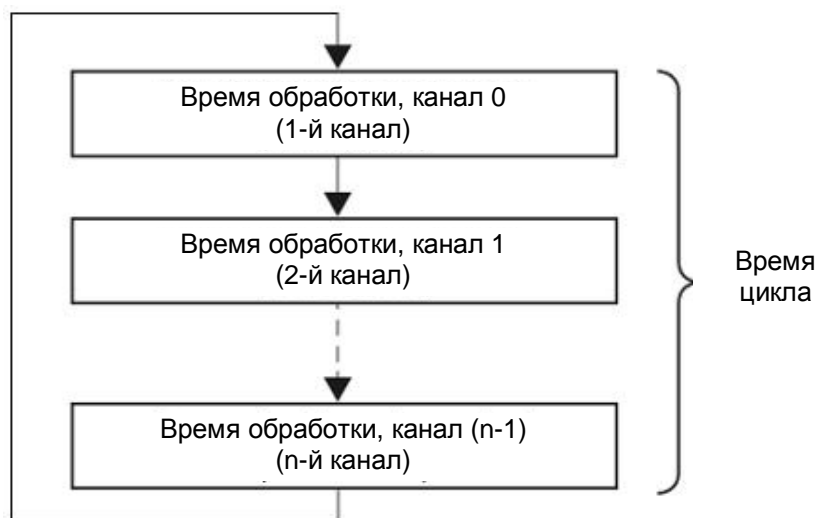


Иллюстрация 2-21 Время цикла аналогового модуля с многоканальной последовательной обработкой сигналов

### **Параллельная обработка сигналов**

При параллельной обработке полученных сигналов в аналоговом входном модуле сигналы обрабатываются в отдельных каналах одновременно (параллельно). Время цикла преобразования для такого аналогового модуля обычно является постоянным и не зависит от числа используемых каналов.

Целью использования параллельной обработки является достижение минимально возможного времени цикла обработки сигналов, как и в высокоскоростных аналоговых HS-модулях.

Подробную информацию по HS-модулям Вы можете найти в разделе "Высокоскоростные аналоговые модули" (страница 113).

## 2.18 Время установления сигнала и время отклика в аналоговых выходных модулях

Параметры "время установления сигнала" и "время отклика" дают информацию о задержке выходного сигнала (управляющей переменной) и времени доступности выходного сигнала для управления процессом.

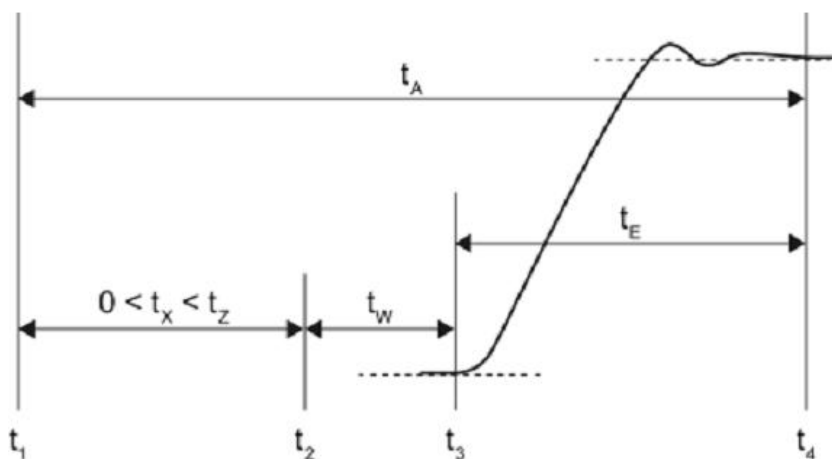
### Время отклика

Время отклика (Response time) определяется как промежуток времени между двумя событиями - поступлением оцифрованного выходного значения во внутреннюю память модуля и поступлением обработанного сигнала на аналоговый выход модуля (с остаточной погрешностью 1 %).

Время отклика ( $t_A$ ) рассчитывается как сумма трех временных компонентов: времени подготовки ( $t_X$ ), времени обработки ( $t_W$ ) и времени установления сигнала ( $t_E$ ):

$$t_A = t_X + t_W + t_E$$

### Время установления сигнала и время отклика в аналоговых выходных модулях



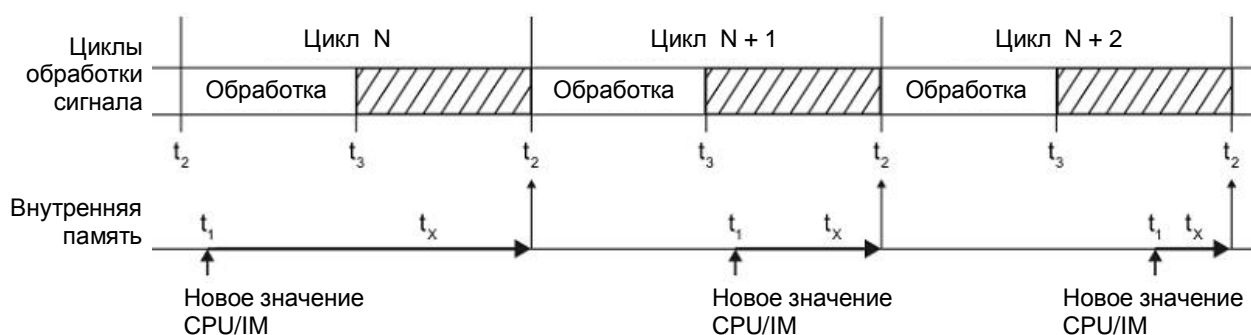
- $t_A$  - время отклика (реакции) канала (Response time)
- $t_X$  - время подготовки нового сигнала для обработки (Application time)
- $t_Z$  - время цикла модуля (Module цикл передачи данных)
- $t_W$  - время обработки (Время преобразования)
- $t_E$  - время установления сигнала (Settling time)
- $t_1$  - момент времени появления нового оцифрованного выходного значения во внутренней памяти модуля
- $t_2$  - момент времени активации оцифрованного выходного значения и начала его обработки
- $t_3$  - момент времени окончания обработки выходного значения и вывода его в форме аналогового сигнала на аналоговый выход модуля
- $t_4$  - момент времени установления выходного аналогового сигнала на выходе модуля (с остаточной погрешностью 1 %)

Иллюстрация 2-22 Время установления и время отклика выходного канала

### Время подготовки нового сигнала для обработки

CPU/IM (IM - интерфейсный модуль) записывает новые выходные значения во внутреннюю память аналогового выходного модуля. Необходимое для этого время не фиксировано. Выходные значения обрабатываются (конвертируются) асинхронно с их вводом в буферную память. В наихудшем случае интервал времени ( $t_x$ ) может быть равен времени цикла ( $t_z$ ). Это случается, если CPU записывает новое значение во внутреннюю память сразу после передачи предыдущего выходного значения для обработки. Так новое значение не будет принято к обработке до следующего цикла.

Ниже на рисунке показана выборка модулем выходных значений из внутренней памяти в неизосинхронном режиме. Информация по изосинхронному режиму представлена в разделе "Высокоскоростные аналоговые модули" (страница 115).



$t_x$  - время подготовки для обработки (application time) нового сигнала

$t_1$  - момент появления нового оцифрованного выходного значения во внутренней памяти модуля

$t_2$  - момент активации оцифрованного выходного значения и начала его обработки

$t_3$  - момент окончания обработки выходного значения и вывода его в форме аналогового сигнала на аналоговый выход модуля

Иллюстрация 2-23 Структура цикла: получение, подготовка, обработка, вывод сигнала

### Время обработки сигнала

Время обработки (время преобразования) выходного значения начинается с получения оцифрованного выходного значения из внутренней памяти модуля ( $t_2$ ) и заканчивается преобразованием в блоке АЦП ( $t_3$ ).

### Время установления сигнала

Время установления (settling time) сигнала начинается в момент выдачи обработанного и представленного в аналоговой форме сигнала на аналоговый выход модуля ( $t_3$ ) и заканчивается в момент завершения переходного процесса ( $t_4$ ). Выходной сигнал считается установившимся в момент, когда его значение достигает расчетного значения с остаточной погрешностью, не превышающей 1%.

Время установления сигнала зависит от типа выхода модуля и от подключенной нагрузки. Нагрузка состоит из последовательно включенных соединительных линий и входного импеданса привода.

Если используется "токовый" выход ("Current"), то время установления увеличивается при высоком омическом сопротивлении. Индуктивная нагрузка вызывает колебания выходного сигнала.

Если используется выход по напряжению ("Voltage"), тогда колебания выходного сигнала вызывает емкостная нагрузка.

## 2.19 Сглаживание сигнала

### Использование функции сглаживания сигнала

Большинство входных аналоговых модулей поддерживают функцию сглаживания входного сигнала в STEP 7. Сглаживание входных аналоговых сигналов уменьшает влияние помех. Использование функции сглаживания полезно при медленно меняющихся входных сигналах, например, при измерении температуры.

### Принцип работы функции сглаживания сигнала

Измеренные входные значения сглаживаются с помощью фильтров. Модуль формирует среднее значение из определенного числа оцифрованных входных аналоговых сигналов. Функцию сглаживания Smoothing нельзя путать с функцией интегрирования измеренных значений на определенном отрезке времени. Поэтому невозможно с помощью функции сглаживания отфильтровать помехи определенной частоты. Тем не менее функция сглаживания дает более стабильные значения, благодаря тому, что она удаляет пиковые значения при измерении сигналов.

Пользователь может сконфигурировать четыре (или более - в зависимости от используемого модуля) режима функции сглаживания. На иллюстрации ниже показан пример интерфейса для выбора режима функции фильтрации: "none" ("выкл."), "weak" ("слабый"), "medium" ("средний"), "strong" ("сильный").

Режимы функции отличаются числом измеренных значений, которые берутся для формирования среднего значения сигнала. Чем сильнее сглаживающий фактор, тем сильнее эффект фильтрации.

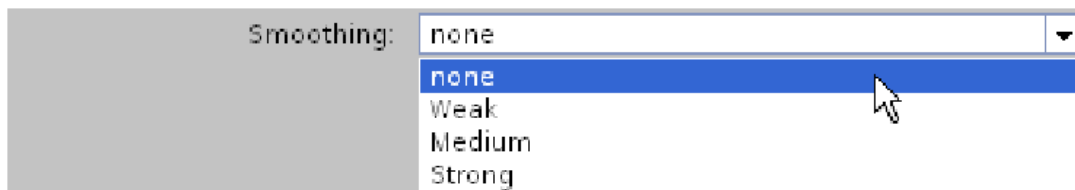


Иллюстрация 2-24 Интерфейс для выбора режима функции фильтрации: "none" ("выкл."), "weak" ("слабый"), "medium" ("средний"), "strong" ("сильный")

### Технология сглаживания

Алгоритм функции сглаживания использует в расчете заданное число измеренных значений (например, 4, 8, 32) для вычисления "скользящего среднего". Метод "скользящего среднего", используемый для сглаживания колебаний данных, заключается в том, что при каждом новом измерении новое измеренное значение включается в ряд учитываемых значений, при этом самое "старое" значение перестает учитываться в расчете. Этот механизм подавляет пиковые помехи, накладывающиеся на полезный сигнал. При использовании функции сглаживания скачок сигнала "размазывается" на соответствующем периоде времени (см. пример ниже).

Модули различных серий могут отличаться алгоритмами функции сглаживания. Сглаживание может быть линейным или экспоненциальным. Различия проявляются в эффективности сглаживания и приводят к более или к менее быстрому возрастанию сигнала после скачка.

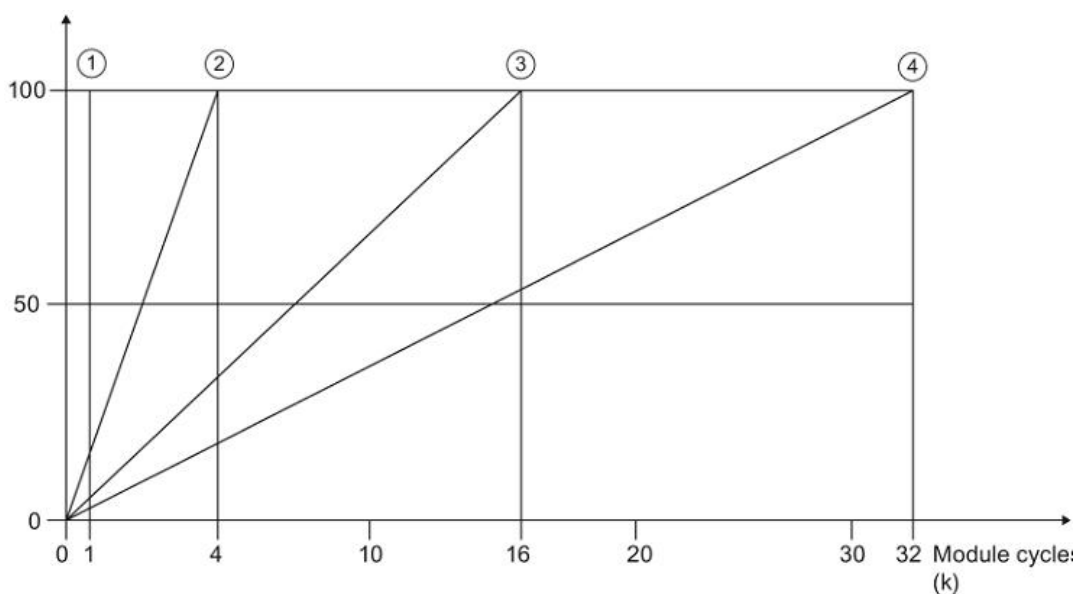
Дополнительную информацию по функции сглаживания Вы можете получить из руководства по конкретному входному аналоговому модулю.

### Пример 1: Линейное сглаживание

Ниже представлена диаграмма изменения выходного аналогового сигнала после поступления на вход ступенчатого сигнала единичной амплитуды при использовании линейной функции сглаживания в четырех режимах ( $k$  - число циклов модуля = числу измеренных входных значений). В разных режимах выходной сигнал достигает величины 100 % за разное число циклов.

Это описание справедливо для любых изменений на аналоговом входе.

Величина  
выходного  
сигнала,  
(%)



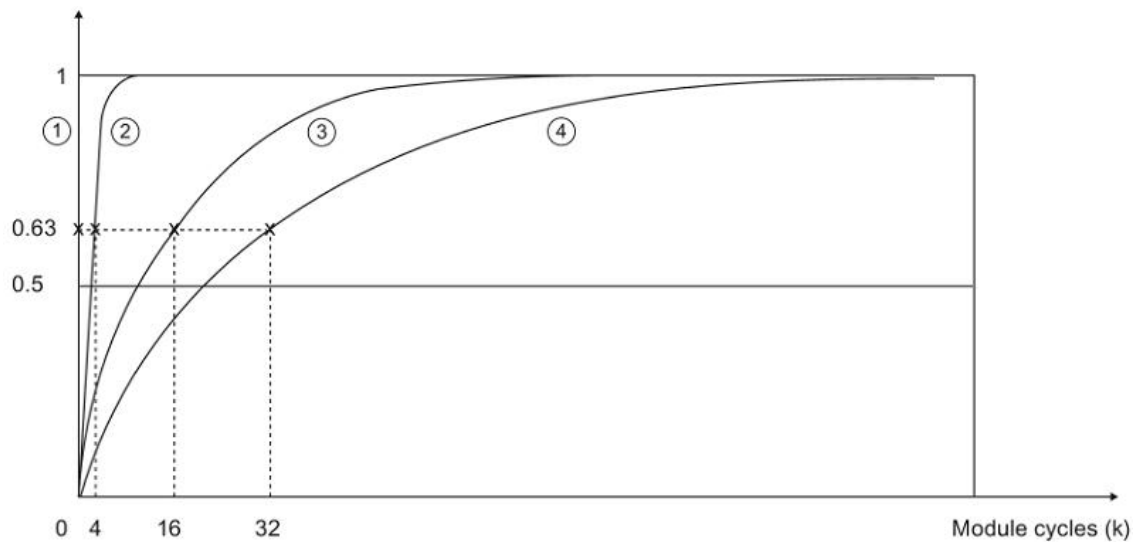
- (1) - "None": Нет сглаживания ( $k = 1$ )
- (2) - "Weak": Слабое сглаживание ( $k = 4$ )
- (3) - "Medium": Среднее сглаживание ( $k = 16$ )
- (4) - "Strong": Сильное сглаживание ( $k = 32$ )

Иллюстрация 2-25 Четыре режима линейной функции сглаживания сигнала

### Пример 2: Экспоненциальное сглаживание

Ниже представлена диаграмма изменения выходного аналогового сигнала после поступления на вход ступенчатого сигнала единичной амплитуды при использовании экспоненциальной функции сглаживания в четырех режимах ( $k$  - число циклов модуля = числу измеренных входных значений).

Величина  
выходного  
сигнала



- (1) - "None": Нет сглаживания ( $k = 1$ )
- (2) - "Weak": Слабое сглаживание ( $k = 4$ )
- (3) - "Medium": Среднее сглаживание ( $k = 16$ )
- (4) - "Strong": Сильное сглаживание ( $k = 32$ )

Иллюстрация 2-26 Четыре режима экспоненциальной функции сглаживания сигнала



## 2.20 Нагрузка для 2-хпроводных преобразователей

### 2-хпроводные преобразователи

Двухпроводные преобразователи - это преобразователи тока, которые преобразуют измеренное значение сигнала от процесса в токовый сигнал с рабочим диапазоном [4...20] мА. Два соединительных провода обеспечивают питание датчика выходным током величиной по крайней мере 4 мА.

Дополнительную информацию по подключению 2-хпроводных преобразователей Вы можете получить из раздела "Подключение токовых преобразователей" (страница 72).

### Нагрузка

Нагрузка показывает, насколько большим может быть внешнее сопротивление в токовой петле. Если внешнее сопротивление больше, чем заданная в технических спецификациях нагрузка, то источник напряжения для преобразователя не будет обеспечивать достаточное напряжение. Нагрузка состоит из сопротивления датчика и всех остальных сопротивлений, включенных в токовую петлю.

Максимальная допустимая нагрузка преобразователя, например, 820 Ом, определяется в технических данных аналогового модуля.

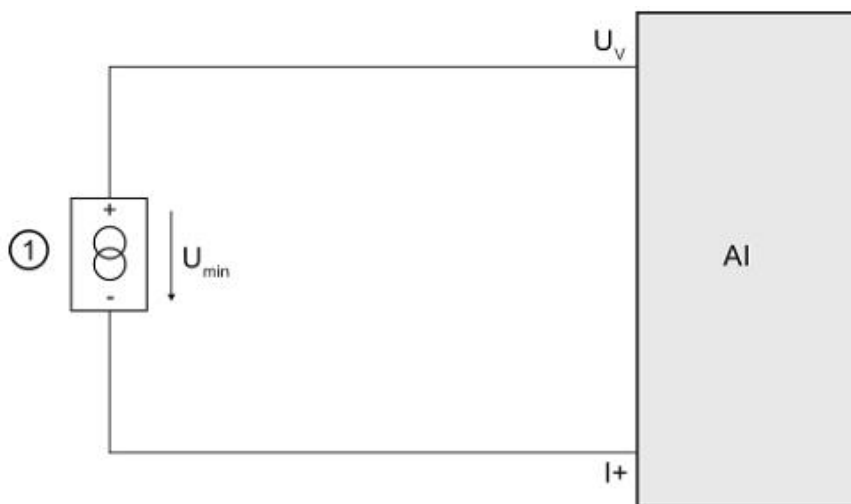
### Пример 1: Включение преобразователя в электрическую цепь

В соответствии с техническими данными на используемый двухпроводный преобразователь требуется источник питающего напряжения ( $U_{min}$ ) по крайней мере на 8.5 В.

Используя закон Ома, Вы можете рассчитать сопротивление используемого датчика ( $R_{2DMU}$ ) для тока 20 мА.

$$R_{2DMU} = \frac{U_{min}}{I} = \frac{8.5 \text{ В}}{0.020 \text{ А}} = 425 \text{ Ом}$$

Расчет показал, что сопротивление составляет 425 Ом. Сопротивление меньше величины 820 Ом. Следовательно вы можете использовать этот преобразователь для подключения к аналоговому входному модулю (AI) без превышения максимально допустимой нагрузки.



