

# Lecture 3



## مصطلحات الأداء

**(Performance terminology)**

يتم تحديد أو تعريف أداء عناصر التحكم (control elements) مثل الحساسات ومحولات الإشارة وأحياناً أنظمة القياس بمجموعة من المفاهيم (التعاريف).

### تعريف: Definitions:

#### □ المجال والمدى (Range and span)

- يعرف المجال (Range) لعنصر التحكم بالنهايتين اللتين يتغير بينهما الدخل.
  - يعرف المدى (Span) بأنه حاصل طرح القيمة الصغرى للمجال من القيمة العظمى.
- على سبيل المثال يمكن أن تمتلك خلية حمل مخصصة لقياس القوى مجال قياس (10 – 50 kN) وبذلك يكون المدى (50 – 10 = 40 kN).

#### □ الخطأ (Error)

يمثل خطأ القياس عندما نريد قياس قيمة أحد عوامل نظام التحكم المتغيرة بحاصل طرح القيمة الحقيقية (actual value) للمتغير من القيمة الظاهرة على خرج المقياس (القيمة المقاسة - measuring value).

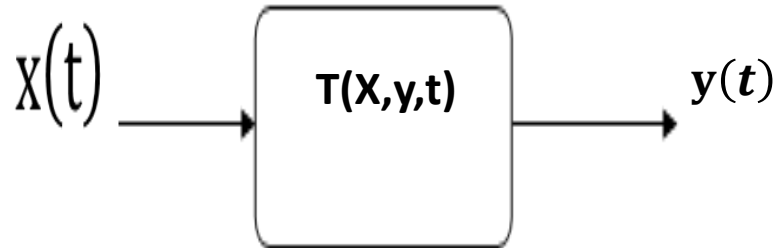
$$\text{Error} = \text{measuring value} - \text{actual value}$$

بذلك إذا كان نظام القياس يعطي قراءة لدرجة الحرارة المقاسة مقدارها  $25^{\circ}\text{C}$  عندما تكون درجة الحرارة الفعلية  $24^{\circ}\text{C}$  ، فإن الخطأ عندئذ هو  $1^{\circ}\text{C}$ .

وإذا كانت درجة الحرارة الفعلية  $26^{\circ}\text{C}$  فإن الخطأ عندئذ يصبح  $-1^{\circ}\text{C}$ .

**بينما يمثل الخطأ في نظام التحكم بالفرق بين القيمة المقاسة للمتغير والقيمة المرجعية.**

### □ محددات الصندوق: Block Definitions



كما ذكرنا سابقا يمثل نظام التحكم بمجموعة صناديق تحدد عمليات القياس (measurement) – المتحكم (controller)....، ولشرح آلية نظام التحكم يجب فهم خواص الصندوق.

يبين الشكل تمثيل إحدى عمليات نظام التحكم بصندوق بإشارة دخل متغيرة  $(x(t))$  وبإشارة خرج متغيرة  $(y(t))$ ، وسوف نعرف فيما يلي الخصائص العامة لهذه الصناديق:

## □ تابع النقل Transfer Function

يمثل تابع النقل  $T(x,y,t)$  لأي صندوق من نظام التحكم بالعلاقة بين إشارة الدخل وإشارة الخرج ، يعطى تابع النقل حسب طبيعة التشغيل بالحالة الستاتيكية والديناميكية.

يمثل تابع النقل الستاتيكي (static transfer function) العلاقة بين إشارة الدخل وإشارة الخرج بغض النظر عن تغيرات الزمن ، بينما يمثل تابع النقل الديناميكي (dynamic transfer function) العلاقة بين إشارة الدخل وإشارة الخرج بدلالة الزمن  $(t)$ .

يمكن تمثيل تابع النقل الستاتيكي والديناميكي بالعلاقات أو الجداول أو المنحنيات، فعلى سبيل المثال يحدد مقياس التدفق (Flow meter) مستوى التدفق (gal/min) بدلالة تغيرات الضغط ( $\Delta P$ ) بالعلاقة التالية:

$$(Q = 119.5\sqrt{\Delta P} \text{ (Psi)})$$

كما يمكن أن تعطى قيم تغيرات مقاومة حساس درجة الحرارة من نوع RTD مع تغيرات درجة الحرارة على سبيل المثال بجداول. يستخدم تابع النقل ضمن مجال محدد من قيم المتغيرات.

## □ الدقة (Accuracy)

يحدد هذا التعبير مجموع الأخطاء الممكنة والتي يمكن حدوثها أثناء عملية القياس.

يمكن التعبير عن الدقة بعدة أشكال:

• وفق القيمة الحقيقية للمتغير المقاس:

تعطى دقة عنصر قياس درجة الحرارة على سبيل المثال ( $\pm 2\text{ C}^\circ$ )، هذا يعني أن قراءة عنصر القياس يمكن أن تكون في المجال  $\pm 2\text{ C}^\circ$  للقيمة الحقيقية لدرجة الحرارة.

