مقرر القياسات

وقل رب زدني علما

جامعة دمشق

Damascus University

المعهد التقني للهندسة الميكانيكية و الكهربائية

قسم : هندسة الاتصالات و التحكم والأتمتة

السنة الأولى

Technical institute for Mecanical

and

Electrical Engineering

section : communication

مـــقـدمـــة

تعرف عملية القياس على أنها العملية التي يتم بها معرفة إحدى القيم او المتحولات و معرفة تغيراتها و إعطاء النتيجة اما بقيم عددية او تمثيلية او منحنيات بيانية و بمعنى أخر تعرف على أنها الخطوات التي يجب اتباعها باستخدام مقياس للحصول على نتيجة قريبة من القيمة الحقيقية المطلوب قياسها و للقياسات انواع عديدة فمنها قياسات ميكانيكية (طول / حجم / ضغط / ارتفاع) و منها قياسات كهربائية كـ قياس الجهود و المقاومات و التيارات الكهربائية و هي موضوع بحثنا هذا

عملية القياس

إن لب علم القياس يكمن في مرجعية عملية القياس، والتي تعرف بأنها "خاصية لنتيجة عملية القياس أو لقيمة المعيار والتي يمكن وفقا لها ربطها بمرجع محدد، تكون عادة هي المعايير الوطنية أو الدولية، وذلك وفق سلسلة متواصلة من المقارنات ذات النسب المعروفة من الأخطاء". مستوى المرجعية يحدد مستوى قابلية القياس للمقارنة؛ هل يمكن مقارنة النتيجة مع نتيجة سابقة أخذت منذ سنة خلت، أو مع نتيجة قياس أجري في مكان آخر في العالم.

☐واحدات القياس

واحدات القياس الكهربائية الاساسية:

- أمبير (Ampere) :

هو وحدة تستعمل لقياس التيار الكهربائي، وهي إحدى الوحدات الرئيسية السبع في النظام المتري. يرمز للأمبير بالعربية بالحرف أ (وباللاتينية بالحرف A أو amp)، وقد اختير اسم أمبير تخليداً لذكرى العالم الفيزيائي الفرنسي اندري ماري أمبير الذي درس التيار الكهربائي.

والأمبير هو شدة التيار الناتج عن مرور شحنة قدرها ١ كولوم خلال موصل في زمن قدرة ١ ثانية:

- و يعبر عنه كما يلي : $$I(A) = \frac{q(c)}{t(s)}$$

- و حسب قانون أوم : $$\mathrm{I(A)} = \frac{V(v)}{R(\Omega)}$$

• فولت (Volt) :

هو الوحدة المستعملة لقياس القوة الكهربائية المحركة أو فرق الجهد (أو التوتر) الكهربائي، ويرمز له بالحرف اللاتيني (V)، استخدمت هذه الوحدة بهذا الاسم تكريماً للعالم الإيطالي ألساندرو فولتا، مخترع البطارية الكهربائية عام ١٨٠٠ م

- ويعبر عنه كما يلي : $$V(v) = \frac{P(watt)}{I(A)}$$

أي أنه فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين في دائرة كهربائية يعبرها تيار مستمر ثابت مقداره (1A) عندما تتبدد قدرة مقدارها (1wa) بين هاتين النقطتين.

- و حسب قانون اوم $$V(v) = R(\Omega) \times I(A)$$

• أوم (OHM):

هي وحدة لقياس المقاومة الكهربائية يرمز لها بالحرف الإغريقي Ω، وسميت بهذا الاسم نسبة إلى الفيزيائي الألماني جورج أوم وهو أول من اكتشف العلاقة بين شدّة التيار وفرق الجهد الكهربائيين.

- وبحسب قانون أوم العام فإن لقطعة ما مقاومة مقدارها ١ أوم إذا كان فرق جهد مقداره ١ فولت قادر على تمرير تيار كهربائي شدّته ١ أمبير كالتالي

$$R(\Omega) = \frac{V(v)}{I(A)}$$

- الواط أو الوات (Watt) :

هي وحدة مشتقة لقياس القدرة في نظام الوحدات الدولي، سميت بهذا الاسم نسبة للمهندس الاسكتلندي جيمس واط (١٧٣٦-١٨١٩). الواحد واط يُعرّف بأنه ١ جول لكل ثانية، وهو وحدة قياس لمعدل نقل الطاقة أو تحويلها من صورة لأخرى

- تستخدم وحدة الواط بكثرة في حساب القدرة الكهربائية، حيث أن القدرة التي يبذلها تيار كهربائي ثابت قيمته واحد أمبير تحت تأثير جهد كهربائي قيمته واحد فولت تساوي واحد واط كما الشكل التالي:

$$P(watt) = V \times I$$

- حيث:

V : الجهد الكهربائي كما ذكرنا سابقاً و يقاس بالفولت (v)

I : شدة التيار الكهربائي و يقاس بالأمبير (A)

- و يحصل بتعويض قانون أوم في قانون الاستطاعة الأشكال التالية:

$$P = V \times I = \frac{V^2}{R} = I^2 \times R$$

أجزاء و مضاعفات الوحدات :

يمثل الجدول التالي بعض أجزاء و مضاعفات الوحدات في النظام الدولي

الاسم	الرمز	10^n	التسمية
تيرا	T	10^{12}	تريليون
غيغا	G	10^9	مليار
ميغا	M	10^6	مليون
كيلو	K	10^3	الف
الوحدة الأساسية		10^0	واحد
ميلي	m	10^{-3}	جزء من الف
ميكرو	μ	10^{-6}	جزء من مليون
نانو	n	10^{-9}	جزء من مليار
بيكو	p	10^{-12}	جزء من تريليون

• أنواع قياس المقادير الكهربائية:

- القياس المباشر:

فيه يتم مقارنة قيمة القياس بطريقة فورية بواسطة سلّم للقياس أو نقطة نظام معينة.

من الأمثال البسيطة عن استخدام القياس المباشر: قراءة قيمة التيار المار في دارة بواسطة مقياس تيار بسيط . هذا النوع من القياس يحتوي دائما على خطأ قياس معين لا يمكن تفاديه في أغلب الأحيان.

- القياس غير المباشر:

يستخدم هذا النوع من القياس عند وجود صعوبات معينة تجعل استخدام القياس المباشر غير ممكنا كعدم وجود مقياس يقيس القيمة المطلوبة بشكل معين و نأخذ مثالاً على ذلك قياس تردد إشارة ما بواسطة راسم الإشارة او اذا أردنا قياس مقاومة بطريقة غير مباشرة فيجب معرفة قيمة الجهد على طرفيها و قيمة التيار المار فيها و بهذا حسب قانون أوم يتم معرفة قيمة المقاومة .

الأخطاء في عملية القياس

لا يمكن أن تتم عملية القياس بدقة ١٠٠ % ولابد من وجود نسبة ولو بسيطة من الخطأ و من أسباب حدوث الأخطاء أثناء عملية القياس:

١. اختيار أداة قياس غير مناسبة (مثل قياس قيمة الجهد في أفومتر موضوع على وضعية الأوم)
٢. وجود عيب في أداة القياس
٣. اجراء القياس بطريقة خطأ

---

١. الخطأ المطلق (ΔX) :

و هو الفرق بين القيمة المقاسة العملية و القيمة المقاسة و القيمة الحقيقية (خالية من الأخطاء)

$$\Delta x = \text{القيمة المقاسة} - \text{القيمة الحقيقية}$$

---

٢. الخطأ النسبي(ε) :

و هو النسبة بين قيمة الخطأ المطلق (Δx) مقسوماً على القيمة الحقيقية :

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{\text{القيمة الحقيقية}}$$

٣. الخطأ النسبي المئوي(% ε) :

$$\varepsilon\% = \frac{\varepsilon}{100} = \frac{\Delta x}{\frac{\text{القيمة الحقيقية}}{100}}$$

٤. دقة القياس:

و هي ناتج قسمة الخطأ المطلق (Δx) في القياس مقسوماً على المجال الأعظمي للمقياس :

$$\text{دقة القياس} = \frac{\text{الخطأ المطلق}}{\text{المجل الأعظمي للمقياس المستخدم}}$$

٥. المتوسط الحسابي (الانحراف المتوسط):

يتم فيه حساب القيمة المتوسطة للأخطاء المرتكبة في قياس عنصر ما و يتم ذلك بتقسيم مجموع القيم المقروءة أثناء قياس ذلك العنصر مقسومة على عدد المحاولات او عدد المرات (فمثلاً لحساب المتوسط الحسابي للخطأ المرتكب في قياس مقاومة يقوم بقياسها عدد من الطلاب تقوم بجمع القيم الناتجة من كل طالب ثم تقسيمها على عدد الطلاب) :

$$\text{المتوسط الحسابي} = \frac{\text{مجموع القيم الناتجة}}{\text{عدد القيم الناتجة}}$$

أجهزة القياس

أجهزة القياس هي أهم العناصر التي تؤمن عملية القياس حيث تصنف أجهزة القياس بثلاث أشكال :

- تصنف حسب مبدأ عملها إلى :

١. تمثيلية (كـ جهاز الأفو التمثيلي متعدد الاستعمالات)
٢. رقمية (كـ جهاز الأفو الرقمي متعدد الاستعمالات)
٣. بيانية (كـ راسم الإشارة)

- تصنف حسب نوع القيمة المراد قياسها:

١. مقاييس تيار
٢. مقاييس مقاومة
٣. مقاييس جهد
٤. مقاييس تردد
٥. مقاييس إشارة

- تصنف حسب نوع التيار المراد قياسه :

١. تيار متناوب
٢. تيار متواصل (مستمر)

أجهزة القياس التمثيلية

تضم جميع أجهزة القياس التي تدل على النتيجة الواحدة بواسطة مؤشر ميكانيكي او شعاع ضوئي ، و أغلبها كهربائية ميكانيكية ، لذلك تسمى أجهزة القياس الكهروميكانيكية ذات المؤشر و تعمل على تحويل الطاقة الكهربائية الداخلة إليها الى حركة ميكانيكية مكافئة و معايرة بزاوية انحراف المؤشر على لوحة إظهار النتيجة

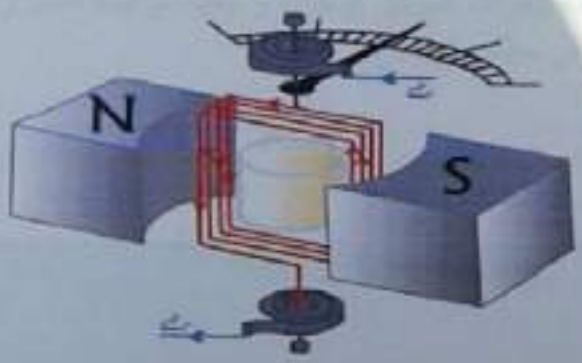
مقاييس تمثيلية:

المقياس ذو الملف المتحرك (حركية داسونفال) :

هو جهاز يستعمل لقياس التيار الكهربائي في الدارة الكهربائية و يشيع استخدامه بكثرة ، حيث يعتمد على ما يسمى حركية دارسونفال ، وهو يتكون من ملف يرتكز بين قطبي مغناطيس دائم، حيث يسري التيار المراد قياسه خلال الملف فينشأ عنه مجال يتبادل الفعل مع مجال المغناطيس الدائم. يركب بالملف المتحرك مؤشر يشير إلى مقدار التيار (بالأمبير او أجزاءه أو مضاعفاته)على تدرج مركب على سطح الجهاز.