(1) - двухпроводные датчики

$U_v$  - терминал для питающего канал напряжения

$I+$  - терминал для "токового" входа

$U_{min}$  - падение напряжения на двухпроводном датчике

Иллюстрация 2-27 Включение преобразователя в электрическую цепь

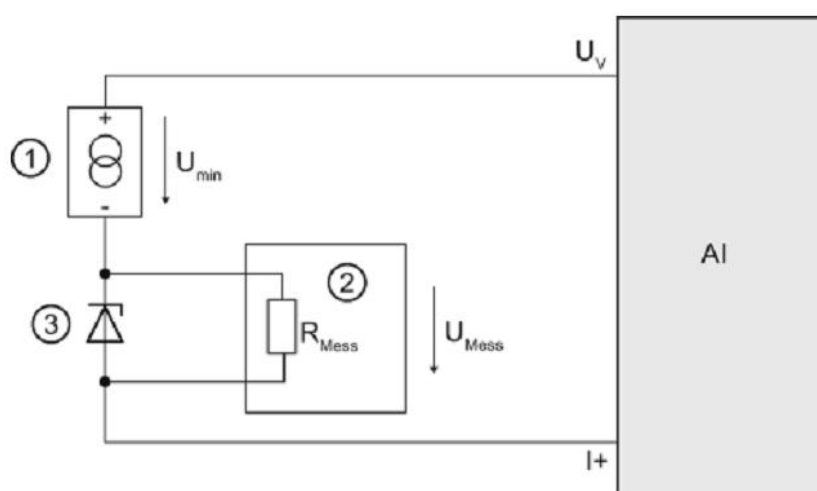
### Пример 2: Подключение преобразователя и дополнительных устройств

Если в токовую петлю последовательно включается несколько измерительных приборов, то сумма всех сопротивлений в этом контуре не должна превышать максимально допустимой нагрузки.

Если к источнику питающего напряжения на 8.5 В подключен двухпроводный преобразователь, то необходимо рассчитать допустимое внутреннее сопротивление подключаемых дополнительных измерительных приборов (2).

Максимальная величина нагрузки	820 Ом
Сопротивление преобразователя при падении напряжения 8.5 В	425 Ом
Максимально допустимое сопротивление дополнительных устройств	395 Ом

Следовательно сопротивление подключенных дополнительных приборов не должно превышать 395 Ом.



- (1) - двухпроводные датчики
- (2) - цифровой мультиметр
- (3) - стабилитрон
- $U_v$  - терминал для питающего канал напряжения
- $I+$  - терминал для "токового" входа
- $U_{min}$  - падение напряжения на двухпроводном датчике
- $R_{Mess}$  - сопротивление мультиметра
- $U_{Mess}$  - падение напряжения на мультиметре

Иллюстрация 2-27 Включение преобразователя в электрическую цепь

### Расчет допустимого падения напряжения

Максимальное дополнительное сопротивление в токовой петле не должно превышать 395 Ом при максимальном токе 20 мА.

Используя закон Ома, Вы можете рассчитать допустимое падение напряжения на дополнительных приборах

$$U_{\text{Mess}} = R_{\text{Mess}} \cdot I = 395 \text{ Ом} \cdot 0.020 \text{ А} = 7.9 \text{ В}$$

Следовательно падение напряжение на дополнительных измерительных инструментах не должно превышать 7.9 В.

## Представление аналоговых значений

### 3.1 Обзор

#### Преобразование аналоговых значений сигнала

Перед обработкой сигнала в CPU его аналоговое значение должно быть представлено в оцифрованном виде. Оцифровка аналоговых сигналов для дальнейшей обработки в CPU производится в аналоговых входных модулях.

Аналоговые выходные модули в свою очередь преобразуют обработанные в CPU оцифрованные значения в аналоговые сигналы для управления исполнительными устройствами процесса.

#### Представление аналогового значения сигнала в 16-разрядном разрешении

Для обработки в CPU все оцифрованные аналоговые сигналы имеют одинаковый формат и принадлежат одному и тому же номинальному диапазону. Аналоговые значения представляются в виде числа с фиксированной запятой в дополнительном двоичном коде (см. таблицу 3-1).

Таблица 3-1 Представление аналогового значения

Разрешение	Аналоговое значение															
Номер бита	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Значение	S	$2^{14}$	$2^{13}$	$2^{12}$	$2^{11}$	$2^{10}$	$2^9$	$2^8$	$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$

#### Знак

Знак (S) аналогового значения всегда размещается в 15-м бите:

- "0" → +
- "1" → -

#### Представление аналогового значения сигнала с разрешением меньше 16 разрядов

Оцифрованные аналоговые значения размещаются в памяти аналоговых модулей с выравниванием влево, если имеют разрешение меньше 16 разрядов. Оставшиеся неиспользованными биты заполняются нулями "0".

Это уменьшает число измеренных значений, которые могут быть размещены в памяти. Оцифрованные аналоговые значения представляются в диапазоне [+32767 ... -32768] независимо от разрешения. Дискрет при оцифровке аналогового значения определяется разрешением аналогового модуля.

**Пример**

В данном примере показано, как заполняются нулями "0" оставшиеся неиспользованными битами во внутренней памяти модуля:

- В модуле с 16-разрядным разрешением оцифрованное значение инкрементируется с шагом, равным 1 ( $2^0 = 1$ ).
- В модуле с 13-разрядным разрешением оцифрованное значение инкрементируется с шагом, равным 8 ( $2^3 = 8$ ).

Таблица 3-2 Представление аналогового значения с 16-разрядным и с 13-разрядным разрешением

Разрешение	Аналоговое значение															
Номер бита	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
16 разрядов	S	$2^{14}$	$2^{13}$	$2^{12}$	$2^{11}$	$2^{10}$	$2^9$	$2^8$	$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$
13 разрядов	S	$2^{14}$	$2^{13}$	$2^{12}$	$2^{11}$	$2^{10}$	$2^9$	$2^8$	$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	0	0	0

S = знак

**Примечание**

Информация о том, какое разрешение имеет используемый аналоговый модуль, представлена в его технических данных. Для получения этой информации обратитесь к соответствующей документации.

### 3.2 Представление входных сигналов

Ниже в таблицах показано представление оцифрованных с 16-тиразрядным разрешением граничных значений диапазонов для входных сигналов.

Обратитесь к соответствующей документации для получения информации по ограничениям на диапазон измерения сигналов для используемых аналоговых входных модулей.

Таблица 3-3 Представление биполярного диапазона входных сигналов

Десятичн. значение	%	Слово данных																Диапазон
		2 <sup>15</sup>	2 <sup>14</sup>	2 <sup>13</sup>	2 <sup>12</sup>	2 <sup>11</sup>	2 <sup>10</sup>	2 <sup>9</sup>	2 <sup>8</sup>	2 <sup>7</sup>	2 <sup>6</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>4</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	
32767	>117.589	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Overflow
32511	117.589	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	Поле допуска (Overrange)
27649	100.004	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
27648	100.000	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Диапазон номинальных значений (Rated range)
1	0.003617	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-1	-0.003617	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
-27648	-100.000	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-27649	-100.004	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Поле допуска (Underrange)
-32512	-117.593	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
-32768	<-117.593	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Underflow

Таблица 3-4 Представление однополярного диапазона входных сигналов

Десятичн. значение	%	Слово данных																Диапазон
		2 <sup>15</sup>	2 <sup>14</sup>	2 <sup>13</sup>	2 <sup>12</sup>	2 <sup>11</sup>	2 <sup>10</sup>	2 <sup>9</sup>	2 <sup>8</sup>	2 <sup>7</sup>	2 <sup>6</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>4</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	
32767	>117.589	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Overflow
32511	117.589	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	Поле допуска (Overrange)
27649	100.004	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
27648	100.000	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Диапазон номинальных значений (Rated range)
1	0.003617	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-1	-0.003617	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
-4864	-100.000	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
-32768	<-117.593	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Underflow

### 3.3 Представление выходных сигналов

Ниже в таблицах показано представление оцифрованных с 16-тиразрядным разрешением граничных значений диапазонов для выходных сигналов.

Обратитесь к соответствующей документации для получения информации по ограничениям на диапазон выходных сигналов для используемых выходных аналоговых модулей.

Таблица 3-5 Представление биполярного диапазона выходных сигналов

Десятичн. значение	%	Слово данных															Диапазон	
		2 <sup>15</sup>	2 <sup>14</sup>	2 <sup>13</sup>	2 <sup>12</sup>	2 <sup>11</sup>	2 <sup>10</sup>	2 <sup>9</sup>	2 <sup>8</sup>	2 <sup>7</sup>	2 <sup>6</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>4</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>		2 <sup>0</sup>
32511	117.589	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	Max вых. знач.
32511	117.589	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	Поле допуска (Overrange)
27649	100.004	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
27648	100.000	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Диапазон номинальных значений (Rated range)	
1	0.003617	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
-1	-0.003617	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
-27648	-100.000	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Поле допуска (Underrange)	
-27649	-100.004	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
-32512	-117.593	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
-32512	-117.593	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Min вых. знач.	

\* Если значение > 32511, то выходной сигнал получает значение 117.589% или 0% (т.е. 0.0 В / 0.0 мА), в зависимости от используемого модуля.

\*\* Если значение < -32512, то выходной сигнал получает значение -117.593% или 0% (т.е. 0.0 В / 0.0 мА), в зависимости от используемого модуля.

Таблица 3-6 Представление однополярного диапазона выходных сигналов

Десятичн. значение	%	Слово данных															Диапазон
		2 <sup>15</sup>	2 <sup>14</sup>	2 <sup>13</sup>	2 <sup>12</sup>	2 <sup>11</sup>	2 <sup>10</sup>	2 <sup>9</sup>	2 <sup>8</sup>	2 <sup>7</sup>	2 <sup>6</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>4</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	
32767	>117.589	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Overflow
32511	117.589	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	Поле допуска (Overrange)
27649	100.004	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
27648	100.000	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Диапазон номинальных значений (Rated range)
1	0.003617	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-1	-0.003617	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
-4864	-100.000	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Поле допуска (Underrange)
-32768	<-117.593	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

\* Если значение > 32511, то выходной сигнал получает значение 117.589% или 0% (т.е. 0.0 В / 0.0 мА), в зависимости от используемого модуля.

\*\* Если значение < 0, то выходной сигнал получает значение 0% (т.е. 0.0 В / 0.0 мА).



## Подключение датчиков

### 4.1 Обзор

#### Введение

В данной главе описываются базовые процедуры, необходимые при подключении датчиков-преобразователей к аналоговым входам. Более подробную информацию по вопросам подключения датчиков Вы можете найти в документации на соответствующий аналоговый модуль.

Информацию по вопросам прокладки кабелей, экранированию и выравниванию потенциалов Вы можете найти в руководстве "Configuring interference-free controllers" (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59193566>).

#### Виды преобразователей, которые могут быть подключены к аналоговым входам

В зависимости от типа измерительной схемы Вы можете подключить ко входам аналоговых модулей следующие датчики:

- Датчики-преобразователи напряжения
- Токовые датчики-преобразователи:
  - двухпроводные;
  - четырехпроводные.
- Резистивные датчики-преобразователи:
  - четырехпроводные;
  - трехпроводные;
  - двухпроводные.
- Термопары

#### Изолированные и неизолированные датчики-преобразователи

Датчики-преобразователи могут различаться также по следующим признакам:

- Изолированные датчики-преобразователи в месте установки **не заземляются**. Они используются в режиме "плавающего" потенциала.
- Неизолированные датчики-преобразователи **заземляются** в месте использования. Неизолированные датчики помещаются в проводящий корпус.

---

#### Примечание

Все неизолированные датчики должны быть гальванически соединены друг с другом и в месте установки должны быть заземлены.

---

### Сокращения, используемые в иллюстрациях

Расшифровка сокращений на следующих далее иллюстрациях:

AI	-	аналоговый входной модуль
M	-	общее заземление, "общая земля"
L+	-	плюсовой провод источника питания
Mn+/Mn-	-	вход для подключения датчика, канал n
I <sub>Cn+</sub> /I <sub>Cn-</sub>	-	"токовый" выход для терморезистора RTD, канал n
U <sub>n+</sub> /U <sub>n-</sub>	-	вход по напряжению, канал n
I <sub>n+</sub> /I <sub>n-</sub>	-	"токовый" вход, канал n
COMP+/COMP-	-	вход для температурной компенсации
I <sub>Comp+</sub> /I <sub>Comp-</sub>	-	"токовый" выход для температурной компенсации
U <sub>V</sub>	-	терминал для питающего канала напряжения (подключение может использоваться для двухпроводных датчиков-преобразователей (2DMU), а в станциях ET 200eso PN и ET 200pro - для 2/4-хпроводных датчиков-преобразователей)
U <sub>CM</sub>	-	разность между опорными потенциалами измерительных входов / заземления аналогового тракта M <sub>ANA</sub>
U <sub>ISO</sub>	-	максимально допустимое напряжение развязки, в частности, разность между опорными потенциалами измерительных входов и общего заземления M
M <sub>ANA</sub>	-	заземление аналогового тракта, "аналоговая земля"

### Соединительные линии для аналоговых сигналов

Для подключения аналоговых сигналов всегда используйте экранированные кабели типа "витая пара".

## 4.2 Подключение аналоговых входов модуля с заземлением аналогового тракта $M_{ANA}$

Аналоговые входные модули не имеют гальванического соединения клеммы "аналоговая земля"  $M_{ANA}$  с подключением к "общему" заземлению.

### Ограничения для разности потенциалов $U_{ISO}$

Избегайте превышения максимально допустимой разности потенциалов  $U_{ISO}$  между точкой "аналоговая земля"  $M_{ANA}$  и точкой "общая земля".

Допустимая разность потенциалов  $U_{ISO}$  может быть превышена при использовании чрезмерно длинных соединительных линий.

Чтобы избежать превышения максимального допустимого значения  $U_{ISO}$  точку заземления аналогового тракта  $M_{ANA}$  и точку "общего" заземления соедините проводником для выравнивания потенциалов.

### Ограничения для разности потенциалов $U_{CM}$

Избегайте превышения максимально допустимой разности потенциалов  $U_{CM}$  между точками опорного напряжения измерительных входов и точкой подключения к "аналоговой земле"  $M_{ANA}$ .

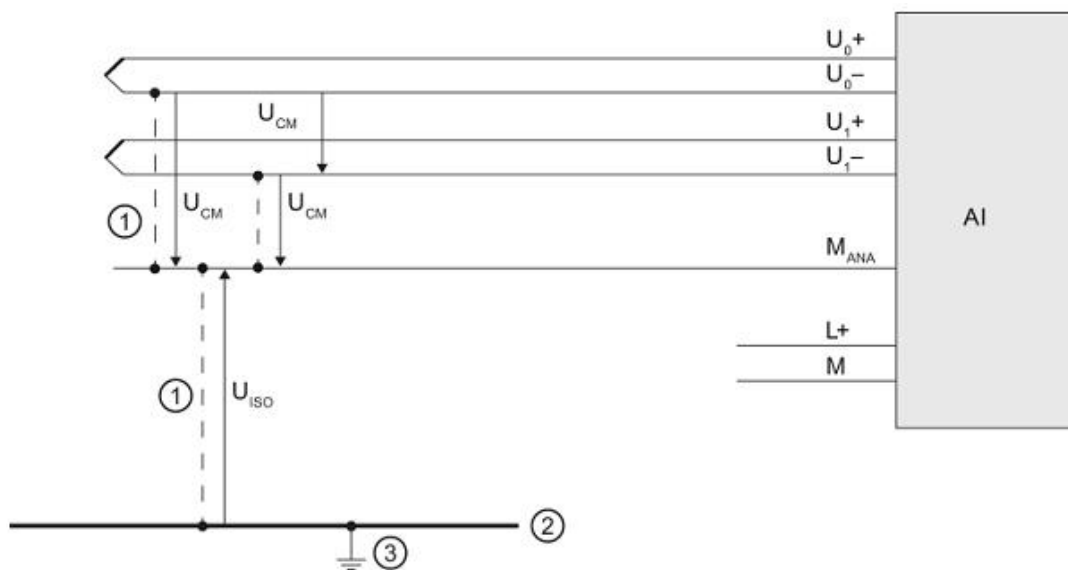
Разность потенциалов  $U_{CM}$  может зависеть от:

- Электромагнитной совместимости (EMC) находящихся поблизости устройств
- Использования заземленных преобразователей
- Использования длинных соединительных линий

При превышении значения максимальной разности потенциалов  $U_{CM}$  в процессе работы могут происходить чрезмерные ошибки измерения и отказы оборудования.

Некоторые модули имеют функцию обнаружения повышенной разности потенциалов  $U_{CM}$  с передачей информации о состоянии ошибки в диагностический буфер CPU.

Чтобы избежать превышения максимального допустимого значения  $U_{CM}$  соедините проводником для выравнивания потенциалов точки опорного напряжения измерительных входов и точку подключения к "аналоговой земле"  $M_{ANA}$ .



- (1) - проводники для подключения к эквипотенциальным шинам
- (2) - шина контура заземления
- (3) - точка общего заземления

Иллюстрация 4-1 Пример: Заземление аналоговых входных модулей с точкой подключения к "аналоговой земле"  $M_{ANA}$

### 4.3 Подключение аналоговых входов модуля без заземления аналогового тракта $M_{ANA}$

Точки опорного напряжения измерительных входов и точка "общего заземления" электрически изолированы друг от друга в аналоговых входных модулях без заземления аналогового тракта  $M_{ANA}$ .

#### Ограничения для разности потенциалов $U_{ISO}$

Избегайте превышения максимально допустимой разности потенциалов  $U_{ISO}$  между точками опорного напряжения измерительных входов и точкой "общего" заземления.

Разность потенциалов  $U_{ISO}$  может быть превышена при использовании чрезмерно длинных соединительных линий.

Чтобы избежать превышения максимального допустимого значения  $U_{ISO}$  точки опорного напряжения измерительных входов и точку "общего" заземления соедините проводниками для выравнивания потенциалов.

#### Ограничения для разности потенциалов $U_{CM}$

Избегайте превышения максимально допустимой разности потенциалов  $U_{CM}$  между точками опорного напряжения измерительных входов.

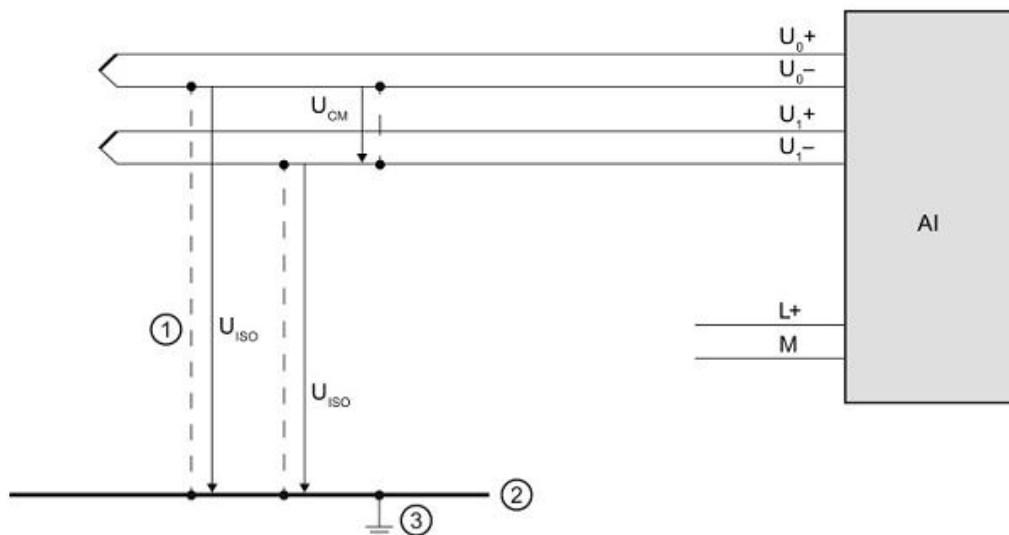
Разность потенциалов  $U_{CM}$  может зависеть от:

- Электромагнитной совместимости (EMC) находящихся поблизости устройств
- Использования заземленных преобразователей
- Использования длинных соединительных линий

При превышении значения максимальной разности потенциалов  $U_{CM}$  в процессе работы могут происходить чрезмерные ошибки измерения и отказы оборудования.

