Масштабирование шкалы значений аналоговых величин. Погрешность масштабирования. Прямые и обратные шкалы

В данном документе приводятся примеры масштабирования шкалы цифровых приборов, а также примеры расчетов погрешности, возникающие при масштабировании. Приводятся рекомендации при выборе пределов измерения. Представлены различные типы шкал при цифровом отображении различной информации.

Одной из важнейших функций системы автоматизации является измерение и отображение с заданной точностью физических величин и параметров технологических процессов. Для оценки выполнения этих функций нормируют метрологические и точностные характеристики приборов.

Погрешность масштабирования шкалы значений аналоговых величин

Приборы предприятия МИКРОЛ позволяют индицировать 4 десятичных разряда измеренного параметра с автоматическим высвечиванием знака полярности (при использовании шкал с отрицательными значениями). Установка верхнего и нижнего предела измерения, а также положение десятичной запятой производится на этапе пусконаладочных работ для измерения параметра в заданных пределах. Изменения указанных параметров производится с помощью простой операции конфигурирования прибора, которая производится с передней панели (или по интерфейсу) в лаборатории или по месту установки прибора.

Для приборов предприятия МИКРОЛ, в технической документации на выпускаемую продукцию, приводятся следующие точностные характеристики измерения, масштабирования и отображения:

- Предел допускаемой основной приведенной погрешности измерения входных параметров ≤ 0,2 %,
- Точность индикации, относительная погрешность масштабирования 0,01 %.

Относительная погрешность масштабирования может быть представлена следующим выражением:

$$\gamma = \frac{100}{MAX - MIN} \%, \qquad (1)$$

где:

γ - основная относительная погрешность масштабирования, %;
100 - подразумевается: 100% х 1 младший разряд индицируемой величины,
MAX - верхний предел измерения, в единицах, без учета десятичной запятой,
MIN - нижний предел измерения, в единицах, без учета десятичной запятой.

В приборах предприятия МИКРОЛ имеется возможность изменять границы верхнего и нижнего пределов измерения от –999 до 9999 технических единиц, поэтому, относительная погрешность масштабирования, для различных шкал будет иметь значение:

Для шкалы: «0000-9999», погрешность: γ = 100/(9999-0000) = 0,01%.

Для шкалы: «-999-9999», погрешность: γ = 100/(9999+0999) = 0,0091%.

Пример 1. Произведем расчеты погрешности для различных типов и диапазонов шкал.

В табл. 1 приведены различные пределы измерения различных параметров и положение десятичной запятой, а также расчет погрешности масштабирования.

Таблица 1

Диапазон индикации (Y)	Единицы измерения	Тип шкалы	MIN, ед.	MAX, ед.	MAX-MIN, ед.	γ ,%	Примеч.
000,0 … 050,0	кг/час	Прямая	0000	0500	0500	0,2	Рис. 1-а
-50,0 … 200,0	град. С	Прямая	-500	2000	2500	0,04	Рис. 1-б
0000 … 1200	град. С	Прямая	0000	1200	1200	0,083	
-75,0 … 000,0	мВ	Прямая	-750	0000	0750	0,133	Рис. 1-в
00,00 … 20,00	кгс/см^2	Прямая	0000	2000	2000	0,05	
100,0 … 200,0	м	Прямая	1000	2000	1000	0,1	
200,0 … 000,0	мм	Обратная	2000	0000	-2000	-0,05	Рис. 1-г
050,0 … -50,0	мВ	Обратная	0500	-500	-1000	-0,1	Рис. 1-д

Как видно из табл. 1 значения MAX, MIN, MAX-MIN приводятся без учета десятичной запятой, потому что относительная погрешность γ рассчитывается по формуле (1) по отношению к одному младшему разряду индицируемой величины.

Рекомендации при выборе пределов измерения

Выбор пределов измерения и положение десятичной запятой, выбираются из соображений обеспечения необходимой точности измерения, масштабирования и отображения.

Относительная погрешность масштабирования для большинства технологических параметров должна быть соизмерима или в 1,5-2 раза меньше погрешности датчика, подключаемого к входу измерителя. Для средств измерений погрешность масштабирования должна быть в 4-5 раз меньше погрешности датчика.

Рекомендации при выборе пределов измерения и масштабирования, рассмотрим на примере.