- يربط المقياس ذو الملف المتحرك كما تربط جميع مقاييس التيار على التسلسل في الدارة المراد قياس التيار المار بها. يرمز لشدة التيار بحرف (I)و يرمز لقياس وحدة الامبير بحرف A.

- يركب دائما على التسلسل في الدارة الكهربائية مع احترام الاشارات : الموجب مع الموجب و السالب مع السالب



القياس ذو الملف المتحرك
(حركة دارسونفال)

كما هو موضح بالشكل يتألف المقياس من جزئين :

A. الجزء الثابت : و هو المغناطيس الدائم
B. الجزء المتحرك : و يتكون من اسطوانة ملفوف عليها ملف ناقل قابل للدوران حول محور الاسطوانة و يزود المحور بمؤشر (إبرة القياس) للدلالة على قيمة التيار المار أمام التدريج بالإضافة الى نوابض الإرجاع و التي تكون وظيفتها تنظيم حركة المؤشر و إعادته الى وضعية الصفر عند عدم وجود تيار في الملف.

- عند مرور تيار (I) في الملف ينتج عنه حقل كهرطيسي يتفاعل مع الحقل المغناطيسي الدائم مما يؤدي لتنافر الأقطاب نتيجة وجود الملف المتحرك بزاوية (90 درجة) مع الحقل المغناطيسي لتوليد عزم تحريك أعظمي مما يؤدي لدوران الملف حول محوره محركاً معه المؤشر بزاوية تتناسب مع الحقل الكهرطيسي المتولد و بالتالي مع شدة التيار المار في الملف و هو ما نريد قياسه.

- تتناسب زاوية انحراف المؤشر α طرداً و خطياً مع قيمة التيار (I) بوجود ثابت تناسب للمقياس بحيث يكون :

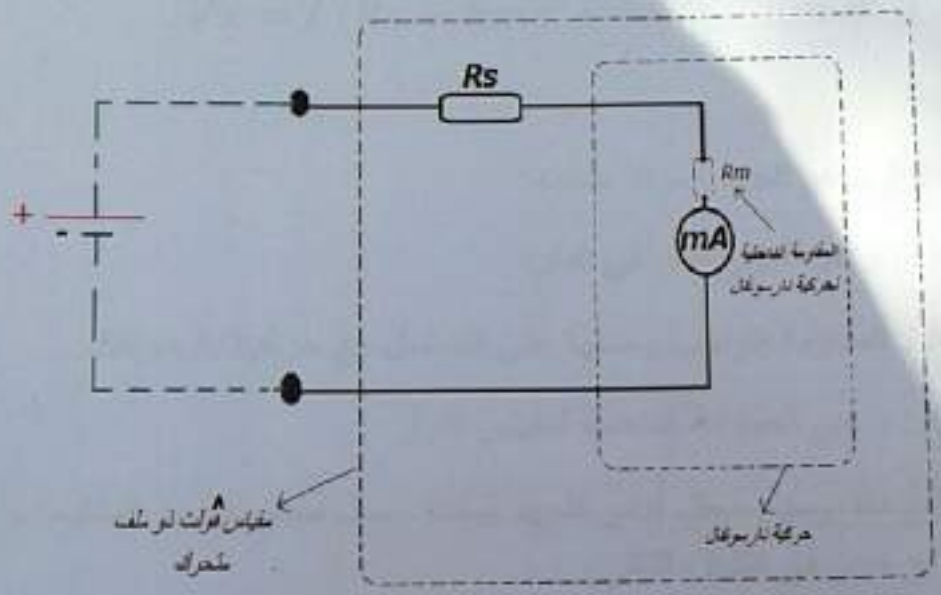
$$\alpha = K \times I$$

ملاحظة :

إن الظاهرة الفيزيائية الكهربائية التي تستطيع حركية دارسونفال قياسها هي التيار المستمر (Dc) لذلك هناك تعديلات خاصة عند قياس الجهود و المقاومات و ما يتعلق بالقيم المتناوبة حيث يمكن تحويل حركية دارسو نفال الى مقياس للاوم و مقياس للجهد بالقيم المستمرة و المتناوبة

تحويل حركية دارسونفال إلى مقياس جهد (مستمر)

(الفولت ميتر)



كما هو موضح في الشكل أعلاه أنه يمكن تحويل حركية دارسونفال المتمثلة بمقياس التيار المستمر إلى مقياس للجهد المستمر ذو ملف متحرك و ذلك بوصل مقاومة تدعى Rs على التسلسل مع المقاومة الداخلية لمقياس شدة التيار المتمثل بحركية دارسونفال و حسب قانون كيرشوف الثاني للجهد نستنتج العلاقة التالية :

$$Vx = VRs + VRm$$

$$=> \quad Vx = I\,(Rs + Rm)$$

و نميز هنا حالتين :

$Vx = I \times Rs$ <== Rm = 0 -

$Vx = I\ (Rs + Rm)$ <== $Rm \neq 0$ -

حيث:

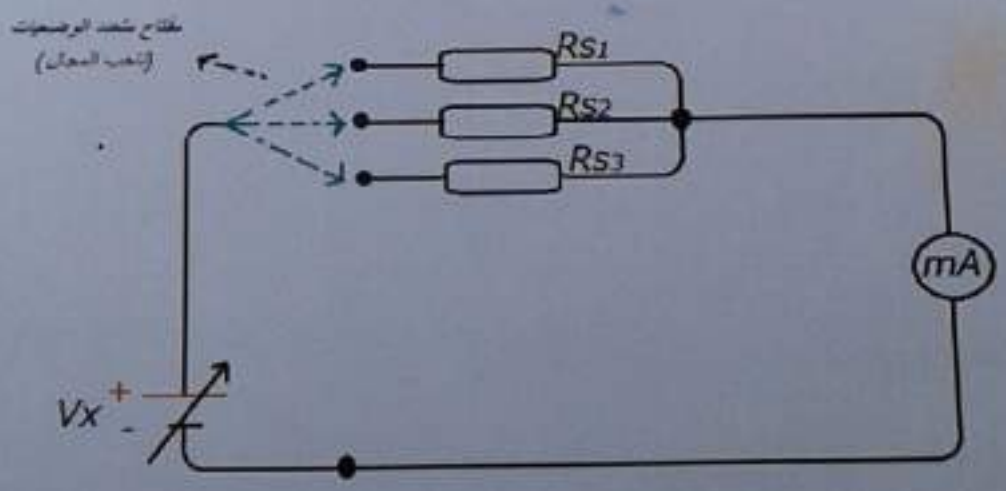
Vx : و هو الجهد المراد حسابه

I : و هو التيار المار في الدارة

Rs : المقاومة الواجب وصلها على التسلسل مع حركية دارسونفال

Rm : و هي المقاومة الداخلية لمقياس التيار

- إذا أردنا توسيع مجال قياس الجهد يمكننا وصل مجموعة من المقاومات كما هو مبين في الشكل التالي:

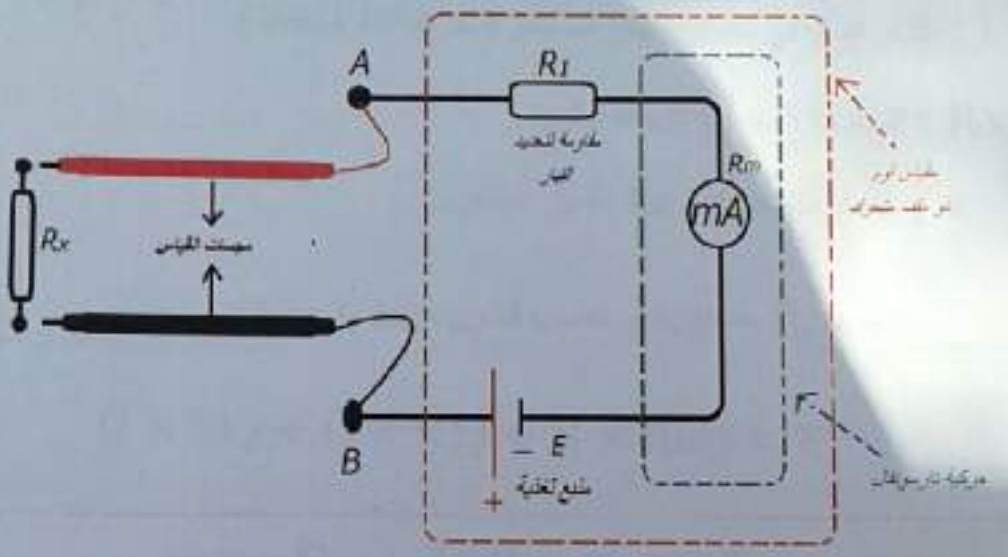


ملاحظة

حسب العلاقات السابقة ل vx فإن الخطأ المرتكب في عملية القياس يتعلق بتصميم حركية دارسونفال أي بالمقاومة الداخلية لمقياس التيار (Rm) أو بشدة التيار المراد قياسه بالمقياس

تحويل حركية دارسونفال إلى مقياس أوم (للمقاومات)

(الأوم متر)



كما هو موضح في الشكل السابق لتحويل حركية دارسونفال إلى مقياس للمقاومات يتم من خلال توصيل حركية دارسونفال و المقاومة R1 على التسلسل مع بطارية جافة أو منبع تغذية مستمر كما هو مبين سابقاً و ذلك لقياس المقاومة المجهولة Rx المراد قياسها .

