الجامعة التقنية الجنوبية

المعهد التقني - البصرة

قسم التقنيات الالكترونية

أجهزة القياس الالكترونية و الكهربائية

المرحلة الثانية

إعداد

الاستاذ :- محمد جاسم محمد الست :- إيمان رعد صبري

العام الدراسي

2020/2019

القياس Measurement

وهي عملية مقارنة كمية معينة مع كمية اخرى يمكن اعتبارها كوحدة اساسية وترجمة الظواهر والمتغيرات حولنا بدلالة معايير يفهمها الانسان .

اجهزة القياس الكهربائية الالكترونية Measuring Instruments Electrical & Electronic

وهي الاجهزة التي تقوم بقياس الكميات الكهربائية المختلفة مثل الفولتية ،التيار، القدرة ، المقاومة ،التردد ،السعة والحث....الخ . كما تستخدم ايضاً الان في قياس الكميات غير الكهربائية مثل الحرارة ، الضغط ، الكتلة ، شدة الاضاءة ، شدة الصوت.... الخ .

انظمة الوحدات System of units

هناك انواع عديدة من انظمة الوحدات افضلها هو نظام الوحدات العالمي SI .

نظام الوحدات العالمي System International (SI)

يتألف هذا النظام من سبع وحدات اساسية ولقد تم اضافة وحدتي قياس مكملة وهي لقياس الزوايا المستوية plane angle والزوايا الصلبة (المجسمة) solid angle.

الكمية Quantity	الوحدة الاساسية Base unit	الرمز Symbol
الطول	المتر	M
الكتلة	الكيلوغرام	Kg
الزمن	ثانية	S
الحرارة	كلفن	K
شدة الاضاءة	كانديل	Cd
التيار الكهربائي	امبير	A
كمية المادة	مول	Mol
الزاوية المستوية		Rad
الزاوية المجسمة		Sr

الوحدات المشتقة من نظام الوحدات العالمي SI

الرمز	الوحدة	الكمية
J	جول	الطاقة
N	نيوتن	القوة
W	واط	القدرة
C	كولوم	الشحنة الكهربائية
V	فولت	الجهد الكهربائي
Ω	اوم	المقاومة الكهربائية
S	سيمينز	التوصيلة الكهربائية
F	فاراد	السعة الكهربائية
H	هنري	الحث الكهربائي
HZ	هيرتز	التردد
Wb	ويبر	الفيض المغناطيسي
T	تيسلا	كثافة الفيض المغناطيسي

مضاعفات وجزيئات المضاعفات لنظام الوحدات العالمي SI

الرمز	Multiplier	البادئة
T	10^12	تيرا
G	10^9	كيكا
M	10^6	ميكا
K	10^3	كيلو
M	10^-3	ملي
μ	10^-6	مايكرو
N	10^-9	نانو
P	10^-12	بيكو

تصنيف اجهزة القياس

يمكن تصنيف اجهزة القياس على اساس الكمية المراد قياسها

الكمية المراد قياسها	جهاز القياس
التيار	اميتر
فرق الجهد	فولتميتر
القدرة	واطميتر
الطاقة	مقياس الطاقة
الحث	مقياس الحث
السعة	مقياس السعة
التردد	مقياس التردد
معامل القدرة	مقياس معامل القدرة
المقاومة	اوميتر

*يمكن تصنيف اجهزة القياس على اساس طريقة عرض الكمية المقاسة

١. **الاجهزة المؤشرة**: وهي المقاييس ذات المؤشر التي نراها في المختبرات لقراءة الفولتية والتيار والمقاومة....الخ.

٢. **الاجهزة الرقمية**: وهي الاجهزة التي تعطي القراءة بشكل رقمي كما في الفولتميتر الرقمي او الاميتر الرقمي...الخ.

اجهزة القياس المؤشرة

الاجهزة الرقمية

٣. **الاجهزة الراسمة**: وهي الاجهزة التي تقوم برسم الكمية المقاسة كدالة بالنسبة للزمن على شاشة مثل الاوسلوسكوب.

٤. **الاجهزة التسجيلية**: وهي الاجهزة التي تقوم برسم الكمية المقاسة كدالة للزمن على شريط ورقي مثل جهاز تخطيط القلب .

٥. **الاجهزة التكاملية**: وهي الاجهزة التي تعطي قرائتها الناتجة من تأثير كميتي الفولتية والتيار والقيام بعملية جمع اي اجراء عملية تكامل مع الزمن وعرض النتائج عن طريق عدادات مثل اجهزة قياس الطاقة في البيوت.

الاجهزة المؤشرة

هي الاجهزة التي تبين قيمة الكمية الكهربائية المراد قياسها في لحظة القياس بواسطة مؤشر متحرك على لوح مدرج . المؤشر مثبت على نظام متحرك مسند على نقاط ارتكز يتعرض هذا النظام المتحرك الى ثلاث انواع من العزوم :

١. **عزم الانحراف Td**
٢. **عزم السيطرة Tc**
٣. **عزم الاخماد**

١- **عزم الانحراف** : يؤدي هذا العزم الى حركة النظام المتحرك.وبالتالي حركة المؤشر المتصل به ويتحرك من نقطة الصفر "قبل مرور التيار الكهربائي" ويمكن الحصول على ذلك العزم بأستخدام احد تأثير التيار او الجهد .

٢- **عزم السيطرة**: ان انحراف النظام المتحرك (المؤشر) يكون غير محدود اذا لم يكن هناك عزم يحدد من هذا الانحراف وهذا العزم هو عزم السيطرة وهو معاكس لعزم الانحراف ويستقر المؤشر في المكان الذي يتساوى فيها عزم الانحراف مع عزم السيطرة .

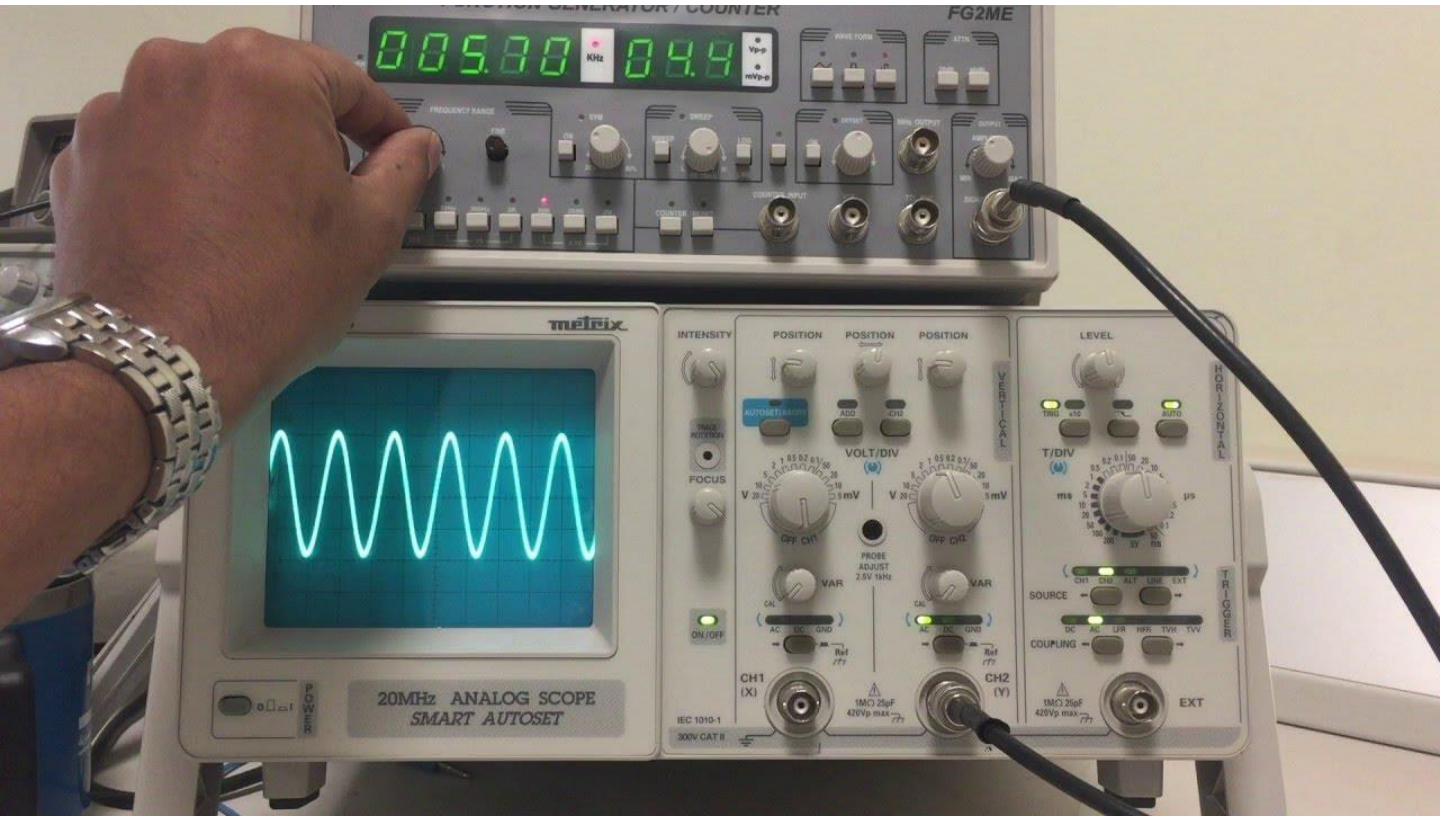
*وبدون عزم السيطرة فأن عزم الانحراف يؤدي الى انحراف المؤشر الى نهاية التدريج دون الاعتماد على متجه التيار المراد قياسه اضافة الى ذلك لا يعود المؤشر الى نقطة الصفر بعد ازالة التيار من الجهاز.

يمكن الحصول على عزم السيطرة بواسطة :
١- سيطرة النابض
٢- السيطرة بتأثير الجاذبية الارضية

سيطرة النابض

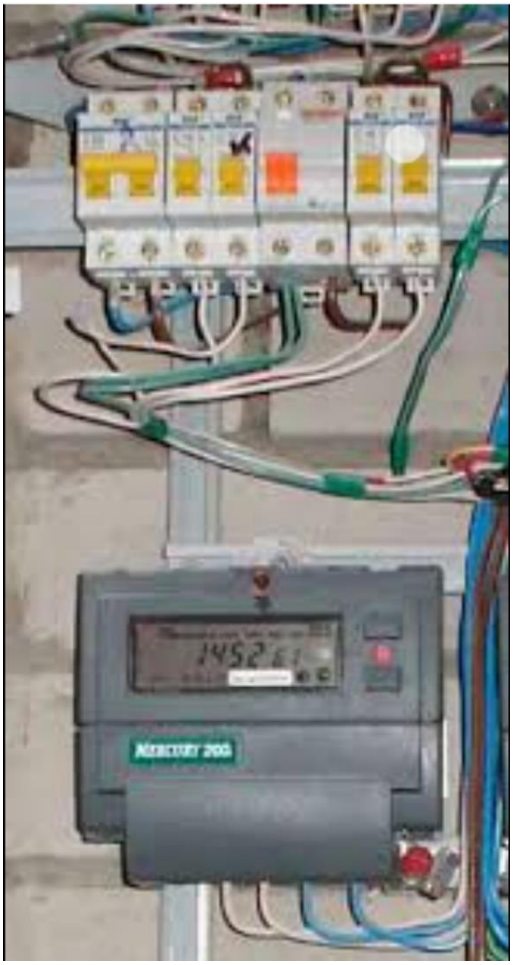
يتم استخدام نابض لولبي لتوليد عزم السيطرة ويشترط ان يكون النابض اللولبي ذا خواص فريدة اهمها :

١- ان يكون معدنه غير قابل للمغنطة وان يقع في مجال كهربائي.
٢- ان يكون ذو مرونة تامة .
٣- ان تكون مقاومته صغيرة خصوصاً للحالات التي تؤلف نابض السيطرة جزء من الدائرة الكهربائية.
٤- ان يكون تأثير الحرارة على مقاومته قليل جداً .



الاجهزة الراسمة (جهاز الاوسلسكوب)

الاجهزة التسجيلية



الاجهزة التكاملية

٣. **الاجهزة الراسمة**: وهي الاجهزة التي تقوم برسم الكمية المقاسة كدالة بالنسبة للزمن على شاشة مثل الاوسلوسكوب.

٤. **الاجهزة التسجيلية**: وهي الاجهزة التي تقوم برسم الكمية المقاسة كدالة للزمن على شريط ورقي مثل جهاز تخطيط القلب .

٥. **الاجهزة التكاملية**: وهي الاجهزة التي تعطي قرائتها الناتجة من تأثير كميتي الفولتية والتيار والقيام بعملية جمع اي اجراء عملية تكامل مع الزمن وعرض النتائج عن طريق عدادات مثل اجهزة قياس الطاقة في البيوت.

الاجهزة المؤشرة

هي الاجهزة التي تبين قيمة الكمية الكهربائية المراد قياسها في لحظة القياس بواسطة مؤشر متحرك على لوح مدرج . المؤشر مثبت على نظام متحرك مسند على نقاط ارتكز يتعرض هذا النظام المتحرك الى ثلاث انواع من العزوم :

١. **عزم الانحراف Td**
٢. **عزم السيطرة Tc**
٣. **عزم الاخماد**

١- **عزم الانحراف** : يؤدي هذا العزم الى حركة النظام المتحرك.وبالتالي حركة المؤشر المتصل به ويتحرك من نقطة الصفر "قبل مرور التيار الكهربائي" ويمكن الحصول على ذلك العزم بأستخدام احد تأثير التيار او الجهد .

٢- **عزم السيطرة**: ان انحراف النظام المتحرك (المؤشر) يكون غير محدود اذا لم يكن هناك عزم يحدد من هذا الانحراف وهذا العزم هو عزم السيطرة وهو معاكس لعزم الانحراف ويستقر المؤشر في المكان الذي يتساوى فيها عزم الانحراف مع عزم السيطرة .

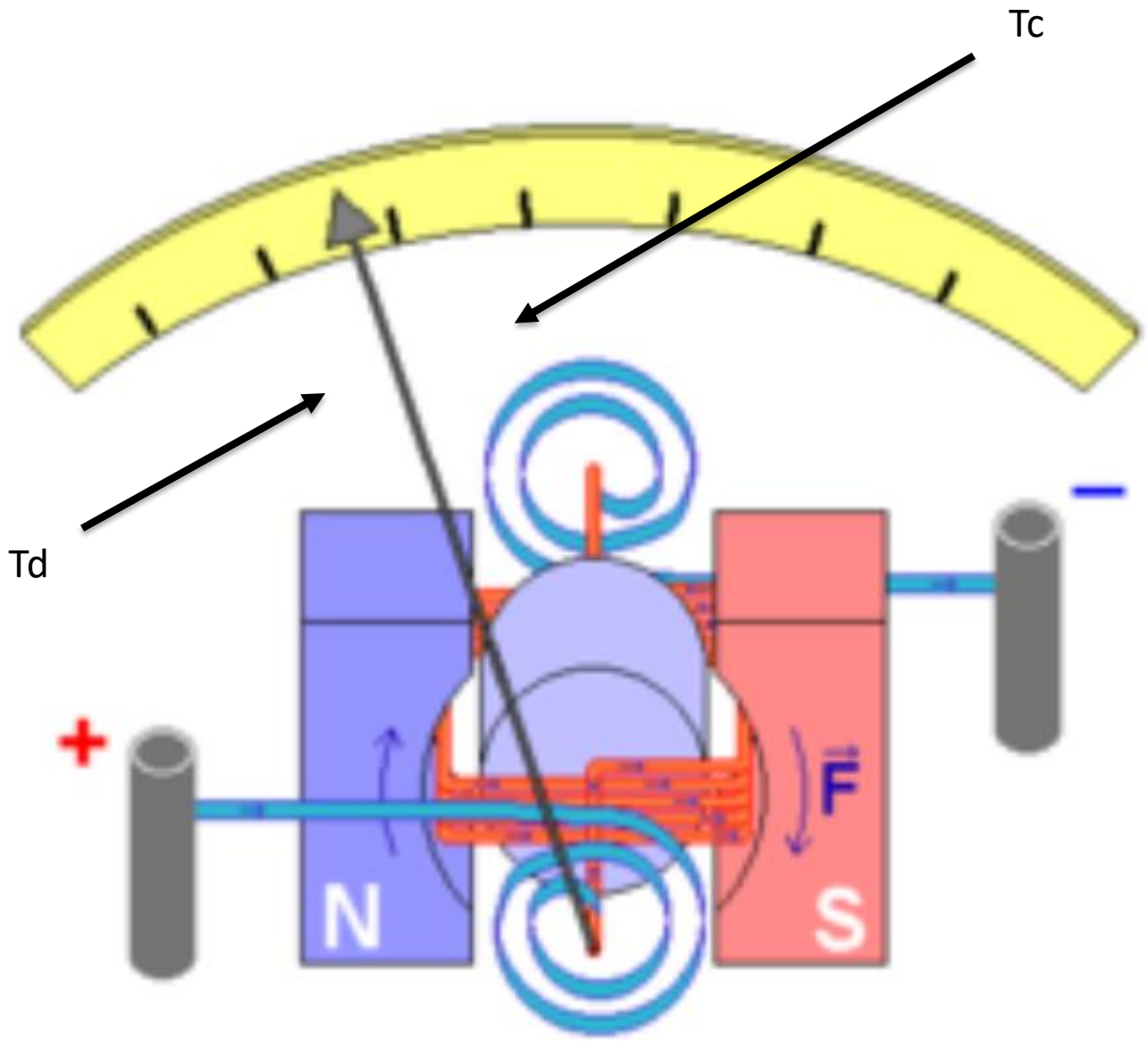
*وبدون عزم السيطرة فأن عزم الانحراف يؤدي الى انحراف المؤشر الى نهاية التدريج دون الاعتماد على متجه التيار المراد قياسه اضافة الى ذلك لا يعود المؤشر الى نقطة الصفر بعد ازالة التيار من الجهاز.

يمكن الحصول على عزم السيطرة بواسطة :
١- سيطرة النابض
٢- السيطرة بتأثير الجاذبية الارضية

سيطرة النابض

يتم استخدام نابض لولبي لتوليد عزم السيطرة ويشترط ان يكون النابض اللولبي ذا خواص فريدة اهمها :

١- ان يكون معدنه غير قابل للمغنطة وان يقع في مجال كهربائي.
٢- ان يكون ذو مرونة تامة .
٣- ان تكون مقاومته صغيرة خصوصاً للحالات التي تؤلف نابض السيطرة جزء من الدائرة الكهربائية.
٤- ان يكون تأثير الحرارة على مقاومته قليل جداً .



رسم توضيحي لكيفية عمل عزم الانحراف Tdوعزم السيطرةTc

عند استخدام المقياس وحصولنا على حركة المؤشر وعند سكونه يكون قد تعادل عزم الحركة او التشغيل او الانحراف Td مع عزم السيطرة Tc

$$Td = Tc$$

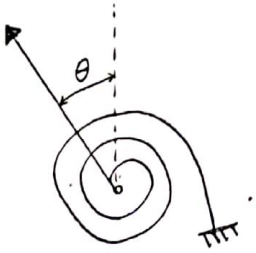
وبما ان عزم النابض يتناسب مع زاوية انحراف المؤشر(Θ)

$$Tc \; \alpha \; \Theta$$

$$Tc = c \; \Theta$$

C = ثابت التناسب ويعتمد على خصائص النابض و وحدته N.m /rad.

$$C = \frac{E.b.t^3}{L}$$



حيث ان E = معامل يونك

b = عرض شريط النابض

t = سمك شريط النابض

L = الطول الكلي للنابض

$$Tc = \frac{E.b.t^3}{L}\Theta$$

$$T_c \quad \alpha \quad \theta$$

$$T_d \; \alpha \; I$$

$$Tc = Td$$

$$\theta \quad \alpha \quad I$$

* تتصف اجهزة القياس ذات سيطرة النابض بانتظام التدريج .

السيطرة بواسطة الجاذبية الارضية (الارض) Gravity Control

يتحقق العزم المسيطر بهذه الطريقة عن طريق إضافة ثقل صغير قابل للتضبيط على ذارع يضاف للمنظومة بغية توليد عزم مضاد لعزم الانحراف

عندما يكون فأن عزم السيطرة يساوي صفر و عندما ينحرف المنشر بزاوية مقدارها (θ) عند مرور التيار فان عزم السيطرة T_C

$$T_C = WL\sin\theta$$

$W =$ ثابت

$L =$ ثابت

$T_C \ \alpha \ \sin\theta$

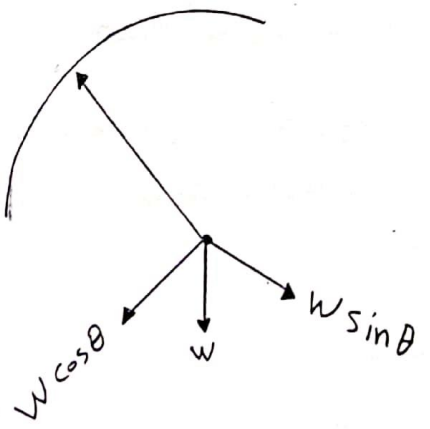
$T_d \ \alpha \ I$

$I \ \alpha \ \sin\theta$

$I = K \sin\theta$

$$\sin\theta = \frac{I}{K}$$

$$\theta = \sin^{-1} \frac{I}{K}$$



وزن الثقل = W

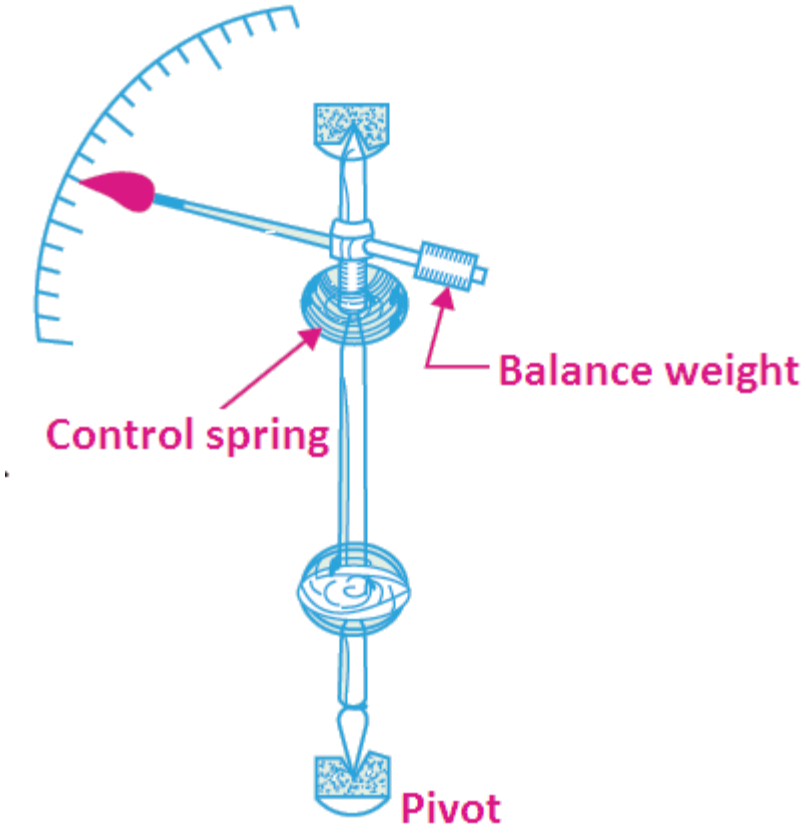
بعد الثقل عن محور الدوران = L

زاوية الانحراف = θ

ثابت = K

التيار المراد قياسه = I

من المعادلة تدريج المقياس غير منتظم Non Linear و يكون مزدحم في البداية و يتوسع تدريجيًا



السيطرة بواسطة الجاذبية لارضية Gravity Control

مساوئ السيطرة بواسطة الوزن

١- يجب استخدام الجهاز بوضع عمودي و كذلك يجب تسطيحه قبل البدء بالقياس و بخلاف ذلك سوف يعطي قراءات خاطئة

