جامعة الفرات الأوسط

المعهد التقني / نجف

قسم تقنيات الالكترونيك والاتصالات

المادة : أجهزة قياس

أستاذ المادة : م.م. علي ناصر جمال الدين

- **مفاهيم عامة للقياس**
- **الحاجة الى القياس**

المعروف أن قدرات الإنسان الذاتية محدودة ولكن يزيد الإنسان من قدراته ويوسع إمكانياته فلذلك كان لابد له من أن يخترع كثيراً من الأجهزة العلمية التي تساعد على فهم ودراسة الأشياء والظواهر المحيطة به ومن أهم الأجهزة التي ساعدت الإنسان على التوصل إلى حقائق الأشياء هي أجهزة القياس التي تطورت تطوراً هائلًا في إطار التطور الصناعي الضخم الذي أعقب الحرب العالمية الثانية . وكما أننا لا نستطيع أن نفصل بين التقدم العلمي والتقدم الصناعي كذلك لا نستطيع الفصل بين التقدم الصناعي وتقدم أجهزة القياس لأن أي اكتشاف علمي يتبعه اكتشافات في مجال الصناعة والتكنولوجيا كما يتبعه ويلزمه استحداث طرق ووسائل جديدة للقيام بعمليات القياس أو المراقبة أو التسجيل .

وهكذا ازدادت المتغيرات التي تحتاج إلى القياس الدقيق، وزاد الاهتمام بتحسين طرق القياس وتطوير أجهزة القياس وحتى في حياة الإنسان الخاصة انتقل الاهتمام من النوع إلى اهتمام بالنوع و الكم معاً , والكم معناه القياس والقياس يتطلب استخدام الجهاز ومعرفة استخدامه صحيحاً.

- **ما هو القياس**

إيجاد مقدار كمية فيزيائية أو متغير فيزيائي أو تقدير حالة ما باستخدام جهاز مناسب أو أداة مناسبة وإذا كان الجهاز المستخدم جهازاً عيارياً متفق عليه عالمياً اعتبرت عملية القياس عملية معايرة، وتكون عندئذ الكمية المقاسة كمية ستاندر أما إذا لم يكن الجهاز عيارياً فتكون عملية القياس عبارة عن مقارنة بالكمية القياسية وقد يستخدم في ذلك جهاز تمت معايرته من قبل . **والمعايرة** هي مقارنة الأجهزة المستخدمة بأجهزة متفق عليها عالمياً من حيث الدقة ومحفوظة تحت ظروف بيئية محددة. هناك اتفاق عالمي على عملية القياس العيارية وعلى وحدات القياس مثل المتر والكيلو جرام والثانية والأمبير

- **والخلاصة** ان القياس عملية مقارنة يستخدم فيها جهاز دقته معلومة للتوصل إلى معرفة مقدار كمية أو مقدار متغير أو تحديد حالة ما وفي أي عملية قياسية لابد من تحويل طاقة لتشغيل الجهاز ولا يتم ذلك عادة دون التأثير على حالة الشيء الذي يراد استنباط المعلومات عنه. فأنت لا تستطيع قياس درجة كمية من الماء دون إدخال الثرمومتر في الماء. يتأثر الثرمومتر بحرارة الماء فهو يمتص جزء من الحرارة فيتمدد الزئبق ويظهر درجة حرارة الماء على الأنبوبة الشعرية المعايرة.

- **بعض المفاهيم التي تستخدم في عملية القياس في أجهزة القياس .**

- **الدقة Accuracy**

دقة الجهاز هي مقدرته على إعطاء قراءة تكون أقرب إلى القراءة الحقيقية " العيارية ". وكلما أعطى الجهاز قراءة أقرب إلى المقدار الحقيقي للكمية المقاسة كلما كان الجهاز دقيقاً أكثر. وتعتبر الدقة **مقياساً لدرجة الخطأ** في النتيجة النهائية المقاسة ويمكن تحديد دقة الجهاز بإعطاء مدى الخطأ الذي يعطيه الجهاز عند قياس مدى معين من المقدار المقاس مثل : ثرمومتر وصف بأنه يعطي خطأ قدره ($\pm 0.5°$ C) في المدى (50 ° C to 100° C)يمكن أن يقال أن دقته هي ($\pm 0.5°$ C) في هذا المدى .

- **الضبط الإحكام Precision**

الضبط هو مقدرة الجهاز على إعطاء نفس القراءة عند تكرار عملية القياس بنفس الجهاز، وكلما كان الجهاز مضبوطاً كلما كانت القراءات التي يعطيها لنفس الكمية عند تكرار عملية القياس متقاربة مع بعضها البعض .