حيث :

R1 : مقاومة وظيفتها تحديد شدة التيار (الحماية عند قياس المقاومات الصغيرة)

Rm : المقاومة الداخلية لمقياس التيار (حركية دارسونفال)

E : منبع التغذية المستمر أو البطارية الجافة

I : التيار المار في مقياس التيار المستمر (حركية دارسونفال)

Rx : المقاومة المجهولة المراد قياسها

- و إذا أردنا حساب Rx نميز حالتين :

- عندما $Rm = 0$ و حسب قانون كيرشوف الثاني :

$$(I \times Rx) + (I \times R1) + (I \times Rm) = E$$

$$=> E = I(Rx + R1)$$

$$==> Rx = \frac{E - I \times R1}{I}$$

- بينما عندما $Rm \neq 0$:

$$==> Rx = \frac{E - I(R1 + Rm)}{I}$$

- و من العلاقات السابقة ل Rx فإن الأخطاء المرتكبة في عمليات القياس إما تكون من جهد البطارية أو من حركية دارسونفال بحد ذاتها (I و Rm).

ملاحظة هامة

إن التناسب بين Rx و قراءة مقياس I هو تناسب عكسي مما يجعل تدريج مقياس الأوم غير خطي و تكون أفضل القراءات عليه في منتصف التدريج

يوجد حالتين استثنائيتين لـ Rx :

- الحالة الأولى:

عندما Rx=0 أي حالة القصر مما يؤدي أن التيار يبلغ قيمة أعظمية في قيمة المقياس

$$I = \frac{E}{R1}$$

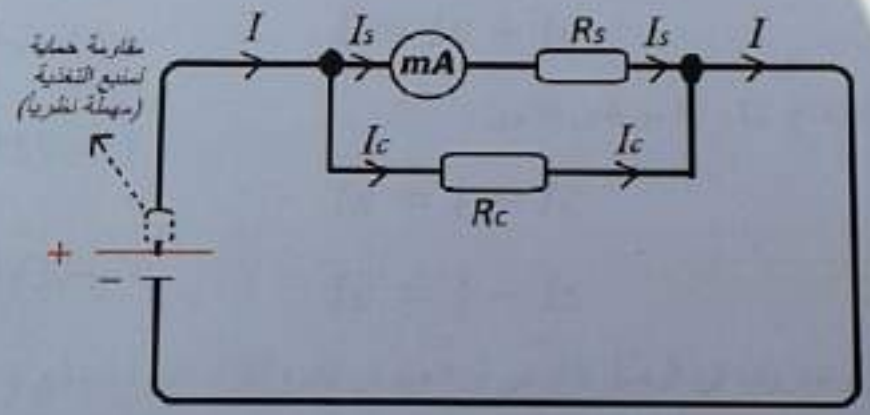
- الحالة الثانية:

عندما $Rx = \infty$ فإن المؤشر يبقى ساكناً لا يتحرك لأن التيار يساوي الصفر

$$I=0$$

توسيع مجال القياس باستخدام مفرعات القياس
لمقياس التيار المستمر ذو الملف المتحرك
(حركية دارسونفال)

كما هو مبين في الشكل:



كما هو معروف أن حركية دارسونفال أو المقياس وظيفته الأساسية هي قياس التيار المستمر و بقيم صغيرة نوعاً ما (أجزاء الميلي أمبير و الميكرو أمبير) ، و لكن إذا أردنا قياس تيارات أكبر من المجال الأعظمي للمقياس يجب إضافة مفرعات القياس و ذلك بغية تكبير مجال قياس التيار المستمر و هذه المفرعات تكون مصنوعة بطريقة خاصة جداً و عالية الدقة و تختلف تماماً عن المقاومات الأومية العادية (الكربونية و ما شابه) من حيث طريقة التصنيع .

ملاحظة :

في حالات التيارات العالية و تحديداً المتناوبة يتم استخدام ما يسمى بمحولات القياس بدلاً من مفرعات القياس

و حسب الدارة السابقة نطبق قانون كيرشوف الأول للتيار :

$$I = Is + Ic$$

و يتم استنتاج Is و Ic من نفس القانون :

$$Is = I - Ic$$

$$Ic = I - Is$$

و كما هو معروف في الوصل التفرعي أن الجهد في جميع أجزاء الدارة متساوي :

$$Vc = Vs$$

$$Ic \times Rc = Is \times Rs$$

و منه :

$$Rc = \frac{Is}{Ic} \times Rs$$

و بتعويض Ic بما يساويها حسب قانون كيرشوف تصبح علاقة Rc :

$$Rc = \frac{Is}{I - Is} \times Rs$$

و بالقسمة على Is :

$$Rc = \frac{1}{\frac{I}{Is} - 1} \times Rs$$

و هذه العلاقة تمثل المقاومة المفرعة للقياس Rc

حيث :

Rs : المقاومة الداخلية لمقياس التيار أو الملف المتحرك

I : التيار المراد قياسه بعد عملية التوسيع

Rc : المقاومة المفرعة للقياس

- و من العلاقة الأخيرة يمكن استنتاج نسبة توسيع مجال القياس التي تسمى N

$$N = \frac{I}{Is}$$

حيث : N : نسبة التوسيع بدلالة التيارات

و بتعويضها في العلاقة :

$$Rc = \frac{1}{N-1} \times Rs$$

و من العلاقة الأخيرة أيضاً يمكن استنتاج قانون آخر لنسبة التوسيع بدلالة المقاومات :

$$N = \frac{Rs}{Rc} + 1$$

و بذلك نكون قد قمنا بدراسة كيفية توسيع مجال القياس للتيار المستمر

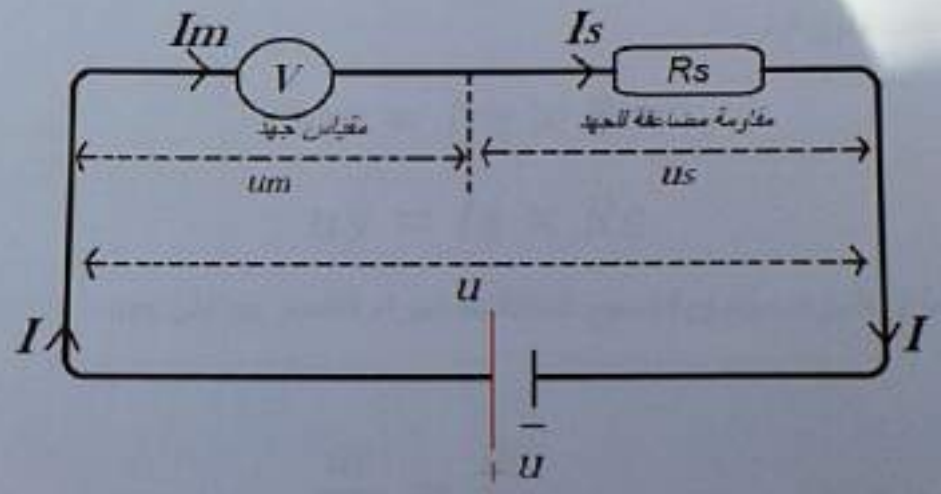
ملاحظة

يمكن إضافة مجموعة من المقرعات و ذلك لقياس تيارات متعددة في نفس الوقت

توسيع مجال القياس لمقياس الجهد المستمر

(المقاومة المضاعفة للجهد)

كما مر معنا سابقاً كيفية توسيع مجال القياس لمقياس التيار المستمر باستخدام مفرعات التيار كذلك يتم توسيع مجال القياس لمقياس الجهد باستخدام مجزئات الجهد أي المقاومة التي توصل على التسلسل مع المقاومة الداخلية لمقياس الجهد سواءً داخلياً او خارجياً حسب الشكل التالي:



و كما هو معروف أن التيار متساوي في أجزاء الدارة التسلسلية أي أن :

$$I = Im = Is$$

بينما الجهد هو الذي يتجزأ حسب قانون كيرشوف الثاني للجهد اي أن :

$$u = um + us$$

حيث :

u : هو الجهد المطلوب قياسه أو حسابه بعد عملية التوسيع (التكبير)

um : هو أعظم جهد يقيسه المقياس قبل التوسيع

us : هو الجهد المطبق على طرفي المقاومة Rs و الذي يدل على قيمة الجهد الذي قمنا بزيادته

- حسب قانون أوم :

$$um = Im \times Rm$$

$$us = Is \times Rs$$

و بما أن التيارات متساوية تصبح العلاقة بعد إجراء التقسيم us على um

$$\frac{us}{um} = \frac{Rs}{Rm}$$ لأن Im = Is

- علاقة الجهد الكلي $u = um + us$

نقوم بتقسيم علاقة الجهد الكلي على um فتصبح :

$$\frac{u}{um} = 1 + \frac{us}{um}$$

- و هنا يمكن استنتاج نسبة التكبير

$$n = \frac{u}{um}$$

أو بطريقة أخرى بالتعويض بقانون أوم :

$$n = 1 + \frac{Rs}{Rm}$$

و بالتالي نستنتج Rs :

$$Rs = Rm(n - 1)$$

و هي علاقة المقاومة المضاعفة للجهد الواجب وصلها على التسلسل مع المقاومة الداخلية لمقياس الجهد بغية تكبير مجاله

حيث :

Rm : هي المقاومة الداخلية لمقياس الجهد

n : نسبة التكبير

Rs : المقاومة المضاعفة للجهد

جهاز الآفومتر

حسب الرموز المختصرة سواءً بالعربية (أفو) أو بالإنكليزية (Avo)

و هذه الاختصارات تعني (أمبير- فولت – أوم) أو (Ampere – volt – ohm)

فهو يمكننا من قياس المقاومات و الجهود و التيارات (مستمرة او متناوبة)

و يقسم إلى نوعين:

- تمثيلي

- رقمي

جهاز الأفومتر التمثيلي

و هو بشكل عام يعتمد على حركية دارسونفال التي تعتمد على الجزء الثابت المتعلق بالتدريج و الجزء المتحرك المتعلق بالمؤشر أو إبرة القياس ، يمكن لهذا الجهاز قياس التيارات (متناوبة او مستمرة) و الجهود (متناوبة او مستمرة) دون الحاجة في هذين القياسين الى منع تغذية .

