وحدات القياس الأساسية :

Quantity	المعنى	Usual Symbol	Unit	Unit Symbol
Resistance	المقاومة	R	Ohm	Ω
Capacitance	السعة	C	Farad	F
Current	التيار	I	Amper	A
Voltage	الفولتية	V	Volt	V
Charge	الشحنة	Q	Colom	C
Impedance	الممانعة	Z	Ohm	Ω
Inductance	المحاثة	L	Ohm	Ω
Reactance	الرادة	X	Ohm	Ω
Power	القدرة	P	Watt	W
Energy	الطاقة	E	Joule	J
Frequency	التردد	F	Hertz	Hz
Time	الزمن	T	Second	Sec

جدول مضاعفات وحدات القياس :

الاسم	الرمز	المعنى	معامل الاساس
Tera	T	تيرا	10^{12}
Gega	G	كيكا	10^{9}
Mega	M	ميكا	10^{6}
Kilo	K	كيلو	10^{3}
Milli	M	ميلي	10^{-3}
Micro	μ	مايكرو	10^{-6}
Nano	N	نانو	10^{-9}
Pico	P	بيكو	10^{-12}

أجهزة القياس

تعريف ومفهوم اجهزة القياس : هي الاداة التي تعمل على كشف الكميات الكهربائية واظهارها بشكل مقروء للمستخدم . وتكون اما :

1. مؤشر يتحرك على تدريج قياس كما في اغلب اجهزة القياس .
2. على شكل مخطط كما في راسم الاشعة الكاثودية (الاوسلسكوب) .
3. اعداد رقمية تبين مقدار الكمية المقاسة كما في اجهزة القياس الحديثة .

المبادئ الكهربائية للقياسات : جميع اجهزة القياس الكهربائية تعتمد في عملها على احد التأثيرات**الفيزياوية**التالية :

1. التأثير المغناطيسي . **Magnetic Effect**
2. التأثير الكهروديناميكي . **Electrodynamic Effect**
3. التأثير الكهرومغناطيسي . **Electromagnetic Effect**
4. التأثير الحراري . **Thermal Effect**
5. التأثير الكيمياوي . **Chemical Effect**
6. التأثيرالكهروستاتيكي . **Electrostatic Effect**

اجهزة التأثيرالكهروميكانيكية: جميع اجهزة التأثيرالكهروميكانيكيةتعمل بتأثير ثلاث عزوم رئيسية وهي :

1. عزم الانحراف . **Deflecting Torque**
2. عزم السيطرة . **Controlling Torque**
3. عزم التضاؤل . **Damping Torque**

انواع اجهزة القياس : Types of instruments measurements

1. الاجهزة الكهروميكانيكية : وتصمم على اساس حركة المؤشر الميكانيكية والمستمدة من تأثير القوة الدافعة الكهرومغناطيسية حيث عند مرور تيار كهربائي في موصل يولد مجال مغناطيسي وبدوره يولد مغناطيسية تولد عزم الانحراف للمؤشر في الكلفانومتر .
2. الاجهزة الالكترونية : تحتوي ايضا على كلفانومتر الا ان تركيبها الداخلي يحتوي على قطع الكترونية مثل الدوائر المتكاملة والترانسيستور التي تجعل اجهزة القياس اكثر دقة وسرعة , والقسم الاخر لا يحتوي على جهاز تأشير متحرك ولكن تظهر نتائج القياس على شكل منحنيات على شاشة كما في راسم الاشعة الكاثودية (الاوسلسكوب) .
3. الاجهزة الرقمية : وتصمم على اساس اظهار القيمة المقاسة مباشرة على شكل اعداد رقمية ولا تحتوي هذه الاجهزة على اجزاء متحركة كما في النوعين السابقين .

اخطاء القياسات : Errors of measurements

الخطأ : عبارة عن تقدير نتيجة الشك في القراءة من جهاز القياس , وهو فرق القيمة الحقيقية عن القيمة المقاسة . يمكن تقسيم الأخطاء الى قسمين :

1. **الأخطاء النظامية** : وتسمى ايضا بالأخطاء النمطية , وهذه الأخطاء يمكن تصحيحها , وتنتج هذه الأخطاء بسبب سوء القراءة , او خلل في الجهاز , او تأثير البيئة عليه مثل تغير درجة الحرارة .
2. **الأخطاء العشوائية** : تنتج هذه الأخطاء بسبب تداخلات في منظومة القياس داخل الجهاز ولا تخضع لقواعد معينة ويمكن التغلب عليها بطرق احصائية , ومنها :

أ. الخطأ المطلق : Absolute error

وهو عبارة عن الفرق بين القراءة الحقيقية والقراءة المقاسة بواسطة الجهاز .

$$\Delta v = \Delta t - \Delta m$$

Δv: الخطأ المطلق

Δt : القراءة الحقيقية الصحيحة

Δm : القراءة المقاسة بواسطة الجهاز

ب. الخطأ النسبي : Percentage error

وهو عبارة عن النسبة المئوية بين الخطأ المطلق والقراءة الحقيقية .

P_{er} _ الخطأ النسبي

ج . الخطأ المنسوب : Relative error

يستعمل لتقييم دقة اجهزة القياس ذات المؤشرات وهو عبارة عن النسبة المئوية بين الخطأ المطلق وبين الحد الاقصى لقراءة الجهاز.

Re _ الخطأ المنسوب

Δmax _ الجهد الاقصى لقراءة الجهاز

مثـــال : جهاز فولتميتر ربط مع دائرة تيار مستمر فكانت قراءة الجهاز ($\mathbf{200v}$) للدائرة , احسب المقدار الحقيقي للفولتية اذا علمت ان الخطأ النسبي ($\mathbf{5\%}$) .

الحـل :

$$\boldsymbol{Per = \frac{\Delta v}{\Delta t}\%}$$

$$\boldsymbol{0.05 = \frac{\Delta t -}{}}$$

$$\mathbf{0.05}*\boldsymbol{\Delta t = \Delta t - 200}$$

$$\mathbf{0.95}*\boldsymbol{\Delta t = 200}$$

$$\boldsymbol{\Delta t = \frac{200}{0.95}}$$

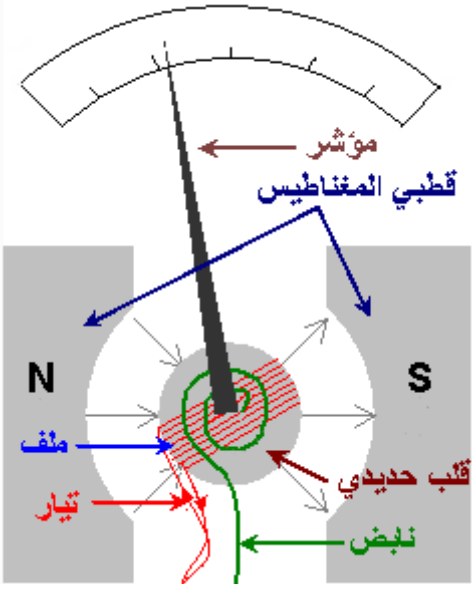
الكلفانومتر : Galvanometer

يستخدم لقياس شدة التيارات الصغيرة التي تصل الى (1 نانو امبير) ويتركب الجهاز من مغناطيس على شكل حرف (U)&قلب حديدي &ملف قابل للدوران &نابض خفيف &مؤشر متصل بالملف المتحرك , فعندما يمر التيار بالملف ينشأ عزم الانحراف بسبب تأثير المجال المغناطيسي يقوم بإدارة الملف وينشأ بالمقابل عن النابض عزم السيطرة يقاوم دوران الملف فيتزن الملف ويتوقف عن الدوران عند تساوي هذين العزمين الاول الناتج عن مرور التيار الكهربائي والثاني الناتج عن النابض وعند التساوي تكون ابرة المؤشر مشيرة الى قراءة التيار .

لكن اذا مر تيار كبير فان عزم الانحراف يفوق بكثير عزم السيطرة فيدور الملف دورة كبيرة فيتلف النابض ويتلف الجهاز .

والكلفانومترات أنواع عديدة تشمل ذات الملف المتحرك او ذات المغناطيس المتحرك , لكن اغلبية الكلفانومترات المستخدمة حاليا هي ذات المغناطيس الثابت والملف المتحرك والتي غالبا ما تسمى (دي ارسنفال) كلفانومتر .

كلفانومتر



تركيب الكلفانومتر

المميزات:

_ انتظام التدريج .

_ عدم تأثرها بالمجالات المغناطيسية .

_ حساسية كبيره حيث عزم الانحراف كبير بسبب شدة المجال المغناطيسي .

_ اكثر اجهزة القياس دقة ,حيث يمكن تصنيع اجهزة تصل دقتها الى (0.1) ويمكن بواسطتها قياس الشحنات والتيارات الكهربائية الضعيفة .

_ صغر القدرة المستهلكة في الملفات حيث تتراوح بين (0.5_ 3)واط .

_ تعدد اغراض الاستخدام حيث يعمل كأميتر , فولتميتر وأوميتر.

العيوب :

__ تأثر الثابت والزنبرك بعامل الزمن ,يسبب اخطاء .

_ التأثر بالتغير في درجة الحرارة الخارجية .

_ عدم تحملها للتيارات الزائدة .

_ ارتفاع تكاليف التصنيع مقارنه بالأجهزة الاخرى نظرا للدقة المطلوبة في صناعتها وتجميع اجزائها .

العـزوم : Torques

1. عزم الانحراف : Deflecting torque (Td)

يتم انتاج عزم الانحراف بواسطة احدى التأثيرات الفيزياوية (المغناطيسية , الحرارية , الكيمياوية , الكهرومغناطيسية , الكهروستاتيكية , الكهروديناميكية) .

يسبب عزم الانحراف في حركة المؤشر من موقع الصفر عند ربط الجهاز للقياس .

$$F=N*\beta * I * L$$

$$Td=N*\beta * I * L * w$$

$$A=L*w$$

$$Td=N*\beta * I * A$$

معادلة الاستقرار $Td = Tc$

F_ القوة الكهرومغناطيسية (N)

W_ عرض الملف (m)

N_ عدد اللفات

β_ كثافة الفيض المغناطيس (wb/m^2)

I_ التيار المار خلال الملف (A)

L_ طول الملف (m)

A_ مساحة المقطع العرضي للملف (m^2)

2. عزم السيطرة : Controlling torque

وهو يعاكس عزم الانحراف اي يحدد حركة المؤشر لكي يستقر على التدريج الذي يماثل مقدار القيمة المقاسة , ان عدم وجود عزم السيطرة يجعل حركة المؤشر غير محددة .

والوظيفة الثانية لعزم السيطرة هي ارجاع المؤشر الى موقع الصفر بعد ازالة الربط .

يتم انتاج عزم السيطرة من خلال :

_ السيطرة بواسطة النابض spring control

_ السيطرة بواسطة الوزن (ثقل صغير) gravity control (small weight)

قانون عزم السيطرة بواسطة النابض :

$$Tc = Ks * \theta$$

ثابت السيطرة للنابض Ks: Control constant

E _ ثابت يونك $12*10^9$ kg / m^2=

b _ عرض النابض (m)

L _ طول النابض (m)

t _ سمك النابض

θ _ زاوية انحراف المؤشر وتقاس بالزوايا النصف القطرية

قانون عزم السيطرة بواسطة الوزن :

W*L _ ثابت التعجيل الارضي (Kg*m)

W _ وزن الثقل (Kg)

L _ المسافة بين الثقل ومحور الحركة (m)

θ _ زاوية الانحراف وتقاس بالدرجات

3. عزم التضاؤل: Damping torque

يمنع من تذبذب المؤشر حول موقع الانحراف (التأشير) النهائي الذي يسببه عزم السيطرة ولجعل المؤشر في حالة سكون بسرعة .

طرق الحصول على عزم التضاؤل هي (احتكاك الهواء , احتكاك السائل والتيار الدوامي) .

مثـال1 : اذا كانت مقاومة جهاز الملف المتحرك (**20Ω**) وحصل انحراف كلي للمؤشر مقداره (**120** درجة) عند تسليط جهد (**100mV**) عبر طرفي الجهاز وكانت الابعاد للملف (**2.6*3.1**) سم وعدد لفاته (**120**) لفة وكثافة الفيض المغناطيسي (**0.15 wb/m^2**) احسب ثابت السيطرة للنابض في حالة الاستقرار .

الحـل :

$$I = \frac{v}{R} =$$

$$Td=N\beta WLI = 120*0.15*3.1*10^{-2}*2.6*10^{-2}*0.005$$

$$=72.54*10^{-6}N.m$$

$$Tc =$$

$$72.54*10^{-6} = Ks*120$$

$$Ks = \frac{72.54*10}{120} = 6.045 * 10^{-7}\ N.m^2/^0$$

مثـال 2:في جهاز ذو سيطرة بواسطة الوزن , عزم الانحراف (**$1.2*10^{-4}$kg.m**) وزاوية انحراف المؤشر (**90** درجة) , احسب قيمة وزن السيطرة الذي يؤثر على بعد (**2** سم) من محورالنظام المتحرك في حالة الاستقرار .

الحـل :

في حالة الاستقرار $T_d = Tc$

$$Tc = w*L*\sin\theta$$

$$1.2*10^{-4} = w*2*10^{-2}*\sin 90$$

$$w = 0.6*10^{-2}\ kg\ = 6\ w$$

ملاحظـة :

عبارة في حالة الاستقرار في تمارين العزوم تعني :

$$Td = Tc = N\beta WLI = W*L*\sin\theta = Ks * \theta$$

فيلاحظ الطالب أي من هذه القوانين يمكن الاستفادة منها في الاجابة .

مثال 3 :

اذا كانت ابعاد الملف لجهاز الملف المتحرك ذي المغناطيس الدائم (2.5cm*4cm وعدد لفاته (80 لفة) وكثافة الفيض المغناطيسي في الفجوة الهوائية ($150mwb/m^2$) , احسب عزم الانحراف الناتج من تسليط جهد مقداره (300v) اذا علمت ان مقاومة الجهاز(15kΩ) .

الحل :

$$I = v / R = 300 / 15000 = 0.002A$$

$$A = 4*2.5 = 10\ cm^2 = 10*10^{-4}\ m^2 = 10^{-3}m^2$$

$$Td = N*\beta*I*A = 80*150*10^{-3}*0.002 = 24*10^{-3}N.m$$

H.W

مثال1: جهاز فولتميتر الملف المتحرك ذي المغناطيس الدائم , احسب عزم الانحراف وفق المعطيات التالية:

$$N=100t\ ,\ A=8cm*2.5cm\ ,\ \beta=200mwb/m^2\ ,\ R=5k\Omega\ ,\ V=400v$$

(Ans : $Td=32*10^{-3}N.m$)

مثال2 : جهاز فولتميتر الملف المتحرك ذي المغناطيس الدائم , احسب كثافة الفيض المغناطيسيوفق المعطيات التالية :

$$A=2cm*2.5cm\ ,\ R=10k\Omega\ ,\ V=300v\ ,\ Td=0.4*10^{-8}\ ,\ N=100t$$

(Ans : $\beta = 0.26*10^{-5}wb / m^2$)

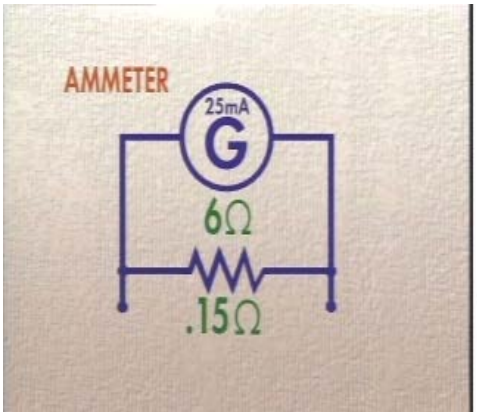
طرق قياس المقاومة : Resistance Measurement

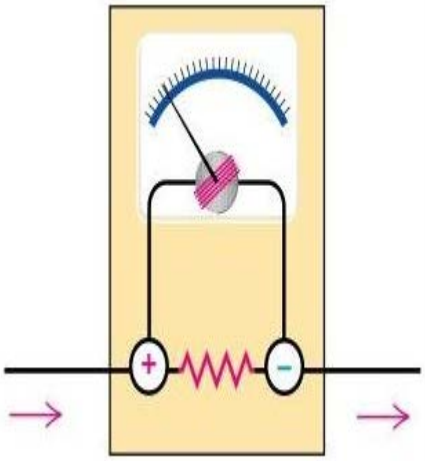
1. بواسطة الأميتر:

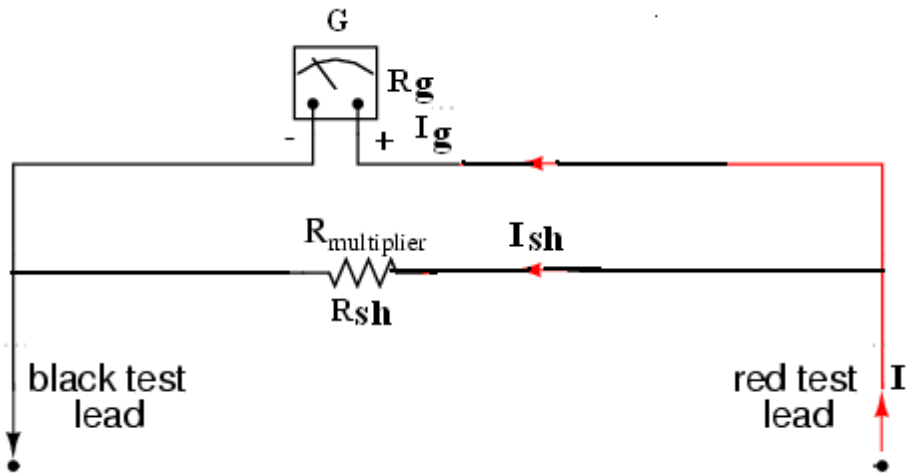
وهو جهاز يستخدم لقياس شدة التيارات الكبيرة في الدوائر الكهربائية .

تركيبه :

وهو عبارة عن كلفانومتر مضافا اليه مقاومة صغيرة جدا توصل مع ملف الكلفانومتر على التوازي تسمى (مجزئ التيار) ليحدث تفرع للتيار المراد قياسه , حيث يمر جزء صغير من التيار عبر ملف الكلفانومتر والجزء الكبير من التيار يمر عبر المقاومة الصغيرة (ان العلاقة بين شدة التيار والمقاومة هي عكسية حسب قانون اوم) .







ولحساب مقاومة التوازي (المجزئ) :

R_m– المقاومة الداخلية للملفR_{sh}– مقاومة التوازي

I – تيار انحراف القياس الكامل للمقياسI_m – تيار انحراف المقياس الكامل للحركة

I_{sh}– تيار التوازي

بما ان المقاومة مربوطة على التوازي مع ملف المقياس لذا يجب ان يكون هبوط الفولتية متساويا :

$$V_{sh} = V_m$$

$$I_{sh} * R_{sh} = I_m * R_m$$

$$R_{sh} = I_m * R_m \setminus I_{sh}$$

بما ان $I_{sh} = I - I_m$

اذن $R_{sh} = I_m * R_m \setminus I - I_m$

مثال : يراد تحويل مقياس انحرافه الكلي ($1mA$) ومقاومته الداخلية (100Ω) الى أميتر يقرأ ($0 - 100\ mA$) .

احسب قيمة مقاومة التوازي اللازمة .

الحل :

$$I_{sh} = I - I_m = 100 - 1 = 99\ mA$$

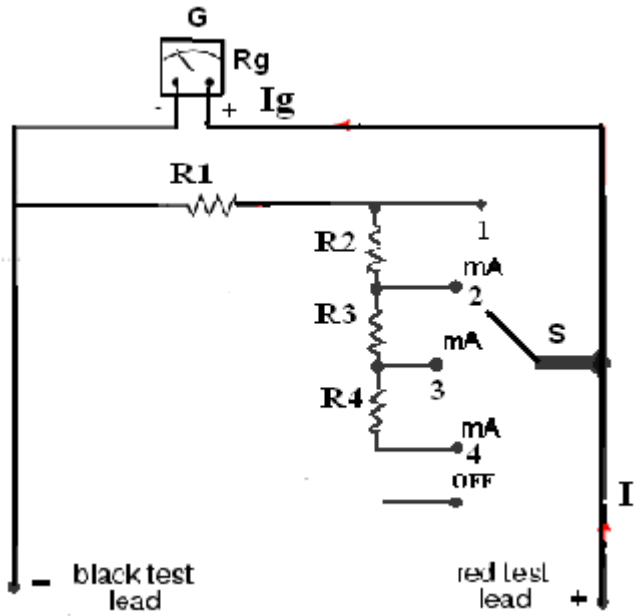
$$R_{sh} = I_m * R_m \setminus I_{sh}$$

$$R_{sh} = 1 * 100 \setminus 99 = 1.01\ \Omega$$

Multirange Ammeter

أميتر متعدد المديات

يمكن توسيع مدى التيار لمقياس التيار المستمر ثانية بربط عدد من توازيات التيار التي يتم اختيارها بواسطة مفتاح المدى . يسمى مثل هذا المقياس بالمقياس المتعدد المدى او (توازي آيرتون) .



مثال : صمم توازي آيرتون للحصول على مقياس له مديات (**1A , 5A , 10A**) اذا تم استعمال مقياس ذات مقاومة داخلية ($R_m = 50\ \Omega$) وتيار انحراف المقياس الكامل (**1mA**) في ترتيب الدائرة . احسب قيمة المقاومات اللازمة .

