

# **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  $V$

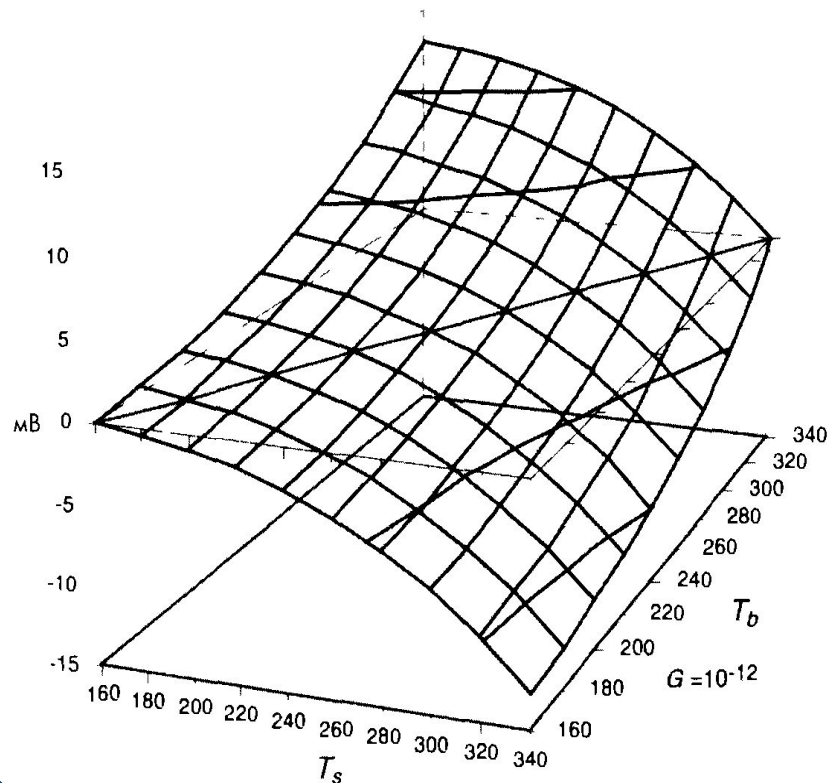
$$V = G(T_b^4 - T_s^4),$$

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

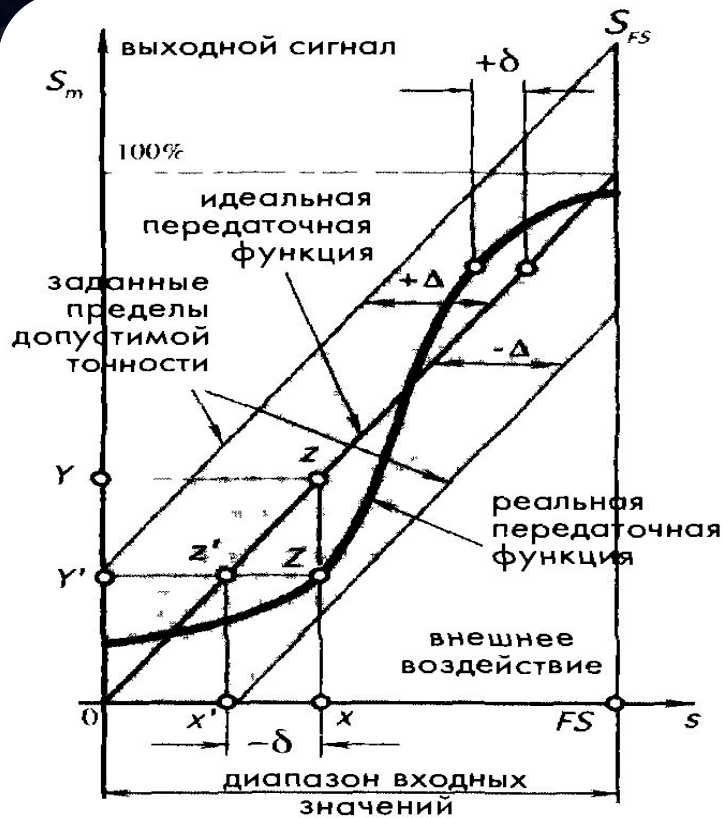
Отношение мощности	1	0,23	1/26	10	100	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$	$10^7$	$10^8$	$10^9$	$10^{10}$
Отношение сил	1	0,12	3/16	10	31,6	100	316	$10^3$	3162	$10^4$	$3 \times 10^4$	$10^5$	
Децибелы	0	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	