و يمكنه قياس المقاومات أيضاً و لكن في هذه الحالة شرط أساسي وجود منبع تغذية داخلي أو خارجي

ملاحظات هامة أثناء القياس باستخدام الأفو التمثيلي :

١. صفر تدريج قياس المقاومات في الأفومتر التمثيلي معاكس لصفر تدريج قياس التيار و ذلك لأن العلاقة بين التيار و المقاومة عكسية
٢. في المقاييس التمثيلية يجب ان نراعي قطبية المقياس عند قياس الجهود و التيارات المستمرة لأنه إذا لم تكن القطبية صحيحة سوف يتحرك المؤشر بالاتجاه العكسي إلى يسار الجهاز و هذه العملية سوف تؤدي إلى خلل في نوابض الإرجاع الداخلية مع التكرار مما يؤدي إلى فقدان التوازن بعض الشيء بالمؤشر أو نضطر للمعايرة في كل قياس
٣. في المقاييس التمثيلية هناك صعوبة بعض الشيء في قراءة قيمها و ذلك لتحويل القيمة المقاسة بما يناسبها على التدريج المناسب .
٤. أثناء عملية القياس يجب توخي الحذر و الدقة باختيار المجال المناسب (جهد او تيار او مقاومة) ، فيما يخص الجهد و التيار يجب الانتباه الى النوعية (مستمرة او متناوبة) و فيما يخص المقاومة الانتباه الى الوضع على المكان المناسب لقياسها.
٥. يجب وضع عامل ضرب المقياس لقياس أي متغير على قيمة قريبة منه او تساويه و عدم وضعها على قيم أصغر لأنها تؤدي الى زيادة اصطدام المؤشر و بالتالي خلل في نوابض الإرجاع

أجهزة القياس الرقمية

بشكل عام الأجهزة الرقمية هي التي تحوي معلنات رقمية تعطي أرقام او قيم محددة و أجهزة القياس الرقمية هي أجهزة تقوم بنفس العمل التي تقوم به أجهزة القياس التمثيلية و لكن طريقة عملها تختلف تماماً ففي أجهزة القياس التمثيلية كان مبدأ عملها على حركات ميكانيكية و ما شابه أما في أجهزة القياس الرقمية فيعتمد مبدأ عملها بالكامل على الدارات الالكترونية و أنواع و تراكيب الكترونية خاصة مثل الدارات المتكاملة (Ic) و تمتاز هذه الأجهزة عن التمثيلية بدقتها العالية و سهولة استخدامها .

جهاز الفولت الرقمي

جهاز الأمبير الرقمي

جهاز الآفومتر الرقمي

- يتألف هذا النوع من المقاييس من مجموعة من الدارات المتكاملة (Ic) إضافة الى ترانزستورات تأثير مجال Fet التي تستخدم كمكبر أول للمركبة المراد قياسها و يتميز الآفومتر الرقمي بدقته العالية و بإمكانية قراءة القيم المقاسة مباشرة بواسطة وحدات الإظهار الموجودة على واجهة الجهاز أما بالنسبة لانتخاب مجال القياس و نوع القياس فيتم بواسطة ضغط الأزرار المناسبة بنفس الطريقة التي يتم فيها اختيار مجال العمل و نوعية القياس بالإضافة الى عامل ضرب المقياس في مقياس الآفومتر التمثيلي إضافة الى ذلك يتميز هذا النوع من المقاييس بإمكانية قياس القيم السالبة للتيارات و الجهود حيث تظهر إشارة (-) على وحدات الإظهار الموجودة يمين الجهاز

- يستخدم في قياس الجهود و التيارات (المستمرة و المتناوبة) إضافة الى قياس قيم المقاومات و هناك بعض الأجهزة الرقمية التي تسمح بإمكانية قياس سعة المكثفات إضافة الى امكانية فحص عمل بعض الترانزستورات و الثنائيات .

ملاحظة تخص جهاز الأفو الرقمي

أثناء عملية القياس يجب توخي الدقة باختيار المجال المناسب (جهد أو تيار أو مقاومة) فيما يخص الجهد و التيار الانتباه أيضاً إلى نوعية (مستمرة أو متناوبة) و فيما يخص المقاومة الانتباه أيضاً إلى الوضع على المكان المناسب لقياسها و يجب وضع عامل ضرب المقياس لقياس أي متغير على قيمة قريبة منه أو تساويه و عدم وضعها على قيم أصغر

أجهزة القياس البيانية

هي الأجهزة التي تعتمد في طريقة عملها على قياس القيمة المطلوب قياسها و إظهارها بشكل منحنيات بيانية كجهاز راسم الإشارة

راسم الإشارة (oscilloscope)

مرسمة الاهتزاز او راسم الإشارة المهبطية او كاشف الاهتزاز كل هذه الاسماء تنطبق على جهاز راسم الإشارة حيث انه يسمح بإظهار ورسم جهد الإشارة بشكل مخطط ثنائي الأبعاد للجهد الكهربائي (على المحور العمودي) مقابل الزمن (على المحور الأفقي) و له مدخلان اي يستطيع رسم اشارتين مختلفتين وأما ان يرسم واحدة منهما فقط على شاشة العرض أو يعرضهما معا ويمكن عرض قيمة طرح الاشارتين أو ضربها.

- يعتبر راسم الإشارة من الأجهزة الهامة والمستخدمة بكثرة تُستخدم في دراسة أشكال الموجات للجهود وقيمها بمعنى أي كمية كهربائية تشمل القيمة والشكل فمن خلاله يمكن قياس الجهود المستمرة و الجهود المتناوبة و ذلك بعد معرفة المطال و وضعية مفتاح الجهد و لكن يجب الانتباه أثناء قياس الجهود المتناوبة أن الجهد الناتج يمثل القيمة اللحظية (الآنية)

$$V(t) = Vmax \times \sin(\omega t)$$

لذلك يجب تحويله إلى قيمته الفعالة و يتم ذلك بالتالي:

$$Veff = \frac{V(t)}{2\sqrt{2}} =$$

- و يمكنه أيضاً قياس دور الإشارة بمعرفة عدد المربعات العرضية و ضربها بمفتاح الدور

- كما يمكن لراسم الإشارة أيضاً قياس كل من التردد (التواتر) و التيار بطريقة غير مباشرة حيث يتم قياس التردد بمعرفة الدور و إجراء المقلوب له كما التالي :

$$f = \frac{1}{T}$$

كذلك يمكن قياس التيار بمعرفة قيمة الجهد المقروءة على راسم الإشارة و قيمة المقاومة و بعدها تطبيق قانون أوم .

الاستطاعة الكهربائية

الاستطاعة الكهربائية هي معدل تغير القدرة الكهربائية التي يولدها منبع كهربائي بالزمن إذا كانت استطاعة متولدة وهي معدل القدرة الكهربائية التي يستهلكها حمل ما إذا كانت استطاعة مستهلكة وهي تساوي إلى جداء التيار بالجهد بالنسبة للتيارات المستمرة وجداء التيار بالجهد اللحظيين بالتيارات المتناوبة وتقدر بالواط.

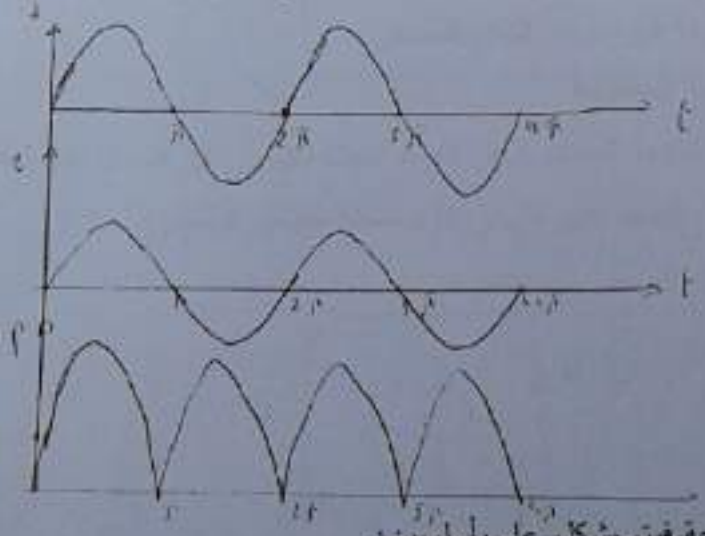
في التيارات المستمرة $P=U*I$

في التيارات المتناوبة تحكون الاستطاعة المقاسة هي القيمة المتوسطة لهذه الاستطاعة والتي تُعطى بالعلاقة:

$$Pd=1/T \int u*i\, dt - 1/T \int i R\, dt = Irms^2 R$$

أو $Pd=U I \cos \varphi$، حيث φ الزاوية بين الجهد والتيار

أي أن المنحنى المطلوب هو الذي يمثل جداء التيار خلال ملف التيار بمنحني الجهد الهابط عبر ملف الجهد وهو المساحة المحصورة الموجودة تحت جداء المنحنين.