Некоторые модули имеют функцию обнаружения повышенной разности потенциалов  $U_{CM}$  с передачей информации о состоянии ошибки в диагностический буфер CPU.

Чтобы избежать превышения максимального допустимого значения  $U_{CM}$  соедините проводником для выравнивания потенциалов точки опорного напряжения измерительных входов (для станций ET 200eso PN и ET 200pro соедините проводником для выравнивания потенциалов точки опорного напряжения измерительных входов и точку заземления).



- (1) - проводники для подключения к эквипотенциальным шинам
- (2) - шина контура заземления
- (3) - точка общего заземления

Иллюстрация 4-2 Пример: Заземление аналоговых входных модулей без точки подключения к "аналоговой земле"  $M_{ANA}$

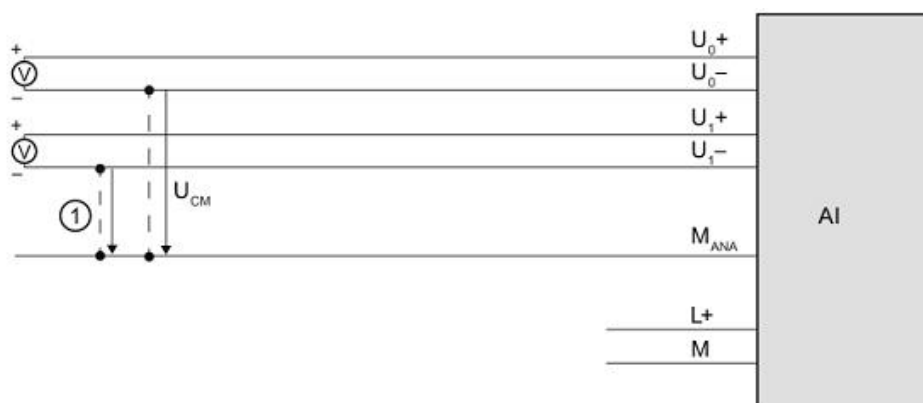
## 4.4 Подключение датчиков-преобразователей напряжения

Ниже на иллюстрации показано подключение датчиков-преобразователей напряжения к аналоговому входному модулю.

Избегайте превышения максимально допустимой разности потенциалов  $U_{CM}$  между точками опорного напряжения измерительных входов.

Чтобы избежать превышения максимального допустимого значения  $U_{CM}$  соедините проводником для выравнивания потенциалов точки опорного напряжения измерительных входов и точку подключения к "аналоговой земле"  $M_{ANA}$ .

(Для станций ET 200eso PN и ET 200рго соедините проводником для выравнивания потенциалов точки опорного напряжения измерительных входов и точку заземления).



(1) - проводники для подключения к эквипотенциальным шинам (только для аналоговых входных модулей с точкой заземления "аналоговая земля"  $M_{ANA}$ )

Иллюстрация 4-3 Подключение датчиков-преобразователей напряжения к аналоговому входному модулю.

## 4.5 Подключение датчиков-преобразователей тока

Различают 2-проводные или 4-проводные токовые датчики-преобразователи.

Ниже представлены несколько способов подключения токовых датчиков-преобразователей к аналоговым модулям.

### Подключение 2-хпроводных датчиков-преобразователей с питанием от модуля

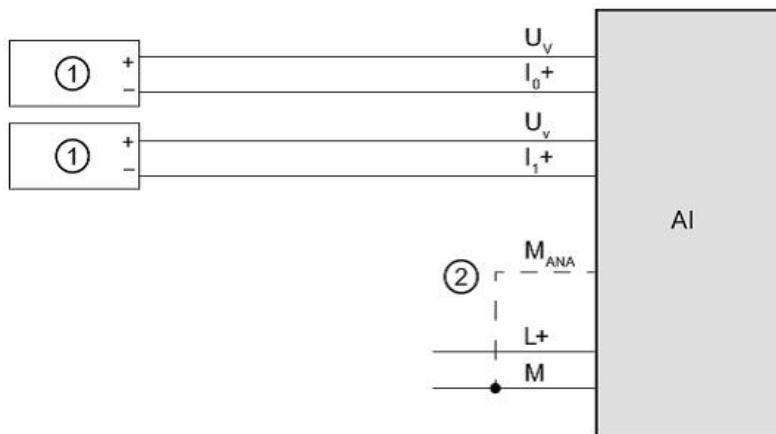
Двухпроводный датчик-преобразователь трансформирует сигнал от процесса (переменную процесса) в ток. Двухпроводный датчик подключается к соответствующему интерфейсу аналогового входного модуля как к источнику напряжения с защитой от короткого замыкания.

Датчик-преобразователь часто называется "пассивный преобразователь". Благодаря такому простому подключению двухпроводный датчик часто используется на производстве.

При подключении 2-хпроводных датчиков-преобразователей в STEP 7 необходимо выбрать тип измерения "Current (2-wire transducer)".

#### Примечание

2-хпроводные датчики-преобразователи должны быть электрически изолированы.



(1) - 2-хпроводные датчики-преобразователи (2WT)

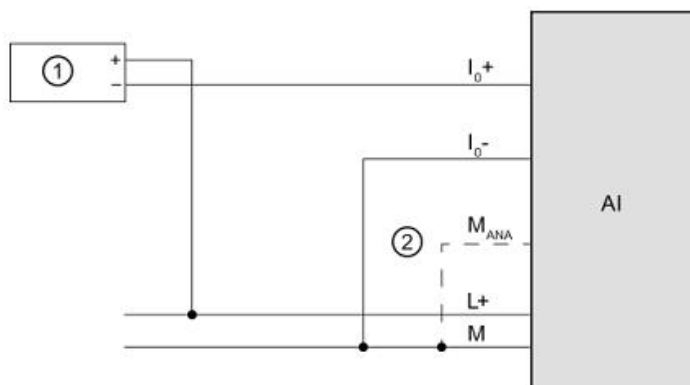
(2) - проводник для подключения к заземлению (касается только модулей с терминалом для "аналогового заземления"  $M_{ANA}$ )

Иллюстрация 4-4 Пример подключения 2-хпроводных датчиков-преобразователей к аналоговому входному модулю по схеме измерения "Current (2-wire transducer)"



### Подключение 2-хпроводных датчиков-преобразователей к аналоговым входам для 4-хпроводных датчиков

Ниже на иллюстрации показан альтернативный предыдущему способ подключения: согласно этой схеме подключения двухпроводный датчик запитывается от терминала L+ модуля. При таком подключении 2-хпроводных датчиков в STEP 7 необходимо выбрать тип измерения "Current (4-wire transducer)" ("4-хпроводный токовый датчик"). При такой схеме имеется гальваническая связь между питающим выводом L+ и аналоговым трактом.

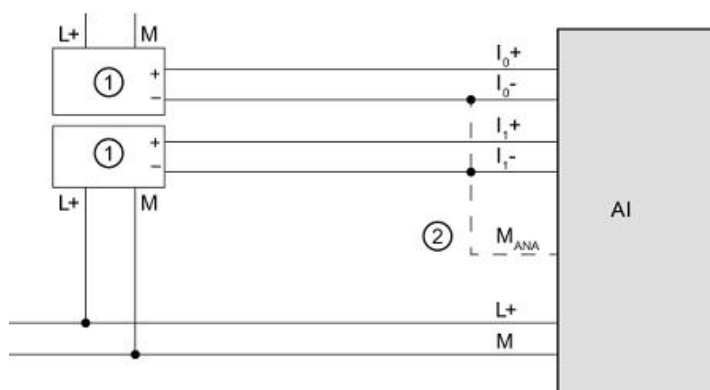


- (1) - 2-хпроводные датчики-преобразователи (2WT)
- (2) - проводник для подключения к заземлению (касается только модулей с терминалом для "аналогового заземления"  $M_{ANA}$ )

Иллюстрация 4-5 Пример подключения 2-хпроводных датчиков-преобразователей к аналоговому входному модулю по схеме измерения "Current (4-wire transducer)"

### Подключение 4-хпроводных датчиков-преобразователей

4-хпроводные токовые датчики-преобразователи имеют клеммы для подключения внешнего источника питания. Они питаются внешним источником и часто называются "активными преобразователями". При подключении 4-хпроводных преобразователей в STEP 7 необходимо выбрать тип измерения "Current (4-wire transducer)".



- (1) - 4-хпроводные датчики-преобразователи (4WT)
- (2) - проводник для подключения к заземлению (касается только модулей с терминалом для "аналогового заземления"  $M_{ANA}$ )

Иллюстрация 4-6 Пример подключения 4-хпроводных датчиков-преобразователей к аналоговому входному модулю

## 4.6 Подключение терморезисторов и резисторов

Интерфейс  $I_{C+}$  и  $I_{C-}$  в аналоговом модуле может использоваться для измерения сопротивления. Постоянный ток подается на подключенный к этим контактам резистор, на котором измеряется падение напряжения. Очень важно подключать резистор/терморезистор непосредственно к измерительным проводам.

Измерения по 4-хпроводной схеме "4-wire" или по 3-хпроводной схеме "3-wire" учитывают сопротивление измерительных проводов и, следовательно, имеют более высокую точность измерения по сравнению с 2-хпроводной схемой измерения "2-wire".

При измерении по 2-хпроводной схеме включения резистора сопротивление измерительных проводов всегда добавляется к сопротивлению измеряемого резистора. В результате потеря точности измерения может быть значительной.

Ниже представлены иллюстрации различных схем измерения резистивной нагрузки.

### Четырехпроводное подключение терморезистора

В данной схеме падение напряжения на терморезисторе должно считываться измерительным устройством с высоким входным сопротивлением с помощью интерфейса  $M_0+$  и  $M_0-$ . При подключении соединительных проводов необходимо соблюдать полярность ( $I_{C0+}$  и  $M_0+$  подключаются к одному выводу резистора, а  $I_{C0-}$  и  $M_0-$  - к другому).

Всегда подключайте соединительные линии  $I_{C0+}$  и  $M_0+$ , а также  $I_{C0-}$  и  $M_0-$  непосредственно к терморезистору.

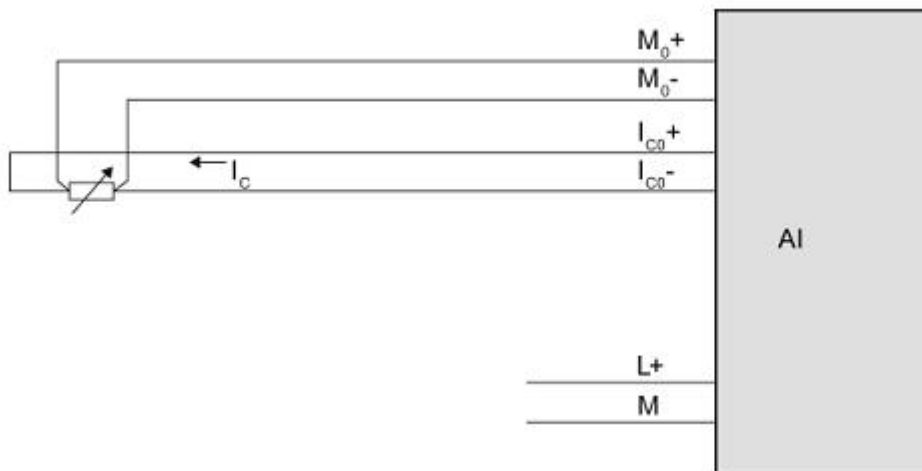


Иллюстрация 4-7 Пример четырехпроводного подключения терморезистора к аналоговому входному модулю

### Трехпроводное подключение терморезистора

В зависимости от используемого модуля при 3-проводном подключении к модулю с 4 терминалами (на каждый канал) может потребоваться выполнение соединений между  $M_0^-$  и  $I_{CO}^-$  (см. иллюстрацию ниже) или между  $M_0^+$  and  $I_{CO}^+$ . Всегда подключайте линии  $I_{CO}^+$  и  $M_0^+$  непосредственно к терморезистору. Всегда используйте соединительные провода с одинаковым поперечным сечением. Для станций ET 200AL, ET 200eco PN и ET 200pro мост не требуется, так как все необходимые соединения выполнены внутри.

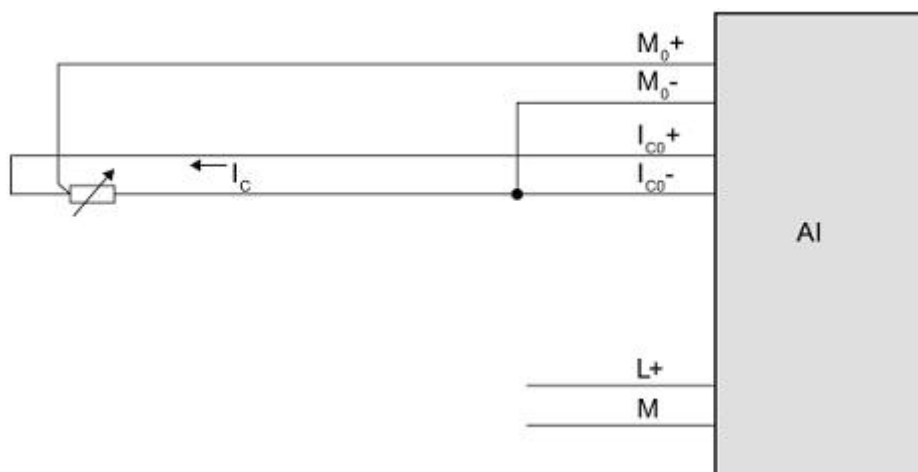


Иллюстрация 4-8 Пример 3-проводного подключения терморезистора к аналоговому входному модулю

### Двухпроводное подключение терморезистора

При подключении 2-проводного резистора к модулю с 4 терминалами (на каждый канал) Вам потребуется выполнение соединений между  $M_0^-$  и  $I_{CO}^-$  и между  $M_0^+$  and  $I_{CO}^+$  (см. иллюстрацию ниже). Сопротивление линий в такой схеме измеряется без компенсации, поэтому 2-проводная схема измерения менее точна, несмотря на простоту, по сравнению с 3-х и 4-х проводными.

Для станций ET 200AL, ET 200eco PN и ET 200pro мосты не требуются, так как все необходимые соединения выполнены внутри.

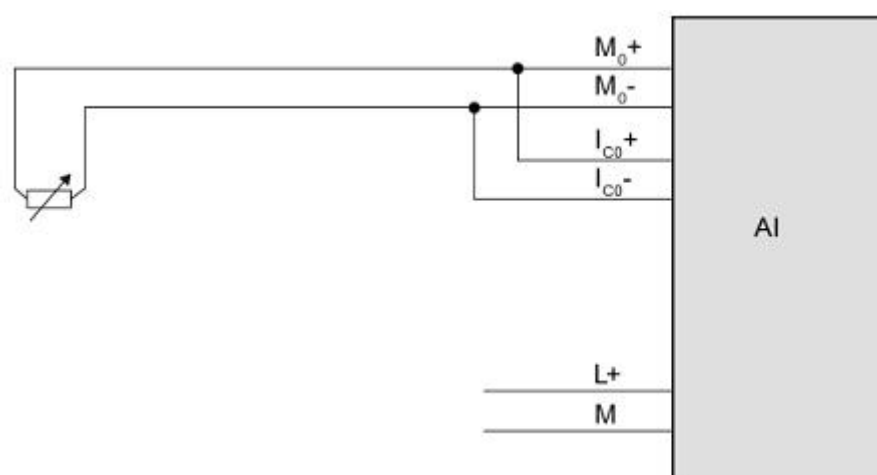


Иллюстрация 4-9 Пример двухпроводного подключения терморезистора к аналоговому входному модулю

## 4.7 Подключение термопар

### Введение

Обычно термопары поставляются готовыми к использованию. Защитные корпуса термопар защищают их от механического повреждения внешними воздействиями.

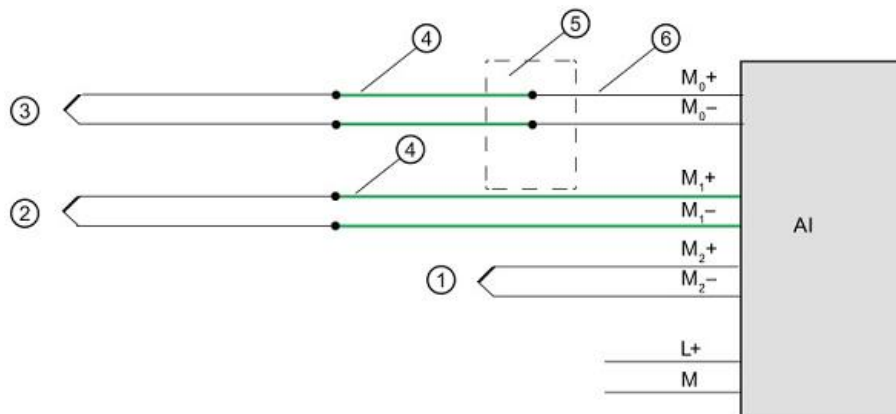
### Компенсационные провода

Компенсационные провода, предназначенные для использования с конкретной термопарой, маркируются специальным цветовым кодом, так как в качестве компенсационных могут использоваться только провода, соответствующие термопаре по своим термоэлектрическим характеристикам. Применение компенсационных проводов определяется стандартом DIN EN 60584.

### Варианты подключения термопары

Термопары могут подключаться к аналоговым модулям различным способом:

- Непосредственное подключение термопары (1).
- Подключение термопары с использованием компенсационных проводов (2).
- Подключение термопары с компенсационными проводами к холодному спаю с удлинительными проводами, например, медными (3).



- (1) - подключение термопары без использования компенсационных проводов
- (2) - подключение термопары с использованием компенсационных проводов
- (3) - подключение термопары с использованием компенсационных и удлинительных проводов
- (4) - компенсационные провода (из тех же материалов, что и термопара)
- (5) - внешний холодный спай
- (6) - удлинительные провода (например, медные)

Иллюстрация 4-10 Пример подключения термопар к аналоговому входному модулю

### Дополнительная информация

Дополнительную информацию по теме Вы можете найти в разделе "Термопары" (страница 77).

## Термопары

### 5.1 Выбор термопар

#### Введение

Термопары - это термоэлектрические приборы для точного измерения температуры. Они представляют собой соединение (обычно - спай, в некоторых случаях - скрутка) двух различных металлических проводников. В этом соединении проводников возникает термо-ЭДС, величина которой может быть измерена для определения температуры.

Термопары могут измерять температуру в широких пределах, и обладают при этом высокой прочностью. Поэтому они часто применяются в промышленности.

Ниже представлены основные критерии, которые берутся в расчет при выборе термопары:

- Температурный диапазон
- Атмосферные условия
- Цена

#### Заземленные термопары

Заземленные термопары, конструктивно заключены в проводящий корпус, гальванически соединенный с термоэлектродом термопары. Это обеспечивает надежную передачу тепла из окружающей среды к измерительному спаю.

#### Незаземленные термопары

Изолированные или незаземленные термопары, конструктивно изолированы от корпуса. Время отклика на изменение температуры у такой термопары больше, чем у незаземленной, ввиду изоляции ее измерительного спаю от корпусных деталей.

## Тип и температурный диапазон

Различные типы термопар состоят из разных сочетаний металлов и сплавов.

### Примечание

Из-за физических особенностей термопары не обеспечивают заявленную точность измерения за пределами определенного температурного диапазона. Используйте термопары только для температурного диапазона, указанного в документации на прибор.

