الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

القياسات الكهربائية والالكترونية

المهندس سعيد الخطيب

الأكاديمية العربية الدولية – منصة أعد

الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

مخطط المادة

- مقدمة
- مفاهيم عامة
- أجهزة القياس الكهربائية و الالكترونية
- وظائف القياس الكهربائية و الالكترونية
- الوحدات الكهربائية Electrical Units
- مصادر الأخطاء في عملية القياسات

الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

مخطط المادة

- أنواع الأخطاء
- دقة القياس Accuracy
- التحليل الاحصائي للأخطاء في عمليات القياس
- الأدوات المستخدمة للتحليل
- عناصر أجهزة القياس الالكترونية
- اختيار و استخدام والعناية بأجهزة القياس

مقدمة

في هذه المادة سوف نقوم بشرح بعض المعايير القياسية المرجعية الخاصة بالقياسات بالاضافة الى بغض التعريفات الخاصة بعمليات القياس و كذلك التعريف بمصادر الخطأ وشرح الطرق التحليلية المستخدمة في تتحليل نتائج القياسات

عملية القياس: هي عملية تقييم الكمية المقاسة بالنسبة الى كمية مرجعية متفق عليهازولاجراء عملية قياس لابد من وجود الآتي:

- كمية مقاسة Measured Quantity
- نظام مرجعي Standard system
- أجهزة مستخدمة Measuring Instruments
- تقنية متبعة Measuring Technology

مفاهيم عامة

- كمية مقاسة Measured Quantity : و هي الكمية الفيزيائية المراد تقييمها و قد تكون طول أو وزن أو قوة أو درجة حرارة أو معدل تدفق أو تيار كهربائي أو جهد كهربائي...
- أجهزة مستخدمة Measuring Instruments : وهو النظام المتعارف عليه الذي يصف وحدات القياسز وهناك أربعة أنظمة مختلفة و هي كما يلي:

➢ النظام المرجعي المعياري الدولي The International standards system

وهو النظام المتعارف عليه بالاجماعالدولي و هو يصف الوحدات المتفق عليها دوليا. وهذه الوحدات موجود نماذج لها بالمكتب الدولي للأوزان و القياسات بباريس و هي تقيم و تعاير بصفة دورية عن طريق قياسات مطلقة باستخدام الطرق الفيزيائية الأساسية.

➢ النظام المرجعي المعياري الابتدائي The Primary standards system

وهو النظام المتعارف عليه وطنيا أو قوميا في الدول المختلفة، وهو قابل للتطبيق فقط داخل حدود كل دواة و هي المؤولة عن معاييره و حفظه مثل النظام الانجليزي و النظام الفرنسي. وأساس وظيفة هذا النظام هو معايرة و تحقيق النظم المرجعية الثانوية.

مفاهيم عامة

- النظام المرجعي المعياري الثانوي The Secondary standards system

وهو المرجع المعياري الأساسي المستخدم في الصناعة و معامل المعايرة الخاصة بالصناعة. وكل مختبر صناعي مسؤول كليا عن النظام المعياري الثانوي الخاص به من خيث المعيارة وضبط وحدات القياس. وكل مختبر صناعي يرسل بطريقة دورية نظامه المرجعي المعياري الثانوي الى النظام المرجعي المعياري الوطني لمعايرته و اختباره و يعاد مرة اخرى الى المعمل الصناعي مع شهادة بمدى دقة هذا النظام بالنسبة للنظام المعياري الوطني.

مفاهيم عامة

- النظام المرجعي المعياري للعمل The Working Standards

وهو عبارة عن أدوات أساسية لمعمل القياسات. و هي تستخدم لمراجعة و معايرة أجهزة القياس المستخدمة في المعمل أو لعمل قياسات مقارنة في التطبيقات الصناعية.

- الأجهزة المستخدمة :هي الأدوات التي يمكن من خلالها تقييم الكمية المقاسة بمقارنتها بالكمية المرجعية حسب نظام الوحدات التابع للنظام المرجعي المعياري المتبع
- تقنية متبعة: و هي التقنية المتبعة في تقييم الكمية المقاسة و مدى دقة هذا التقييم.

