

# Static Characteristics of Transducers

By: Nasser Hafezi-Motlagh



# مشخصه‌های ایستای عناصر تراگردان و سامانه‌های اندازه‌گیری

مشخصه‌های ایستای یک سامانه (سیستم)، بیان‌گر رابطه بین ورودی و خروجی آن سامانه (سیستم) در شرایطی است که خروجی به حالت پایدار و ماندگار رسیده و ورودی ثابت بوده یا دارای تغییرات بسیار کم و کندی باشد.



# مشخصه‌های ایستای عناصر تراگردان و سامانه‌های اندازه‌گیری

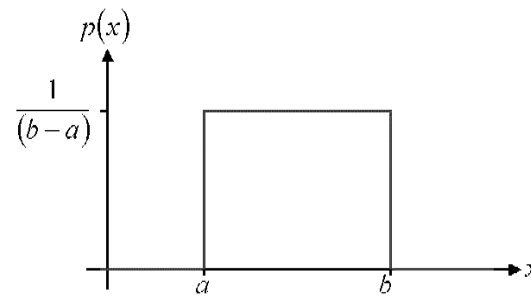
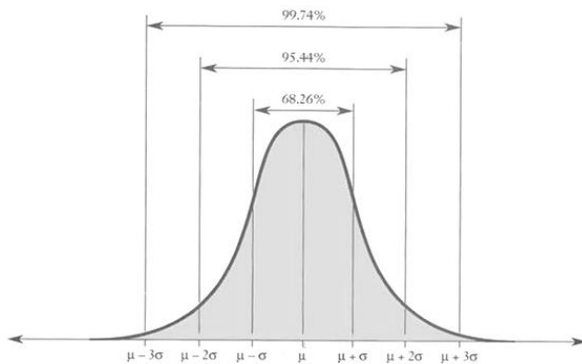
$$A_{true} = \bar{A} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i$$

$$S_A = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_i - A_{true})^2}$$

$$V_A = \frac{S_A}{\bar{A}}$$

$$\Delta A = |A_m - A_{true}|$$

$$\varepsilon_r \% = \frac{\Delta A}{A_{true}} \times 100 = \frac{|A_m - A_{true}|}{A_{true}} \times 100$$



# مشخصه‌های ایستای عناصر تراگردان و سامانه‌های اندازه‌گیری

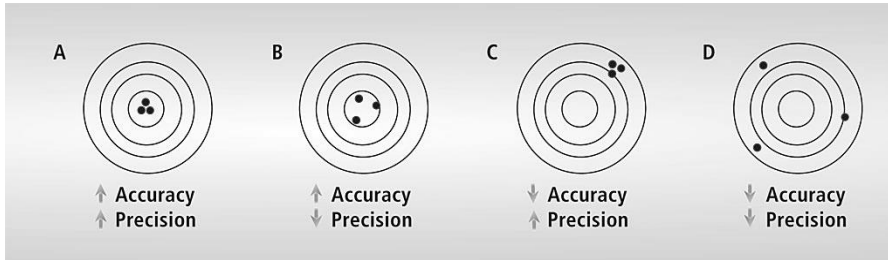
## ۱- صحت (درستی: Accuracy)

صحت میزان نزدیک بودن مقدار اندازه‌گیری شده به مقدار حقیقی کمیت مورد اندازه‌گیری است. عدم صحت یک وسیله اندازه‌گیری به معنی وجود خطا در آن وسیله است و با فرآیند کالیبراسیون (Calibration) می‌توان عدم صحت را اصلاح کرد. به عبارت بهتر کالیبراسیون عبارت است از اصلاح صحت یک وسیله اندازه‌گیری.