الحل :

1 – على المدى (**1A**) تكون المقاومات ($R_a + R_b + R_c$) على التوازي مع المقاومة (R_m) . بما ان المقياس يحتاج (**1mA**) لانحراف المقياس الكامل فانه يتطلب من التوازي امرار تيار مقداره :

$$1A - 1mA = 999mA$$

$$R_a + R_b + R_c = 1*50 \setminus 999 = 0.05\ \Omega$$

$$R_a + R_b + R_c = 0.05 \quad (1)$$

2 – على المدى (**5A**) تكون ($R_a + R_b$) على التوازي مع ($R_c + R_m$) في هذه الحالة يكون تيار التوازي هو :

$$5A - 1mA = 4999mA$$

$$R_a + R_b = 1* (R_c = 50) \setminus 49999$$

$$4999R_a + 4999R_b - R_c = 50 \quad (2)$$

3 – على المدى (10A) تعمل الان المفاومة (R_a) كتوازي , وتكون ($R_b + R_C$) على التوالي مع (R_m) ويكون تيار التوازي :

$$10A - 1mA = 9999mA$$

$$R_a = 1 * (R_b + R_c + 50) \setminus 9999$$

$$9999R_a - R_b - R_c = 50 \qquad (3)$$

وبحل المعادلات الثلاث انيا نحصل على قيم المقاومات الثلاثة :

$$R_a = 0.005\ \Omega \quad , \quad R_b = 0.005\ \Omega \quad , \quad R_c = 0.004\ \Omega$$

تبين هذه الحسابات بان قيمة مقاومة التوازي تصبح صغيرة جدا للتيارات العالية .

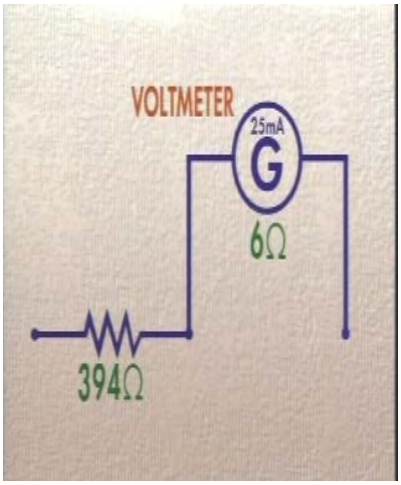
H.W

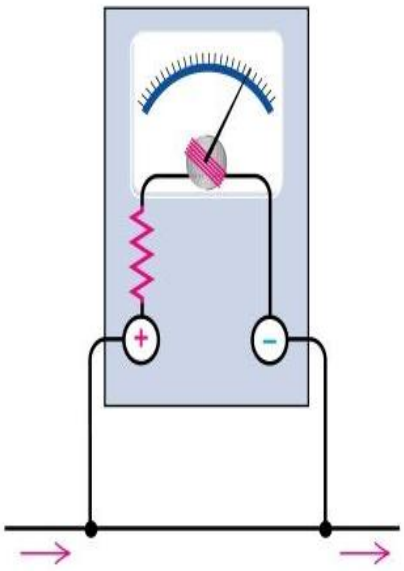
مقياس تاشيري ذو الملف المتحرك تبلغ مقاومة ملفه ($R_m = 75\Omega$) يحتاج الى تيار (1mA) لتاشير كامل التدريج . اوجد مقدار مقاومة التوازي الذي يمكن المقياس قياس تيارات لغاية)(100mA) .

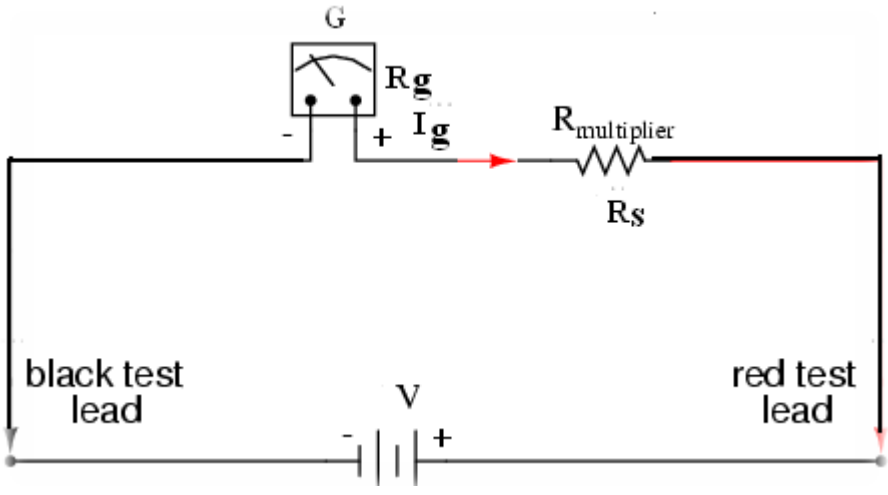
2. بواسطة الفولتميتر : Voltmeter

وهو جهاز يستخدم لقياس فرق الجهد بين نقطتين في الدائرة الكهربائية .

تركيبه : وهوعبارة عن كلفانومتر مضافا اله مقاومة كبيرة توصل مع ملف الكلفانومتر على التوالي تسمى (مضاعف الجهد) , وذلك لتقليل كمية التيار كمية التيار المار في ملف الكلفانومترحتى لا يؤثر على شدة التيار المار في الدائرة الرئيسية ويحافظ على سلامة الكلفانومتر.







يمكن حساب قيمة المضاعف اللازمة لزيادة مدى الفولتية من الشكل :

I_m – تيار الانحراف للمقياس

R_m– المقاومة الداخلية للمقياس

R_s – مقاومة المضاعف

V – مدى الفولتية الكامل للجهاز

$V = I_m * (R_s + R_m)$; $V_m = I_m * R_m$

$Vs = v - V_m = V - (I_m * R_m)$; $Vs = I_m * R_s$

$Rs = Vs \setminus I_m = V - (I_m * R_m) \setminus I_m = (V \setminus I_m) - R_m$

مثال1: مقياس ذو ملف متحرك مقاومته الداخلية (2000Ω) يحتاج الى (100μA) لتحقيق كامل التاشير . اوجد مقدار المقاومة التي يجب ربطها على التوالي مع المقياس لتمكينها قياس فولتية لغاية (10v) .

الحل :

يجب ان نحسب الفولتية (v_m)

التي تسبب تاشير كامل التدريج

$$V_m = 100 * 10^{-6} * 2000 = 0.2 \text{ v}$$

$$Vs = v - vm = 10 - 0.2 = 9.8 \text{ v}$$

$$R_s = V_s \setminus I = 9.8 \setminus 100 * 10^{-6} = 98 \text{ k}\Omega$$

مثال2 : مقياس ذو ملف متحرك مقاومته الداخلية (10Ω) وله تاشيرة كامل التدريج مقدارها (5mA) , بين كيف يمكن استخدامه لقياس فولتيات لغاية (750v) وتيار لغاية (100A) .

الحل :

1 – كمقياس للتيار

$$Is = I - Im = 100 - 0.005 = 99.995 \text{ A}$$

$$Is * Rs = Im * Rm$$

$$99.995 * Rs = 10 * 0.005 \quad , \quad Rs = 0.0005\Omega$$

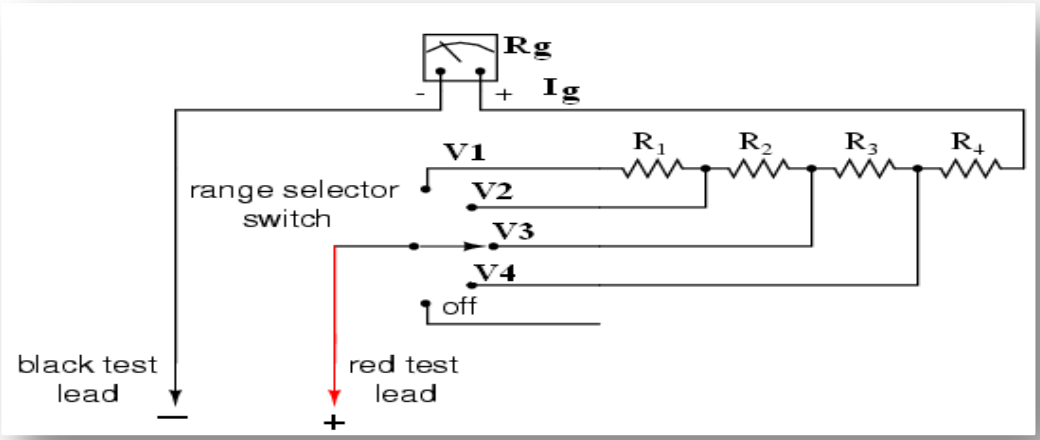
2– كمقياس للفولتية :

$$V_s = V - (10 * 0.005) = 750 - 0.05 = 749.95 \text{ v}$$

$$R_s = 749.95 \setminus 0.005 = 149990\Omega = 149.99\ k\Omega$$

Multirange Voltmeter فولتميتر متعدد المدى

يمكن الحصول على جهاز يحتوي على عدد من مديات الفولتية باضافة عدد اخر من المضاعفات سوية مع مفتاح المدى .



مثال: يراد تحويل حركة مقياس ذات مقاومة داخلية (100Ω) وتيار انحراف المقياس الكامل (1mA) الى فولتميتر مستمر متعدد المديات له المديات التالية :

(0-10v) , (0-50v) , (0-250v) , (0-500v)

كما في الشكل اعلاه ، اوجد قيم مقاومات المضاعف اللازمة .

الحل :

1 – للمدى (10v) موضع المفتاح (V_4) تكون المقاومة الكلية للدائرة :

$$R_T = 10 \setminus 1*10^{-3} = 10k\Omega$$

$$R_4 = R_T - R_m = 10000 - 10 = 9900\Omega$$

2_للمدى (50v) موضع مفتاح المدى (V_3) :

$$R_T = 50 \setminus 1*10^{-3} = 50000\Omega$$

$$R_3 = RT - (R_4 + R_m) = 50000 - (9900 + 100)$$

$$R_3 = 40k\Omega$$

2 – للمدى (250v) موضع مفتاح المدى (V_2) :

$R_T = 250 \setminus 1*10^{-3} = 250k\Omega$

$R_2 = R_T - (R_3+R_4+R_m) = 250 - 50 = 200k\Omega$

4 - للمدى (500v) موضع المفتاح (v1) :

$R_T = 500 \setminus 1*10^{-3} = 500k\Omega$

$R_1 = R_T - (R_2+R_3+R_4+R_m) = 500 - 250 = 250k\Omega$

حساسية الفولتميتر Voltmeter Sensitivity

من الملاحظ من المثال السابق انه كان حاصل قسمة المقاومة الكلية على مدى الفولتية المستعمل لجميع المديات هو دائما ($1000\Omega \setminus v$) ، يسمى هذا الرقم بالحساسية (S) او مقدار الاوم لكل فولت للفولتميتر .

ان الحساسية (S) هي اساسا مقلوب تيار انحراف المقياس الكامل الاساسية :

$S = 1 \setminus I_m$

او يمكن استعمال حساسية الفولتميتر S كميزة لحساب قيمة مقاومة المضاعف في فولتميتر التيار المستمر بطريقة الحساسية ، تأمل الشكل في المثال السابق .

$R_T = S*V$

$R_s = R_T - R_m = (S*V) - R_m$

S – حساسية الفولتميتر

V – مدى الفولتية

R_m – المقاومة الداخلية للمقياس

Rs – مقاومة المضاعف

مثال : أعد حل المثال السابق باستخدام طريقة الحساسية لحساب قيم مقاومات المضاعف .

الحل :

$S= 1 \setminus I_m = 1\setminus 1mA = 1000\Omega \setminus v$

$R_4 = (S*V) - R_m = (1000*10) - 100 = 9900\Omega$

$R_3 = (1000*50) - 10000 = 40k\Omega$

$R_2 = (1000*250) - 50000 = 200k\Omega$

$R_1 = (1000*500) - 250 = 250k\Omega$

ظاهرة التحميل : Loading effect

عند توصيل الفولتميتر عبر نقطتين في دائرة ذات مقاومة عالية ، فانه يربط على التوازي لذلك الجزءمن الدائرة وبالتالي يقلل منقيمة المقاومة المكافئة عبر ذلك الجزء من الدائرة . عندئذ سوف يقرأ المقياس قيمة اقل هبوط للجهد من القيمة الحقيقية التي تظهر قبل توصيل المقياس ، تسمى هذه الظاهرة بـ ((ظاهرة التحميل)) للجهاز ، وتسببها بصورة اساسية الاجهزة ذات الحساسية الواطئة .

مثال :

يراد قياس الفولتية عبر المقاومة ($50k\Omega$) ، يتوفر فولتميترانلهذا القياس ، حساسية الفولتميتر الاول ($1000\Omega \setminus v$)، وحساسية الفولتميتر الثاني ($20000\Omega \setminus v$) وقد تم استعمال كلا الجهازين على المدى (50v) أحسب :

1. قراءة كل من الجهازين
2. الخطأ لكل قراءة معبرا عنها كنسبة مئوية من القيمة الحقيقية .

الحل :

من معاينة الدائرة يتبين بان الفولتية عبر المقاومة (50v)تساوي

$$50k\Omega * 150v \setminus 150k\Omega = 50v$$

هذه هي القيمة الحقيقية للفولتية عبر المقاومة ($50k\Omega$)

1 – مقاومة الفولتميتر الاول ($S = 1000\Omega \setminus v$) على المدى (50v) تساوي

$$50v * 1000\Omega \setminus v = 50k\Omega$$

ربط هذا الفولتميترعبر المقاومة ($50k\Omega$) بسبب نقصان مقاومة التوازي المكافئة الى ($25k\Omega$)، والمقاومة الكلية للدائرة هي ($125k\Omega$) ، ويكون فرق الجهد عبر مجموعة المقياس والمقاومة ($50k\Omega$) مساويا

$$V_1 = 25k\Omega * 150v \setminus 125k\Omega = 30v$$

عليه سوف يقرأ الفولتميتر (30v)

اما مقاومة الفولتميتر الثاني

50v * 20kΩ \ v = 1MΩ

عند ربط هذا المقياس عبر المقاومة **(50kΩ)** تصبح مقاومة التوازي المكافئة **(47.6kΩ)** وهذا الربط ينتج الفولتية

V_2 = 47.6kΩ * 150v \ 147.6kΩ = 48.36v

والتي يقرءها الفولتميتر الثاني

2 – الخطأ في الفولتميتر الاول

Per = (50v – 30v \ 50v) * % = 40%

الخطأ في الفولتميتر الثاني

Per = (50v – 48.36v \ 50v) * % = 3.28%

المقارنة بين الأميتر والفولتميتر :

ت	الأميتر	ت	الفولتميتر
1	يستخدم لقياس شدة التيارات الكهربائية الكبيرة والصغيرة .	1	يستخدم لقياس فرق الجهد بين نقطتين (بين طرفي مقاومة كهربائية)
2	تغلق الدائرة ويوصل الأميتر على التوالي في اي جزء من اجزاء الدائرة الكهربائية	2	تغلق الدائرة ويوصل الفولتميتر على التوازي بين طرفي المقاومة المراد قياس فرق الجهد عليها
3	عبارة عن كلفانومتر ذو ملف متحرك ومقاومة صغيرة توصل معه على التوازي تسمى مجزئ التيار	3	عبارة عن كلفانومتر ذو ملف متحرك ومقاومة كبيرة توصل معه على التوالي تسمى مضاعف الجهد

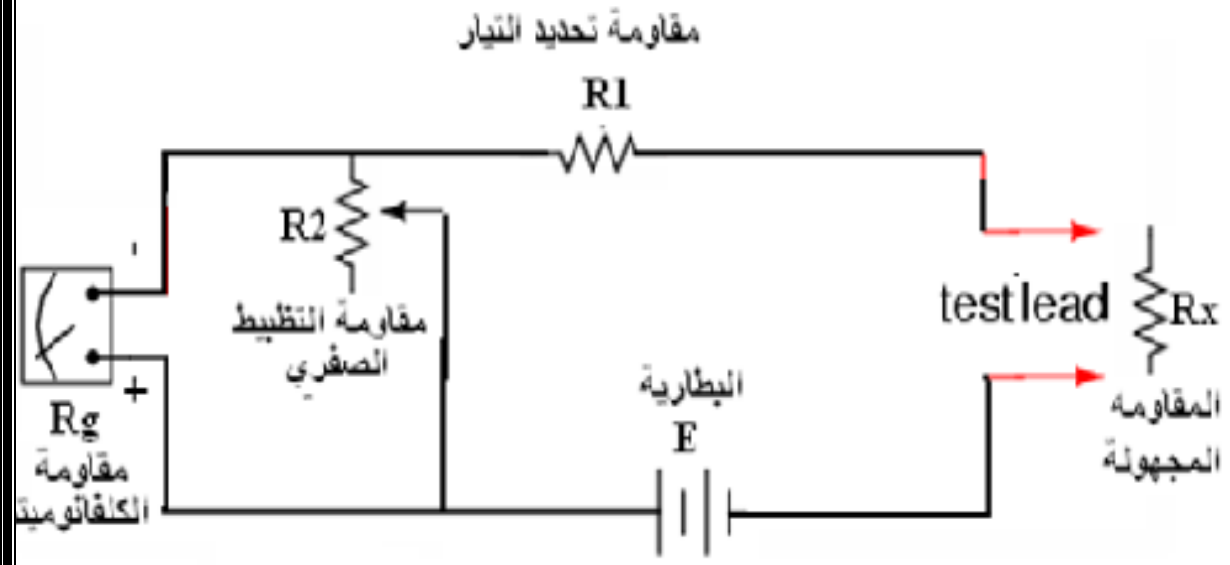
3. مقياس الاوميتر Ohmmeter measurement

أ. اوميتر نوع التوالي Series – type ohmmeter

يتألفاوميتر نوع التوالي بصورة رئيسية من حركة دي آرسونفال (الكلفانوميتر) موصولة على التوالي مع مقاومة وبطارية الى زوج من الاطراف التي يربط بها العنصر المجهول لذا يعتمد التيار خلال الحركة على مقدار المقاومة المجهولة .

R_1– مقاومة تحديد التيار

R_2– مقاومة ضبط الصفر



الشكل 7 مقياس مقاومة (اوميتر)بسيط نوع التوالي

E – البطارية الداخلية

R_m– المقاومة الداخلية للحركة

R_x– المقاومة المجهولة

عندما تكون المقاومة المجهولة ($R_x = 0$) (دائرة قصر بين النهايتين **a & b**) يسري اعظم تيار في الدائرة , في هذه الحالة يتم ضبط مقاومة التوازي (R_2) حتى تؤشر الحركة على تيار انحراف المقياس الكامل (I_{fs}) ويرقم موضع انحراف المقياس الكامل بالمقدار (**0 Ω**) على المقياس . وبصورة مماثلة عندما تكون ($R_x = \infty$) النهايات **a & b** مفتوحة) يهبط التيار بالدائرة الى الصفر , وتؤشر الحركة الى التيار صفرا والتي ترقم (∞) على المقياس , يمكن وضع ارقام وسطية على المقياس بتوصيل قيم مختلفة معلومة للمقاومة (R_x) مع الجهاز .

القيمة الملائمة للاستعمال في تصميم اوميتر التوالي هي قيمة (R_x) التي تسبب نصف انحراف المقياس الكامل وتعرف المقاومة بين النهايتين (**a & b**) في هذا الموضع بانها مقاومة موضع نصف الانحراف (R_h) .

يمكن تحليل الدائرة أي معرفة قيم (R_1, R_2) من معرفة قيم تيار انحراف المقياس الكامل (I_{fs}) والمقاومة الداخلية للحركة (R_m) وفولتية البطارية (E) والقيمة المرغوبة لمقاومة نصف الانحراف (R_h) .

يمكن الوصول الى التصميم من معرفة ان توصيل (R_h) يسبب هبوط تيار المقياس الى النصف ($1\backslash 2\ I_{fs}$) وهذا يعني ان المقاومة المجهولة يجب ان تساوي المقاومة الداخلية الكلية

للاوميتر اي:

$$R_h = R_1 + \frac{R2*Rm}{R2+Rm} \quad \text{.....(1)}$$

عليه فان المقاومة الكلية الظاهرة للبطارية تساوي ($2Rh$) وتيار البطارية اللازم لتجهيز نصف انحراف المقباس يساوي :

$$I_h = \frac{E}{2Rh} \quad \text{.....(2)}$$

لإنتاج انحراف المقياس الكامل يجب ان يتضاعف تيار البطارية . لذا فان :

$$I_t = 2I = \frac{E}{Rh} \quad \text{.....(3)}$$

تيار التوازي خلال (R_2) يساوي :

$$I_2 = I_t - I_{fs} \quad \text{.....(4)}$$

تكون الفولتية عبر التوازي (E_{sh}) مساوية للفولتية عبر الحركة

$$E_{sh} = E_m \quad \text{or} \quad I_2*R_2 = I_{fs}*R_m$$

$$R_2 = \frac{Ifs*Rm}{I2} \quad \text{.....(5)}$$

بتعويض المعادلة (4) في المعادلة (5) نحصل على :

$$R_2 = \frac{Ifs*Rm}{It-Ifs} = \frac{Ifs*Rm*Rh}{E-Ifs*Rh} \quad \text{.....(6)}$$

بحل المعادلة رقم (1) بالنسبة للمقاومة (R_1) ينتج :

$$R_1 = R_h - \frac{R2*Rm}{R2+Rm} \quad \text{..... (7)}$$

بتعويض المعادلة (6) بالمعادلة (7) وحلها بالنسبة للمقاومة (R_1) ينتج :

$$R_1 = R_h - \frac{Ifs*Rm*Rh}{E} \quad \text{.....(8)}$$

مثال : يستعمل الأوميتر الحركة الاساسية ذات مقاومة (50Ω) وتيار انحراف مقياس كامل ($1mA$) فاذا كانتفولتية البطارية ($3v$) وكانت قيمة المقاومة المرغوبة لانحراف نصف المقياس (2000Ω) أحسب :

1. قيم (R_1) & (R_2)
2. أعظم قيمة للمقاومة (R_2) للتعويض عن هبوط الفولتية بمقدار (10%)
3. خطأ المقياس في موضع نصف الانحراف المرقم (2000Ω) عند وضع (R_2) كما مبين في (2) .