أجهزة القياس الكهربائية و الالكترونية

من أكثر أجهزة القياس تطورا هي أجهزة القاسات الكهربائية والالكترونية حيث الأداء بشكل ملحوظ مع تطبيق تقنية أشباه الموصلات و تطور أكثر مع تطبيق التقنية الرقمية. حيث لم يكن هناك الى فترة زمنية قريبة سوى أجهزة القياس التماثلية ذات القلب المتحرك و مؤشر تدريج، و تدل زاوية الانحراف المؤشر على قيمة الكمية الكهربائية المقاسة (تماثلها) و من هنا جاءت تسمية تماثلية. أما النوع الآخر من الأجهزة القياس فهي الأجهزة الالكترونية الخالية من الحركة و التدريج و المؤشر فهي أجهزة استاتيكية وتقنية القياس المستخدمة بها مختلفة عن المستخدمة قبلها، حيث تظهر نتائج القياس على شاشة رقمية عشرية، ومن هنا جاءت تسميتها بأجهزة القياس الرقمية.

وظائف القياس الكهربائية و الالكترونية

الوظيفة الأساسة لأنظمة القياس الكهربائية و الالكترونية هي اعطاء معلومات عن الكمية المقاسة. و بجانب اعطاء معلومات مرئية عن الكمية المقاسة فان بعض هذه الأنظمة تقوم بتخزين تلك المعلومات، التي يمكن استخدامها كقاعدة للبيانات. بالاضافة الى ذلك، فان انظمة التحكم الآلي تعتمد بنسبة 100% على أنظمة القياس الكهربائية و الالكترونية .. و تمتاز أجهزة القياس الالكترونية، برغم ارتفاع أسعارها عن نظيراتها الكهربائية، بامكانية تكبير الاشارة الكهربائية المراد قياسها عن طريق مكبر الاشارات(amplifier) حيث انه بذلك يضيف الى مثل هذه الأجهزة ميزة حساسية القياس المرتفعة.

الوحدات الكهربائية Electrical Units

لان أجهزة القياسات الكهربائية و الالكترونية في الأساس يمكنها قياس كميات كهربائية، فانه من الأهمية في البداية أن نناقش الوحدات الكهربائية. و لأن علم القياسات يتعلق بالكميات، فانه يجب أولا تحديد نظام الوحدات المتبع قبل الدخول الى تقييم الكميات المقاسة. وسوف نتعرض الى ست من الكميات الكهربائية تستخدم باستمرار في القياسات الكهربائية وهي:

- الشحنة الكهربائية (Q)
- التيار الكهربائي (I)
- القوة الدافعة الكهربائية أو فرق الجهد (V)
- المقاومة (R)
- معامل الحث الذاتي (L)
- السعة (C)

الوحدات الكهربائية Electrical Units

هذا الجدول التالي يبين هذه الكميات الرئيسية و الكميات المستنتجة ، استنادا الى الكميات الأساسية لنظام الوحدات الدولي:

الكمية	رمزها	الوحدة	رمزها
الوحدات الأساسية:			
الطول (Length)	l	متر (meter)	m
الكتلة (Mass)	m	كيلوجرام (kilogram)	kg
الزمن (Time)	t	ثانية (second)	s
درجة الحرارة (Temperature)	T	درجة كلفن (degree Kelvin)	°K
شدة الاستضاءة (Luminous intensity)		شمعة (candela)	cd
التيار الكهربائي (Electric current)	i	آمبير (Ampere)	A
الوحدات المستنتجة:			
القوة الدافعة الكهربائية (Electromotive force)	V	فولت (Volt)	V
كمية الشحنة (Quantity of charge)	Q	كولوم (Coulomb)	C
المقاومة الكهربائية (Electrical resistance)	R	أوم (Ohm)	Ω
السعة (Capacitance)	C	فاراد (Farad)	F
معامل الحث الذاتي (Inductance)	L	هنري (Henry)	H

مصادر الأخطاء في عملية القياسات

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

- عوامل تتعلق بجهاز القياس (Instrumental Error) مثل:
  - نوع الجهاز: (كهربائي-الكتروني-رقمي)
  - دقة الجهاز: (مدى قدرة الجهاز على القراءة الدقيقة و قربها من القراءة الواقعية)
  - حالة الجهاز: (سليم-متهالك)
  - عمر الجهاز: (قديم-جديد)