أما قياس الاستطاعة فيتم بشكل عام بأسلوبين:

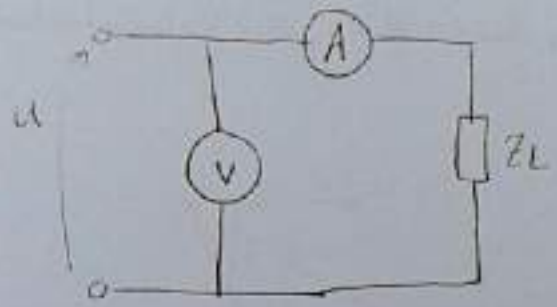
١- في الأسلوب الأول نفصل الحمل ونقيس الاستطاعة الواردة من المولد أو من خط النقل، وهنا يمكن لمقياس الاستطاعة امتصاص كامل الاستطاعة المتوفرة وذلك بهدف قياسها.

٢- هنا يتوجب قياس استطاعة الحمل الفعلية ولذلك يجب على مقياس الاستطاعة امتصاص أقل جزء ممكن من الاستطاعة الموجهة إلى الحمل.

هناك طرق الكترونية تقليدية وطرق حديثة تعتمد بشكل أساسي على وسائل تحقيق عملية ضرب قيمتي (i,v).

١- طريقة الفولتمتر والأمبير متر

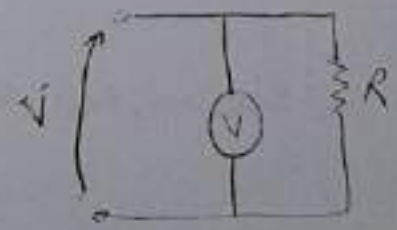
هي من أبسط طرق قياس الاستطاعة، يتم فيها قياس جهد وتيار الحمل بمقياسين منفصلين ثم يتم ضرب قيمتي القياس.



تستخدم هذه الطريقة في دارات التيار المستمر

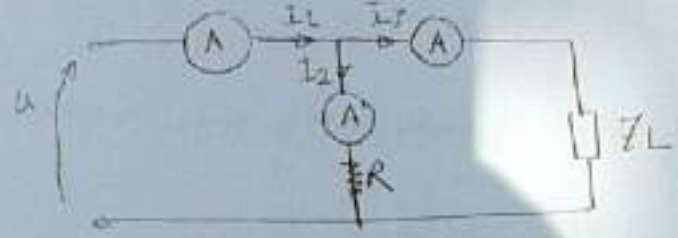
٢-طريقة المقاومة المعلومة

هنا يتم قياس الاستطاعة الصادرة عن المولد حيث نعوض عن الحمل ZL بمقاومة معلومة R ثم نقيس الجهد على طرفي R بواسطة مقياس فولتمتر



$$P=V*I=V^2/R$$

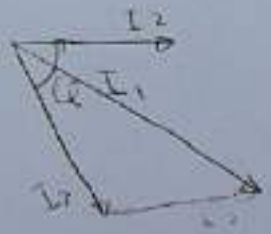
٣-طريقة ثلاث مقاييس أمبير متر



الاستطاعة المستهلكة في الحمل هي:

$PL=U*I_3\cos$

من أجل حسابها نلجأ إلى المخطط الشعاعي للتيارات المقاسة بواسطة المقاييس الثلاثة:



من هذا المخطط يمكن كتابة: $I_1=I_2+I_3+2I_2I_3\cos\varphi$

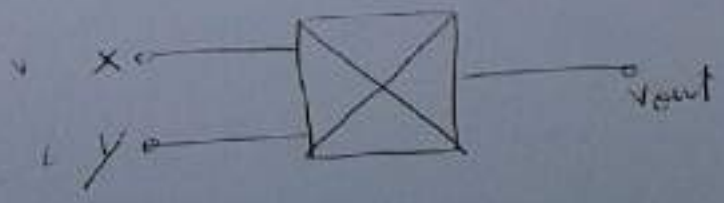
$I_2=U/R$، ومنه تصبح العلاقة السابقة على الشكل:

$I_1=I_2+I_3+2(U/R)I_3\cos\varphi$، نعوض PL في العلاقة السابقة:

$PL=(R/2)(I_1-I_2-I_3)$، ومنه $I_1=I_2+I_3+2PL/R$

٤-الطرق التمثيلية الحديثة:

تعتمد هذه الطرق على تنفيذ عملية الضرب بين الجهد والتيار بشكل تمثيلي وذلك للحصول على الاستطاعة.



يحتوي المضارب على عدة مكبرات عمليات إضافة إلى عناصر اخرى مجتمعة ضمن دارة متكاملة.

الخرج الناتج يكون متناسب مع استطاعة الحمل

.Vout=KPL

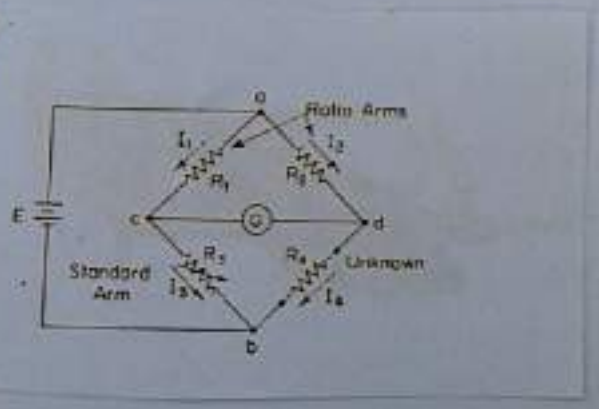
جسر وانستون في التيار المستمر

يستخدم جسر القياس لمقارنة القيمة المراد قياسها (القيمة المجهولة) مع قيمة معروفة بدقة عالية أو قيمة معيارية. دقة هذه الجسور عالية كونها تستخدم الكاشف الصفري لبيان حالة التوازن للجسر.

تتعلق دقة الجسر مباشرة بدقة العناصر المكونة لأذرعه.

مبدأ العمل لجسر وستون

يتألف الجسر من أربع أذرع مقاومة مع منبع جهد مستمر وكاشف صفري وغالباً ما يكون عبارة عن مقياس غلفاني.



يعتمد التيار المار عبر المقياس الغلفاني على فرق الجهد الهابط بين النقطتين (CD). نقول أن الجسر متوازن عندما يكون فرق الجهد الهابط عبر المقياس الغلفاني يساوي الصفر. عند هذه الحالة لا يمر أي تيار عبر المقياس الغلفاني وبالتالي يكون

$$V_{ac} = V_{ad}$$
$$V_{cb} = V_{db}$$
$$I_1 R_1 = I_3 R_3$$
$$I_1 = I_3 = \frac{E}{R_1 + R_3}$$
$$I_2 = I_4 = \frac{E}{R_2 + R_4}$$
$$\frac{R_1}{R_1 + R_3} = \frac{R_2}{R_2 + R_4}$$
$$R_1 R_4 = R_2 R_3$$

بفرض أن المقاومة المجهولة Rx هي المقاومة R4

$$R_x = R_4 = R_3 \frac{R_2}{R_1}$$

يمكن لجسر وتستون قياس مقاومات ضمن المجال بضعة اومات إلى عدة ميغا أوم. الحدود العليا تتمثل بحساسية المقياس الغلفاني حيث انه كلما زادت قيمة المقاومة المراد قياسها كلما زادت المقاومة المكافئة وبالتالي نقص التيار المار في المقياس الغلفاني. اما الحدود الدنيا للجسر هي بسبب مقاومات أسلاك التوصيل.

تطبيقات جسر وتستون

حلقة الاختبار ميري

غالباً ما يستخدم جسر وتستون المحمول لتحديد مكان العطل في كابلات التوصيل المتعددة النواقل مثل خطوط نقل القدرة، خطوط الهاتف بواسطة حلقة الاختبار ميري. تستخدم هذه الحلقة لتحديد موقع دارة القصر أو المقاومة المنخفضة بين ناقلين و الأرض.

٢ -٢- ٤- استخدام جهاز دارسونفال ذي الملف المتحرك في دوائر التيار المتردد

D'Arsonval Meter in Alternating Current Circuits

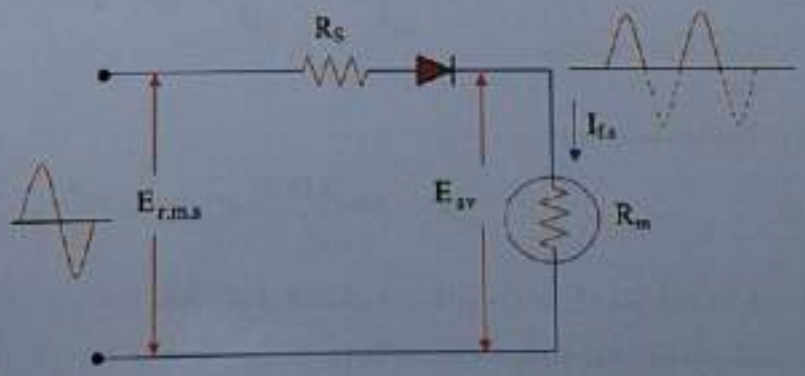
في الجزء السابق رأينا كيف يستخدم جهاز دارسونفال ذا الملف المتحرك لقياس التيار والجهد المستمر بالإضافة إلى قياس قيمة مقاومة مجهولة. وفي هذا الجزء سوف نناقش كيفية استخدام نفس الجهاز لقياس التيار والجهد المتردد.

ولكي نستطيع قياس التيار المتردد باستخدام جهاز القياس ذي الملف المتحرك والذي سبق شرحه، يجب أولا تعديل الجهاز بحيث يناسب إمكانياته، حيث أنه، وكما شرحنا سابقاً، يتأثر باتجاه التيار وينحرف بناء على هذا الاتجاه. وعلى هذا، فلو استخدمنا الجهاز مباشرة لقياس التيار المتردد، فسوف يتعرض الجهاز لعزم انحراف في اتجاه ما في حالة نصف الموجة الموجب، وسوف يتعرض إلى عزم انحراف في اتجاه معاكس في حالة نصف الموجة السالب، وتكون المحصلة عدم انحراف المؤشر، وذلك لتساوي العزمان. أي أنه يتأثر بعزم انحراف يساوي صفر في هذه الحالة (وهي القيمة المتوسطة للموجة الكاملة للتيار المتردد). ولذلك سوف نلجأ إلى توحيد أو تقويم التيار المتردد (rectification) باستخدام الثنائي الموحد(diode rectifier)، للحصول على تيار أحادي الاتجاه.