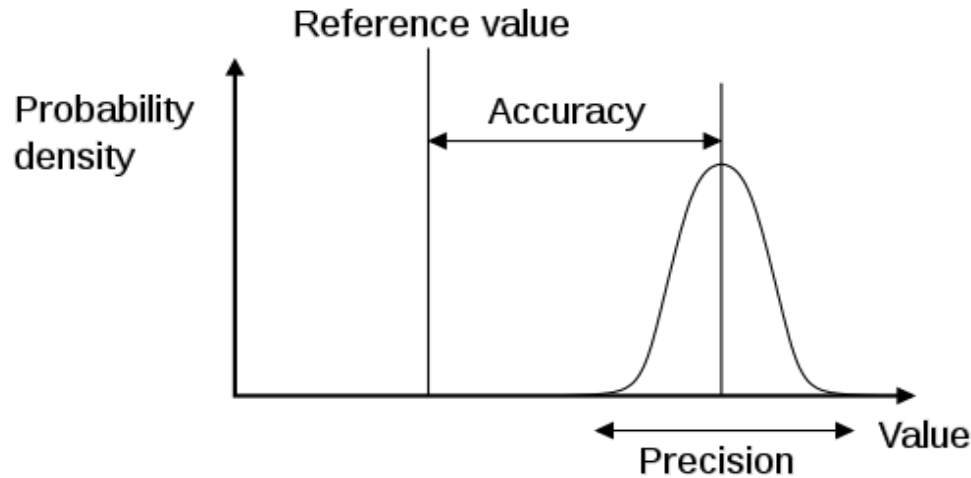
## ۲- دقت (Precision)

دقت معیاری برای تکثیرپذیری اندازه‌گیری‌ها است. دقت یک دستگاه یا یک تراگردان (مبدل) قابل‌افزایش نیست. به‌عنوان مثال، با یک خط‌کش عادی نمی‌توان فواصل زیر اتمی را اندازه گرفت و این خط‌کش برای چنین نوعی از اندازه‌گیری دقیق نیست.

# مشخصه‌های ایستای عناصر تراگردان و سامانه‌های اندازه‌گیری



	دقت زیاد	دقت کم
صحت زیاد		
صحت کم		



# مشخصه‌های ایستای عناصر تراگردان و سامانه‌های اندازه‌گیری

## ۳- حساسیت ایستا (Static Sensitivity)

حساسیت ایستا (بهره حالت مانا: Static Gain) عبارت است از حاصل تقسیم میزان تغییرات خروجی بر تغییرات ورودی در شرایطی که تراگردان (مبدل) یا دستگاه اندازه‌گیری به حالت ماندگار رسیده و ورودی ثابت بوده و یا دارای تغییرات بسیار کمی باشد.

$$G = \frac{\Delta O}{\Delta I}$$

$$G = \lim_{s \rightarrow 0} H(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{O(s)}{I(s)}$$

$$G = \frac{dO}{dI}$$

# مشخصه‌های ایستای عناصر تراگردان و سامانه‌های اندازه‌گیری

## ۴- تکرارپذیری (Repeatability)

تکرارپذیری معیاری است برای سنجش پراکندگی مقادیر اندازه‌گیری شده به‌ازاء یک ورودی ثابت.

$$\% \text{ تکرارپذیری} = \frac{\text{Maximum Reading} - \text{Minimum Reading}}{\text{Full Scale Output}} \times 100$$

$$\% \text{ تکرارپذیری} = \frac{\text{Maximum Deviation from Mean Value} - \text{Mean Value}}{\text{Full Scale Output}} \times 100$$

$$\% \text{ تکرارپذیری} = \frac{\text{Standard Deviaion}}{\text{Full Scale Output}} \times 100$$

$$\% \text{ تکرارپذیری} = \frac{\text{Standard Deviaion}}{\text{Mean Value}} \times 100$$

# مشخصه‌های ایستای عناصر تراگردان و سامانه‌های اندازه‌گیری

## ۵- میزان غیرخطی بودن (Nonlinearity)

میزان غیرخطی بودن معیاری است برای سنجش کمی خطی بودن یک تراگردان (مبدل) یا یک سامانه (سیستم) اندازه‌گیری. یک سامانه (سیستم) خطی، سامانه‌ای است که جمع‌پذیر و همگن باشد.

$$\% \text{ غیرخطی بودن} = \frac{\text{Maximum Deviaion from Straight Line}}{\text{Full Scale Output}} \times 100$$