الحل : (1) : التيار الكلي للبطارية لانحراف المقياس الكامل يساوي

$I_T = E \setminus R_h = 3 \setminus 2000 = 1.5\ mA$

عليه فان التيار في مقاومة ضبط الصفر يساوي

$I_2 = I_T - I_{fs} = 1.5 - 1 = 0.5\ mA$

وتكون قيمة (R_2) تساوي

$R_2 = \frac{Rm*Ifs}{I2} = \frac{50*1}{0.5} = 100\ \Omega$

وتكون قيمة التوازي المكافئة (R_{p1})لمقاومة الحركة ومقاومة التوازي مساوية للقيمة

$R_{p1} = \frac{R2*Rm}{R2+Rm} = \frac{50*100}{50+100} = 33.3\Omega$

قيمة مقاومة تحديد التيار (R_1)

$R_1 = R_h - R_{p1} = 2000 - 33.3 = 1966.7\ \Omega$

(2) : عند هبوط فولتية البطارية بمقدار 10%

$E = 3 - 0.3 = 2.7\ v$

يصبح تيار البطارية الكلي

$I_T = \frac{E}{Rh} = \frac{2.7}{2000} = 1.35\ mv$

ويكون تيار مقاومة التوازي $I_2 = I_T - I_{fs} = 1.35 - 1 = 0.35\ mA$

اما مقاومة ضبط الصفر (R_2) تصبح

$R_2 = \frac{Ifs*Rm}{I2} = \frac{1*50}{0.35} = 143\Omega$

(3) : تصبح مقاومة التوازي المكافئة لمقاومة الحركة والقيمة الجديدة للمقاومة (R_2) تساوي

$R_{p2} = \frac{R2*Rm}{R2+Rm} = \frac{143*50}{143+50} = 37\ \Omega$

بما ان مقاومة نصف انحراف المقياس الكامل (R_h) تساوي المقاومة الداخلية الكلية للدائرة لذا تزداد (R_h) الى

$R_h = R_1 + R_{p2} = 1966.7 + 37 = 2003.7\ \Omega$

اذن تصبح القيمة الحقيقية لترقيم نصف المقياس على الجهاز (2003.7Ω) بينما كانت القيمة الاصلية (2000Ω) لذا

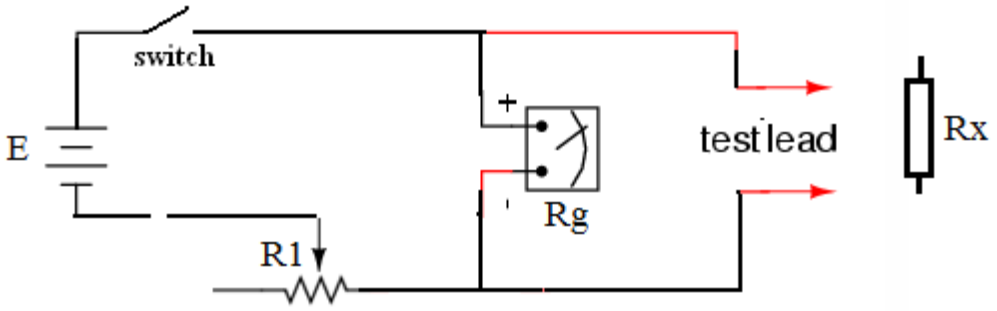
فان نسبة الخطأ تساوي

$$P_{er} *\% = \frac{2000-2003.7}{2000} * \% = -0.185 * \%$$

وتدل الاشارة السالبة على قراءة المقياس اوطأ .

ب.اوميتر نوع التوازي Shunt – type ohmmeter

يتألف اوميتر نوع التوازي من بطارية على التوالي مع مقاومة قابلة للضبط (R_1) وحركة دي ارسونفال (كلفانوميتر) . توصل المقاومة المجهولة بين النهايتين (a & b) على التوازي مع المقياس , ويكون من الضروري في هذه الدائرة وجود مفتاح توصيل – قطع لفصل البطارية من الدائرة في حالة عدم استعمال الجهاز . يكون قياس المقياس صفرا عندما تكون قيمة المقاومة المجهولة صفرا ايضا ($R_x = 0$) (دائرة قصر بين النهايتين a & b) , بينما يجد التيار طريقه الوحيد خلال المقياس عندما تكون قيمة المقاومة المجهولة ما لانهايةٍ ($R_x = \infty$) (دائرة مفتوحة بين a & b) وبالاختيار المناسب لقيمة (R_1) يمكن جعل المؤشر يقرأ انحراف المقياس الكامل . يلائم اوميتر نوع التوازي بصورة خاصة قياس المقاومات الواطئة.



مثال : تستعمل دائرة الشكل اعلاه حركة دي آرسونفال الاساسية ذات (10mA) ومقاومة داخلية (5Ω) وكانت فولتية البطارية (E= 3v) من المؤمل تعديل هذه الدائرة بإضافة مقاومة ملائمة (R_{sh}) عبر الحركة لكي يؤشر الجهاز على (0.5Ω) في نقطة المنتصف لقياسه , إحسب :

(1) قيمة مقاومة التوازي (R_{sh})

(2) قيمة مقاومة تحديد التيار (R_1)

الحل :(1) : عند انحراف نصف المقياس

$$I_m = 0.5\ I_{fs} = 0.5*10 = 5\ mA$$

تكون الفولتية عبر الحركة مساوية

$$E_m = 5\ mA * 5\ \Omega = 25\ mV$$

بما ان هذه الفولتية تظهر عبر المقاومة (R_x) اذن يكون التيار المار خلالها

$$Ix = \frac{25mV}{0.5\Omega} = 50\ mA$$

يجب ان يكون التيار المار خلال الحركة (I_m) مضافا اليه التيار المار خلال التوازي (I_{sh}) مساويا للتيار المار في المقاومة (R_x) , إذن

$$I_{sh} = I_x - I_m = 50 - 5 = 45 \text{ mA}$$

إذن تكون مقاومة التوازي

$$R_{sh} = \frac{Em}{Ish} = \frac{25}{45} = \frac{5}{9} = 0.55\ \Omega$$

(2)

تيار البطارية الكلي يساوي

$$I_T = I_m + I_{sh} + I_x = 5 + 45 + 50 = 100 \text{ mA}$$

هبوط الفولتية عبر (R_1) يساوي

$$3V - 25 \text{ mV} = 2.975 \text{ V}$$

$$R_1 = \frac{2.975}{100\ mA} = 29.75\ \Omega$$

متعدد المقاييس او (VOM) : Multimeter or VOM

تستعمل اجهزة الاميتر والفولتميتر والاوميتر جميعا حركة دي آرسونفال . والفرق بين هذه الاجهزة هي الدائرة التي تستخدم مع الحركة الاساسية لذلك تكون واضحة جدا امكانية استعمال جهاز واحد بتصميم معين لانجاز وظائف القياس الثلاثة هذه , يسمى هذا الجهاز والذي يحتوي على مفتاح الاختيار لتوصيل الدائرة المناسبة الى حركة دي آرسونفال بـ (المتعدد المقاييس او فولت – اوم – مللي اميتر .... VOM) .

الديسيبل (dB) : Decibel

وهو وحدة قياس لوغاريتمية للتعبير عن التكبير (الربح او الكسب) ولقياس النسب للصوت والقدرة والفولتية والتيار .

– كسب (ربح) القدرة (Gp) Gain of power

$$Gp = NdB = 10 \log \frac{Pout}{Pin}$$

$$P = I^* V \text{ (wat)} \quad , \quad P = V^2 \setminus R \quad , \quad P = I^2 * R$$

– كسب (ربح) الفولتية (Gv): Gain of voltage

$$Gv = NdB = 20 \log \frac{Vout}{Vin}$$

– كسب (ربح) التيار (Gi) : Gain of current

$$Gi = NdB = 20 \log \frac{Iout}{Iin}$$

ثوابت لوغاريتمية ...

$$log\ 1 = 0 \quad \rightarrow \quad log\ 10^0$$

$$log\ 10 = 1 \quad \rightarrow \quad log\ 10^1$$

$$log\ 100 = 2 \quad \rightarrow \quad log\ 10^2$$

$$log\ 1000 = 3 \quad \rightarrow \quad log\ 10^3$$

مثال (1) : ربح الفولتية لمكبر عند تغذيته لحمل ممانعة مقدارها (1 kΩ) يساوي (40dB)
اوجد اتساع فولتية وقدرة الاشارة في الحمل حينما تكون الاشارة الداخلة (10mv).

الحل :

$$Gv = NdB$$

$$= 40\ 20\ log \frac{Vout}{Vin}$$

$= 10^2 = 100 = 2 \rightarrow \frac{Vout}{Vin} log \frac{Vout}{Vin}$

$V_{out} = 1\ v = 100 \rightarrow \frac{Vout}{10*10^3}$

$= \frac{1^2}{1*10^3} Pout = \frac{V^2out}{Zout} = 0.001\ w$

مثال (2) : مضخم قدرة بالمعطيات التالية : $P_{out} = 2w$, $P_{in} = 0.02w$

جد , $Z_{in} = Z_{out} = 50\ \Omega$. G_v , G_p

الحل :

$= 10\ log \frac{2}{0.02} = 10\ log\ 100 \qquad Gp = 10\ log \frac{Pout}{Pin}$

$Gp = 10 *$

$V^2out = 10$

$V^2out = 10$

$\rightarrow V^2_{in} = 1 \rightarrow V_{in} = 1v \qquad 0.02 = \frac{V^2in}{50} \rightarrow Pin = \frac{V^2in}{Zin}$

$Gv = 20$

$= 20\ log\ 10 = 20 * 1 = 20\ dB \qquad Gv = 20\ log\ \frac{10}{1}$

جهاز المزدوج الحراري : Thermocouple meter

تسمى مجموعة المزدوج الحراري وحركة دي آرسونفال التي يمكن استعمالها لقياسات التيار المستمر والمتناوب بجهاز المزدوج الحراري , لكون عملها مبنيا على عمل عنصر المزدوج الحراري . عندما يكون معدنان غير متماثلين متماسين تبادليا , تتولد فولتية عند نقطة اتصال المعدنين وتتناسب هذه الفولتية طرديا مع درجة حرارة نقطة الاتصال .

يمثل **ce& de** معدنين غير متماثلين يتصلان عند النقطة **e** يعتمد فرق الجهد بين **c & d** على درجة حرارة ما يسمى بنقطة الاتصال **e** . يشكل عنصر التسخين **ab** الذييكون على تماس مع نقطة اتصال المعدنين **e** جزءا من الدائرة التي يراد قياس التيار فيها , وتسمى **aeb** بنقطة الاتصال الحارة . ترفع الطاقة الحرارية المولدة من قبل التيار المار في عنصر التسخين درجة حرارة نقطة الاتصال الباردة وتسبب زيادة في الفولتية المتولدة بين النقطتين **c & d** , يسبب فرق الجهد هذا سريان تيار مستمر في جهاز التأشير .الشكل التالي يمثل دائرة مبسطة لجهاز المزدوج الحراري .

I – التيار المار بدائرة المزدوج الحراري

$\mathbf{V_m}$– قراءة مقياس الفولتميتر

V – الجهد الحراري المتولد بالمزدوج الحراري

$\mathbf{R_{th}}$– مقاومة المزدوج الحراتري

$\mathbf{R_c}$ – مقاومة الاسلاك

$\mathbf{R_i}$ – المقاومة الداخلية لمقياس الجهد

$$I = \frac{V}{Ri + R}$$

$$Vm = \frac{}{Ri +}$$

مثال : مزدوج حراري عند درجة حرارة **1000 °C** بالمعطيات التالية :

$V=9.57v$, $R_i= 100\Omega$, $R_{th}= 0.2\Omega$, $R_c = 10\Omega$

ولتغير مكان جهاز التأشير إزدادت مقاومة الموصلات بمقدار **4.8 Ω** . إحسب مقدار الخطأ المطلق والنسبي للجهد المقاس .

الحل :

$$Vm1 = \frac{V*Ri}{Ri+Rth+Rc} = \frac{9.57*100}{100+0.2+10} = 8.68mv$$

$$Vm2 = \frac{}{100}$$

$$\Delta v = \Delta m1$$

$$Per\ \% = \frac{\Delta t}{vm1} = \frac{0.36}{8.68} *\% = 4.1\%$$

القناطر وتطبيقاتها : Bridges and there application

تستعمل دوائر القنطرة بشكل واسع لقياس قيم المكونات مثل المقاومات او المحاثات او السعات .

بما ان القياس يتم بمقارنة قيمة المكونة المجهولة مع مكونة معلومة عالية الدقة (قياسية) في دائرة القنطرة تكون دقة قياسها بالتأكيد عالية جدا . لان قراءة القياس بالمقارنة والمبنية على تأشيرة الصفر عند اتزان القنطرة لا تعتمد اساسا على خصائص الكاشف الصفري .

ترتبط دقة القياس مباشرة بدقة مكونات القنطرة لا بدقة المؤشر ذاته .

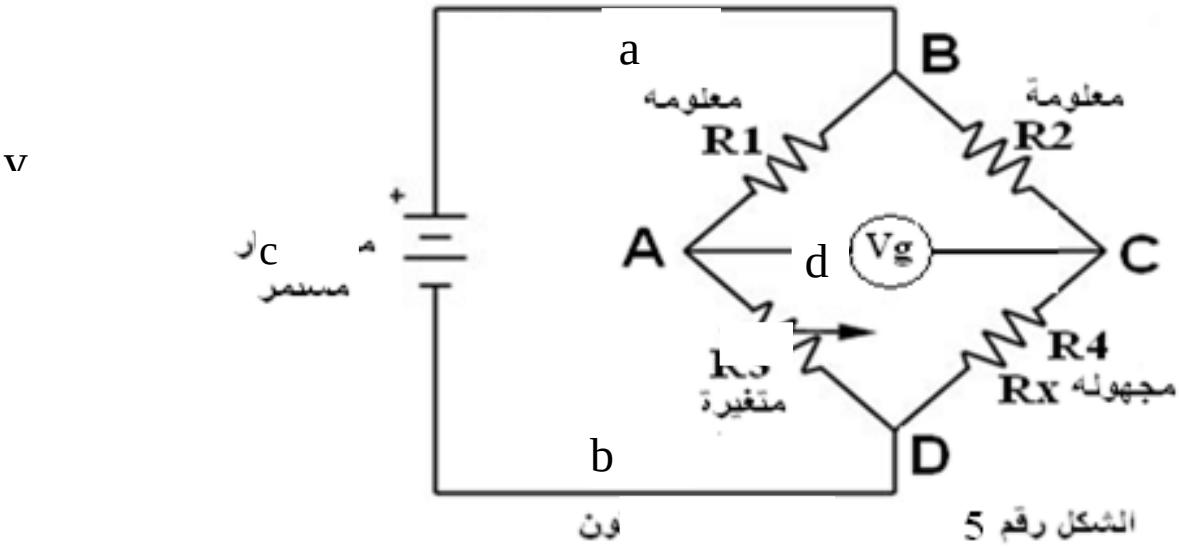
قنطرة وتستون : Wheatstone bridge

تتكون القنطرة من اربع اذرع مقاومية ومصدر قوة دافعة كهربائية (بطارية) وكاشف صفري , ويكون الكاشف عبارة عن كلفانومتر او اي مقياس حساس للتيار , يعتمد التيار المار في الكلفانومتر على فرق الجهد بين النقطتين (**c & d**) , ويقال عن القنطرة بانها متزنة عندما يكون فرق الجهد عبر الكلفانومتر مساويا للصفر بحيث لا يسري اي تيار في الكلفانومتر , تحدث هذه الحالة عندما تكون الفولتية من نقطة **c** الى نقطة **a** مساوية للفولتية من نقطة **d** الى نقطة **a** .

R_1 , R_2 _ مقاومات معلومة القيم

R_3 _ مقاومة متغيرة

R_x _ المقاومة المجهولة المراد قياسها



الشكل رقم 5

اشتقاق معادلة الاتزان لقنطرة وتستون :

من الرسم التوضيحي للقنطرة :

$V_{R1} = V_{R2}$ **Parallel**

$$\frac{V*R1}{R1+R3} = \frac{V*R2}{R2+Rx} \qquad \textbf{(v. d. r.)}$$

$$R_1R_2 + R_1R_x = R_1R_2 + R_2R_3$$

بتبسيط المعادلة نحصل على معادلة الاتزان $R_1R_x = R_2R_3$ يمكننا ايجاد المقاومة المجهولة R_x من معادلة الاتزان :

$$R_x = \frac{R2*R3}{R1}$$

في حالة عدم الاتزان يتم حساب تيار الكلفانومتر باستخدام دائرة ثفنن :

$$V_{th} = v\left(\frac{R1}{R1+R3} - \frac{R2}{R2+Rx}\right)$$

مقاومة ثفنن :

$$R_{th} = \left(\frac{R1*R3}{R1+R3} + \frac{R2*Rx}{R2+Rx}\right)$$

التيار المار في الكلفانومتر :

$$I_g = \frac{Vth}{Rth+Rg}$$

مثال 1 : يبين الشكل التالي الرسم التخطيطي لقنطرة وتستون مع قيم مكونات القنطرة فاذا كانت فولتية البطارية (**5v**) مع اهمال مقاومتها الداخلية وكانت حساسية التيار للكلفانومتر(**10mm\μA**) ومقاومته الداخلية (**100Ω**) . احسب انحراف الكلفانومتر الذي تسببه مقاومة عدم الاتزان مقدارها (**5Ω**) في الذراع **bc** .

الحل :

يحدث اتزان القنطرة عندما تكون قيمة مقاومة الذراع **bc** (**2000Ω**) بينما يبين الشكل بان الذراع **bc** مقاومته مقدارها (**2005Ω**) تمثل حالة عدم اتزان .

تتضمن الخطوة الاولى تحويل دائرة القنطرة الى دائرة ثفنن المكافئة لها وذلك بالنظر عبر طرفي الكلفانومتر b & d حيث يمثل فرق الجهد عبر b & d عند رفع الكلفانومتر من الدائرة فولتية ثفنن .

$$V_{th} = V_{ad} - V_{ab} = 5*\left(\frac{100}{100+200} - \frac{1000}{1000+2005}\right) = 5\ mv$$

تتظمن الخطوة الثانية من الحل ايجاد مقاومة ثفنن المكافئة بالنظر عبر الطرفين **b & d** .

$$R_{th} = \left(\frac{100*200}{100+200} + \frac{1000*2005}{1000+2005} \right) = 734\ \Omega$$

والان عند توصيل الكلفانومتر الى طرفي اخراج دائرة ثفنن المكافئة , فان التيار المار في الكلفانومتر يكون :

$$I_g = \frac{Vth}{Rth+Rg} = \frac{5}{734+100} = 5.99\ \mu A$$

عليه فان انحراف الكلفانومترd يكون :

d = 5.99μA* 10 mm \ μA= 59.9 mm

مثال2 : اتزنت قنطرة وتستون بالقيم التالية للمقاومات وجميعها مقاسة بوحدة الاوم :

$R_1=5\Omega$, $R_2=8\Omega$, $R_3=10\Omega$

1. ارسم المخطط التوضيحي لقنطرة وتستون .
2. احسب مقدار المقاومة الرابعة المجهولة .

الحل : (1)

(2)

The rule for (R_x) :

$$R_x=\frac{R2*R3}{R1}=\frac{8*10}{5}=16\Omega$$

تمرين : لقنطرة وتستون المعطيات التالية :

$R_1=1k\Omega$, $R_2=10k\Omega$, $R_3=3k\Omega$, $R_4=30k\Omega$

1. **ارسم المخطط التوضيحي لقنطرة وتستون .**
2. **هل القنطرة متزنة ام غير متزنة , برهن ذلك رياضيا .**

قناطر التيار المتناوب A.C. Bridges

شروط إتزان القنطرة :

تعتبر قنطرة التيار المتناوب تطويرا طبيعيا لقنطرة التيار المستمر , ويتكون الشكل الاساسي للقنطرة من اربع أذرع ومصدر الاثارة والكاشف الصفري . يجهز مصدر القدرة فولتية متناوبة للقنطرة بالتردد المطلوب . حيث تم تمثيل أذرع القنطرة (Z_1 , Z_2 , Z_3 , Z_4) بممانعات غير محددة القيمة تحصل حالة الاتزان للقنطرة عندما تكون إستجابة الكاشف مساوية للصفر.

ينطلب شرط الاتزان للقنطرة ان يكون فرق الجهد بين A & C مساويا للصفر , تحدث هذه الحالة عندما يكون هبوط الجهد من B الى A مساويا لهبوط الجهد من B الى C في المقدار والطور يمكن تمثيل ذلك بالتمثيل المركب كما يلي :

$$E_{BA} = E_{BC} \quad \text{or} \quad I_1Z_1 = I_2Z_2 \quad (1)$$

عندما يكون تيار الكاشف صفرا (حالة الاتزان) تكون التيارات :

$$I_1 = \frac{E}{Z_1+Z_3} \quad (2)$$

$$I_2 = \frac{E}{Z_2+Z_4} \quad (3)$$

بتعويض المعادلتين 2 & 3 في المعادلة 1 ينتج :

$$Z_1Z_4 = Z_2Z_3 \quad (4)$$

وعند استعمال المسامحات بدلا من الممانعات :

$$Y_1Y_4 = Y_2Y_3 \quad (5)$$

تعتبر المعادلة (4) هي المعادلة العامة لاتزان قنطرة التيار المتناوب , والتي تنص على ان حاصل ضرب زوج الممانعات للذراعين المتقابلين يساوي حاصل ضرب الزوج الاخر من الممانعات للذراعين المتقابلين الاخريين عند تمثيل الممانعات بالصيغة المركبة . وعند تمثيل الممانعات بالصيغة القطبية ($Z = Z \angle\theta$) حيث تمثل Z مقدار الممانعة و θ زاوية الطور

للمانعة , يمكن كتابة المعادلة بالصيغة :

$$(Z_1\angle\theta)(Z_4\angle\theta) = (Z_2\angle\theta)(Z_3\angle\theta) \qquad (6)$$

بما انه عند ضرب الاعداد المركبة في بعضها , تضرب المقادير وتجمع زوايا الطور مع بعضها البعض , لذا يمكن كتابة المعادلة **6** بالشكل التالي :

$$Z_1Z_4 (\theta_1 + \theta_4) = Z_2Z_3 (\theta_2 + \theta_3) \qquad (7)$$

تبين المعادلة (**7**) بانه يجب تحقيق شرطين بصورة متزامنة لموازنة قنطرة التيار المتناوب , الشرط الاول يجب ان تحقق مقادير الممانعاتالعلاقة التالية :

$$Z_1Z_4 = Z_2Z_3 \qquad (8)$$

او بعبارة اخرى ((يجب ان يكون حاصل ضرب مقادير ممانعات الاذرع المتقابلة متساوية)) .