• بنسبة مئوية ويمكن أن تكون بعدة أشكال:

1. بنسبة مئوية من المجال الكامل لجهاز القياس.

على سبيل المثال عندما يملك المقياس أو الحساس دقة مساوية ( $\pm 5\%$ ) من مجال الخرج، وإذا كان مجال المقياس من 0 إلى  $200\text{ C}^\circ$  ستكون القراءة المعطية من قبل المقياس أو الحساس بحدود ( $\pm 10\text{ C}^\circ$ ) للقيمة الحقيقية لدرجة الحرارة.

2. بنسبة مئوية من المدى لجهاز القياس.

بفرض دقة المقياس مساوية ( $\pm 5\%$ ) من مجال المدى، وإذا كان المجال ( $20 - 200\text{ C}^\circ$ ) ستكون القراءة المعطية من قبل المقياس أو الحساس بحدود ( $\pm 0.05 (200 - 20)$ ) للقيمة الحقيقية لدرجة الحرارة.

### 3. بنسبة مئوية من قيمة القراءة.

على سبيل المثال عندما يملك المقياس أو الحساس دقة ( $\pm 3\%$ ) من قيمة القراءة، وعندما تكون قراءة المقياس تعادل ( $100C^{\circ}$ ) ستكون القراءة المعطية من قبل المقياس أو الحساس بحدود ( $\pm 0.03$ ) ((100)) للقيمة الحقيقية لدرجة الحرارة.

**مثال:** إذا كان مجال العمل لحساس لدرجة حرارة ( $20 - 250 C^{\circ}$ )، وبفرض كانت قراءة درجة الحرارة تدل على ( $55 C^{\circ}$ ):  
والمطلوب تحديد خطأ القياس هذا وتحديد مجال القيمة الحقيقية لدرجة الحرارة وذلك للحالات التالية من حساسية الجهاز:

a. الحساسية من المجال الكامل لجهاز القياس تعادل  $\pm 0.5\%$ .

b. الحساسية من المدى لجهاز القياس تعادل  $\pm 0.75\%$ .

c. الحساسية من قيمة القراءة لجهاز القياس تعادل  $\pm 0.8\%$ .

**الحل:**

a. يمثل الخطأ من اجل الحساسية للمجال الكامل لجهاز القياس. ( $error = \pm 0.005 * 250 = \pm 1.25c^0$ )

تكون درجة الحرارة الفعلية في المجال ( $53.75 - 56.25 c^0$ ).

b. يمثل الخطأ من اجل الحساسية للمدى. ( $error = \pm 0.0075 * (250 - 20) = \pm 1.725c^0$ )

تكون درجة الحرارة الفعلية في المجال ( $53.275 - 56.725 c^0$ ).

c. يمثل الخطأ من اجل من الحساسية لقيمة القراءة لجهاز القياس.  $(error = \pm 0.008 * (55) = \pm 0.44c^0)$

تكون درجة الحرارة الفعلية في المجال  $(54.56 - 55.44 c^0)$  .

### □ الحساسية (Sensitivity)

تمثل الحساسية العلاقة التي تشير إلى نسبة تغيرات قياس إشارة الخرج إلى تغيرات إشارة الدخل.

نسعى دائما لاختيار أجهزة بحساسية عالية حتى نستطيع قراءة إشارة الخرج بسهولة عند التغيرات البسيطة لإشارة الدخل.

تمثل الحساسية عادة بدلالة تابع النقل (**transfer function**) للجهاز.

على سبيل المثال عندما يتم تحويل طاقة درجة الحرارة على خرج الجهاز إلى جهد كهربائي يعادل 5mv لكل درجة تكون حساسية

الجهاز  $5mv/C^0$ .

يستخدم هذا المفهوم غالبا للدلالة على حساسية الأجهزة لإشارات دخل قابلة للقياس.

تعتمد حساسية الأجهزة على طبيعة مكيفات (محولات) الإشارة (**signal conditioning**) المستخدمة، بذلك ترتبط حساسية

حساس درجة الحرارة بحساسية محول الإشارة لتغيرات درجة الحرارة في ظروف معينة.

## □ التمييزية (Resolution)

عندما يتغير دخل الجهاز (المقياس او الحساس) باستمرار خلال فترة زمنية ما، فإن إشارات الخرج لبعض الأجهزة يمكن أن لا تستجيب لبعض التغيرات الصغيرة على الدخل إلا إذا كان الجهاز مصمم لقياس أو تحسس التغيرات الصغيرة للدخل.

يمكن تعريف (Resolution) هنا بأصغر تغير في قيمة الدخل ( $\Delta_{in-min}$ ) الذي ينتج تغير ملحوظ في قراءة الخرج للجهاز.