В следующей таблице представлены различные типы (материалы) термопар и соответствующие им рабочие температурные диапазоны:

Type	Material composition	Temperature range
<b>B</b>	PtRh-PtRh	250 to 1820 °C
<b>C</b>	W-Re	0 to 2315 °C
<b>E</b>	NiCr-CuNi	-270 to 1000 °C
<b>J</b>	Fe-CuNi	-210 to 1200 °C
<b>K</b>	NiCr-Ni	-270 to 1372 °C
<b>L</b>	Fe-CuNi	-200 to 900 °C
<b>N</b>	NiCrSi-NiSi	-270 to 1300 °C
<b>R</b>	PtRh-Pt (Pt 13%)	- 50 to 1769 °C
<b>S</b>	PtRh-Pt (Pt 10%)	-50 to 1769 °C
<b>T</b>	Cu-CuNi	-270 to 400 °C
<b>U</b>	Cu-CuNi	-200 to 600 °C
<b>TXK/XKL</b>	NiCr-CuCr	-200 to 800 °C

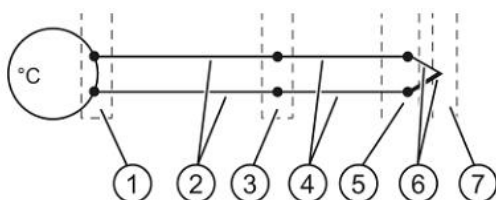
## 5.2 Структура и принцип работы термопар

### Структура термопары

Термопары состоят из двух проводников разнородных металлов или сплавов, соединённых вместе на одном конце, называемом измерительным ("горячим") спаем. Другой конец термопары, где проводники не соединены между собой, подключается к схеме обработки сигнала. Это переход между проводниками термопары и схемой измерения называется эталонным («холодным») спаем.

Свободные концы термопары подключаются к измерительному прибору (например аналоговому входному модулю) посредством изолированных проводов или кабеля.

Различные типы термопар, например, K/J/N, получаются из разных сочетаний различных материалов. Разные композиции материалов обеспечивают различные характеристики термопар.



- (1) - точка считывания термо-ЭДС
- (2) - медный соединительный кабель
- (3) - эталонный («холодный») спай
- (4) - компенсационные провода (из тех же материалов, что и термопара)
- (5) - точка подключения компенсационных проводов
- (6) - термоэлектрические электроды термопары
- (7) - измерительный ("горячий") спай

Иллюстрация 5-1 Термопара

## Принцип работы термопар

Принцип действия основан на эффекте Зеебека или, иначе, термоэлектрическом эффекте. Между соединёнными проводниками имеется контактная разность потенциалов; если стыки связанных в кольцо проводников находятся при одинаковой температуре, сумма таких разностей потенциалов равна нулю. Когда же стыки находятся при разных температурах, разность потенциалов между ними зависит от разности температур. Помещая измерительный спай термопары в среду с одной температурой, на противоположных концах проводников, находящихся при другой температуре, мы получим соответствующее напряжение - термо-ЭДС.

Напряжение, генерируемое эталонным спаем, зависит от разности температур на измерительном, и на эталонном спае.

Поскольку термопара является дифференциальным устройством, а не прибором для измерения абсолютной температуры, температура эталонного спая должна быть известной, чтобы получить точные показания абсолютной температуры. Учет параметров эталонного спая известен как компенсация эталонного спая (компенсация холодного спая).

Эталонный спай термопары обычно помещается в среду с известной стабильной температурой для обеспечения получения достоверных измеренных значений температуры с требуемой точностью измерений.

Для исключения влияния температуры окружающей среды на показания термопреобразователя и подключения его ко вторичному прибору свободные концы термопары необходимо удалить на значительное расстояние. При этом совсем не обязательно применять длинные термопары, более рационально удлинять их гибкими изолированными проводами или кабелями. Они должны быть термоэлектрически идентичны термоэлектродам преобразователя, в связи с чем их называют термоэлектродными удлинительными проводами. Такие провода называют также "компенсационными".

Для подключения эталонного спая термопары к аналоговым входным модулям используются медные провода.

---

### Примечание

Во избежание ошибок при измерении температуры при подключении термопар соблюдайте полярность подключения.

---



## 5.3 Компенсация температуры холодного спая

### 5.3.1 Обзор

#### Введение

Для получения достоверных значений температуры существуют несколько способов компенсации температуры холодного спая.

Рекомендации по подключению и настройке измерителя Вы можете найти в документации на соответствующий аналоговый входной модуль.

#### Варианты компенсации температуры холодного спая

Таблица 5-1 Способы температурной компенсации

Способ температурной компенсации	Пояснение	Варианты использования / специальные параметры
Internal reference junction (внутренняя компенсация)	<p><b>Принцип функционирования</b> При таком типе компенсации температура холодного спая измеряется с помощью встроенного датчика в аналоговом модуле.</p> <p><b>Процедура</b> Подключите термопару к I/O-модулю непосредственно или с компенсационными проводами; см. раздел "Внутренняя компенсация температуры" (страница 84).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для подключения используются компенсационные провода, материал которых соответствует материалу термопары.</li> <li>• Если температура холодного спая и температура модуля одинаковы, тогда могут использоваться компенсационные провода из другого материала.</li> <li>• Преимущества:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- относительная дешевизна</li> <li>- не требуется внешний холодный спай</li> <li>- не требуется дополнительный монтаж</li> </ul> </li> </ul>

Способ температурной компенсации	Пояснение	Варианты использования / специальные параметры
Reference channel модуля (опорный канал модуля)	<p><b>Свойства</b> При таком типе компенсации температура холодного спая определяется с помощью внешнего терморезистора (RTD).</p> <p><b>Процедура</b> Подключите термопару к соединительной линии непосредственно у холодного спая или с использованием компенсационных проводов. Подключите линию к интерфейсу модуля, а терморезистор (RTD) - к опорному каналу модуля. Терморезистор (RTD) должен быть расположен в области холодного спая; см. раздел "Компенсация с использованием опорного канала модуля" (стр. 86).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура определяется непосредственно у холодного спая.</li> <li>• Измеренные температуры всех сконфигурированных каналов автоматически корректируются по измеренной температуре холодного спая (передатчик).</li> <li>• Преимущества: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Более точный способ в сравнении с режимом "внутренняя компенсация"; однако требуется установка и подключение терморезистора.</li> </ul> </li> </ul>
Reference channel of group 0 (опорный канал группы 0)	<p><b>Свойства</b> При установке "TC" (thermocouple...) канал работает как приемник температуры холодного спая группы 0. Соответствующий передатчик группы 0 устанавливается для канала RTD.</p> <p><b>Процедура</b> Подключите термопару к соединительной линии непосредственно у холодного спая или с использованием компенсационных проводов. Подключите линию к терминалу модуля. Подключите терморезистор (RTD) к сконфигурированному опорному каналу для группы 0 модуля. Терморезистор (RTD) должен быть расположен в области холодного спая; см. раздел "Компенсация с использованием опорного канала группы 0" (страница 88).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура определяется непосредственно у холодного спая.</li> <li>• Измеренные температуры всех сконфигурированных каналов автоматически корректируются по измеренной температуре холодного спая (передатчик).</li> </ul>
Fixed reference temperature (Температура холодного спая как фиксированная величина)	<p><b>Свойства</b> При данном типе компенсации температура холодного спая сохраняется в модуле как фиксированная величина.</p> <p><b>Процедура</b> Подключите термопару к соединительной линии непосредственно у холодного спая, или с использованием компенсационных проводов. Подключите линию к терминалу модуля. В зависимости от типа модуля задайте фиксированное значение температуры холодного спая в данных конфигурации (например, 20°C), или опорное значение температуры холодного спая модуля (0°C); см. раздел "Компенсация с использованием фиксированного значения температуры холодного спая" (страница 91).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура холодного спая задана константой.</li> <li>• Для обеспечения требуемой точности измерений необходимо поддерживать температуру холодного спая на уровне значения константы.</li> </ul>

Способ температурной компенсации	Пояснение	Варианты использования / специальные параметры
Dynamic reference temperature (динамическая опорная температура)	<p><b>Свойства</b>            При данном типе компенсации температура холодного спая определяется с использованием данных для модуля. Значение температуры передается в другие модули через память (записи данных).</p> <p><b>Процедура</b>            Подключите терморезистор (RTD) для холодного спая к любому каналу. Температура холодного спая передается для функционального блока через записи данных от CPU или IM в модуль, см. раздел "Компенсация с помощью динамического значения температуры" (страница 94).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• При данном типе компенсации могут использоваться несколько модулей или несколько каналов с компенсацией для одного и того же значения температуры.</li> <li>• Необходим терморезистор (RTD) или термопара для измерения температуры холодного спая.</li> </ul>
"None"/external compensation ("None" / внешняя компенсация)	<p><b>Свойства</b>            При данном типе компенсации температура холодного спая измеряется вне аналогового входного модуля. Для этой цели может использоваться, например, коробка холодных спаев.</p> <p><b>Процедура</b>            Подключите коробку холодных спаев к аналоговому входному модулю с помощью медных кабелей, см. раздел ""None" или внешняя компенсация" (страница 98).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• При данном типе компенсации температура холодного спая задается значением 0°C. Это может быть достигнуто с использованием коробки холодных спаев. Для каждой термопары требуется отдельная коробка холодных спаев.</li> <li>• Термопары типа В не требуют использования коробки холодных спаев.</li> </ul>
RTD (0)	<p><b>Свойства</b>            При данном типе компенсации температура холодного спая определяется с помощью терморезистора Pt1000 в зажимном узле соединителя компенсации или внешнего сопротивления Pt1000.</p> <p><b>Процедура</b>            Дополнительную информацию Вы можете получить в разделе "Типы компенсации RTD (0)" (страница 100).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура холодного спая определяется с помощью терморезистора Pt1000.</li> <li>• Все каналы аналогового входного модуля, для которых выбран данный способ компенсации, получают одинаковое значение температуры холодного спая.</li> </ul>

## 5.3.2 Внутренняя компенсация температуры

### Принцип функционирования

При режиме внутренней компенсации температуры холодного спая термопара непосредственно или с использованием компенсационных проводов подключается ко входам аналогового входного модуля. Внутренний датчик температуры измеряет температуру модуля и возвращает компенсационное напряжение.

Необходимо отметить, что режим внутренней компенсации температуры холодного спая не всегда обеспечивает достаточную точность измерения по сравнению с другими способами компенсации.

### Процедура

Конфигурирование параметров происходит следующим образом:

1. Откройте проект в STEP 7.
2. На Виде устройств *Device view* выберите требуемый аналоговый модуль и соответствующий канал.
3. Выберите вкладку общих параметров "General" в окне Инспектора объектов *Inspector* выбранного модуля.
4. Выберите область "Inputs/Measuring" ("Входы/Измерение").
5. Выберите в окне типа измерения "Measurement type" - термопару "Thermocouple".
6. В качестве холодного спая в окне "Reference junction" выберите значение "Internal reference junction".

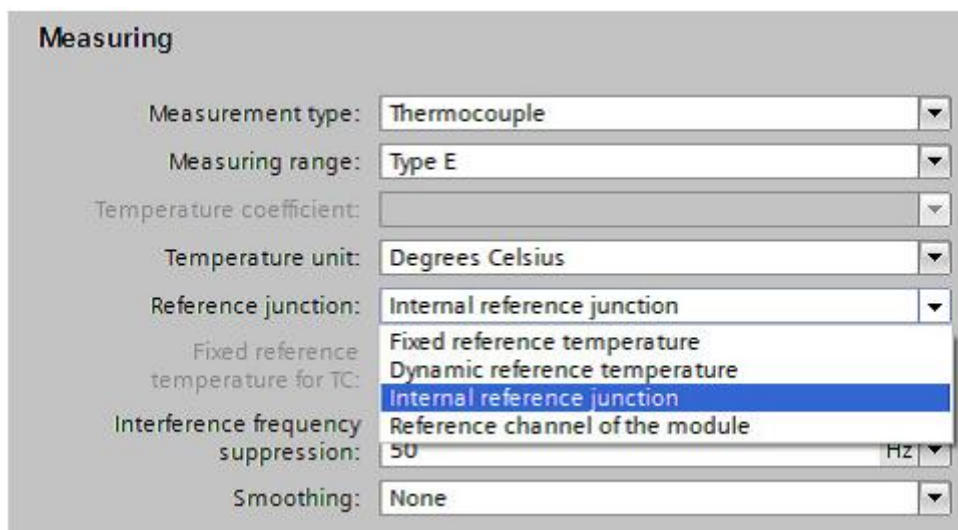
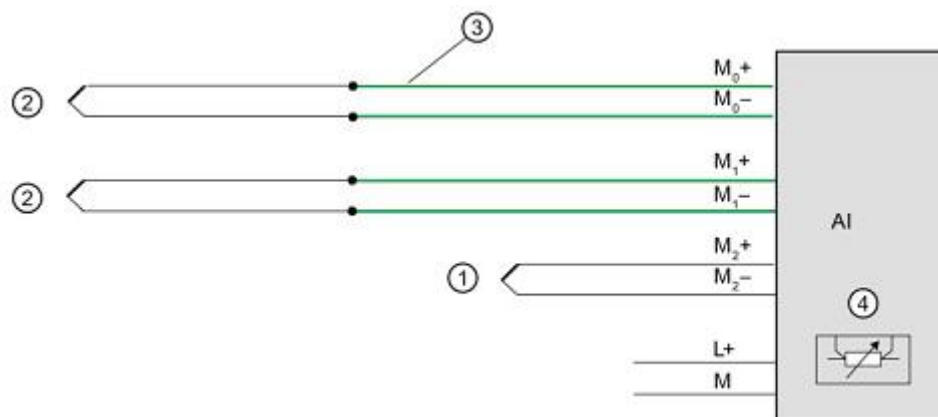


Иллюстрация 5-2 Параметры режима внутреннего холодного спая

## Подключение термопар

Термопара непосредственно или с использованием компенсационных проводов подключается ко входам аналогового входного модуля.



- (1) - подключение термопары без использования компенсационных проводов
- (2) - подключение термопары с использованием компенсационных проводов
- (3) - компенсационные провода (из тех же материалов, что и термопара)
- (4) - внутренний холодный спай

Иллюстрация 5-3 Пример подключения термопар с компенсацией температуры с использованием "внутреннего холодного спая"

### 5.3.3 Компенсация температуры с использованием опорного канала модуля

#### Принцип функционирования

При данном типе компенсации температуры холодного спая определяется с использованием внешнего терморезистора (RTD). Certain modules provide an internal reference channel.

#### Процедура

Конфигурирование параметров происходит следующим образом:

1. Откройте проект в STEP 7.
2. На Виде устройств *Device view* выберите требуемый аналоговый модуль и соответствующий канал.
3. Выберите вкладку общих параметров "General" в окне Инспектора объектов *Inspector* выбранного модуля.
4. Выберите область "Inputs/Measuring" ("Входы/Измерение").
5. Выберите в окне типа измерения "Measurement type" - термопару "Thermocouple".
6. В качестве холодного спая в окне "Reference junction" выберите значение "Reference channel of the module" ("Опорный канал модуля").

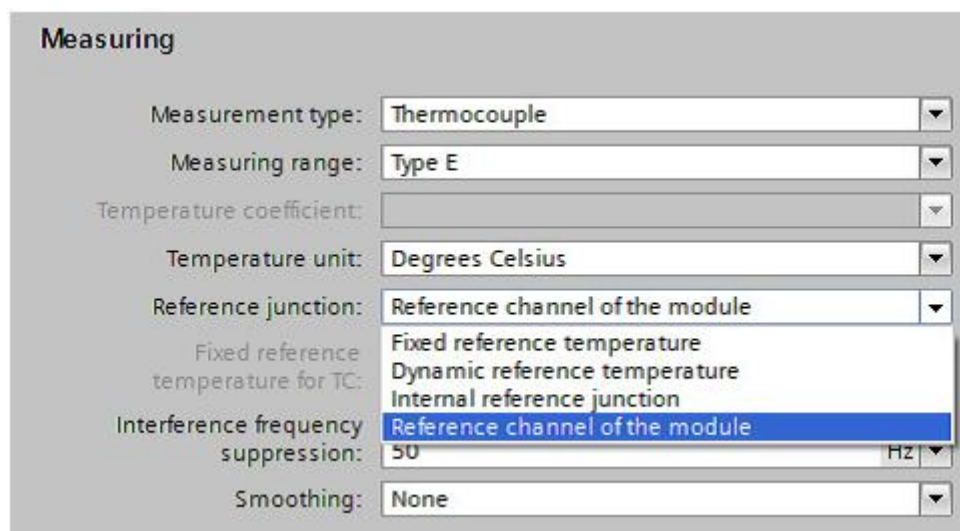
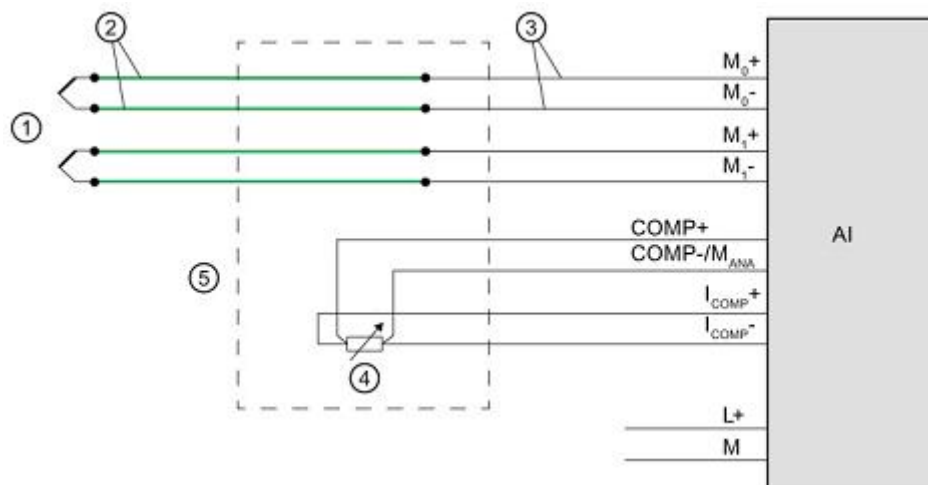


Иллюстрация 5-4 Выбор режима компенсации "Опорный канал модуля"

## Подключение термопар и терморезисторов

Подключите термопару к соединительной линии непосредственно у холодного спая, или с использованием компенсационных проводов. Подключите линию к интерфейсу модуля.

Вы можете использовать кабели из любого материала для подключения терморезистора к терминалам модуля.



- (1) - термопары
- (2) - компенсационные провода (из тех же материалов, что и термопара)
- (3) - медные подводящие провода
- (4) - терморезистор (RTD)
- (5) - холодный спай

Иллюстрация 5-5 Пример подключения термопар и терморезисторов для компенсации температуры с использованием опорного канала модуля

### 5.3.4 Компенсация температуры с использованием опорного канала Group 0

#### Принцип функционирования

При таком типе компенсации канал модуля с подключенным терморезистором (RTD) работает как передатчик опорной температуры "Reference temperature transmitter". Другие каналы (приемники опорной температуры) с подключенными термопарами могут использовать значение опорной температуры для компенсации холодного спая. Компенсация во всех сконфигурированных для этого режима компенсации каналах (приемники) происходит автоматически.

Температура холодного спая определяется с помощью внешнего терморезистора (RTD).

#### Процедура

Конфигурирование параметров происходит следующим образом:

1. Откройте проект в STEP 7.
2. На Виде устройств *Device view* выберите требуемый аналоговый модуль и соответствующий канал.
3. Выберите вкладку общих параметров "General" в окне Инспектора объектов *Inspector* выбранного модуля.
4. Выберите область "Inputs/Measuring" ("Входы/Измерение").
5. Выберите канал соответствующего модуля как передатчик (transmitter):

Для этого канала выберите в окне типа измерения "Measurement type" 4-хпроводный терморезистор - "Thermal resistor (4-wire connection)".

Для этого канала в качестве холодного спая в окне "Reference junction" выберите значение "Reference channel of group 0" ("Опорный канал группы 0").