يتطلب الشرط الثاني ان تحقق زوايا الطور للممانعات العلاقة التالية :

$$(\theta_1 + \theta_4) = (\theta_2 + \theta_3) \qquad (9)$$

او بعبارة اخرى ((يجب ان يكون مجموع زوايا الطور لممانعات الاذرع المتقابلة متساويا)) .

مثــال1 : اذا كانت قيم ممانعات قنطرة التيار المتناوب الاساسية كما يلي :

$Z_1=100\Omega\angle 80°$, $Z_2=250\Omega$, $Z_3=400\Omega\angle 30°$

اوجد قيم ثوابت الذراع الرابع $Z_4 = ?$.

الحــل :

يتطلب الشرط الاول لاتزان القنطرة ان يكون :

$$Z_4 = \frac{Z_2 * Z_3}{Z_1} Z_1Z_4 = Z_2Z_3 \rightarrow$$

$$= 1000\ \Omega Z_4 = \frac{250*400}{100}$$

يتطلب الشرط الثاني لاتزان القنطرة ان يكون مجموع زوايا طور الاذرع المتقابلة متساوية أي :

$$(\theta_1 + \theta_4) = (\theta_2 + \theta_3)$$

بتعويض زوايا الطور المعلومة وحل المعادلة لايجادθ_4 نحصل على :

$$\theta_4 = 0 + 30 - 80 = -50°$$

عندئذ يمكن كتابة الممانعة المجهولة Z_4 بالصيغة القطبية كما يلي :

$$Z_4 = 1000\ \Omega\angle -50°$$

مثـال 2 : تكون القنطرة في الشكل التالي في حالة اتزان مع القيم التالية :

$L_3 = 15.9\ H, R_1 = 300\Omega\ ,\ R_2 = 450\Omega\ ,\ C_1 = 0.265\ \mu F\ ,\ R_3 = 200\ \Omega$

اذا كان تردد المصدر يساوي (1KHz) , اوجد ثوابت الممانعة (Z_4) .

الحـــل :

تنص المعادلة العامة لاتزان القنطرة على ان : $Z_1Z_4 = Z_2Z_3$

$Z_2 = R_2 = 450\ \Omega$

$Z_1 = R_1 - \frac{j}{\omega c_2} = (300 - j600)\ \Omega$

$Z_3 = R_3 + j\omega L_3 = (200 + j100)\ \Omega$

$Z_4 = ?$

نعوض عن القيم المعلومة في معادلة الاتزان نحصل على :

$Z_4 = \frac{450*(200+j100)}{(300-j600)} = j150\ \Omega$

تبين النتيجة بان الممانعة (Z4) عبارة عن محاثة نقية مفاعلتها الحثية تساوي (150Ω) عند التردد (1KHz) .

بما ان المفاعلة الحثية (X_L) تساوي :

$X_c = 2\pi f L$

$150 = 2*3.14*1000*L$

$L = \frac{150}{6280} = 0.0239\ H = 23.9\ mH$

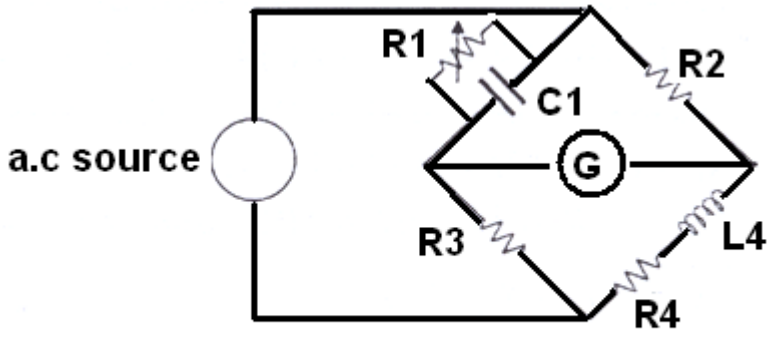
H.W

في المثال السابق برهن ان القنطرة متزنة باستخدام شرط التوازن وفق زوايا الطور .

$$(\theta_1 + \theta_4) = (\theta_2 + \theta_3$$

قنطرة ماكسويل : Maxwell bridge

تقيس قنطرة ماكسويل قيمة المحاثة المجهولة بدلالة متسعة معلومة , يتكون احد اذرع النسبة من مقاومة ومتسعة على التوازي , ويكون من السهل كتابة معادلة الاتزان باستعمال مسامحة الذراع الاول بدلالة ممانعته .



الشكل رقم 2 قنطرة ماكسويل

بإعادة ترتيبالمعادلة العامة لاتزان قنطرة التيار المتناوب $Z_1Z_x = Z_2Z_3$ نحصل على :

$$Z_x = Z_2Z_3Y_1 \qquad (1)$$

حيث ان :

$$Y_1 = \frac{1}{R_1} + j\omega c_1$$
$$Z_2 = R_2$$
$$Z_3 = R_3$$
$$Z_x = R_x + j\omega L_x$$

بتعويض هذه القيم بالمعادلة رقم (1) نحصل على :

$$R_x + j\omega L_x = R_2R_3 \left(\frac{1}{R_1} + j\omega c_1\right)$$

بفصل المقادير الحقيقية والمقادير الخيالية عن بعضها البعض ينتج :

$$R_\chi = \frac{R_2R_3}{R_1}$$

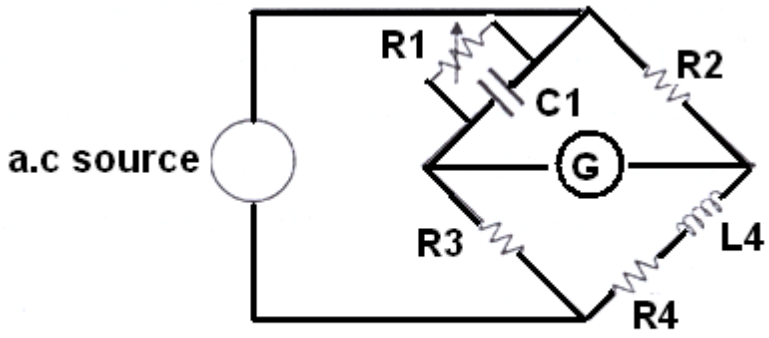
$$j\omega L_x = R_2R_3\, j\omega c_1 \Rightarrow \qquad Lx = R_2R_3C_2$$

مثال : تم استخدام قنطرة ماكسويل لقياس محاثة مجهولة لملف ومقاومته الداخلية , وقد اتزنت القنطرة عند القيم التالية :

$R_1 = 1000\ \Omega$, $C_1 = 0.5\ \mu F$. $R_2 = 600\ \Omega$, $R_3 = 400\ \Omega$

1. ارسم المخطط التوضيحي للقنطرة .
2. احسب قيمة المحاثة المجهولة ومقاومتها الداخلية .
3. احسب زاوية طور الذراع المجهول اذا كان تردد المصدر 1KHz .

الحـل : (1)



الشكل رقم 2 قنطرة ماكسويل

(2) . عند اتزان قنطرة ماكسويل يمكننا ايجاد المقاومة المجهولة من المعادلة التالية :

$$R_x = \frac{R2R3}{R1} = \frac{600*400}{1000} = 240\ \Omega$$

اما قيمة المحاثة L_x فيمكن ايجادها من المعادلة :

$$L_x = R_2R_3C_1 = 600*400*0.5*10^{-12} = 0.12\ H$$

(3) . لحساب زاوية الطور θ :

$$\theta = \tan^{-1}\frac{XLx}{Rx}$$

$$X_L = 2\pi fL = 2*3.14*1000*0.12 = 753.6\ \Omega$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{753.6}{240} \Rightarrow \theta = 72.33°$$

H.W

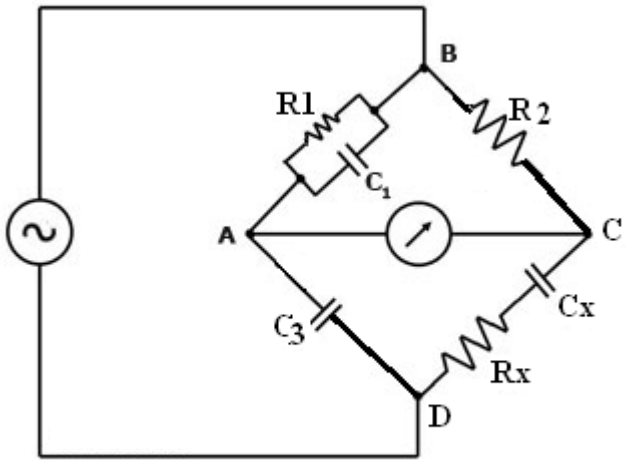
اتزنت قنطرة ماكسويل بالقيم التالية :

$R_1 = 30K\Omega$, $C_1 = 1000pF$, $R_2 = 5K\Omega$, $R_3 = 1K\Omega$

جد قيم : R_x , L_x , θ

قنطرة شيرنگ Schering bridge

تستعمل قنطرة شيرنگ التي تعتبر احدى من اهم قناطر التيار المتناوب بصورة واسعة في قياس المتسعات .



الشكل رقم 2 قنطرة شيرنك للتيار المتناوب

يتم اشتقاق معادلة الاتزان بالاسلوب الاعتيادي او بتعويض قيم الممانعات والمسامحات في المعادلة العامة نحصل على :

$$Z_x = \mathbf{Z_2 Z_3 Y_1}$$

$$R_\chi - \frac{}{\omega C_\chi} =$$

$$+ R_2 \frac{\omega c_1}{\omega c_3} \; R_\chi - \frac{j}{\omega C_\chi} = R_2 \frac{-j}{\omega c 3 R_1}$$

$$= \frac{R_2 c_1}{c_3} R_\chi - \frac{j}{\omega C_\chi} - \frac{j R_2}{\omega c_3 R_1}$$

بمساوات المقادير الحقيقية والخيالية مع بعضها البعض نحصل على :

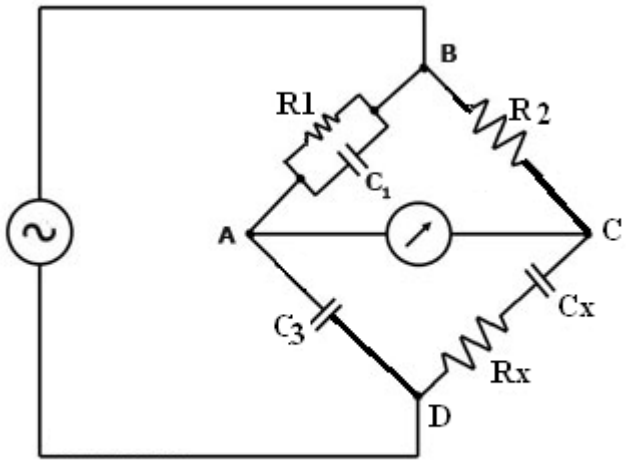
$$, \quad C_\chi = C_3 \frac{R_1}{R_2} R_\chi = \frac{R_2 C_1}{C_3}$$

مثـــال1 : تتحقق حالة الاتزان في قنطرة شيرنگ تحت الشروط التالية :

R1= 10KΩ , C1 = 100pF , R2 = 1KΩ , C3 = 500pF

جد قيم Cx , Rx **وزاوية الطور** θ **علما ان تردد الاشارة الداخلة** 1KHz .

الحـــل :



الشكل رقم 2 قنطرة شيرنك للتيار المتناوب

$= 200\ \Omega = 10^3 * \frac{100*10^{-12}}{500*10^{-12}}\ R_\chi = R_2\ \frac{C_1}{C_3}$

$= 5000\ pF * \frac{10*10^3}{10^3} = 500*10^{-12} C_\chi = C_3\ \frac{R1}{R_2}$

$= \frac{1}{2*3.14*1000*5000*10^{-12}} = \frac{1}{2\pi Cx}\ Xcx = \frac{1}{\omega Cx}$

$Xc_x = 31847\Omega$

$\theta = tan^{-1}\ \frac{31847}{200} = \tan^{-1} 159\ =$

مثـــال2 :اتزنت قنطرة شيرنگ بالمكونات التالية :

$R1 = \frac{1000}{\pi}$, $C3 = 106$ pF , $R2 = 260\ \Omega$, $C1 = 0.5\mu F$

اوجد قيمة سعة المتسعة المجهولة ومقاومتها (Cx , Rx).

الحــل :

لايجاد قيمة المقاومة المجهولة نستخدم المعادلة التالية :

$$R_x = \frac{C1}{C3} \quad R_2 = \frac{0.5*10^{-6}}{106*10^{-12}} * 260 = 1.23\ M\Omega$$

اما لايجاد قيمة المتسعة المجهولة نستخدم المعادلة التالية :

$$C_x = \frac{R1}{R2} \quad C_3 = \frac{1000\ /\pi}{260} *106*10^{-12} = 130\ pF$$

H.W

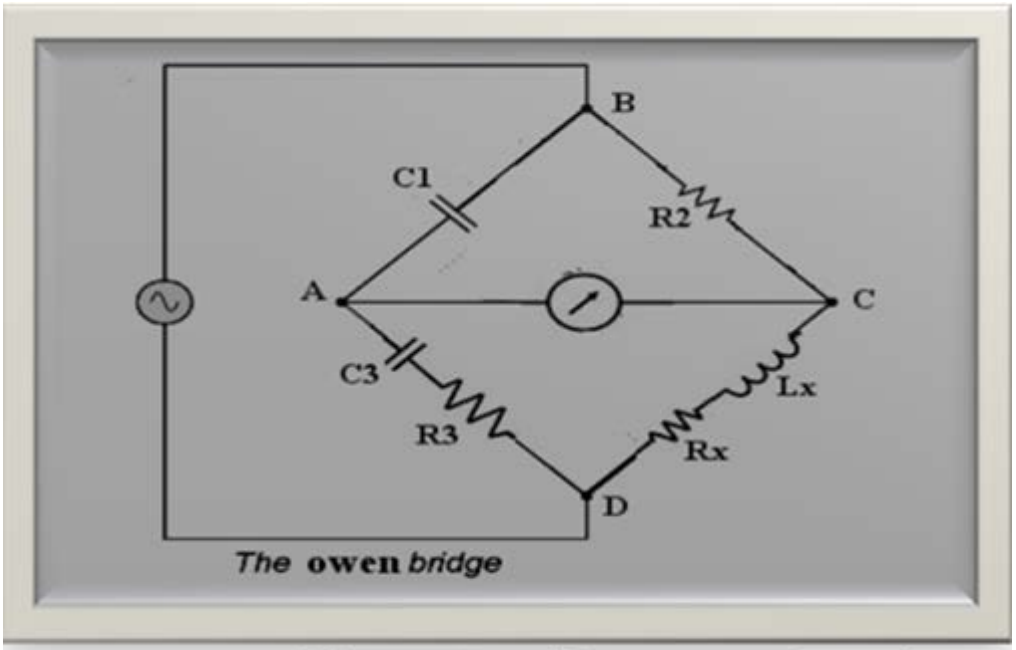
قنطرة شيرنگ متزنة وفق المعطيات التالية :

$R_1 = 5\ \Omega$, $R_2 = 10\ \Omega$, $C_1 = 2\ \mu F$, $C_3 = 5$ pF

احسب R_x , C_x

قنطرة أون : Owen bridge

تستخدم قنطرة أون في قياس المحاثة المجهولة بدلالة المقاومة والمتسعة .



الشكل رقم 2 قنطرة اون لقياس المحاثة

لاشتقاق معادلات الاتزان نعوض قيم ممانعات اذرع القنطرة بصيغتها المركبة في المعادلة العامة لاتزان قناطر التيار المتناوب والتي تنتج :

$$\frac{-j}{\omega C_1}(L_x + j$$

$$\frac{-jR_x}{\omega C_1} + \frac{L_x}{C_1}$$

والان نفصل المقادير الحقيقية والخيالية عن بعضها البعض نحصل على :

$$L_x = R_2R_3C_1$$

$$\frac{-jR_x}{\omega C_1} = \frac{-j}{\omega}$$

$Z = \sqrt{Rx + X_L{}^2} X_L = 2\pi fL$,

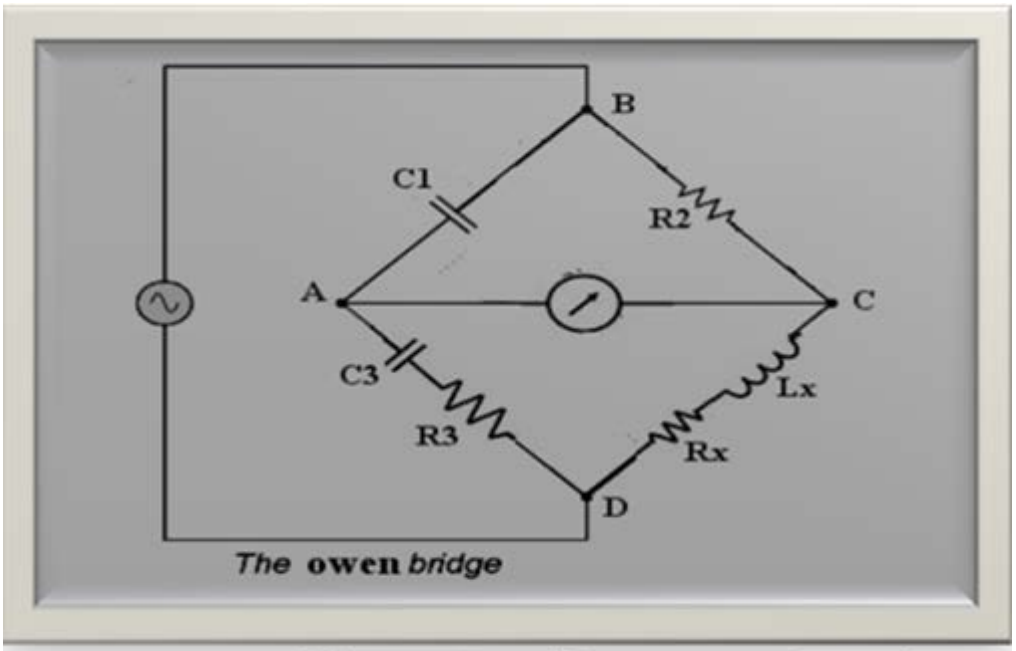
مثــال : اتزنت قنطرة أون عند القيم التالية :

$0.124\mu F C_1 = 0.1\ \mu F$, $R_2 = 100\ \Omega$, $R_3 = 834\ \Omega$, $C_3 =$

1 . ارسم القنطرة .

2 . احسب قيمة الممانعة المجهولة عند التردد 2KHz .

الحـــل : (1)



الشكل رقم 2 قنطرة اون لقياس المحاثة

(2) الممانعة المجهولة عبارة عن مقاومة على التوالي مع محاثة . يمكن ايجاد المحاثة المجهولة من المعادلة :

$L_x = R_2R_3C_1 = 100*834*0.1*10^{-6} = 8.34\ mH$ **وكذلك ايجاد المقاومة من المعادلة :**

$R_\chi = R$,$\frac{C_1}{C_3}$

قيمة المفاعلة الحثية عند التردد 2KHz :

$X_L = 2\pi fL = 2*3.14*2*10^3*8.34*10^{-3} = 104.8\ \Omega$

$= \sqrt{(80.7)^2 + (104.8)^2} Z_\chi = \sqrt{R_\chi{}^2 + X_L{}^2}$ **=Ω 132.3**

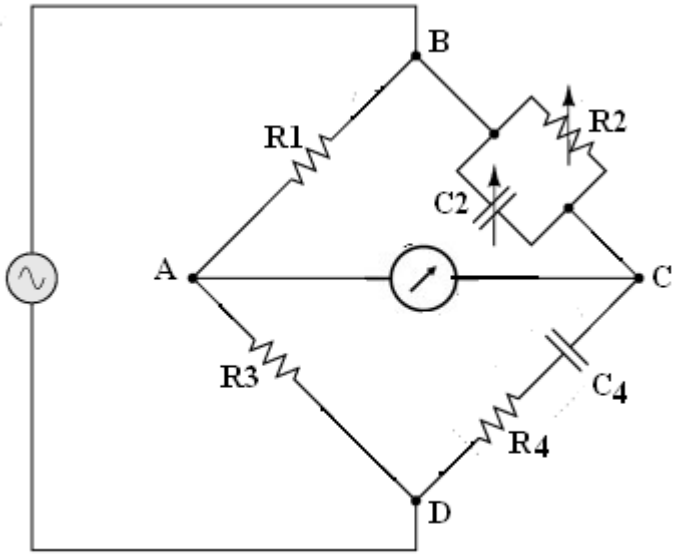
H.w

اثبت رياضيا مع الرسم ان:

$$L_x = R_2R_3C_3R_\chi = R_2\frac{C_1}{C_3} \quad \& \quad$$

قنطرة وين : Wien bridge

تستخدم قنطرة وين لقياس الترددات الواطئة لاشارة معينة وذلك بقياس السعة والمقاومة المجهولة , ويمكن استخدام هذه القنطرة لقياس الترددات السمعية بدلالة المقاومة والسعة .