## 3. Диапазон выходных значений

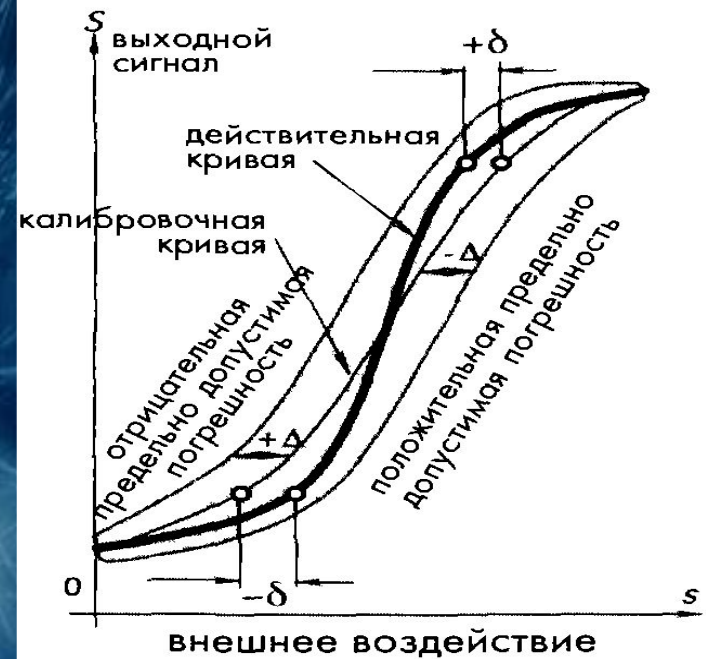
Диапазон выходных значений (FSO) — алгебраическая разность между электрическими выходными сигналами, измеренными при максимальном и минимальном внешнем воздействии.

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 ( $\Delta$ )

В процентах от значения максимального входного сигнала

В единицах выходного сигнала

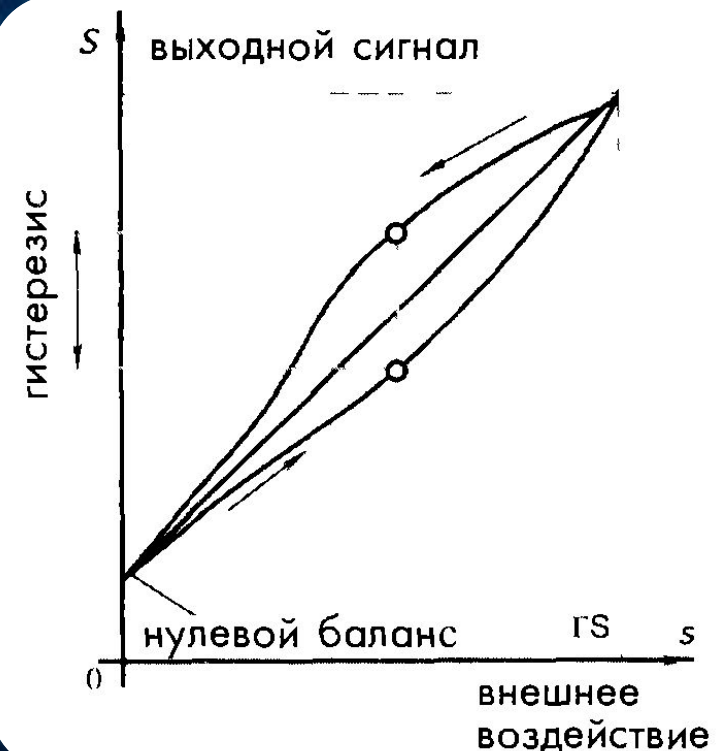
В современных датчиках точность часто характеризуется величиной статистической ошибки измерения, учитывающей влияние как систематических, так и случайных погрешностей, и не зависящих от ошибок, допущенных при определении передаточных функций.

