

Характеристики датчиков

1

Содержание

1. Передаточная функция
2. Диапазон измеряемых значений
3. Диапазон выходных значений
4. Точность
5. Гистерезис
6. Воспроизводимость
7. Мертвая зона
8. Разрешающая способность
9. Выходной импеданс

1. Передаточная функция

Для каждого датчика можно вывести идеальное или теоретическое соотношение, связывающее сигналы на его входе и выходе.

Это идеальное (теоретическое) выражение часто называют передаточной функцией.

Выведенное идеальное соотношение между входным и выходным сигналом можно выразить в виде либо таблицы, либо графика, либо математического выражения.

Во многих случаях передаточная функция является одномерной (то есть связывает выходной сигнал только с одним внешним воздействием).

1. Передаточная функция

Передаточная функция устанавливает взаимосвязь между выходным электрическим сигналом датчика S и внешним воздействием s :

$$S = f(s).$$

Эта функция может быть как линейной, так и нелинейной (например, логарифмической, экспоненциальной или степенной).

Одномерную линейную функцию можно представить в виде выражения

$$S = a + bs$$

где a — постоянная составляющая (т.е. значение выходного сигнала при нулевом входном воздействии);
 b — наклон прямой, который часто называют чувствительностью датчика.

Параметр S — эта та характеристика электрического сигнала, которую системы сбора данных воспринимают в качестве выходного сигнала датчика.

1. Передаточная функция

Логарифмическая передаточная функция имеет вид

$$S = a + b \ln s,$$

экспоненциальная —

$$S = a e^{ks},$$

где k — постоянное число

степенная —

$$S = a_0 + a_1 s^k,$$

Однако датчик может иметь передаточную функцию, которую невозможно описать вышеприведенными аппроксимационными выражениями. В таких случаях применяются полиномиальные аппроксимации более высоких порядков .

1. Передаточная функция

Для нелинейных передаточных функций чувствительность b не является константой, как это было в случае линейных зависимостей. Для каждого конкретного значения входного сигнала s_0 ее можно определить в виде

$$b = \frac{dS(s_0)}{ds}$$

В случаях, когда на выходной сигнал датчика оказывают влияние несколько внешних воздействий, его передаточная функция становится многомерной

Пример

Инфракрасный датчик температуры
Его передаточная функция связывает две температуры (T_b - абсолютную температуру объекта измерения и T_s - абсолютную температуру поверхности сенсорного элемента) с выходным напряжением V

