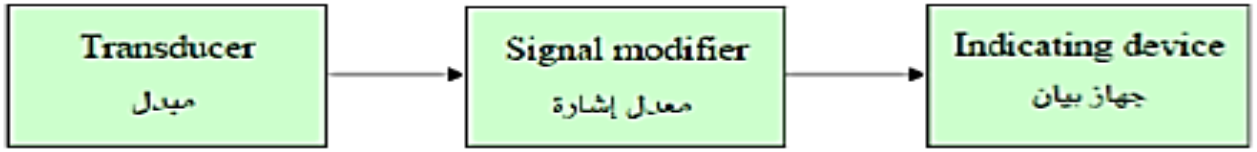
جامعة الفرات الأوسط
المعهد التقني / نجف
قسم تقنيات الالكترونيك والاتصالات
المادة : أجهزة قياس
أستاذ المادة : م.م. علي ناصر جمال الدين
المحاضرة 2

أجهزة القياس الالكترونية

٧ عناصر أجهزة القياس الإلكترونية Elements of Electronic Instruments

تتكون أجهزة القياس الإلكترونية من العناصر المبينة بشكل رقم (١ -١). وهذه العناصر هي:



شكل رقم (١ -١) عناصر جهاز القياس الإلكتروني

(١) محول طاقة Transducer: لتحويل الكميات المقاسة غير الكهربائية إلى كميات كهربائية

(٢) معدل إشارة Signal Modifier: لتعديل الإشارة الكهربائية الآتية من محول الطاقة ليجعلها مناسبة للتطبيق على جهاز البيان. فقد تكون الإشارة الكهربائية مثلاً صغيرة ويتطلب ذلك تكبيرها لكي يستطيع جهاز البيان أن يشعر بها فهو يعمل في هذه الحالة كمكبر للإشارة؛ والعكس صحيح أيضا، فقد تكون الإشارة الكهربائية كبيرة ويتطلب ذلك تخفيضها إلى الدرجة التي يتحملها جهاز البيان فهو يعمل في هذه الحالة كمخفض للإشارة.

(٣) جهاز بيان Indicating Device: وهو جهاز قياس كهربائي عادي ذو ملف متحرك ومؤشر وتدريج مثل جهاز قياس الجهد الكهربائي (Voltmeter) أو جهاز قياس التيار (Ammeter).

وأجهزة القياس الإلكترونية تستخدم في العادة لقياس إما الكميات الكهربائية المباشرة مثل: الجهد الكهربائي والتيار الكهربائي والمقاومة الكهربائية أو الكميات الفيزيائية بعد تحويلها عن طريق المبدل إلى كمية كهربائية مثل: الضغط الجوي، درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، مستوى الصوت، مستوى الإضاءة أو العديد من الكميات الفيزيائية الأخرى. إلا أنه في جميع الأحوال فإن انحراف مؤشر الجهاز يكون بسبب تدفق التيار الكهربائي في ملف الجهاز ويعاير تدريج الجهاز ليقرأ الكمية الفيزيائية المنوط بالجهاز قياسها.

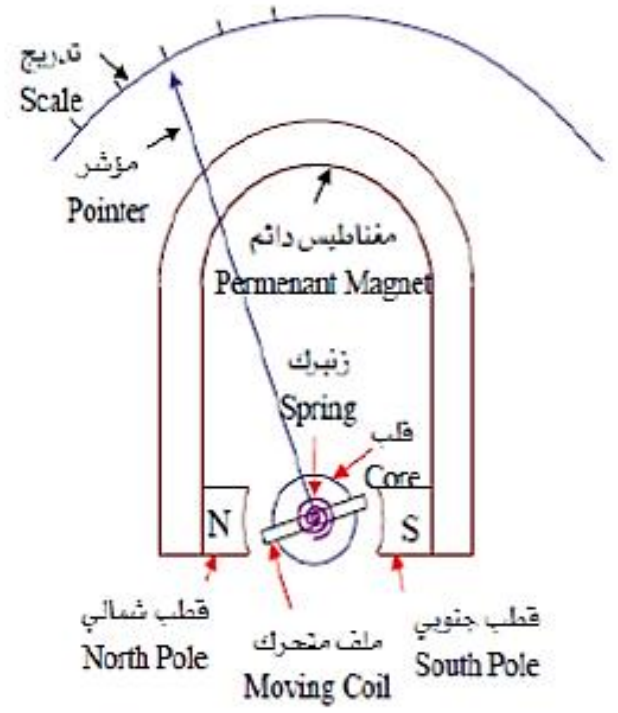
أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتردد

جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك (الكلفانومتر)

ما يزال جهاز دارسونفال ذو الملف المتحرك يستخدم على نطاق واسع في عمليات القياس الكهربائية حتى الآن، ولذلك سوف ندرس بالتفصيل: تركيبه ونظرية عمله.

تركيب جهاز دارسونفال ذو الملف المتحرك (الكلفانومتر)

يتكون جهاز دارسونفال ذو الملف المتحرك، كما هو مبين بشكل من مغناطيس دائم على شكل حدوة الفرس (horseshoe)، ينتهي بقطبين مصنعين من الحديد المطاوع (soft iron)، ما بين القطبين الشمالي والجنوبي مثبت قلب أسطواني الشكل مصنع من الحديد المطاوع، حيث يتحد معه في المحور ملف كهربائي مصنع من أسلاك كهربائية دقيقة، وملفوف على إطار معدني خفيف مستطيل الشكل قابل للحركة على محور بقاعدة مصنعة من العقيق لتسهيل حرية الحركة. ومثبت على الإطار المعدني مؤشر خفيف يدور مع الملف حيث يؤشر على تدريج يبين مقدار الحركة التي قطعها الملف في حركته، وبعاكس حركة الملف زنبرك مثبت في الجهاز لموازنة حركة الملف و المؤشر.



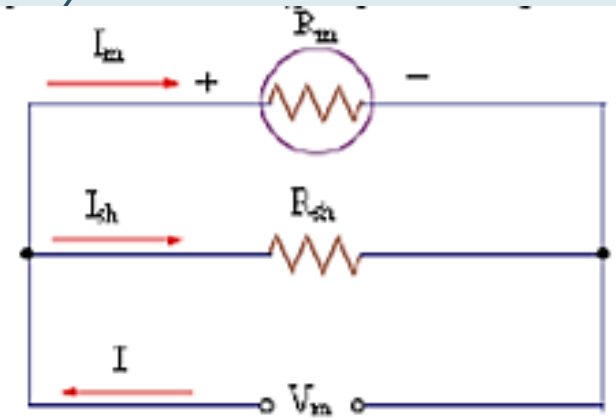
تركيب جهاز دارسونفال ذي الملف المتحرك.

نظرية تشغيل جهاز دارسونفال ذو الملف المتحرك

عند توصيل التيار الكهربائي المراد قياسه إلى الجهاز، يمر تيار في الملف، ولذلك يتولد مجال مغناطيسي حول الملف، ويتداخل هذا المجال مع المجال المغناطيسي الناشئ عن المغناطيس الدائم مسبباً قوة بين المغناطيسين. وبما أن المغناطيس الدائم ثابتاً أيضاً في موقعه وليس فقط في قيمة مجاله، يؤدي ذلك إلى أن القوة المتبادلة بين المغناطيسين تقع كلها على الملف حيث إنه قابل للحركة حول محوره فتسبب له عزم انحراف، فينحرف الملف ويحرك معه المؤشر. ويتناسب عزم الانحراف مع شدة كل مجال من المجالين. وحيث إن المجال الناتج عن المغناطيس الدائم ثابت القيمة، فإن عزم الانحراف يتناسب مع المجال المغناطيسي الناشئ عن الملف، أي مع التيار المار في الملف، ولهذا فإن تدريج هذا الجهاز يكون منتظما من الصفر حتى نهاية التدريج.