نحدد (Resolution) بنسبة مئوية من كامل مجال القياس.

**مثال:**

بفرض أن التمييزية (Resolution) لحساس قياس قوة كانت تعادل (0.1% FS)، وان مجال القياس (0 – 150N).

المطلوب: تحديد ( $\Delta_{in-min}$ ) للحساس.



$$(\Delta_{in-min} = 0.001 * 150N = 0.15N)$$

هذا يعني أن اصغر قيمة للقوة المؤثرة على دخل الحساس يمكن أن تحسسها الحساس تعادل

$$(\Delta_{in-min} = 0.15N)$$

في بعض الحالات نحدد (**Resolution**) لنظام القياس بحساسية مكيف الإشارة (**signal conditioning**) المستخدم ، حيث يمكن تحسين التمييزية (**Resolution**) باختيار مكيف إشارة بحساسية أعلى.

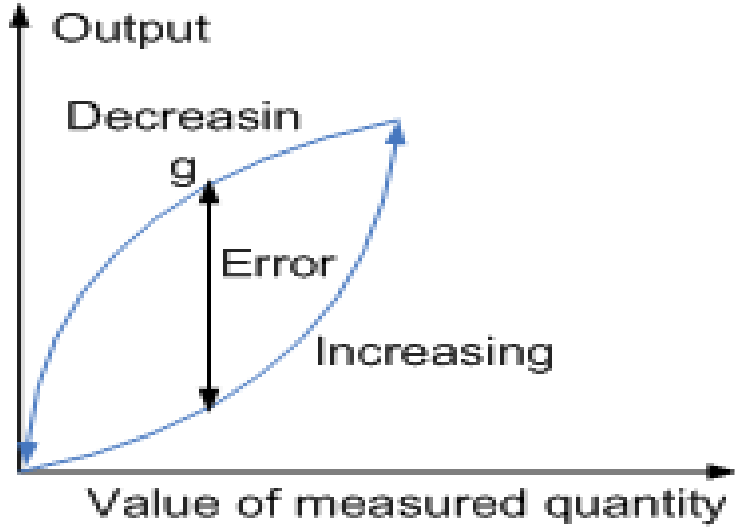
مثال:

بفرض أن تابع النقل (**transfer function**) لحساس درجة حرارة يعادل  $5\text{mv}/\text{C}^{\circ}$  وان (**Resolution**) المطلوبة تعادل  $(0.2 \text{ c}^0)$ ، والمطلوب تحديد القيمة الصغرى لمكيف الإشارة المستخدم.

الحل:

$$(5\text{mv}/\text{C}^{\circ})(0.2 \text{ c}^0) = 1\text{mV}$$

بالنسبة للحساسات التي تعطي خرجا رقميا يكون التغير الأصغر للخرج هو 1bit، بذلك من أجل الحساس الذي يعطي خرجا مساويا لكلمة مكونة من (N bits) يعبر عن (**Resolution**) بـ  $(1/2^N)$ .



### □ خطأ الإبطاء (Hysteresis error)

يمكن لمحول الإشارة أو الحساس أن يعطي إشارات خرج مختلفة لنفس القيمة للكمية المقاسة تبعاً لكون الوصول إلى القيمة عند التغيير بطريقة الزيادة المستمرة أو بطريقة الإنقاص المستمر أو تبعاً للظروف المحيطة. يدعى هذا الأثر بأثر الإبطاء. يبين الشكل إشارة الخرج مع خطأ الإبطاء الذي يمثل الفرق الأعظمي في الخرج من أجل زيادة أو إنقاص القيم.

### □ خطأ اللاخطية (Nonlinearity error)

غالباً ما نفترض أن العلاقة خطية بين دخل الحساسات وخرج مكيفات الإشارة حيث:

$$C_m = m * c + c_0$$

$c$ : تمثل قيمة المتحول المراد قياسه (الدخل).

$C_m$ : قيمة إشارة الخرج.

$m$ : ميل العلاقة الخطية بين الدخل والخرج.

$c_0$ : قيمة إشارة الخرج عندما تكون  $c = 0$ .

### مثال:

بفرض أن مقاومة مكيف الإشارة لحساس درجة حرارة تملك علاقة خطية ضمن المجال ( $100 - 180\Omega$ ) عندما تتغير درجة حرارة الوسط ضمن المجال ( $20c^0 - 120c^0$ )، والمطلوب تحديد العلاقة الخطية بين مقاومة الخرج ( $C_m = R$ ) ودرجة الحرارة ( $c = T$ ).