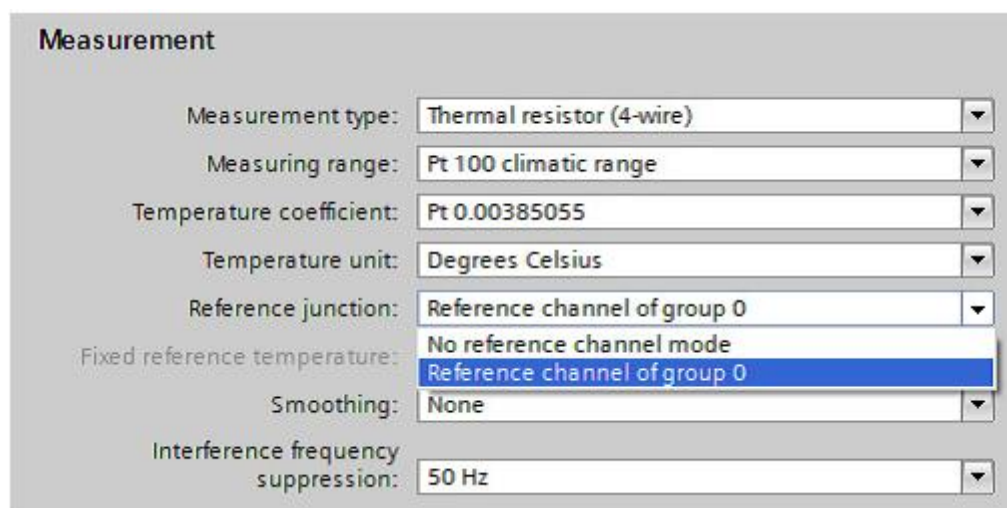


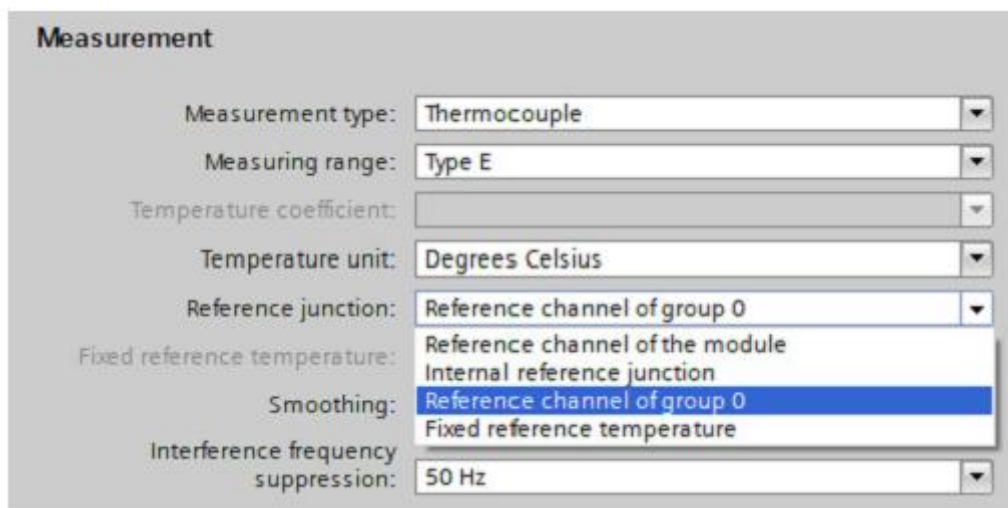
Иллюстрация 5-6 Выбор канала-передатчика опорного канала группы 0



## 6. Выберите каналы как приемники (receiver):

Для этих каналов выберите в окне типа измерения "Measurement type" - термопару "Thermocouple".

Для этих каналов в качестве холодного спая в окне "Reference junction" выберите значение "Reference channel of group 0" ("Опорный канал группы 0").



The image shows a software configuration window titled "Measurement". It contains several settings:

- Measurement type: Thermocouple
- Measuring range: Type E
- Temperature coefficient: (empty)
- Temperature unit: Degrees Celsius
- Reference junction: Reference channel of group 0
- Fixed reference temperature: (dropdown menu open with options: Reference channel of the module, Internal reference junction, Reference channel of group 0, Fixed reference temperature)
- Smoothing: (empty)
- Interference frequency suppression: 50 Hz

Иллюстрация 5-7 Параметры каналов-приемников данных от опорного канала группы 0

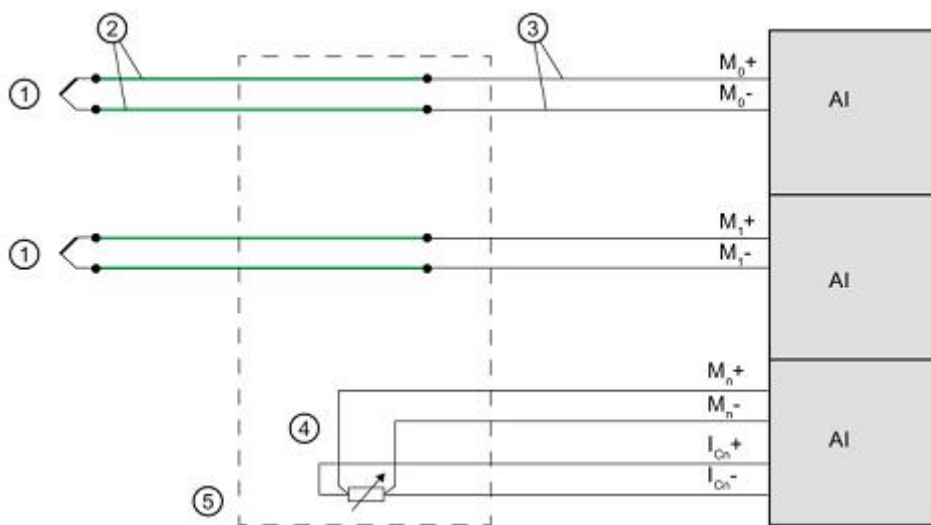
### Подключение термопар и терморезисторов

На следующем далее примере показаны:

- аналоговый модуль с терморезистором в качестве передатчика опорной температуры и
- два аналоговых модуля с термопарами в качестве приемников опорной температуры.

Подключите термопару к соединительной линии непосредственно у холодного спая, или с использованием компенсационных проводов. Подключите линию к интерфейсу модуля.

Вы можете использовать кабели из любого материала для подключения терморезистора к терминалам модуля.



- (1) - термопары
- (2) - компенсационные провода (из тех же материалов, что и термопара)
- (3) - медные подводящие провода
- (4) - терморезистор (RTD)
- (5) - холодный спай

Иллюстрация 5-8 Пример подключения термопар и терморезисторов для компенсации температуры с использованием опорного канала группы 0

### 5.3.5 Компенсация с использованием фиксированной опорной температуры

#### Принцип функционирования

При данном типе компенсации температуры холодного спая сохраняется в модуле как фиксированная величина.

#### Процедура

Конфигурирование параметров происходит следующим образом:

1. Откройте проект в STEP 7.
2. На Виде устройств *Device view* выберите требуемый аналоговый модуль.
3. Выберите вкладку общих параметров "General" в окне Инспектора объектов *Inspector* выбранного модуля.
4. Выберите область "Inputs/Measuring" ("Входы/Измерение").
5. Выберите в окне типа измерения "Measurement type" - термопару "Thermocouple".
6. В качестве холодного спая в окне "Reference junction" выберите значение "Fixed reference temperature" ("Фиксированная опорная температура").
7. Задайте температуру холодного спая в поле "Fixed reference temperature" ("Фиксированная опорная температура"), например, 20°C.

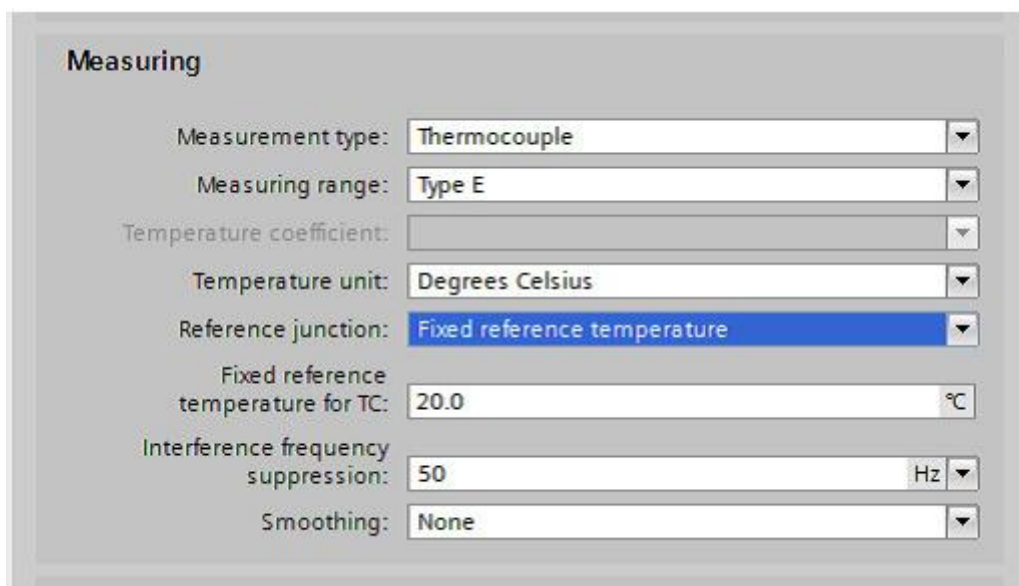
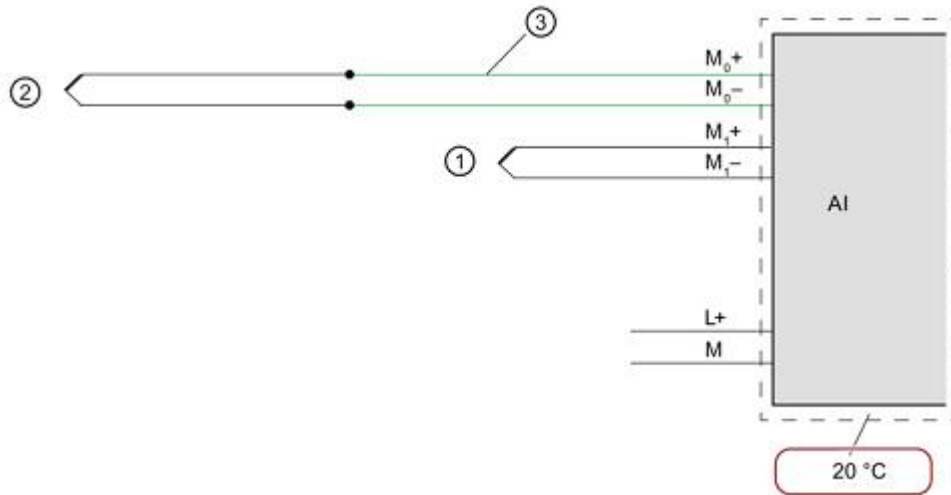


Иллюстрация 5-9 Параметры для режима с фиксированной опорной температурой

**Температурные условия в режиме компенсации "Fixed reference temperature" ("Фиксированная опорная температура")**

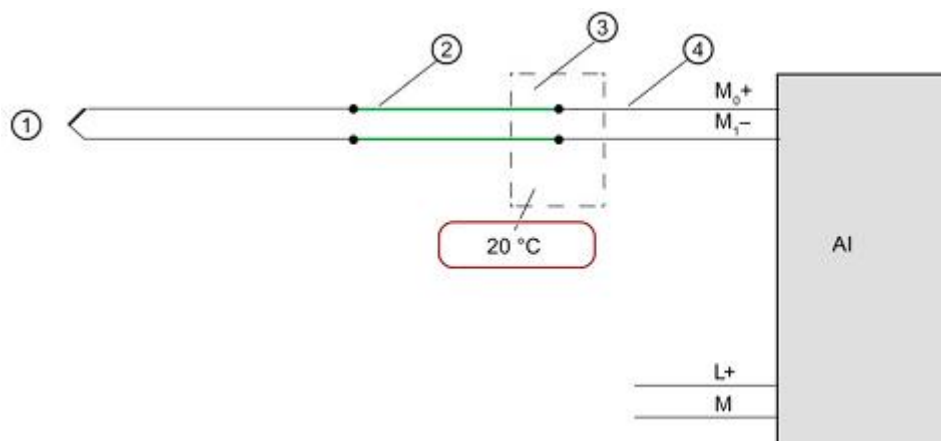
Ниже на иллюстрации показана схема подключения термопар к аналоговому модулю при использовании для термокомпенсации фиксированного значения температуры (20°C), например, с использованием кондиционера для аналогового модуля.



- (1) - подключение термопары без использования компенсационных проводов
- (2) - подключение термопары с использованием компенсационных проводов
- (3) - компенсационные провода (из тех же материалов, что и термопара)

Иллюстрация 5-10 Пример 1. Подключения термопар к аналоговому модулю для компенсации в режиме "Fixed reference temperature" ("Фиксированная опорная температура")

Ниже на иллюстрации показана схема подключения термопары к аналоговому модулю при использовании для термокомпенсации фиксированного значения температуры (20°C), например, с использованием кондиционера для внешнего холодного спая.



- (1) - подключение термопары с использованием компенсационных и подводящих проводов
- (2) - компенсационные провода (из тех же материалов, что и термопара)
- (3) - холодный спай
- (4) - медные подводящие провода

Иллюстрация 5-11 Пример 2. Подключение термопары к аналоговому модулю для компенсации в режиме "Fixed reference temperature" ("Фиксированная опорная температура")

### 5.3.6 Компенсация температуры с использованием динамической опорной температуры

#### Принцип функционирования

Данный тип компенсации позволяет управлять изменением температуры холодного спая в программе пользователя. При этом имеется возможность получать значения температуры из других модулей станции. Значение температуры холодного спая передается через записи данных с помощью инструкции WRREC (SFB 53).

Структура записей данных подробно рассматривается в соответствующей документации на соответствующие модули.

#### Требования

Должен быть в наличии STEP 7 -проект со следующими компонентами:

- Пользовательская программа с инструкцией WRREC (SFB 53) для передачи данных об опорной температуре
- Аналоговый модуль для считывания температуры из процесса с помощью термопары (TC)
- Аналоговый модуль для считывания температуры из процесса с помощью терморезистора (RTD)

**Аналоговый модуль для считывания температуры из процесса с помощью термопары (ТС)**

Конфигурирование параметров происходит следующим образом:

1. Откройте проект в STEP 7.
2. На Виде устройств *Device view* выберите требуемый аналоговый модуль и соответствующий канал.
3. Выберите вкладку общих параметров "General" в окне Инспектора объектов *Inspector* выбранного модуля.
4. Выберите область "Inputs/Measuring" ("Входы/Измерение").
5. Выберите в окне типа измерения "Measurement type" - термопару "Thermocouple".
6. В качестве холодного спая в окне "Reference junction" выберите значение "Dynamic reference temperature".

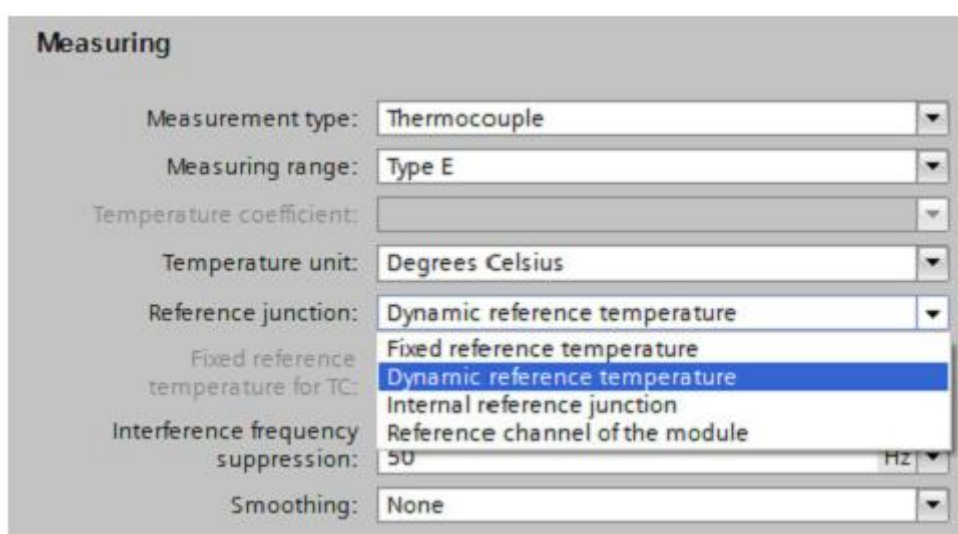


Иллюстрация 5-12 Параметры для компенсации с использованием динамической опорной температуры

### Аналоговый модуль для считывания температуры из процесса с помощью терморезистора (RTD)

Конфигурирование параметров происходит следующим образом:

1. Откройте проект в STEP 7.
2. На Виде устройств *Device view* выберите требуемый аналоговый модуль и соответствующий канал.
3. Выберите вкладку общих параметров "General" в окне Инспектора объектов *Inspector* выбранного модуля.
4. Выберите область "Inputs/Measuring" ("Входы/Измерение").
5. Выберите в качестве средства измерения в окне "Measurement type" - 4-хпроводный терморезистор - опцию: "Thermal resistor (4-wire connection)".

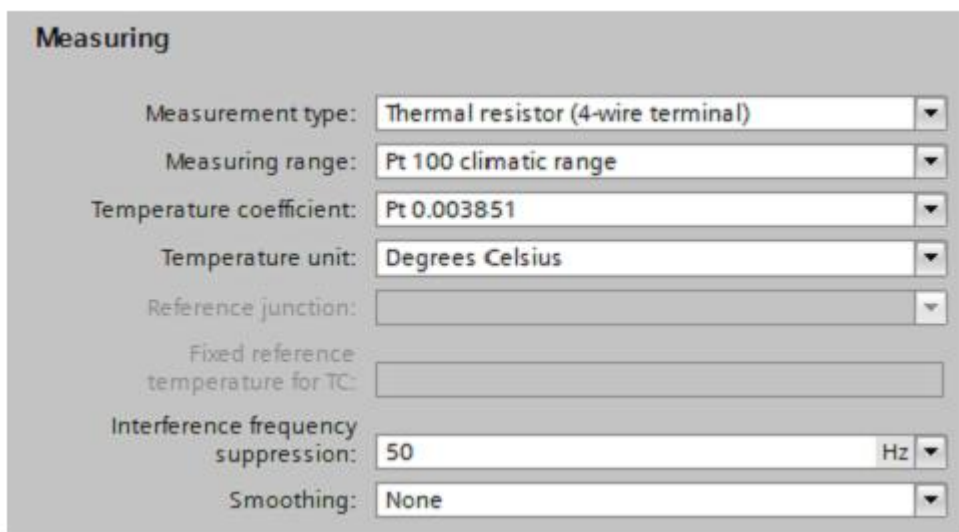


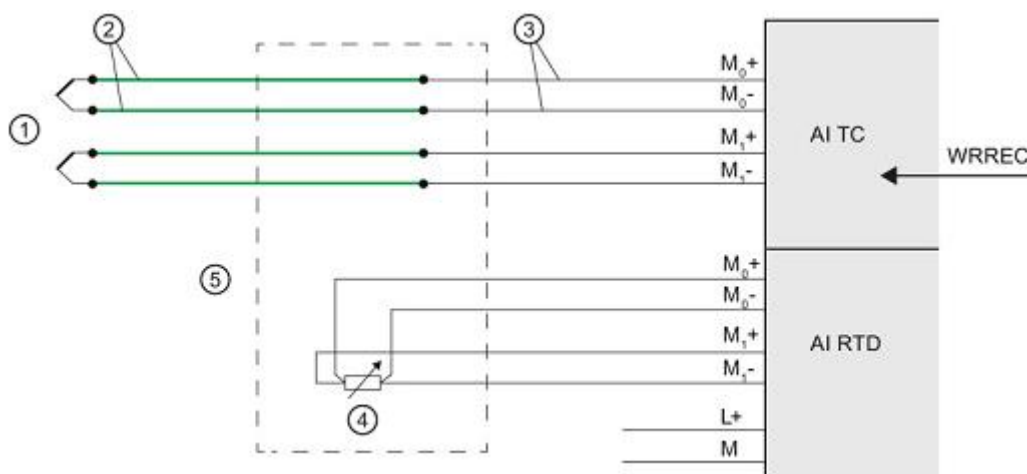
Иллюстрация 5-13 Параметры для измерения температуры с помощью терморезистора (RTD)



## Подключение термопар и терморезисторов

Подключите термопару к соединительной линии непосредственно у холодного спая, или с использованием компенсационных проводов. Подключите линию к интерфейсу модуля.

Температура холодного спая измеряется с помощью терморезистора. Это значение температуры передается в аналоговый модуль с записями данных.