مثال :استخدم ثرمومتر عياري لقياس درجة حرارة سائل فوجدت تساوي $65°$ C وعندما استخدم ثرمومتر زئبقي وجدت درجة الحرارة تساويً $64.5°$ C ووجد أن الثرمومتر الزئبقي يعطي نفس قراءته السابقة عند تكرار التجربة فما هي دقة وأحكام الثرمومتر الزئبقي ؟

ج/ دقة الثرمومتر تساوي $65°$ C - $64.5°$ C =$0.5°$ C

أي أن الخطأ في هذا المدى هو $\pm 0.5°$ C وهذا مقياس الدقة . لكن الثرمومتر مضبوطاً ومحكماً بدرجة عالية لأنه يعطي نفس القراءة عند تكرار القياس .

الحساسية Sensitivity

هي نسبة الإشارة الخارجة إلى التغير في الإشارة الداخلة . ويختلف تعريف الحساسية حسب نوع الجهاز فمثلاً الكلفانومتر يمكن استخدامه لقياس التيار فتعرف الحساسية Si في هذه الحالة بنسبة مقدار الانحراف بالمليمتر أو التقسيمات (d) إلى شدة التيار بالمايكروأمبير.

$$S_i = \frac{d(mm)}{i(\mu A)}$$

- إذاً وعند استخدام الفولتميتر تكون الحساسية عبارة عن نسبة الانحراف إلى فرق الجهد بالمللي فولت الذي يحدث ذلك الانحراف.

$$S_i = \frac{d(mm)}{Vi(mv)}$$

- أما في حالة جهاز الأوسيلسكوب فتعرف حساسية الانحراف So بأنها نسبة الانحراف بالمتر D إلى فرق الجهد الذي يحدث الانحراف Vd.

$$\mathrm{So} = \frac{\mathrm{D}}{\mathrm{Vd}} = \frac{\mathrm{m\,m}}{v}$$

- ويعرف أيضاً معامل الانحراف بأنه معكوس الحساسية أي أن : deflection factor G

$$= \frac{\mathrm{Vd}}{\mathrm{D}} \qquad G = \frac{1}{\mathrm{So}}$$

➨ استجابة الجهاز Response

هي مقدار الإزاحة التي يمكن أن يحدثها أقل مقدار من الكمية المقاسة يكون مقروءاً مثل إذا كان مقياس ضغط يقيس ارتفاع الزئبق 200 mm ويتراوح مقداره $\pm 2mm$ ستكون استجابته إذن :

$$R_s = \frac{2}{200} \times 100 = 1\%$$

وإذا كان ثرمومتر يستجيب لمتغير في درجة الحرارة قدره $\pm 0.1\ C$ عندما تكون درجة الحرارة $50°\ C$ إذن استجابته تكون :

$$R_s = \frac{0.1}{50} \times 100 = 0.2\%$$

➨ القدرة على التمييز Resolution

هي المقدرة على الفصل بين صورتين صغيرتين متلاصقتين فإذا كانت مقدرة الجهاز مثلاً جهاز التلفزيون أو الأوسيلسكوب " غير عالية فإن صورتين متلاصقتين تظهران كأنهما صورة واحدة وكلما كانت مقدرة الجهاز على التمييز عالية كلما كان الجهاز قادراً على الفصل بين الصور المتقاربة وإظهارها واضحة .

خطأ القياس Error

- هو الفرق بين مقدار الكمية المقاسة والمقدار الحقيقي أو " العياري " للكمية . ومن المهم جداً معرفة مصادر الخطأ وكيفية التقليل من آثارها وقد تتطلب القياسات الدقيقة اختيار الأجهزة المناسبة و إجراء العديد من القياسات للتوصل إلى نتائج دقيقة .
- وعند إجراء أي تجربة لإيجاد كمية معينة لابد من عمل الاحتياطات اللازمة لتجنب الأخطاء التي يمكن أن تدخلها الأجهزة والظروف المحيطة بها كما يجب تكرار قياس الكمية لتقليل الأخطاء العشوائية والوصل إلى نتيجة دقيقة.

أخطاء القياس Errors

لا يمكن قياس أي كمية بدقة كاملة لذلك من المهم جداً معرفة تقدير الدقة التي تم بها القياس وحساب مقدار الخطأ المتوقع في النتيجة و دراسة أخطاء القياس و أخطاء أجهزة القياس هي الخطوة الأولى لإيجاد الطرق والوسائل للتقليل منها . وسنرى فيما يلي أن مصادر الأخطاء متعددة , بعضها من الأجهزة وطرق استخدامها و البيئة التي يعمل فيها وبعضها من الشخص الذي يقوم بعملية القياس لافتقاره للخبرة أو بسبب عادات مكتسبة وبعض الأخطاء لها أسباب عشوائية غير معروف يمكن التقليل من مقاديرها بتكرار عملية القياس واستخدام الوسائل الإحصائية لحسابها .