٢- تدريج الجهاز غير منتظم

٣- يمكن استخدامه غي المناطق الثابتة اي لايمكن استخدامه في المعدات المتحركة

مميزات السيطرة بواسطة الوزن

١- قليل الكلفة

٢- غير معتمد على درجة الحرارة

٣- خالية من الكلال الذي يصيب النابض

٣- **عزم الإخماد** : يعمل هذا العزم عند حركة المؤشر فقط و يكون معاكس له . و هو ضروري لجلب المؤشر الى وضع الاستقرار بسرعة لأن في حالة غياب هذا العزم فالمؤشر يتذبذب حول موضع الانحراف لفترة من الزمن قبل الوصول الى حالة الاستقرار

حالات الاخماد

١- حالة تحت الاخماد under damping

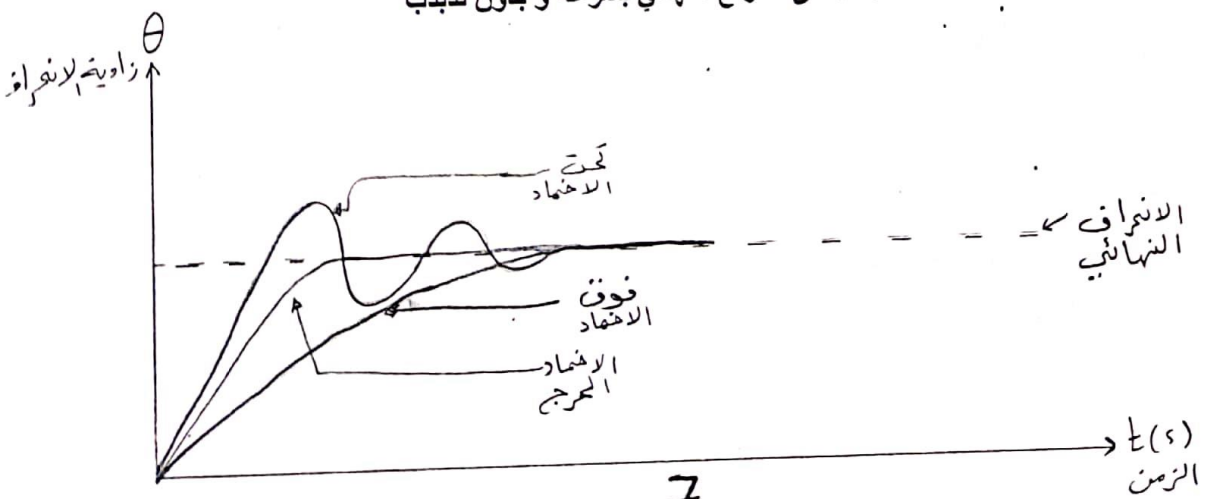
٢- حالة فوق الاخماد over damping

٣- حالة الاخماد الحرج Critical damping

حالة تحت الاخماد : وفيها يصل المؤشر الى موضع الانحراف و يتذبذب حول هذا الموقع لفترة من الزمن قبل وصوله الى حالة الاستقرار

حالة فوق الاخماد : و فيها يصل المؤشر الى حالة الاستقرار و لكن بصورة بطيئة و بدون تذبذب

حالة الاخماد الحرج : و فيها يصل المؤشر الى الموقع النهائي بسرعة و بدون تذبذب

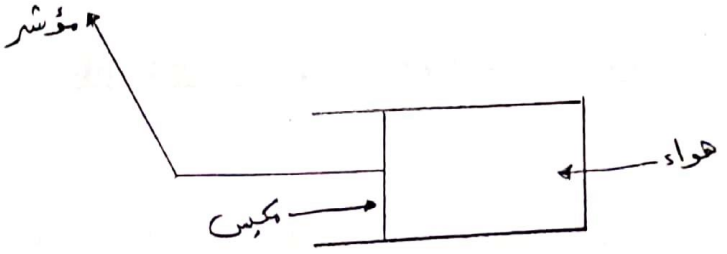


ملاحظة : للحصول على افضل النتائج ينظم الاخماد الى قيمة اقل بقليل من الحالة الحرجة

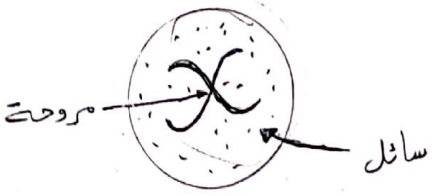
ملاحظة : يجب ان يؤثر نظام الاخماد على النظام المتحرك اثناء حركته فقط و لا يؤثر علية في عند الاستقرار

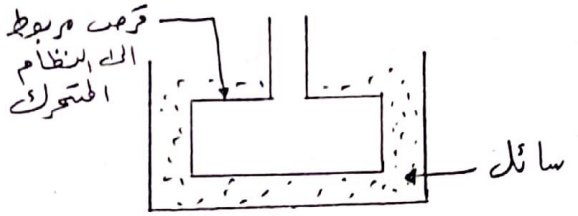
طريقة الحصول على عزم الاخماد

١- الاحتكاك بالهواء : تستخدم هذه الطريقة مكبس مصنوع من الالمنيوم و يتصل بالنظام المتحرك . و يتحرك هذا المكبس داخل غرفة هوائية و عند حركة المؤشر يتحرك المكبس و يضغط على الهواء داخل الغرفة . الهواء المضغوط يدفع المكبس مولد عزم اخماد يعيق حركة المؤشر



٢- الاحتكاك بالسائل : هذا مشابه للاحتكاك بالهواء و لكن عزم الاخماد يعتمد على لزوجة السائل





مواصفات السائل المستخدم

١- لا يتبخر بسرعة

٢- عازل جيد

٣- لا تتغير لزوجته مع تغير درجة الحرارة

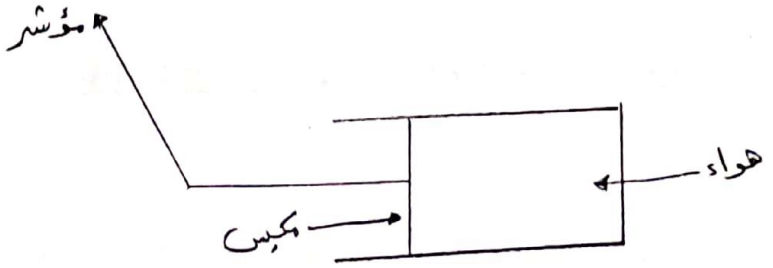
٤- لا يسبب تأكل المعادن الملامسة له

ملاحظة : للحصول على افضل النتائج ينظم الاخماد الى قيمة اقل بقليل من الحالة الحرجة

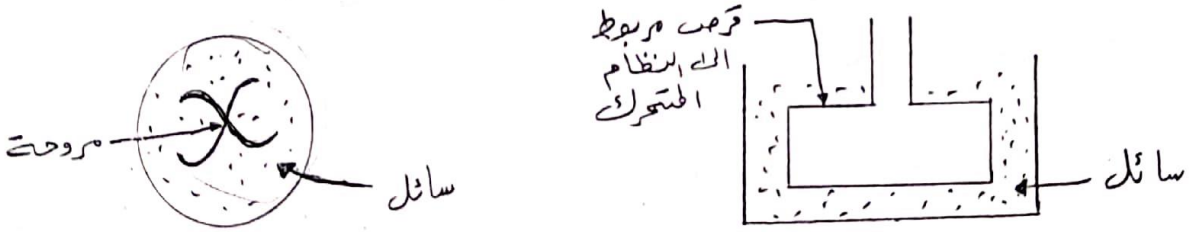
ملاحظة : يجب ان يؤثر نظام الاخماد على النظام المتحرك اثناء حركته فقط و لا يؤثر علية في عند الاستقرار

طريقة الحصول على عزم الاخماد

١- الاحتكاك بالهواء : تستخدم هذه الطريقة مكبس مصنوع من الالمنيوم و يتصل بالنظام المتحرك . و يتحرك هذا المكبس داخل غرفة هوائية و عند حركة المؤشر يتحرك المكبس و يضغط على الهواء داخل الغرفة . الهواء المضغوط يدفع المكبس مولد عزم اخماد يعيق حركة المؤشر



٢- الاحتكاك بالسائل : هذا مشابه للاحتكاك بالهواء و لكن عزم الاخماد يعتمد على لزوجة السائل



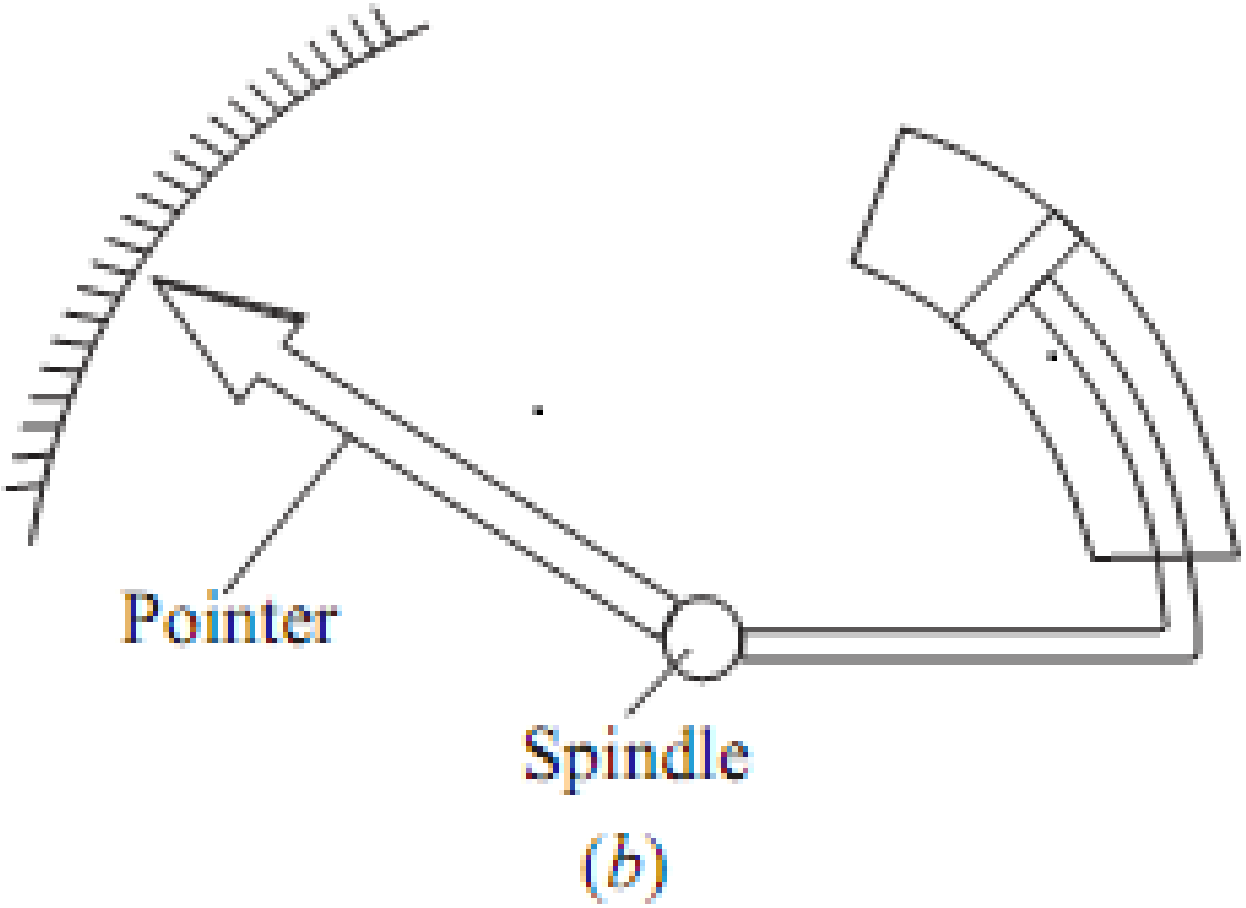
مواصفات السائل المستخدم

١- لا يتبخر بسرعة

٢- عازل جيد

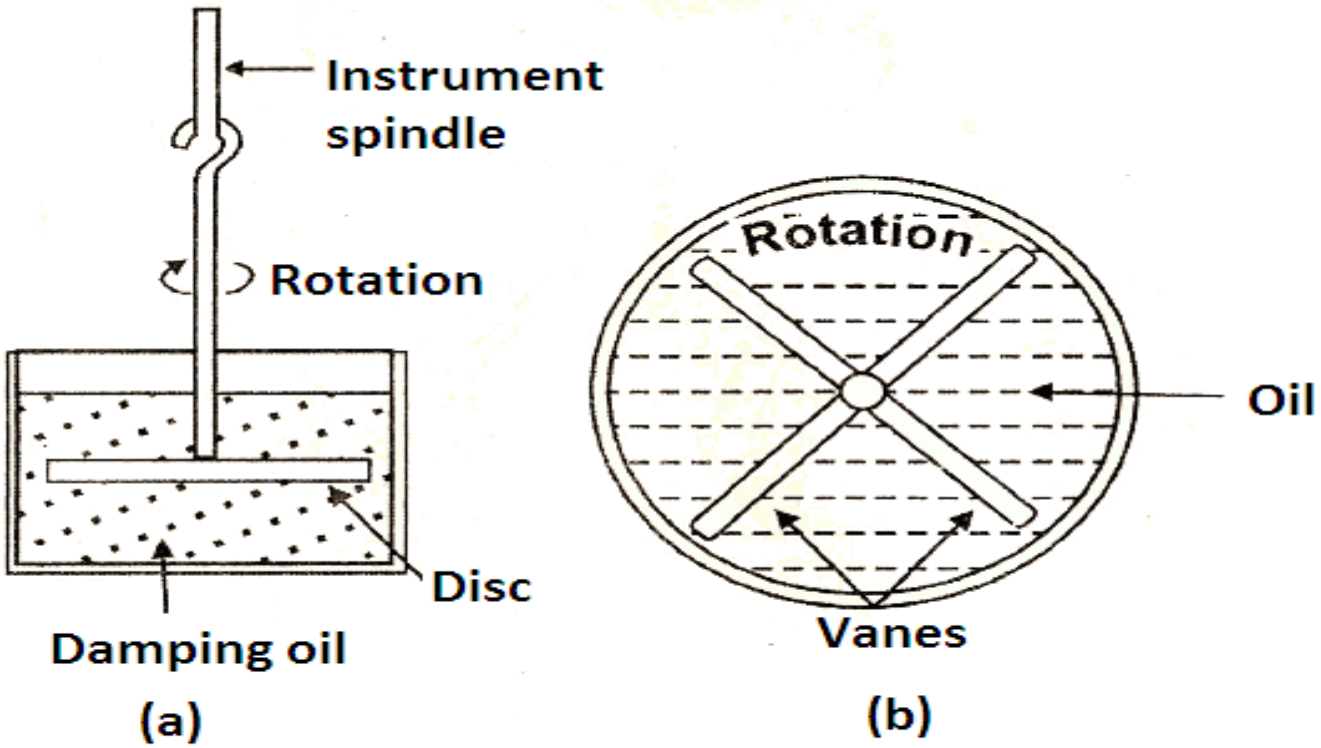
٣- لا تتغير لزوجته مع تغير درجة الحرارة

٤- لا يسبب تأكل المعادن الملامسة له



(b)

توليد عزم الاخماد عن طريق الاحتكاك بالهواء



Fluid friction damping

توليد عزم الاخماد بواسطة الاحتكاك بالسائل

٣- طريقة التيارات الدوامة : تعتمد هذه الطريقة على القاعدة التي تنص على أن حيث ما توجد صفيحة معدنية من مادة موصلة كهربائيا و لكن غير مغناطيسية مثل النحاس أو النحاس أو الألمنيوم تتحرك في مجال مغناطيسي بحيث تتقاطع مع خطوط القوى المغناطيسية لتوليد تيارات دوامة في الصفيحة نتيجة التيارات الدوامة التي تنشأ قوى تعاكس المغناطيس . تتناسب التيارات الدوامة مع سرعة النظام المتحرك لذلك اذا كانت شدة المجال المغناطيسي ثابت فأن القوى تتناسب سرعة النظام المتحرك و تكون قيمتها صفر عندما يكون النظام المتحرك في حالة سكون.

انواع الاجهزة المؤشرة :

١- اجهزة الملف المتحرك

٢- اجهزة الحديدة المتحركة

اجهزة القياس ذو الملف المتحرك Moving Coil Instrument

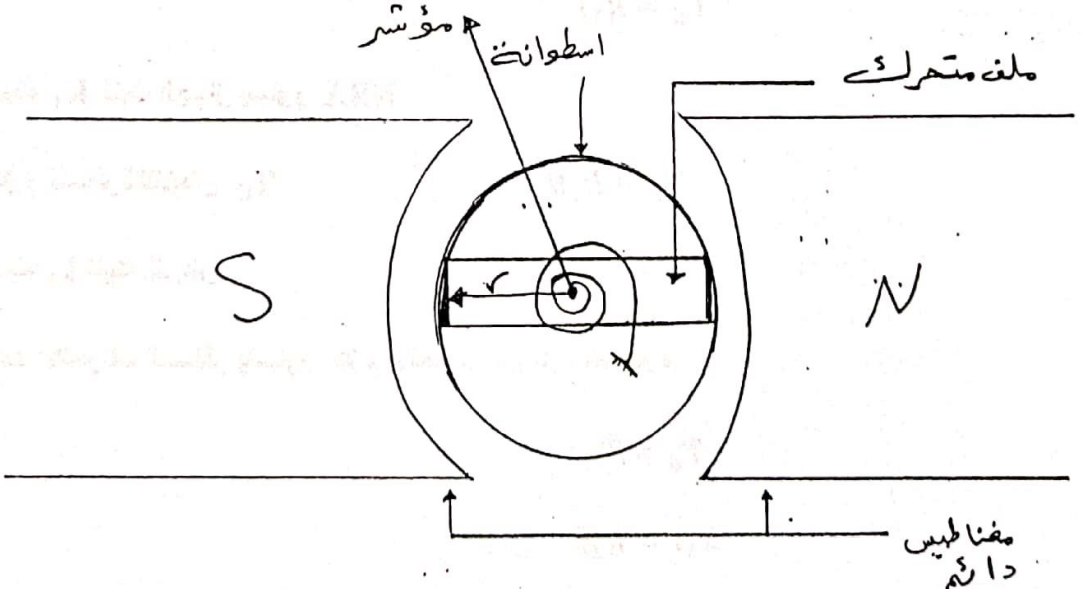
هناك نوعان من الاجهزة

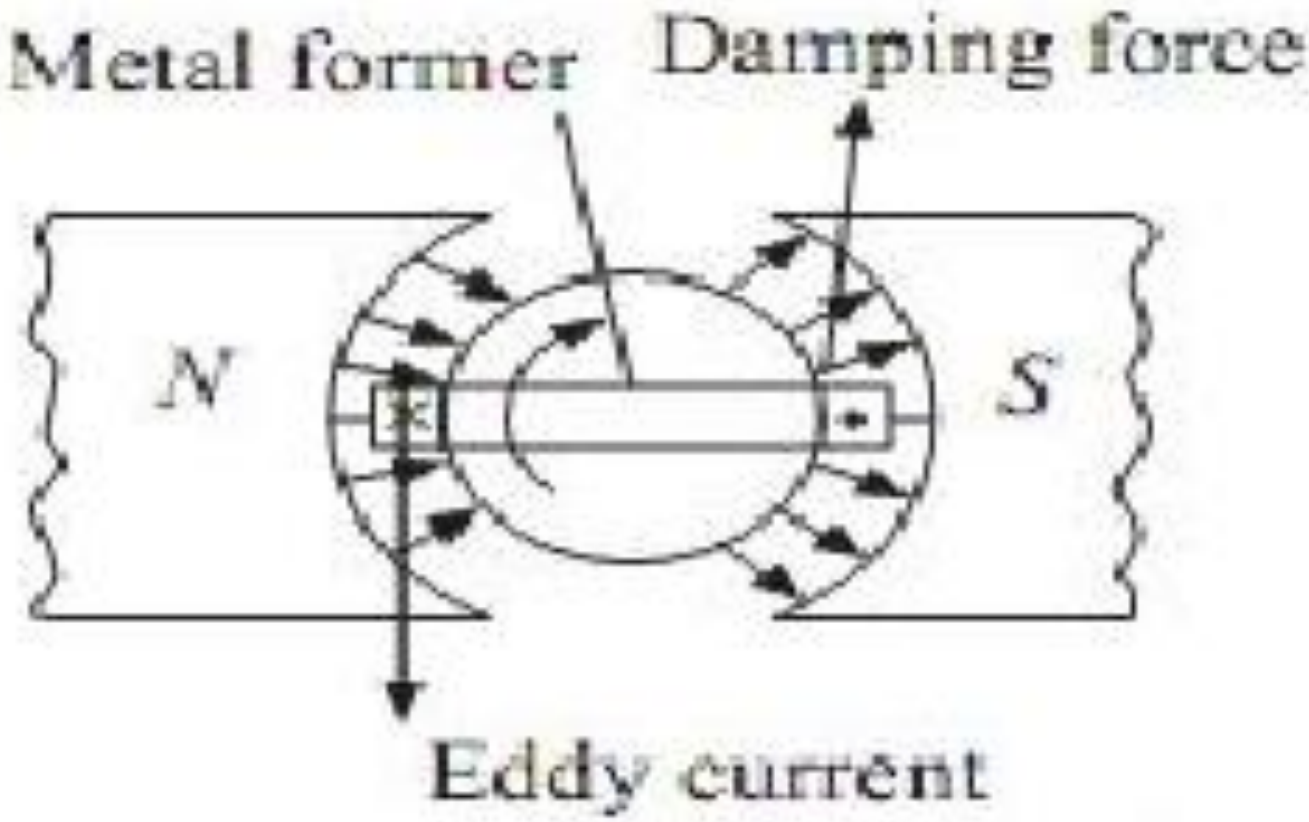
١- جهاز الملف المتحرك ذو المغناطيس الدائم . يستخدم لقياس الكميات المستمرة فقط

٢- جهاز الالكيتروداينموميتر . يستخدم لقياس الكميات المستمرة و المتناوبة

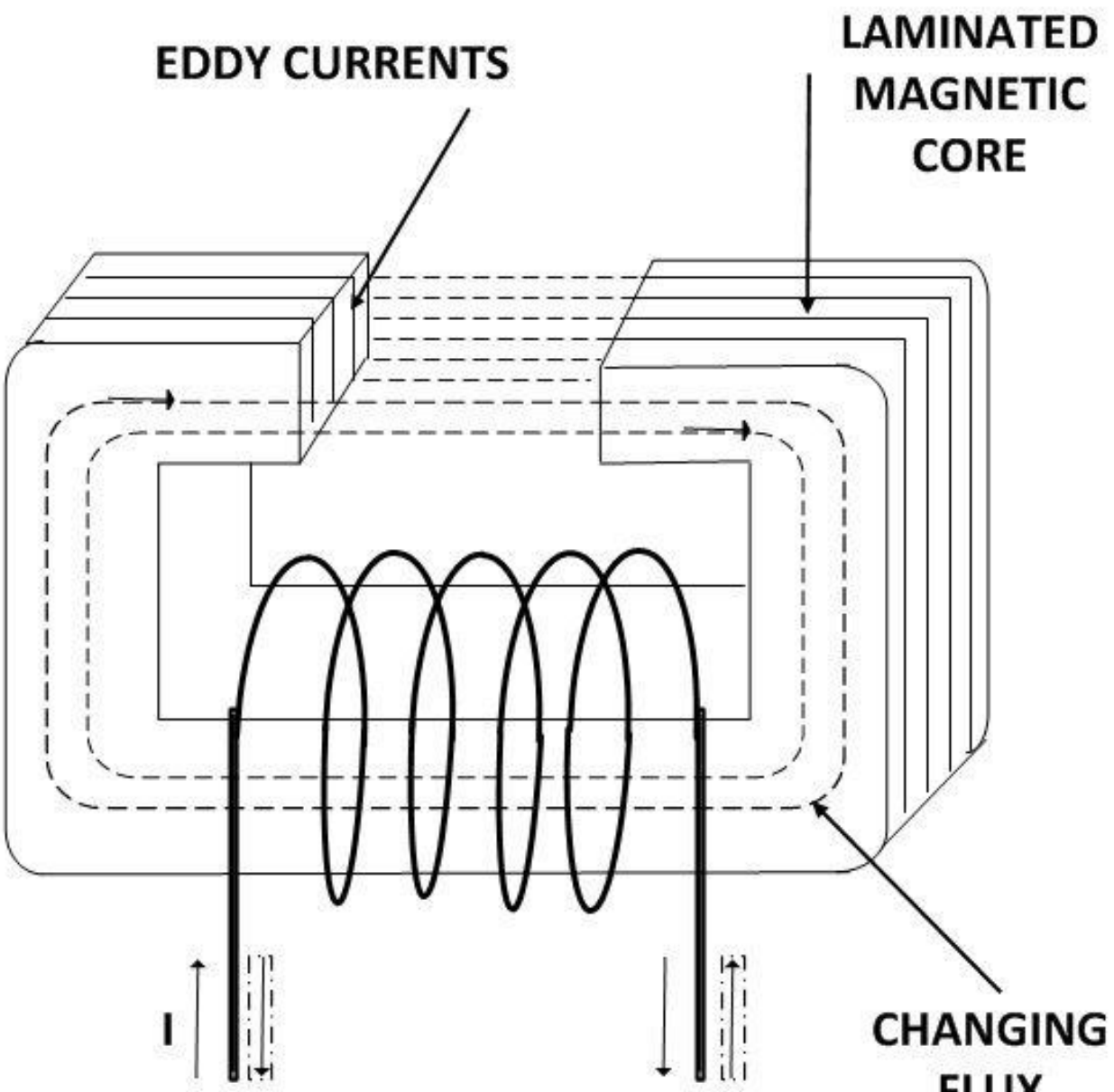
جهاز الملف المتحرك ذو المغناطيس الدائم Permanent Magnetic Moving Coil Instruments PMMC

يتألف المقياس من مغناطيس دائم و ملف ملفوف على اطار خفيف و مصنوع من مادة غير قابلة للتمغنط مثل النحاس او الالمنيوم و عنه يتولد العزم المخمد بتوليد التيارات الاعصارية . عند مرور تيار في الملف يتولد عزم الانحراف الذي يقوم بتخريك الاجزاء يوجد ملف حلزوني لتوليد عزم السيطرة.

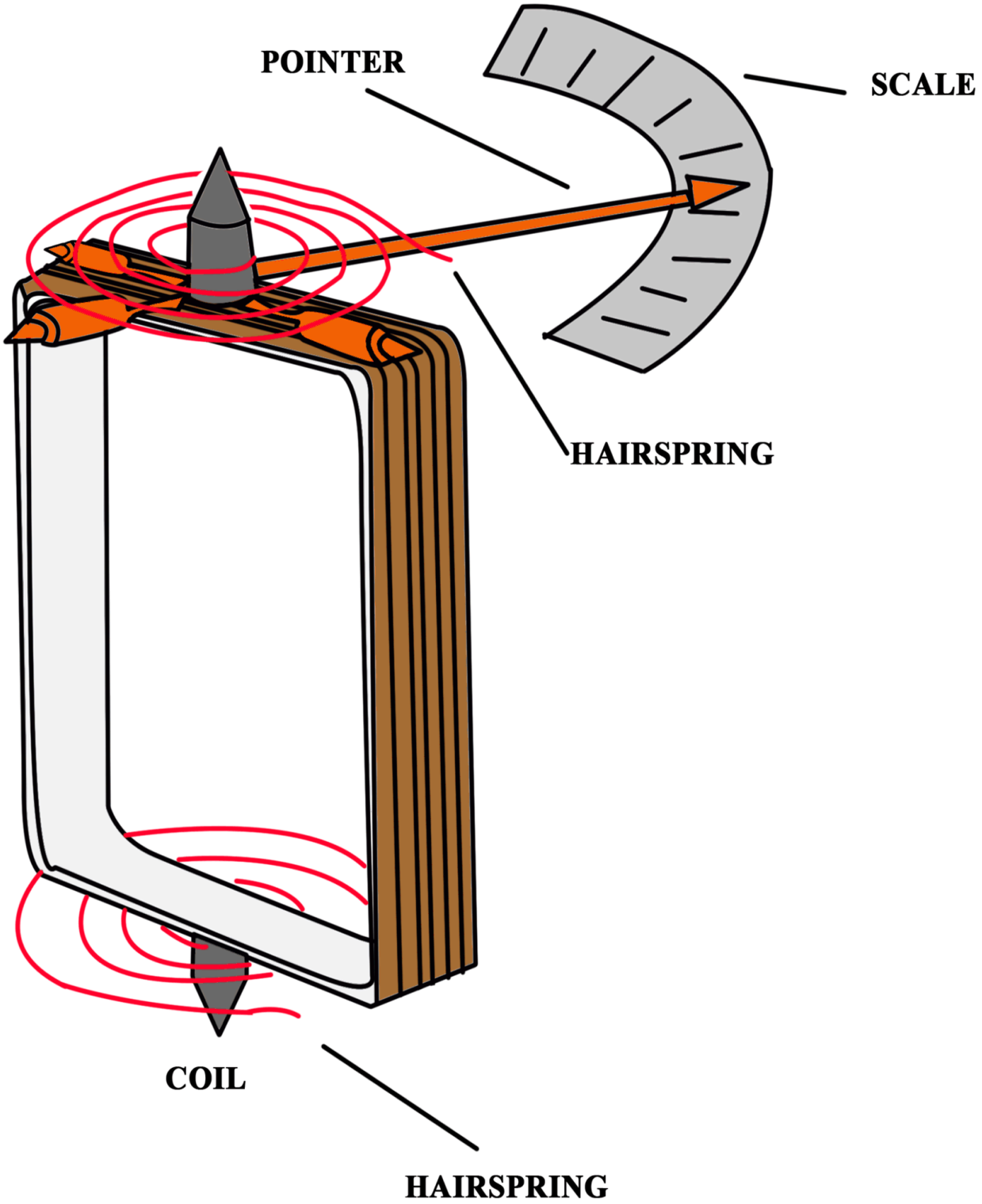


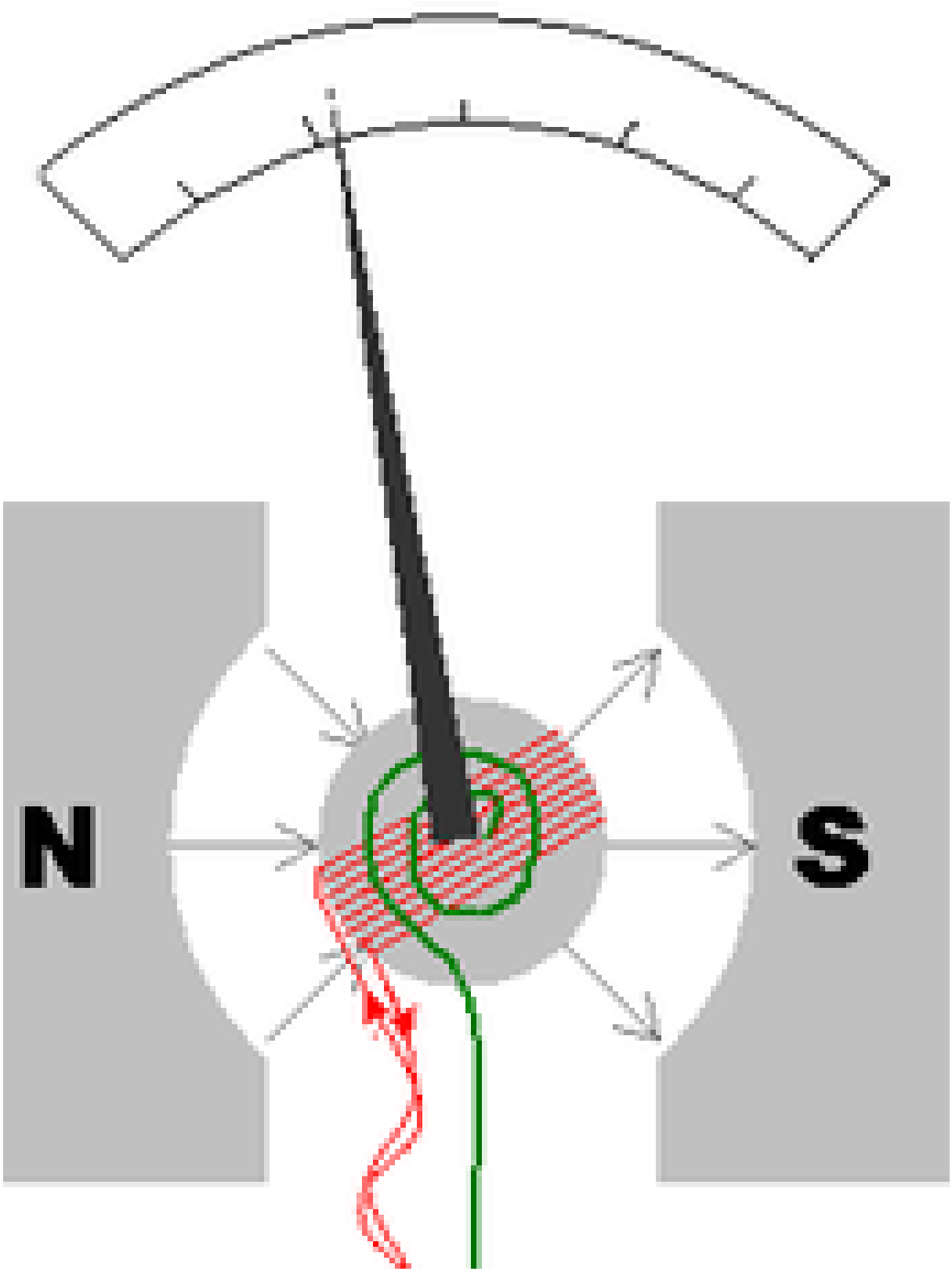


(*b*)



١-يكون القلب على شكل صفائح لتقليل التيارات الدوامة
٢-تسمى دوامة لانها تدور في الحلقة المغلقة
٣-يكون القلب على شكل صفائح لتقليل التيارات الدوامه


POINTER
SCALE
HAIRSPRING
COIL
HAIRSPRING


N
S

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
S
N

معادلة العزم Torque Equation

عند مرور التيار في ملف سوف يسبب نشوء قوة تؤثر على كل موصل في جوانب الملف تعطى في المعادلة :

$$F = BLI$$

كثافة الفيض المغناطيسي في الفجوة الهوائية=B

الطول الفعلي للموصل =L

التيار المار في الملف = I

هناك ضلعين اي قوتين المعادلة $2F = 2\ BLI$ و تحاول هاتين القوتين تدوير الملف حول نقطة تعليقه و التي تبعد مسافة r عن الضلع

عزم الانحراف الذي تسببه هذه القوى يساوي T_d= القوة X الازاحة

$$T_d = 2BLI * r = B\ I\ (2\ r\ L)$$

$$T_d = BIA$$

مساحة الملف = A

اذا كان الملف يحتوي N من الملفات تصبح معادلة العزم

$$T_d = NBIA$$

$$T_d = k_1 I$$

حيث K_1 ثابت الجهاز يساوي NBA

عزم السيطرة للنابض T_C $T_C = k_2\theta$

حيث k_2 ثابت النابض

عند الانحراف المستقر يتساوى عزم الانحراف مع عزم السيطرة

$$T_d = T_C$$

$$k_1 I = k_2\theta$$

$$\theta = \frac{k_1}{k_2} I$$

$\theta \ \alpha \ I$

❖ ملاحظة :- اي ان زاوية الانحراف تتناسب طرديا مع التيار المار I

❖ ملاحظة :- اي ان العلاقة خطية و بالتالي فان تقسيم المقياس يكون منتظما

محاسن مقياس الملف المتحرك ذو المغناطيس الدائم

١- قدرتها الاستهلاكية صغيرة

٢- تدريجها منتظم

٣- عزمها المشغل كبير و نسبته لوزن المنظومة المتحركة عالية

٤- يمكن استخدام تفرعات للتيار او مقاومات على التوالي لتمديد قابلية المقياس للتيار و الفولتية

٥- لا تعاني من معاقيد التخلفية المغناطيسية

٦- عزم التخميد المتولد من التيارات الاعصارية (الدوامة) المتولدة في اطار الملف الفعل

٧- كون ان المجال المشغل لها شديد فأنها لا تتاثر بشكل ملحوظ بالمجالات الخارجية

معادلة العزم Torque Equation

عند مرور التيار في ملف سوف يسبب نشوء قوة تؤثر على كل موصل في جوانب الملف تعطى في المعادلة :

$$F = BLI$$

كثافة الفيض المغناطيسي في الفجوة الهوائية=B

الطول الفعلي للموصل =L

التيار المار في الملف = I

هناك ضلعين اي قوتين المعادلة $2F = 2\ BLI$ و تحاول هاتين القوتين تدوير الملف حول نقطة تعليقه و التي تبعد مسافة r عن الضلع

عزم الانحراف الذي تسببه هذه القوى يساوي T_d= القوة X الازاحة

$$T_d = 2BLI * r = B\ I\ (2\ r\ L)$$

$$T_d = BIA$$

مساحة الملف $= A$

اذا كان الملف يحتوي N من الملفات تصبح معادلة العزم

$$T_d = NBIA$$

$$T_d = k_1 I$$

حيث K_1 ثابت الجهاز يساوي NBA

عزم السيطرة للنابض T_C $T_C = k_2\theta$

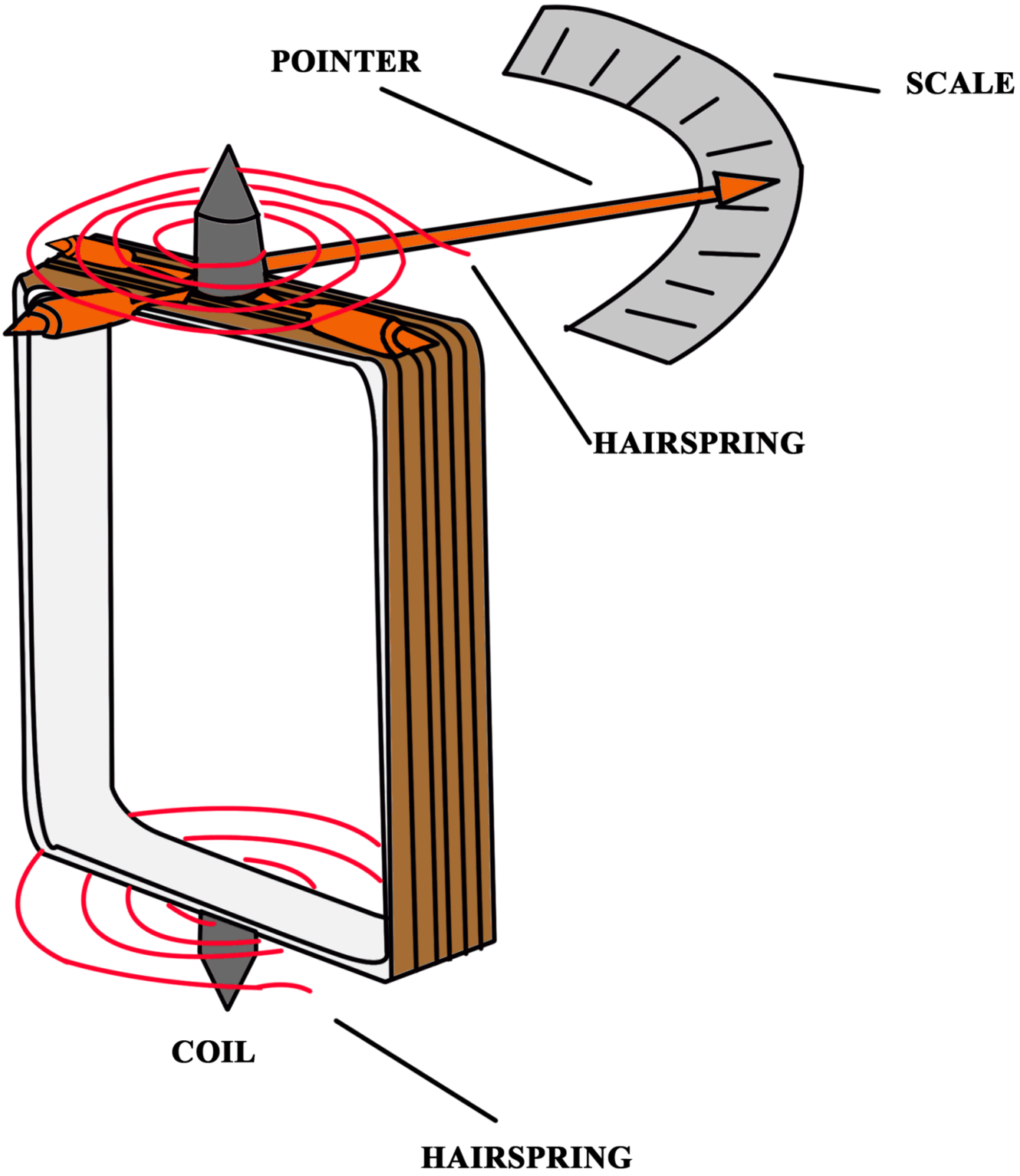
حيث k_2 ثابت النابض

عند الانحراف المستقر يتساوى عزم الانحراف مع عزم السيطرة

$$T_d = T_C$$

$$k_1 I = k_2\theta$$

$$\theta = \frac{k_1}{k_2} I$$


POINTER
SCALE
HAIRSPRING
COIL
HAIRSPRING

$\theta \propto I$

❖ ملاحظة :- اي ان زاوية الانحراف تتناسب طرديا مع التيار المار I

❖ ملاحظة :- اي ان العلاقة خطية و بالتالي فأن تقسيم المقياس يكون منتظما

محاسن مقياس الملف المتحرك ذو المغناطيس الدائم

١- قدرتها الاستهلاكية صغيرة

٢- تدريجها منتظم

٣- عزمها المشغل كبير و نسبته لوزن المنظومة المتحركة عالية

٤- يمكن استخدام تفرعات للتيار او مقاومات على التوالي لتمديد قابلية المقياس للتيار و الفولتية

٥- لا تعاني من معاقيد التخلفية المغناطيسية

٦- عزم التخميد المتولد من التيارات الاعصارية (الدوامة) المتولدة في اطار الملف الفعل

٧- كون ان المجال المشغل لها شديد فأنها لا تتاثر بشكل ملحوظ بالمجالات الخارجية

ملاحظة :- ان المقياس التاشيري ذو القطعة الحديدية المتحركة ذو مقاومة داخلية (R) و محاثة (L) يعطي قراءة مختلفة في حالة ربطه الى مصدر مستمر او متناوب و ذلك بسبب المحاثة الداخلية و لتصحيح ذلك الخطأ الناتج تضاف متسعة على التوازي مع الملف لتقليل أثر المحاثة و تكون قيمتها كما يلي

$$C = 0.41 \frac{L}{R^2}$$

فاذا كانت (V_{ac}) هي قراءة المقياس للفولتية المتناوبة و كانت (Z_{ac}) ممانعة الجهاز في حالة ال AC فأن

$$V_{ac} * I_{ac} = V_{dc} * I_{dc}$$

مثال (1) مقياس ذو الحديدة المتحركة لقياس الفولتية و كانت قراءته الصحيحة للفولتية المستمرة (200v)

اوجد : قراءة الجهاز عند استبدال الفولتية بأخرى متناوبة ذات تردد 50Hz علما أن مقاومة ملف المقياس 2000Ω و محاثته 1H و مربوط معه مقاومة على التوالي مقدارها 4000Ω

$$I_{dc} = \frac{V}{r + R} = \frac{200}{2000 + 4000}$$

$$I_{dc} = \frac{200}{6000} = 0.03333\ A$$

و عند استخدام الفولتية يظهر تاثير الممانعة (Z)

$$X_L = 2\pi fL = 2 * 3.14 * 50 * 1 = 314\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + {X_L}^2} = \sqrt{6000^2 + 314^2} = 6008\ \Omega$$

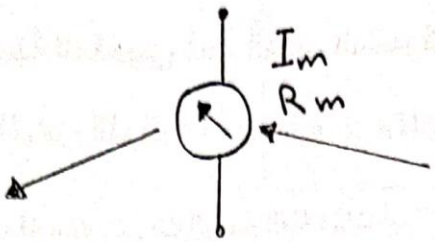
$$I_{ac} = \frac{V_{ac}}{Z} = 0.03328$$

$$V_{ac} * I_{ac} = V_{dc} * I_{dc}$$

$$V_{ac} * 0.03328 = 200 * 0.33333$$

$$V_{ac} = 200.3004\ v$$

يستخدم هذا النوع من المقاييس لقياس التيار و الفولتية من النوع المستمر (DC) و يمكن استخداه لقياس الكميات المتناوبة بعد اضافة دوائر التوحيد (Rectifier)



رمز جهاز الملف المتحرك ذو المغناطيس الدائم PMMC

R_m المقاومة الداخلية لجهاز الملف المتحرك

I_m تيار اقصى انحراف للجهاز Full Scale Deflection Current

V_m اقصى فولتية انحراف للجهاز Full Scale Deflection Voltage

$$V_m = I_m R_m$$

كيفية زيادة الامكانية القياسية للمقاييس ذات الملف المتحرك ذو المغناطيس الدائم PMMC لقياس التيار المستمر DC Current

عندما نريد قياس تيار تتجاوز امكانية مقياس PMMC نستعين بمفرعات التيار (Shunt Resistor) .

مفرع التيار عبارة عن مقاومة واطئة تربط على التوازي مع المقياس كي تقوم بالسماح لجزء قليل من التيار بالمرور بالمقياس و الجزء الاكبر يمر بالمقاومة R_{Sh} و I التيار المراد قياسه

$$I = I_{sh} + I_m$$

$$I_{sh} = I - I_m$$

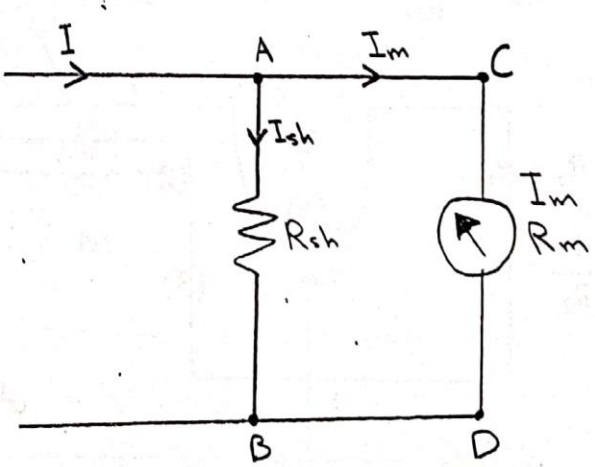
$$V_{AB} = I_{sh} R_{sh}$$

$$V_{CD} = I_m R_m$$

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

$$R_{sh} = \frac{I_m R_m}{I_{sh}}$$

$$R_{sh} = \frac{I_m R_m}{I - I_m}$$



قدرة المقاومة المضافة على التوازي $P_S = I_{sh}^2 R_{sh}$

كيفية زيادة الامكانية القياسية للمقاييس ذات الملف المتحرك ذو المغناطيس الدائم PMMC لقياس الفولتية المستمرة DC Voltage

يمكن قياس الفولتيات المختلفة باضافة مقاومات على التوالي مع الملف ذات قيم تتناسب مع الفولتية المراد قياسها و تدعى بالمضاعفات وبحيث V الفولتية المراد قياسها و R_S المقاومة المضافة على التوالي مع الملف المتحرك

$$V_m = I_m R_m$$

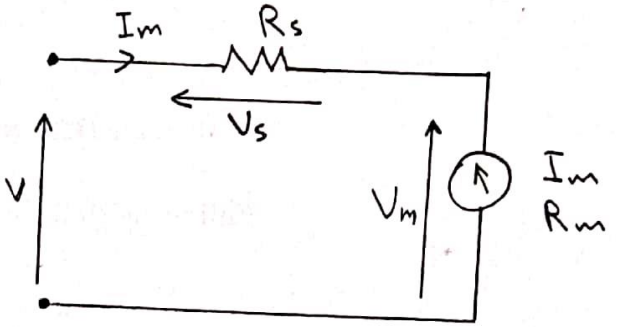
$$V_S = I_m R_S$$

$$V = V_S + V_m$$

$$V = I_m R_S + I_m R_m$$

$$I_m R_S = V - I_m R_m$$

$$R_S = \frac{V - I_m R_m}{I_m}$$



قدرة المقاومة المضافة P_S

$$P_S = I_m^2 R_S$$

$$S = \frac{1}{I_m} \qquad (1)$$

حساسية الفولتمير S هي مقلوب تيار اقصى انحراف

R_T المقاومة الكلية للفولتميتر

$$R_T = R_S + R_m \qquad (2)$$

$$I_m = \frac{V}{R_T} \qquad (3)$$

بتعويض معادلة (3) في معادلة (1) نحصل على

$$S = \frac{1}{\frac{V}{R_T}} = \frac{R_T}{V}$$

وحدة الحساسية هي Ω\v

كيفية زيادة الامكانية القياسية للمقاييس ذات الملف المتحرك ذو المغناطيس الدائم PMMC لقياس الفولتية المستمرة DC Voltage

يمكن قياس الفولتيات المختلفة باضافة مقاومات على التوالي مع الملف ذات قيم تتناسب مع الفولتية المراد قياسها و تدعى بالمضاعفات وبحيث V الفولتية المراد قياسها و Rs المقاومة المضافة على التوالي مع الملف المتحرك

$$V_m = I_m R_m$$

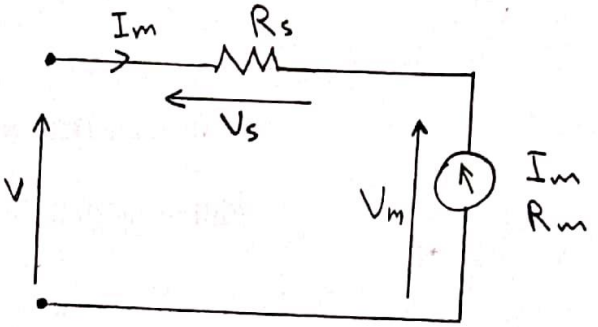
$$V_S = I_m R_S$$

$$V = V_S + V_m$$

$$V = I_m R_S + I_m R_m$$

$$I_m R_S = V - I_m R_m$$

$$R_S = \frac{V - I_m R_m}{I_m}$$



قدرة المقاومة المضافة Ps

$$P_S = I_m^2 R_S$$

$$S = \frac{1}{I_m} \qquad (1)$$

حساسية الفولتمير S هي مقلوب تيار اقصى انحراف

المقاومة الكلية للفولتميتر R_T

$$R_T = R_S + R_m \qquad (2)$$

$$I_m = \frac{V}{R_T} \qquad (3)$$

بتعويض معادلة (3) في معادلة (1) نحصل على

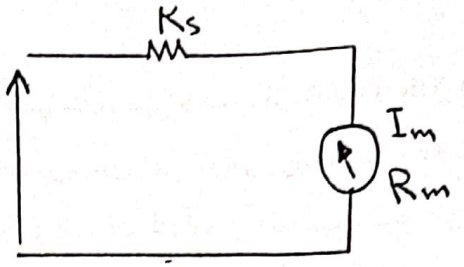
$$S = \frac{1}{\frac{V}{R_T}} = \frac{R_T}{V}$$

وحدة الحساسية هي Ω\v

$$R_T = SV$$

$$R_S + R_m = SV$$

$$R_S = SV - R_m$$



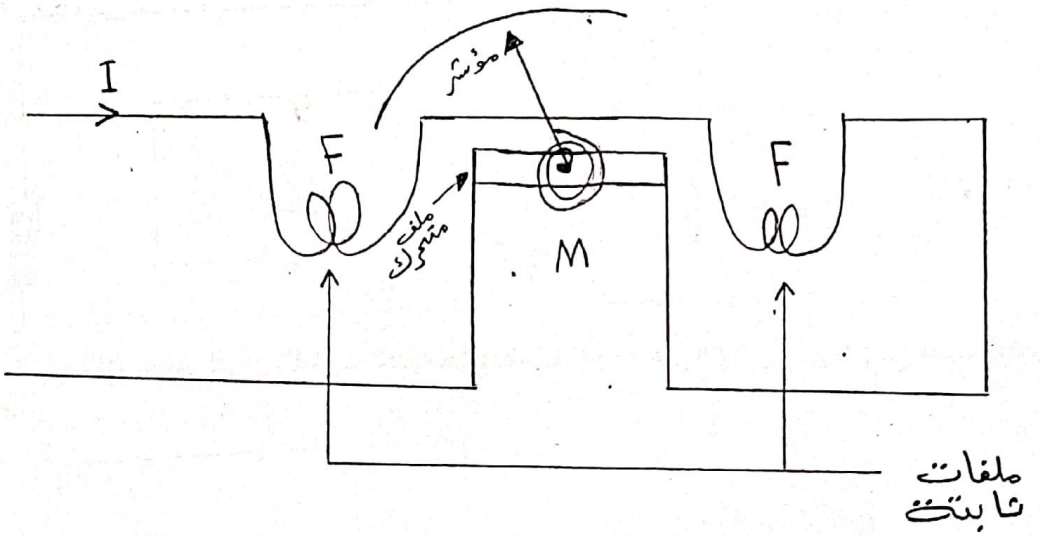
الاحتياطات الواجب اتخاذها عند استخدام جهاز الفولتميتر

1- يجب ربط الفولتميتر على التوازي مع المكون المراد قياس فولتيته
2- يجب ربط الفولتميتر بالقطبية الصحيحة لأن الخطأ في القطبية يعمل على انحراف المؤشر بالاتجاه المعاكس مما يسبب عطل الجهاز في بعض الاحيان
3- عند استخدام الفولتميتر متعدد المديات يجب البدء بأعلى مدى و من ثم تقليل المدى لحين الوصول الى المدى المناسب
4- معالجة تأثير التحميل بأختيار المقياس المناسب (ذو الحساسية العالية)

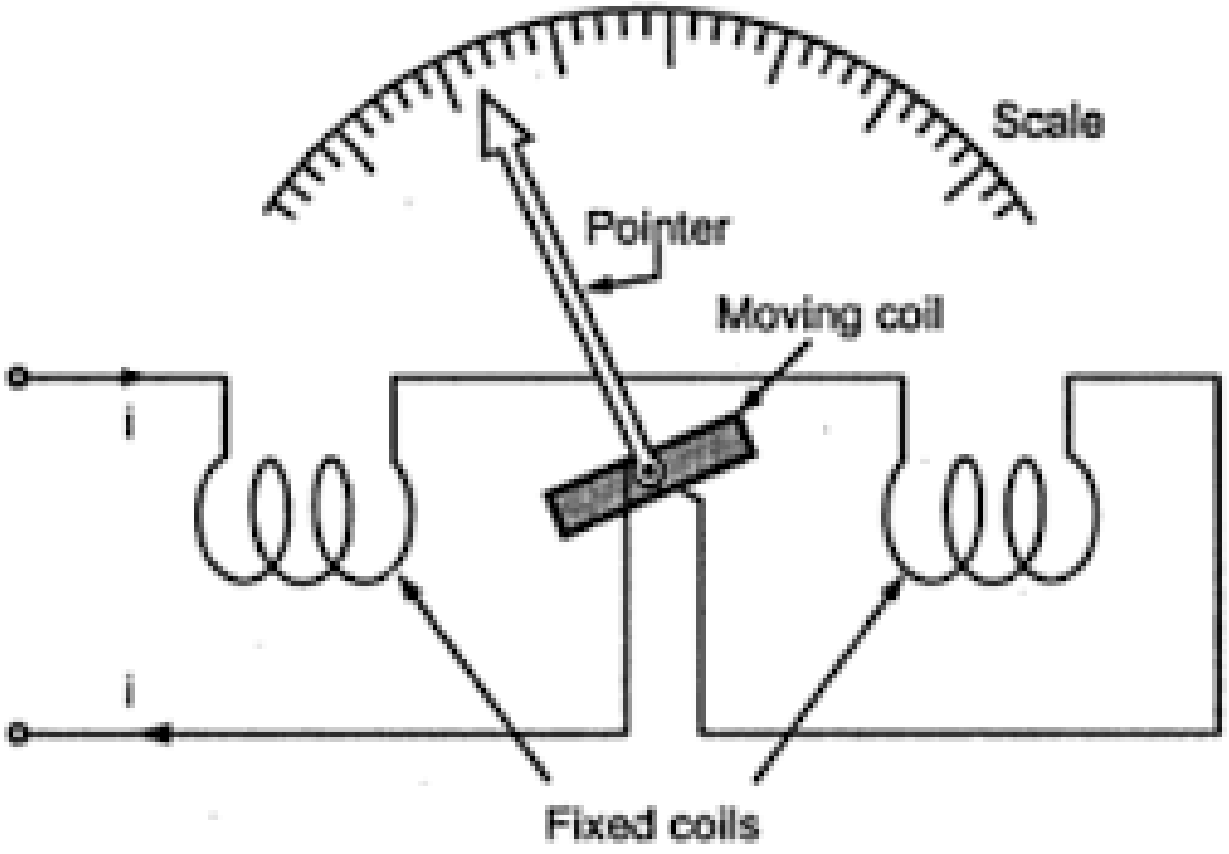
أجهزة قياس التيار المتناوب

يمكن استخدام جهاز الملف المتحرك لقياس التيار المتناوب لكن يجب أجراء بعض التقنية للحصول على عزم دوران بأتجاه واحد و من هذه الطرق تقويم التيار المتناوب الى تيار مستمر قبل تسليطه على الملف او استخدام اجهزة قياس تعتمد حركة المؤشر فيها على التاثيرات الحرارية او الجذب المغناطيسي الكهروستاتيكي

الداينموميتر Dynamometer



هو احد الاجهزة المهمة لقياس التيار المتناوب و خاصة عند الترددات الواطئة نسبيا كما يمكن استخدامه لقياس التيار المستمر .


Scale
Pointer
Moving coil
i
i
Fixed coils

يتكون الجهاز من ملفين احدهما متحرك يتحرك في مجال مغناطيسي متولد من الملف الاخر الثابت و يكون الملف الثابت مجزأ من جزئين متساويين . و يكون الملف المتحرك و الثابت مربوطين على التوالي . ويتصل بالجزء المتحرك مؤشر أما الملف الثابت فيكون ذا قلب هوائي لتقليل خسائر الهسترة و التيارات الدوامة و يولد عزم السيطرة بواسطة النابض . أما عزم الأخماد فيتولد بواسطة صفائح من الالمنيوم مثبتة على محور الدوران و تتحرك داخل حاوية هواء ذات مقطع على شكل قطاع دائري

عزم الانحراف T_d

$$T_d = NBIA \quad N.m$$

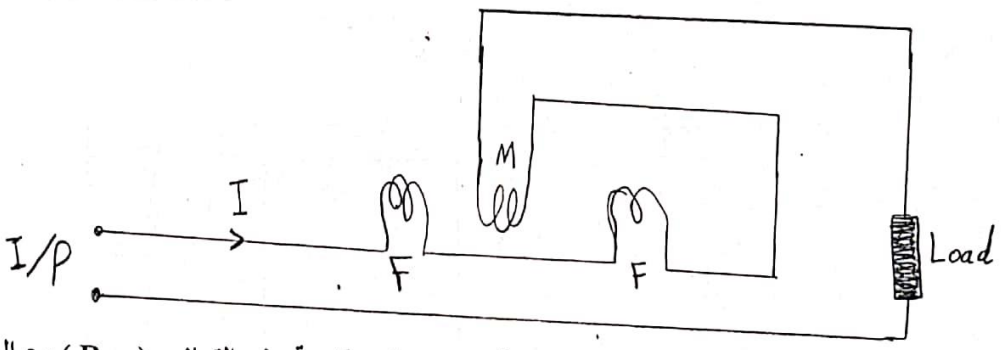
$$T_d \ \alpha \ BI$$

$$B \ \alpha \ I$$

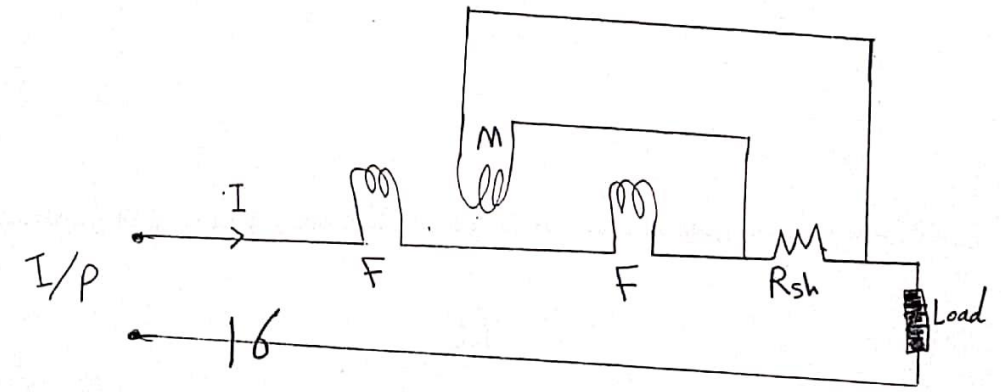
$$T_d \ \alpha \ I^2$$

لأن كثافة الفيض المغناطيسي B للملف الثابت تعتمد على التيار I بسبب الربط على التوالي لذلك عزم الانحراف يتناسب مع مربع التيار . ومن العلاقة الاخيرة نستنتج ان الجهاز يستخدم لقياس التيار المتناوب و التيار المستمر لكن اذا استخدم الجهاز لقياس التيار المستمر يكون التدريج غير منتظم و مزدحم في بدايته أما اذا استخدم لقياس التيار المتناوب فيكون التدريج بدلالة الجذر التربيعي لعدل مربع التيار (القيمة الفعالة)

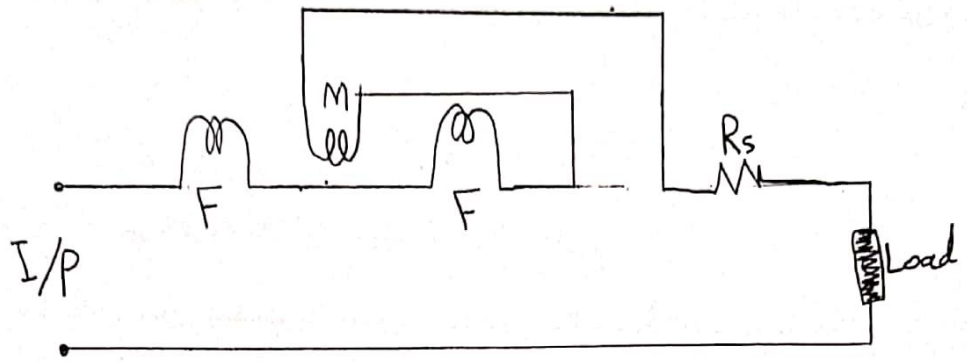
1- يستخدم الجهاز كأميتر لقياس التيار الواطئ



2- يستخدم كأميتر لقياس التيارات العالية حيث تضاف مقاومة على التوازي (R_{sh}) مع الملف المتحرك



3- يستخدم كجهاز فولتمتير . تربط مقاومة (Rs) ذات قيمة عالية على التوالي مع الملف المتحرك و الثابت



مساوئ جهاز الدايمنوميتر

1- استهلاك قدرة عالية بسبب ان التيار المراد قياسه يمر في الملفات الثابتة و المتحركة

2- المجال المغناطيسي الناتج من مرور التيار في الملف الثابت ضعيف بالمقارنة بالمجال المغناطيسي المتولد من المغناطيس الدائم بسبب القلب الهوائي للملف الثابت

اجهزة القياس ذات الحديدة المتحركة

يستخدم هذا الجهاز لقياس التيار المتناوب والمستمر ولكن بصورة عامة يستخدم الكميات المتناوبة وهنالك نوعان منها

١- نوع التجاذب

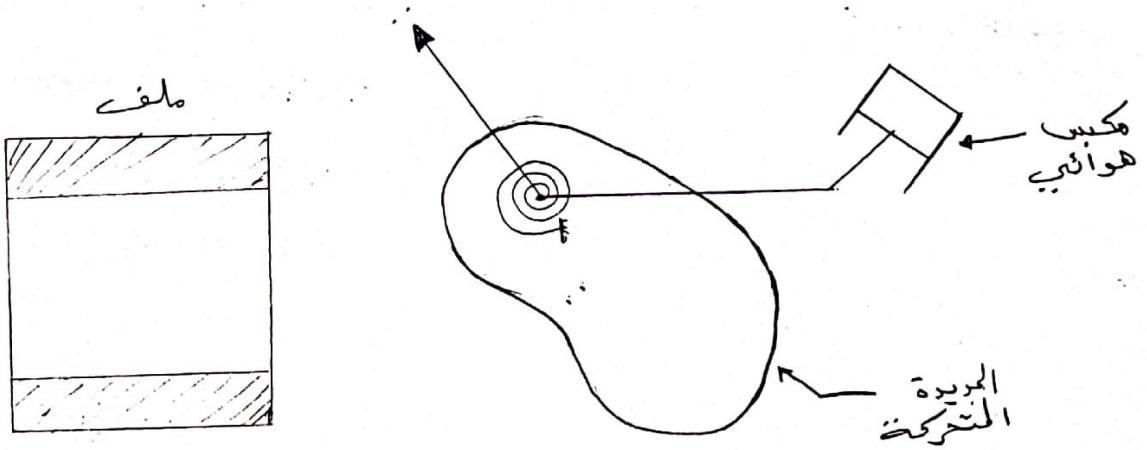
٢- نوع التنافر

وفي كلا النوعين يمرر التيار المراد قياسه خلال ملف لتوليد المجال المغناطيسي

*عند استخدام هذا الجهز كأميتر يكون الملف ذو سلك سميك وبعدد قليل من اللفات وذلك يجعل مقاومة الاميتر قليل لانة يربط على التوالي مع الدوائر الكهربائية

*وعند استخدامه كفولتميتر يكون الملف ذو سلك رفيع وبعدد كبير من اللفات وذلك لجعل مقاومة الملف كبيرة لكي يسحب تيار قليل لأن الفولتميتر يربط على التوازي مع الدوائر الكهربائية

١-نوع التجاذب



يتكون هذا النوع من قطعة حديدية على شكل بيضوي موضوعة بالقرب من ملف ذي قلب هوائي وترتكز القطعة بحيث تستطيع الدوران ضد نظام النوابض .

وعند مرور تيار في الملف فأنها تنجذب الى داخل الملف لأنه سوف يتولد مجال مغناطيسي يمغنط القطعة الحديدية بقطبية مخالفة لقطبية الملف مما يؤدي الى انجذابها .

ان مقدار انحراف المؤشر يتناسب طردياً مع شدة المجال المغناطيسي والذي بدوره يتناسب مع شدة التيار الكهربائي المار في الملف .

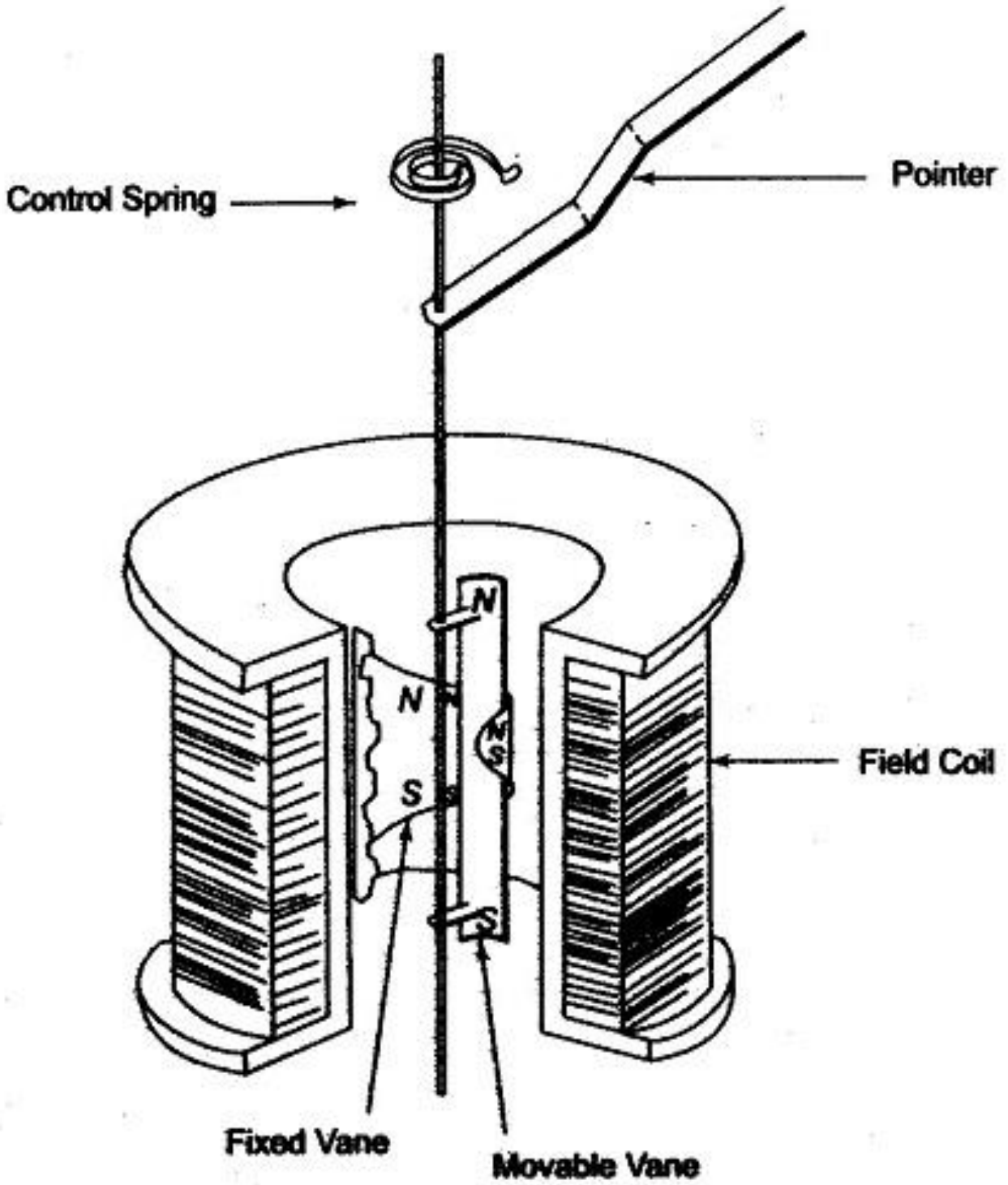
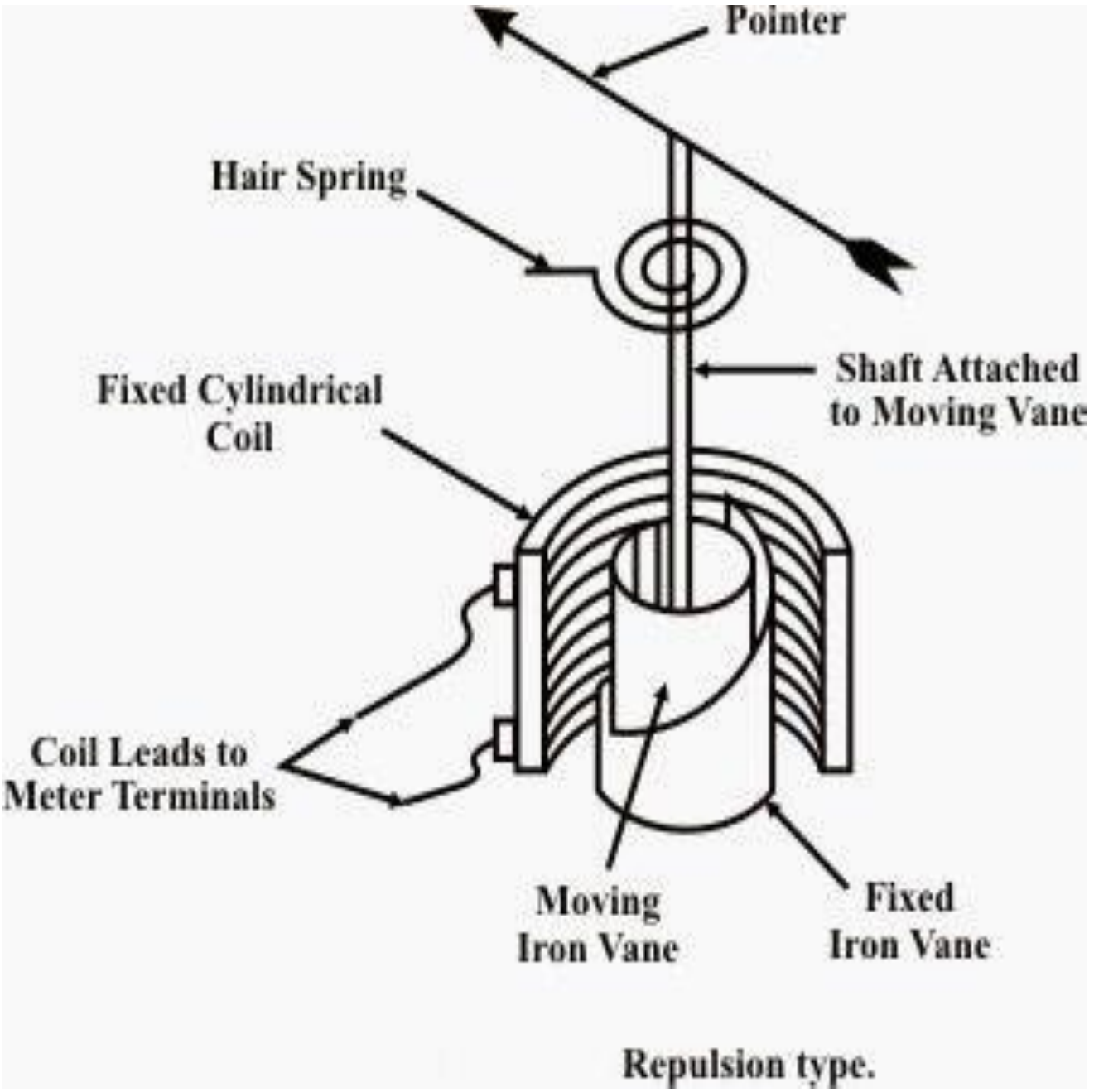
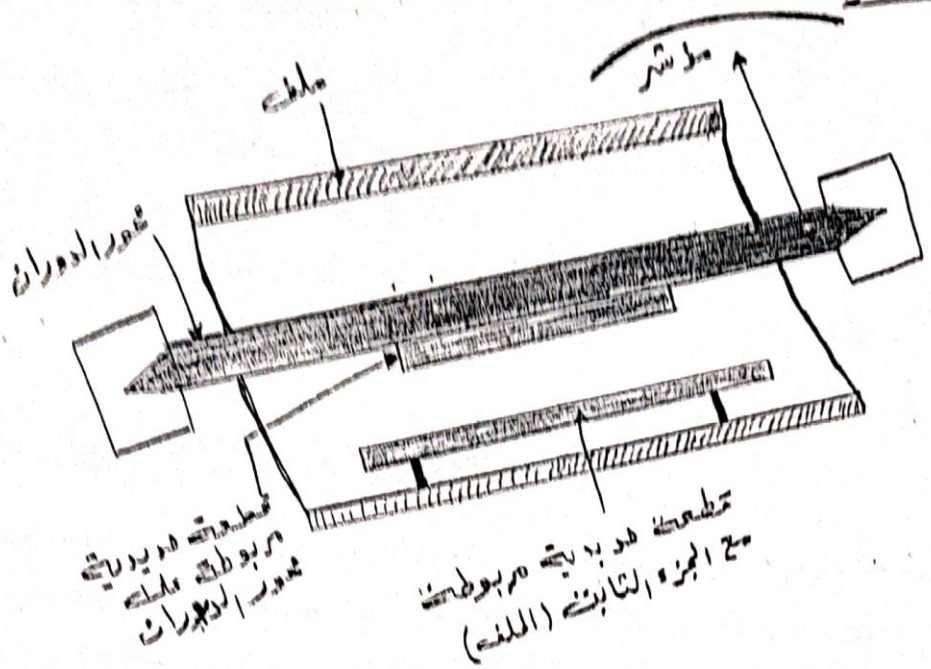


Fig. 2.9 Concentric Iron Vane (Repulsion Type)



Repulsion type.

٢- نوع التنافر



في هذة الحالة وضعت قطعتان من مادة حديدية مغناطيسية داخل ملف احداهما في الفراغ بينما ربطت الاخرى بواسطة ذراع قصيرة الى محور الدوران . فعند مرور التيار في الملف يولد مجال مغناطيسي يؤدي الى تمغنط الحديدتين بنفس القطبية ومن ثم تنافرهما وهذا التنافر بسبب حركة الحديدة المتحركة والمؤشر المثبت على محور الدوران .

*عزم السيطرة متولد من سيطرة النابض او الجاذبية الارضية .

*عزم الانحراف ناتج من قوة التنافر .

*عزم الاخماد يتولد بواسطة احتكاك الهواء الموجود دخل اسطوانة مع مكبس يتحرك بداخلها ومرتبط بمحور الوران .

محاسن اجهزة الحديدة المتحركة

١- يستخدم لقياس كل من A_C & D_C .

٢- ذات كلفة قليلة

٣- ذات متانة عالية

٤- بساطة تركيب الاجزاء الثابتة في الجهاز

مساوئ اجهزة الحديدة المتحركة

١- المدى غير منتظم .

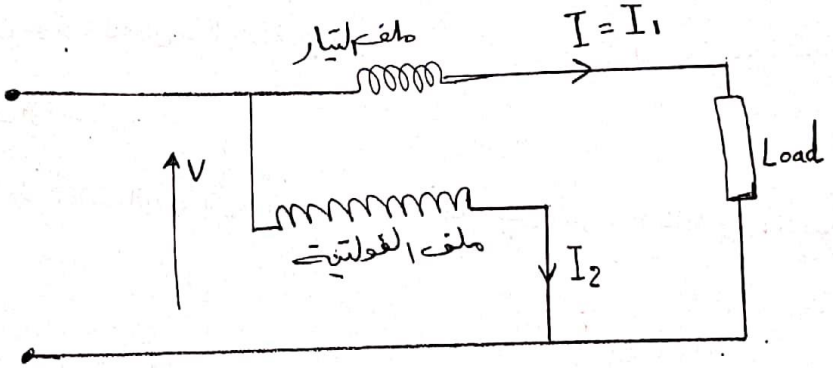
٢- القدرة المستهلكة عالية مما يسبب خطا كبير في قياس الفولتيات القليلة .

٣- التغيير في التردد يسبب خطأ كبير في الدائرة .

٤- توجد نسبة خطأ ناتجة من ظاهرة الهسترة في الاجزاء الحديدية .

مقياس القدرة احادى الطور (الأليكتروداينموميتر)

الاليكتروداينموميتر (الواطميتر) يتكون من ملفين ملف ثابت ويعرف (بملف التيار) وهو منقسم الى قسمين متساويين وملف متحرك ويعرف (بملف الفولتية) يوضع بين قسمي ملف التيار . ان التيار I_1 يمر في ملف التيار وهو المسؤول عن توليد مجال مغناطيسي متناسب مع تيار الحمل . بينما التيار I_2 الذي يمر بملف الفولتية ويتناسب مع فولتية المصدر يولد مجال مغناطيسي متناسب مع فولتية المصدر.



$B \alpha I_1$

$V \alpha I_2$

$T_d \alpha B I_2$

$T_d \alpha I_1$

$T_d \alpha I V$

يُلاحظ ان عزم الانحراف يتناسب مع القدرة

$T_d \alpha$ Power

$V = V_{max} \sin\Theta$ = هي الفولتية الانية على ملف الفولتية

$I = I_{max} \sin(\Theta - \phi)$ = هو التيار الاني المار في ملف التيار

$$P = V I \cos\phi \text{ watt}$$

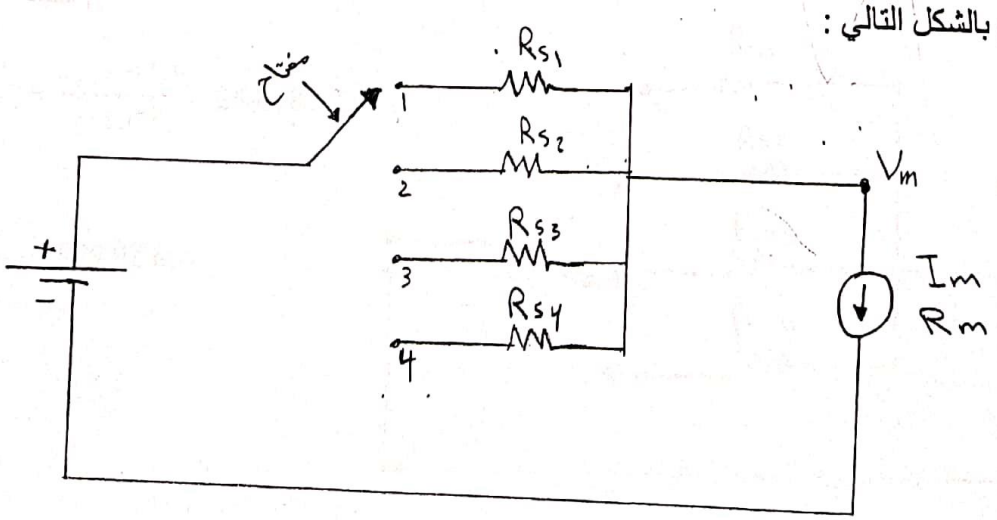
*عزم السيطرة يولد بواسطة النابض الحلزوني .

*عزم الاخماد يولد بواسطة الاحتكاك الناتج بين المكبس المتحرك داخل اسطوانة الهواء.

فولتميتر الجهد المستمر

يستخدم جهاز القياس ذو الملف المتحرك لقياس الجهد المستمر وذلك باضافة مقاومة على التوالي (R_s) مع ملف المقياس ولزيادة مدى المقياس تضاف مجموعة من المقاومات على التوالي مع الملف ذات قيم تتناسب مع قيمة فولتية المراد قياسها وتسمى بالمضاعفات (multiplier)

وكما موضح بالشكل التالي :



نقوم بأنتخاب اي مقاومة من خلال المفتاح (S) لتحديد مدى المقياس

Ω

$$R_s = \frac{V - Vm}{Im}$$

$$R_{S1} = \frac{V1 - Vm}{Im}$$

$$R_{S2} = \frac{V2 - Vm}{Im}$$

$$R_{s3} = \frac{V3 - Vm}{Im}$$

وهكذا ، ولحساب قدرة كل مقاومة :

$$P_{RS1} = Im^2 \cdot R_{s1}$$

$$P_{RS2} = Im^2 \cdot R_{S2}$$

$$P_{RS3} = Im^2 \cdot R_{s3}$$

حيث :

$$I = Im = Is$$

$$V = Vm + Vs$$

$$R = Rs + Rm$$

مثال رقم (2) :

صمم فولتميتر متعدد المديات 1v, 10 v , 100v , 500v علماً بان المقاومة الداخلية للجهاز pmm هي (20 Ω) وتيار اقصى انحراف (2 mA) ثم احسب القدرة لكل مقاومة .

الحل :

$$Vm = Im \cdot Rm = 20 * 2 * 10^{-3} = 0.04 \text{ v}$$

$$R_{S1} = \frac{V1 - Vm}{Im} = \frac{1 - 0.04}{2 * 10^{-3}} = 0.048 \text{ k}$$

$$P_{RS1} = Im^2 \cdot Rm = (2 * 10^{-3})^2 * 0.48 * 10^3 = 1.92 * 10^{-6} * 10^3$$

$$= 1.92 \text{ W}$$

$$R_{S2} = \frac{V2 - Vm}{Im} = \frac{10 - 0.04}{2 * 10^{-3}} = 4.98 \text{ K}\Omega$$

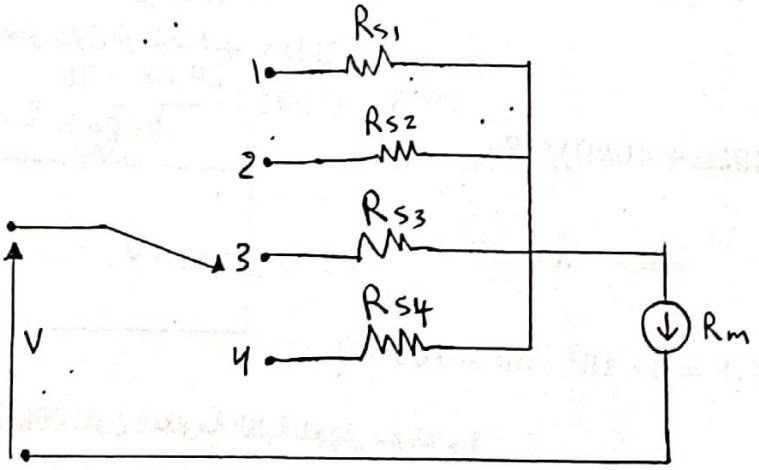
$$P_{RS2} = (2 * 10^{-3})^2 * 4.98 * 10^{-3} = 19.92 \ mW$$

$$R_{S3} = \frac{100 - 0.04}{2 * 10^{-3}} = 49.98 \text{ K}\Omega$$

$$P_{RS3} = (2 * 10^{-3})^2 * 49.98 * 10^3 = 199.92 \ mW$$

$$R_{S4} = \frac{500 - 0.04}{2 * 10^{-3}} = 249.98 \text{ K}\Omega$$

$$P_{RS4} = 999.92 \text{ mw}$$



- **مثال رقم (2) :**

صمم فولتميتر متعدد المديات 1v, 10 v , 100v , 500v علماً بأن المقاومة الداخلية للجهاز pmm هي (20 Ω) وتيار اقصى انحراف (2 mA) ثم احسب القدرة لكل مقاومة .

الحل :

$$Vm = Im \cdot Rm = 20 * 2 * 10^{-3} = 0.04\ v$$

$$R_{s1} = \frac{V1 - Vm}{Im} = \frac{1 - 0.04}{2 * 10^{-3}} = 0.048\ k$$

$$P_{RS1} = Im^2 \cdot Rm = (2 * 10^{-3})^2 * 0.48 * 10^3 = 1.92 * 10^{-6} * 10^3$$

$$= 1.92\ W$$

$$R_{S2} = \frac{V2 - Vm}{Im} = \frac{10 - 0.04}{2 * 10^{-3}} = 4.98\ K\Omega$$

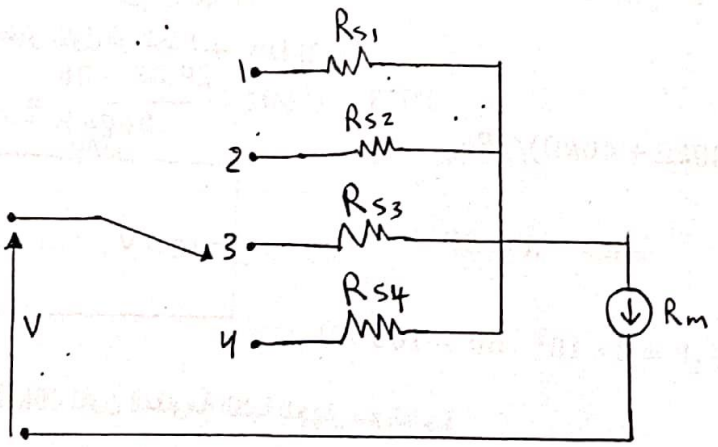
$$P_{RS2} = (2 * 10^{-3})^2 * 4.98 * 10^{-3} = 19.92\ mW$$

$$R_{S3} = \frac{100 - 0.04}{2 * 10^{-3}} = 49.98\ K\Omega$$

$$P_{RS3} = (2 * 10^{-3})^2 * 49.98 * 10^3 = 199.92\ mW$$

$$R_{S4} = \frac{500 - 0.04}{2 * 10^{-3}} = 249.98\ K\Omega$$

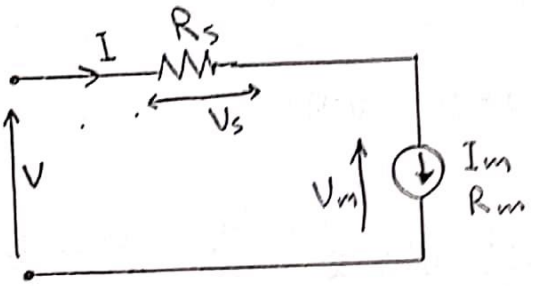
$$P_{RS4} = 999.92\ mw$$



حساسية الفولتميتر (S) : كما ذكرنا سابقا فان $S = \frac{1}{I_m}$

ومن خواص التوالي يمكن استنتاج معادلة مقاومة التوالي Rs بدلالة حساسية الجهاز كما ذكرنا سلبقا

$R_s = SV - R_m \quad \Omega$



و كما كانت حساسية الفولتميتر عالية كانت القراءة تكثر دقة لان المقاومة الداخلية للجهاز تتناسب طرديا مع الحساسية ولو استخدمنا فولتميتر ذو حساسية قليلة لقياس الجهد على مقاومة عالية فانه يعطي قراءة غير دقيقة و تكون هناك نسبة خطأ تحسب بالمعادلة التالية

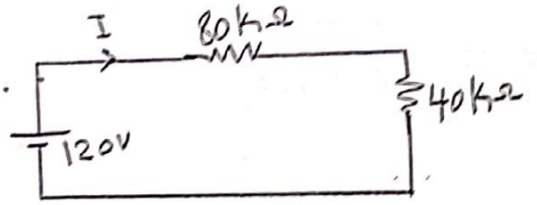
$$\text{نسبة الخطأ} = \frac{\text{القراءة الحقيقية} - \text{قراءة الجهاز}}{\text{القراءة الحقيقة}} * \%100$$

مثال رقم (6) المطلوب قياس الفولتية على طرفي المقاومة (40kΩ) باستخدام جهازي فولتميتر الاول ذو حساسية $S_1=2k\Omega/v$ و الثاني ذو حساسية $S_2=5k\Omega/v$ علما بان المدى لكلا الجهازين 50v ثم احسب نسبة الخطأ

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

$$I = \frac{120}{80 * 10^3 + 40 * 10^3} = 1 * 10^{-3}$$

$$V_R = I * R = 1 * 10^{-3} * 40 * 10^3 = 40\ v$$

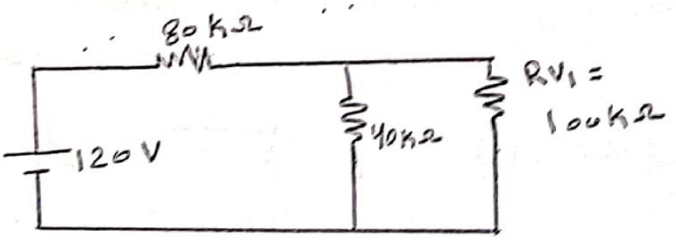


1- عند استخدام جهاز الفولتميتر الاول ذو الحساسية $S_1=2k\Omega/v$

$$R_T = (80k\Omega + 40k\Omega)//R_{V1}$$

$$S = \frac{R}{V} \quad ==> \quad R = SV$$

$$R_{V1} = S_1 V = 2 * 10^3 * 50 = 100\ k\Omega$$



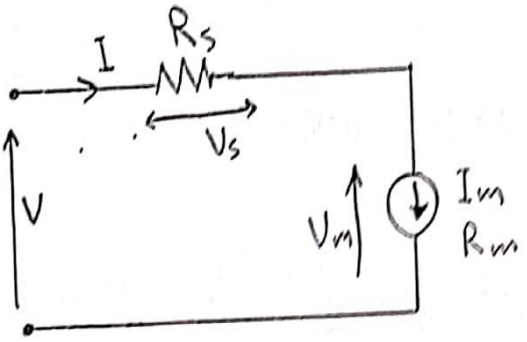
عند قياس الفولتية على المقاومة 40kΩ تكون المقاومة الكلية للجهاز مع الدائرة

$$R_T = (80k\Omega + 40k\Omega//R_{V1})$$

حساسية الفولتميتر (S) : كما ذكرنا سابقا فان $S = \frac{1}{I_m}$

ومن خواص التوالي يمكن استنتاج معادلة مقاومة التوالي Rs بدلالة حساسية الجهاز كما ذكرنا سلبقا

$$R_s = SV - R_m \quad \Omega$$

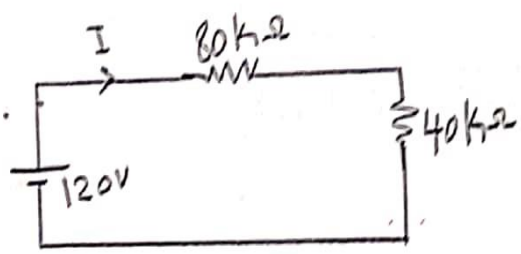


و كما كانت حساسية الفولتميتر عالية كانت القراءة تكثر دقة لان المقاومة الداخلية للجهاز تتناسب طرديا مع الحساسية ولو استخدمنا فولتميتر ذو حساسية قليلة لقياس الجهد على مقاومة عالية فأنه يعطي قراءة غير دقيقة و تكون هناك نسبة خطأ تحسب بالمعادلة التالية

$$\text{نسبة الخطأ} = \frac{\text{القراءة الحقيقية} - \text{قراءة الجهاز}}{\text{القراءة الحقيقة}} * 100\%$$

مثال رقم (6) المطلوب قياس الفولتية على طرفي المقاومة (40kΩ) باستخدام جهازي فولتميتر الاول ذو حساسية $S_1=2k\Omega/v$ و الثاني ذو حساسية $S_2=5k\Omega/v$ علما بان المدى لكلا الجهازين 50v ثم احسب نسبة الخطأ

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

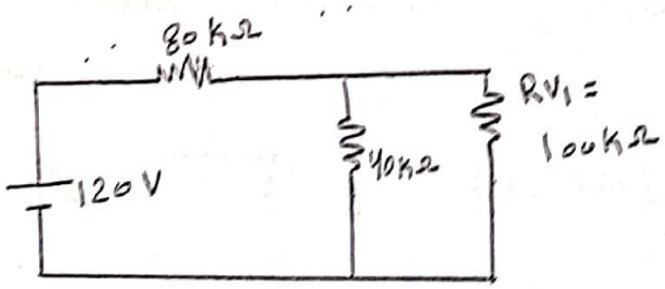


$$I = \frac{120}{80 * 10^3 + 40 * 10^3} = 1 * 10^{-3}$$

$$V_R = I * R = 1 * 10^{-3} * 40 * 10^3 = 40\ v$$

1- عند استخدام جهاز الفولتميتر الاول ذو الحساسية $S_1=2k\Omega/v$

$$R_T = (80k\Omega + 40k\Omega)//R_{V1}$$



$$S = \frac{R}{V} \quad ==> \quad R = SV$$

$$R_{V1} = S_1 V = 2 * 10^3 * 50 = 100\ k\Omega$$

عند قياس الفولتية على المقاومة 40kΩ تكون المقاومة الكلية للجهاز مع الدائرة

$$R_T = (80k\Omega + 40k\Omega//R_{V1})$$

$$R_T = 80 * 10^3 + \frac{40 * 10^3 * 100 * 10^3}{40 * 10^3 + 100 * 10^3} = 80 * 10^3 + 28.5780 * 10^3$$

$$R_T = 108.57 * 10^3 \ \Omega$$

$$R_{Sh} = 28.57 * 10^3 \ \Omega$$

$$V_R^{\setminus} = \frac{28.57 * 10^3}{80 * 10^3 + 28.57 * 10^3} * 120 = 31.57\ v$$

$$\text{نسبة الخطأ} = \frac{\text{القراءة الحقيقية – قراءة الجهاز}}{\text{القراءة الحقيقة}} * 100\%$$

$$t_{r1} = \frac{40 - 31.57}{40} * 100\% = 21\%$$

2- عند استخدام جهاز الفولتميتر الثاني ذو الحساسية S_2=5kΩ/v

$$R_{V2} = S_2 V = 5 * 10^3 * 50 = 250\ k\Omega$$

$$R_{Sh} = 40k\Omega // 250k\Omega$$

$$R_{Sh} = \frac{40 * 10^3 * 250 * 10^3}{40 * 10^3 + 250 * 10^3} = 34.48\ k\Omega$$

$$V_R^{\setminus\setminus} = \frac{34.48 * 10^3}{34.48 * 10^3 + 80 * 10^3} * 120 = 36.92\ v$$

$$\text{نسبة الخطأ} = \frac{\text{القراءة الحقيقية – قراءة الجهاز}}{\text{القراءة الحقيقة}} * 100\%$$

$$t_{r2} = \frac{40 - 36.92}{40} * 100\% = 7.7\%$$

أميتر التيار المستمر DC Ameter

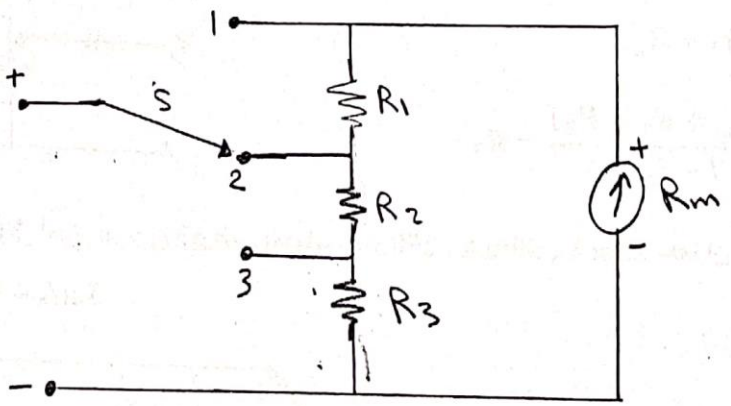
يستخدم جهاز PMMC (الملف المتحرك ذوالمغناطيس الدائم) كاميتر و ذلك بربط مقاومة على التوازي R_{Sh} مع الجهاز لتجزئة التيارات الكبيرة التي تتسبب في تلف الجهاز كما ذكرنا سابقا

و يمكن تحديد قيمة المقاومة المراد ربطها على التوازي و ذلك من معرفة القيمة العظمى للتيار الكلي المراد قياسها بواسطة الجهاز

ولتوسيع مدى الجهاز تستخدم عدة مقاومات بقيم مختلفة و مفتاح متحرك لاختيار المقاومة المناسبة لكل مدى و يمكن حساب كل مقاومة من المعادلة التالية

$$R_{sh} = \frac{I_m R_m}{I - I_m} \quad \Omega$$

و يوضح الشكل التالي جهاز اميتر بعدة مديات و الذي يسمى بجهاز أيرتون العرضي

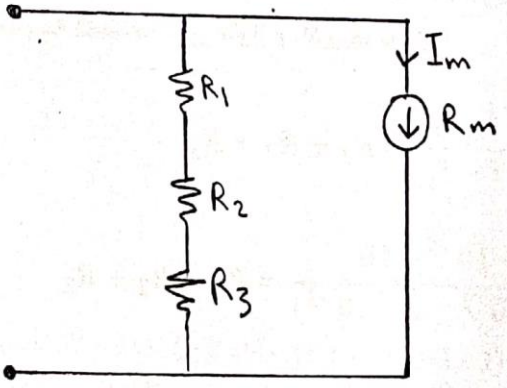


جهاز ايرتون العام

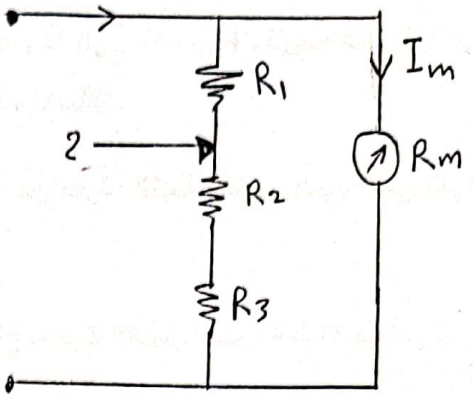
1- عندما يكون المفتاح في الموقع رقم (1)

$$R_{Sh1} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{Sh1} = \frac{I_m R_m}{I - I_m} = R_1 + R_2 + R_3$$



2- عندما يكون المفتاح على الموقع رقم (2)

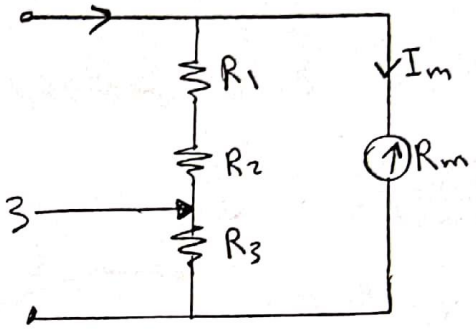


$$R_{Sh2} = \frac{I_m R_m^{\setminus}}{I - I_m} = R_2 + R_3$$

$$R_m^{\setminus} = R_m + R_1$$

$$R_{Sh2} = \frac{I_m(R_m + R_1)}{I - I_m} = R_2 + R_3$$

3- عندما يكون المفتاح على الموقع رقم (3)

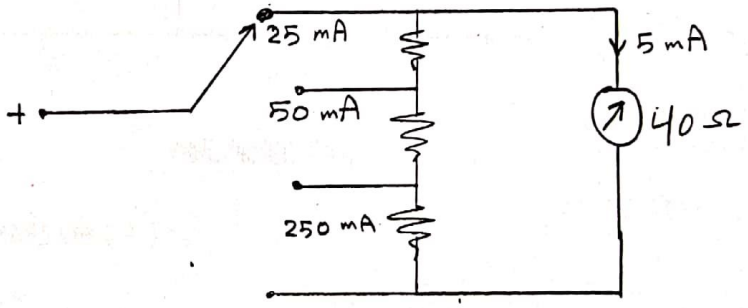


$$R_{Sh3} = \frac{I_m R_m^{\setminus}}{I - I_m} = R_3$$

$$R_m^{\setminus} = R_m + R_1 + R_2$$

$$R_{Sh3} = \frac{I_m(R_m + R_1 + R_2)}{I - I_m} = R_3$$

مثال رقم (10) :- صمم جهاز أميتر أيرتون العرضي بمديات 25mA , 50mA , 250mA علما ان المقاومة الداخلية للملف 40Ω و اقصى انحراف 5mA



1- عندما يكون المفتاح على المدى 25mA تكون المقاومة المضافة على التوازي اكبر ما يمكن

$$R_{Sh1} = \frac{I_m R_m}{I - I_m} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$\frac{5 * 10^{-3} * 40}{(25 * 10^{-3} - 5 * 10^{-3})} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_1 + R_2 + R_3 = 10 \qquad (1)$$

2- عندما يكون المفتاح على المدى 50mA تكون المقاومة على التوازي على الحالة الوسطية

$$R_{Sh2} = \frac{I_m(R_m + R_1)}{I - I_m} = R_2 + R_3$$

$$\frac{5 * 10^{-3}(40 + R_1)}{(50 * 10^{-3} - 5 * 10^{-3})} = R_2 + R_3$$

$$9R_2 + 9R_3 = 40 + R_1$$

$$-R_1 + 9R_2 + 9R_3 = 40 \qquad (2)$$

3- عندما يكون المفتاح على المدى 250mA تكون المقاومة المضافة على التوازي اقل مايمكن

$$R_{Sh3} = \frac{I_m(R_m + R_1 + R_2)}{I - I_m} = R_3$$

$$\frac{5 * 10^{-3}(40 + R_1 + R_2)}{(250 * 10^{-3} - 5 * 10^{-3})} = R_3$$

$$49R_3 = 40 + R_1 + R_2$$

$$-R_1 - R_2 + 40R_3 = 40 \qquad (3)$$

ترتيب المعادلات

$$R_1 + R_2 + R_3 = 10 \qquad (1)$$

$$-R_1 + 9R_2 + 9R_3 = 40 \qquad (2)$$

$$-R_1 - R_2 + 40R_3 = 40 \qquad (3)$$

يكون حل المعادلات باستخدام المصفوفة

$$R_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} \qquad R_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} \qquad R_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 9 & 9 & -1 & 9 \\ -1 & -1 & 40 & -1 & -1 \end{vmatrix}$$

$$\Delta = \{(1 * 9 * 40) + (1 * 9 * -1) + (1 * -1 * -1)\} - \{(-1 * 9 * 1) + (-1 * 9 * 1) + (40 * -1 * 1)\}$$

$$\Delta = \{360 - 9 + 1\} - \{-9 - 9 - 40\} = 410$$

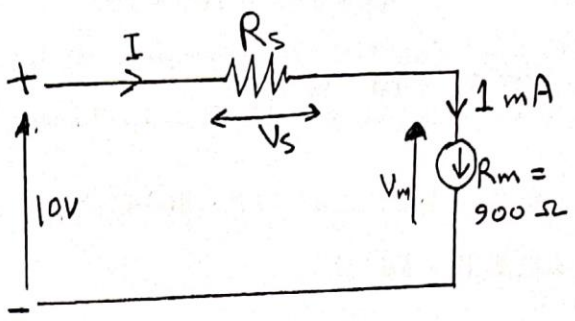
مثال رقم (7) احسب حساسية الفولتميتر المبين بالدائرة أدناه ثم احسب قيمة R_S

$$S = \frac{1}{I_m}$$

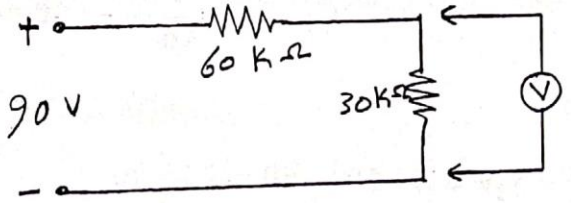
$$S = \frac{1}{1 * 10^{-3}} = 1 * 10^3 \frac{\Omega}{v}$$

$$R_S = SV - R_m = (1 * 10^3 * 10) - 900$$

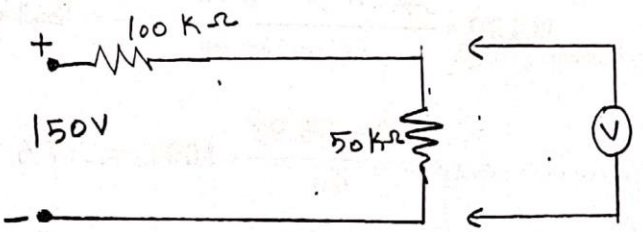
$$R_S = 9100 = 9.1k\Omega$$



مثال رقم (8) : المطلوب قياس الفولتية على طرفي المقاومة $30k\Omega$ باستخدام جهازي فولتميتر الاول ذو حساسية $1000\Omega\backslash v$ و الثاني $30000\Omega\backslash v$ و المدى لكل الجهازين 100v ثم احسب نسبة الخطأ لكل جهاز



مثال رقم (9) المطلوب قياس الفولتية على طرفي المقاومة $50k\Omega$ باستخدام جهازي فولتميتر الاول ذو حساسية $0.5k\Omega\backslash v$ و الثاني $40k\Omega\backslash v$ و المدى لكل الجهازين 100v ثم احسب نسبة الخطأ لكل جهاز



طرق قياس المقاومة : تقسم مناسيب المقاومة الى :

1- **مقاومة واطئة**: وهي التي تقل قيمتها عن واحد اوم

2- **مقاومة متوسطة** : وهي التي تتراوح قيمتها (1 Ω →10KΩ)

3- **مقاومة عالية** : وهي التي تزيد قيمتها على (10 kΩ)

- وتحدد طريقة قياس المقاومة تبعا لمنسوبها وهي عدة طرق اهمها :

1- استخدام مقياس الفولتيه والتيار ← مناسبه للمقاومات الواطئه والمتوسطه

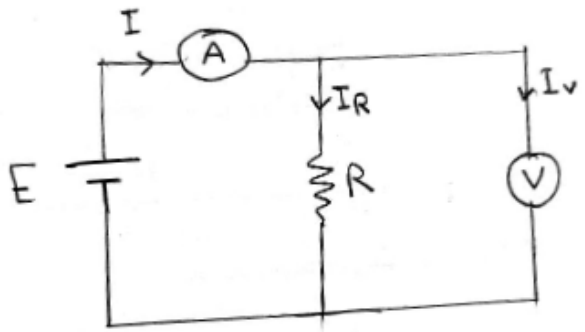
2- طريقه استخدام مقياس المقاومه الاوم ميتر نوع التوالي← وهي طريقه مناسبه للمقاومات الواطئه والمتوسطه ايضا

3- طريقه استخدام مقياس المقاومه الاوميتر نوع التوازي ←وهي مناسبه للمقاومات الواطئه والمتوسطه

4- طريقه المجهاد

5- استخدام القناطر

طريقة استخدام الفولتميتر اميتر .



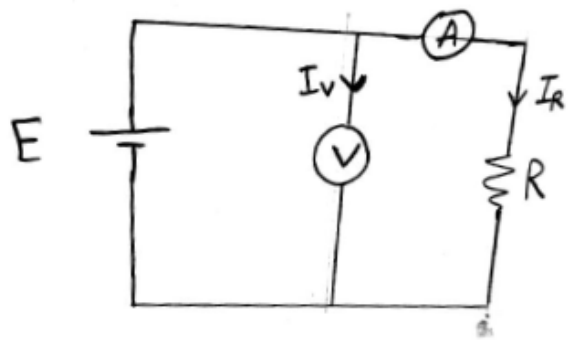
$I = I_R + I_V$

$I_R >> I_V$

$I \approx I_R$

$R = V / I$

وفي حالة الترددات العالية نغير طريقة الربط كما يلي :



$V = V_R + V_A$

$V_R >> V_A$

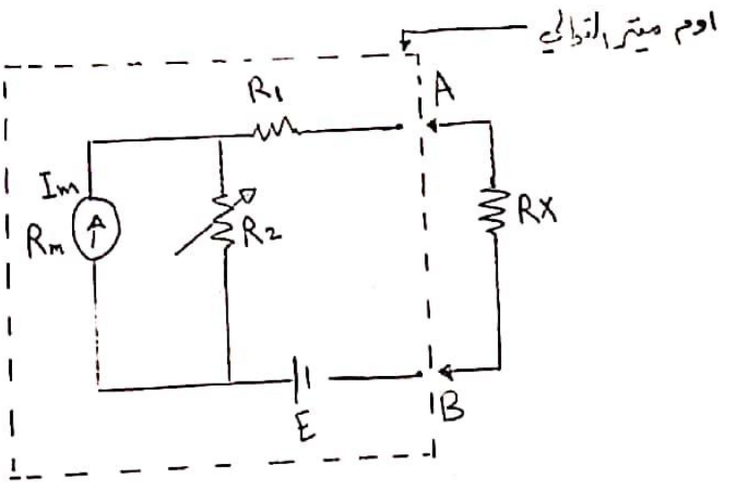
$V \approx V_R$

$R = V / I$

1- اميتر التوالي :

يتكون هذا الجهاز من مقياس الملف المتحرك مع مقاومه R1 وبطاريه E على التوالي و نهايتين (A ,B) لربط المقاومة المراد قياسها بين النهايتين .

اما المقاومه (R2) المربوطه علي التوازي (مقاومه متغيره)مع جهاز الملف المتحرك لغرض التحكم والسيطرة على التيار المار في الملف المتحرك للجهاز وكما مبين بالشكل التالي :



R_m =المقاومة الداخلية للجهاز

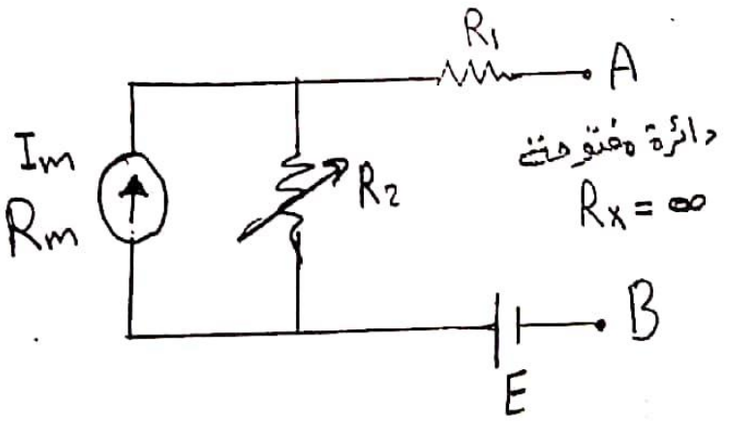
R_X=المقاومة المراد قياسها

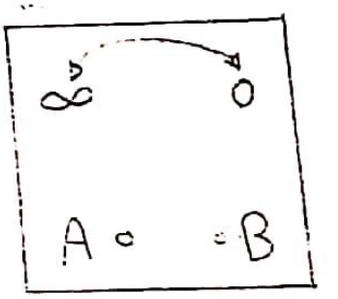
R_1=مقاومة لتحديد التيار

R_2=مقاومة لتصفير الجهاز

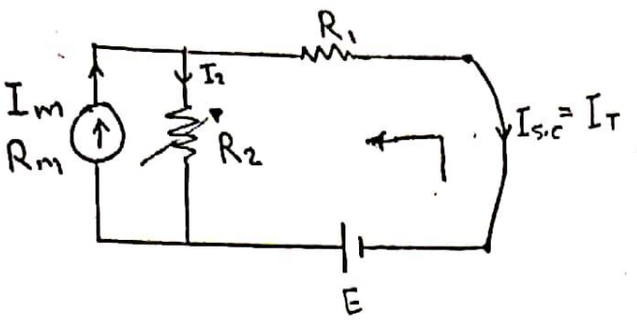
E=بطارية

اولاً : عندما تكون ($R_X=\infty$) اي دائرة مفتوحة بين (A,B) ويكون التيار المار بالدائرة يساوي صفر





ثانياً : عندما تكون ($R_x=0$) اي الاوميتر دائرة قصر (S.C) بين (A,B) فأن تيار الدائرة يكون في قيمته العظمى ، وبتنظيم قيمة R_2 يمكن امرار تيار انحراف كامل في الملف



$$R_T = R_1 + R_2 // R_m$$

$$I_T = I_{S.C} = \frac{E}{R_T}$$

ان الكمية المناسبة لاستخدام مقياس اوم ميتر نوع توالي هي القيمة (R_x) التي تسبب انحراف المقياس الى منتصف التدريج وعند هذه الحالة تعرف (R_x) بمقاومة منتصف التدريج ويرمز لها (R_h)

$$R_h = R_T = R_1 + R_2 // R_m$$

$$\therefore R_h = R_1 + \frac{R_2 R_m}{R_2 + R_m} \quad \text{----- (1)}$$

$$\therefore I_h = \frac{E}{2R_h} \longrightarrow I_h = \frac{1}{2} I_T = \frac{1}{2} \times \frac{E}{R_h} \quad (A)$$

لذلك يجب ان يتضاعف تيار البطارية وعليه

$$I_T = 2 I_h = \frac{E}{R_h}$$

$$I_2 = I_T - I_m$$

$$I_2 R_2 = I_m R_m$$

$$R_2 = \frac{I_m R_m}{I_2}$$

$$\therefore R_2 = \frac{I_m R_m}{I_T - I_m} \quad \Omega \qquad \text{---- (2)}$$

$$R_2 = \frac{I_m R_m}{\frac{E}{R_h} - I_m} = \frac{I_m R_m R_h}{E - I_m R_h}$$

من المعادلة رقم (1) وبتعويض (3) في (2) بينتج

$$R_1 = R_h - R_2 // R_m \quad \text{---- (3)}$$

$$R_1 = R_h - \frac{I_m R_m R_h}{E} \quad \text{---- (4)}$$

مثال رقم (11) :

ملف متحرك له ($R_m = 24\Omega$) وتيار انحراف كامل (1 mA) وفولتية المصدر (E=3 v) ومقاومة نصف الانحراف ($R_h = 2K\Omega$) احسب (R_2 و R_1) .

$$I_T = \frac{E}{R_h} = \frac{3}{2K} = 1.5\ mA$$

$$R_2 = \frac{I_m R_m}{I_T - I_m} = \frac{1*10^{-3}*24}{(1.5-1)*10^{-3}} = 48\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{I_m R_m R_h}{E - I_m R_h} = \frac{1*10^{-3}*24*2*10^3}{3-(1*2)} = 48\ \Omega$$

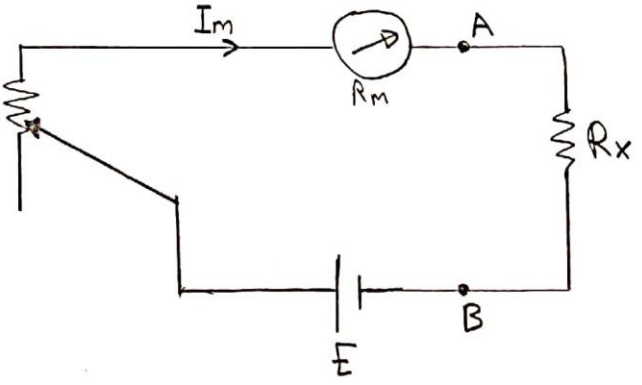
$$R_1 = R_h - (R_2 // R_m)$$

$$= 2000 - \frac{24*48}{24+48} = 1984\ \Omega$$

حساسية الميكا اوم وهي مقاومة الدائرة بوحدة MΩ بحيث يكون الانحراف 1 ملم عند تسليط جه1 مقداره 1 فولت يمر خلال الدائرة

و بما ان مقاومة الكلفانوميتر صغيرة جدا ويمكن اهمالها فأن حساسية الميكااوم يمكن التعبير عنها بانها المقاومة الواجب ربطها على التوالي مع الكلفانوميتر بحيث جهد مقداره 1 فولت اذا سلط على الدائرة يسبب انحراف مقداره 1mm على المقياس الموضوع على بعد 1m من مراة الكلفانوميتر

مثال رقم (14) أمتير له $R_m=100\Omega$, $I_m=1mA$, $E=5v$ احسب قيمة R_X ؟



الحل :-

1- عندما تكون (AB) دائرة قصر $R_X=0$ يمر تيار الانحراف الكامل

$$E = I_m(R_m + R_1)$$

$$5 = 1 * 10^{-3}(100 + R_1)$$

$$R_1 = 4900\ \Omega$$

2- حالة نصف الاتزان $\frac{1}{2} I_m$

$$5 = 0.5 * 10^{-3}(100 + 4900 + R_X)$$

$$R_X = 5000\ \Omega$$

3- حالة ربع الاتزان $\frac{1}{4} I_m$

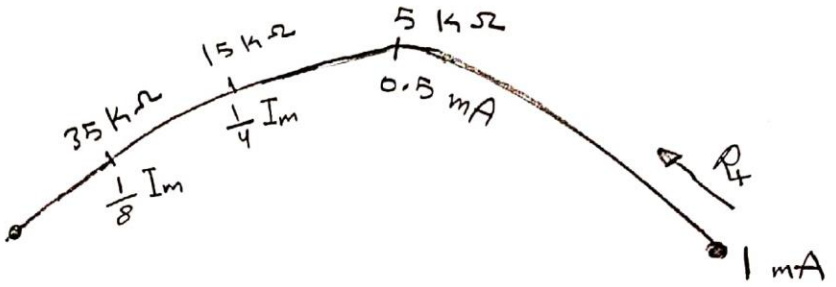
$$5 = 0.25 * 10^{-3}(100 + 4900 + R_X)$$

$$R_X = 15000\ \Omega$$

4- حالة ثمن الاتزان $\frac{1}{8} I_m$

$$5 = 0.125 * 10^{-3}(100 + 4900 + R_X)$$

$$R_X = 35000\ \Omega$$



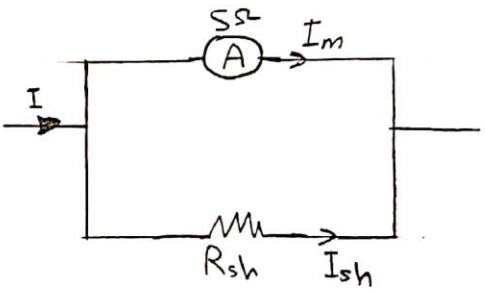
ملاحظة :- لحساب تيار منتصف التدريج $I_n = \frac{I_m}{2}$ يجب ان تكون قيمة $R_X = R_h$

مثال رقم (15) جهاز ذو ملف متحرك مقاومته الداخلية 5Ω و يعطي اتزان تام عند 5mA المطلوب

1) تحويله الى امتير ذو اتزان تام مقداره 5A

2) تحويله الى فولتميتر تأشيره تام مقداره 5v

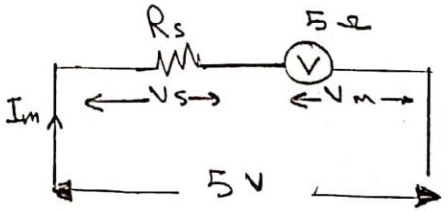
1) $I_m = 5mA$, $I = 5A$



$$R_{Sh} = \frac{I_m R_m}{I - I_m}$$

$$R_{Sh} = \frac{5 * 10^{-3} * 5}{5 - 5 * 10^{-3}} = 0.005\ \Omega$$

2) $V_m = I_m R_m$



$$V_m = 5 * 10^{-3} * 5 = 25 * 10^{-3}\ v = 25\ mv$$

$$R_S = \frac{V - V_m}{I_m}$$

$$R_S = \frac{5 - 25 * 10^{-3}}{5 * 10^{-3}} = 995\ \Omega$$

أجهزة قياس التيار المتناوب

يمكن استخدام جهاز الملف المتحرك لقياس التيار المتاوب و ذلك بتقويم التيار المتاوب الى مستمر و تسليطه على الملف لغرض الحصول على عزم الدوران باتجاه واحد

و يمكن استخدام اجهزة قياس تعتمد حركة المؤشر فيها على التاثيرات الحرارية او الجذب المغناطيسي و الكهروستاتيكي

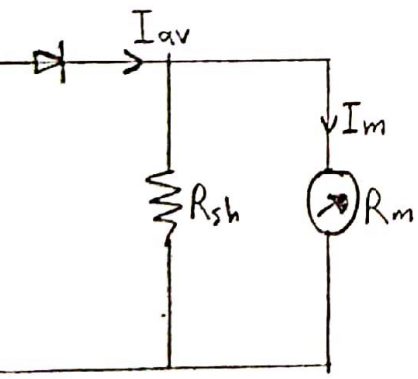
و يعتبر جهاز الداينمو ميتر Dynamometer هو احد الاجهزة المهمة لقياس التيار المتناوب و كما مر ذكره سابقا

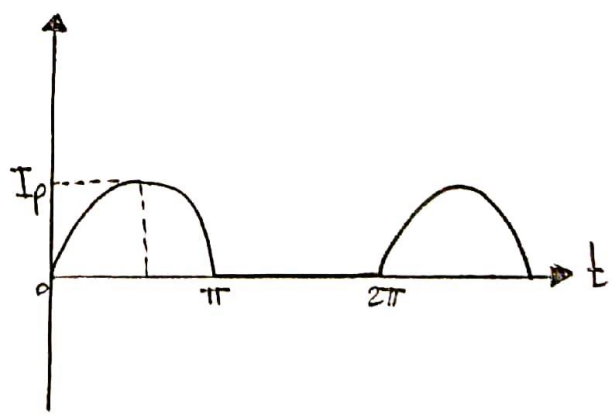
اجهزه القياس المقوم

ان من اهم خواص الملف هو حساسية العالية و ذو تدريج خطي و لكن غالي الثمن و يعمل بالتيار المستمر (DC) فقط لأن انعكاس إتجاه التيار المتناوب (AC) يؤدي الى انعكاس إنحراف المؤشر و يكون متوسط العزم (عزم الانحراف) يساوي صفر

و لذلك يجب استخدام معدل (مقوم) قبل تسليط الموجة المتناوبة على ملف الجهاز . إذن يمكن قياس الكميات المتاوبة بواسطة PMMC وذلك باستخدام المعدل (Rectifier) الذي يوجد التيار المتناوب الى مستمر AC→DC

1- المقوم نصف الموجة Half Wave Rectifier (HWR)





$$I_{av} = \frac{I_p}{\pi} \quad , \quad I_{rms} = \frac{I_p}{\sqrt{2}} = 0.707 I_p$$

I_P : القيمة العظمى للتيار

I_{av} : متوسط (معدل) قيمة التيار

I_{rms} : القيمة الفعالة للتيار ← قراءة تدريج الاميتر للموجة الجيبية

$$I_p = I_{av} * \pi \quad ,, \quad I_{rms} = \frac{I_{av} * \pi}{\sqrt{2}}$$

$$I_{av} = 0.45\, I_{rms}$$

$$I_{av} = I_m(1 + \frac{R_m}{R_{sh}})$$

تربط المقاومة (R_{Sh}) على التوازي مع الملف المتحرك و ذلك لزيادة التيار المار (Diode) ليعمل ضمن منطقة عمل منحنى خواص الثنائي و لذلك استخدام الجهاز السابق كفولتميتر تربط R_S على التوالي مع ملف الجهاز

$$V_{av} = \frac{V_p}{\pi}$$

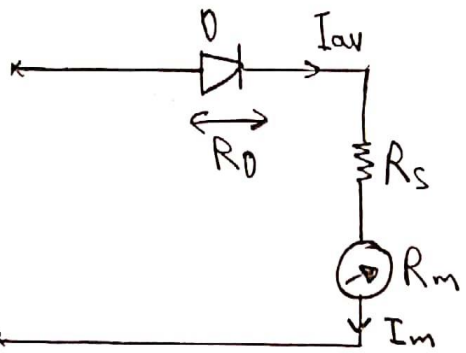
$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

$$V_{av} = 0.45\, V_{rms}$$

$$I_{av} = I_m$$

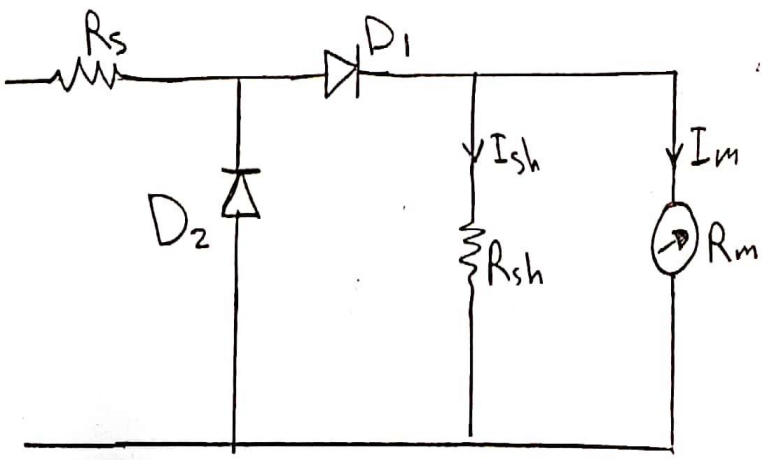
$$V_{av} = I_{av} * R_T$$

$$R_T = R_D + R_S + R_m$$



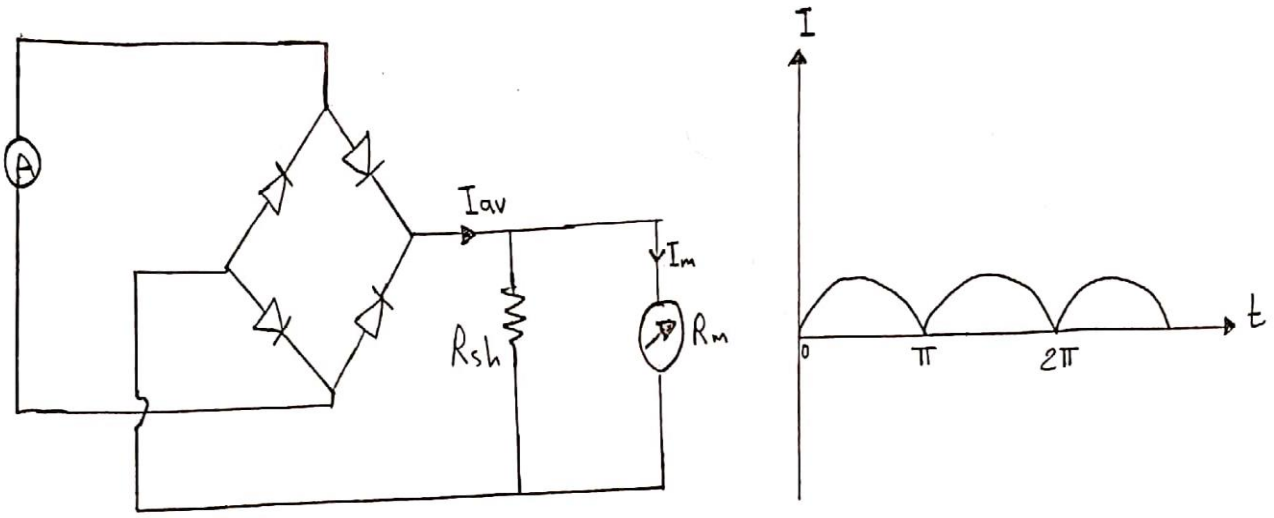
و تكون مقاومة الثنائي تساوي صفر بالانحياز الامامي و مالانهاية (∞) في حالة الانحياز العكسي في حالة الدايود المثالي. و لكن عمليا تظهر مقاومة أمامية صغيرة و خاصة عندما يكون التيار المار ذو قيمة واطئة

ولذلك نستخدم دايود ثاني (D_2) الذي يكون في حالة انحياز أمامي خلال النصف السالب من الدورة مسببا مرور تيار الدائرة به دون المرور بالكلفانوميتر (الملف) و مقاومته R_{Sh} و كما في الرسم أدناه



2- مقوم الموجة الكاملة القنطرى Bridge Rectifier

أ) يوضح الشكل التالي أميتر التيار المتناوب AC Ameter ذو مقوم الموجة الكاملة القنطري



$$I_{av} = \frac{2I_p}{\pi} \quad , \quad I_{rms} = \frac{I_p}{\sqrt{2}}$$

$$I_{av} = \frac{2\sqrt{2}\, I_{rms}}{\pi} = 0.9\, I_{rms}$$

$$I_{rms} = \frac{I_{av} * \pi}{\sqrt{2}} = 1.1 I_{av}$$

$$I_{av} = I_m \left(1 + \frac{R_m}{R_{Sh}}\right)$$

$$\frac{R_m}{R_{Sh}} \gg 1$$

$$I_{av} = I_m \frac{R_m}{R_{Sh}} = 0.9\, I_{rms}$$

ب)يوضح الشكل التالي فولتميتر التيار المتناوب AC Voltmeter ذو مقوم الموجة الكاملة القنطري

$$V_{av} = \frac{2\,V_p}{\pi}$$

$$V_p = \frac{\pi}{2} V_{av}$$

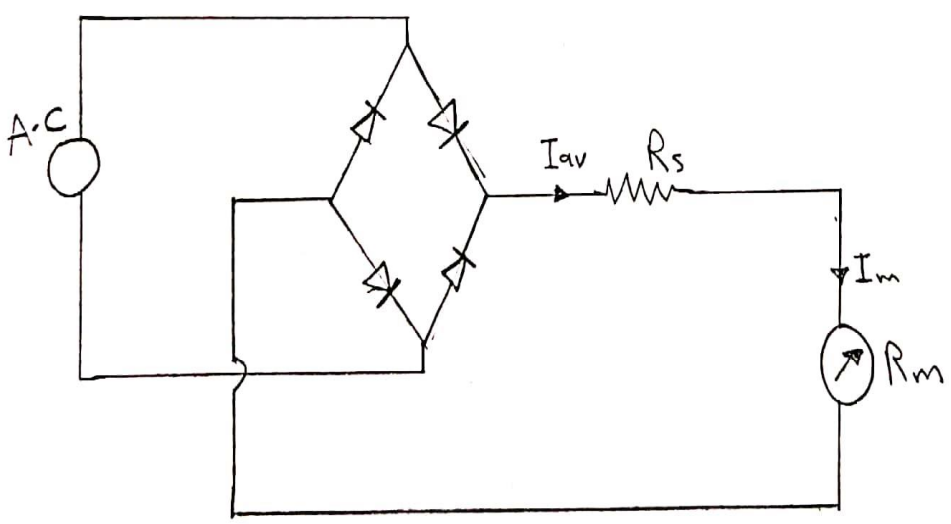
$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = \frac{\pi V_{av}}{2\sqrt{2}}$$

$$V_{rms} = 1.11\,V_{av}$$

$$V_{av} = 0.9\,V_{rms}$$

$$I_{av} = I_m = \frac{V_{av}}{R_T} \quad , \quad I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R_T}$$

$$R_T = R_S + R_m + R_D$$



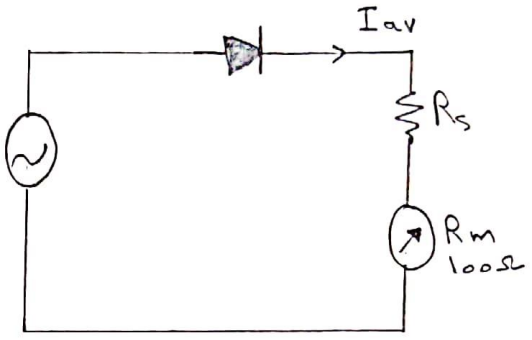
مثال رقم (16) جد تدريج الفولتميتر له (1mA , 100Ω) لقياس $15V_{rms}$ عند الاتزان الكامل (إستخدم مقوم نصف الموجه)

1- عند الاتزان الكامل

$$V_{av} = 0.45\, V_{rms} = 0.45 * 15 = 6.75\, v$$

$$I_{av} = I_m = \frac{V_{av}}{R_T}$$

$$R_T = \frac{V_{av}}{I_{av}} = \frac{6.75}{1 * 10^{-3}} = 6.75\, k\Omega$$



$$R_T = R_S + R_m$$

$$R_S = R_T - R_m = 6.75 * 10^3 - 100 = 6.65 * 10^3 = 6.65k\Omega$$

2- في حالة نصف الاتزان $(\frac{1}{2} I_m)$

$$V_{av} = I_{av} * R_T = 0.5 * 10^{-3} * 6.75 * 10^3 = 3.375\, v$$

$$V_{rms} = \frac{V_{av}}{0.45} = \frac{3.375}{0.45} = 7.5\, v$$

3- في حالة ربع الاتزان $(\frac{1}{4} I_m)$

$$V_{av} = I_{av} * R_T = 0.25 * 10^{-3} * 6.75 * 10^3 = 1.68\, v$$

$$V_{rms} = \frac{V_{av}}{0.45} = \frac{1.68}{0.45} = 3.75\, v$$

مثال رقم (17) احسب قيمة (R_S) لمقياس الجهد المتناوب استخدم مقوم موجة كاملة قنطري ليقرأ جهد فعال مقداره 10v rms وعند الاتزان الكامل علما ان المقاومة الداخلية للملف 100Ω و تيار الاتزان الكلي 2mA إفرض الدايودات مثالية

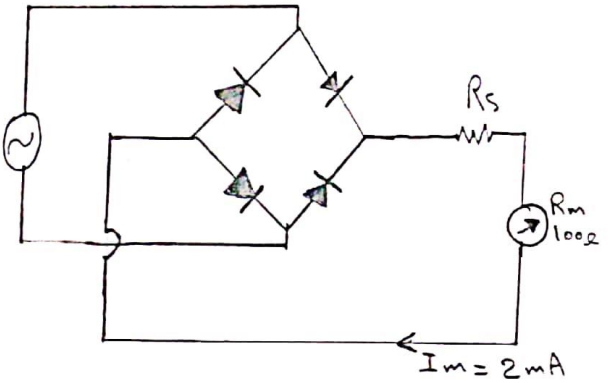
$$R_T = R_S + R_m + R_D$$

$$R_D = 0\, \Omega$$

$$R_T = R_S + R_m$$

$$V_{av} = 0.9\, V_{rms} = 0.9 * 10 = 9v$$

$$R_T = \frac{V_{av}}{I_{av}} = \frac{9}{2 * 10^{-3}} = 4.5\, k\Omega$$

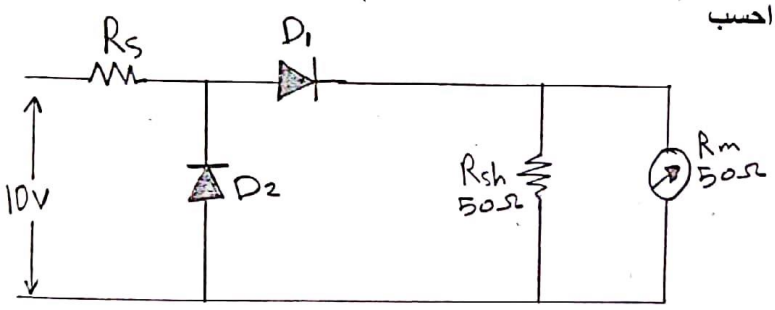


$$R_S = R_T - R_m = 4.5 * 10^3 - 100 = 4.4 * 10^3 = 4.4k\Omega$$

مثال رقم (18) للمقياس الموضح بالشكل التالي مقاومة داخلية $R_m = 50\Omega$ و مقاومة التوازي $R_{Sh} = 50\Omega$ و مقاومة الانحياز الامامي لكل ثنائي 200Ω و مقاومة الانحياز العكسي (∞) و كان الانحراف الكامل $1mA$ للمدى $10V_{rms}$ احسب

1- قيمة المقاومة (R_S)

2- حساسية مقياس الجهد المتناوب



$$R_T = R_S + R_D + (R_m // R_{Sh})$$

$$R_m = R_{Sh} = 50\Omega$$

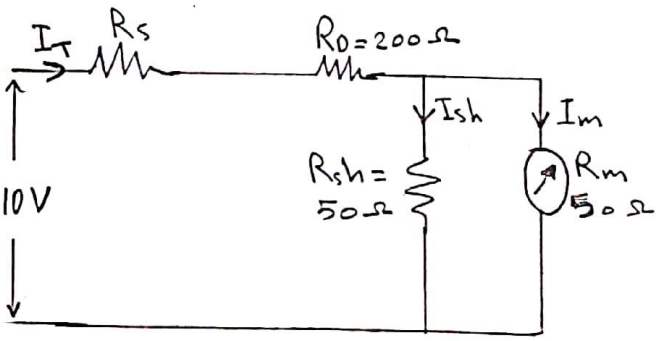
التيار سوف ينقسم على المقاومتين بالتساوي

$$I_T = I_m + I_{Sh}$$

$$I_T = 1 + 1 = 2mA$$

$$V_{av} = 0.45\, V_{rms} = 0.45 * 10 = 4.5\, v$$

$$R_T = \frac{V_{av}}{I_{av}} = \frac{4.5}{2 * 10^{-3}} = 2250\Omega$$



$$2250 = R_S + 200 + 50//50$$

$$2250 = R_S + 200 + 25$$

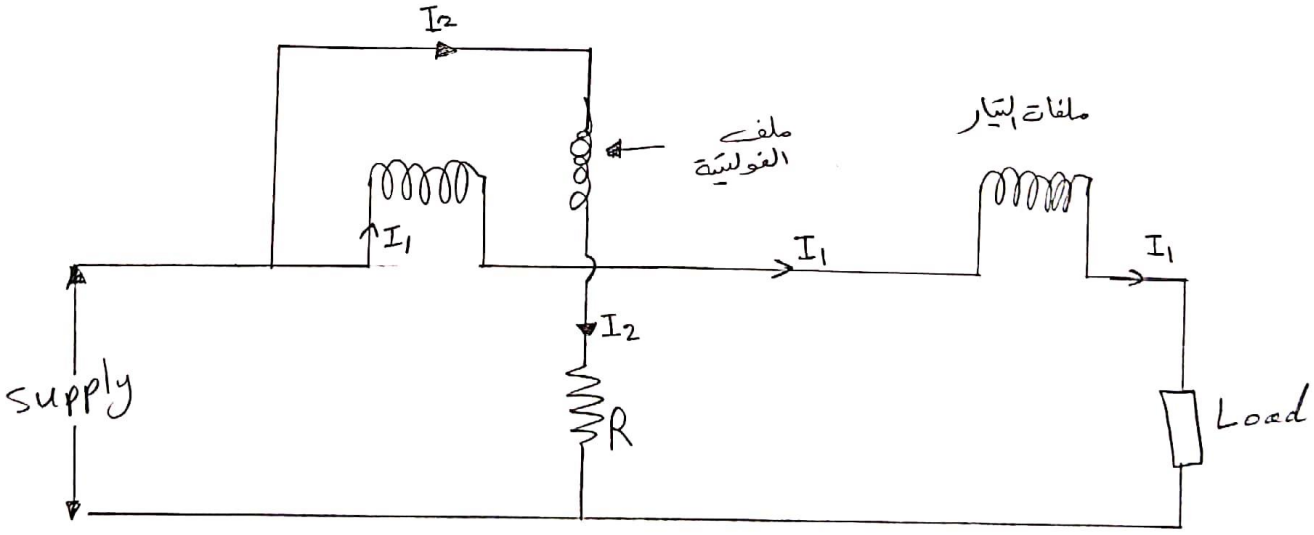
$$R_S = 2025\ \Omega$$

$$S = \frac{R_T}{V_{rms}} = \frac{2250}{10} = 225\ \Omega/v$$

مقياس القدرة احادى الطور (الالكتروداينموميتر – الواطميتر)

يتكون هذا الجهاز من ملفين احدهما ثابت ويعرف بملف التيار(Current Coil) و هو منقسم الى قسمين متساويين و متوازيين و ملف اخر متحرك يعرف بملف الفولتية (Voltage Coil) و يوضع بين قسمي ملف التيار.

التيار I_1 (المار في ملف التيار) يكون مسؤولا عن توليد المجال المغناطيسي اللازم . بينما I_2 (المار في ملف الجهد) و الذي يتناسب مع فولتية المصدر (V) و الذي يمر خلال الملف المتحرك (ملف الفولتية) و الذي يولد عزم الانحراف T_d . أما عزم السيطرة فيتولد بواسطة نوابظ حلزونية خاصة.



جهاز الواطميتر

$$B\ \alpha\ I_1$$

$$V\ \alpha\ I_2$$

$$T_d\ \alpha\ BI_2 \quad , \quad T_d\ \alpha\ VI_1$$

$$2250 = R_S + 200 + 50//50$$

$$2250 = R_S + 200 + 25$$

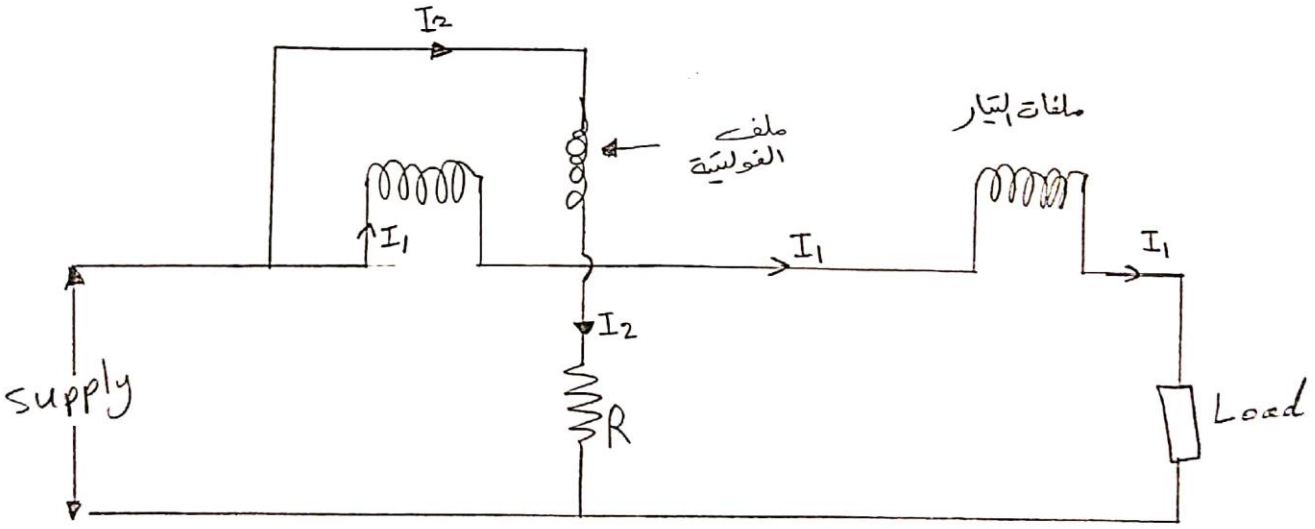
$$R_S = 2025\ \Omega$$

$$S = \frac{R_T}{V_{rms}} = \frac{2250}{10} = 225\ \Omega/v$$

مقياس القدرة احادى الطور (الالكتروداينموميتر – الواطميتر)

يتكون هذا الجهاز من ملفين احدهما ثابت ويعرف بملف التيار(Current Coil) و هو منقسم الى قسمين متساويين و متوازيين و ملف اخر متحرك يعرف بملف الفولتية (Voltage Coil) و يوضع بين قسمي ملف التيار.

التيار I_1 (المار في ملف التيار) يكون مسؤولا عن توليد المجال المغناطيسي اللازم . بينما I_2 (المار في ملف الجهد) و الذي يتناسب مع فولتية المصدر (V) و الذي يمر خلال الملف المتحرك (ملف الفولتية) و الذي يولد عزم الانحراف T_d . أما عزم السيطرة فيتولد بواسطة نوابظ حلزونية خاصة.



جهاز الواطميتر

$$B\ \alpha\ I_1$$

$$V\ \alpha\ I_2$$

$$T_d\ \alpha\ BI_2 \quad , \quad T_d\ \alpha\ VI_1$$

و في حالة التيار المستمر فأن القدرة تساوي حاصل ضرب التيار في الفولتية $P = IV$

اي ان عزم الاتزان (الانحراف) يتناسب مع القدرة المستهلكة في الحمل

$$T_d \ \alpha \ VI \qquad \rightarrow\rightarrow \qquad T_d \ \alpha \ P$$

و في حالة التيار المتناوب فأن

v : الفولتية الانية على ملف الفولتية

I : التيار الاني المار في ملف التيار

$$V = V_m sin\,\theta \quad , \quad I = I_m sin(\theta - \emptyset)$$

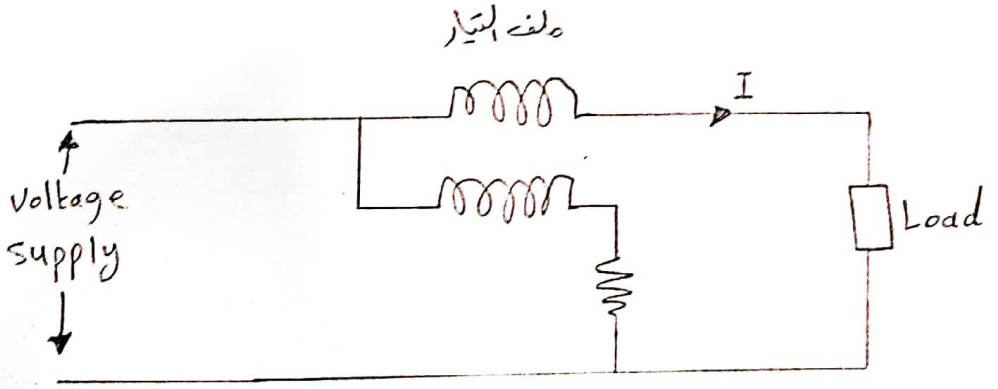
$$P = V\,I\,cos\,\emptyset$$

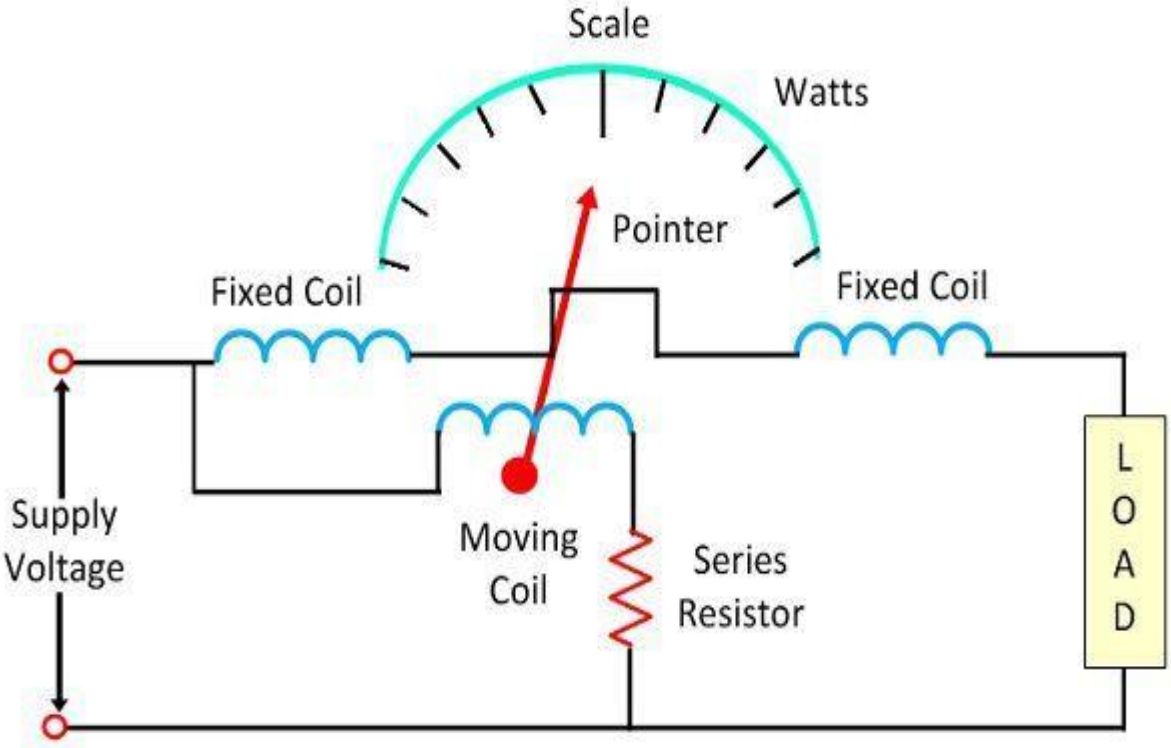
$$T_d = V\,I\,cos\,\emptyset$$

عزم الانحراف يتناسب طرديا مع القدرة الحقيقية المستهلكة في الدائرة

عزم السيطرة يتولد عن طريق النوابض

عزم الاخماد يتولد بواسطة الاحتكاك الناتج بين المكبس المتحرك داخل اسطوانة الهواء





Electrodynameter Wattmeter

Circuit Globe

جهاز قياس التردد Frequency meter

يوضح الشكل التالي جهاز قياس التردد و الذي يتكون من ملفين متعامدين و مثبتين على محور الدوران داخل مجال مغناطيسي

يتكون لدينا عزمين متساويين و متعاكسيين هما T_1, T_2

I_1 : التيار المار بالملف F_1

I_2 : التيار المار بالملف F_2

T_1 : يقل مع زيادة الزاوية (θ)

T_2 : يزداد مع زيادة الزاوية (θ)

$$T_1 \quad \alpha \quad I_1 \cos\theta$$

$$T_2 \quad \alpha \quad I_2 \sin\theta$$

عند الاتزان يكون $T_1 = T_2$

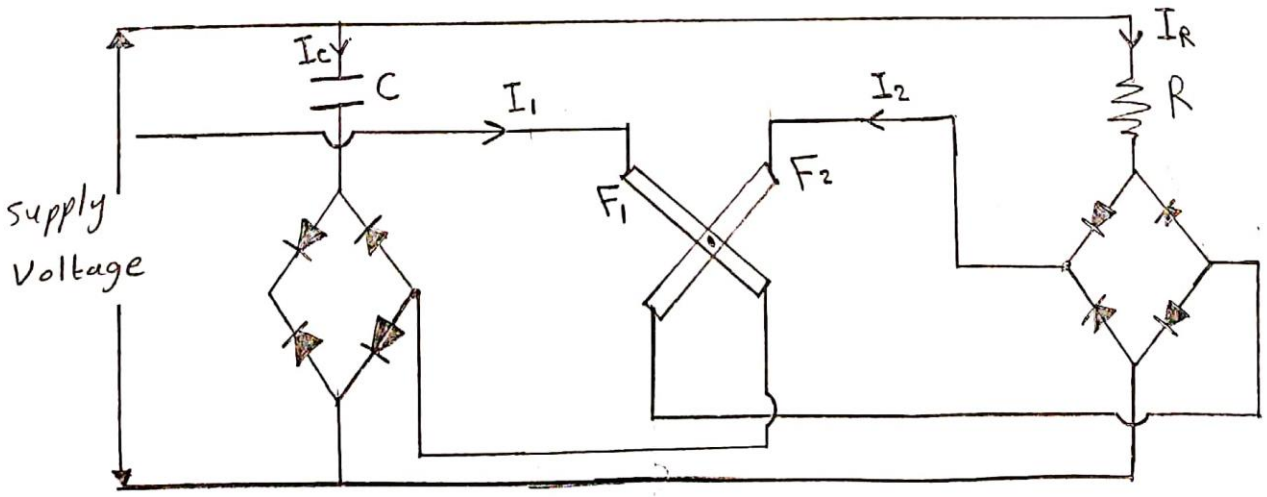
$$I_1 \cos\theta = I_2 \sin\theta$$

$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{I_1}{I_2}$$

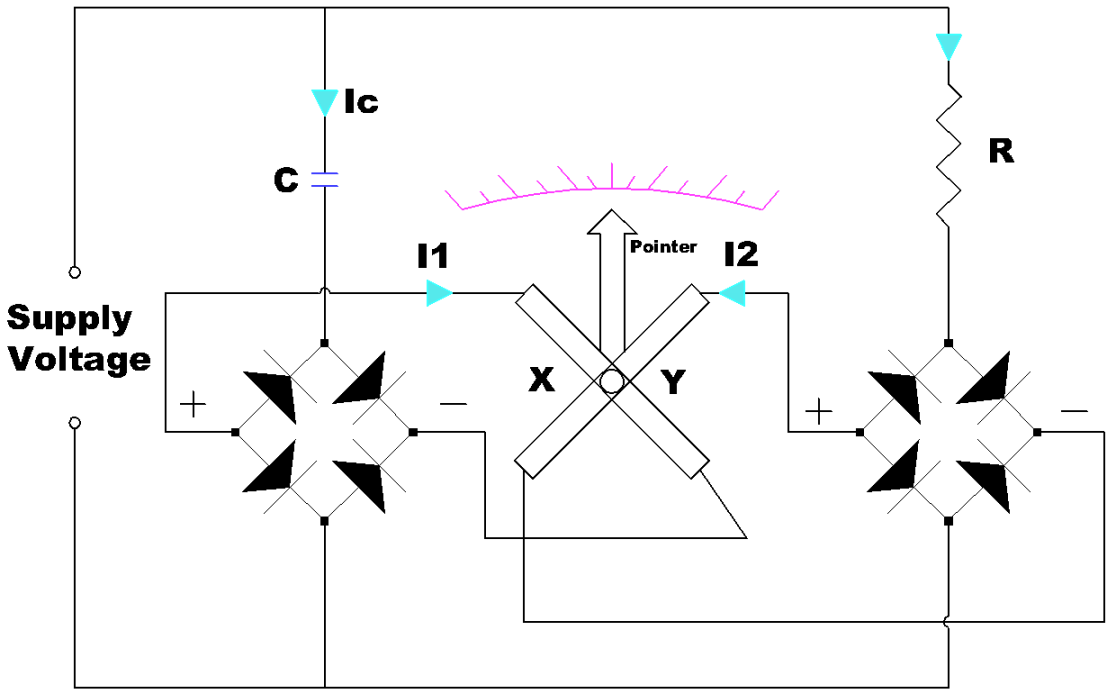
$$\frac{I_1}{I_2} = \tan\theta$$

الزاوية (θ) تتناسب مع التيارين I_1, I_2

يوضح الشكل التالي جهاز قياس التردد بعد اجراء تحوير في شكل القطعة و الزاوية بين الملفين



Construction of Electrodynamic Frequency Meter



$$\emptyset \ \alpha \ \frac{I_1}{I_2} \ \alpha \ \frac{I_C}{I_R}$$

$$I_C = \frac{V_m}{X_C} = V_m \, \omega C$$

$$I_C = \frac{V_m}{R}$$

$$\emptyset \ \alpha \ \frac{V_m \, \omega C}{V_m / R} = \omega RC$$

$$\emptyset \ \alpha \ \omega \ , \ where \quad \omega = 2\pi f$$

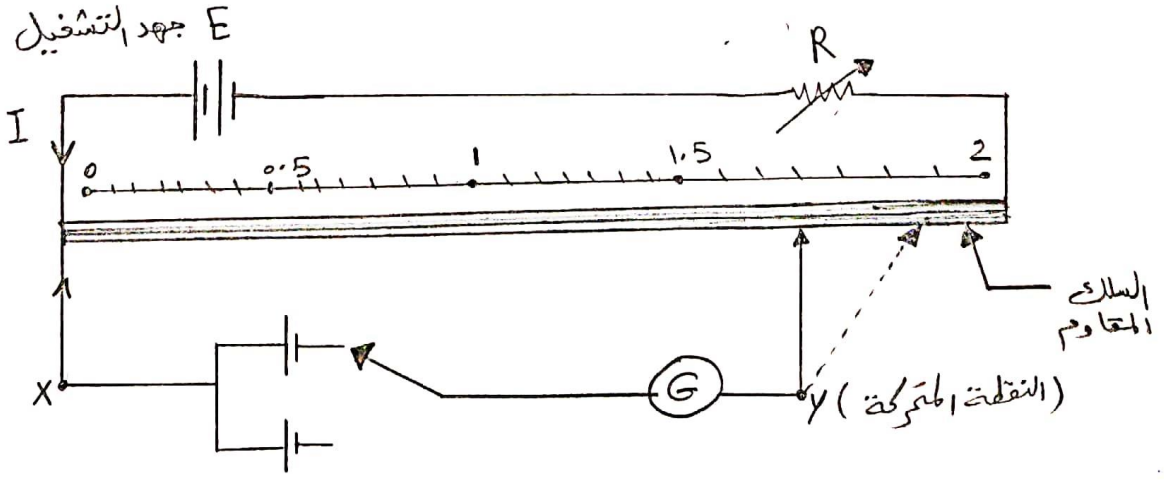
وهذا يعني الوضع الزاوي الذي يتحرك به الملفين يعتمد على تردد المصدر f و الذي سوف يقرأه المؤشر المثبت في الملف

تعتمد قيم الترددات نقص بالعبارة

مقياس العناصر الكهربائية

المجهاد Potentiometer

يتكون هذا الجهاز من سلك مقاوم مع كلفانوميتر موصلة الى مصدر كهربائي مع مقاومة متغيرة و كما موضح بالشكل التالي



مبدأ عمل الجهاز تقاس الفولتية المجهولة (E_X) و ذلك بايجاد نقطة على السلك المقاوم يكون عندها قراءة الكلفانوميتر تساوي صفر و بذلك تكون قيمة الفولتية على السلك تساوي قيمة الفولتية المجهولة

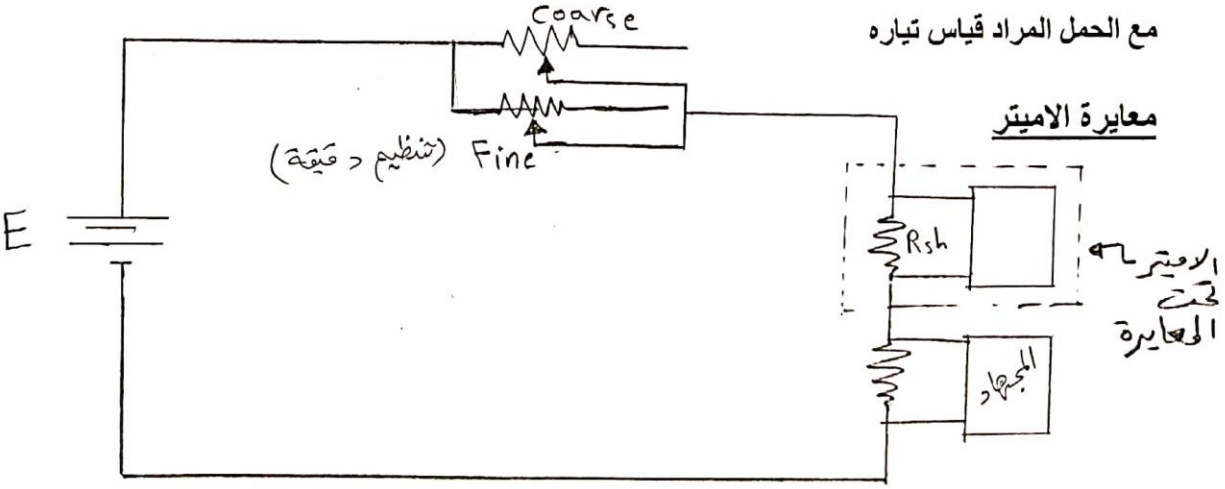
طريقة العمل

1- تربط فولتية قياسية معروفة E_{SC} و مثلا القيمة تساوي (1.018v) مع (G)
2- نحرك النقطة (Y) الى الوضع الذي يشير مقدار E_{SC} على السلك يساوي 1.018v
3- نضبط النقطة X عند الموضع صفر
4- نغير قيمة التيار المار بالدائرة بواسطة المقاومة المتغيرة (R) بحيث يقرأ الكلفانوميتر صفر
5- نغير المصدر المعلوم E_{SC} باخر غير معلوم E_X دون تغير قيمة التيار المار خلال الدائرة
6- نحرك النقطة (Y) الى الموضع الذي يجعل المجهاد متعادل اى ان قراءة الكلفانوميتر تساوى صفر
7- تؤخذ قراءة المجهاد على المقياس (طول السلك)
8- نقص نقطة

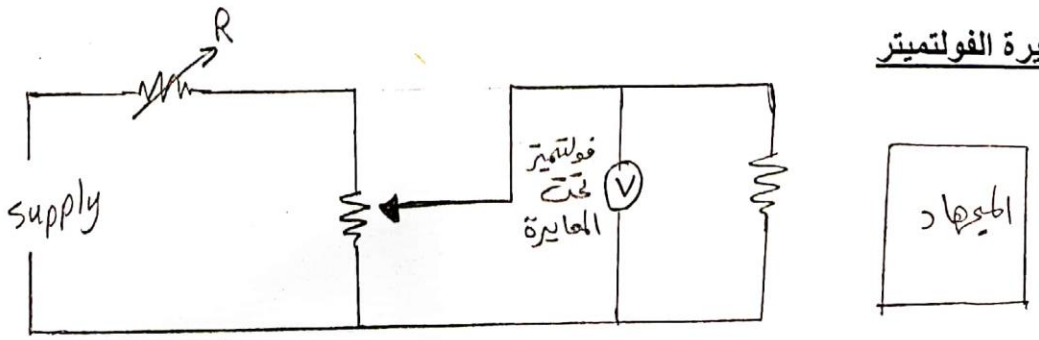
ملاحظة :- يمكن قياس ق . د . ك بصورة مباشرة بواسطة المجهاد وذلك نسبة الى ق . د . ك للخلية المجهزة (E) عندما تكون قيمتها أقل و للفولتيات الاعلى من (E) تقاس بأضافة صندوق مقاومات

كما يمكن قيلس التيار المار في دائرة معينة بواسطة المجهاد و ذلك باستخدام مقاومة قياس تربط على التوالي مع الحمل المراد قياس تياره

معايرة الاميتر



معايرة الفولتميتر

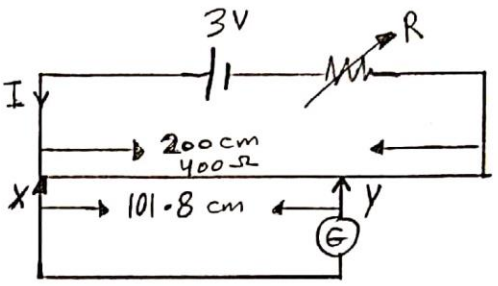


مثال رقم (19) مجهاد له فولتية تشغيل (3v) ومقاومة السلك المقاوم 400Ω و طوله 200 cm و ثبت تيار المجهاد باستخدام باستخدام فولتية ثابتة مقدارها (1.018v) و كان طول السلك المتحرك يقرأ 101.8cm احسب :- 1) قيمة التيار 2) قيمة المقاومة المتغيرة

$$R_{xy} = \frac{L_{xy} * R}{L}$$

$$R_{xy} = \frac{101.8 * 400}{200} = 203.6\ \Omega$$

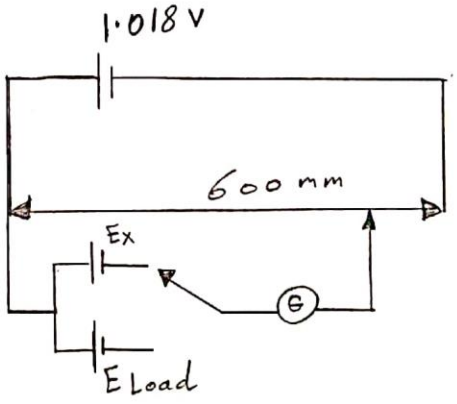
1) $I = \frac{V}{R_{xy}} = \frac{1.018}{203.6} = 0.005\ A = 5mA$



2) $R_T = R + r$

$$R = R_T - r = \frac{3}{0.005} - 400 = 200\ \Omega$$

مثال رقم (20) مجهاد في حالة اتزان عند الطول 600 mm و ذلك عند استخدام خلية قياسية E_{SC}=1.018v ثم استعيض عنها بخلية جافة و حصلنا على التوازن عن طول 850 mm احسب E_X (فولتية الخلية الجافة) و عند ربط مقاومة 5Ω عبر طرفي الخلية الجافة حصل توازن عند 750 mm احسب المقاومة الداخلية للخلية



$$E_X = \frac{L_X E_{SC}}{L_{SC}}$$

$$E_X = \frac{850 * 1.1018}{600} = 1.44v$$

1) $E_{load} = \frac{L_{load} E_{Sc}}{L_{SC}}$

$$E_{load} = \frac{750 * 1.018}{600} = 1.27\ v$$

$$E_X = E_{load} + I\,r$$

$$1.44 = 1.27 + \frac{V}{R}\,r$$

$$0.17 = \frac{1.27}{5}\,r$$

$$r = \frac{0.17 * 5}{1.27} = 0.669\,\Omega$$

القناطر الكهربائية و هي نوعان

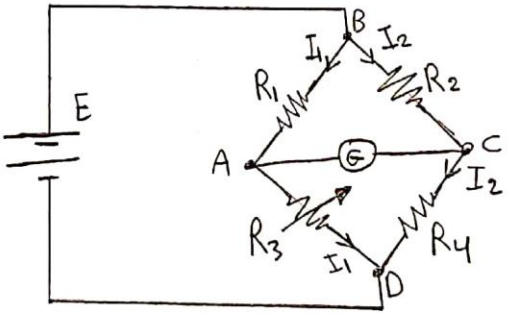
1- قناطر التيار المستمر

2- قناطر التيار التيار المتناوب

و سوف نتناول كل نوع منها على حدة

قناطر التيار المستمر DC Bridge

و تستخدم هذة القناطر لغرض قياس قيمة مقاومة مجهولة و تحتوي على اربعة مقاومات نقية و مصدر جهد مستمر مع جهاز كلفانوميتر يطلق عليه (الكشاف) لبيان حالة الاتزان و عندما يكون التيار المار خلال الكلفانوميتر يساوي صفر (I_g=0) تكون القنطرة في حالة اتزان



$$I_g = 0$$

$$V_A = V_C$$

$$V_{AB} = V_{BC} \qquad (1)$$

$$I_1 R_1 = I_2 R_2$$

$$V_{AD} = V_{CD} \qquad (2)$$

$$I_1 R_3 = I_2 R_4$$

$$\frac{I_1 R_1}{I_1 R_3} = \frac{I_2 R_2}{I_2 R_4}$$

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