٢ -٢- ٤- ١ استخدام جهاز دارسونفال ذو الملف المتحرك مع توحيد نصف موجة

D'Arsonval Meter with Half Wave Rectification

إذا أضفنا الثنائي الموحد إلى دائرة قياس الجهد المستمر والتي سبق شرحها، سوف نحصل على الدائرة الموضحة في شكل رقم (٢ -١٠) والتي يمكن عن طريقها قياس الجهد المتردد، ويطلق عليها دائرة توحيد نصف موجة.



شكل رقم (٢ -١٤) دائرة توحيد نصف الموجة

وسوف يتعرض الجهاز في هذه الحالة إلى عزم انحراف في حالة نصف الموجة الموجب، ثم لا يتعرض لأي عزم انحراف في حالة النصف الآخر للموجة.

وعزم الانحراف اللحظي في هذه الحالة (حالة الموجة الكاملة) يتغير، تبعاً للموجة، من قيمة الصفر إلى قيمة عظمى ثم الصفر مرة أخرى لفترة زمنية تعادل نصف الموجة وهكذا. وعلى هذا يمكن اعتبار عزم الانحراف الخاص بالموجة الكاملة هو القيمة المتوسطة لها.

وحيث إن جهاز القياس يقيس القيمة المتوسطة (E_{av}) فإنه يلزم معايرة تدريج الجهاز ليقرأ القيمة الفعالة (E_{rms}) ويكون ذلك كما يلي:

$$\because E_{av} = \frac{E_{max}}{\pi} = 0.318\,E_{max} \qquad (٢-٣٦)$$

$$\because E_{r.m.s} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} \quad , \therefore E_{max} = 1.414\,E_{r.m.s} \qquad (٢-٣٧)$$

$$\therefore E_{av} = 0.318 \times 1.414\,E_{r.m.s} = 0.45\,E_{r.m.s} \qquad (٢-٣٨)$$

$$\therefore E_{r.m.s} = \frac{E_{av}}{0.45} = 2.22\,E_{av} \qquad (٢-٣٩)$$

ويقال عن العدد[٢.٢٢]، بأنه معامل الشكل (form factor) وهو النسبة بين القيمة الفعالة والقيمة المتوسطة. وبالتالي فإنه عندما يقيس جهاز القياس القيمة المتوسطة ، يتم معايرة تدريجه ليقرأ القيمة الفعالة وذلك بضرب قيمة ما يقيسه في معامل الشكل ليعطى القيمة الفعالة مباشرة.

ويمكن حساب مقاومة التوالي (R_s) كما يلي:

$$R_T = R_S + R_m = \frac{E_{d.c}}{I_{d.c}} = \frac{0.45\,E_{r.m.s}}{I_{d.c}} \qquad (٢-٤٠)$$

حيث:

R_T : هي المقاومة الكلية لمقسم الجهد.

$$R_S = \frac{E_{d.c}}{I_{d.c}} - R_m = \frac{0.45\,E_{r.m.s}}{I_{d.c}} - R_m \qquad (٢-٤١)$$

ومن المعادلة السابقة رقم (٢ -٤١)، وبالمقارنة بالمعادلة رقم(٢ -٣٨) يتضح أن حساسية الجهاز لقراءة الجهد المستمر تختلف عن حساسيته لقراءة الجهد المتردد، حيث لو فرض أن أقصى انحراف للمؤشر هو عند جهد مستمر قدره ١٠ V، ففي حالة قياس جهد متردد قيمته الفعالة ١٠ V فإن الجهاز

سوف يشعر بقيمة متوسطة للجهد قدرها V ٤.٥ فقط، وعلى هذا فإن العلاقة بين حساسية الجهاز لقراءة التيار المستمر وحساسيته لقراءة التيار المتردد تعطى من العلاقة الآتية:

$$S_{a.c} = 0.45 S_{d.c} \qquad (٢-٤٢)$$

وبالتالي يمكن حساب المقاومة الكلية R_T كما يلي:

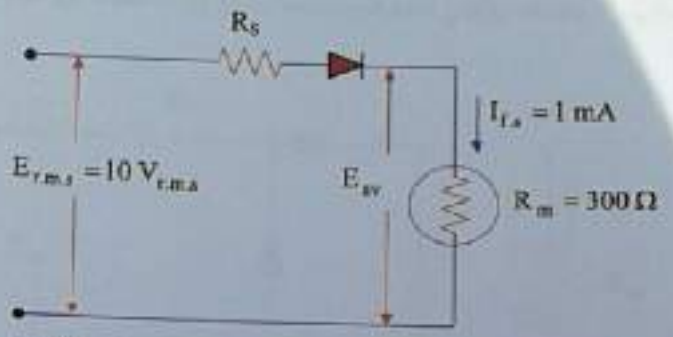
$$R_T = \frac{E_{d.c}}{I_{d.c}} = S_{d.c} E_{d.c} \qquad (٢-٤٣)$$

$$R_T = \frac{0.45\, E_{r.m.s}}{I_{d.c}} = 0.45 S_{d.c}\, E_{r.m.s} = S_{a.c} E_{r.m.s} \qquad (٢-٤٤)$$

$$\therefore R_T = R_S + R_m = S_{d.c}\, E_{d.c} = S_{a.c}\, E_{r.m.s} \qquad (٢-٤٥)$$

مثال رقم (٢ -٦)

احسب المقاومة المتوالية لجهاز دارسونفال ذي الملف المتحرك (المبين بالشكل رقم (٢ -١٢)) والمعدل لقراءة جهد متردد بطريقة التوحيد النصف موجي، وذلك في حالة مدى القياس $10\ V_{r.m.s}$.



شكل رقم (٢ -١٥) دائرة قياس الجهد الكهربائي المتردد للمثال رقم (٢ -٦).

الحل:

نبدأ بحساب القيمة المتوسطة للجهد بعد توحيده بتطبيق المعادلة رقم (٢ -٣٨):

$$E_{av} = E_{dc} = 0.45\,E_{r.m.s} = 0.45 \times 10 = 4.5\ V$$

ثم نحسب قيمة حساسية الجهاز لقراءة الجهد المستمر بتطبيق المعادلة رقم (٢ -٣٦):

$$S_{d.c} = \frac{1}{I_{FS}} = 1000\ \Omega/V = 1\ k\Omega/V$$

ويمكن كذلك حساب قيمة حساسية الجهاز لقراءة الجهد المتردد بتطبيق المعادلة رقم (٢ -٤٢):

$$S_{a.c} = 0.45\,S_{d.c} = 0.45 \times 1\ k\Omega/V = 0.45\ k\Omega/V$$

ثم نحسب قيمة المقاومة الكلية بتطبيق المعادلة رقم (٢ -٤٥):

$$R_T = R_S + R_m = S_{d.c} \times E_{d.c} = 1\ k\Omega/V \times 4.5\ V = 4.5\ k\Omega$$

أو:

$$R_T = R_S + R_m = S_{a.c} \times E_{r.m.s} = 0.45\ k\Omega/V \times 10\ V = 4.5\ k\Omega$$

ومنها نحسب قيمة المقاومة المتوالية:

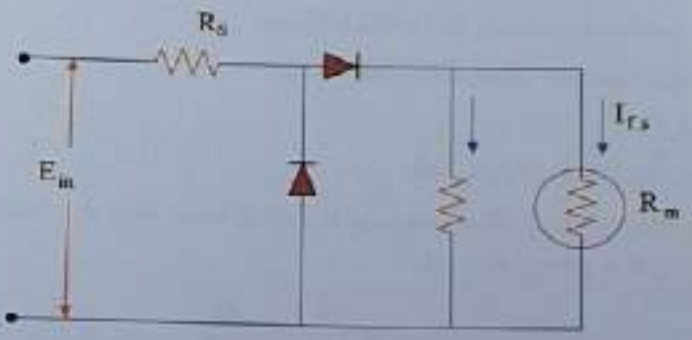
$$R_S = 4.5\ k\Omega - 300\ \Omega = 4.5\ k\Omega - 0.3\ k\Omega = 4.2\ k\Omega$$

$R_S = \frac{0.45\,V_{rms}}{I_{dc}} - R_A = \frac{0.45 \times 10}{1 \times 10^{-3}} - 300 =$

أو بحساب المقاومة مباشرة:

$$R_S = \frac{0.45\,E_{rms}}{I_{d.c}} - R_m = \frac{0.45 \times 10}{1 \times 10^{-3}} - 300 = 4200\,\Omega = 4.2\,k\Omega$$

بالنسبة للأجهزة ذات الملف المتحرك والمنتجة تجاريا والتي تستخدم لقياس الجهد المتردد عن طريق توحيد نصف الموجة، يستخدم ثنائي إضافي ومقاومة توازي (R_{sh}) كما هو موضح في شكل رقم (٢ - ١٦).



شكل رقم (٢ -١٦) دائرة توحيد نصف الموجة باستخدام موحدين لتحسين الخطية.

الثنائي الموحد الذي تم إضافته (D_2) يكون موصلا توصيلا عكسيا (reverse-biased) في النصف الموجب من الموجة، وليس له تقريبا اي تأثير على أداء الدائرة. في النصف السالب من الموجة، يكون الموحد (D_2) موصلا توصيلاً أماميا (forward-biased)، ويمثل مساراً آخر لتيار التسرب العكسي (reverse-biased leakage current)، والذي عادة يمر في الملف المتحرك والموحد (D_1). والغرض من مقاومة التوازي (R_{sh}) هو زيادة التيار المار خلال الموحد (D_1) في النصف الموجب من الموجة، وبالتالي يعمل الموحد (D_1) في المنطقة الخطية من منحنى الخواص له.

مثال رقم (٢ -٧)

لجهاز دارسونفال ذي الملف المتحرك (المبين بالشكل رقم (٢ -١٧)) والمعدل لقراءة جهد متردد بطريقة التوحيد النصف موجي، مقدار المقاومة الأمامية لكل ثنائي توحيد ٥٠Ω و قيمة لانهائية للمقاومة العكسية.