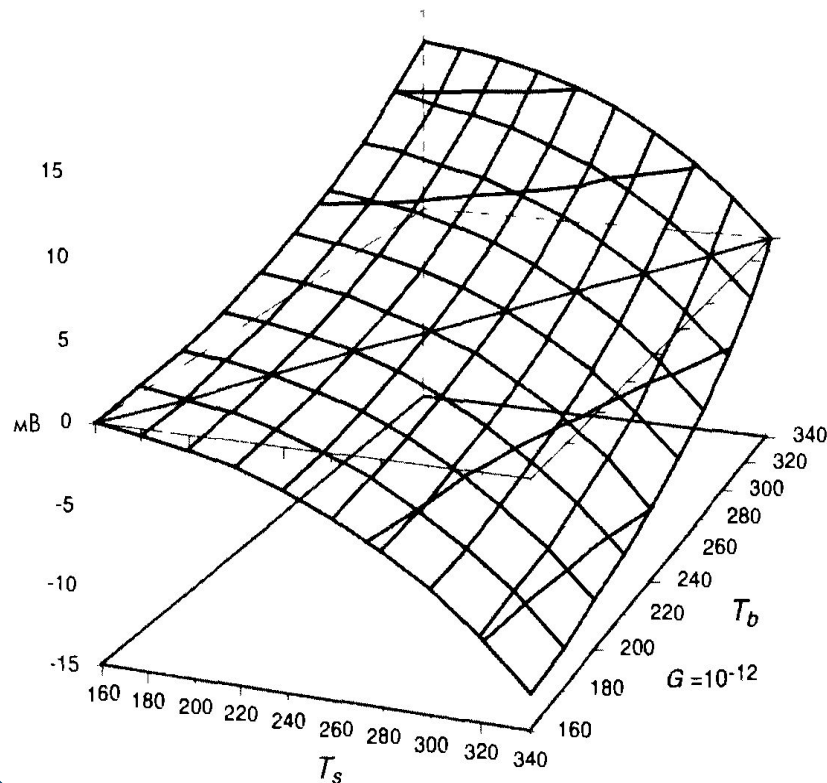
$$V = G(T_b^4 - T_s^4),$$

где G - константа.

1. Передаточная функция

Для определения чувствительности такого датчика по отношению к температуре объекта, надо взять частную производную от выражения

$$b = \frac{\partial V}{\partial T_b} = 4GT_b^3.$$



Двумерная передаточная функция инфракрасного датчика температуры

2. Диапазон измеряемых значений

Динамический диапазон внешних воздействий, который датчик может воспринять, называется диапазоном измеряемых значений (FS).

$$1\text{дБ} = 10 \log \frac{P_2}{P_1},$$

Эта величина показывает максимально возможное значение входного сигнала, которое датчик может преобразовать в электрический сигнал, не выходя за пределы допустимых погрешностей.

Исходя из этого можно утверждать, что децибел в двадцать раз превышает логарифмы отношений силы, тока и напряжений, т.е.:

$$1\text{дБ} = 20 \log \frac{S_2}{S_1}.$$

2. Диапазон измеряемых значений

Для датчиков с очень широкой и нелинейной амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) динамический диапазон внешних воздействий часто выражается в децибелах, которые являются логарифмической мерой отношений либо мощности, либо напряжений. Всегда необходимо помнить, что децибелы выражают не абсолютные значения, а только отношения величин.

Отношения между мощностью, силой (напряжением, током) и децибелами

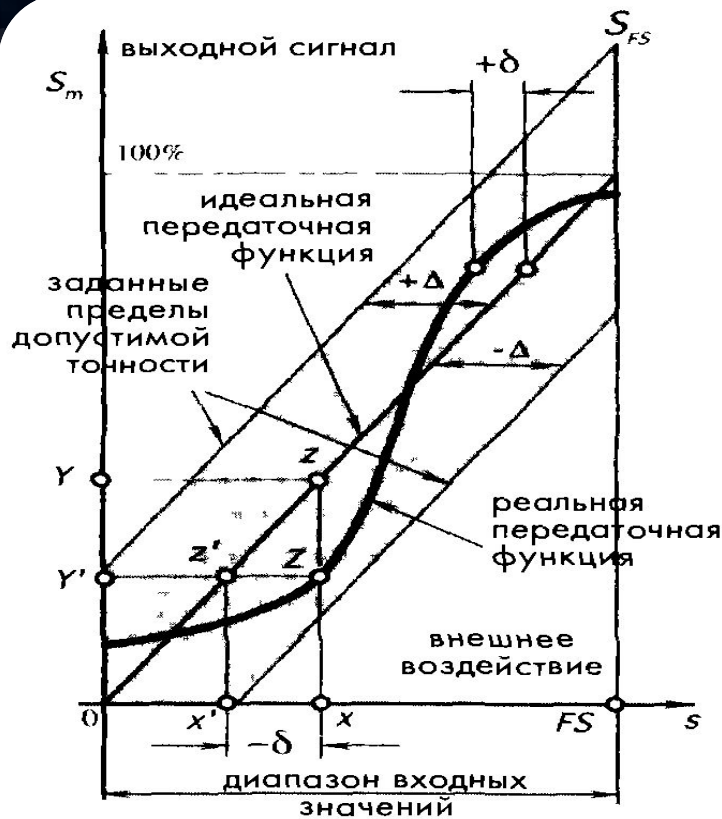
Отношение мощности	1	0,23	1/26	10	100	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{10}
Отношение сил	1	0,12	3/16	10	31,6	100	316	10^3	3162	10^4	3×10^4	10^5	
Децибелы	0	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	