- **ويمكن تصنيف اخطاء القياس الى ثلاث مجموعات هي :**

1. **- الخطأ الإجمالي Gross Error**

هذا النوع من الخطأ يتضمن الأخطاء الإنسانية في قراءة واستخدام الأجهزة وفي تسجيل وحساب نتائج القياس . هذه الأخطاء كثيراً ما تحدث ويمكن توقعها وتجنبها . ومن هذه الأخطاء أخطاء عدم التطابق وتحدث لإفتقار الخبرة عند قراءة موقع مؤشر بالنظر إلى المؤشر والتدريج بزاوية معينة بدلاً من أن يكون خط الرؤية والمؤشر والتدريج على مستقيم واحد .

ومن الأخطاء الشائعة بين المستجدين عدم اختيار الجهاز المناسب للقياس مثل استخدام فولتميتر مقاومته غير عالية لقياس فرق جهد بين طرفي مقاومة عالية وتكون النتيجة وجود ما يعرف بخطأ "أثر التحميل" وكثيراً ما تنتج الأخطاء من الإهمال مثل عدم التأكد من ضبط الموقع الصفري لمؤشر الجهاز وينتج من ذلك أن تتضمن جميع القراءات خطأ صفريا, **هذه الأخطاء لا يمكن معالجتها حسابياً ولكن يجب تجنبها بالاهتمام والعناية ومعرفة أخذ القراءات الصحيحة وتسجيلها بالممارسة والتمرين.**

2. **الأخطاء الرتيبة Systematic Errors**

تنقسم عادة إلى مجموعتين هما (i) أخطاء الأجهزة التي تحدث من عيوب الأجهزة و (ii) الأخطاء البيئية التي تحدث من تأثير الوسط المحيط بالأجهزة .

i. **أخطاء الأجهزة** : هي أخطاء متأصلة في أجهزة القياس نسبة للأجهزة الميكانيكية المتحركة التي تتأثر بالاحتكاك وينشأ من ذلك ما يعرف "بخطأ الاحتكاك" أو نتيجة لسوء استخدام الجهاز مثل تمرير تيار أعلى من المسموح به فتؤدي هذه العيوب إلى أخطاء في القراءة تعرف "بأخطاء التشوه" . ومن الأخطاء أيضاً أخطاء تحدث نتيجة لقدم الجهاز مثل ضعف المغنطيس الدائم المستخدم في الكلفانومتر.

ii. **الأخطاء البيئية أو الوسطية:** هي أخطاء المؤثرات الخارجية مثل الآثار الحرارية و أثر الرطوبة أو الضغط الجوي أو المجالات الكهربائية و المغناطيسية على الأجهزة . **وهذه الأخطاء يمكن التخلص منها بإتخاذ الاحتياطات اللازمة ومعالجة الظروف المحيطة بالأجهزة قبل استخدامها.**

3. الاخطاء العشوائية Random Errors

هذه الأخطاء لا يعرف أسبابها وتكون موجودة دائماً حتى بعد التخلص من كل الأخطاء الرتيبة وبالرغم من إن الأخطاء العشوائية في التجارب التي يخطط لها تخطيطاً دقيقاً تكون عادة صغيرة لكنها ذات أهمية بالغة متى كانت الدقة المطلوبة عالية.

لنفترض أننا نسجل مقدار فرق جهد ما كل نصف ساعة باستخدام فولتميتر محكم و إننا تحكمنا في ظروف مثالية فإننا سوف نجد أن القراءات تختلف عن بعضها اختلفات طفيفة ولن يكون من السهل معرفة أسباب هذه الفروقات في القراءات **ولكننا يمكن أن نقلل الآثار المترتبة عليها بزيادة عدد القراءات وإيجاد المتوسط الحسابي.**

- وفيما يلي سنستعرض انواع الاخطاء بالتفصيل :

٤ مصادر الأخطاء في عملية القياسات Error Sources in Measurements

لما كانت عملية القياس هي عملية تقييم كمي للكمية المقاسة مقارنة بنظام وحدات معينة عن طريق جهاز قياس، فإن عملية التقييم هذه تعتمد بشكل أو بآخر على عدة عوامل منها:

(١) عوامل تتعلق بجهاز القياس (Instrumental Error) مثل:

(أ) نوع الجهاز: (كهربائي - إلكتروني - رقمي)