The Wien bridge الشكل رقم 1

بتعويض قيم ممانعات القنطرة بصيغتها المركبة , واستعمال مسايرة الذراع الثالث بدلا من ممانعته لكونه يحتوي على عناصر موصولة على التوازي في المعادلة العامة لاتزان قنطرة التيار المتناوب نحصل على :

$$R_2 = \left(R_1 -$$

$$R_2 = \frac{R_1R_4}{R_3}$$

بمساوات المقادير الحقيقية والمقادير الخيالية مع بعضها البعض نحصل على :

$$R_2 = \frac{R_1R_4}{R_3}$$

$$\frac{R_2}{R_4} = \frac{R_1}{R_3} + \frac{C_3}{C_1} \qquad (1)$$

$\omega C_3 R_1 R_4$

$$= \frac{1}{\sqrt{C_1 C_3 R_1 R_3}} \Rightarrow \omega\omega^2 = \frac{1}{C_1 C_3 R_1 R_3}$$

حيث ان $\omega = 2\pi f$

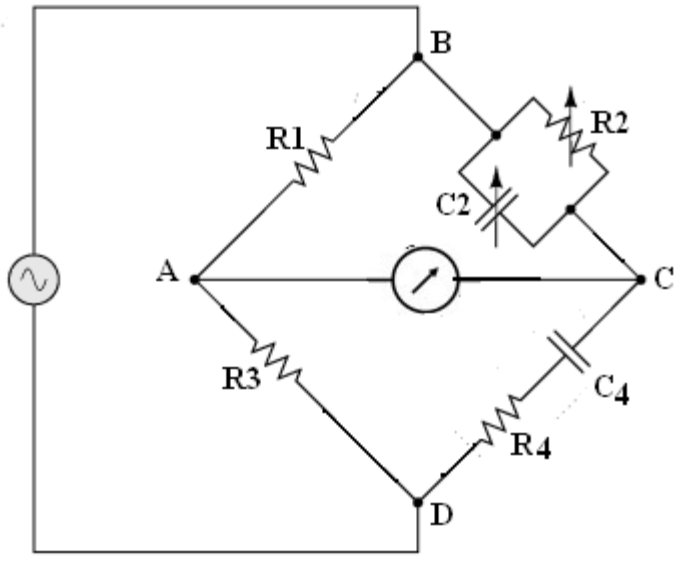
$$\therefore \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_1 c_3 R_1 R_3}} (2)$$

يعتبر احد شرطي اتزان القنطرة عن ايجاد النسبة المقاومية المطلوبة (R_2/R_4) , بينما يعتبر الشرط الثاني عن معادلة تردد فولتية المصدر . بعبارة اخرى اذا تم تحقيق المعادلة رقم (1) وتم تجهيز القنطرة بمصدر تردده كما مبين في المعادلة رقم (2) عندئذ تكون القنطرة في حالة اتزان .

مثـــــال :إتزنت قنطرة وين بالقيم التالية :

= 400 Ω , C_1 = 1μF , R_2 = 100 Ω , R_3 = 800 Ω , C_3 = 0.5 μF

احسب قيمة تردد فولتية المصدر (f) و قيمة المقاومة (R_4) .



The Wien bridge الشكل رقم 1

الحـــل :

معادلة ايجاد التردد هي :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_1 C_3 R_1 R_3}}$$

$$f = \frac{}{2} \quad 3.1$$

اما لايجاد المقاومة (R4) نستخدم المعادلة التالية :

$$\Rightarrow \frac{100}{R_4} = \frac{400}{800} + \frac{0.5*10^{-6}}{1*10^{-6}} \frac{R_2}{R_4} = \frac{R_1}{R_3} + \frac{C_3}{R_1}$$

$R_4 = 100\ \Omega$

Alternating – Current indicating instrument أجهزة تأشير التيار المتناوب

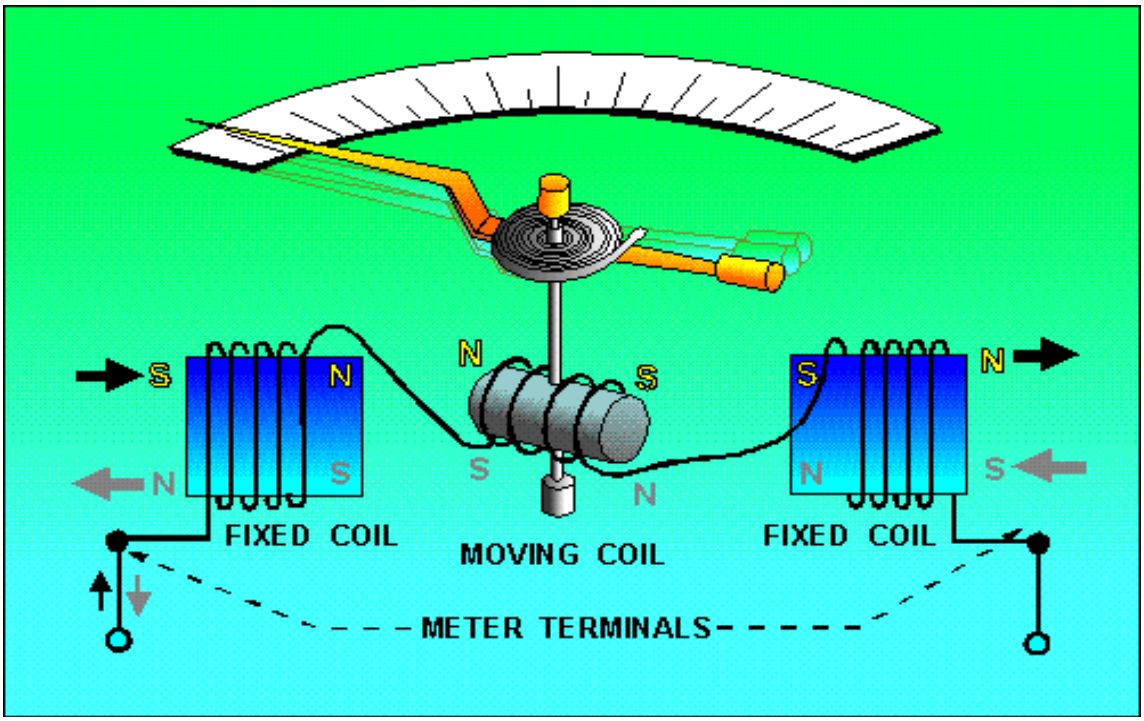
يستجيب الكلفانوميتر نوع دي آرسونفال لقيمة التيار المستمر الذي يمر خلال الملف المتحرك . أما التيار المتناوب فانه يتسبب في توليد عزم للانحراف باتجاه معين خلال النصف الموجب من الموجة وعزم للانحراف باتجاه معاكس للأول خلال النصف السالب من الموجة وبذلك فان مؤشر الكلفانوميتر يتأرجح نحو الامام والخلف حول نقطة الصفر على مرآة التدريج عند الترددات الواطئة . اما عند الترددات العالية فان عزم الانحراف للملف الدوار يكون عاليا جدا بحيث لا يتمكن المؤشر من الاستجابة لانقلاب اتجاه عزم الانحراف ويبقى المؤشر مترددا لمسافة قصيرة جدا حول نقطة الصفر على المرآة .

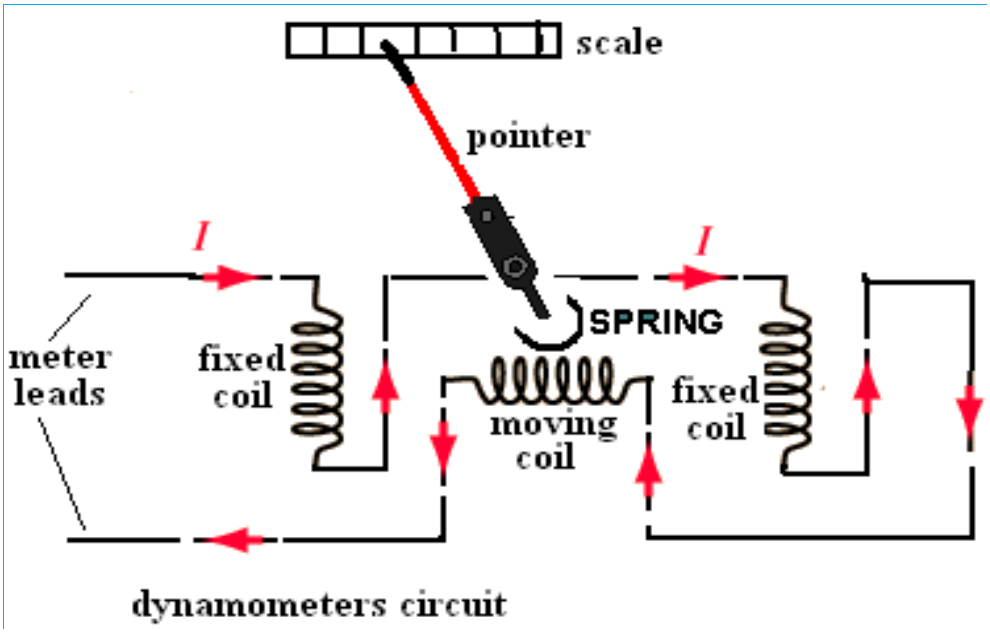
لذا عند قياس التيار المتناوب بواسطة كلفانوميتر نوع دي ارسونفال يجب الحصول على عزم احادي الاتجاه لا يتغير بانقلاب طور الموجة .

Electrodynamometer الداينموميتر الكهربائي

يعتبر الداينموميتر الكهربائي إحدى أهم حركات التيار المتناوب . يستعمل عادة في مقاييس الفولتية ومقاييس التيار البالغة الدقة للتيار المتناوب .

بينما تستعمل حركة دي آرسونفال المغناطيس الدائم لتجهيز المجال المغناطيسي الذي يدور فيه الملف المتحرك , يستعمل الداينموميتر الكهربائي التيار المراد قياسه لإنتاج الفيض الضروري للمجال . يجهز ملف الفيض المقسم الى نصفين متساويين المجال المغناطيسي الذي يدور فيه الملف المتحرك ويربط هذين النصفين على التوالي مع الملف المتحرك لتتم تغذيتهم بواسطة التيار المراد قياسه يوضع الملفان الثابتة متباعدة عن بعضها بحيث تسمح لمحور الدوران بالمرور بينهما





dynamometers circuit

يمكن فهم عمل الجهاز بالرجوع الى علاقة العزم الناتج من تعليق ملف في مجال مغناطيسي.

$$Td = N*\beta*I*A$$

لقد تم توضيح نص المعادلة والتي تبين بان العزم الذي يحرف الملف المتحرك يتناسب طرديا مع ثوابت الملف , N) A) وشدة المجال المغناطيسي الذي يتحرك خلاله الملف (β) والتيار المار خلال الملف (I) . تعتمد كثافة الفيض β () في الداينموميتر الكهربائي على التيار المار خلال الملف الثابت وبدورها فإنها تتناسب طرديا مع تيار الانحراف (I). بما ان ابعاد الملف وعدد لفاته كميات ثابتة لجهاز معين فإن العزم الناتج يصبح دالة لمربع التيار(I^2) .

تصبح الخواص التحويلية للداينموميتر الكهربائي واضحة عند مقارنة القيمة الفعالة للتيار المتناوب مع التيار المستمر بدلالة تأثير التسخين او تحويل القدرة لكل منهما . يملك التيار المتناوب الذي ينتج حرارة في مقاومة معينة بنفس معدل التيار المستمر (I) ، بواسطة تعريف قيمة (I) أمبير ، يكون متوسط معدل إنتاج الحرارة بواسطة التيار المستمر I) (أمبير المار خلال المقاومة (R) مساويا لمقدار (I^2R) واط . أما متوسط معدل إنتاج الحرارة بواسطة التيار المتناوب i) (أمبير خلال دورة واحدة والمار في نفس المقاومة (R) فإنه يساوي $\int_0^T i^2 R \frac{1}{T}$ لذلك ومن التعريف

$$I^2R = \frac{1}{T}\int_0^T$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i$$

يسمى هذا التيـار (I) بقيمـة جذر متوسط التربيع (r.m.s.) او القيمة الفعالة للتيـار المتناوب الذي يشار اليه بالقيمة المكافئة للتيار المستمر .

يمتلك الداينموميتر الكهربائي بعض المساوئ :

1. الاستهلاك العالي للقدرة التي تعتبر نتيجة مباشرة لتركيبه , لان التيار المراد قياسه لا يمر خلال الملف المتحرك فحسب , ولكن يجب ان يجهز فيض المجال أيضا .
2. إضافة الى استهلاك القدرة العالية , يكون المجال المغناطيسي أضعف بكثير عند مقارنته مع حركة دي آرسونفال بسبب عدم وجود الحديد في الدائرة , اي يتألف المسار الكلي للفيض من الهواء فقط .
3. إن إضافة مقاومة على التوالي مع الداينموميتر الكهربائي تحوله الى فولتميتر يمكن إستعماله لقياس فولتيات التيار المستمر والمتناوب , للأسباب سالفة الذكر تكون حساسية فولتميتر الداينموميتر الكهربائي واطئة (10-30) (Ω/v تقريبا , (قارن هذه الحساسية مع حساسية مقياس دي آرسونفال 20kΩ/v) .
4. يمكن اعتبار الداينموميتر الكهربائي كأميتر , ولكن يكون من الصعب جدا تصميم الملف المتحرك الذي يمكن ان يحمل تيارا اكثر من (100 mA) تقريبا . اما التيارات العالية فيجب حملها الى الملف المتحرك خلال الرصاص – الثقيل في الاسلاك التي سوف تفقد مرونتها .

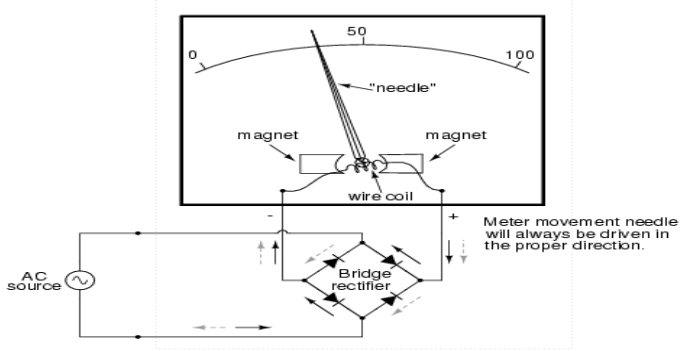
أجهزة نوع – الموحد Rectifier – Type Instruments

يمكن ايجاد الجواب الواضح على سؤال قياسات التيار المتناوب باستعمال الموحد لتحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر ذي اتجاه واحد ثم استعمال حركة التيار المستمر لتأشير قيمة التيار المتناوب الموحد . تعتبر هذه الطريقة جذابة لان حركة التيار المستمر تمتلك حساسية اعلى مما للداينموميتر الكهربائي او اجهزة الحديد– المتحرك .

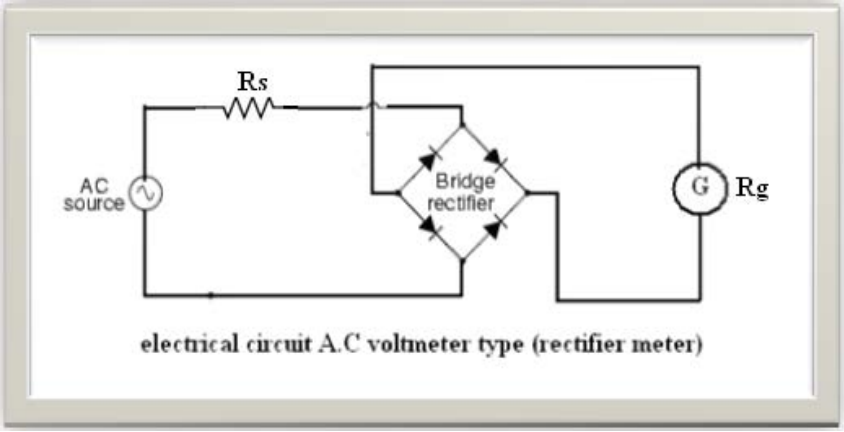
في هذا النوع من الاجهزة يتم قياس التيار والجهد في دوائر التيار المتناوب بتوحيد اتجاه موجة التيار المتناوب الى تيار مستمر احادي الاتجاه ومن ثم استخدام الكلفانوميتر ذات الملف المتحرك والمغناطيس الثابت (PMMC) الذي يولد انحرافا مناسبا مع متوسط قيمة التيار المستمر المار .

في الشكل التالي ابسط دائرة لقياس الجهد المتناوب حيث تولد قنطرة الموحدات تيارا نبضيا متغير القيمة احادي الاتجاه يمر خلال الملف المتحرك وبسبب عزم الانحراف للملف المتحرك فان المقياس يؤشر انحرافا مستقرا للمؤشر متناسبا مع متوسط قيمة التيار المار . ان الجهود والتيارات المتناوبة توصف عادة بالقيم المؤثرة لها (r.m.s. Values) عليه يتم تدريج المقياس على ضوء القيم المؤثرة وليس متوسط القيم وذلك باستخدام المعادلات التالية :

$$Edc = \frac{2\sqrt{2}}{} Er.m.s$$



$$.m. = \frac{}{}$$



الدائرة الكهربائية لفولتميتر التيار المتناوب نوع (موحد الموجة)

مثال : إحسب قيمة المقاومة (R_s) لمقياس الجهد لدوائر التيار المتناوب ليقرأ الجهاز جهدا مؤثرا مقداره (10 v

(عند الانحراف الكلي . علما بان المقاومة الداخلية للكلفانوميتر هي (100 Ω) وتيار الانحراف الكلي هو (2 mA)

اعتبر الموحدات المستخدمة في القنطرة مثالية (المقاومة الامامية صفرا والمقاومة العكسية مالانهاية) .

الحـل :

$$Edc = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}$$

$$Edc = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}$$

المقاومة الكلية (R_T) تساوي حاصل جمع المقاومة (R_s) مع مقاومة الكلفانوميتر (R_m)

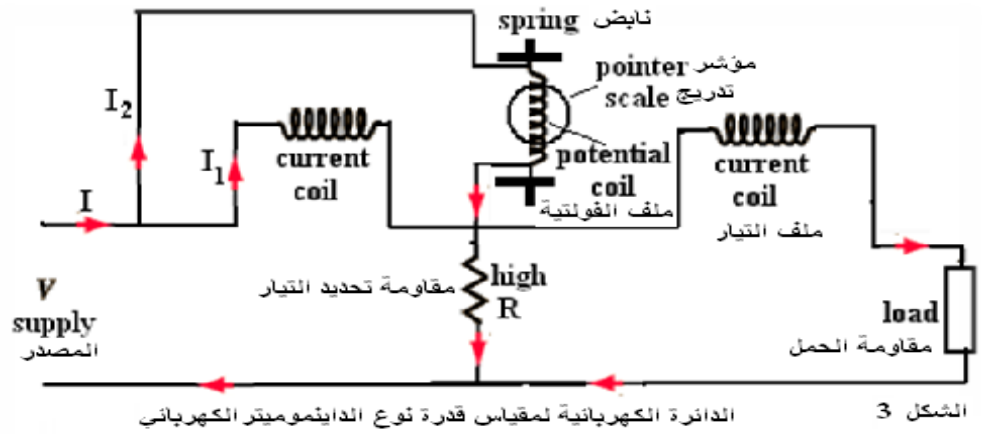
$$R_T = R_s + R_m = \frac{9v}{2mA} = 4.5\ k\Omega$$

$$Rs = 4500 - 100 = 4.4\ k\Omega$$

Single – phase Wattmeter مقياس القدرة (واطميتر) احادي الطور

تستعمل حركة الداينموميتر الكهربائي بصورة واسعة في قياسات القدرة , ويمكن استعمالها لبيان قدرة التيار المتناوب والمستمر ولأية موجة للفولتية والتيار ولا يقتصر عملها على الموجة الجيبية فقط .

يبينالشكل التالي طريقة ربط ملفات الداينموميتر عند استعماله كمقياس قدرة احادي الطور , حيث تختلف عن طريقة ربطها عند استخدامه كأميتر او كفولتميتر . توصل الملفات الثابتة أوملفات المجال والمبينة كعنصرين مستقلين على التوالي لتحمل تيار الخط الكلي (I_1) بينما يربط الملف المتحرك الموضوع في المجال المغناطيسي للملفات الثابتة على التوالي مع مقاومة تحديد التيار (R) عبر خط القدرة ويحمل تيار صغير (I_2) .

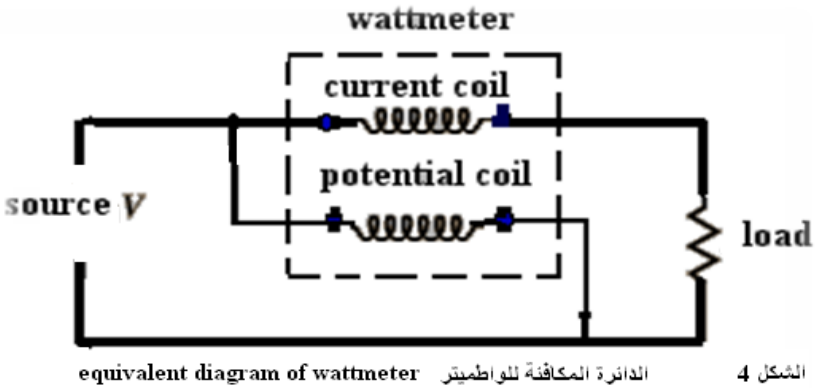


الشكل 3 الدائرة الكهربائية لمقياس قدرة نوع الداينموميتر الكهربائي

electrical circuit connection of wattmeter type electrodynamometer

Wattmeter Construction مكونات الواطميتر

1. ملفي التيار الثابتة
2. ملف الفولتية المتحرك
3. ملف نابضي
4. المؤشر
5. تدريج المقياس



الشكل 4 الدائرة المكافئة للواطميتر equivalent diagram of wattmeter

يعمل مقياس القدرة (الواطميتر الداينموميتري) مع التيار المستمر وكذلك مع التيار المتناوب .

دوائر التيار المستمر :

القدرة في دوائر التيار المستمر هي حاصل ضرب التيار في الفولتية ...

$$P = V * I$$

عزم الانحراف ...

$$Td \alpha I * V$$

$$Td = K * I * V$$

حيث ان :

K– ثابت الجهاز

I – التيار المار في الملف الثابت (ملف التيار)

V–الفولتية خلال الملف المتحرك (ملف الفولتية)

دوائر التيار المتناوب :

القدرة لجهاز واطميتر تيار متناوب احادي الطور ...

$$P_i = I^2 * R_i$$

حيث ان :

Pi– القدرة الضائعة في ملف التيار

Ri– مقاومة ملف التيار

$$P_L = V * I * \cos\theta$$

P_L– القدرة الحقيقية على الحمل (قراءة الواطميتر)

معامل القدرة (Power Factor)

$$P.F. = \cos\theta$$

القدرة الظاهرة

$$S = V * I \ (VA)$$

$$\cos\theta = \frac{PL}{S}$$

القدرة الضائعة في ملف الفولتية

$$Pv = \frac{V^2}{Rv}$$

R_v– مقاومة ملف الفولتية

عزم الانحراف :

$$Td \propto E * I * \cos\theta$$

$$T_{av} = K * E * I * \cos\theta$$

حيث ان :

T_{av}– عزم الانحراف , معدل الانحراف الزاوي للملف المتحرك (ملف الفولتية)

K– ثابت الجهاز

E – القيمة الفعالة للفولتية **(r.m.s.)**

I– القيمة الفعالة للتيار **(r.m.s.)**

θ– زاوية الطور بين التيار والفولتية

مثـــــال 1 : جهاز واطمبتر لقياس القدرة احادي الطور يعمل على **(200 v)** وتيار **(2 A)** ومقاومة ملف التيار **(0.9Ω)**

إحسب القدرة الضائعـــــة في ملف التيار والقدرة الحقيقية المصروفة على الحمل اذا علمت ان عامل القدرة **(P.F = 0.8)**.