استخدام جهاز دارسونفال ذو الملف المتحرك في دوائر التيار المستمر

يستخدم جهاز القياس ذو الملف المتحرك في الأساس كجهاز لقياس التيار المستمر، حيث مرور التيار في الملف يسبب حركة الملف والمؤشر. وبما أن الملف مصنع من أسلاك دقيقة للغاية، فإنه لا يتحمل إلا تيارات ذات شدة ضعيفة للغاية تتراوح قيمتها من صفر حتى 50 μA. وهذا يعني أن قدرة الجهاز على قياس التيار محدودة. وللتغلب على هذا العيب، ولاستخدام الجهاز لقياس تيارات عالية، يوصل على التوازي مع الملف مقاومة تسمى (R_{sh}) تعمل على تجزئة التيار، حيث يمر في الملف التيار الذي يستطيع تحمله ويمر الباقي في المقاومة المتوازية معه. يوضح شكل رقم (٢ -٢٠) الدائرة الأساسية لاستخدام مقاومة التوازي في جهاز القياس ذو الملف المتحرك لزيادة مدى القياس للتيار.



الدائرة الأساسية لزيادة مدى قياس التيار.

في معظم الدوائر يكون التيار I_{sh} أكبر بكثير جدا من التيار I_m الذي يمر في الملف المتحرك نفسه. ويمكن حساب قيمة مقاومة التوازي التي توصل مع الملف المتحرك عن طريق تطبيق قانون أوم على الدائرة في شكل رقم (٢ -٢٠)، بفرض أن:

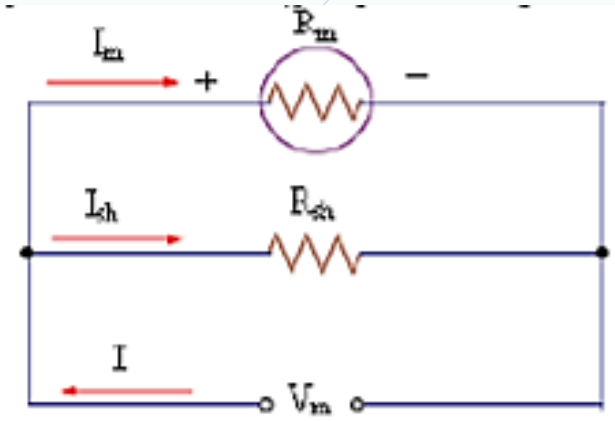
R_{sh}: مقاومة التوازي

R_m: المقاومة الداخلية للجهاز (مقاومة الملف)

I_{sh}: التيار المار في مقاومة التوازي

I_m: أقصى تيار يتحمله الملف المتحرك وهو أيضاً التيار الدال على أقصى انحراف للمؤشر

I: التيار الكلي المراد قياسه



شكل رقم (٢ -٢٠) الدائرة الأساسية لزيادة مدى قياس التيار.

بالرجوع إلى شكل رقم (٢ -٢٠) نجد أن الجهد على طرفي الملف المتحرك يساوي:

$$V_m = I_m \cdot R_m \qquad (٢ - ١)$$

وبما أن المقاومة R_{sh} موصلة على التوازي مع الملف المتحرك، يكون الجهد على طرفيها يساوي الجهد على طرفي الملف المتحرك، أي أن:

$$V_m = V_{sh} \qquad (٢ - ٢)$$

وبما أن التيار الكلي هو مجموع التيار المار بالملف المتحرك مضافاً إليه التيار المار في المقاومة التوازية، إذن:

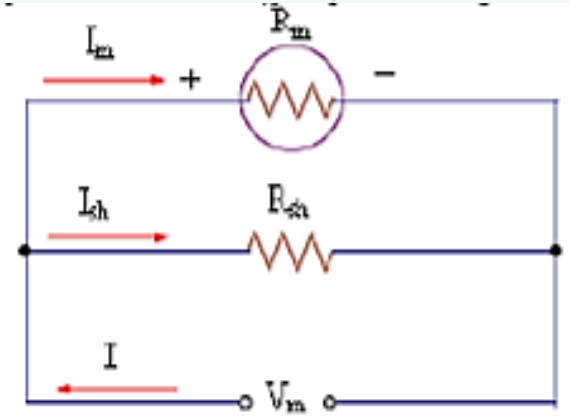
$$I = I_m + I_{sh} \qquad (٢-٣)$$

ويكون التيار المار في المقاومة R_{sh} يساوي التيار الكلي مطروحاً منه التيار المار بالملف المتحرك، وبالتالي:

$$I_{sh} = I - I_m \qquad (٢-٤)$$

وبمعلومية التيار المار بالمقاومة التوازية I_{sh} والجهد على طرفيها V_m، يمكن حساب قيمة المقاومة R_{sh} كما يلي:

$$R_{sh} = \frac{V_{sh}}{I_{sh}} = \frac{I_m \cdot R_m}{(I - I_m)} \qquad (٢-٥)$$



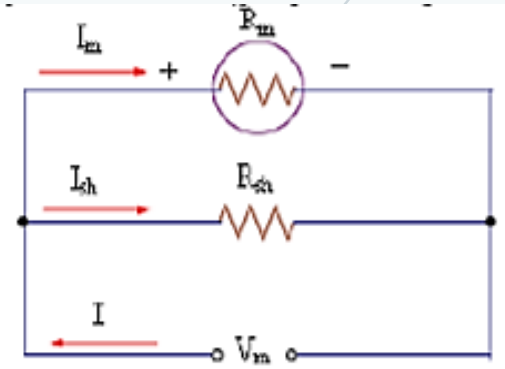
شكل رقم (٢-٣) الدائرة الأساسية لزيادة مدى قياس التيار.

ويمكن هنا اعتبار أن وجود المقاومة التوازية مع الملف ما هي إلا وسيلة لتكبير قدرة الجهاز على قراءة التيار، ولهذا يمكن تعريف n بأنه معامل تكبير التيار، ويعرف هذا المعامل n رياضياً بأنه:

$$n = \frac{I}{I_m} \qquad (٢-٦)$$

ولهذا يمكن إعادة كتابة المعادلة رقم (٢-١) كالآتي:

$$R_{sh} = \frac{(I_m \cdot R_m)/I_m}{(I - I_m)/I_m} = \frac{R_m}{(n-1)} \qquad (٢-٧)$$



شكل رقم (٢-٢) الدائرة الأساسية لزيادة مدى قياس التيار.

مثال رقم (٢-١)

جهاز قياس دارسونفال ذو الملف المتحرك بالمواصفات التالية:

مقاومة الملف R_m قيمتها $100\ \Omega$ وأقصى تيار يتحمله الملف $I_m = 1\,mA$. احسب مقاومة التوازي المطلوبة لكي يتمكن الجهاز من قراءة تيار $I = 10\,mA$.

الحل:

بتطبيق المعادلة (٢-٥):

$$R_{sh} = \frac{I_m \cdot R_m}{(I - I_m)} = \frac{1\times10^{-3}\times100}{9\times10^{-3}} = 11.11\ \Omega$$

أو يتم أولاً حساب معامل التكبير n بتطبيق المعادلة (٢-٦) كما يلي:

$$n = \frac{10\times10^{-3}}{1\times10^{-3}} = 10$$

ثم يتم تطبيق المعادلة (٢-٧) كما يلي:

$$R_{sh} = \frac{R_m}{(n-1)} = \frac{100\Omega}{10-1} = \frac{100}{9} = 11.11\ \Omega$$