Например, измеряется уровень в технологическом аппарате. При этом, собственно уровень, как технологический параметр, изменяется в пределах от 0 до 2 метров. Сигнал с уровнемера поступает на цифровой технологический индикатор или регулятор.

При этом все варианты пределов измерения и положение десятичной запятой представлены в табл.2.

Таблица 2

№ п/п	Диапазон индикации (Y)	MIN, ед.	MAX, ед.	MAX-MIN	γ ,%
1	0,000 … 2,000	0000	2000	2000	0,05
2	00,00 … 02,00	0000	0200	0200	0,5
3	000,0 … 002,0	0000	0020	0020	5,0
4	0000 … 0002	0000	0002	0002	50,0

Выводы по расчетам, представленным в табл.2 и рекомендации по выбору пределов измерения:

1. Например, датчик уровнемера, использующего гидростатический метод измерения, имеет относительную погрешность измерения 0,1%, поэтому, погрешность масштабирования должна быть:
   0,1 / 2 = 0,05%, выбираем 1-й вариант диапазона индикации 0,000 … 2,000.
2. Например, датчик пневматического уровнемера с унифицированным выходным сигналом, имеет относительную погрешность измерения 1%, поэтому, погрешность масштабирования должна быть:
   1 / 2 = 0,5%, выбираем 2-й вариант диапазона индикации 0000 … 02,00.
3. Как видно из табл. 2 вариант 4 (диапазон 0000 … 0002) теоретически возможен, но лишен всякого практического смысла из-за очень большой погрешности масштабирования.
4. Если датчик имеет очень большую погрешность, не рекомендуется выбирать малые погрешности индикации, так будет наблюдаться «плавание» сигнала особенно в младших разрядах индикатора. Например, если датчик имеет погрешность 5%, а шкала выбрана по 1-му варианту табл.2 0,000 … 2,000. Тогда минимальный шаг изменения сигнала (5%), в технических единицах будет равен: 5*2,000 / 100 = 0,1 техн.ед., что будет вызывать «плавание» отображаемого сигнала во 2-м и особенно в младшем 3-м разряде индикатора. В данном случае рекомендуется использовать диапазон 00,00 … 02,00 (см. табл.2).

Прямые и обратные шкалы. Виды шкал

Шкала отображения может иметь прямую или обратную характеристику.

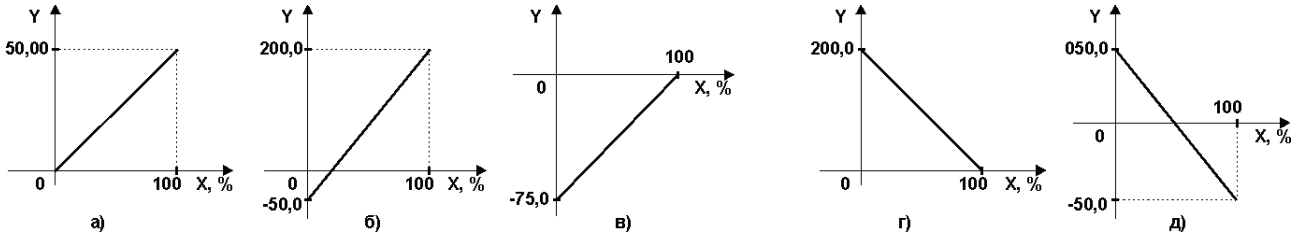
Прямая шкала:

Увеличение значения входного сигнала вызывает увеличение индицируемого параметра. Значение верхнего предела отображения MAX *больше* нижнего предела отображения MIN: MAX > MIN.

Обратная шкала:

Увеличение значения входного сигнала вызывает уменьшение индицируемого параметра. Значение верхнего предела отображения MAX *меньше* нижнего предела отображения MIN: MAX < MIN.

Как прямые, так и обратные шкалы могут быть односторонними, двусторонними (симметричными или несимметричными – с нулем внутри шкалы), безнулевыми. Значения параметров шкал могут иметь как положительные, так и отрицательные значения. Различные виды шкал приведены на рис.1.



X – входной сигнал, в %, Y – отображаемый параметр в технических единицах

Рисунок 1 – Прямые (а, б, в) и обратные (г, д) шкалы