الحـــــل :

$P_i = I^2 * R_i = 2^2 * 0.9 = 36\ w$

$P_L = V * I * P.F = 200*2*0.8 = 320\ w$

مثـــــال 2 : اذا كانت قراءة جهاز الواطميتر لقياس القدرة احادي الطور **(400 w)** ويعمل على فولتية **(120 v)** وتيار

(4 A) إحسب زاوية الطور بين التيار والفولتية .

الحـــــل :

$P_L = V * I * P.F = 120*4* \cos\theta$

$\cos\theta = \frac{40}{48}$

$\theta = 33.9°$

.....

H.W.

اذا كانت قراءة جهاز واطميتر لقياس القدرة احادي الطور **(600 w)** ويعمل على فولتية **(220 v)** , إحسب مقدار التيار

اذا علمت ان زاوية الطور **($\theta = 65°$)** .

Ans = 6.462A

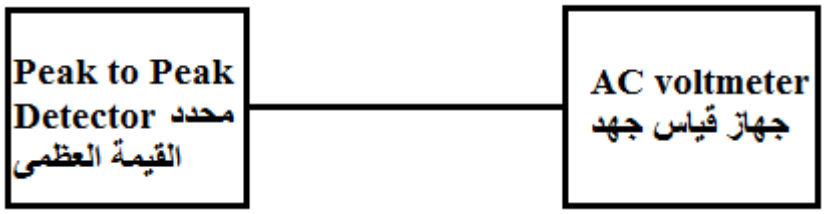
القيمة العظمى لموجة التيار المتناوب وجهاز الكلامبميتر

المقدمة

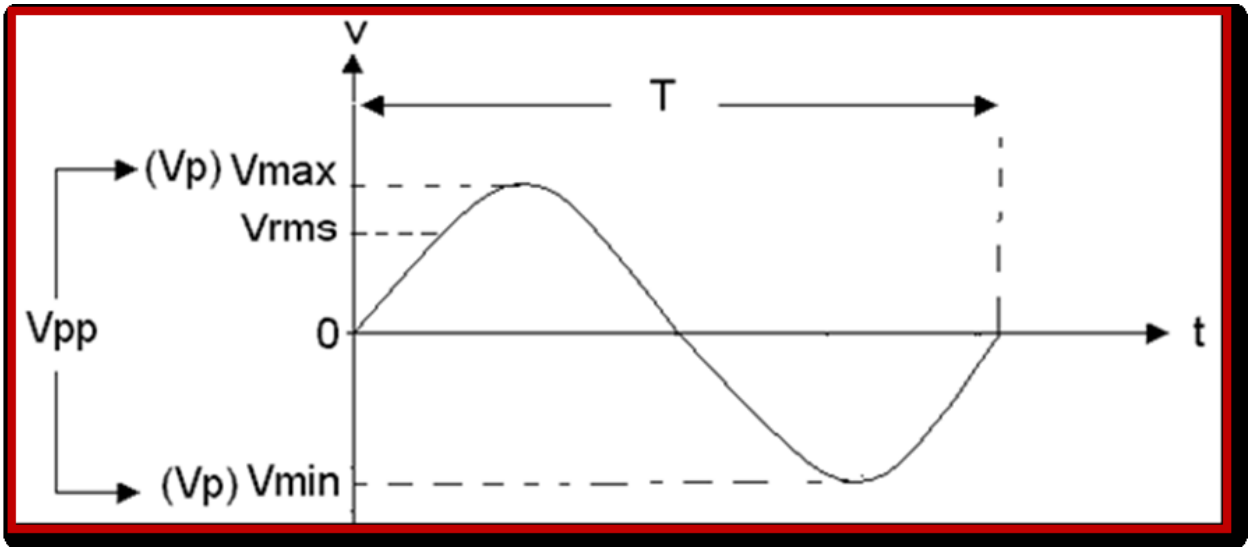
سنتطرق في هذه الوحدة الدراسية الى موضوعين ,الاول هو مقياس القيمة العظمى لموجة التيار المتناوب peak to peak . والموضوع الثاني في هذه الوحدة الدراسية هو جهاز الكلامبميتر لقياس التيار المتناوب لما له من اهمية في الحياة العملية لمن يمارسون ويعملون في المجال الكهربائي والالكتروني.

أجهزة قياس القيمة العظمى (قمة-قاع) Peak to peak meters

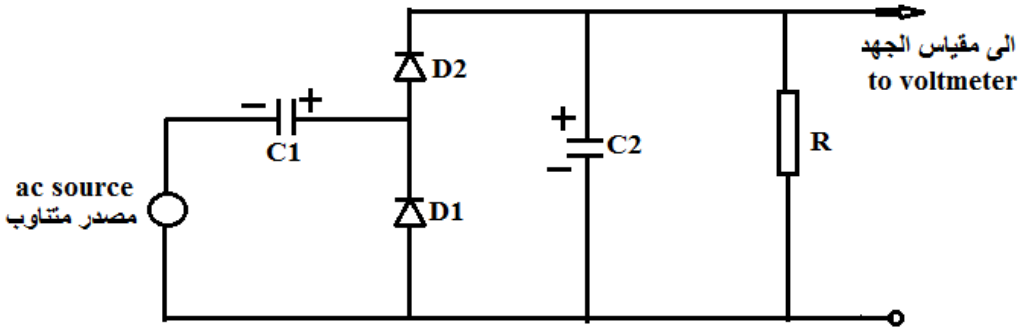
تصمم هذه الاجهزة لقياس القيمة العظمى لاشارات التيار المتناوب والشكل رقم (2) يوضح المخطط الكتلي لهذه الاجهزة .



الشكل رقم (2)



والدائرة العملية لهذا الجهاز مبينة بالشكل رقم (3)



الشكل رقم (3)

مبدأ العمل

خلال نصف الموجة السالب يكون الدايود D1 منحاز انحيازا اماميا ويتم شحن المكثف C1 وخلال النصف الموجب للموجة يكون الدايود D2 منحاز انحياز اماميا وبالتالي فأن المكثف C2 يتم شحنه بالنصف الموجب للموجة بالاضافة الى شحنه المكثف C1 عبر الدايود D2 . وبالتالي فأن الجهد المطبق على المكثف C2 يمثل جهد القمة – قاع Peak to Peak وهذا الجهد يمكن قياسه بواسطة جهاز قياس الجهد المتناوب الموصول على طرفي الدائرة .

جهاز الكلامبميتير لقياس التيار المتناوب Clampmeter

الكلامبميتر هو من الأجهزة التي توضح مقدار الأمبيرالتيار " المسحوب بواسطة اي جهاز كهربائي و اى اختلاف في القراءة عن الأمبير المقرر أي ان دقة وسلامة الاجهزة الكهربائية تعتمد عليه كأنه يؤشر بأن هناك عطل معين يجب البحث عنه وإصلاحه .وكذلك في بعض الاجهزة ايضا وجود جهاز متعدد القياسات كما مبين multimeter بالشكل رقم 4 .والشكل رقم 5

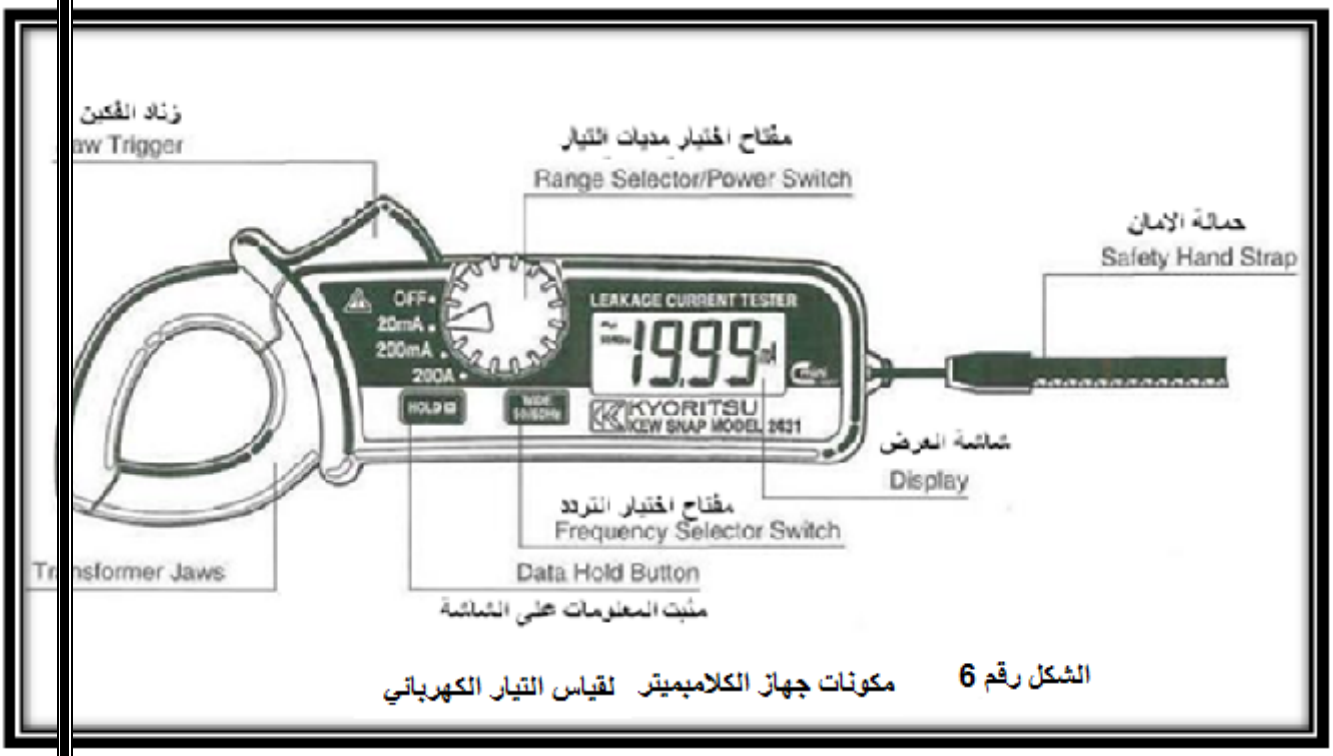
الشكل4: جهاز متعدد القياسات ويظهر في الطرف الايسر الكلامب ميتر

الشكل رقم 5

المكونات

وكما موضح بالشكل رقم 6 فأن جهاز الكلامبميتر يتكون من :

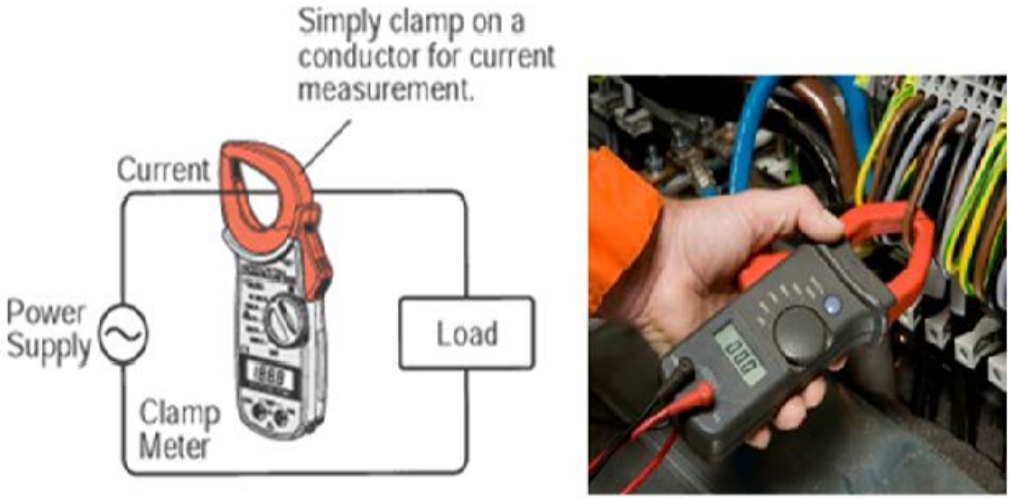
1- محولة تيار على شكل فكين (Transformer jaws)
2- زناد الفكين المتحكم بفتح وغلق الفكين (Jaws trigger)
3- مفتاح اختيار مديات التيار (Rang selector)
4- مفتاح اختيار التردد (Frequency selector)
5- مثبت المعلومات على الشا شة (Data hold button)
6- شاشة العرض (مقياس قراءة التيار) (Display)
7- حمالة الامان (Safety hand strap)



الشكل رقم 6 مكونات جهاز الكلامبميتر لقياس التيار الكهربائي

مبدأ العمل

الكلامبميتر جهاز قياس يتكون من فكين يكون في داخلها الموصل الذي يحمل التيار الكهربائي ,ويتم قياس التيار بدون اي اتصال فيزياوي للفكين مع الموصل. وكما موضح بالشكل رقم 8 .



مخطط توضيحي صورة واقعية

الشكل رقم 8 طريقة استخدام الكلامبميتر لقياس التيار

عموما الكلامبميتر للتيار المتناوب يستند في مبدأ عمله على محول التيار الذي يستخدم قاعدة ان كل موصل يمر فيه تيار يولد فيض مغناطيسي .

الفكين عبارة عن محول تيار وكأي محول يحتوي على ملف ابتدائي وملف ثانوي ولا يعمل الا على التيار المتناوب ولأي تردد ويصل الى مديات الميكاهرتز.وهنا يمثل الموصل المراد قياس التيار فيه الملف الابتدائي.

وكما موضح من خلال الشكل رقم (8) فأن تيار الموصل المراد قياسه I يكون هو التيار الابتدائي لمحول التيار ذو الفكين ومن الطبيعي ان كل موصل يمر فيه تيار يولد حوله فيض مغناطيسي.هذا الفيض بطريقة الحث ينتقل الى الملف الثانوي الذي يقطع ملفات محول التيارCT فيتولد تيار كهربائي بالملف الثانوي هو التيار i تيار الملف الثانوي لانه كل فيض مغناطيسي يقطع ملف يولد فيه تيار .

حيث ان من عدد لفات الملف الثانوي N يمكن حساب التيار بالمعادلة التالية

I : Current under Test (Primary Current)
N : Number of Turns on CT Winding
i : Secondary Current on CT

$$i = \frac{I}{N} \ (A)$$

$$I = i^* N$$

Electronic Instruments أجهزة القياس الالكترونية

Electronic Voltmeter الفولتميتر الالكتروني

يعتبر الفولتميتر الالكتروني من أهم أجهزة القياس الالكترونية ولهذا الجهاز ميزات كثيرة بالنسبة لأجهزة قياس الفولتية الاعتيادية فمقاومته الداخلية وحساسيته عالية جدا ومنطقة التردد التي يشتغل فيها واسعة وتم الاستعاضة عن الصمام بالترانزستور أو الدوائر المتكاملة.

لذا فأن تسمية الفولتميتر الالكتروني تشمل كل طرق التكبير والتعديل (التوحيد) او كلاهما لقياس فولتية التيار المتناوب أو فولتية التيار المستمر.

تصمم الفولتميترات الالكترونية لقياس الفولتيات العالية بحدود مئات الفولتات أو ألاف الفولتات.

الفولتميتر الالكتروني له استجابة سريعة ومرونة لقراءة القياس.

تصنيف الفولتميتر الالكتروني

يصنف الفولتميتر الالكتروني (الشكل رقم 1) من حيث توليد العزم أو التكبير لعزم الانحراف في الملف المتحرك والمغناطيس الثابت إلى :

1. الفولتميتر الالكتروني الترانزسستوري
2. الفولتميتر الالكتروني بأستخدام مكبر العمليات.

يعمل الفولتميتر الالكتروني على التيار المستمر والتيار المتناوب .

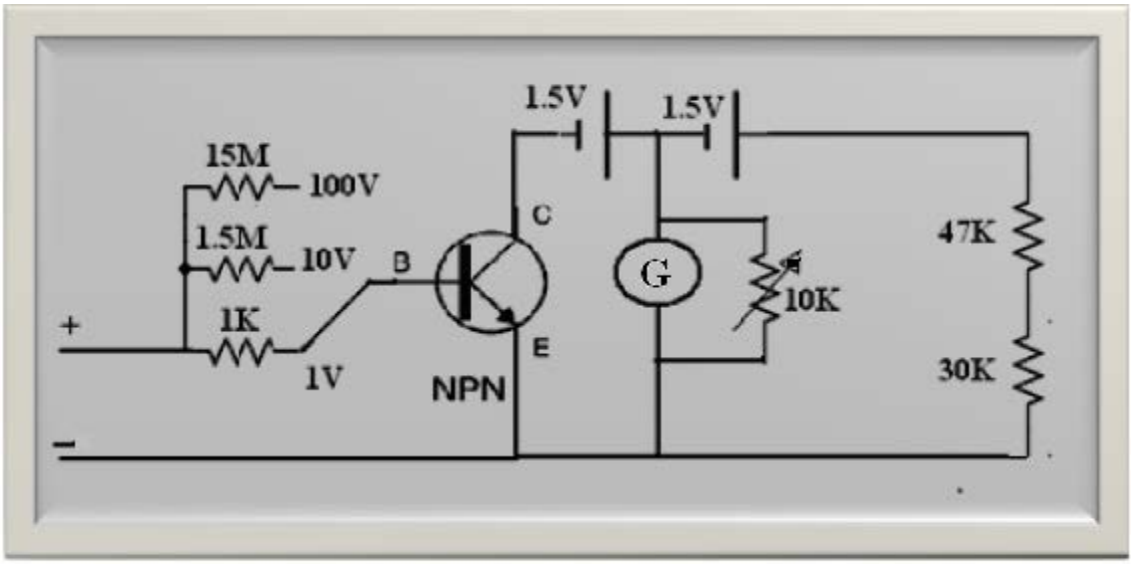
سابقا تم استخدام الصمام المفرغ في تركيبة الفولتميتر الالكتروني وسمي الفولتميتر الالكتروني ذو الصمام المفرغ (VTVM) وهي مختصر (Vacuum Tube Voltmeter Measurement) .

ولكن بعد اكتشاف الالكترونيات الجديدة مثل الترانزسستور والمكبرات والدوائر المتكاملة تم الاستغناء عن الصمام المفرغ . وحاليا اغلب الفولتميترات الالكترونية هي النوع الترانزسستوري (TVM) وهي مختصر

Transistorized Voltmeter Measurement) . (

الشكل رقم 1 الفولتميتر الالكتروني

عبارة عن فولتميتر ترانزسستوري بسيط للتيار المستمر يحتوي في تركيبه على ترانزستور نوع والدائرة الالكترونية موضحة بالشكل رقم 2 .



الشكل رقم 2 الدائرة الالكترونية للفولتميتر الترانزسستوري

ويمكن فهم اشتغال الدائرة بتذكر توصيلة الباعث المشترك, حيث يتطلب الترانزستور كمية قليلة من التيار الداخل.

يكون اكبر مدى لمقاومة الداخل (15 MΩ) .

قبل استعمال الجهاز يجب ضبط الصفر,ويمكن ضبط حساسية الجهاز عن طريق توصيل فولتية معلومة بإطراف الداخل وذلك لحساسية الترانزستور حيال درجات الحرارة.

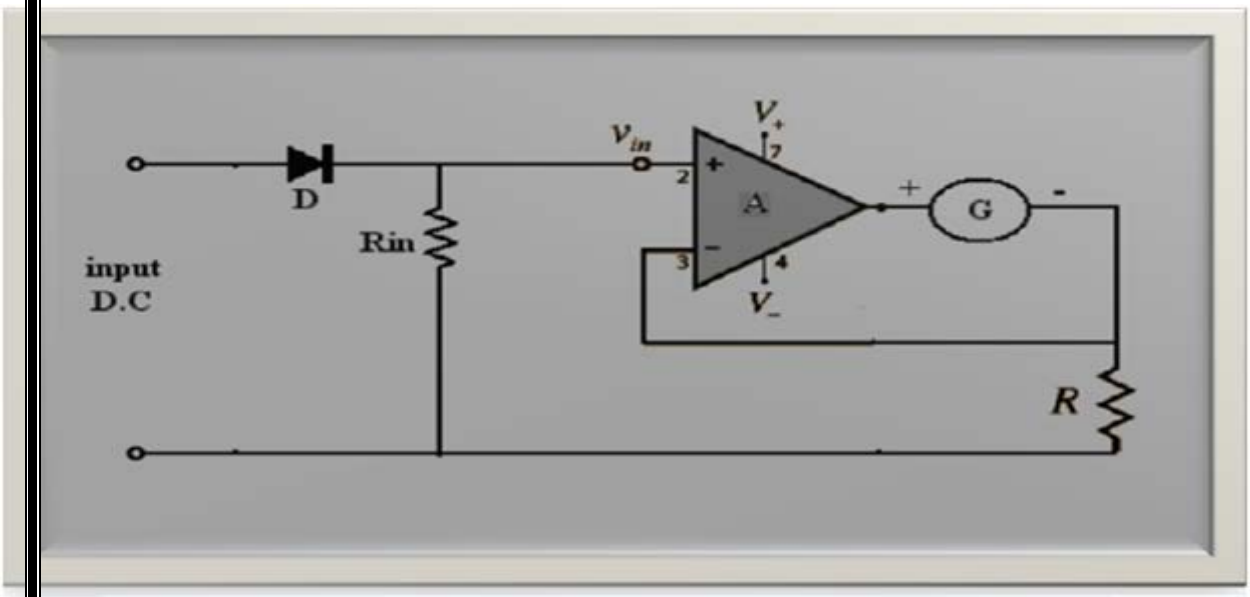
ويمكن تثبيت ماص الحرارة (Heat Sink) وبخلافه فان التغير بدرجات الحرارة يسبب انعدام التوازن في المقياس نتيجة توليد تيار التسرب (Leakage Current) .