مصادر الأخطاء في عملية القياسات

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

- عوامل تتعلق بالشخص المستخدم للجهاز(Gross Error) مثل:
  - دقة نظر الشخص
  - اعتناء الشخص بعملية القياس
  - اختيار الشخص لمدى القياس المناسب و مراعاة ذلك

مصادر الأخطاء في عملية القياسات

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

- عوامل خارجية (Environmental Error):

  - العوامل الجوية المختلفة من: درجة حرارة و الضغط الجوي و الرطوبة...
  - ظروف التشغيل المختلفة مثل: قرب الجهاز القياس من الكمية المراد قياسها و عدم تأثر الاشارة االكهربائية المقاسة بأطراف التوصيل أو طول الأسلاك التوصيل أو وقوع الجهاز في حيز مجال مغناطيسي أو مجال كهربائي و خلافه

الخطأ المطلق للقياس Absolute Error

هو الفارق ما بين القيمة المتوقعة للقياس و القيمة المقاسة فعليا. و يمكن تمثيل هذه العلاقة رياضيا كما يلي:

$$e_{ab} = Y_N - X_N$$

E(ab) : الخطأ المطلق

Yn: القيمة المتوقعة للقياس

Xn: القيمة المقاسة فعليا

الخطأ النسبي Relative Error

النسبة بين الخطأ المطلق للقياس و القيمة المتوقعة للقياس. و يمكن تمثيل هذه العلاقة على الشكل التالي:

$$e_r = \frac{e_{ab}}{Y_n} = \left|\frac{Y_n - X_n}{Y_n}\right|$$

- أيضا لدينا النسبة المئوية للخطأ (Percentage Error)

وهي النسبة بين الخطأ المطلق للقياس و القيمة المتوقعة للقياس كنسبة مئوية. و يمكن تمثيلها على الشكل التالي:

$$e_{\%} = \frac{e_{ab}}{Y_n} \times 100\% = \left|\frac{Y_n - X_n}{Y_n}\right| \times 100\%$$

دقة القياس Accuracy

هي مدى تطابق القيمة المقاسة بالقيمة المتوقعة.

- لدينا أيضا الدقة النسبية Relative Accuracy (Ar)

الدقة النسبية للقياس هي النسبة بين القيمة المقاسة والقيمة المتوقعة للقياس. و يمكن تمثيلها رياضيا كما يلي:

$$A_r = \frac{X_n}{Y_n} = 1 - \left|\frac{Y_n - X_n}{Y_n}\right| = 1 - e_r$$

دقة القياس Accuracy

- النسبة المئوية لدقة القياس (a%) هي النسبة بين القيمة المقاسة و القيمة المتوقعية للقياس كنسبة مئوية. و يمكن تمثيلها رياضيا كما يلي:

$$a_{\%} = \frac{X_n}{Y_n}\% = 100\% - \left|\frac{Y_n - X_n}{Y_n}\right| \times 100\% = 100\% - e_{\%}$$

أمثلة

مثال 1:

قام متدرب بالمختبر بقياس جهد على طرفي مقامة فكانت القيمة المقاسة تساوي 49 V ، اذا كانت القيمة المتوقعة للجهد حسب الحسابات النظرية تساوي 50 V، احسب:

- الخطأ المطلق
- النسبة المئوية للخطأ
- الدقة النسبية
- النسبة المئوية للدقة

أمثلة

مثال 1: الحل

الخطأ المطلق e_{ab}: $e_{ab=Y_n-X_n=50-49=1}$

النسبة المئوية للخطأ $e_{\%}$: $e_{\%} = \frac{e_{ab}}{Y_n} \times 100\% = \left|\frac{50-49}{50}\right| \times 100\% = 2\ \%$

الدقة النسبية (Ar): $A_r = 1 - \left|\frac{50-49}{50}\right| = 0.98$

النسبة المئوية للدقة $(a_{\%})$: $a_{\%} = 100\% - e_{\%} = 100\% - 2\% = 98\%$

التحليل الاحصائي للأخطاء في عمليات القياس

عند اجراء اي عملية قياس لأي كمية فيزيائية، فان عملية القياس تتأثر بالعديد من العوامل المختلفة. كمثال، حين اجراء عملية قياس للمقاومة الكهربائية لموصل ما (قطعة من سلك مثلا)، فان العديد من العوامل سوف تأثر على القيمة التي سوف نحصل عليها. (بعض العوامل ذات أهمية أكبر من العوامل الأخرى). و العوامل المأخوذة في الاعتبار تتضمن: عوامل ثابتة مثل: درجة نقاء المادة المصنوع منها الموصل، وطول الموصل و مساحة مقطعة، والعوامل الميكانيكية المؤثرة على الموصل أثناء عملية تصنيعه مثل الشد الذي تعرض له الموصل أو المعالجة الحرارية أثناء عملية التصنيع، و عوامل متغيرة مثل: درجة حرارة الموصل، وتوزيع التيار على مسار طول الموصل. تغير هذه العوامل بطريقة عشوائية وقت القياس يؤدي الى نتائج قياس مختلفة. و تكون الاحتمالات متساوية أن تكون القياسات أقل من القيمة المتوقعة أو أكثر منها. ولهذا لابد من تحليل بيانات القياس تحليلا احصائيا لاجراء تقييم كمي لعملية القياس، و لاعطاء تصور أو حكم دقيق على المتغيرات و الأخطاء. و الأدوات المستخدمة لهذا التحليل الاحصائي هي: المتوسط الحسابي(arithmetic mean)، و الانحراف المتوسط (Average Deviation)، و الانحراف المعياري(Standard Deviation).

الأدوات المستخدمة للتحليل

- القيمة المتوسطة أو المتوسط الحسابي $\bar{X}$ لمجموعة n من القراءات (X1,X2,X3....Xn) هي مجموع هذه القراءات مقسوما على عددها n وتمثل بالقاعدة التالية: $\bar{X} = \frac{X1+X2+X3+\cdots.+Xn}{n}$
- الانحراف Deviation: يعرف انحراف القؤاءة i ويرمز له بالرمز (di) لمجموعة من القراءات ، بأنه الفارق بين القراءة Xi و القيمة المتوسطة لمجموعة القراءات تعرف بالقاعدة التالية: $d_i = X_i - \bar{X}$. ويلاحظ أن بالمجموع الجبري لهذه الانحرافات لا بد من ان يساوي صفر. d1+d2+d3....+dn=0 . و نتنتج من ذلك القاعدة التالية: $\sum_{i=1}^{n} d_i = \sum_{i=1}^{n} X_i - n\bar{X} = 0$
- النحراف المتوسط Average Deviation: الانحراف المتوسط هو المتوسط الحسابي للقيم المطلقة للانحرافات. و تعرف رياضايا كما يلي: $D = \frac{|d1|+|d2|+|d3|+\cdots....+|dn|}{n}$

الأدوات المستخدمة للتحليل

- الانحراف المعياري Standard Deviation: الانحراف المعياريلمجموعة من القيم هو مقياس لاختلاف هذه القيم عن القيمة المتوسطة. و تعرف رياضايا كما يلي: $S = \sqrt{\frac{d1^2+d2^2+d3^2+\cdots+dn^2}{n \; or \; n-1}}$

- مثال:

من الجدول التالي، احسب:

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

(ب) انحراف كل قيمة d_i.

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

(د) الانحراف المتوسط D.

(ه) الانحراف المعياري S.

المتغير	القيمة
X_1	50.1
X_2	49.7
X_3	49.6
X_4	50.2

الحل

المتوسط الحسابي: $\bar{X} = \frac{50.1+49.7+49.6+50.2}{4}$ =49.9

انحراف كل قيمة: d1=50.1-49.9=0.2,

d2=49.7-49.9=-0.2

d3=49.6-49.9=-0.3

d4=50.2-49.9=0.3

الانحراف المتوسط: $D = \frac{|0.2|+|-0.2|+|-0.3|+|0.3|}{4}$ =0.25

الحل

الانحراف المعياري: $S = \sqrt{\frac{0.2^2 \pm 0.2 + -0.3^2 + 0.3^2}{4-1}} = 0.294$

عناصر أجهزة القياس الالكترونية

تتكون الأجهزة القياس الالكترونية من العناصر المبنية على الشكل التالي:

عناصر أجهزة القياس الالكترونية

- محول طاقة Transducer: لتحويل الكميات المقاسة غير الكهربائية اللى كميات كهربائية
- معدل الاشارة Signal Modifier: لتعديل الاشارة الكهربائية الآتية من محول الطاقة ليجعلها مناسبة للتطبيق على جهاز البيان. فقد تكون الاشارة الكهربائية مثلا صغيرة ويتطلب ذلك تكبيرها لكي يستطيع جهاز البيان أن يشعر بها فهو يعمل في هذه الحالة كمكبر للاشارة، و العكس صحيح تماما، فقد الاشارة الكهربائية كبيرة و يتطلب ذلك تخفيضها الى الدرجة التي يتحملها جهاز البيان فهو يعمل في هذه الحالة كمخفض للاشارة.
- جهاز بيان Indicating device: و هو جهاز قياس كهربائي عادي ذو ملف متحرك و مؤشر تدريج مثل جهاز قياس الجهد الكهربائي (Voltmeter) أو جهاز قياس التيار(Ammeter).

عناصر أجهزة القياس الالكترونية

وأجهزة القياس الالكترونية تستخدم في العادة لقياس اما الكميات الكهربائية المباشرة مثل: الجهد الكهربائي ، التيار الكهربائي و المقاومة الكهربائية أو الكميات الفيزيائية بعد تحويلها عن طريق المبد الى كميات كهربائية مثل: الضغط الجوي، درجة الرطوبة، درجة الحرارة أو مستوى الصوت أو مستوى الاضاءة أو العديد من الكميات الفيزيائية الأخرى. الا انه في جميع الأحوال فان انحراف مؤشر الجهاز يكون بسبب تدفق التيار الكهربائي في ملق الجهاز و يعاير تدريحج الجهاز ليقرأ الكمية الفيزيائية المنوط بالجهاز قياسها.

اختيار و استخدام والعناية بأجهزة القياس

في الواقع فإن معظم أجهزة القياس هي أجهزة حساسة ويجب أن تعامل بعناية خاصة وبطريقة صحيحة. وفى الحقيقة فإن أكثر الأجهزة المتاحة دقة ، قد لا تعمل قراءات صحيحة إذا عملت بطريقة غير صحيحة ، ولذلك فإن هناك بعض القواعد الأساسية التي تضمن سلامة الجهاز ودقة نتائج القراءات.

قبل استعمال الجهاز لابد أن تكون مدركا عن طريقة استخدامه. وأفضل مصدر للمعلومات المطلوبة عن طريقة التعامل مع الجهاز وطريقة تشغيله هو كتيب التعليمات الخاص بالجهاز (الكاتالوج الخاص به) أو (The operating and instructions manual) الذي يحتوي كل البيانات التي تترجم لاستخدام الجهاز. وهذا الكاتالوج يجب أن يقرأه بعناية قبل استخدام الجهاز لأول مرة للحصول على المعلومات اللازمة لوظائف الجهاز وطرق استخدامه وطرق حفظه وتخزينه والإجراءات التي يجب اتباعها لتأمين سلامته وسلامة لوائح استخدامه (حدود الاستخدام).

اختيار و استخدام والعناية بأجهزة القياس

ولاختيار الجهاز بصورة صحيحة ، طبقا للوظيفة بطبيعة الحال، فإن درجة الدقة المطلوبة هي عامل يتناسب مع سعر الجهاز. وبعد اختيار الجهاز لابد من فحص بصري للجهاز لملاحظة أي عيب ظاهر به مثل: عزل مفروم، أطراف توصيل تالفة ، تدريج غير ظاهر، وخلافه. ويجب أيضا اختبار الجهاز وتعييره إذا أم الأمر. وعند توصيل الجهاز في الدائرة الكهربائية يجب التأكد من أن مفتاح الاختبار مضبوط على الوضع الصحيح. يجب أيضا التأكد من اختيار المدى المناسب لجهاز القياس، أو اختيار أكبر مدى القياس لضمان سلامة الجهاز، ثم يعاد الاختبار أثناء القراءة إذا كان القياس غير مناسب، وذلك للحصول على القراءة الأقرب ما يكون للمدى الأقصى كما ذكر سابقا.