- (1) - термопары
- (2) - компенсационные провода (из тех же материалов, что и термопара)
- (3) - медные подводящие провода
- (4) - терморезистор (RTD)
- (5) - холодный спай

Иллюстрация 5-14 Пример подключения термопар и терморезисторов для компенсации в режиме динамической опорной температуры

### 5.3.7 Режим "None" или режим внешней компенсации "External compensation"

#### Принцип функционирования

Температура холодного спая термопары измеряется вне аналогового входного модуля, например, с помощью коробки холодных спаев с термопарой. Температура холодного спая для данного типа компенсации определяется как 0°C.

Коробка холодных спаев содержит мостовую схему, которая откалибрована для определенной температуры холодного спая ("компенсационная температура"). Коннекторы для подключения концов компенсационной линии термопары образуют опорный спай. Если фактическая температура отклоняется от "компенсационной", то терморезистор в мостовой схеме меняет сопротивление. При этом напряжение компенсации со знаком "+" или "-" добавляется к термо-ЭДС термопары.

---

#### Примечание

Термопары типа В не требуют использования коробки холодных спаев.

---

#### Процедура

Конфигурирование параметров происходит следующим образом:

1. Откройте проект в STEP 7.
2. На Виде устройств *Device view* выберите требуемый аналоговый модуль.
3. Выберите "Inputs" tab в окне Инспектора объектов *Inspector* выбранного модуля and respective channel.
4. Выберите в окне типа измерения "Measurement type" - термопару "Thermocouple" in "Measuring" area.
5. В качестве холодного спая в окне "Reference junction" в зависимости от типа модуля выберите значение "None" или "External compensation" ("Внешняя компенсация").

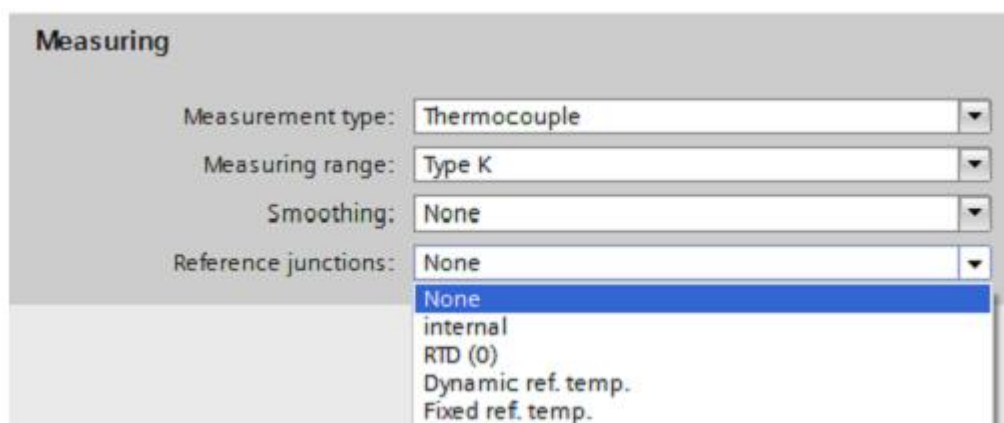


Иллюстрация 5-15 Отказ от использования опорного спая

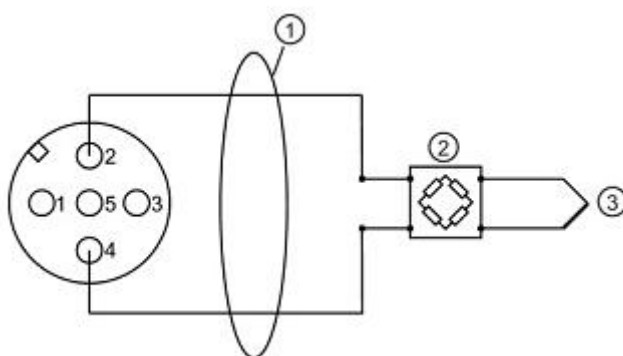
### Подключение коробки холодных спаев

Коробка холодных спаев включается в соединительную линию каждой термопары. Коробки должны быть изолированными. Блок источника питания должен иметь достаточно эффективный фильтр для подавления шумов, экранирован и заземлен.

Каждый канал может иметь собственный тип термопары, совместимый с аналоговым модулем, независимо от других каналов. Для каждого канала требуется своя компенсационная коробка.

### Схема для режима "None" или "External compensation" ("Внешняя компенсация")

Соединяйте коробки холодных спаев с аналоговым модулем медными проводами.



- (1) - медные кабели
- (2) - компенсационная коробка (для термопары типа В не требуется)
- (3) - термопара

Иллюстрация 5-16 Пример подключения в режиме "None": компенсация с коробкой холодных спаев

### 5.3.8 Компенсация типа RTD (0)

#### Принцип функционирования

Температура холодного спая определяется с помощью терморезистора Pt1000 в зажимном узле M12 компенсационного коннектора. Измерение сопротивления поддерживается только в гнезде X1 (канал 0). Все остальные каналы данного модуля получают одинаковую "компенсационную температуру".

#### Процедура

Конфигурирование параметров происходит следующим образом:

1. Откройте проект в STEP 7.
2. На Виде устройств *Device view* выберите требуемый аналоговый модуль.
3. Выберите вкладку входов "Inputs" в окне Инспектора объектов *Inspector* выбранного модуля.
4. В области "Measuring" выберите в окне типа измерения "Measurement type" - термопару "Thermocouple".
5. В качестве холодного спая в окне "Reference junction" выберите значение "RTD (0)".

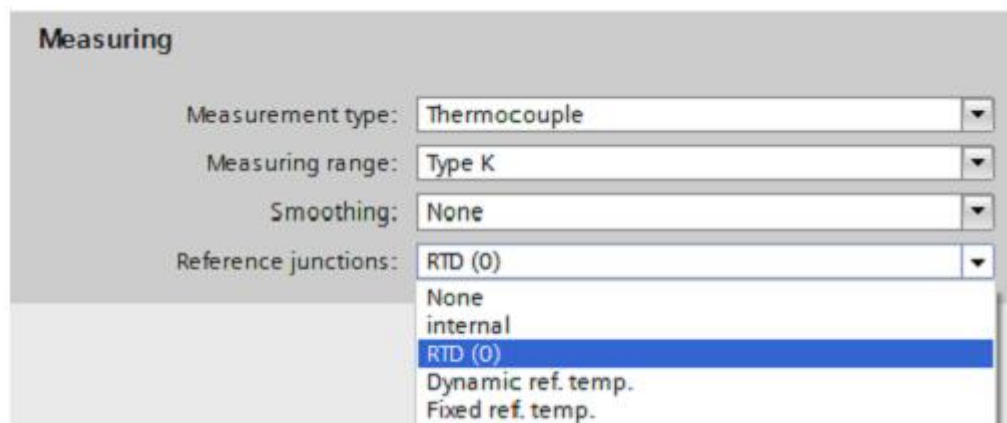


Иллюстрация 5-17 Параметры для компенсации с использованием режима RTD (0)

## Пример подключения

### Подключение с использованием компенсационного коннектора M12

Подключите термопару к компенсационному коннектору M12 непосредственно или с использованием компенсационных проводов. Установите коннектор M12 в гнездо X1 (канал 0) на CM IO 4 x M12 в 4 AI TC High Feature.

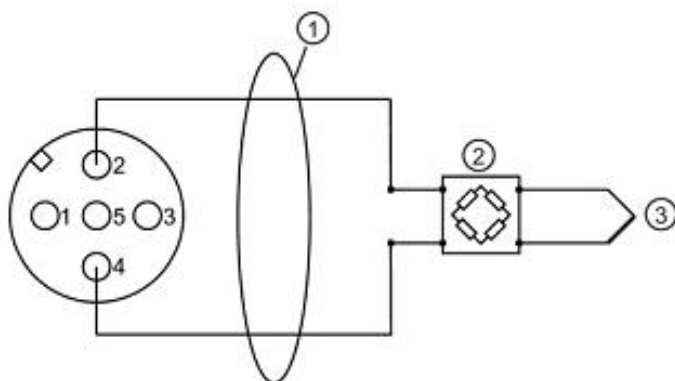
### Подключение без использования компенсационного коннектора M12

Для измерения опорной температуры подключите внешний Pt1000 ( $\alpha = 003851$ ) к контактам 1 и 3, используя медные провода. Терморезистор Pt1000 должен быть расположен в области холодного спая. Подключите термопары к контактам 2 и 4 от холодного спая медными проводами.

### Подключение дополнительной термопары

Дополнительные термопары могут быть подключены к гнездам X2 ... X4 на CM IO 4 x M12 в 4 AI TC High Feature. Температура холодного спая, измеренная в гнезде X1, будет использоваться во всех каналах модуля, выбранных для данного типа компенсации.

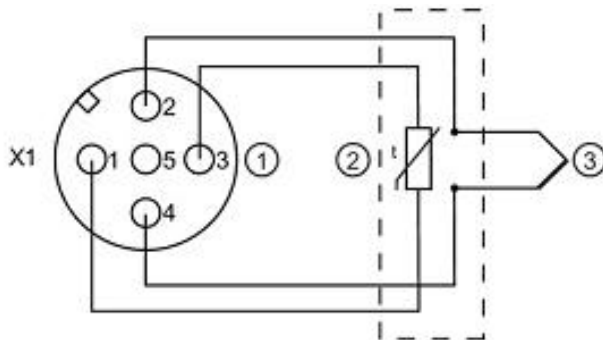
Ниже на иллюстрации показана схема подключений для режима "RTD (0)" в качестве датчика опорной температуры с использованием компенсационного коннектора M12 и встроенного терморезистора Pt1000:



- (1) - прямое подключение термопары или с использованием компенсационных проводов
- (2) - термопара
- (3) - коннектор для устройства компенсации M12 (контакты 1 и 3 с внутренним Pt1000) может быть подключен только в гнездо X1; результат измерения с компенсационного коннектора M12 в гнезде X1 также используется для термокомпенсации термопар в гнездах X2, X3 и X4.

Иллюстрация 5-18 Пример подключения RTD(0): для измерения температуры холодного спая используется терморезистор Pt1000 в коннекторе M12

Ниже на иллюстрации показана схема подключения для режима компенсации "RTD (0)". Для измерения температуры холодного спая используется внешний терморезистор Pt1000:



- (1) - коннектор M12 может быть подключен только в гнездо X1
- (2) - внешний терморезистор Pt1000 ( $\alpha = 0.003851$ ) в области холодного спая подключается медными проводами к контактам 1 и 3; результат измерения с компенсационного коннектора M12 в гнезде X1 также используется для термокомпенсации термопар в гнездах X2, X3 и X4.
- (3) - термопара.

Иллюстрация 5-19 Пример схемы подключения для режима RTD(0) с внешним терморезистором Pt1000 в качестве датчика температуры холодного спая

## Подключение нагрузки/приводов

### 6.1 Обзор

В данной главе рассматривается базовая процедура подключения нагрузок/приводов к аналоговым выходам модулей. Подробная информация по этим вопросам доступна в соответствующей документации по соответствующим модулям. Подробная информация по прокладке кабелей, экранированию и заземлению устройств доступна также в руководстве Configuring interference-free controllers:

(<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59193566>).

#### Сокращения, используемые в иллюстрациях

Расшифровка сокращений на следующих далее иллюстрациях:

AQ	-	аналоговый выходной модуль
M	-	клемма заземления
L+	-	клемма "+" источника питания
S <sub>n</sub> +/S <sub>n</sub> -	-	вход для подключения датчика, канал n
QV <sub>n</sub> +/QV <sub>n</sub> -	-	выход напряжения управления, канал n
QI <sub>n</sub> +/QI <sub>n</sub> -	-	"токовый" выход, канал n
COMP+/COMP-	-	вход для температурной компенсации
M <sub>ANA</sub>	-	клемма "аналогового заземления"
U <sub>ISO</sub>	-	максимально допустимое напряжение развязки (между шинами, точками подключения...)

#### Соединительные линии для аналоговых сигналов

Для подключения аналоговых сигналов всегда используйте экранированные кабели типа "витая пара".

## 6.2 Подключение нагрузки/приводов

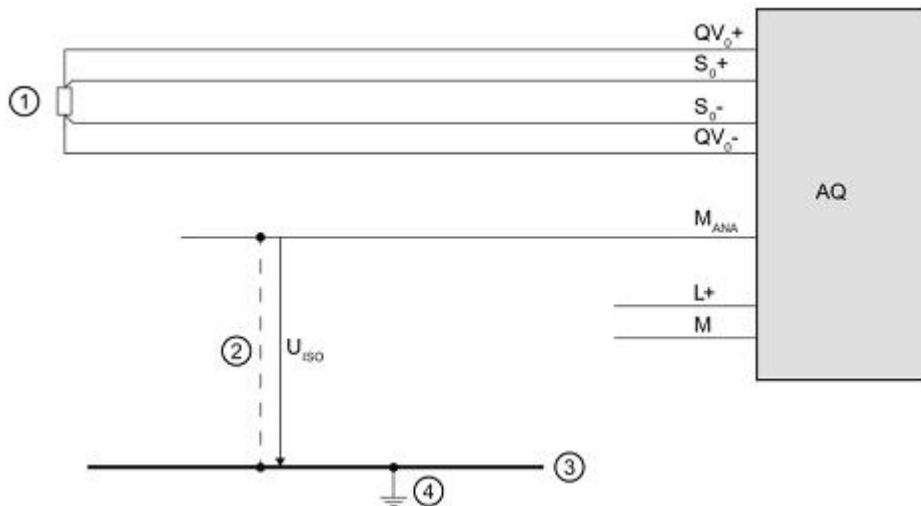
### Подключение аналогового выходного модуля с заземлением аналогового тракта $M_{ANA}$

Аналоговые выходные модули не имеют гальванической связи клеммы "аналоговая земля"  $M_{ANA}$  с подключением к "общему" заземлению.

Избегайте превышения максимально допустимой разности потенциалов  $U_{ISO}$  между "аналоговой землей"  $M_{ANA}$  и точкой "общего" заземления.

Допустимая разность потенциалов  $U_{ISO}$  может быть превышена при использовании чрезмерно длинных соединительных линий.

Чтобы избежать превышения максимального допустимого значения  $U_{ISO}$  точку заземления аналогового тракта  $M_{ANA}$  и точку "общего" заземления соедините проводником для выравнивания потенциалов.



- (1) - нагрузка выходного аналогового модуля
- (2) - проводник для подключения к эквипотенциальной шине
- (3) - шина контура заземления
- (4) - точка общего заземления

Иллюстрация 6-1 Пример подключения аналогового выходного модуля с заземлением аналогового тракта  $M_{ANA}$



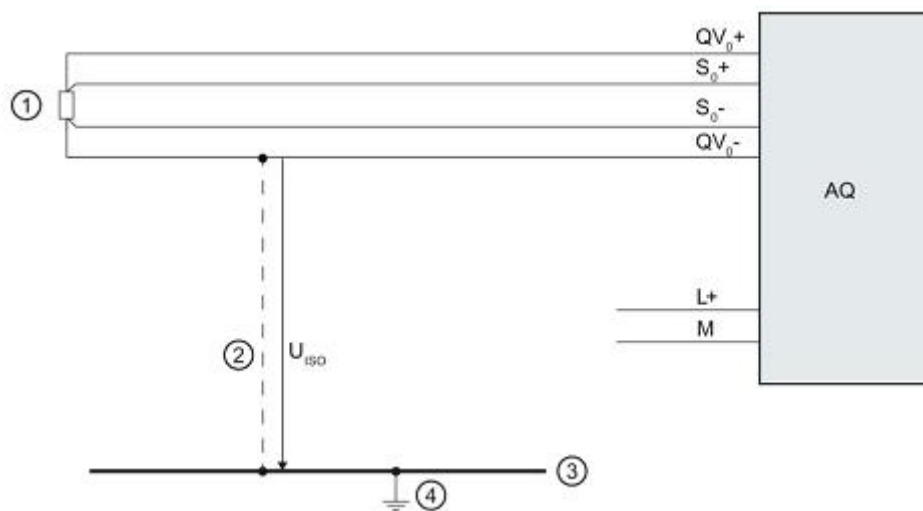
### Подключение аналогового выходного модуля без заземления аналогового тракта $M_{ANA}$

Аналоговые выходные модули не имеют гальванической связи между точками опорного потенциала выходов модуля и "общим" заземлением.

Избегайте превышения максимально допустимой разности потенциалов  $U_{ISO}$  между точками опорного напряжения аналоговых выходов модуля и точкой "общего" заземления.

Допустимая разность потенциалов  $U_{ISO}$  может быть превышена при использовании чрезмерно длинных соединительных линий.

Чтобы избежать превышения максимального допустимого значения  $U_{ISO}$  точки опорного напряжения каждого аналогового выхода модуля и точку "общего" заземления соедините проводниками для выравнивания потенциалов.



- (1) - нагрузка выходного аналогового модуля
- (2) - проводник для подключения к эквипотенциальной шине
- (3) - шина контура заземления
- (4) - точка общего заземления

Иллюстрация 6-2 Пример подключения аналогового выходного модуля без заземления аналогового тракта  $M_{ANA}$



## Поддерживаемые функции

### 7.1 Калибровка аналоговых модулей

#### 7.1.1 Обзор

##### Калибровка

Функция калибровки обеспечивает проверку входных сигналов от процесса аналоговым входным модулем и выходных значений процесса, формируемых аналоговым выходным модулем, определяет отклонение от текущих значений процесса для компенсации ошибок измерения и вывода.

##### Калибровка аналоговых модулей

Аналоговые модули SIMATIC калибруются перед отправкой заказчику и поддерживают высокую стабильность параметров; поэтому во время их использования калибровка не требуется.

Но определенные правила и директивы, например, от администрации Food and Drug Administration (FDA), требуют регулярной калибровки всех компонентов в измерительных цепях. К этим компонентам относятся аналоговые входные и выходные модули.

Калибровка особенно важна для таких установок, в которых датчики должны считывать малые токи и напряжения. Калибровка позволяет компенсировать температурные воздействия и влияния соединительных линий.

Функция калибровки позволяет сохранять новые значения параметров в независимой памяти. Но заводские значения параметров не теряются. К ним можно вернуться в любое время.

---

##### Примечание

Функция калибровки позволяет сохранять новые значения параметров модуля для каждого канала для специального диапазона измерения - это означает, что эти параметры будут применяться при выборе пользователем такого же диапазона измерения.

При переконфигурировании канала с действующими значениями параметрами калибровки для другого режима измерения соответствующие значения параметров сохраняются в установке для этого канала и для этого диапазона измерения.

Однако пользовательские значения параметров не удаляются. Они не перезаписываются, пока пользователь не выполнит новую калибровку канала. Если пользователь вновь устанавливает исходный диапазон измерения для канала, не выполняя при этом новую процедуру калибровки, тогда значения параметров, установленные в результате предыдущей пользовательской калибровки вновь становятся действующими.

---

Документация по Вашему аналоговому модулю содержит информацию о том, поддерживает ли Ваш модуль функции калибровки.

### **Набор функций**

Группа функций калибровки "Calibration" содержит следующие функции:

- Описание текущих параметров для всех каналов
- Калибровка канала
- Отмена используемого набора параметров
- Сброс параметров к заводским настройкам

## 7.1.2 Калибровка аналоговых модулей

### Ручная калибровка

Предпосылки для выполнения ручной калибровки:

- Установлена интерактивная связь между STEP 7, CPU и аналоговым модулем, для которого необходимо выполнить калибровку.
- В проекте открыт вид диагностики "Online & Diagnostics" для аналогового модуля, в котором активировано окно функций калибровки "Functions > Calibration".
- В окне конфигурации отображается текущая структура станции.
- В модуле в текущий момент нет активных процедур калибровки.
- Напряжение 24 В для питания нагрузки обеспечивается в аналоговом модуле.
- Последняя операция успешно завершена (для процедуры калибровки).

### Процедура

После запуска функции калибровки "Calibration" открывается таблица параметров. После каждого выбора нового канала модуль считывает следующую информацию (общие данные и значения параметров):

- Calibration: кем выполнена калибровка параметров выбранного канала.
- Measurement type: выбранный способ измерения входного сигнала
- Measuring range: диапазон измерения для канала
- Gain: действующий корректирующий коэффициент для АЦП
- Offset: действующее корректирующее смещение для АЦП

Channel..	Calibration	Measuring typ	Measuring r..	Gain:	Offset:	Date
0	Factory	Voltage	+/- 10 V	1	0	12/1...
1	Factory	Voltage	+/- 10 V	1.001	0	12/1...
2	Factory	Voltage	+/- 10 V	1	0	12/1...
3	Factory	Voltage	+/- 10 V	1.001	0	12/1...
4	Factory	Voltage	+/- 10 V	1.001	0	12/1...
5	Factory	Voltage	+/- 10 V	1	0	12/1...
6	Factory	Voltage	+/- 10 V	1.001	0	12/1...
7	Factory	Voltage	+/- 10 V	1	0	12/1...