يمكن إن يأخذ ماص الحرارة شكل زعنفة تبريد معدنية تثبت حول الترانزستور والتي تكون موصلا حراريا جيدا مع كمية كبيرة من المعدن المبرد أو يمكن تثبيت الترانزستور في ثقب محفور في قضيب من النحاس الأصفر.

إن استعمال الترانزستور في درجة حرارة أعلى من حرارة الغرفة أمر غير مرغوب فيه لأنه يؤدي إلى إتلاف الترانزستور .

الفولتميتر الالكتروني باستخدام مكبر العمليات.

المقياس الالكتروني للجهد المتناوب يشابه المقياس الالكتروني للجهد المستمر على إن توحد موجة التيار المتناوب إلى تيار مستمر وذلك باستخدام ثنائي توحيد قبل دائرة المكبر والكلفانوميتر.يمكن قراءة القيمة المؤثرة للموجة الجيبية بواسطة هذا المقياس الذي يتناسب انحراف مؤشره مع متوسط القيمة للموجة.(الشكل رقم 3) يمثل الدائرة الالكترونية للفولتميتر الالكتروني باستخدام مكبر العمليات.



الشكل رقم 3 الدائرة الالكترونية للفولتميتر الالكتروني بأستخدام مكبر العمليات

متعدد القياسات الالكتروني (الملتيميتر) Electronic Multimeter

ويوجد نوعين من مقياس متعدد القياسات (الملتيميتر) (الشكل رقم 4) :

النوع الاول : المقاييس التماثلية (Analog Multimeter) وهي تبين القيمة المقاسة عن طريق ابرة مؤشر تتحرك لتشير على قيمة معينة بشكل تقريبي نسبي .

النوع الثاني : المقاييس الرقمية (Digital Multimeter) وهذا النوع يظهر لنا قيمة القياس على شاشة على هيئة أرقام وبذلك تكون نتيجة القياس دقيقة جدا .

مكونات متعدد القياسات الالكتروني

يتألف متعدد القياسات من دوائر لقياس الجهد والمقاومة والتيار ويتألف بصورة عامة كجهاز قياس من:

I. مكبر التيار المستمر ذي القنطرة المتزنة مع كلفانوميتر.
II. مجزئ جهد عند الإدخال مع مفتاح المديات لتحديد قيمة الجهد المطلوب قياسه ونوع المدى الملائم .
III. دائرة موحدات لتقويم الإشارات المتناوبة إلى جهد مستمر عند استخدامه في قياس الجهود المتناوبة.

IV. بطارية داخلية مع دوائر إضافية لاستخدامه في قياس المقاومات.

V. مفتاح اختيار نوع القياس لاختيار نوع القياس المطلوب كمقياس جهد ,مقاومة,تيار,.....الخ.

متعدد القياسات تماثلي

Analog Multimeter

متعدد القياسات رقمي

Digital Multimeter

الشكل رقم 4

الملتيميترمن الأجهزة الهامة جدا بالنسبة لأي ورشة أجهزة الكترونية وبالنسبة لأي معمل الكترونيات حيث بإمكانه قياس الجهد المستمر من صفر الى ألاف الفولتات والجهد المتغير من صفر الى ألاف الفولتات .

الاعتبارات في اختيار الفولتميتر الالكتروني

عند اختيار مقياس الجهد المتناوب الالكتروني (الفولتميتر) لقياس جهد في دائرة ما يجب ان تؤخذ العوامل التالية بنظر الاعتبار:

1.ممانعة الإدخال : يجب إن تكون ممانعة الإدخال لمقياس الجهد أعلى من ممانعة الدائرة المطلوب قياس جهدها ، لأبعاد تأثير الحمل على الدائرة مثلا يمكن قياس الجهد على مقاومة مقدارها (10kΩ) بواسطة فولتميتر ذو مقاومة ادخال (10MΩ) دون ان يكون لتأثير الحمل دور كبير على القياس .

2. مدى الجهد (مديات الفولتية): _ان تدريج المقياس له أهمية كبيرة لأنه يحقق الدقة المطلوبة في القياس .

لذا يجب ان تكون أجزاء التدريج مجزأة بصورة دقيقة مثلا لكل 1 فولت له 100 جزء على التدريج بحيث يمكن قراءة 1 / 100 من الفولت.

3 . حساسية الجهاز: تتناسب شدة الضوضاء مع عرض الحزمة حيث يمكن لمقياس ذو مدى ترددي عالي أن يلتقط إشارات الضوضاء ويعمل على قياسها ، مثلا الفولتميتر ذو المدى الترددي من (10Hz) الى (10 MHz) يكون حساسا لقياس (1mv) ويمكن إن تتحسن الحساسية الى (100Mv)

للمقياس ذو المدى الترددي (10Hz - 5MHz) .

4.البطارية : من الضروري اختيار أجهزة قياس الجهد (الفولتميتر) تعمل بالبطارية حيث يمكن استخدامها وحملها الى اي مكان.

قياس زاوية الطور وأشكال ليساجوس

ألمقدمة

يعرف جهاز راسم الإشارة بأنه نوع من أنواع أنبوب أشعة المهبط (CRT) (Tube Cathode Ray). وهو من الأجهزة الهامة في مجال القياسات الكهربائية و الالكترونية (الشكل رقم 1) حيث انه يمكن الشخص من تقييم شكل موجة الإشارة بطريقة بصرية حيث تظهر صورة موجة الإشارة على شاشة أنبوبة المهبط (CRT) . وفي مجال دوائر التيار المتناوب يمكن للشخص من اختيار شكل الموجة عند نقاط عديدة في الدائرة الكهربائية و كذلك قياس قيمة الإشارة من قيمة عظمى إلى قيمة دنيا (Peak to Peak). ويمكن للشخص أيضا استخدام الجهاز في قياس قيمة التردد (frequency) و زاوية الطور(phase angle) وكذلك ملاحظة اتزان دوائر القناطر .

الشكل رقم 1 جهاز راسم الاشارة (الاوسلوسكوب)

أشكال ليساجوس Lissajous Figures

وهي أشكال تظهر على شاشة جهاز الاوسلوسكوب تتكون عندما يتم تسليط موجات (فولتيات) جيبيه إلى ألواح الانحراف العمودي والأفقي للجهاز . والتردد في الإشارة الأفقية هو نصف التردد في الإشارة العمودية.وتستخدم لقياس زاوية الطور والتردد

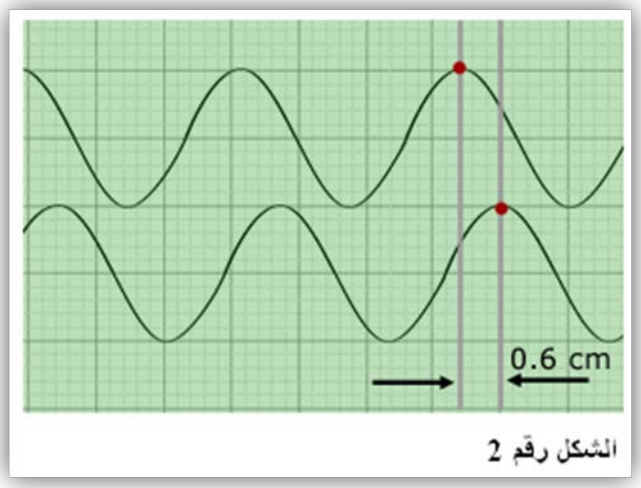
قياس زاوية الطور Phase Shift Measurement

1. في الحالة الاعتيادية لقياس زاوية الطور بواسطة الاوسلوسكوب وبظهور موجتي إشارة على شاشة الجهاز والمراد قياس زاوية الطور بينهما . نقيس على محور الزمن الفرق بينهما بالسنتمراتphase difference,ثم نقيس مقدار طول الموجة (period)(wavelength) وبتطبيق القانون التالي نحصل على زاوية الطور

بوحدة القياس (radian):

$$\text{phase diff. (rads.)} = \frac{\text{phase diff. (cm)}}{\text{wavelength (cm)}} \times 2\pi$$

مثال 1 : موجتان جيبية ظهرت على شاشة الاوسلوسكوب كما في (الشكل رقم 2) وكان فرق الطور بينهما 0.6 cm والطول الموجي 3.1 cm احسب زاوية الطور بينهما مقاسة بوحدة الراد .



الشكل رقم 2

Solution

The phase difference is 0.6 cm

The wavelength is 3.1 cm

$$\text{phase diff. (rads.)} = \frac{\text{phase diff. (cm)}}{\text{wavelength (cm)}} \times 2\pi$$

$\theta = (2\ \pi \times 0.6)/3.1 = 1.2$ **rads.**

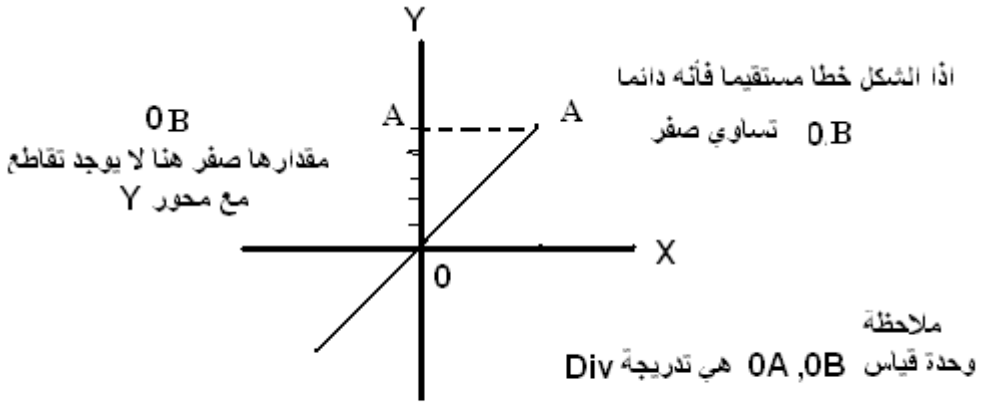
2 يمكن الاستعانة بصيغة التشغيل المتعامد لقياس زاوية الطور بين إشارتي فولتية ذات تردد متشابه وذلك عند ربطهما الى مضخمات الانحراف العمودية والأفقية ونتيجة لذلك نحصل على شكل اهليليجي (elliptical pattern) أو خط مستقيم لأشكال ليساجوس (الشكل رقم 3, 4) وبتطبيق القانون التالي :

$$\text{Sin}\theta = \frac{0B}{0A}$$

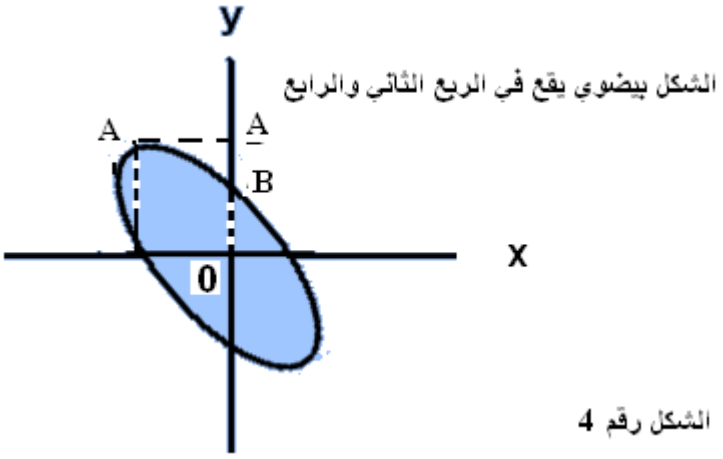
$\theta = Sin^{-1}(\frac{0B}{0A})$ أذا كان الشكل يقع في المربع الاول والثالث

$\theta = 180 - Sin^{-1}(\frac{0B}{0A})$ أذا كان الشكل يقع في المربع الثاني والرابع

حيث أن OB تقاطع شكل ليساجوس مع محور y (محور الفولتية اوالتيار) ويمثل عدد التدريجات من نقطة الصفر 0 .
بينما 0A يمثل المسافة (التدريجات) من الصفر الى اعلى نقطة بالشكل.



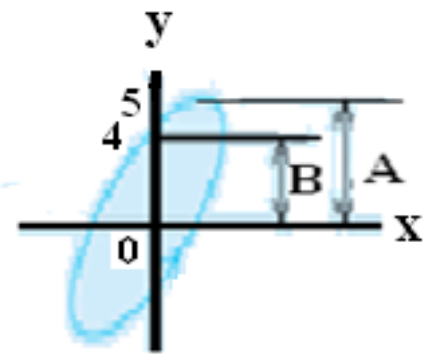
الشكل رقم 3



الشكل رقم 4

مثال 2

عند تشغيل الراسم بصيغة التشغيل النتعامد لقياس زاوية الطور بين اشارتين لهما تردد متشابه ظهر شكل اهليليجي على الشاشة (الشكل رقم 5) وعند القراءة (0B= 4 Div,0a= 5 Div) أحسب زاوية الطور.



الشكل رقم 5

Solution

شكل ليساجوس يقع بالمربع الاول والثالث

أذا كان الشكل يقع في المربع الاول والثالث

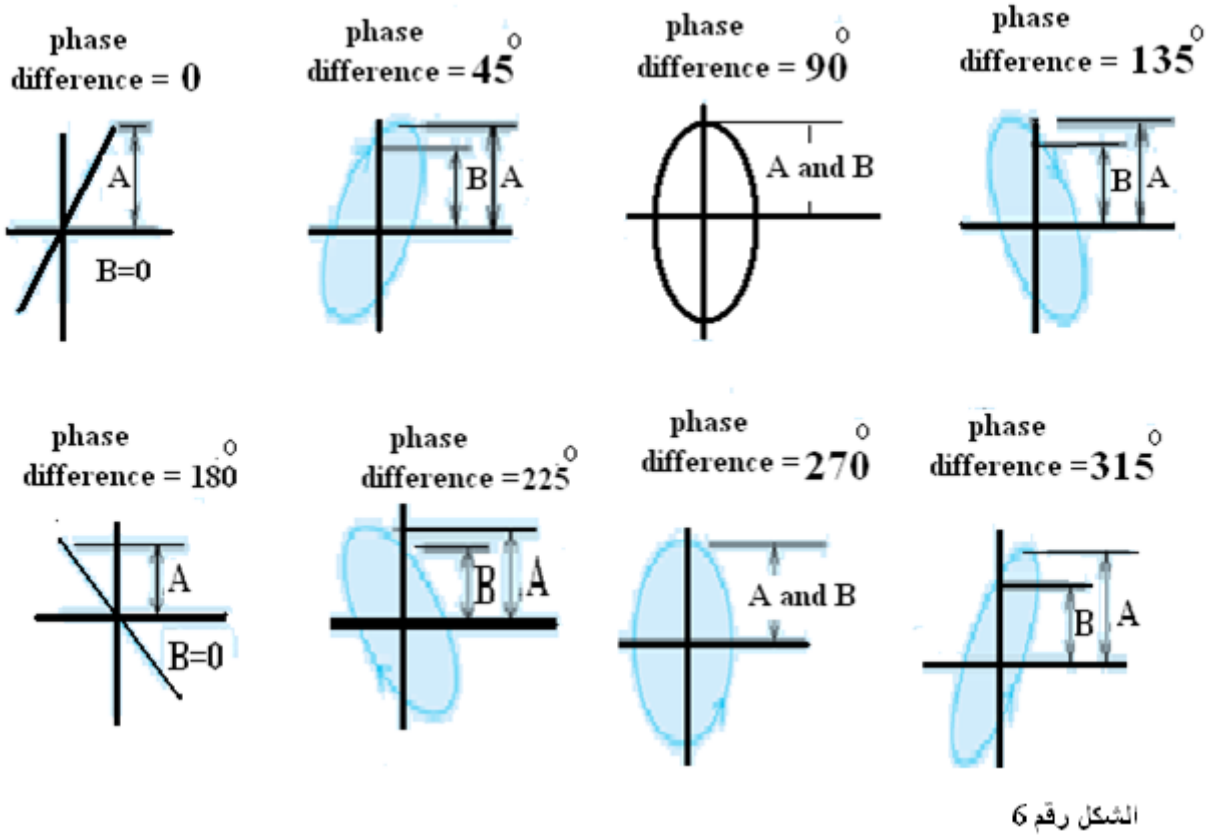
θ = $Sin^{-1}(\frac{0B}{0A})$

θ = $Sin^{-1}(\frac{4}{5})$

θ=sin^{-1}0.8

θ = 53˚.13

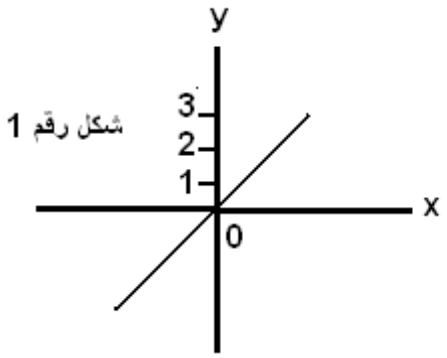
3 .يمكن قياس زاوية الطور بين فولتيتين جيبية وذلك بتسليطهما على صفائح (X) و (Y) لجهاز الاوسلوسكوب ويكون الشكل الناتج هي أشكال ليساجوس Lissajous Figures الخاصة ويمكن ايضا تطبيق القوانين اعلاه عليها. (الشكل رقم 6)



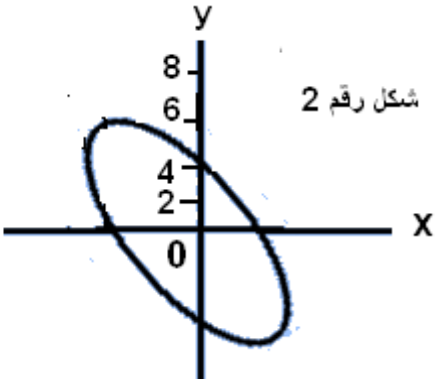
الشكل رقم 6

مثال 3 :

عند تشغيل الراسم لقياس زاوية الطور بين أشارتين ظهرت الأشكال التالية, جد فرق الطور لكل حالة.

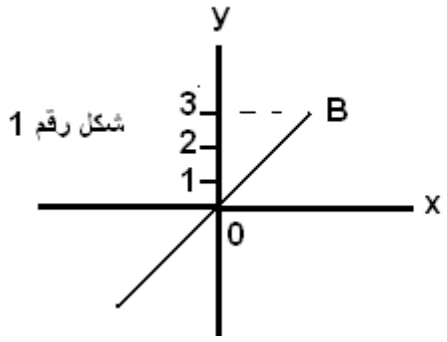


شكل رقم 1

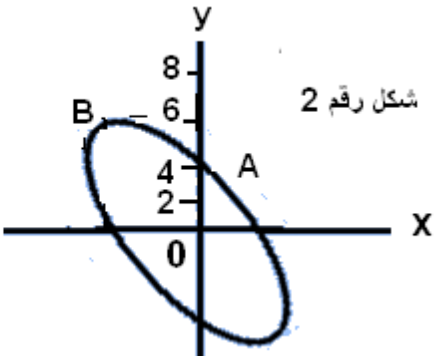


شكل رقم 2

Solution



شكل رقم 1



شكل رقم 2

$\theta = \rightarrow \theta = Sin^{-1}(\frac{0}{3}) \rightarrow \theta = Sin^{-1}0$ 1/ $\theta = Sin^{-1}(\frac{0A}{0B})$

0°

2/ $\theta = 180 - Sin^{-1}(\frac{0A}{0B}) \rightarrow \theta = 180 - Sin^{-1}(\frac{4}{6}) \rightarrow \theta = 138°.71$

قياس التردد Measurement of frequency

I. في الحالة الاعتيادية لايجاد تردد الموجة بواسطة راسم الاشعة الكاثودية (الاوسلوسكوب) يتم ايجاد الزمن الدوري للموجة (T) على شاشة الجهاز.وبعد ذلك نجد التردد (مقلوب الزمن)

ويتم ايجاد T على المحور الافقي للشاشة (X) محور الزمن (عدد المربعات لموجة كاملة مضروبا في تدريجة مقسط الزمن) .

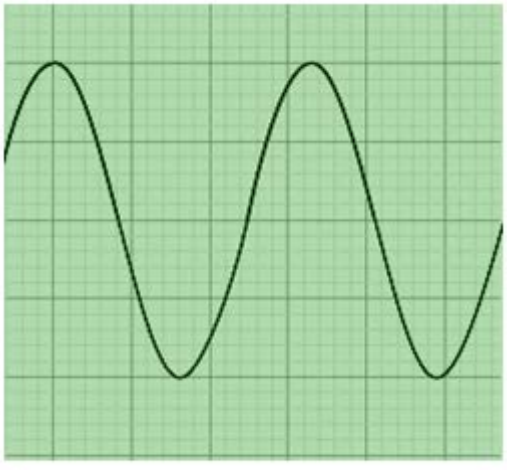
T = (horizontal dist. on screen in cm) x (time-base setting)

التردد F هو مقلوب الزمن Tويقاس بالثانية S والتردد يقاس بوحدة الهرتز Hz

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

مثال 3

أحسب مقدار التردد للشكل رقم 7 لموجة جيبية على شاشة الراسم (لكل مربع 1cm) فكانت مسافة الموجة الكاملة على محور الزمن 3.3cm وقسط الزمن للجهاز على وضع 2ms/cm .