3. Диапазон выходных значений

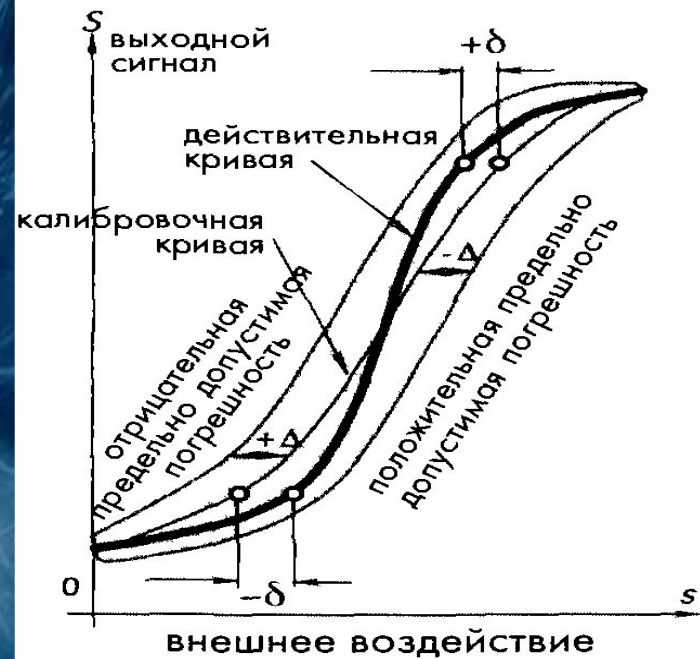
Диапазон выходных значений (FSO) — алгебраическая разность между электрическими выходными сигналами, измеренными при максимальном и минимальном внешнем воздействии.

В эту величину должны входить все возможные отклонения от идеальной передаточной функции. На рис. А величина SFS отображает диапазон выходных значений.

3. Диапазон выходных значений



(A)



(B)

Передаточная функция (A) и пределы допустимой погрешности (B). Погрешности определены относительно входных значений.

4. Точность

Точность - очень важная характеристика любого датчика.

Под погрешностью измерений, как правило, понимают величину максимального расхождения между показаниями реального и идеального датчиков.

Правда, когда говорят о точности датчика, чаще всего подразумевают его неточность или погрешность измерений.

Считается, что измеренное значение соответствует реальному с определенной степенью достоверности

Погрешность датчика можно также представить в виде разности между значением, вычисленным по выходному сигналу датчика, и реальным значением поданного входного сигнала.

На точность датчиков влияют такие характеристики как: гистерезис, мертвая зона, параметры калибровки, повторяемость датчиков от партии к партии и воспроизводимость погрешностей.

Погрешность датчиков может быть представлена в следующих видах:

Непосредственно в единицах измеряемой величины (Δ)