Иллюстрация 7-1 Таблица текущих значений параметров

Для запуска процедуры калибровки выполните следующие шаги:

1. Выберите для калибровки в таблице текущих значений параметров "Overview" строку для соответствующего канала.
2. Щелкните на кнопке "Start manual calibration" ("Начать ручную калибровку").
3. Следуйте шагам в разделе "Manual calibration" ("Ручная калибровка").
4. Следуйте инструкциям в поле "Command" ("Команда").
5. Щелкните на кнопке "Next" ("Далее").

Необходимые калибровочные значения параметров для выбранного канала настраиваются для выбранного диапазона измерения при пользовательской калибровке.

---

**Примечание**

Калибровка может выполняться в режиме выполнения RUN, а также в режиме STOP для CPU. Если CPU находится в режиме RUN, тогда сохраненные при предыдущей калибровке значения параметров являются действующими, пока выполняется новая процедура калибровки.

Канал модуля, для которого выполняется калибровка, не может обрабатывать новых значений процесса, пока идет калибровка. Всем входным аналоговым сигналам модуля присваивается значение 0x7FFF ("Invalid analog value" = "некорректное аналоговое значение") до окончания калибровки. Если активирован код состояния (value status), то он получает значение "invalid" ("некорректно") до окончания калибровки.

---

Во время калибровки необходимо обеспечить определенные значения напряжения и/или температуры. Для этого используются соответствующие внешние подключения и внешние преобразователи напряжение/температура. В поле команд "Command" перечисляются контакты, для которых могут назначаться соответствующие воздействия. Контакту номер 1 назначается положительный контакт, контакту номер 2 - отрицательный контакт. Точность калибровки зависит от точности преобразования напряжение/температура.

---

**Примечание**

Для обеспечения сохранения модулем точности измерения после пользовательской калибровки, преобразование напряжение/температура в модуле должно соответствовать спецификациям модуля. Неточные напряжения или температура при калибровке приведут к ошибкам.

---

Ниже на иллюстрации показан пример калибровки канала в режиме измерения напряжения сигнала "Voltage" в диапазоне измерения "+/- 10 V".

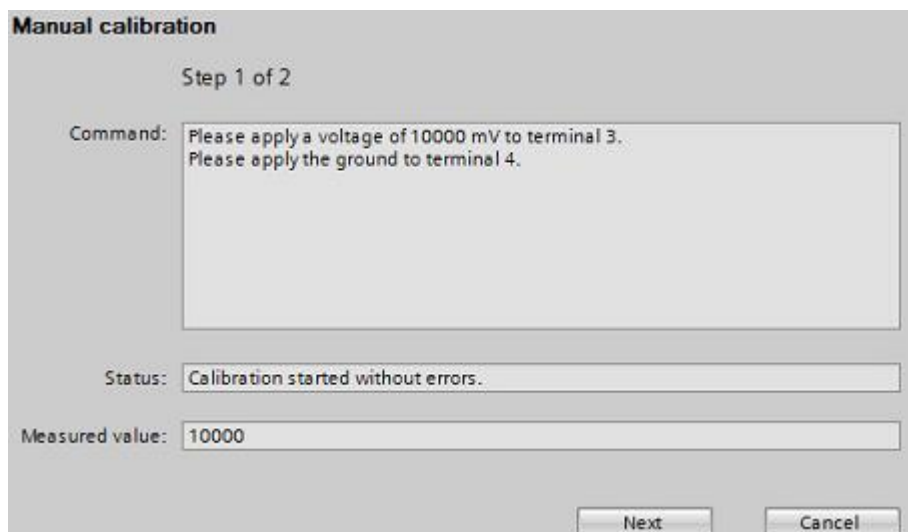


Иллюстрация 7-2 Ручная калибровка

- Поле команд "Command": В поле команд "Command" отображаются необходимые действия пользователя на текущем шаге процедуры калибровки. Пользователь должен запустить соответствующие действия и подтвердить их кнопкой "Next" ("Далее"). После этого модуль выполняет все действия, необходимые на данном шаге. Если ошибок не обнаружено, то активируется следующий шаг процедуры.

Инструкции в поле "Command" выполняются аддитивно. Например, после подключения к контактам 3/4 соответственно напряжения питания и опорного потенциала, эти назначения остаются в процессе следующего шага калибровки.

- Поле состояния "Status": В зависимости от установленного типа измерения для калибровки канала должны быть выполнены несколько соответствующих шагов. В поле состояния "Status" отображается, обнаружены ли ошибки в процессе выполнения калибровки. Если в текущем шаге обнаруживается ошибка, то здесь отображается ее описание и калибровка прерывается. Все изменения в параметрах, сделанные до этого момента, удаляются. Активируются все значения параметров, назначенные в процессе последней корректной калибровки.

---

#### **Примечание**

##### **Калибраторы**

Если в аналоговом входном модуле активирована диагностика обрыва провода "Wire break", то на тестируемую линию подается в "тестовый" ток для измерительных схем "Resistance", "Thermistor" и "Thermocouple" (соответственно: "резистор", "термистор" и "термопара"). Такой "тестовый" ток в некоторых калибраторах может дать неправильный результат измерения. Поэтому при калибровке в некоторых аналоговых модулях мониторинг обрыва провода автоматически отключается.

Во избежание риска получения некорректных результатов измерения мы рекомендуем при калибровке аналоговых входных модулей отключать диагностику обрыва провода "Wire break".

---

#### **Результат**

Для выбранного канала откалиброваны параметры.

#### **Обнаружение ошибки**

Если в процессе калибровки обнаружена ошибка, то процедура калибровки прерывается. Все изменения в параметрах, сделанные до этого момента, удаляются. Активируются все значения параметров, назначенные для канала в процессе последней корректной калибровки.

### **7.1.3 Отмена калибровки**

#### **Необходимые условия**

- В проекте открыт вид диагностики "Online & Diagnostics" для аналогового модуля, в котором активировано окно функций калибровки "Functions > Calibration".
- Установлена интерактивная связь с CPU.
- В модуле в текущий момент активна процедура калибровки.

#### **Процедура**

Для отмены активной процедуры калибровки щелкните на кнопке "Cancel".

#### **Результат**

Все изменения в параметрах, сделанные до этого момента, удаляются. Активируются все значения параметров, назначенные для канала в процессе последней корректной калибровки.



## 7.1.4 Сброс параметров аналоговых модулей к заводским настройкам

### Необходимые условия

- В проекте открыт вид диагностики "Online & Diagnostics" для аналогового модуля, в котором активировано окно функций калибровки "Functions > Calibration".
- Установлена интерактивная связь с CPU.

### Процедура

1. Выберите для калибровки в таблице текущих значений параметров "Overview" строку для соответствующего канала.
2. Щелкните на кнопке "Set to factory settings" ("Сбросить к заводским настройкам").

### Результат

Для канала восстановлены заводские настройки параметров.

---

### Примечание

После выполнения сброса параметров канала к заводским настройкам активируются исходные значения параметров канала, установленные производителем перед отправкой модуля заказчику. Все пользовательские значения параметров для канала безвозвратно теряются. В дальнейшем невозможно восстановить пользовательские настройки для канала.

---



# Высокоскоростные аналоговые модули

## 8.1 Основные сведения

Высокоскоростные аналоговые модули (HS-модули) обладают высокой производительностью и скоростью работы. Отличительной чертой HS-модулей в сравнении со стандартными модулями (ST-модулями) являются более короткие по времени циклы обработки. Для получения таких характеристик в аналоговых входных и выходных модулях использованы компоненты с экстремально короткими значениями времени преобразования сигнала и высочайшей производительностью. Кроме того, вся архитектура модулей была разработана для более быстрой обработки сигналов.

Аналоговые HS-модули преобразуют измеренные значения и формируют выходные значения одновременно. Каждый канал такого модуля имеет свои собственные преобразователи АЦП и ЦАП. Это значит, что время цикла обработки данных в основном определяется временем преобразования значений и не зависит от числа активных каналов. Это касается как входных аналоговых модулей так и выходных. HS-модули могут использовать быстрый изохронный режим (*isochronous mode*).

Кроме используемого изохронного режима аналоговые HS-модули также имеют преимущества в неизохронном (несинхронизированном) режиме. Благодаря быстрой обработке сигналов от процесса аналоговые HS-модули способны обнаруживать более быстрые изменения этих сигналов и, соответственно, реагировать на эти изменения (например, обрабатывать аппаратное прерывание или циклическое прерывание в организационных блоках). Дополнительная информация по организационным блокам доступна в интерактивной справочной системе STEP 7.

### Изохронный режим (*isochronous mode*)

Изохронный режим обеспечивает синхронное выполнение следующих операций:

- считывания входных и генерации выходных сигналов в распределенных I/O
- передачи сигналов в PROFIBUS или PROFINET
- выполнение программы с постоянным циклом шины PROFIBUS или PROFINET.

В результате система получает и обрабатывает входной сигнал и выводит результат с постоянным периодом. Изохронный режим дает постоянство времени реакции системы, а также эквидистантную и синхронную обработку сигналов в распределенных I/O. Шинная система и I/O-модули работают синхронно в изохронном режиме. Передаваемые входные и выходные данные включаются в задачу "*isochronous task*" в CPU. В результате данные цикла всегда консистентны. Все данные образа процесса логически связаны друг с другом, в том числе во времени. Нестабильность данных в пользовательской программе отсутствует, так как нет их рассинхронизации.

С использованием такого режима даже "быстрые" процессы имеют хорошую управляемость. Изохронный режим обеспечивает высокое качество управления и более высокую воспроизводимость процессов. В то же время всевозможные колебания временных реакций в процессе радикально уменьшаются. Четкое распределение обработки данных во времени может быть полезно для улучшения машинных циклов. Более короткие циклы способствуют увеличению скорости обработки и позволяют снизить затраты.

## Цикл передачи данных

Если изохронный режим сконфигурирован, тогда передача входных и выходных данных синхронизируется в цикле передачи.

В цикле  $n$  входные данные считываются и одновременно передаются в модуль IM.

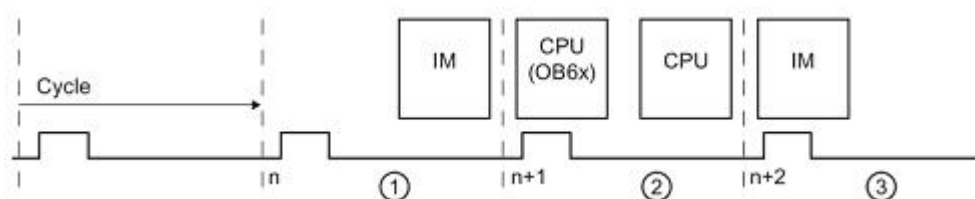
В цикле  $(n+1)$  данные считываются в CPU и обрабатываются.

В цикле  $(n+2)$  CPU копирует обработанные данные в IM.

В том же цикле выходные модули выводят выходные данные - сигналы управления.

Операции "считывание" – "обработка" – "вывод" занимают три цикла.

Более подробную информацию по конфигурированию изохронного режима Вы можете найти в интерактивной справочной системе STEP 7.



- (1) Измеренные значения входных модулей считываются и копируются в IM
- (2) Измеренные значения обрабатываются; формируются выходные значения
- (3) Выходные значения копируются в IM и выводятся выходными модулями

Иллюстрация 8-1 Модель изохронного режима на базе 3 циклов

## Дискретизация с повышенной частотой (супердискретизация)

Использование функции дискретизации с повышенной частотой (супердискретизации) в аналоговом входном или в аналоговом выходном модулях требует активации изохронной конфигурации.

Для аналоговых входных модулей:

Цикл передачи данных разбивается на одинаковые по времени промежутки - подциклы. Цикл передачи данных может быть разбит на 2...16 частей. В каждом подцикле считывается измеренное значение. Считанные измеренные значения копируются в следующем цикле передачи в IM, и затем в следующем цикле передачи становятся доступными для обработки в CPU.

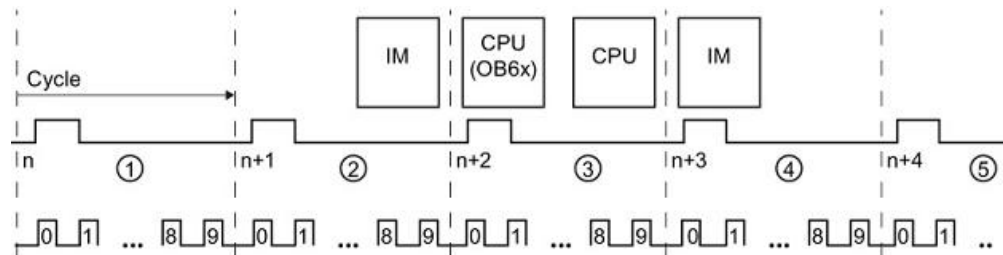
Для аналоговых выходных модулей:

Цикл передачи данных также разбивается на одинаковые по времени промежутки - подциклы. Цикл передачи данных может быть разбит на 2...16 частей. В каждом подцикле возвращается выходное значение. Выходные значения копируются в следующем цикле передачи в IM, и затем в следующем цикле передачи выводятся для управления процессом.

Входные и выходные значения передаются в область пользовательских данных аналогового модуля. Таким образом, адресное пространство модуля может занимать от 2 байтов до 16 x 2 байтов пользовательских данных на канал. Если цикл передачи данных разбивается на меньшее число промежутков, чем 16, тогда неиспользуемым адресам назначается значение ошибки 0x7FFF. Значения неиспользуемых адресов игнорируются.

Так как рассмотренные подциклы должны быть внутри цикла передачи, для обеспечения супердискретизации необходим дополнительный цикл передачи для копирования данных в ИМ, в отличие от модели из 3-х циклов для изохронного режима.

В результате получается модель изохронного режима на базе 5 циклов.



- (1) В подциклах записываются измеренные значения
- (2) Измеренные значения копируются в ИМ
- (3) Измеренные значения обрабатываются в CPU: формируются выходные значения
- (4) Выходные значения из CPU копируются в ИМ
- (5) Выходные значения копируются в процесс

Иллюстрация 8-2 Модель изохронного режима на базе 5 циклов

После конфигурирования модулей цикл передачи данных IO-устройств имеет минимально возможный период обновления (update time), т.е. временной интервал, в течение которого IO-устройство/IO-контроллер PROFINET IO -системы получает новые данные. Модули с функцией супердискретизации, тем не менее, обеспечивают возможность дальнейшего уменьшения периода обновления данных для соответствующих каналов без необходимости укорочения цикла передачи для всей S7-станции. Разбивка цикла передачи на равные временные интервалы - "подциклы" позволяет ускорить обработку сигналов от процесса.

### Пример

На практике использование режима супердискретизации имеет смысл, если изохронная система работает только с одним заданным циклом передачи (например, равным 1 мс) из-за используемых модулей, и если при этом требуется более частый контроль сигналов процесса. При использовании супердискретизации с помощью разбивки цикла передачи, например, на 4 подцикла значения процесса могут обновляться с периодом 250 мкс.

### Конфигурирование супердискретизации

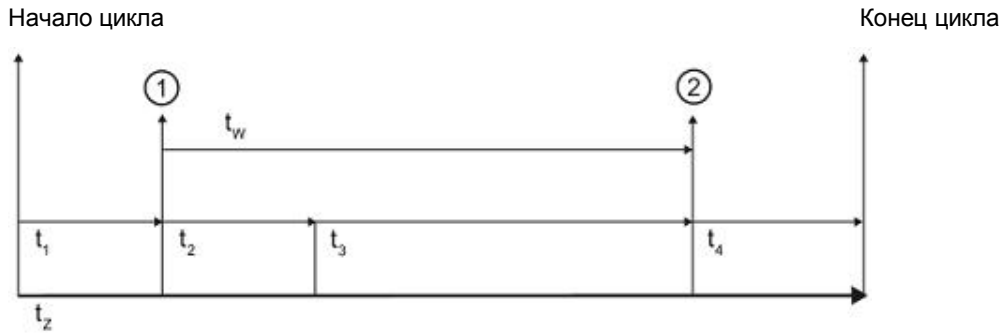
Для используемого IO-устройства активируйте опцию "Isochronous mode" ("Изохронный режим") и задайте соответствующие параметры ("Send clock" - "цикл передачи", и другие параметры). Затем задайте число подциклов в цикле передачи для соответствующего распределенного аналогового модуля: для аналоговых входных модулей - с помощью параметра "Sampling rate" ("частота выборки входных сигналов"), для аналоговых выходных модулей - с помощью параметра "Output rate" ("частота вывода выходных сигналов").

Если частота считывания входных сигналов сконфигурирована как 4 значения/цикл (в параметре "Sampling rate" ["Values/cycle"]) при длительности цикла передачи, равной одной миллисекунде (параметр "Send clock"), тогда в режиме супердискретизации цикл передачи разбивается на 4 подцикла и значения процесса считываются с интервалом 250 мкс.

### Цикл обработки данных в аналоговом входном модуле

Если для HS-модулей сконфигурировано системное свойство "Isochronous mode" ("изохронный режим"), то все аналоговые выходные модули синхронизируются по специальной точке отсчета внутри цикла передачи (1).

Цикл обработки данных входного модуля состоит из следующих временных интервалов:  $t_z = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$



(1) Точка отсчета для синхронизации всех аналоговых входных модулей в изохронном режиме и, одновременно, момент появления на входе нового конвертированного входного сигнала

(2) Момент передачи оцифрованного входного сигнала на заднюю шину

$t_z$  Цикл обработки данных в аналоговом входном модуле

$t_1$  Интервал времени между началом цикла и моментом синхронизации

$t_2$  Аппаратно-зависимый интервал времени для преобразования сигнала в АЦП

$t_3$  Время обработки оцифрованных входных данных в модуле

$t_4$  Длительность цикла передачи задней шины

$t_w$  Время преобразования данных в модуле

Иллюстрация 8-3 Структура цикла обработки данных аналогового входного модуля

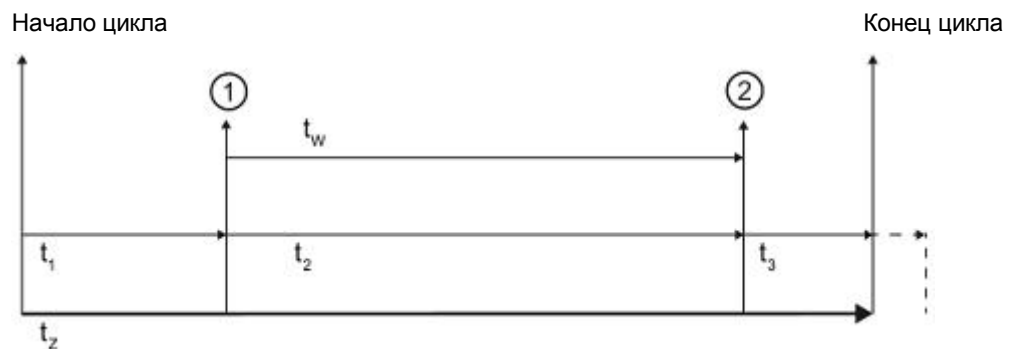
### Цикл обработки данных в аналоговом выходном модуле

Синхронизация аналоговых выходных модулей привязана к моменту вывода результата преобразования сигнала в ЦАП (2). Из-за того что импеданс подключенного к выходному модулю привода (включая соединительные кабели) неизвестен, но имеет значительное влияние на прохождение выходного сигнала, время установления сигнала на выходе не может рассматриваться как стабильный во всех случаях параметр.

В технических спецификациях в соответствующей документации по выходным модулям производитель обычно предоставляет справочные данные по времени установления сигнала на нагрузке модуля. Но на практике для получения точных данных по поведению выходного сигнала на конкретной нагрузке необходимо использовать осциллограф.

Момент установления выходного сигнала на нагрузке может выходить за границу цикла обработки в выходном модуле, например, из-за большой емкостной составляющей в импедансе нагрузки.