الشكل رقم 7

Solution

الزمن الدوري للموجة T يقاس بوحدة الثانية لذا يجب تحويل التدريج من ملي ثانية إلى الثانية

If the time-base is 2ms/cm (2×10^{-3} sec./cm), then the period (T) is:

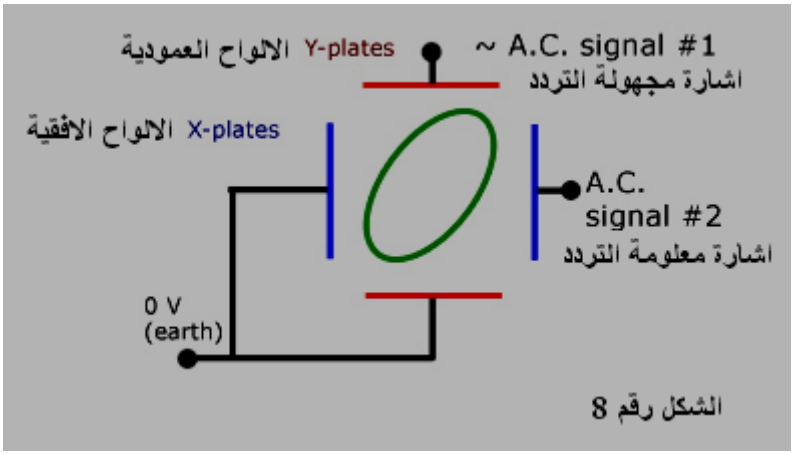
$$T = 3.3 \times 2 \times 10^{-3} = 6.6 \times 10^{-3} \text{ sec.}$$

$$F = 1 / T$$
$$F = 1 / 6.6 \times 10^{-3}$$

Hence the frequency (f) is:

$$F = 151.5 \text{ Hz}$$

4 . الطريقة الاخرى لايجاد التردد وهي بواسطة أشكال ليساجوس التي تظهر على شاشة جهاز راسم الأشعة الكاثودية (الاوسلوسكوب) .حيث تربط الإشارة التي ترددها مجهول(إشارة تيار متناوب) إلى مدخل الالواح العمودية للراسم (Y) (الشكل رقم 8) , وتربط اشارة ترددها متغير معلوم مأخوذة من مولد تردد معتمد إلى مدخل الألواح الأفقية (X) , سوف يظهر شكلا مستقلا على الشاشة (أشكال ليساجوس)مبينا إن تردد الإشارتين متساوي.



الشكل رقم 8

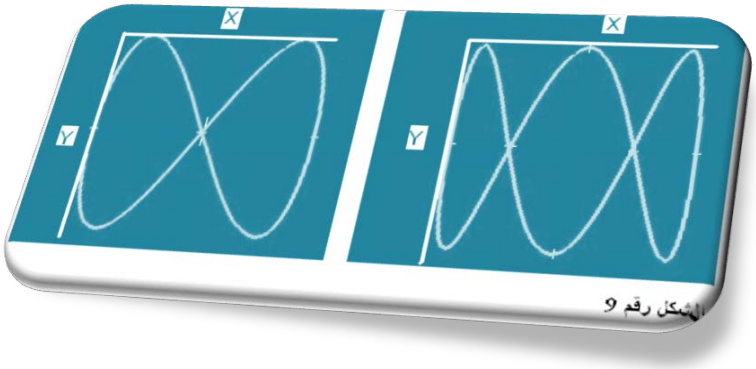
أما في حالة وجود نسبة بين الترددين فأن شكلا من أشكال ليساجوس يظهر على الشاشة وتكون على شكل ثمانية باللغة الانكليزية (كما في الشكل رقم 9) .
او أشكال أخرى (كما في الشكل رقم 10) فنطبق العلاقة التالية بين الترددين ونسب الحلقات العمودية والأفقية.

$$\frac{Y}{X} = \frac{fx}{fy}$$

f_x= تردد الإدخال الأفقي

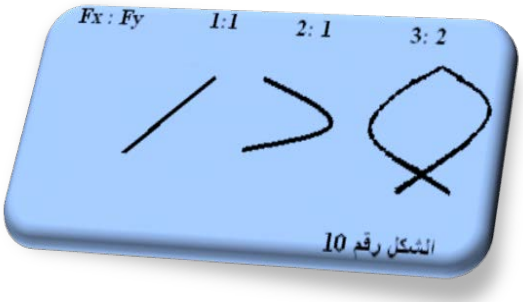
f_y=تردد الإدخال العمودي

المقاطع = عدد المماسات الأفقيةx = عدد المماسات العمودية(المقاطع) y



الشكل رقم 9

تعطي النسب المختلفة للتردد صورا مختلفة وبهذه الطريقة يمكن تمييز التردد المجهول بنسب بسيطة عن التردد المعلوم الأول.



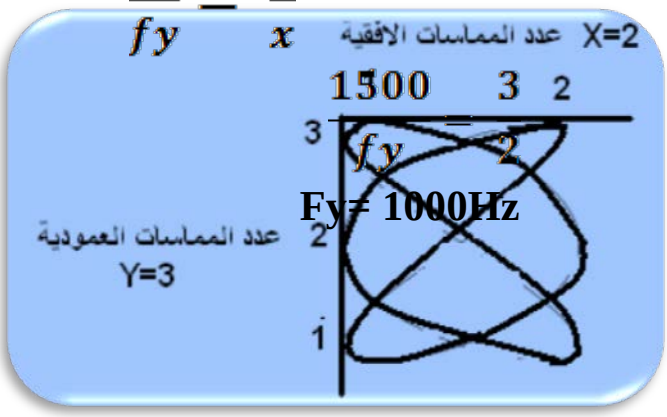
الشكل رقم 10

مثال 4 :

يملك أحد أشكال ليساجوس ثلاثة مقاطع في الاتجاه العمودي ومقطعين الاتجاه الأفقي , إذا علمت إن تردد الإدخال الأفقي 1500Hz أحسب التردد في الإدخال العمودي.موضحا بالرسم.

Solution

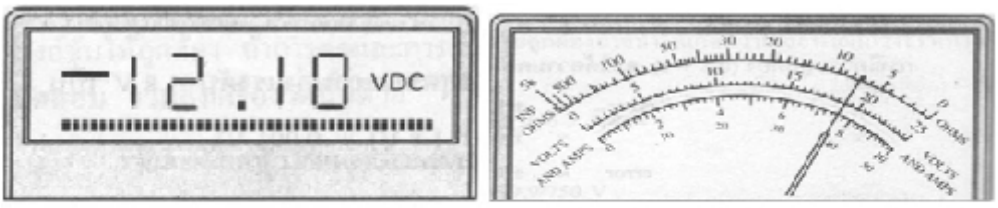
$$\frac{fx}{fy} = \frac{y}{x}$$



Digital Voltmeter
الفولتميتر الرقمي

Introduction
ألمقدمة

أجهزة القياس الالكترونية تكون على نوعين وهما :
أجهزة القياس الالكترونية التناظرية و تستعمل مقاييس طريقة التأشير (أي وجود تدريج ومؤشر) .
والنوع الثاني هو الأجهزة الرقمية وهي الشائعة الاستعمال بسبب الدقة الكبيرة وسرعة القراءة(وجود عداد رقمي مباشر لإظهار مقدار القياس).(أنظر الشكل رقم 1)



جهاز قياس الكتروني رقمي — جهاز قياس الكتروني تناظري

الشكل رقم 1

المقاييس الرقمية

يمكن بواسطة المقياس الرقمي قراءة الجهود والتيارات المستمرة والمتناوبة كما يمكن قياس المقاومة ايضا. يعمل المقياس الرقمي على عرض الكمية المقاسة بشكل رقم عددي أفضل بكثير من قراءة انحراف المؤشر على لوحة التدريج.

مميزات أجهزة القياس الرقمية

1 - الدقة المطلقة : نسبة الخطا قليلة جدا .
2 - الاستقرارية في العمل ودقة القراءة لا تتأثر بالتأثيرات الخارجية .
3 - مقاومة الإدخال تقل عن 10 مايكرواوم وسعة الإدخال لا تزيد عن 40 بيكوفاراد .
4 - تتم معايرة الجهاز ذاتيا .
5 - إمكانية ربطه بالحاسوب .
6 - ذات حجم ووزن مناسب بسبب التطور الحاصل في تصنيع الدوائر المتكاملة.

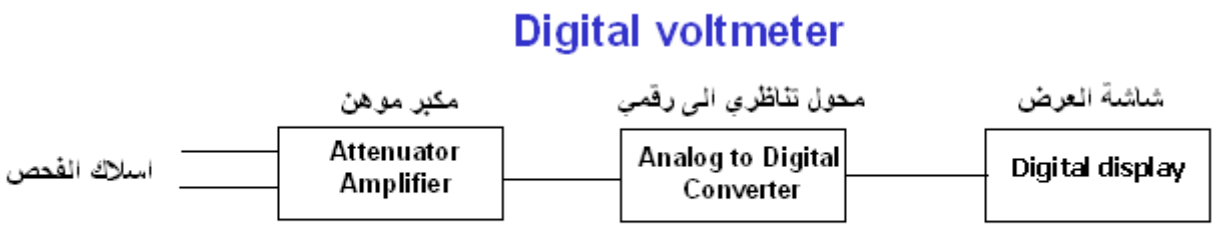
الفولتميتر الرقمي
Digital Voltmeter

هو جهاز قياس الكتروني شائع الاستعمال بسبب دقته العالية وسهولة وسرعة قراءته, حيث تظهر نتيجة القياس بشكل أرقام متسلسلة على العارضة الرقمية.
إن أساس عمل الفولتميتر الرقمي (مثل بقية الاجهزة الرقمية) يعتمد على مبدأ التحويل وتكون عملية اشتغاله على أساس تحويل الفولتية المراد قياسها من اشارة تناظرية إلى إشارة رقمية ثم يتم التعامل معها بواسطة دوائر مصممة خصيصا لحساب مقدار الجهد الذي تمثله الإشارة الرقمية.
يعتبر مقياس الجهد الرقمي الأساس في المقاييس الرقمية بعد إجراء بعض التحويرات عليه يمكن استخدامه في قياس التيار أو المقاومة أو بعض الكميات الفيزياوية الأخرى , وهو مايعرف بجهاز المولتيميتر الرقمي (الشكل رقم 2) من الأجهزة الشائعة الاستخدام اليوم وكلفته تعتبر قليلة .ولابد وان لاحظ الطالب مثل هذا الجهاز وخاصة في المختبرات الدراسية خلال سنوات دراسته ,او بالورش الكهربائية

جهاز متعدد القياسات الرقمي Digital Multimeter
الشكل رقم 2

المخطط الكتلي للفولتميتر الرقمي

من خلال أسلاك الفحص تدخل الفولتية المطلوب قياسها إلى مكبر (amplifier) (انظر الشكل رقم 3) ثم إلى محول تناظري يعمل على تحويل الإشارة التناظرية إلى إشارة رقمية مكافئة ومن ابسط طرق التحويل طريقة التحويل الآني وتعتمد على عدد من دوائر المقارنة,وتقبل هذه المنظومة إدخالا تناظريا بين الصفر و (+V) فولت.إن عدد دوائر المقارنة يزداد بزيادة عدد الأرقام الثنائية المطلوبة.
ثم بعد ذلك يتم عرض القراءة على شكل أرقام على شاشة العرض .



المخطط الكتلي للفولتميتر الرقمي الشكل رقم 3

أنواع من المقياس الرقمي للجهد (ألفولتميتر الرقمي)

1 - **المقياس الرقمي للجهد ذو الإشارة الخطية المائلة.**
2 - **المقياس الرقمي للجهد المتكامل.**
3 - **المقياس الرقمي للجهد ذي الاتزان المستمر.**

المقياس الرقمي للجهد ذو الإشارة الخطية المائلة.

Digital Voltmeter with linear Ramp Signal ان مبدأ عمل هذا التوع من المقياس يعتمد على قياس الزمن الذي تستغرقه موجة خطية مائلة لترتفع من الصفر الى مستوى جهد الادخال . او اتنحدر من جهد الادخال الى مستوى الصفر.يتم قياس هذا الزمن بما يسمى بمعداد وصلة الزمن الالكتروني.

كيف يعمل المقياس الرقمي للجهد ذو الإشارة المائلة

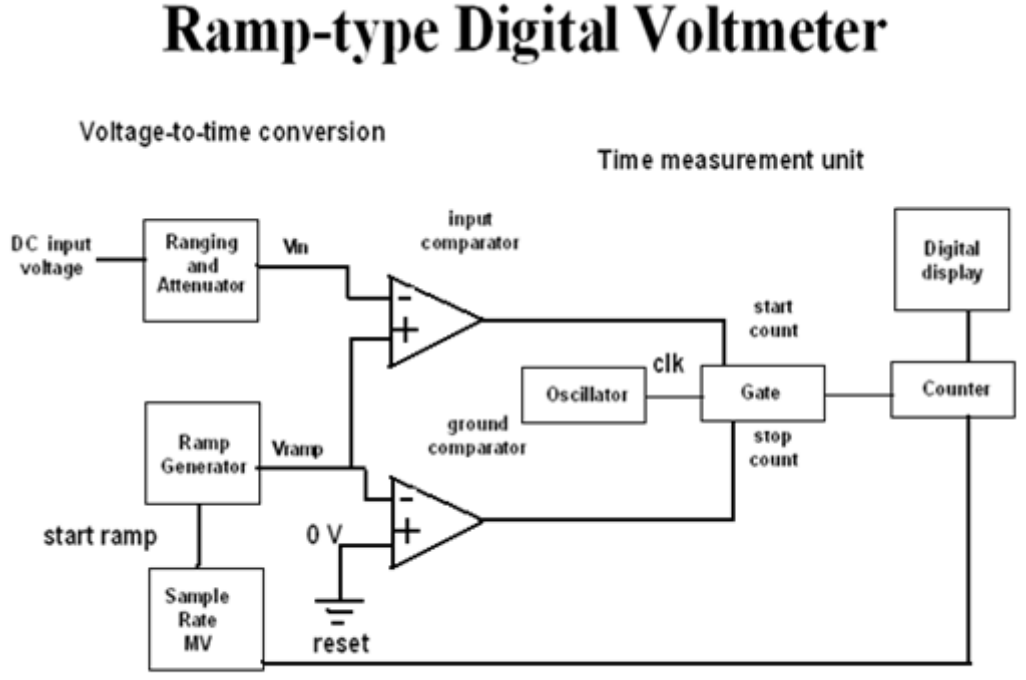
عند بدأ القياس تسلط موجة خطية مائلة (صاعدة او نازلة) تقارن بصورة مستمرة مع جهد الإدخال المجهول اي الفولتية المطلوب معرفة قيمتها بواسطة دائرة مقارنة جهد الإدخال.

في اللحظة التي يتساوى فيها جهد الإدخال المجهول مع جهد الإشارة المائلة تولد دائرة المقارنة نبضة تعمل على فتح بوابة معينة.(انظر المخطط الكتلي للمقياس الشكل رقم 4)

تستمر الموجة الخطية المنحدرة بالانخفاض مع الزمن حتى يصل جهدها الى الصفر فولت (او جهد الأرضي) فتعمل دائرة مقارنة الجهد الأرضي على توليد نبضة أخرى تعمل على غلق البوابة.

يعمل المهزاز على توليد نبضات توقيت تمر من خلال البوابة الى دائرة المعداد (المؤلفة من عدد من المعدادات العشرية) التي تحسب عدد النبضات المارة من خلال البوابة وتعرضها بواسطة وحدة القراءة .الرقم المقروء يمثل جهد الإدخال المطلوب قياسه .

لاحظ ان المخطط الكتلي لمقياس الجهد الرقمي ذو الاشارة الخطية المائلة (الشكل رقم 4) يتكون من جزأين هما محول الفولتية الى زمن(voltage to time conversion) والجزأ الاخر هو وحدة قياس الزمن (Time measurement unit).



الشكل رقم 4 المخطط الكتلي لمقياس الجهد الرقمي نوع الاشارة الخطية المائلة

المقياس الرقمي للجهد نوع المتكامل Integral Digital Voltmeter

يستخدم هذا المقياس لأداء وظيفته كمحول من الجهد الى تردد والذي يستخدم كدائرة تغذية عكسية للسيطرة
على معدل توليد النبضات بشكل يتناسب مع جهد الادخال (الفولتية المطلوب قياسها) .

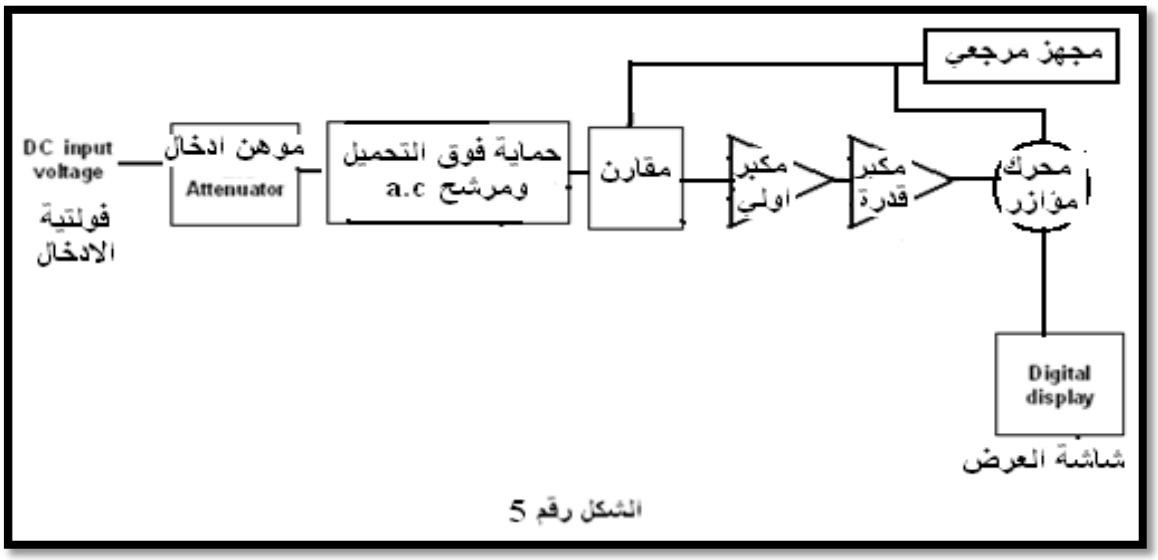
المقياس الرقمي للجهد نوع ذو الاتزان المستقر

(الشكل رقم 5) يبين المخطط الكتلي لهذا المقياس ,حيث يطبق جهد الإدخال أولا على دائرة المضائلة ثم يمر الجهد المطلوب قياسه خلال دائرة حماية من إفراط الجهد ودائرة ترشيح الجهد المتناوب ثم إلى أحد طرفي المقارن التي إخراجها موجة مربعة,

بينما الطرف الأخر من المقارن يوصل إلى محرك مؤازر ومجهز مرجعي.يتم تضخيم الموجة المربعة بواسطة المكبر الأولي ثم بواسطة مكبر القدرة لكبح الترددات الرنينية التي قد تظهر في إخراجه لتتناسب مع الإدخال المطلوب للمحرك المؤازر.

عند استلام المحرك المؤازر الموجة المربعة يعمل على تحريك مؤشر عشري (0- 9) إن موقع إدارة المحرك يتناسب مع جهد الإدخال وعليه فأن قراءة المؤشر العشري تمثل جهد الإدخال المستمر (قراءة الفولتية المجهولة).

يمتاز هذا النوع بمقاومة إدخال عالية (10MΩ) , قلة تكاليفه , نسبة الخطأ بحدود(0.1%).



الشكل رقم 5

Typical Multimeter Circuits دوائر متعدد المقاييس

يستعمل ثنائيان فقط في هذه الدائرة لتكوين موحد الموجة الكاملة وتربط الحركة بحيث تستقبل نصف التيار الموحد فقط . يوصل الثنائي (D_1) خلال نصف الدورة الموجب لموجة الإدخال فقط , وبسبب انحراف المقياس بصورة تتناسب مع القيمة المتوسطة لنصف الدورة هذه . تربط مقاومة التوازي (R_{sh}) مع الحركة بحيث يسحب تيار اكثر خلال الثنائي D_1) ويسحب بدوره نقطة إشتغال الثنائي الى الجزء الخطي من منحني الخواص . في غياب الثنائي (D_2) , يجهز نصف الدورة السالب لفولتية الادخال فولتية عكسية عبر الثنائي (D_1) , مسببا بذلك تيارا تسريبا صغيرا في الاتجاه المعاكس وتكون القيمة المتوسطة للدورة الكاملة اقل مما تكون عليه في توحيد نصف الموجة . يتعامل الثنائي (D_2) مع هذه المشكلة ويوصِل (D_2) خلال نصف الدورة السالب بقوة ويمر التيار المار خلال دائرة القياس الذي يكون في الاتجاه المعاكس في هذه الحالة .

بما ان مركبة التيار المستمر لنصف الدورة الموحدة للموجة الجيبية تساوي (0.45) من القيمة الفعالة (r.m.s.) ولذا تظهر مشكلة مباشرة . لغرض الحصول على نفس الانحراف على مديات الفولتية المستمرة والمتناوبة , يجب خفض مضاعف مدى الفولتية المتناوبة بنفس النسبة .

مثـــال : لحركة المقياس مقاومـة داخليـة قيمتها (100 Ω)وتحتاج الى تيار مستمر قيمته (1mA) لانحراف المقياس الكامل . وضعت مقاومة توازي (R_{sh}) قيمتها (100 Ω) عبر الحركة . فاذا كان معدل المقاومة الامامية لكل من الثنائيين (D_1& D_2) يساوي (400 Ω) مع افتراض مقاومة قيمتها ما لانهايةٍ في الاتجاه العكسي . لمدى الفولتية (10 v) إحسب :

1. قيمة مقاومة المضاعف (Rs) .
2. حساسية الفولتميتر لمدى الفولتية المتناوبة .

الحـل : (1) بما ان المقاومة (R_m) والمقاومة (R_{sh}) قيمة كل منهما (100 Ω) اذن التيار الكلي المسحوب من المصدر للحصول على الانحراف الكامل يجب ان يساوي :

$$I_t = 2*1mA = 2\ mA$$

في دائرة موحد نصف الموجةتعرف مركبة الجهد المستمر (E_{dc}) بدلالة القيمة الفعالة من المعادلة التالية :

$$E_{dc} = 0.45\ E_{r.m.s.} = 0.45 * 10 = 4.5\ v$$

المقاومة الكلية والمنظورة من المصدر هي (R_t) حيث :

$$R_t = \frac{4.5}{2mA} = 2250\ \Omega$$

ولكن المقاومة الكلية للدائرة تكافئ :

$$R_t = R_s + R_{D1} + \frac{Rm*Rs}{Rm+Rs}$$

$$2250 = R_s + 400 + \frac{100*100}{100+100}$$

$$R_s = 1800\ \Omega$$

(2) تكون حساسية الفولتميتر على مدى (10 v) فولتية متناوبة :

$$S = \frac{22}{1}\frac{50\Omega}{0v}$$

عند استعمال نفس الحركة في فولتميتر التيار المستمر فانه يعطي حساسية قيمتها(1000Ω/v)