(ب) دقة الجهاز: (مدى قدرة الجهاز على القراءة الدقيقة وقربها من القراءة الواقعية)

(ت) حالة الجهاز: (سليم – متهالك)

(ث) عمر الجهاز: (قديم – جديد)

(٢) عوامل خارجية (Environmental Error)

(أ) العوامل الجوية المختلفة من: درجة الحرارة و الضغط الجوي ونسبة الرطوبة وخلافه

(٢) عوامل تتعلق بالشخص المستخدم للجهاز (Gross Error) مثل:

(أ) دقة نظر الشخص

(ب) اعتناء الشخص بعملية القياس

(ت) اختيار الشخص لمدى القياس المناسب ومراعاة ذلك

(ب) ظروف التشغيل المختلفة مثل: قرب جهاز القياس من الكمية المراد قياسها وعدم تأثر الإشارة الكهربائية المقاسة بأطراف التوصيل أو طول أسلاك التوصيل أو وقوع الجهاز في حيز مجال مغناطيسي أو مجال كهربائي وخلافه.

القيمة المقاسة غالباً ما تختلف عن القيمة المتوقعة، فإن هذا الفارق يسمى بالخطأ (Error) في القياس.

هذا الخطأ في عملية القياس يتم التعبير عنه بإحدى طريقتين: إما يعبر عنه بصورة مطلقة ويسمى بالخطأ المطلق (Absolute Error) أو كنسبة مئوية ويسمى بالنسبة المئوية للخطأ (Percentage Error).

تعريف الخطأ المطلق للقياس Absolute Error

هو الفارق ما بين القيمة المتوقعة للقياس و القيمة المقاسة فعلياً.

ويمكن تمثيل هذه العلاقة رياضياً كما يأتي:

$$e = Y_n - X_n$$

حيث:

e : الخطأ المطلق

Y_n : القيمة المتوقعة للقياس

X_n : القيمة المقاسة فعلياً

تعريف النسبة المئوية للخطأ Percentage Error

هي النسبة بين الخطأ المطلق للقياس و القيمة المتوقعة للقياس كنسبة مئوية.

وبمكن تمثيل هذه العلاقة رياضياً كما يأتي:

$$\text{Percentage Error} = \frac{e}{Y_n} \times 100 = \left|\frac{Y_n - X_n}{Y_n}\right| \times 100$$

لقيمة المتوسطة أو المتوسط الحسابي Average value (arithmetic mean)

لقيمة للتوسطة أو المتوسط الحسابي $\overline{X}$ لمجموعة n من القراءات $(X_1, X_2, X_3 \ldots X_n)$ هي مجموع هذه القراءات مقسوماً على عددها n. وتعرف رياضياً كما يلي:

$$\overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \ldots + X_n}{n}$$

الانحراف deviation

يعرف انحراف القراءة i ويرمز له بالرمز (d_i) لمجموعة من القراءات، بأنه الفارق بين القراءة X_i والقيمة المتوسطة لمجموعة القراءات $\overline{X}$. وتعرف رياضياً كما يلي:

$$d_i = X_i - \overline{X}$$

ويلاحظ أن المجموع الجبري لهذه الانحرافات لابد أن يساوي صفراً. ويعرف رياضيا كما يلي:

$$d_1 + d_2 + d_3 + \ldots + d_n = 0$$

وبمكن وضع المعادلة السابقة على الصورة المختصرة:

$$\sum_{i=1}^{n} d_i = 0$$

وذلك لأن الانحراف قد يكون بالسالب كما أنه يمكن أن يكون بالإيجاب.

مثال :

من الجدول التالي: احسب:

(أ) المتوسط الحسابي للقراءات $\overline{X}$.

(ب) انحراف كل قيمة d_i.

(ج) المجموع الجبري للانحرافات $\sum_{i=1}^{n} d_i$.

المتغير	القيمة
X_1	٥٠.١
X_2	٤٩.٧
X_3	٤٩.٦
X_4	٥٠.٢

الحل:

(أ) المتوسط الحسابي $\overline{X}$:

$$\overline{X} = \frac{50.1 + 49.7 + 49.6 + 50.2}{4} = 49.9$$

(ب) انحراف كل قيمة d_i :

$$d_1 = 50.1 - 49.9 = 0.2$$

$$d_2 = 49.7 - 49.9 = -0.2$$

$$d_3 = 49.6 - 49.9 = -0.3$$

$$d_4 = 50.2 - 49.9 = 0.3$$

(ج) المجموع الجبري للانحرافات $\sum_{i=1}^{n} d_i$:

$$\sum_{i=1}^{4} d_i = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 = 0.2 - 0.2 - 0.3 + 0.3 = 0$$