### الحل:

تكتب المعادلة الخطية بين الدخل والخرج بالشكل التالي:

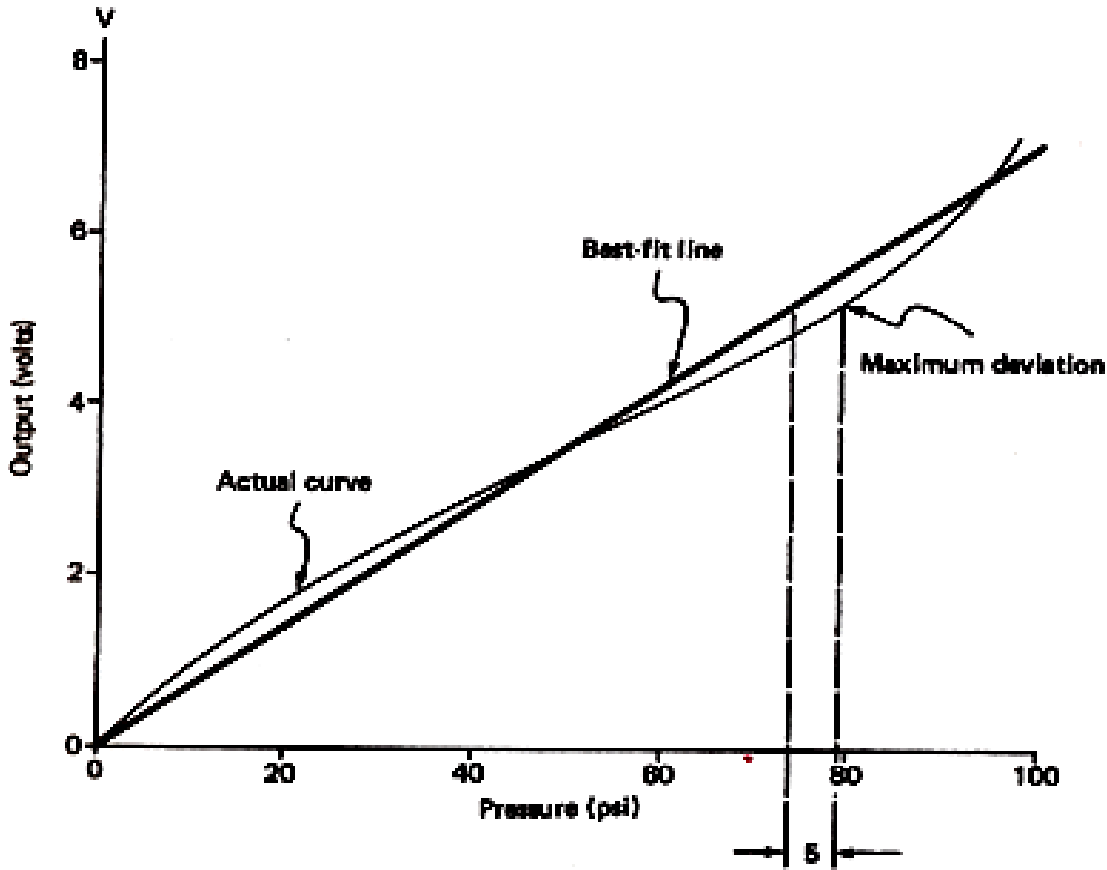
$$(R = mT + R_0)$$

نقوم بتحديد الثوابت  $m$  و  $R_0$  بتعويض حدود المجالات لنحصل على معادلتين بمجهولين

$$(100\Omega = 20C^0 * m + R_0) \quad ; \quad (180\Omega = 120C^0 * m + R_0)$$

$$R_0 = 84\Omega; m = 0.8\Omega/C^0 \quad \text{بحل المعادلتين نجد:}$$

$$R = mT + R_0 = 0.8T + 84 (\Omega) \quad \text{بالتعويض نستنتج المعادلة الخطية بين الدخل والخرج:}$$



يبين الشكل علاقة الدخل (pressure) بدلالة الخرج (volt) والعلاقة الخطية المفترضة بينهما بشكل خط مستقيم لحساس ضغط. يعرف هذا النوع من الخطأ الناتج عن اعتبار العلاقة بين الدخل والخرج خطية بخطأ اللاخطية (Nonlinearity error) والذي يتحدد بالانحراف الأعظمي (*maximum deviation*) بين العلاقتين عند خرج محدد.

يتحدد خطأ اللاخطية (**Nonlinearity error**) كنسبة مئوية من مجال القياس والذي يعادل في هذه الحالة (5%) نظرا لان مجال الحساس (0 – 100 psi)، أو يتحدد بقيمة (*maximum deviation*) والذي يعادل (5psi).

يتم تقريب العلاقة الفعلية بين الدخل والخرج بعلاقة خطية عن طريق وصل نهايتي المجال بخط، كما يمكن تحديد علاقة الخط المستقيم باستخدام طريقة المربعات الأصغر.