# مشخصه‌های ایستای عناصر تراگردان و سامانه‌های اندازه‌گیری

## ۶- قابلیت تفکیک (Resolution)

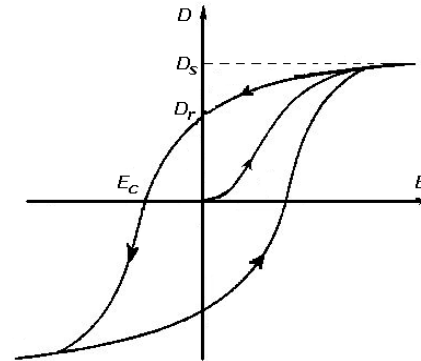
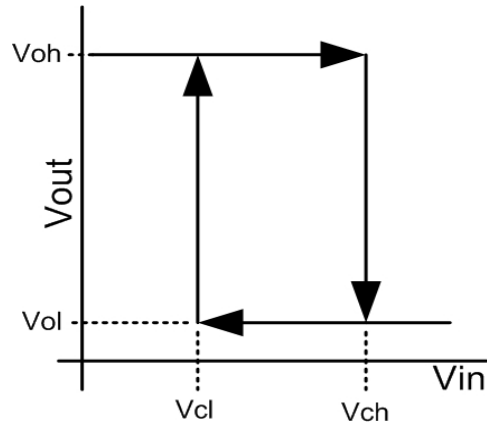
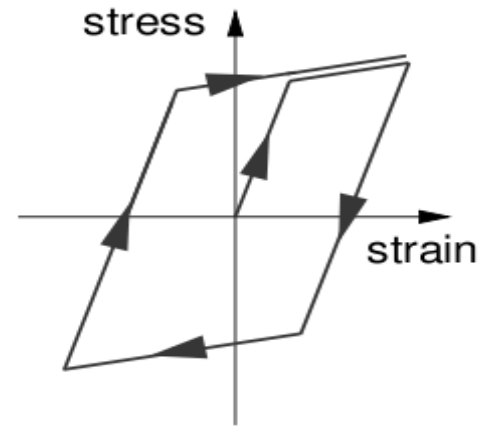
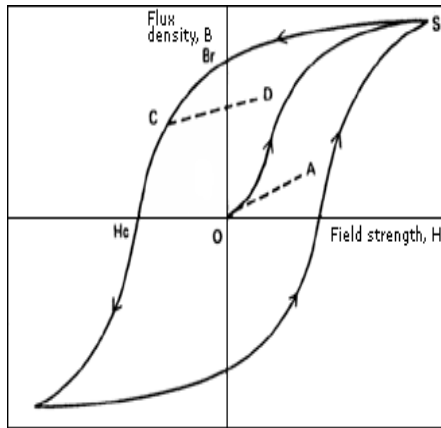
قابلیت تفکیک عبارت است از حداقل تغییرات لازم در ورودی به منظور ایجاد یک تغییر قابل مشاهده در خروجی.

## ۷- پس ماند (Hysteresis)

اگر در یک تراگردان (مبدل) یا یک سامانه (سیستم) اندازه‌گیری، مقدار خروجی به‌ازاء یک ورودی ثابت تابعی از جهت رو به افزایش یا رو به کاهش ورودی باشد، تراگردان (مبدل) یا سامانه (سیستم) دارای پس ماند (هیسترزیس) است.

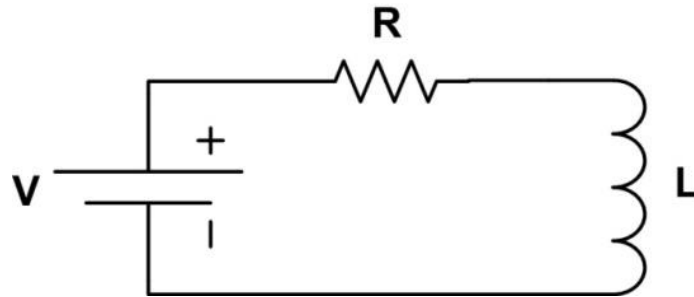
$$\% \text{ پس ماند} = \frac{\text{Maximum Deviaion in Output}}{\text{Full Scale Output}} \times 100$$