احسب ما يأتي:

(١) قيمة المقاومة المتوالية R_S.

(٢) قيمة حساسية الجهاز لقراءة الجهد المستمر.

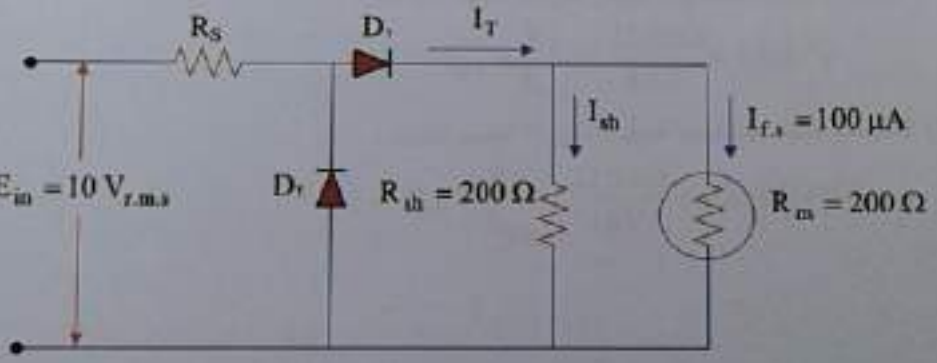
(٣) قيمة حساسية الجهاز لقراءة الجهد المتردد.

الحل:

(١) لحساب قيمة المقاومة المتوالية R_S:

فرع المقاومة الموازية لجهاز القياس يقع عليها نفس فارق الجهد كما على الجهاز:

$$I_{f.s} \times R_m = I_{sh} \times R_{sh}$$



شكل رقم (٢ -١٧) دائرة قياس الجهد الكهربائي المتردد للمثال رقم (٢ -٧).

إذن، يمكن حساب قيمة التيار في المقاومة المتوازية I_{sh} كما يلي:

$$I_{sh} = \frac{I_{FS} \times R_m}{R_{sh}} = \frac{100\,\mu A \times 200\,\Omega}{200\,\Omega} = 100\,\mu A$$

ثم نحسب قيمة التيار الكلي I_T كما يلي:

$$I_T = I_{FS} + I_{sh} = 100\,\mu A + 100\,\mu A = 200\,\mu A$$

ونحسب القيمة المتوسطة للجهد بعد توحيده كما يلي:

$$E_{d.c} = E_{av} = 0.45 \times E_{r.m.s} = 0.45 \times 10\,V = 4.5\,V$$

ومنه نحسب المقاومة الكلية R_T كما يلي:

$$R_T = \frac{E_{d.c}}{I_T} = \frac{4.5\,V}{200\,\mu A} = 22.5\,k\Omega$$

وهذه المقاومة الكلية عبارة عن مجموع الثلاثة مقاومات R_S, R_d بالإضافة إلى المقاومة المكافئة لتوازي المقاومة الداخلية للجهاز R_m والمقاومة المتوازية R_{sh}:

$$R_T = R_S + R_d + \frac{R_m \times R_{sh}}{R_m + R_{sh}}$$

ومن ثم نحسب قيمة المقاومة المتوالية R_S كما يلي:

$$R_S = R_T - R_d - \frac{R_m \times R_{sh}}{R_m + R_{sh}}$$

$$R_S = 22.5\,k\Omega - 50\Omega - \frac{200\,\Omega \times 200\,\Omega}{200\,\Omega + 200\,\Omega} = 22.35\,k\Omega$$

(٢) لحساب قيمة حساسية الجهاز لقراءة الجهد المستمر:

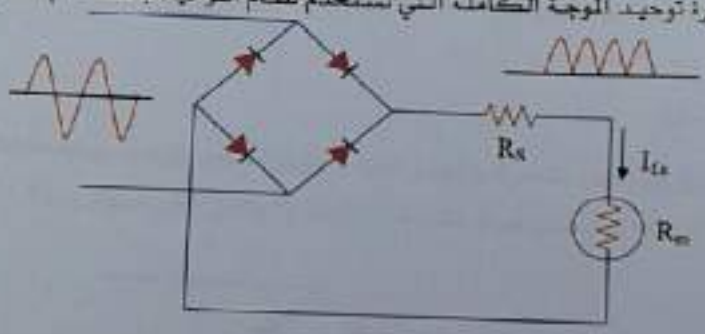
$$S_{d.c} = \frac{R_T}{E_{d.c}} = \frac{22.5\,k\Omega}{4.5\,V} = 5\,k\Omega/V$$

(٣) لحساب قيمة حساسية الجهاز لقراءة الجهد المتردد:

$$S_{a.c} = \frac{R_T}{E_{a.c}} = \frac{22.5\,k\Omega}{10\,V} = 2.25\,k\Omega/V$$

٢ -٣ -٤ -٢ استخدام جهاز دارسونفال ذي الملف المتحرك مع توحيد موجة كاملة
D'Arsonval Meter with Full Wave Rectification

عند استخدام أجهزة قياس دارسونفال ذات الملف المتحرك في دوائر التيار المتردد بطريقة التوحيد النصف موجي ظهرت بعض العيوب أهمها انخفاض حساسية الجهاز لقراءة الجهد المتردد قياسا بحساسيته لقياس الجهد المستمر. ولمعالجة هذه العيوب التي نشأت نتيجة التوحيد النصف موجي، فمن الأفضل استخدام توحيد الموجة الكاملة وذلك لرفع حساسية الجهاز لقراءة الجهد المتردد. شكل رقم (٢ -١٨) يوضح دائرة توحيد الموجة الكاملة التي تستخدم نظام التوحيد باستخدام قنطرة التوحيد (bridge rectifier).



شكل رقم (٢ -١٨) دائرة توحيد الموجة الكاملة المستخدمة لقياس الجهد المتردد.

ويلاحظ هنا أن نصف الموجة السالب قد أصبح موجباً، وعليه سوف يتعرض الجهاز في هذه الحالة إلى عزم انحراف متساو في كل نصف موجة موجب. وعزم الانحراف اللحظي في هذه الحالة (حالة الموجة الكاملة) يتغير، تبعاً للموجة، من قيمة الصفر إلى قيمة عظمى ثم الصفر خلال فترة زمنية تعادل نصف الموجة ويتكرر هذا باستمرار. وعلى هذا يمكن اعتبار عزم الانحراف الخاص بالموجة الكاملة هو القيمة المتوسطة لها الذي يتساوى في نفس الوقت مع القيمة المتوسطة لنصف الموجة.

وحيث إن جهاز القياس يقيس القيمة المتوسطة والتي تساوي:

$$\therefore E_{av} = \frac{2}{\pi} E_{max} = 0.636\, E_{max} \qquad (٢ -٤٦)$$

$$\therefore E_{max} = 1.414\, E_{r.m.s} \qquad (٢ -٤٧)$$

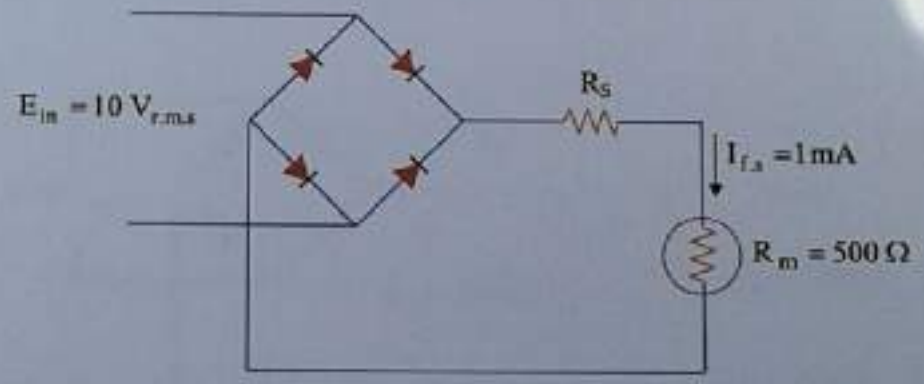
$$\therefore E_{av} = 0.636 \times 1.414\, E_{r.m.s} = 0.9\, E_{r.m.s} \quad (٢-٤٨)$$

$$\therefore E_{r.m.s} = \frac{E_{av}}{0.9} = 1.11\, E_{av} \quad (٢-٤٩)$$

وبالتالي فإن العدد [١.١١] هو النسبة بين القيمة الفعالة والقيمة المتوسطة أو ما يطلق عليه معامل الشكل، وبالتالي فإنه عندما يقيس جهاز القياس القيمة المتوسطة، يتم معايرة تدريجه ليقرأ القيمة الفعالة وذلك بضرب قيمة ما يقيسه في معامل الشكل ليعطى القيمة الفعالة مباشرة. وبسبب تصحيح القراءة بضربها في معامل الشكل الخاص بالموجة الجيبية، فإن التدريج لا يكون مناسبا لقراءة القيمة الفعالة إلا إذا كان التيار المتردد جيبي الموجة، أي أنه غير صالح لقياس الأنواع الأخرى من الأشكال الموجية.

مثال رقم (٢ -٨)

جهاز دارسونفال ذو الملف المتحرك والمعدل لقراءة التيار المتردد بتوحيد موجة كاملة كما هو موضح بشكل رقم (٢ -١٩)، احسب قيمة المقاومة المتوالية، إذا كان دخل الجهاز $10\ V_{r.m.s}$.



شكل رقم (٢ -١٩) دائرة قياس الجهد الكهربائي المتردد للمثال رقم (٢ -٨).