Длительность цикла обработки данных в аналоговом выходном модуле состоит из следующих временных компонентов:  $t_z = t_1 + t_2 + t_3$



- (1) Момент появления выходных данных в оцифрованном виде в модуле
- (2) Синхронизация всех аналоговых выходных модулей в изохронном режиме и в то же время - момент вывода данных в ЦАП
- $t_z$  Цикл обработки данных в аналоговом выходном модуле
- $t_1$  Длительность цикла передачи задней шины
- $t_2$  Время обработки оцифрованных выходных данных в модуле до передачи их в ЦАП
- $t_3$  Время установления выходного сигнала на нагрузке модуля (до уровня уставки)
- $t_w$  Время преобразования данных в модуле

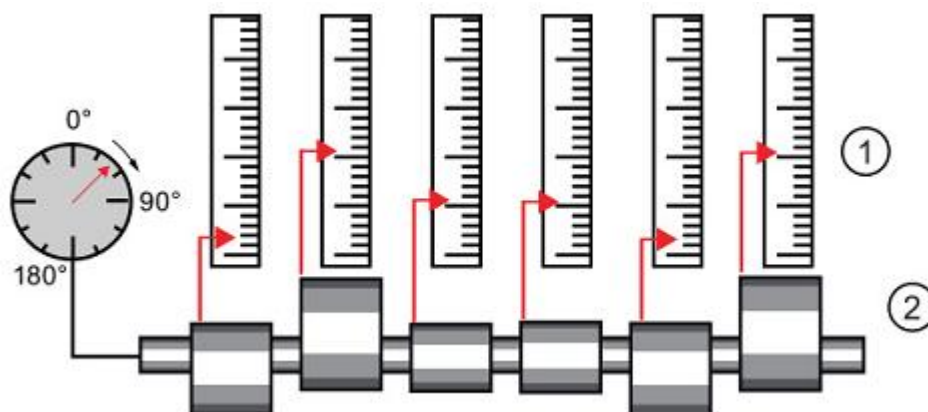
Иллюстрация 8-4 Структура цикла обработки данных аналогового выходного модуля

## Типовые варианты применения

В принципе, применение изохронного режима имеет смысл, когда входные сигналы должны измеряться синхронно, действия должны быть скоординированы, и реакции процесса должны определяться в те же самые моменты времени. Имеется много областей, где может применяться изохронный режим.

Типичный случай использования, например, может заключаться в считывании бинарных сигналов для четкого управления положением объектов во времени. Но кроме использования изохронной передачи данных решением может быть и применение гидравлики для позиционирования с управлением посредством давления.

Ниже рассмотрен пример использования изохронного режима для процесса обработки кулачкового вала. Для обеспечения точности необходимо выполнять точные измерения на нескольких участках.



(1) Измеренные значения

(2) Кулачковый вал

Иллюстрация 8-5 Контроль регулировок кулачкового вала

После активации системного свойства "isochronous mode" может быть обеспечено непрерывное измерение положений отдельных частей вала. Временные параметры могут быть при этом существенно уменьшены.

В результате может быть организован следующий процесс:

- Проворачивание вала и обработка кулачков
- Проворачивание вала с синхронным измерением параметров
- Обработка следующего вала

В этом случае применение изохронного режима обеспечивает высокую точность и производительность техпроцесса.



## 8.2 Сравнение ST- и HS- модулей

В данном разделе представлен обзор важных различий между стандартными (ST) и высокоскоростными (HS) аналоговыми модулями. Некоторые численные показатели будут представлены Вашему вниманию для выбранных в качестве примера модулей. Необходимо иметь в виду, что данные параметров модулей могут сильно меняться от модуля к модулю.

Подробную и достоверную информацию о всех параметрах конкретного модуля можно получить в соответствующей документации по модулю.

### Метод преобразования

#### Преобразование мгновенного значения

Преобразование мгновенного значения часто используется для преобразования аналогового сигнала в оцифрованное значение в HS-модулях. При данном типе преобразования из измеренного сигнала берется только очень короткий фрагмент и преобразуется в цифровые данные. Следовательно, эта цифровая информация представляет собой мгновенное значение измеренного сигнала. Преобразование мгновенного значения используется для получения информации о быстрых изменениях параметров процесса, например, в области управления перемещением. В этом случае быстро изменяющиеся физические величины должны быть быстро считаны посредством соответствующих датчиков-преобразователей и оперативно направлены на последующую обработку. В основном входными сигналами являются значения напряжения, тока и сопротивления (последнее особенно часто применяется при использовании потенциометров положения).

Так как для преобразования берется фрагмент сигнала на очень коротком отрезке времени, всегда имеется риск некорректного результата при его измерении, в частности, из-за присутствия сигналов помех. Аналоговые входы, используемые для приема мгновенных значений сигнала, не способны определить, является ли считанное значение целевым полезным сигналом, или оно является в большей мере импульсом помехи, наложившейся на полезный сигнал. Что бы этот считанный сигнал собой не представлял, он преобразуется в цифровую форму и передается для дальнейшей обработки. Это означает, что задача измерения мгновенного значения сигнала процесса должна тщательно изучаться с учетом временных ограничений.

#### Преобразование интегрального значения

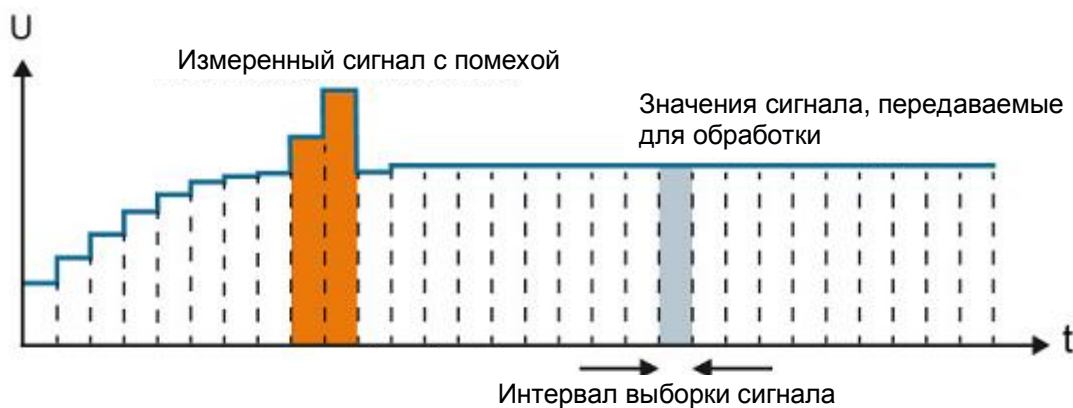
ST-модули обычно работают с использованием метода преобразования интегрального значения сигнала. Преобразование интегрального значения использует значение сигнала, "накопленное" на определенном отрезке времени (integration time - время интегрирования сигнала). Хотя этот метод "медленнее", чем метод преобразования мгновенного значения, он отличается более высокой помехоустойчивостью. При выборе времени интегрирования, соответствующего одному или нескольким периодам несущей частоты сети, вездесущие помехи от сети практически подавляются. Модули SIMATIC поддерживают функцию подавления помех от сети. Для активации этой функции пользователь должен указать в настройках частоту используемой питающей сети. Разрешение и время преобразования изменяются в зависимости от настроек функции подавления помех от сети.

Дополнительную информацию по доступным опциям и настройкам конкретного модуля можно найти в соответствующей документации по данному модулю.

Аналоговые входы, используемые для приема и преобразования интегрального значения сигнала, могут применяться повсеместно. Конструкция соединительных кабелей для аналоговых входов при использовании преобразования интегрального значения сигнала должна быть тщательно подобрана, хотя требования к ним менее жесткие, чем при использовании преобразования мгновенного значения сигнала, так как в первом случае сигналы меньше восприимчивы к помехам.



**Преобразование мгновенного значения**



**Преобразование интегрального значения**



Иллюстрация 8-6 Помеха сильно влияет на мгновенное значение сигнала, в то время как на интегральное значение сигнала почти не влияет.

## Электромагнитная совместимость

Архитектура HS-модулей в целом разработана для достижения максимально быстрой обработки сигналов. При использовании HS-модулей следует уделять больше внимания мерам по снижению влияния помех.

При подключении к HS-модулям датчиков и приводов необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

- соединительные кабели должны быть как можно короче
- необходимо использовать экранированные кабели типа "витая пара"
- в соединениях экранов кабелей должен обеспечиваться хороший контакт
- при снятии экрана и изоляции для подключения к коннекторам необходимо оставлять по возможности короткие концы кабелей

---

### Примечание

#### Помехоустойчивая конструкция

Убедитесь, что Вы в полной мере уделили внимание всем рекомендациям, представленным в руководстве Configuring interference-free controllers (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59193566>).

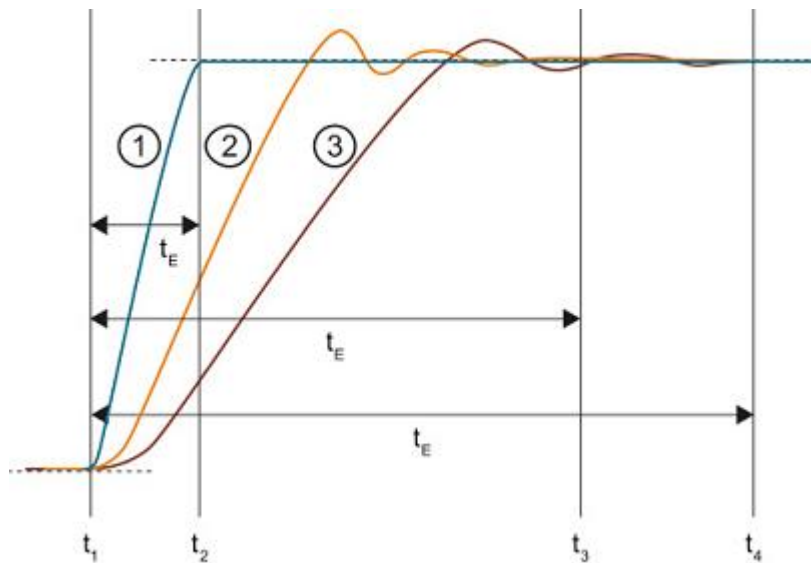
---

### Влияние нагрузки на время установления сигнала

Время установления сигнала на уровень уставки для аналоговых выходных модулей в значительной степени зависит от используемой нагрузки. Для использования всех преимуществ малых значений времени преобразования в HS-модулях допускается использовать только малые значения емкостной нагрузки (например, максимальное значение 47 пФ).

Тип нагрузки влияет на форму переходной характеристики выходного сигнала при его установлении на уровень уставки. Реактивные составляющие нагрузки модуля изменяют время возрастания сигнала и могут вызвать бросок напряжения на нагрузке.

Ниже на иллюстрации показаны переходные процессы на нагрузке с разной величиной емкостной составляющей.



- (1) Эталонная кривая: нагрузка имеет незначительную емкостную составляющую
- (2) Переходный процесс при нагрузке с емкостной составляющей, равной 47 пФ
- (3) Переходный процесс при нагрузке с емкостной составляющей, равной 100 пФ

$t_E$  Время установления сигнала

$t_1$  Момент передачи обработанного сигнала из выходного аналогового модуля на нагрузку

$t_2$  Выходной сигнал (1) достиг заданного значения на нагрузке (с остаточной погрешностью 1%)

$t_3$  Выходной сигнал (2) достиг заданного значения на нагрузке (с остаточной погрешностью 1%)

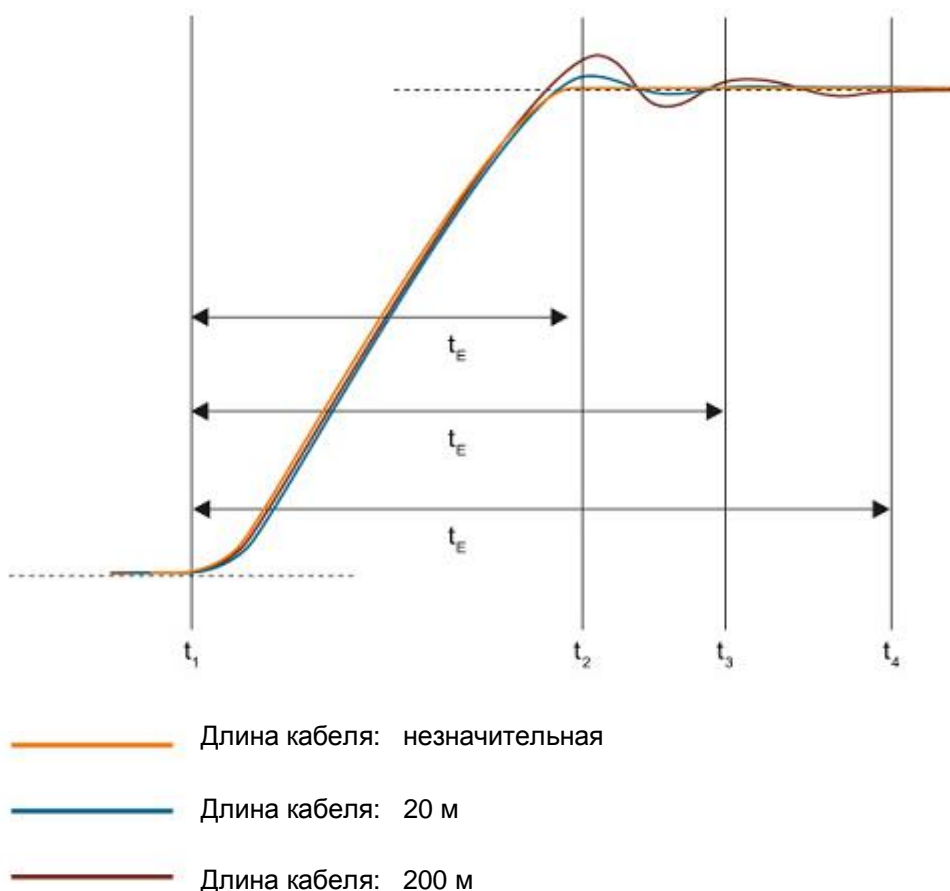
$t_4$  Выходной сигнал (3) достиг заданного значения на нагрузке (с остаточной погрешностью 1%)

Иллюстрация 8-7 Влияние различных нагрузок на время установления сигнала

### Влияние длины соединительного кабеля на время установления сигнала

Длинные кабели между источником сигнала и модулем являются приемниками различных помех в виде наведенных токов. Чем длиннее соединительные кабели - тем больше влияние помех на полезный сигнал. Кроме того, импеданс кабеля обладает емкостными и индуктивными составляющими, влияющими на переходный процесс при установлении выходного сигнала модуля. Длинный кабель сильнее влияет на общий импеданс нагрузки для выходного аналогового модуля. Поэтому рекомендуется применять по возможности более короткие соединительные кабели, особенно при использовании HS-модулей.

Ниже на иллюстрации показаны переходные процессы на нагрузке при разной длине соединительных кабелей.



$t_E$  Время установления сигнала

$t_1$  Момент передачи сигнала из выходного аналогового модуля на нагрузку

$t_2$  Выходной сигнал достиг заданного значения на нагрузке (с остаточной погрешностью 1%) при использовании короткого кабеля

$t_3$  Выходной сигнал достиг заданного значения на нагрузке (с остаточной погрешностью 1%) при использовании кабеля длиной 20 м

$t_4$  Выходной сигнал достиг заданного значения на нагрузке (с остаточной погрешностью 1%) при использовании кабеля длиной 200 м

Иллюстрация 8-8 Влияние длины соединительного кабеля на время установления сигнала

### Влияние величины скачка выходного сигнала на время достижения значения уставки

Ниже на иллюстрации показаны переходные процессы на нагрузке с различными значениями скачка выходного сигнала модуля. Пунктиром показаны моменты времени, когда сигнал достигает значения уставки. Чем больше величина скачка выходного сигнала, тем позднее сигнал достигает значения уставки.

По оси ординат показана шкала измерения значений выходного сигнала в вольтах.

По оси абсцисс показаны временные отметки в микросекундах (с шагом 2 мкс).

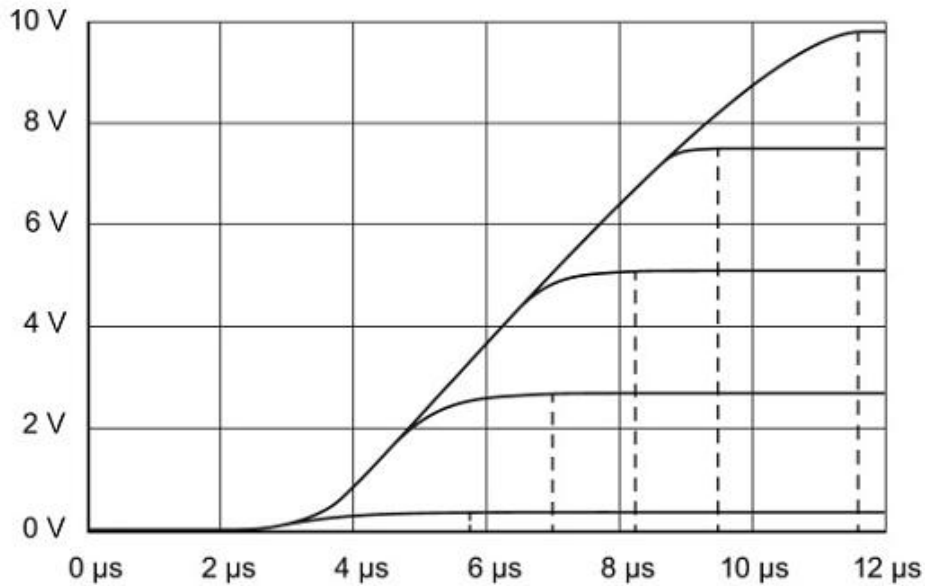


Иллюстрация 8-9 Время установления сигнала при 5 различных амплитудах скачка выходного сигнала

# Предметный указатель

## А

Аддитивные помехи ( $U_{SM}$ ) 30

## В

Внутренняя компенсация температуры 84

Время обработки в аналоговом модуле 48,50

Время установления сигнала и время отклика в аналоговых выходных модулях 52

Время отклика в аналоговых выходных модулях 52

Выбор термодпар 77

Высокоскоростные аналоговые модули 115

## Д

Демасштабирование аналоговых значений 19

Диагностика 35

## К

Калибровка аналоговых модулей 107,109

Код состояния 45

Компенсация с использованием фиксированной опорной температуры 91

Компенсация температуры с использованием динамической опорной температуры 94

Компенсация температуры с использованием опорного канала Group 0 88

Компенсация температуры с использованием опорного канала модуля 86

Компенсация температуры холодного спая 81

Компенсация типа RTD (0) 100

## М

Масштабирование аналоговых значений 17

## Н

Нагрузка для 2-хпроводных преобразователей 57

Нелинейность характеристики преобразователя 21

## О

Обзор 107

Основные сведения 115

Отмена калибровки 112

## П

Перекрестные помехи между каналами 33

Подавление напряжения помехи 31

Подавление помех от сетей переменного тока 26

Поддерживаемые функции 107

Подключение аналоговых входов модуля без заземления аналогового тракта  $M_{ANA}$  69

Подключение аналоговых входов модуля с заземлением аналогового тракта  $M_{ANA}$  67

Подключение датчиков 65

Подключение датчиков-преобразователей напряжения 71

Подключение датчиков-преобразователей тока 72

Подключение нагрузки/приводов 103, 104

Подключение термодпар 76

Подключение терморезисторов и резисторов 74

Пределы допуска основной и рабочей погрешностей 23

Представление аналоговых значений 61

Представление входных сигналов 63

Представление выходных сигналов 64

## **Р**

Разрешение 13

Режим "None" или режим внешней компенсации "External compensation" 98

## **С**

Сброс настроек аналоговых модулей к заводским настройкам 113

Сглаживание сигнала 54

Синфазные помехи ( $U_{CM}$ ) 28

Сравнение ST- и HS- модулей 121

Ссылки на документацию 7

Структура и принцип работы термопар 79

## **Т**

Температурная погрешность 25

Термопары 77

Точность 13, 22

Точность / разрешение 13

## **Ч**

Что необходимо знать об аналоговой технике 9