В процентах от значения максимального входного сигнала

В единицах выходного сигнала

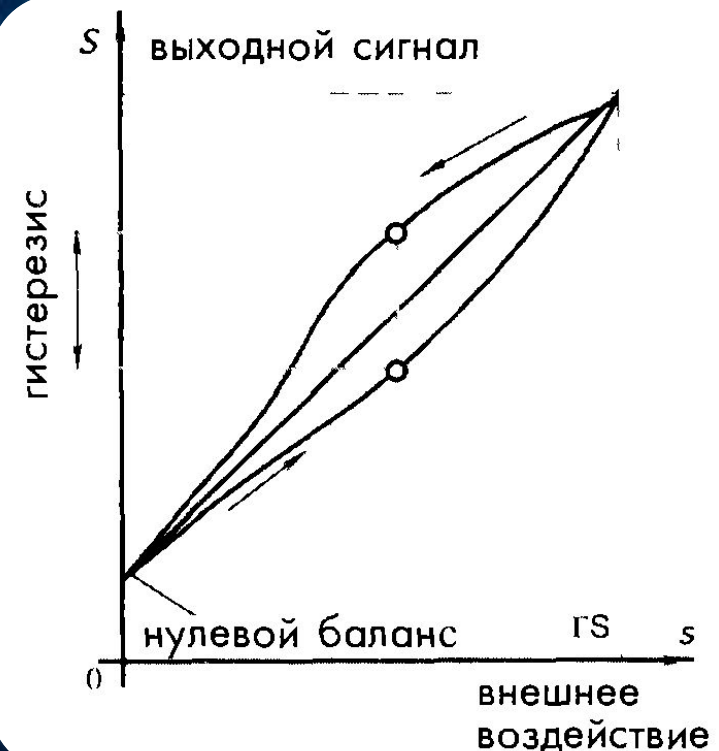
В современных датчиках точность часто характеризуется величиной статистической ошибки измерения, учитывающей влияние как систематических, так и случайных погрешностей, и не зависящих от ошибок, допущенных при определении передаточных функций.

5. Гистерезис

Гистерезис — это разность значений выходного сигнала для одного и того же входного сигнала, полученных при его возрастании и убывании

Типичной причиной возникновения гистерезиса является трение и структурные изменения материалов.

Если чувствительность датчика составляет 10 мВ/мм, ошибка гистерезиса в единицах перемещения будет равна 2 мм.



6. Воспроизводимость

Воспроизводимость - это способность датчика при соблюдении одинаковых условий выдавать идентичные результаты. Воспроизводимость результатов определяется по максимальной разности выходных значений датчика, полученных в двух циклах калибровки.

Обычно она выражается в процентах от максимального значения входного сигнала (FS):

$$\delta_r = \frac{\Delta}{FS} \times 100\%.$$

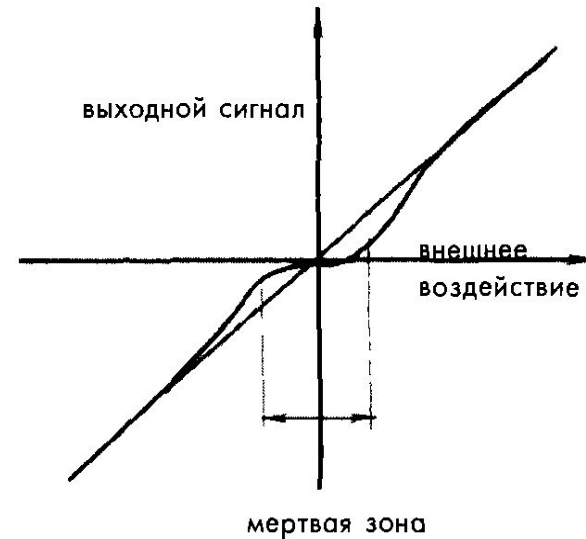
16

6. Воспроизводимость

Причинами плохой воспроизводимости результатов часто являются: тепловой шум, поверхностные заряды, пластичность материалов и т.д.



(А)

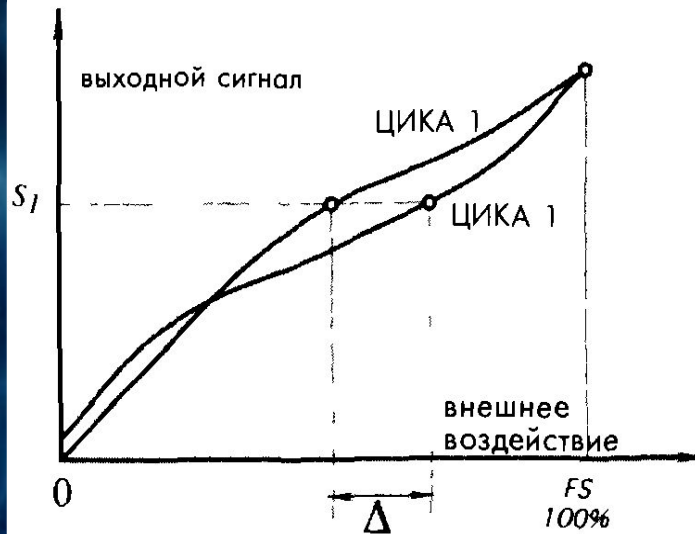


(Б)

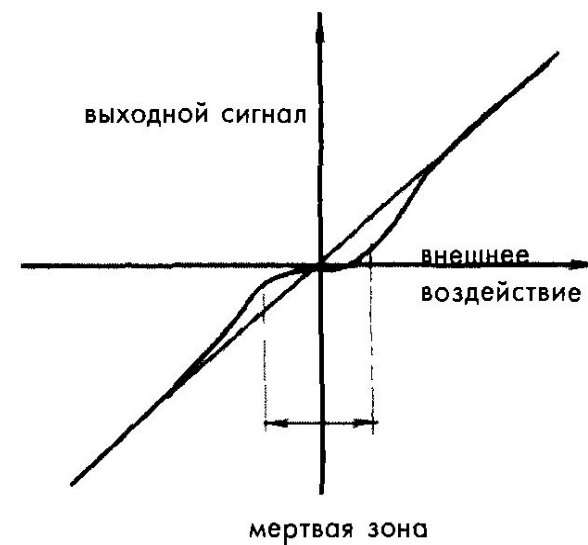
А - ошибка воспроизводимости: одному и тому же выходному сигналу соответствуют разные внешние воздействия. Б — мертвая зона на передаточной функции

7. Мертвая зона

Мертвая зона — это нечувствительность датчика в определенном диапазоне входных сигналов (рис. 2.7Б). В пределах этой зоны выходной сигнал остается почти постоянным (часто равным нулю).



(А)



(Б)

А - ошибка воспроизводимости: одному и тому же выходному сигналу соответствуют разные внешние воздействия. Б — мертвая зона на передаточной функции

8. Разрешающая способность

Разрешающая способность характеризует минимальное изменение измеряемой величины, которое может почувствовать датчик. При непрерывном изменении внешнего воздействия в пределах диапазона измеряемых значений выходные сигналы датчиков не будут всегда абсолютно гладкими, даже при отсутствии шумов. На них всегда будут видны небольшие ступеньки.

При преобразовании любого сигнала в цифровой код происходит его разбивка на маленькие ступеньки, каждой из которых приписывается конкретное значение.

8. Разрешающая способность

. Величина изменения входного сигнала, приводящая к появлению минимальной ступеньки на выходном сигнале датчика при определенных условиях, называется его разрешающей способностью.

Например, для датчика измерения углов, у которого полный диапазон измеряемых значений равен 270° , разрешающую способность 0.5° можно представить как 0.181% от FS.

Иногда разрешающая способность определяется в процентах от полной шкалы FS (максимального значения входного сигнала).

9. Выходной импеданс

Выходной импеданс Z_M является характеристикой, указывающей насколько легко датчик согласовывается с электронной схемой. Сопротивление, соответствующее выходному импедансу датчика, подключаются параллельно сопротивлению, характеризующему входной импеданс электронной схемы Z_m , (потенциальное соединение) или последовательно с ним (токовое соединение).

Обычно входные и выходные импедансы представляются в комплексном виде, поскольку они, как правило, включают в себя активные и реактивные компоненты.

9. Выходной импеданс

Для минимизации искажений выходного сигнала датчик с токовым выходом должен иметь максимально возможный выходной импеданс, а его интерфейсная схема — минимальный входной импеданс.

В случае потенциального соединения датчику следует иметь низкий выходной импеданс, а интерфейсной схеме — высокий входной.



Соединение датчика с интерфейсной схемой А — датчик с выходным сигналом в виде напряжения, Б — датчик с токовым выходом