الحل:

نبدأ بحساب حساسية الجهاز لقراءة الجهد المستمر:

$$S_{d.c} = \frac{1}{I_{FS}} = \frac{1}{1\,mA} = 1\,k\Omega/V$$

ثم نحسب القيمة المتوسطة للجهد بعد توحيده:

$$E_{d.c} = 0.9 \times E_{r.m.s} = 0.9 \times 10\ V_{r.m.s} = 9\ V$$

ثم من قانون المقاومة الكلية:

$$R_T = S_{d.c} \times E_{d.c} = 1k\Omega/V \times 9\,V = 9\,k\Omega = R_S + R_m$$

$$\therefore R_S = 9\,k\Omega - 500\,\Omega = 8.5\,k\Omega$$

مثال رقم (٢ -٩)

جهاز دارسونفال ذو الملف المتحرك والمعدل لقراءة التيار المتردد بتوحيد موجة كاملة كما هو موضح بشكل رقم (٢ -٢٠)، إذا كانت مقاومة الموحد الثنائي الأمامية ٥٠ Ω ومقاومته العكسية لانهائية، احسب:

(أ) قيمة المقاومة المتوالية R_S.

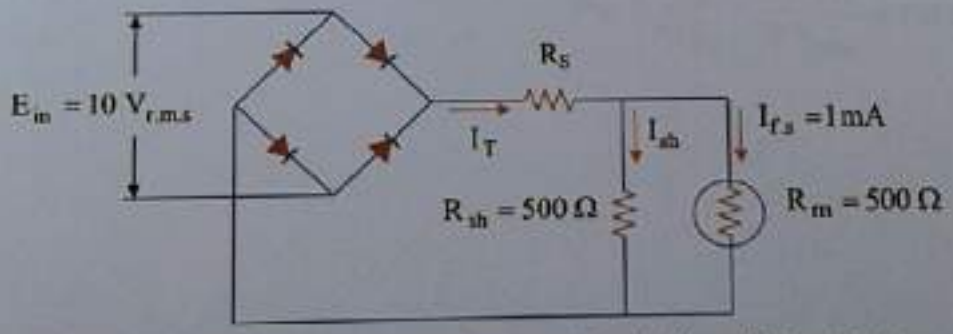
(ب) قيمة حساسية الجهاز لقراءة الجهد المستمر.

(ج) قيمة حساسية الجهاز لقراءة الجهد المتردد.

الحل

(أ) لحساب قيمة المقاومة المتوالية R_S نبدأ بحساب القيمة المتوسطة للجهد بعد توحيده:

$$E_{d.c} = 0.9 \times E_{r.m.s} = 0.9 \times 10\,V_{r.m.s} = 9\,V$$



شكل رقم (٢ -٢٠) دائرة قياس الجهد الكهربائي المتردد للمثال رقم (٢ -٩).

ثم نحسب قيمة التيار الموازي المار في المقاومة الموازية للجهاز:

$$I_{sh} \times R_{sh} = I_m \times I_m = 1\,mA \times 500\,\Omega = 0.5\,V$$

$$I_{sh} = \frac{0.5\,V}{500\Omega} = 1\,mA$$

وبجمع التيارين نحصل على التيار الكلي I_T:

$$I_T = I_m + I_{sh} = 1\,mA + 1\,mA = 2\,mA$$

ثم نحسب قيمة المقاومة الكلية R_T:

$$R_T = \frac{E_{d.c}}{I_T} = \frac{9\,V}{2\,mA} = 4.5\,k\Omega$$

ثم نحسب قيمة المقاومة المتوالية R_S:

$$R_T = R_S + 2R_d + \frac{R_m R_{sh}}{R_m + R_{sh}}$$

$$4.5\,k\Omega = R_S + 2 \times 50 + \frac{500\,\Omega \times 500\,\Omega}{500\,\Omega + 500\,\Omega}$$

$$R_S = 4.5\,k\Omega - 350\,\Omega = 4.15\,k\Omega$$

(ب) لحساب قيمة حساسية الجهاز لقراءة الجهد المستمر:

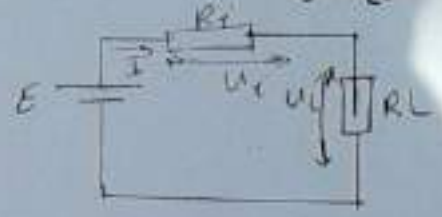
$$R_T = S_{d.c} \times E_{d.c}$$

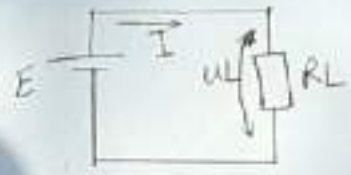
$$S_{d.c} = \frac{R_T}{E_{d.c}} = \frac{4.5\,k\Omega}{9\,V} = 500\,\Omega/V$$

(ج) لحساب قيمة حساسية الجهاز لقراءة الجهد المتردد:

$$S_{a.c} = \frac{R_T}{E_{r.m.s}} = \frac{4.5\,k\Omega}{10\,V_{r.m.s}} = 450\,\Omega/V$$

المقاومة الداخلية لمنابع القدرة





الحالة المثالية

عادة تهمل مقاومة المنبع في الحسابات ويتم اعتبار E=UL، لكن في الحقيقة يكون لمنابع القدرة مقاومة داخلية ناتجة عن المعادن المستخدمة هي Ri تؤدي إلى خطأ في القياس.

بفرض لدينا منبع كهربائي استطاعته P وقوته المحركة الكهربائية هي E.

$$P=E*I$$

في الحالة المثالية يكون $E=UL=I*RL$

أي أن E ثابتة مهما تغيرت مقاومة الحمل RL، لكن في الحقيقة مع تزايد الحمل نلاحظ هبوطاً في قيمة UL والسبب في ذلك أن زيادة RL تؤدي إلى زيادة تيار الحمل I مما يؤدي إلى زيادة هبوط الجهد على Ri أي زيادة Ui.

$$E=I(Ri+RL)$$
$$UL=E-Ri$$

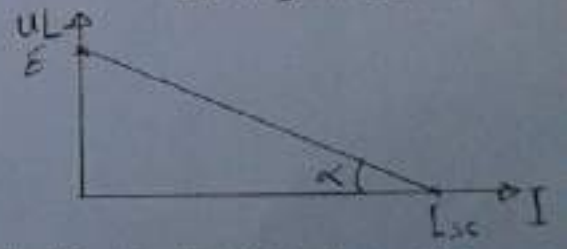
هناك حالتين للدارة:

1- حالة الدارة المفتوحة $RL=\infty$ I=0 UL=E

2- حالة القصر RL=0 I=Isc UL=0

$$Isc=\frac{E}{Ri}$$

$$tg\alpha=\frac{E}{Isc}=Ri$$



مثال: منبع له E=16[v] ومقاومة الحمل [RL=10[k من أجل Isc=5[mA] ما هي قيمة المقاومة الداخلية للمنبع Ri؟

Ri=tgα=16[v]/5[mA]

ملحق لراسم الإشارة (البياني)

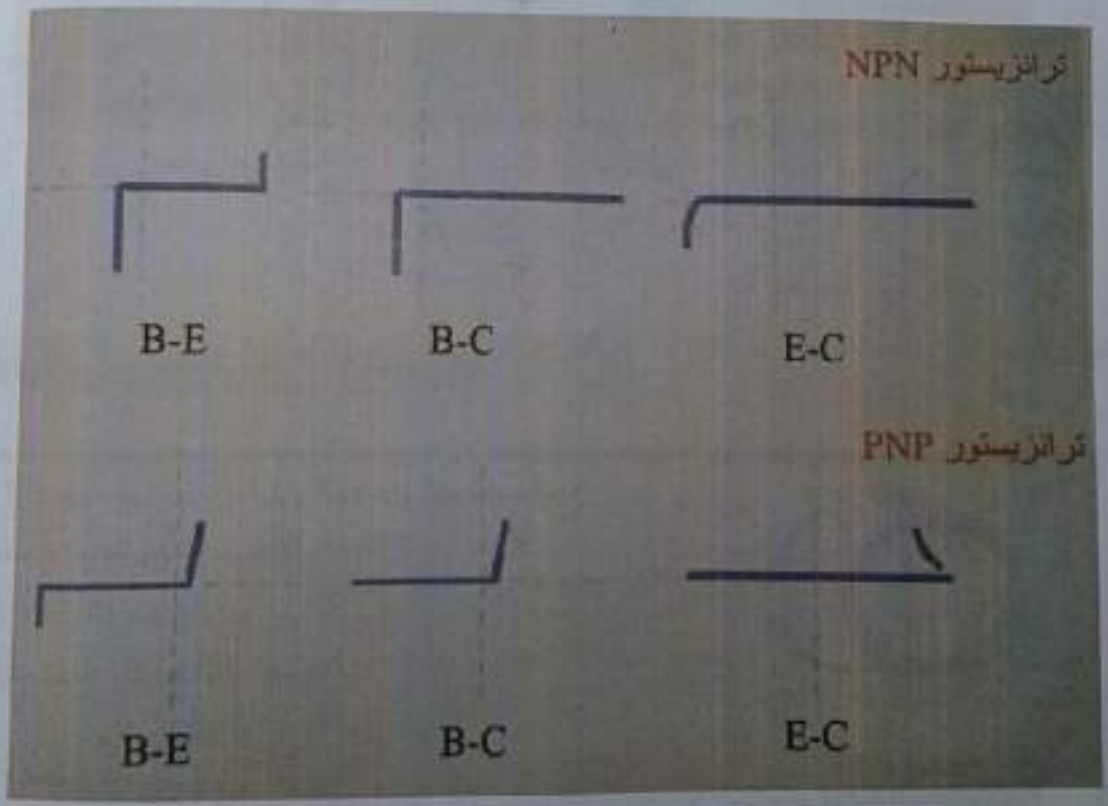
* - فحص العناصر

يستخدم راسم الإشارة HM604 لفحص العناصرالإلكترونية مثل الديودات و الترانزستورات والمقاومات والمكثفات والملفات وتفحص جميع هذه العناصر خارج الدارة .

نضغط الزر (COMPONENT TESTER) لإيقاف المكبر الأولي العمودي ومولد قاعدة الزمن .

في نظام عمل CT يعمل فقط مفتاح التحكم بالشعاع الإلكتروني (حدة الشعاع – البؤرة) X-POS وباقي المفاتيح جميعها لايكون لها أثر .

نتائج فحص الترانزستورات :(NPN-PNP)



نماذج الفحص لأنواع مختلفة من العناصر: