

Al-Furat Al-Awsat
Technical University



جامعة الفرات الأوسط التقنية

Technical Institute of Karbala

المعهد التقني كربلاء

قسم التقنيات الكهربائية

Electrical Techniques Department

Electrical Circuits and Measurements مقرر الدوائر والقياسات/2
First year المستوى الاول

Assistante lecturer/ Kadhim Hatef Kadhim

lecturer/Mahmood Hakim Enad

م . محمود حاكم عناد

إعداد: م.م كاظم هاتف كاظم

الأسبوع السابع عشر/القدرة في دوائر التيار المتناوب

over view النظرية الشاملة -

A- Population target

الفئة المستهدفة

☐ Student of first year

of

Electrical Techniques Department

طلبة قسم التقنيات الكهربائية – السنة الأولى

مبررات الوحدة

B –Rationale

- It is very important to study the power in a.c current
- Also to calculate the power in series circuits and in parallel .

الفكرة المركزية C – Central Idea

- Definition power in a.c current
- To calculate the power in series and parallel cct.

Aim of lecture

To make the student should be able to calculate the power in A.C circuits in the event that the load component of resistance only, then inductance only , then capacitance only and after load component of inductance and capacitance on the series and then parallel

Pre test

Custom: Active power , Reactive power, Balanced load, unbalanced load

Solution

Active power القدرة الاستفادة التي يعمل عليها الحمل

Reactive power القدرة غير الاستفادة التي تكون مفقودة أو ضائعة

Balanced load الحمل المتوازن وفيه يمر نفس قيمة التيار في كل طور

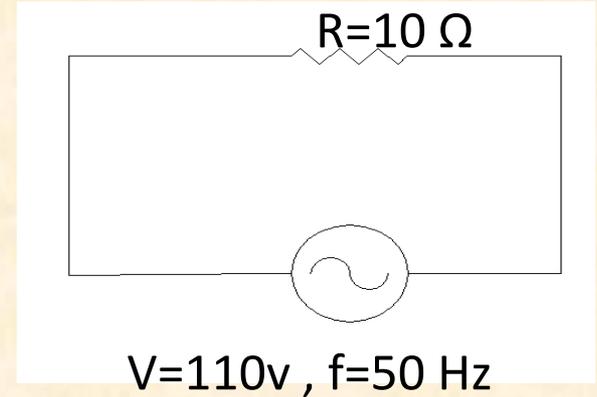
unbalanced load الحمل غير المتوازن والذي تكون فيه قيم تيارات الأطوار مختلفة

Ex 1

The cct contain resistance only

$P = VI \cos \Phi$ (watt) , $\Phi = 0$ and $\cos 0 = 1$
 $I = 110/10 = 11A \therefore P = 110 \times 11 \times 1 = 1220$ watt

$Q = VI \sin \Phi$ (V.A) , $\Phi = 0$ and $\sin 0 = 0$
 $Q = 110 \times 11 \times 0 = \text{zero}$

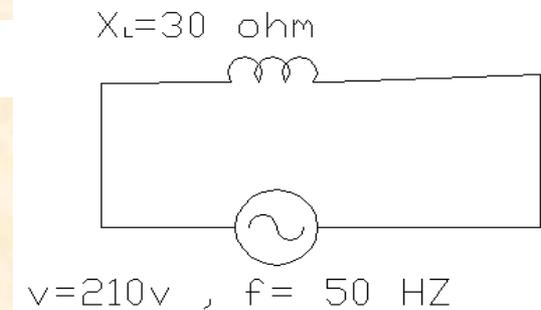


Ex2

The cct contain inductance only

$P = VI \cos \Phi$ (watt) , $\Phi = 90$ and $\cos 90 = 0$
 $I = 110/10 = 11A \therefore P = 110 \times 11 \times 0 = 0$

$Q = VI \sin \Phi$ (var) , $\Phi = 90$ and $\sin 90 = 1$
 $Q = 110 \times 11 \times 1 = 1220$ var



Ex 3**The cct contain capacitance only**

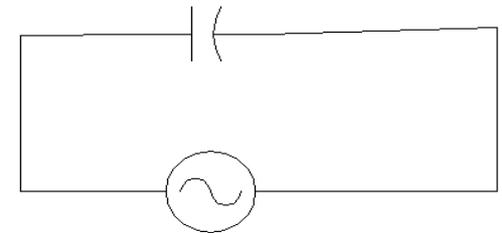
$P = VI \cos \Phi$ (watt), $\Phi = -90$ and $\cos -90 = 0$

$I = 110/10 = 11A \therefore P = 110 \times 11 \times 0 = 0$

$Q = VI \sin \Phi$ (V.A) , $\Phi = -90$ and $\sin -90 = -1$

$Q = 110 \times 11 \times -1 = -1220 \text{ var}$

$X_c = 20 \text{ ohm}$



$v = 210v$, $f = 50 \text{ HZ}$

Ex 4**The cct contain resistance and inductance in series**

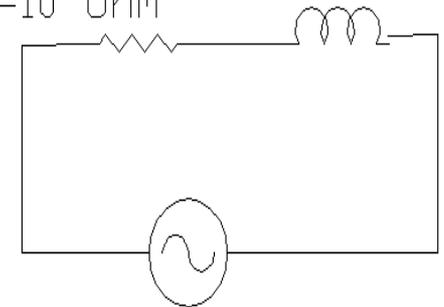
$Z = \sqrt{100 + 400} = 22.361 \Omega \therefore I = 210/22.361 = 9.391A$ $\Phi = \tan^{-1}(X_L/R)$

$= \tan^{-1}(20/10) = 84.28^\circ$, $P = VI \cos \Phi$ (watt),

$\therefore P = 210 \times 9.391 \times \cos 84.28 = 196.554 \text{ watt}$

$Q = VI \sin \Phi$ (var) , $\therefore Q = 210 \times 9.391 \times \sin 84.28 = 1962.290 \text{ var}$

$R = 10 \text{ ohm}$ $X_L = 20 \text{ ohm}$



$v = 210v$, $f = 50 \text{ HZ}$

Ex 5

The cct contain capacitance and resistance in series .

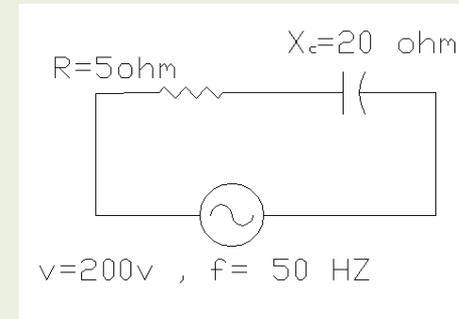
$$Z = \sqrt{25 + 400} = 20.6 \Omega \therefore I = 200/20.6 = 9.7A, \Phi = \tan^{-1}(X_L/R)$$

$$= \tan^{-1}(-20/5) = -75.9^\circ, P = VI \cos \Phi \text{ (watt)},$$

$$\therefore P = 200 \times 9.7 \times \cos -75.9^\circ = 472.6 \text{ watt}$$

$$Q = VI \sin \Phi \text{ (var)}, \therefore Q = 200 \times 9.7 \times \sin -75.9^\circ$$

$$\therefore Q = -1881.55 \text{ var}$$

**Ex 6**

The cct contain inductance ,capacitance and resistance in series .

$$Z = \sqrt{25 + (60 - 40)^2} = 20.6 \Omega \therefore I = 200/20.6 = 9.7A$$

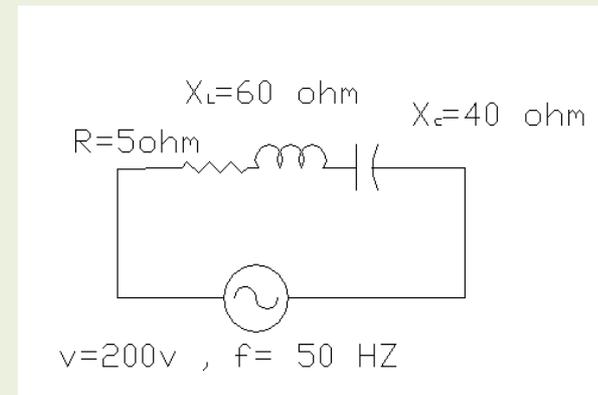
$$\Phi = \tan^{-1}\{(X_L - X_C)/R\}$$

$$= \tan^{-1}(20/5) = 75.9^\circ, P = VI \cos \Phi \text{ (watt)}$$

$$\therefore P = 200 \times 9.7 \times \cos 75.9^\circ = 472.6 \text{ watt}$$

$$Q = VI \sin \Phi \text{ (var)}, \therefore Q = 200 \times 9.7 \times \sin 75.9^\circ$$

$$\therefore Q = 1881.55 \text{ var}$$



Ex 7

The cct contain resistance and inductance in parallel

$$\therefore I_L = 220 / 10 = 22A, I_R = 220 / 3 = 73.33$$

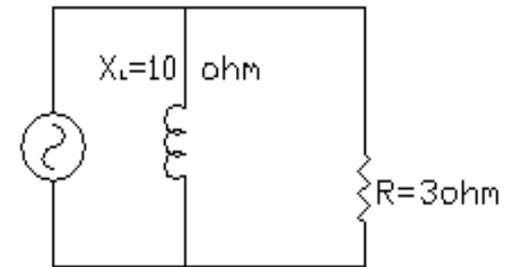
$$I = \sqrt{22^2 + 73.33^2} = 76.559 A, \Phi = \tan^{-1}(R/X_L)$$

Or $\Phi = \tan^{-1}(I_L/I_R), \Phi = \tan^{-1}(0.3) = 16.7^\circ$

$$\therefore P = 220 \times 76.559 \cos 16.7^\circ = 16132.6 \text{ watt}$$

$$Q = VI \sin \Phi \text{ (var)}, \therefore Q = 220 \times 76.559 \sin 116.7^\circ$$

$$\therefore Q = 15047 \text{ var}$$



v=220v, f= 50 HZ

Ex 8

The cct contain capacitance and resistance in parallel

$$\therefore I_C = 220 / 10 = 22A, I_R = 220 / 3 = 73.33$$

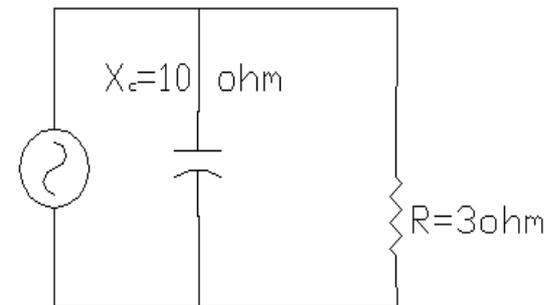
$$I = \sqrt{22^2 + 73.33^2} = 76.559 A$$

$$\Phi = \tan^{-1}(R/X_C) \quad \text{Or} \quad \Phi = \tan^{-1}(I_C/I_R)$$

$$\Phi = \tan^{-1}(3/10) = 16.7^\circ$$

$$\therefore P = 220 \times 76.559 \cos 16.7^\circ$$

$$= 16132.6 \text{ watt}$$



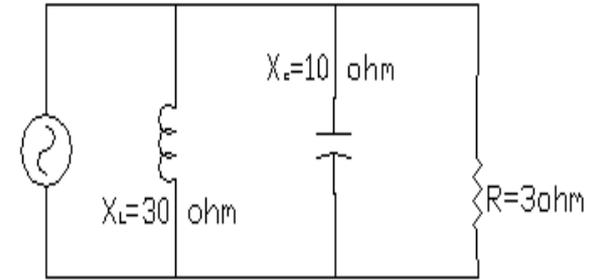
v=220v, f= 50 HZ

$$\therefore Q = 220 \times 76.559 \sin 16.7^\circ = 15047 \text{ var}$$

Post test

Ex 9 : For the cct shown find active and reactive power

Solution



$v=220\text{v}$, $f= 50 \text{ HZ}$

$$\therefore I_C = 220 / 10 = 22\text{A} \quad , \quad I_R = 220 / 3 = 73.33 \text{ A}$$

$$I_L = 220 / 30 = 7.333 \text{ A}$$

$$I = \sqrt{73.33^2 + (22 - 7.333)^2} = 74.78\text{A} \quad , \quad \Phi = \tan^{-1} \{ R / (X_L - X_C) \}$$

$$\Phi = \tan^{-1} (3 / 20) = 8.53^\circ$$

$$\therefore P = 220 \times 7.333 \cos 8.53^\circ = 1595.415 \text{ watt}$$

$$\therefore Q = 220 \times 7.333 \sin 8.53^\circ = 239.3 \text{ var}$$

الأسبوع الثامن عشر / القدرة الظاهرية ومعامل القدرة

Aim of lecture

To make students able to learn to draw a triangle ability and understanding of the power factor and its effect on the electrical circuits and how to improve it

- النظرة الشاملة over view

A- Population target

الفئة المستهدفة

☐ Student of first year

of

Electrical Techniques Department

طلبة قسم التقنيات الكهربائية – السنة الأولى

مبررات الوحدة

B –Rationale

- It is very important to study the Apparent power
- Also to study power factor .

الفكرة المركزية C – Central Idea

- Definition Apparent power
- Definition.
- To learn power factor .

Pre test :

Write laws to find the active power and reactive power

Solution :

$$P = \sqrt{3} V_L I_L \cos \Phi \quad (\text{watt})$$

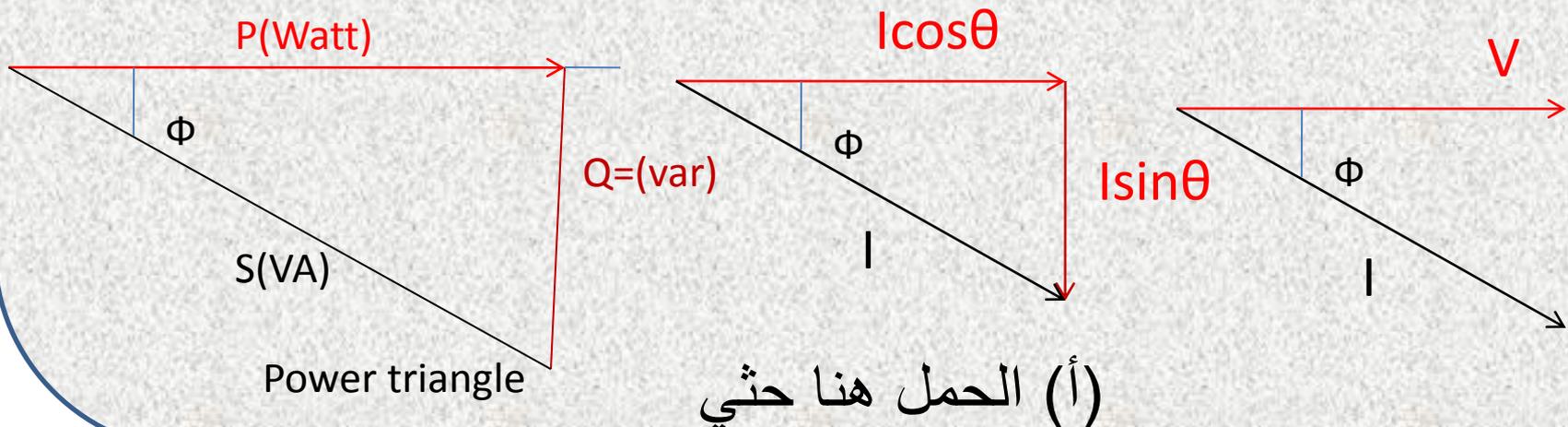
$$Q = \sqrt{3} V_L I_L \sin \Phi \quad (\text{VAR})$$

Active an reactive and apparent power

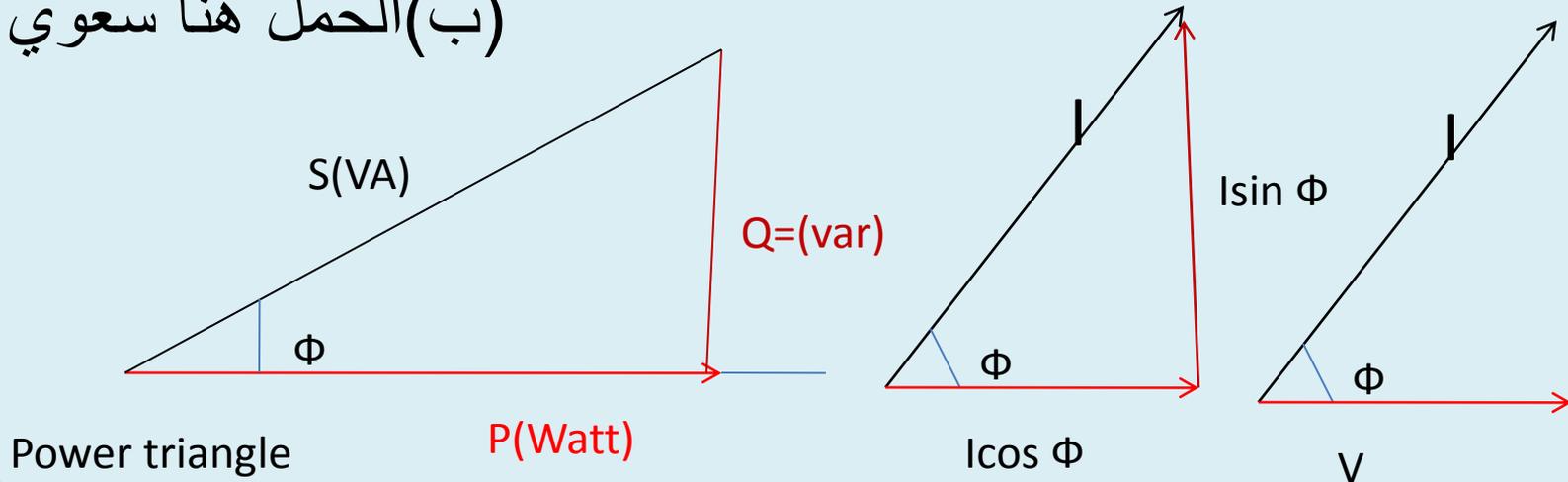
Active component is that which is in phase with the applied voltage v i.e. $I \cos \Phi$. It is also known as watt ful component .

Reactive component is that which is in quadrature with v i.e $I \sin \Phi$. It is also known as watt less or idle component .

It should be noted that the product of volts and amperes in an a.c circuit gives volt-amperes (v.A) Out of this, the actual power is $VA \cos\Phi=W$ and reactive power is $VAsin\Phi$



(ب) الحمل هنا سعوي



$S =$ Apparent power (القدرة الظاهرية)

$\therefore S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ (VA) , $S = P + j\Phi$ (قيمة القدرة المركبة) , $S =$ جزء خيالي + جزء حقيقي

$P = VI \cos \Phi$ (watt) actual power (متوسط القدرة أو القدرة الفعالة)

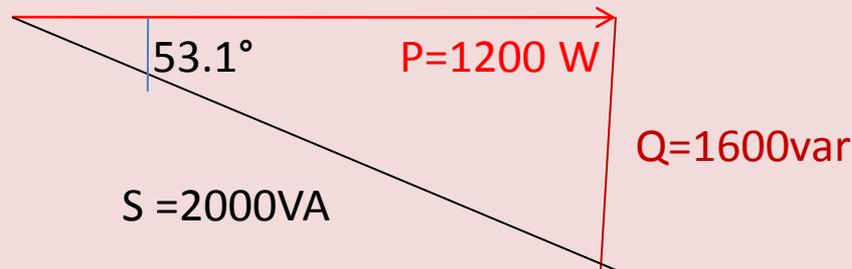
$Q = VI \sin \Phi$ (var) (القدرة غير الفعالة)

Power factor : It may be defined as .

- (1) The ratio $(R/Z) = (\text{resistance/impedance})$.
- (2) The ratio (true power / volt- amperes)= (W/VA)
(متوسط القدرة / القدرة لظاهرية)
- (3) cosine of the angle of lead or lag .

EX(1) : If the impedance of the cct. Equal $(Z=3 +j4)$, the voltage on it $(V=100\angle 30^\circ)$,
Find the power triangle

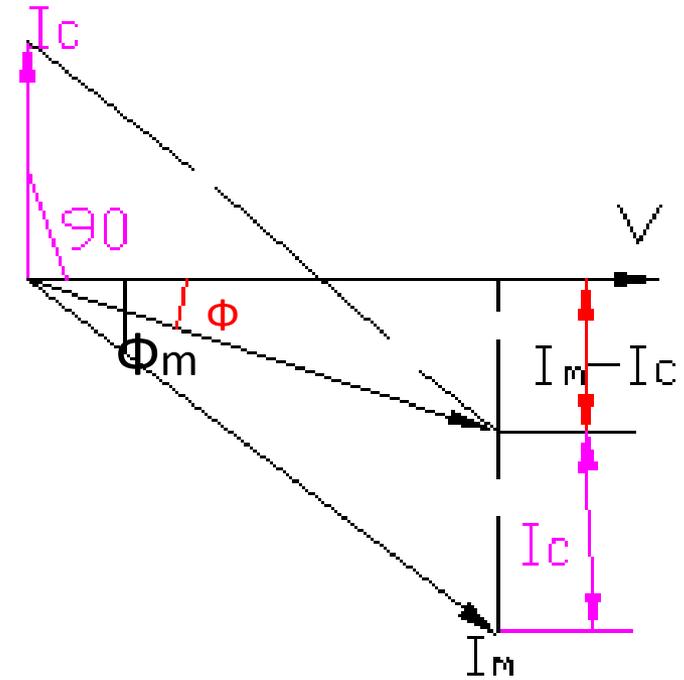
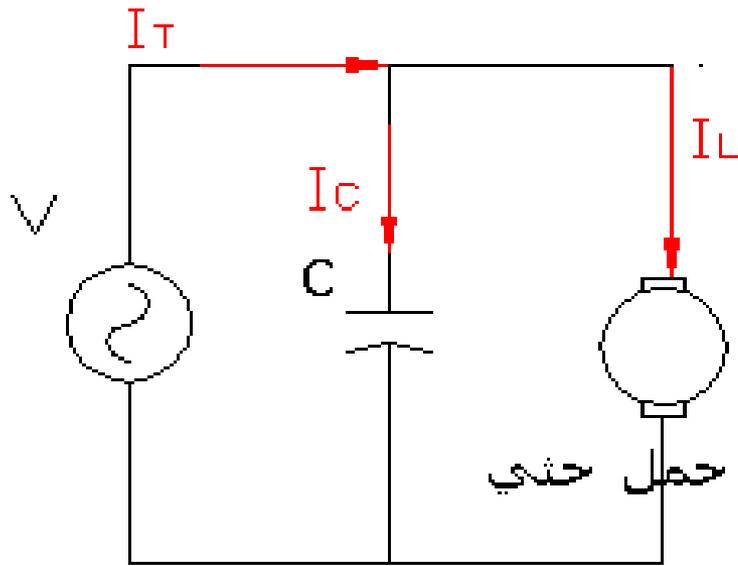
Solution : $I_T = V/Z = (100\angle 30^\circ)/(3+j4) = 100\angle 30^\circ/5\angle 35.1^\circ = 20\angle 23.1^\circ A$
 $S = V.I = 100 \times 20 = 2000 VA$, $P = V.I \cos \theta = 2000 \cos 53.1 = 1200 W$
 $Q = V.I \sin \theta = 2000 \sin 53.1 = 1600 VAR$ (Lagg) , $P.f = \cos \theta = \cos 53.1 = 0.6$



تحسين معامل القدرة : Power factor correction

في الاستخدامات العملية يكون الحمل (عادة) حثيا والتيار متخلف عن فرق الجهد , وتقاس القدرة المتوسطة المستهلكة من قبل الحمل بمقدار الشغل المستفاد منه خلال وحدة الزمن , ولما كان مصدر التيار المتناوب يقدر ب(كيلو فولت أمبير) وعادة يكون ثابتا عند جهد معين , فان معدل (كيلو فولت أمبير) يدل غالبا على مقدار اكبر تيار مسموح به وفي حالة توصيل حمل سعوي فقط أو حثي فقط فان القدرة المتوسطة المأخوذة من المصدر تساوي صفرا .

وبالرجوع إلى مثلث القدرة فان من الأفضل جعل (القدرة الظاهرية) اقرب مايمكن إلى القدرة الحقيقية , أي جعل الزاوية تقترب من الصفر درجة أي إن معامل القدرة يقترب من الواحد . يمكن تحسين معامل القدرة عندما يكون الحمل حثيا وذلك بتوصيل متسعة على التوازي مع الحمل . ولما كان الجهد يبقى ثابتا حول الحمل فان القدرة المفيدة لا تتغير أيضا . وبما إن معامل القدرة يزداد فان التيار والقدرة الظاهرية يقلان وبذلك يتم الحصول على نظام توزيع ذي كفاءة عالية , وكما مبين في المخطط الطوري للدائرة المبينة أدناه .

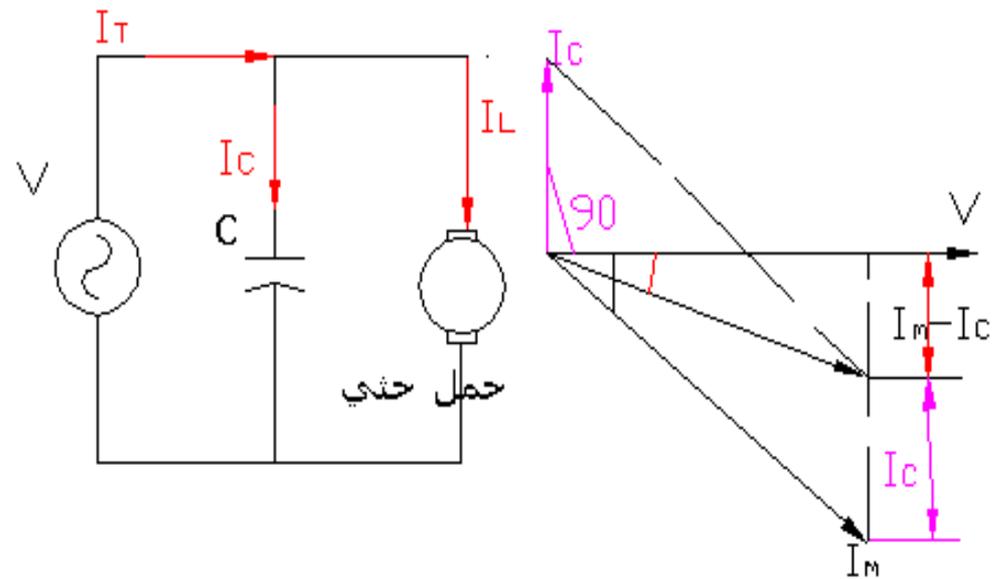
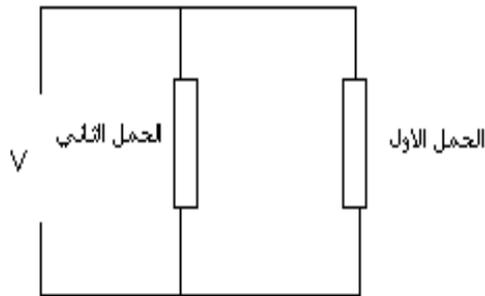


حمل حثي مع متسعة على التوازي

المخطط الطوري

Post test

Ex. : For the cct. Shown if the first load is inductive motor Dissipated (1000 W) with (0.8 p.f) , and the second load Improve the ability of device . Calculate the second load impedance which make the total power factor equal(0.95)



Solution :

$$P=S \cos\theta , \quad S_1=P_1/ \cos\theta =1000/0.8 \text{ V.A}$$

$$S_1= (1000/0.8).\cos^{-1} 0.8$$

$\therefore S_1= 1000+j750 \text{ VA}$ to improve power factor up to (0.95)
to total cct. That $S=P/\cos\theta =1000/0.95 \text{ VA}$

$$S= (1000/0.95).\cos^{-1} 0.95 =1000+j329\text{VA}$$

Then the taken power with the second load

$$S_2= S-S_1=1000+j329-(1000+j750)=- j421=\text{V.I}_2$$

$$I_2= (S_2/v) -(-j421/200<0=-j2.105\text{A}$$

$$\therefore I_2=j2.105\text{A} , \quad Z_2= V/I_2=200<0/j2.105=-j94.9$$

لاحظ هنا يدل الناتج على إن المعاوقة Z هي متسعة فقط قيمتها $27.9\mu\text{F}$

Solution :

$$P=S \cos\theta , \quad S_1=P_1/ \cos\theta =1000/0.8 \text{ V.A}$$

$$S_1= (1000/0.8).\cos^{-1} 0.8$$

$\therefore S_1= 1000+j750 \text{ VA}$ to improve power factor up to (0.95)
to total cct. That $S=P/\cos\theta =1000/0.95 \text{ VA}$

$$S= (1000/0.95).\cos^{-1} 0.95 =1000+j329\text{VA}$$

Then the taken power with the second load

$$S_2= S-S_1=1000+j329-(1000+j750)=- j421=\text{V.I}_2$$

$$I_2= (S_2/v) -(-j421/200<0=-j2.105\text{A}$$

$$\therefore I_2=j2.105\text{A} , \quad Z_2= V/I_2=200<0/j2.105=-j94.9$$

لاحظ هنا يدل الناتج على إن المعاوقة Z هي متسعة فقط قيمتها $27.9\mu\text{F}$

الأسبوع التاسع عشر
انتقال أعظم قدرة في التيار المتناوب

Maximum power transfer at A.c.

over view النظرية الشاملة -

A- Population target

الفئة المستهدفة

☐ Student of first year of

Electrical Techniques Department

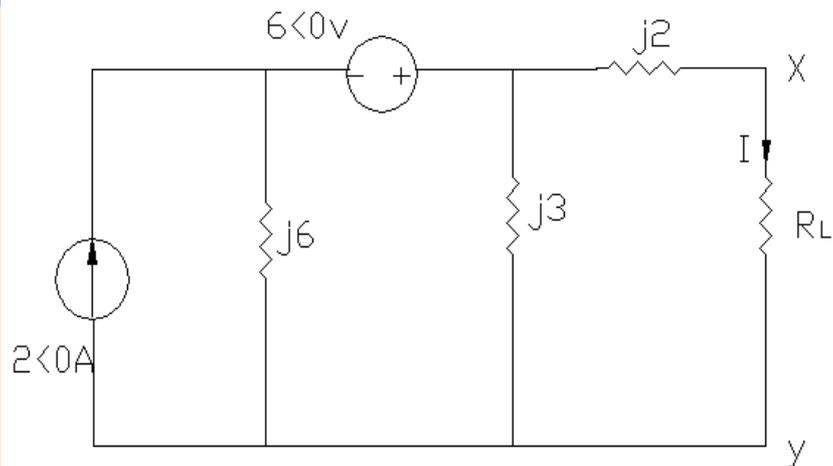
طلبة قسم التقنيات الكهربائية – السنة الأولى

Aim of lecture :-

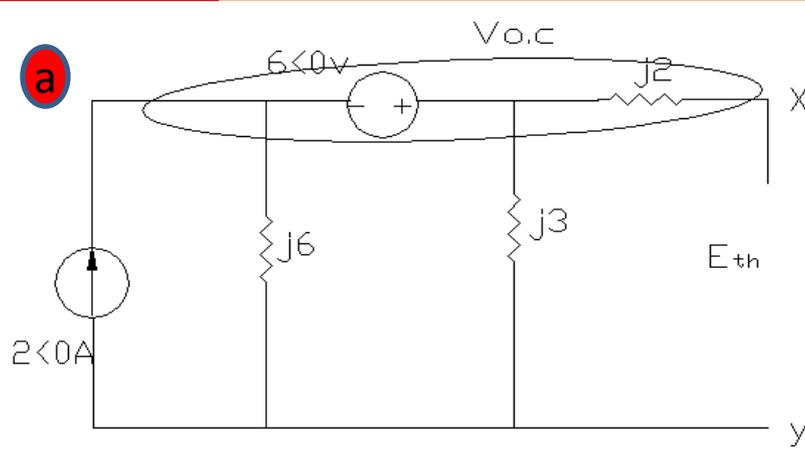
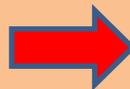
To learn the student be able to analysis the electric circuit in Ac. Circuit when maximum power transfer in the cct .

Post test

Ex. For the cct shown find Thevinins equivalent

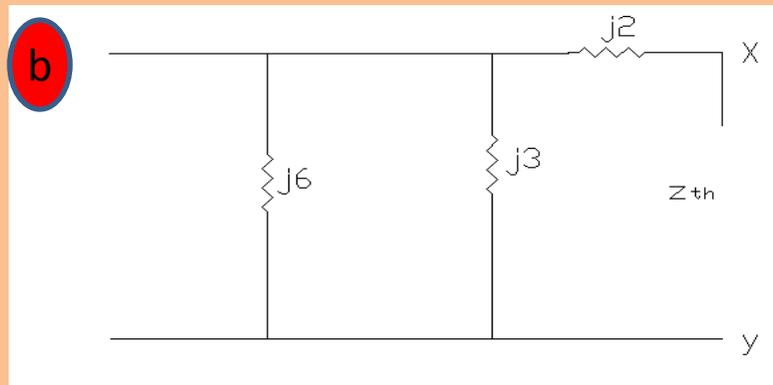


solution



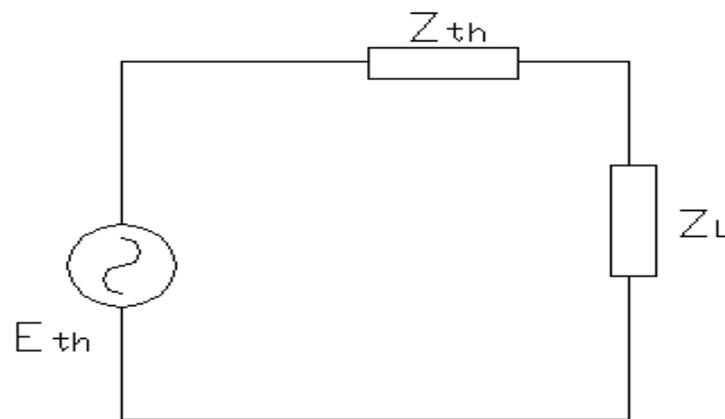
$$[(V_{th}-6)/6] + (V_{th}/3) = 2A \therefore V_{th} - 6 + 2V_{th} = 12v$$

$$\therefore 3V_{th} = 18 \quad \therefore V_{th} = 18/3 = 6v$$



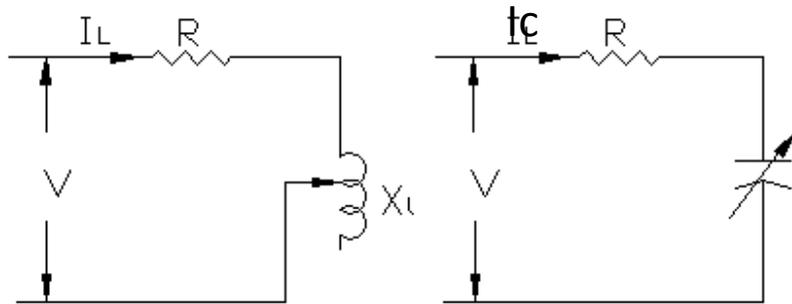
$$Z_{th} = [(j6 \times j3)/(j6 + j3)] + j2 = (-18/j9) + j2 = j2 + j4 = j4\Omega$$

(c)

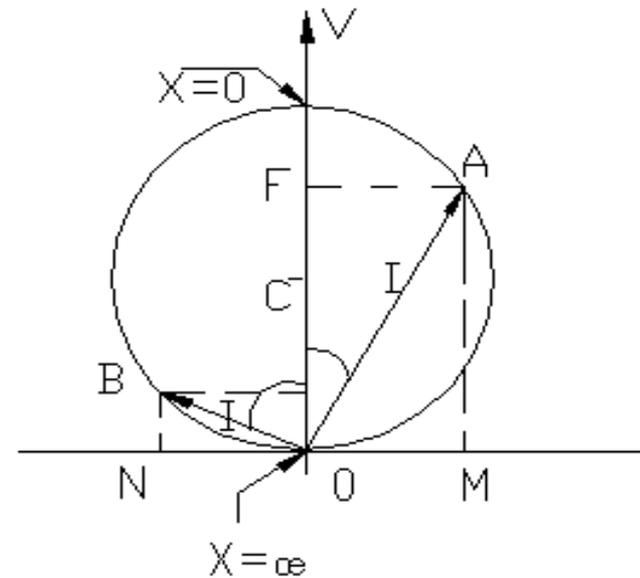


(أولا) Constant resistance but variable reactance

(a)



(b)



In fig. (a) : two cct. Having constant resistance but variable reactance X_L Or X_C which vary from zero to infinity . When $X_L=0$, current is maximum and equals (V/R) .

$$\text{For other values, } I = V / \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

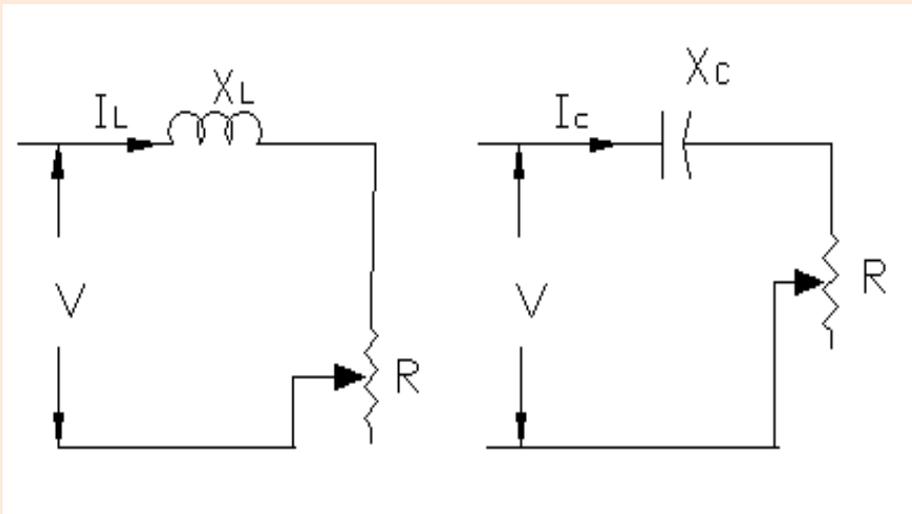
current becomes Zero when $X_L = \alpha$, As seen from fig. (b) the end point of the current vector describes a semi – circle With radius $OC = V/2R$ and center lying in the reference i.e .Voltage vector OV . For R-C circuit ,the semi – circle lies to the left of OV . As before, it may be proved that the As before, it may be proved that the equation of the circle shown in (b) is:

$X^2 + [Y - (V/2R)]^2 = V^2/4R^2$. The co -ordinates of the center are $X=0$, $y=V/2R$ and radius= $V/2R$. As before, Power developed would be maximum when current vector makes an angle of 45° with the voltage vector OV . In that case ,current is $I_m/\sqrt{2}$ and

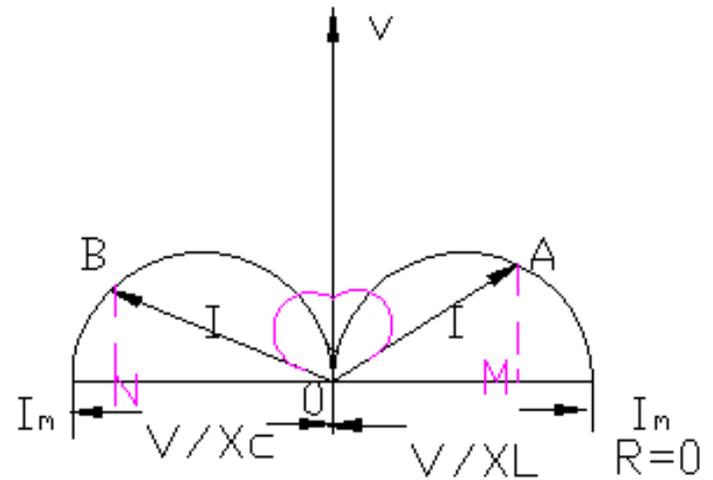
$$P_m = V \cdot I_m / 2$$

(ثانيا) Constant reactance but variable resistance cct.

(C)



(d)



From the cct. In fig. (C) it is seen that cct s. having a constant reactance but variable resistance or Vice versa have the following properties : (i) the current has a limiting value . (ii) the power supplied to the cct, has a limiting value also. (iii) the power factor corresponding to maximum power supply is $0.707(=\cos 45^\circ)$. Obviously. The maximum current in the cct. Is obtained when $R=0$

$$I_m = V/X_L = V/\omega.L \quad \dots \text{ for } R - L \text{ cct.}$$

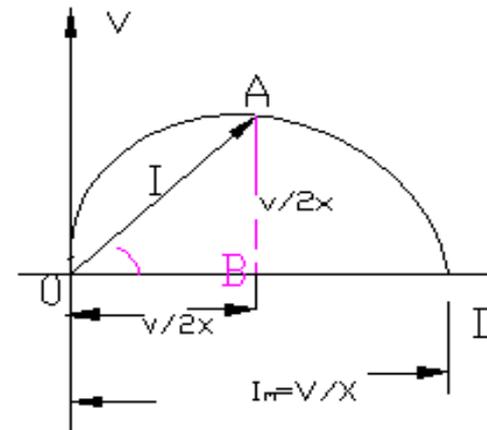
$$I_m = V/X_c = V/\omega.c \quad \dots \text{ for } R - c \text{ cct.}$$

Now, power (P) taken by the cct. Is $V.I \cos \theta$ and if V is constant, then $P \propto I.\cos \theta$. Hence, the ordinates of current semicircles are proportional to $I.\cos \theta$. The maximum ordinate Possible in the semicircle represents the

maximum power taken by the cct. .

The maximum ordinate passes through the center of semi-circle so that current vector makes an angle of 45° with both the diameter and the voltage vector OV .

Obviously, power factor corresponding to maximum power intake is $\cos 45^\circ = 0.707$



(e)

Maximum Power :

$$P_m = V \times AB = v \times (I_m/2) = (1/2) \cdot V \cdot I_m$$

$$P_m = (V^2/2 \cdot X_L) = V^2/2 \cdot \omega \cdot L \quad \text{For R- C cct.}$$

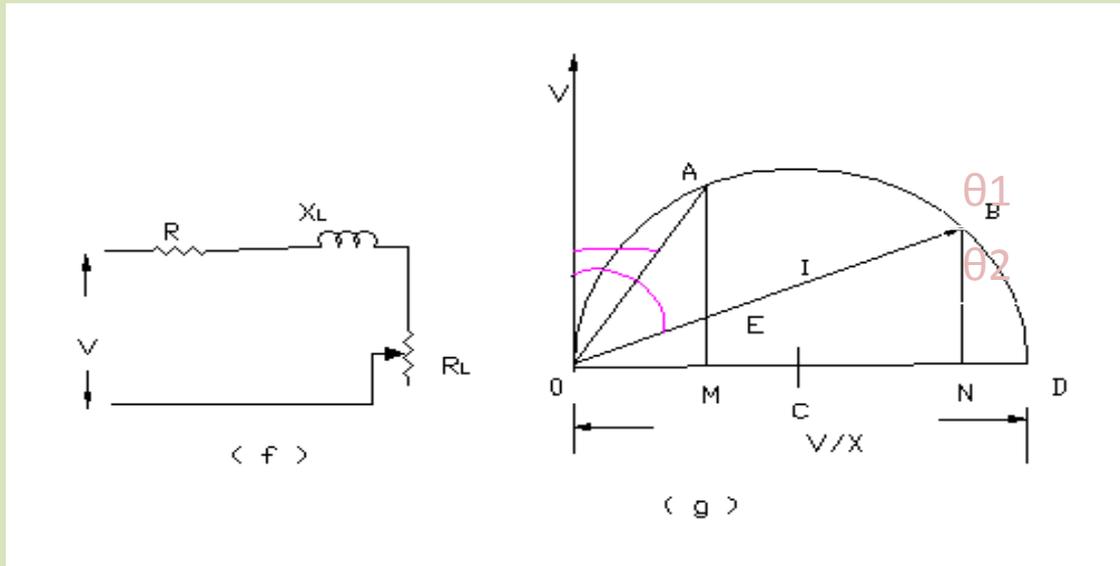
$$\text{Now, for R- L cct. } I_m = V/X_L$$

$$P_m = (V^2/2 \cdot X_C) = (V^2 \cdot \omega \cdot C) / 2$$

As said above, at maximum power, $\theta = 45^\circ$, hence vector triangle for voltage is an isosceles triangle, which means voltage drops across resistance and reactance are each equal to 0.707 of supply voltage i.e. $V/\sqrt{2}$. As current is the same, for maximum power, resistance equals reactance i.e. $R = X_L$ (Or X_C). Hence, the expression representing maximum power may be written as

$$P_m = V^2/2R$$

(ثالثاً) When R and X Constant



With R and X constant , the **maximum power** that can be transmitted by such a circuit occurs when the extremity of current vector OA coincides with the point of tangency to the circle of a straight line drawn parallel to OB. Obviously, v times AE under these conditions represents **the maximum power and power factor at that time is $\cos \theta_2$**

Example 1 : A circuit consists of a constant reactance of 5Ω in series with a variable resistance. A constant voltage of 100 v is applied to the cct. Show that the current locus is circular. Determine (a) the maximum power in put to the cct. (b) the corresponding Current , p.f. and value of the resistance .

Solution:

$$(a) I_m = V/x = 100/5 = 20A$$

$$P_m = (1/2)V.I_m = (1/2) \times 100 \times 20 = 1000 \text{ w}$$

(b) At maximum power in put current , $i_s = 0$ A

$$\therefore OA = I_m / \sqrt{2} = 20 / \sqrt{2} = 14.14 \text{ A} , \quad P.f. = \cos 45^\circ = 0.707$$

$$R = X = 5\Omega$$

Ex.2: If a coil of unknown resistance and reactance is connected in series with a 100-v, 50 Hz supply, the current locus diagram is found to have a diameter of 5A and when the value of series resistor is 15 Ω , the power dissipated is maximum. Calculate the reactance and resistance of the coil and the value of the maximum power in the ckt. And the maximum current .

solution : Let the unknown resistance and reactance of the coil be R and X respectively. Diameter (d)= V/X , $\therefore 5=100/X$ or $X=20 \Omega$

Power is maximum when total resistance = reactance or
 $15 + R = 20 \therefore R = 5\Omega$

$$P_m = \frac{V^2}{2X} = \frac{(100^2)}{2 \times 20} = 250 \text{ watt ,}$$
$$I_m = \frac{100}{\sqrt{(20^2 + 5^2)}} = 4.85 \text{ A}$$

Post test

Ex .3: A constant alternating sinusoidal voltage at constant frequency is applied across a cct. Consisting of an inductance and a variable resistance in series. Show that the locus diagram of the current vector is a semicircle when the resistance is varied between zero and infinity . If the inductance has a value of 0.6 Henry and the applied voltage is 100v at 25 Hz . Calculate :
(a) the radius of the arc (in amperes) and (b) The value of variable resistance for which . The power taken from the mains is maximum and the power factor of the cct. At the value of the resistance .

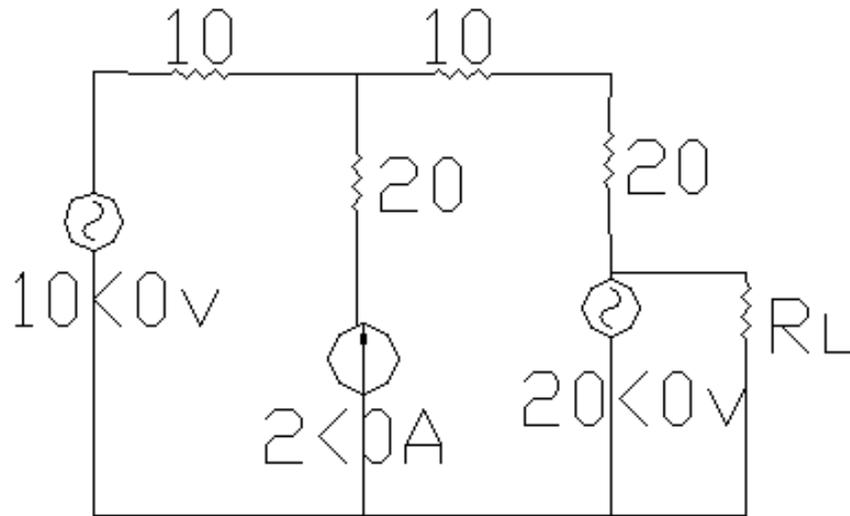
Solution :

$$X_L = \omega.L = 0.6 \times 2\pi \times 25 = 94.26 \Omega ,$$

$$(a) \text{ Radius} = (V/2). \quad X = (100/2) \times 94.26 = 0.531A$$

$$(b) R = 94.26 \Omega \text{ for maximum power factor} = 0.707.$$

EX(4): For the cct shown find (1) Thevinins equivalent (2) Find R_L which connected with the equivalent when it dissipation Maximum Power (3) Find P_{max} .



H.W

Solution

$$V_{th} = 25\text{V}$$

$$Z_{th} = 10\Omega$$

$$R_L = 10\Omega$$

$$P_{max.} = 15.62 \text{ watt}$$

الأسبوع العثرون / طرق قياس المقاومة

Resistance measurement method

- over view النظرة الشاملة -

A- Population target

الفئة المستهدفة

☐ Student of first year of

Electrical Techniques Department

طلبة قسم التقنيات الكهربائية – السنة الأولى

مبررات الوحدة

B –Rationale

- It is very important to study Resistance measurement method

الفكرة المركزية C – Central Idea

- To learn Resistance measurement method

Aim of lecture :

To let the student be able to learn how he was measuring the different resistances .

Pre test

Define : resistance
Ohms law

Solution: Ohm's law: $V=I \times R$

Resistance:

it may be defined as the property of a substance due to which it opposes the flow of electricity through it .

هناك مفاهيم تخص المقاومة مثل درجة التقارب (Tolerance) ونعني بها:- التوافق المتوقع بين القيمة الحقيقية للمقاومة لمصنعة وقيمتها المسماة أي المعلنة عليها

أصناف التقارب :

(1) أصناف مقاومات ذات استعمالات عادية حيث تكون درجة تقاربها واقعة بين $(-,+) 5\%$ إلى $(-,+) 20\%$

(2) مقاومات شبه دقيقة وتكون درجة دقتها أو تقارب قيمتها من القيمة المعلنة واقعة بين $(-,+) 1\%$ إلى $(-,+) 5\%$

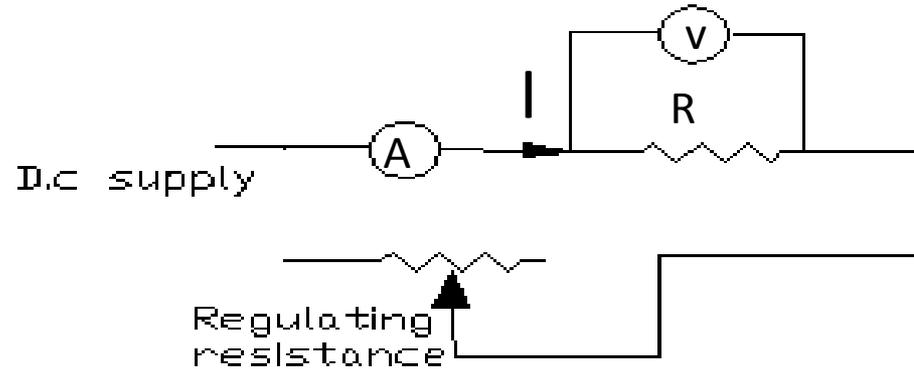
(3) مقاومات مصنعة دقيقة القيمة تكون درجة التقارب فيها تتراوح بين $(-,+) 0,1\%$ إلى $(-,+) 1\%$

تؤثر درجة الدقة على المقاومات المصنعة سوية مع قيمتها الاسمية (يستخدم جدول الألوان لقراءة هذه المقاومات).

تقسيم مناسيب المقاومات :

أ- مقاومة واطئة وهي التي تقل قيمتها عن أوم واحد . ب- مقاومة متوسطة : وهي التي تتراوح قيمتها بين أوم واحد إلى 10 كيلو أوم ج- مقاومة عالية : وهي التي تزيد قيمتها على 10 كيلو أوم .

أولاً : طريقة مقياس الفولتية والتيار: وهي طريقة قديمة تستخدم لقياس المقاومة الواطئة (ويجب إجراء تصحيحات على النتائج لتلافي توازي مقاومة مقياس الفولتية (R_v) مع المقاومة (R) المراد قياسها) .



لو فرضنا إن المقاومة (R_v) عالية لذلك سيهمل التيار الذي يمر في مقياس الفولتية وسيكون (I) نفسه مارا في جهاز الاميتر والمقاومة R

$$R = V/I \quad \Omega$$

أما عندما تكون مقاومة مقياس الفولتية R_v واطئة فانه سوف ينتج خطأ كبير في قياس المقاومة R لأنه سوف يمر تيار في مقاومة مقياس الفولتية (R_v) لذا يجب حساب (R_p) والتي هي محصلة $R_v // R$

$$\therefore R_p = R \cdot R_v / (R + R_v)$$

∴ الفولتية الهابطة على طرفي المقاومة هي قراءة المقياس وتساوي

$$\therefore V_R = R_p \cdot I = (R \cdot R_v) / (R + R_v) \times I$$

وإذا افترضنا إن قراءة المقاييس صحيحة فستكون مقاومة المقياس R_m حاصل قسمة قراءة مقياس الفولتية على قراءة التيار

$$\therefore R_m = V_R / I = (R \cdot R_v) / (R + R_v) \times I / I$$

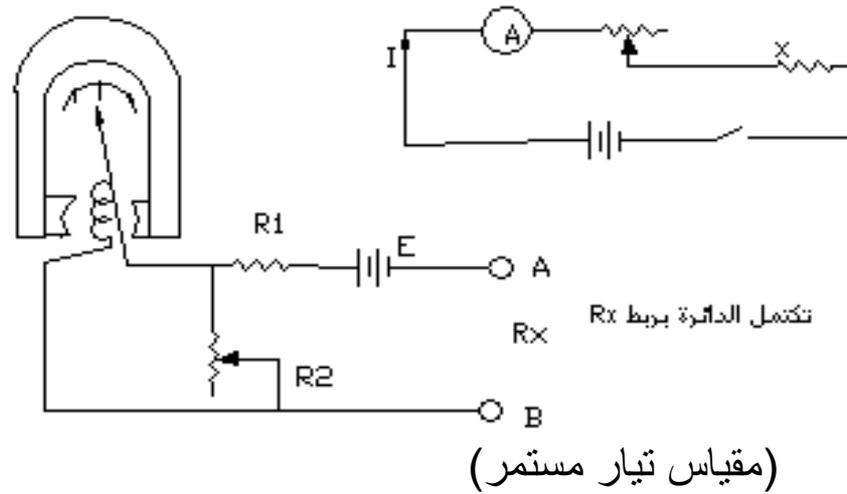
$$\therefore R_m = (R \cdot R_v) / (R + R_v)$$