# مشخصه‌های ایستای عناصر تراگردان و سامانه‌های اندازه‌گیری



# مشخصه‌های ایستای عناصر تراگردان و سامانه‌های اندازه‌گیری

مثال ۱: در صورتی که از مدار RL (مقاومت و خودالقا) شکل زیر به‌عنوان تراگردان (مبدل) ولتاژ به جریان استفاده کنیم، حساسیت ایستای آن چقدر خواهد بود؟



$$H(s) = I(s)/V(s) = 1/(Ls + R)$$
$$\Rightarrow G = \lim_{s \rightarrow 0} H(s) = 1/R$$

# مشخصه‌های ایستای عناصر تراگردان و سامانه‌های اندازه‌گیری

مثال ۲: خروجی یک سامانه (سیستم) اندازه‌گیری فشار که دارای خروجی حداکثر ۵۰ bars است به‌ازاء مقادیر مشخص مطابق جدول زیر است. حداکثر میزان غیرخطی بودن سامانه (سیستم) را محاسبه کنید.

مقدار فشار اندازه‌گیری شده (برحسب بار)	فشار حقیقی (برحسب بار)
0	0
5	5
10	9.8
15	14.8
20	19.9
25	25.1
30	30.1
35	35.3
40	40.2
45	45.1
50	50

$$\% \text{ غیرخطی بودن} = \frac{0.3}{50} \times 100 = 0.6\%$$

## مشخصه‌های ایستای عناصر تراگردان و سامانه‌های اندازه‌گیری

**مثال ۳:** در مثال قبل، در صورتی که مقادیر اندازه‌گیری شده به صورت جدول زیر تابعی از مسیر افزایشی یا کاهش‌ی ورودی باشند، درصد پس‌ماند سامانه (سیستم) را محاسبه نمایید.

مقدار فشار اندازه‌گیری شده در شرایط مسیر افزایشی ورودی بر حسب بار (Bar)	مقدار فشار اندازه‌گیری شده در شرایط مسیر کاهش‌ی ورودی بر حسب بار (Bar)
0	0
4.95	5.05
9.9	10.1
14.85	15.15
19.8	20.2
24.75	25.25
29.8	30.2
34.85	35.15
39.9	40.1
44.95	45.05
50	50

$$\% \text{ پس‌ماند} = \frac{0.5}{50} \times 100 = 1\%$$

# مشخصه‌های ایستای عناصر تراگردان و سامانه‌های اندازه‌گیری

ISO 17025 - General requirements for the competence of testing and calibration laboratories

این استاندارد تعیین‌کننده الزامات عمومی برای کیفیت و احراز صلاحیت آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون می‌باشد.

**ISO 5725** uses two terms "trueness" and "precision" to describe the accuracy of a measurement method. "Trueness" refers to the closeness of agreement between the arithmetic mean of a large number of test results and the true or accepted reference value. "Precision" refers to the closeness of agreement between test results.

# References

- ۱- حافظی مطلق، ناصر. ابزار دقیق و اندازه‌گیری الکترونیکی. انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران: ۱۳۹۵.
- ۲- رضایی، امیرحسین. ذهابی، محمدرضا. اندازه‌گیری الکترونیکی. دانش نگار، تهران: ۱۳۸۶.
- ۳- عشریه، جعفر. اصول اندازه‌گیری الکترونیکی. مرکز علمی کاربردی سازه‌های سنگین، مازندران: ۱۳۸۷.
- ۴- تهامی، سیداحسان. حافظی مطلق، ناصر. داوری‌نیا، فاطمه. مقدمه‌ای بر مهندسی پزشکی، درس‌نامه به همراه پاسخ تشریحی سؤالات آزمون‌های کارشناسی ارشد و دکتری دانشگاه سراسری، دانشگاه آزاد اسلامی و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی. چاپ سوم، گسترش علوم پایه، تهران: ۱۳۹۶.
- ۵- حافظی مطلق، ناصر. الکترونیک کاربردی برای دانشجویان مهندسی برق، مهندسی پزشکی و مهندسی کامپیوتر، جلد نخست: آزمایشگاه الکترونیک ۱. نگاران سبز، مشهد: ۱۳۹۱.