# 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):

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



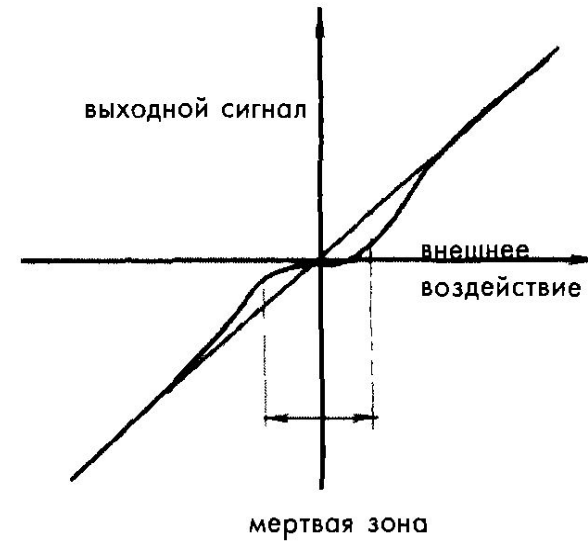
# 16

## 6. Воспроизводимость

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



(А)

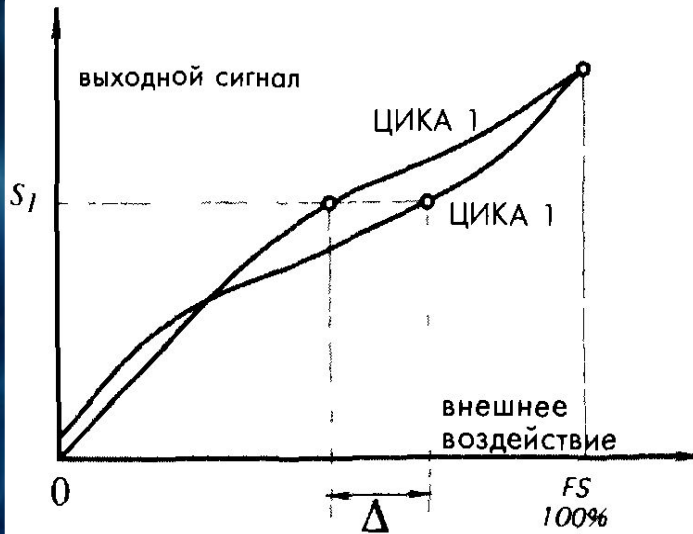


(Б)

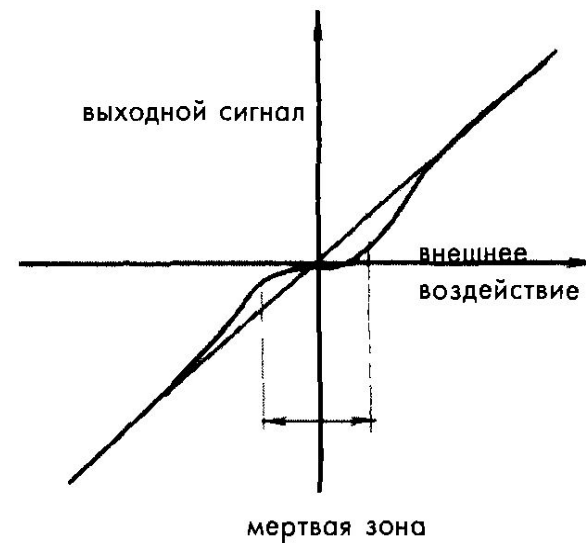
А - ошибка воспроизводимости: одному и тому же выходному сигналу соответствуют разные внешние воздействия. Б — мертвая зона на передаточной функции

# 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  $270^\circ$ , разрешающую способность  $0.5^\circ$  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.

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