هذه الطريقة تناسب قياس المقاومة الواطئة مثل قياس مقاومة المنتج

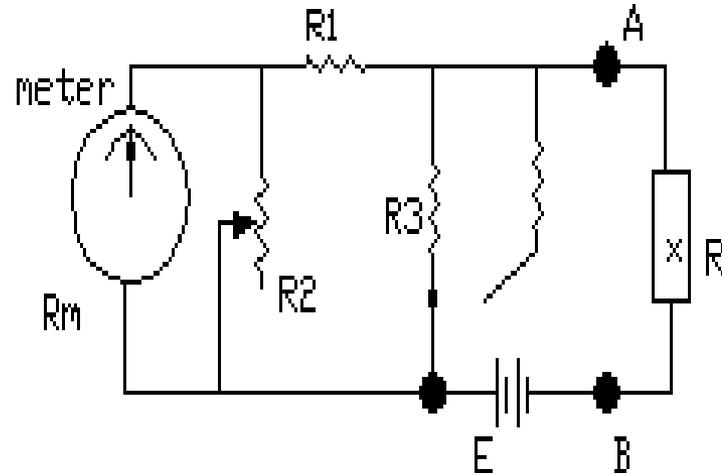
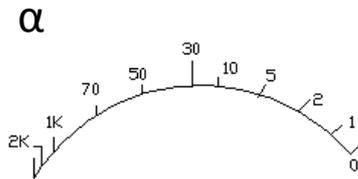
Series type Ohmmeter

ثانياً :- طريقة مقياس المقاومة التوالي

تستخدم هذه الطريقة لقياس المقاومة الواطئة والمتوسطة ضمن حدود خطأ أو درجة صحة أو حقيقة مقبولة



قبل ربط المقاومة المراد قياسها R_x يجب قصر الإطراف A إلى B كي تسمح بمرور أقصى تيار للحصول على تآشيرة كامل المدرج (f.s.D) (Full scale Deflection) ونقوم بتضبيب تآشيرة المؤشر على القيمة (صفر) وعلى المدرج بواسطة التحكم في المقاومة المتغيرة . هذه العملية ضرورية لتلافي تأثير هبوط البطارية المشغلة للمقياس . إن هذه العملية لا تؤثر على تدريجة المقياس أو معايرة المقياس لان على التوازي مع مقاومة المقياس وهما اصغر بكثير من المقاومة إذن سوف نتوقع علامة (صفر أوم) أن تكون على الجانب الأيمن وعلامة (α) على الطرف الأيسر من التدرج



لدى تحليل دائرة القياس نحصل على :-

$$I_{f.s} = (ER_p) / R_m(R_p + R_1)$$

حيث :

$$I_{f.s} = \text{التيار كامل التدرج}$$

$$E = \text{فولتية البطارية}$$

$$R_m = \text{المقاومة الداخلية لمفات المقياس}$$

$I =$ تيار المقياس (ألتيار) عند أي تأشيرة ولاي مقاومة قيد القياس

$$I_m = I_{f.s} = (R_p + R_1) / (R_p R_1 + R_x)$$

حساسية المقياس أو معامل التأشيرة المنسوبة =

$$S = I_m / I_{f.s} \quad ((\text{sensitive meter}))$$

ملاحظة: يمكن زيادة مديات القياس في هذا النوع من المقاييس عند إضافة مقاومة

مفرعة التيار بنسب معينة من المقاربة الداخلية $R_h = R_1 + R_p$

حيث يسمى عند إذ المقياس (مقياس متعدد المديات). Multirange.

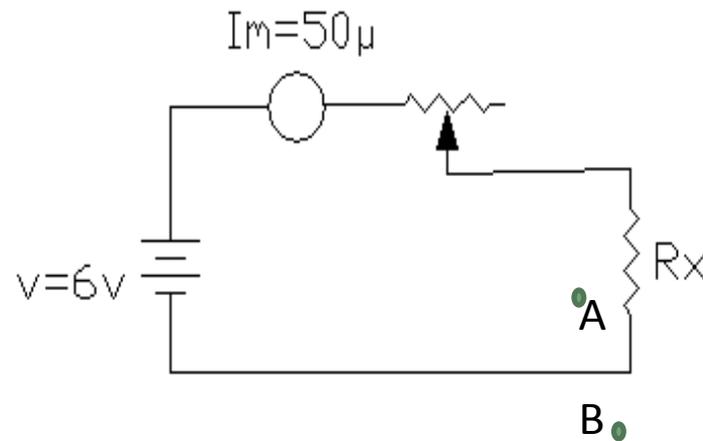
$$R_x = [R_p + R_1] [(1-s)/s]$$

Ex 1:

Ampere meter we went to use it as ((series type ohmmeter)) measured resistance with series. It has (full scale deflection F.S.D) equal to $(50\mu A)$ the voltage with open case (a,b) is $(6V)$ we change F.S.D to Zero and connected (R_x) unknown it make $F.S.D=1/4$ find (R_x)

مقياس تيار يراد استخدامه كمقياس للمقاومة على التوالي . يمتلك
المقياس تآشيرة كاملة المدرج مقدارها 50 مايكرو أمبير مقدار
الفولتية لحالة فتح الإطراف (ا,ب) هي (6فولت) . تم تصفير المقياس
ثم ربطنا مقاومة مجهولة القيمة سببت ربع تآشيرة مدرج
أوجد قيمة المقاومة المجهولة ؟

solution



$$R_h = V/I_m = 6/(50 \times 10^{-6}) = 120\text{k}$$

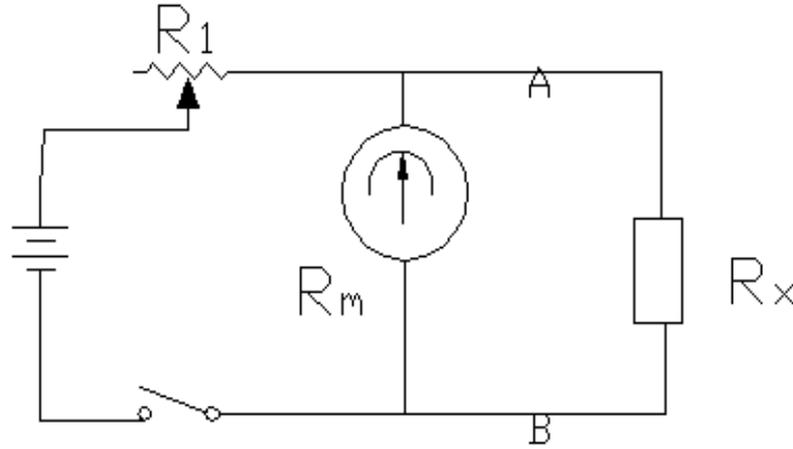
$$S = I_m/I_{F.s.} = 1/4 = 0.25$$

$$R_x = (R_p + R_1) \{(1-s)/s\}$$

$$\therefore R_x = 120 \{(1-0.25)/0.25\} = 360\text{k}$$

3- Shunt type ohmmeter

مقياس المقاومة نوع التوازي



عندما تكون الإطراف مقصورة يكون تيار المقياس = صفر ($R_x=0$) عند إزالة (R_x) ينهض المؤشر على المدرج حيث يمكن تضبيطه للحصول على تأشيرة كامل المدرج عن طريق انتقاء قيمة مناسبة إلى (R_1) إذن سيمتلك المدرج صفر عند اليسار ومالا نهاية عند اليمين خلافا لنوع التوالي .
عند عدم الاستخدام يجب فتح المفتاح لقطع التيار

When R_x is out from the cct. :

$$I_{F.S.D.} = E / (R_1 + R_2)$$

When R_x put in the cct.

$$I_m = E / [(R_m + R_x) / (R_m + R_1)]$$

$$S = I_m / I_{F.S.} = [R_x \cdot (R_1 + R_m)] / [(R_1 + (R_m + R_x)) + R_m R_x]$$
 أحساسية أو معامل التأشيرة المنسوبة

$$\therefore S = R_x / (R_x + R_p) \quad , \quad R_p = R_1 R_m / (R_1 + R_m)$$

رابعاً : طريقة المجهاد Potentiometer

تعتبر المجهادات من الوسائل المهمة والرئيسية المستخدمة في مجال معايرة أجهزة القياس . إذ أنها تستخدم في طرق المعايرة بالمقارنة , (طريقة التعادل بالتصفير) - Null-method

طرائق الاستعاضة , والطرائق التفاضلية التي تعتمد على مقارنة القوة الدافعة الكهربائية المجهولة بقوة دافعة كهربائية معلومة لخلية معيارية .

هناك نوعان من المجهادات قسم منها يعمل بالتيار المتناوب والقسم الآخر يعمل بالتيار المستمر .
والآن نتكلم عن الموضوع بقدر ما يتعلق بقياس المقاومة الواطئة والمتوسطة المنسوب .

يتكون المجهاد من سلك كمقاومة مقطعة منتظمة طوله متر واحد مربوط بين نقطتين A,c
بمحاذاة مقياس متري مدرج بالمليمترات (mm) تم استخدام المجهاد في الأساس لقياس فولتية

البطارية(B) التي ينطلق منها تيار الى السلك أما (R) فهي مقاومة منظمة للتيار أما B1 فهي البطارية
المراد قياس جهدها حيث تربط على التوالي مع مقياس كالفولتتيار G ومفتاح K قطبية البطاريات
يجب أن تكون كما في الشكل أما الملامس المنزلق فيتم عن طريق تحديد موقع تحديد التوازن .

لو فرضنا أن (r) هي مقاومة وحدة طول السلك وان (i) هو التيار المار في السلك عند فتح

المفتاح(k) وسيكون الجهد الهابط على السلك (cB) الذي طوله فرضاً = $i \cdot r_L$ هو الجهد
 $E = i \cdot r_L$

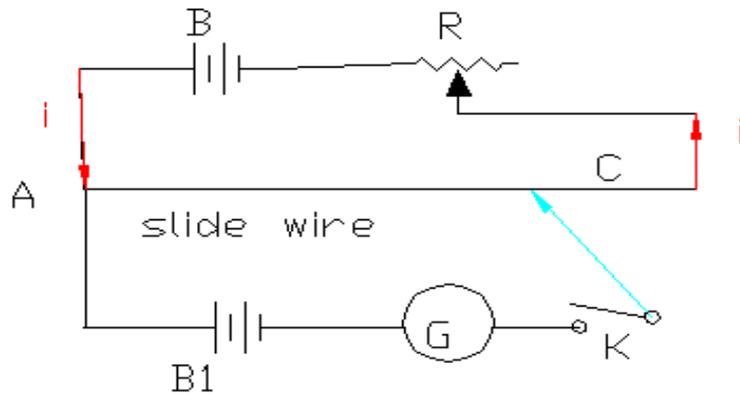
عند غلق (K) سوف يمر تيار خلال قياس كالفو (G) ومن الطرف A,C عندما يكون الجهد

(A,C) أكبر من جهد البطارية (B1) أما إذا كان الجهدان متساويان فسوف لن يمر تيار من خلال المقياس

لنفرض إن $L=AC$ نقوم بعدها بتبديل (B1) بالبطارية B2 أوبعد العملية السابقة ولنفرض أن الطول

الجديد L_2 عند إذ إذا كان E_1, E_2 هما جهد B_1, B_2

$$\therefore E_1/E_2 = i_1/i_2 \quad \therefore E_1 = i \cdot r \cdot L_1, \quad E_2 = i \cdot r \cdot L_2$$

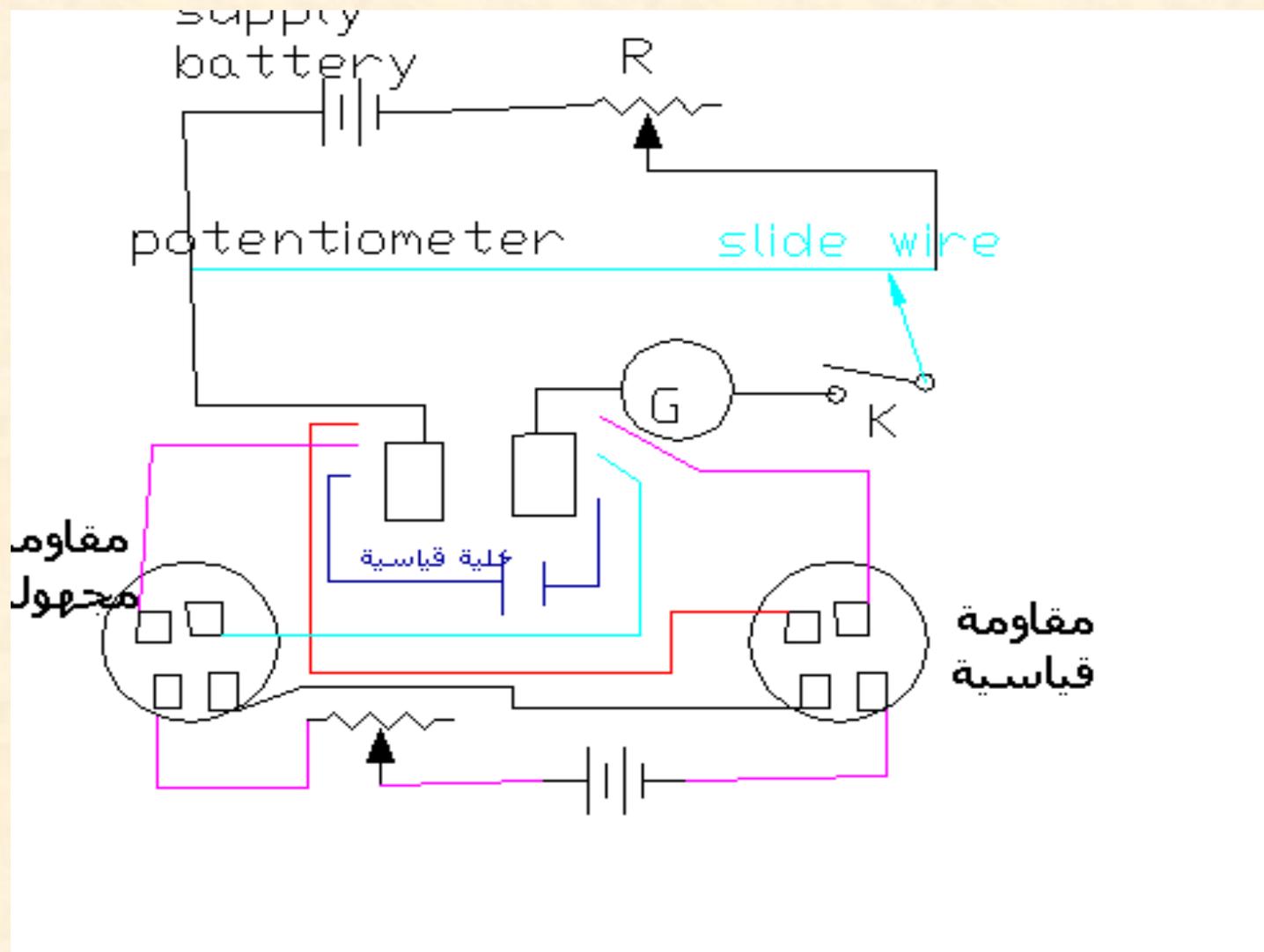


مخطط لمبدأ المجهاد للتيار المستمر

يجب أن تكون B أعلى جهدا من B_1, B_2

وتسمى هذه طريقة المقارنة

كيفية استخدام المجهاد لقياس المقاومات الواطئة والمتوسطة بطريقة المقارنة



1) يجب ربط أطراف التيار والجهد كما مبين بالشكل (2) يجب ضمان اتجاه القطبية لربط البطاريات
3) يجب ضمان عزل البطارية المجهزة للتيار للمقاومة التي قيد القياس والى المقاومة المعيارية عن
البطارية المنعزلة للمجهاد

4) يجب اختبار المقاومة المعيارية مقارنة بالقيمة المراد قياسها للمقاومة (5) تربط المقاومات بالتوالي
ويمرر تيار مستمر خلالهما من بطارية ذات قابلية تياريه عالية ويجب اختبار هذا التيار عن طريق
تغيير المقاومة لمربوطة مع البطارية بحيث يحقق هبوط جهد مقداره واحد فولت إن أمكن ذلك على
طرفي كلا المقاومتين ثم نقوم بعد ذلك بقياس هذا الجهد الفولتي الناتج على طرفي المقاومتين باستخدام
المجهاد .

بالمقارنة بعد تكرار القياس على طرفي المقاومتين وبدون إطالة وضمن فترة زمنية قصيرة نقوم بعدها
باستخراج معدل القراءات حيث يمثل هذا المعدل الجهد الصحيح لكل مقاومة عند إذ .
من الجدير بالذكر إن أطراف الجهد (للمقاومة الواطئة وللمجهاد) لاتحمل أية تيار عند تحقق حالة
التوازن في المجهاد . إذن سيكون التيار المار في المقاومتين متساوي .

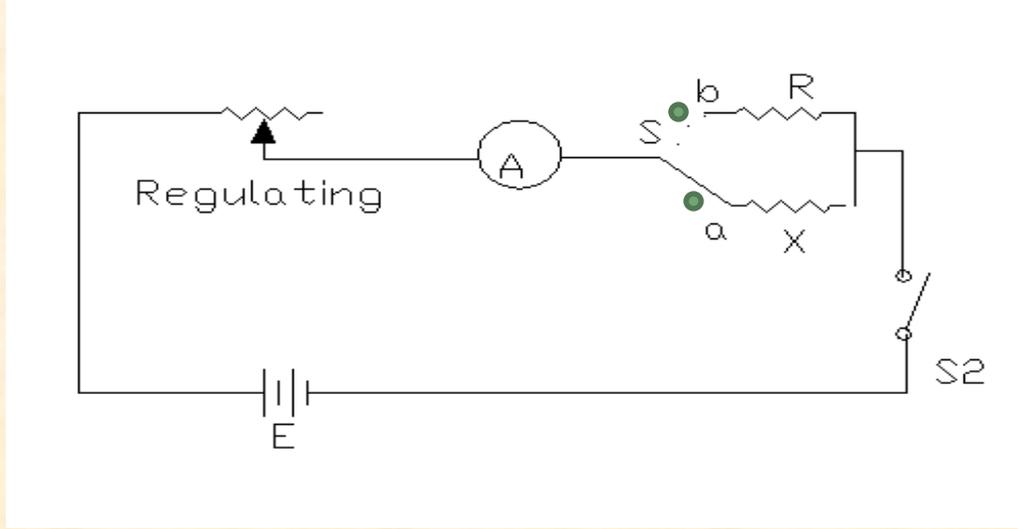
المقاومة غير المعروفة / المقاومة المعيارية =

أالجهد المقاس على طرفي المقاومة غير المعروفة / الجهد المقاس على طرفي المقاومة المعيارية

ملاحظة: يجب أخذ الاحتياطات اللازمة لتحاكي الأخطاء الناتجة عن تولد تيار ناتج عن الظاهرة
الكهروحرارية وذلك بإعادة القياسات عند عكس كافة البطاريات في آن واحد والحصول على معدل
القراءة مرة أخرى .

قياس المقاومة متوسطة المنسوب (1) طريقة استخدام قياس التيار والفولتية السالبة .
(2) طريقة التعويض . (3) طريقة قنطرة وتستون

الطريقة الأولى تم الوقوف عليها سابقا .



(2) طريقة التعويض

X = المقاومة المراد قياسها

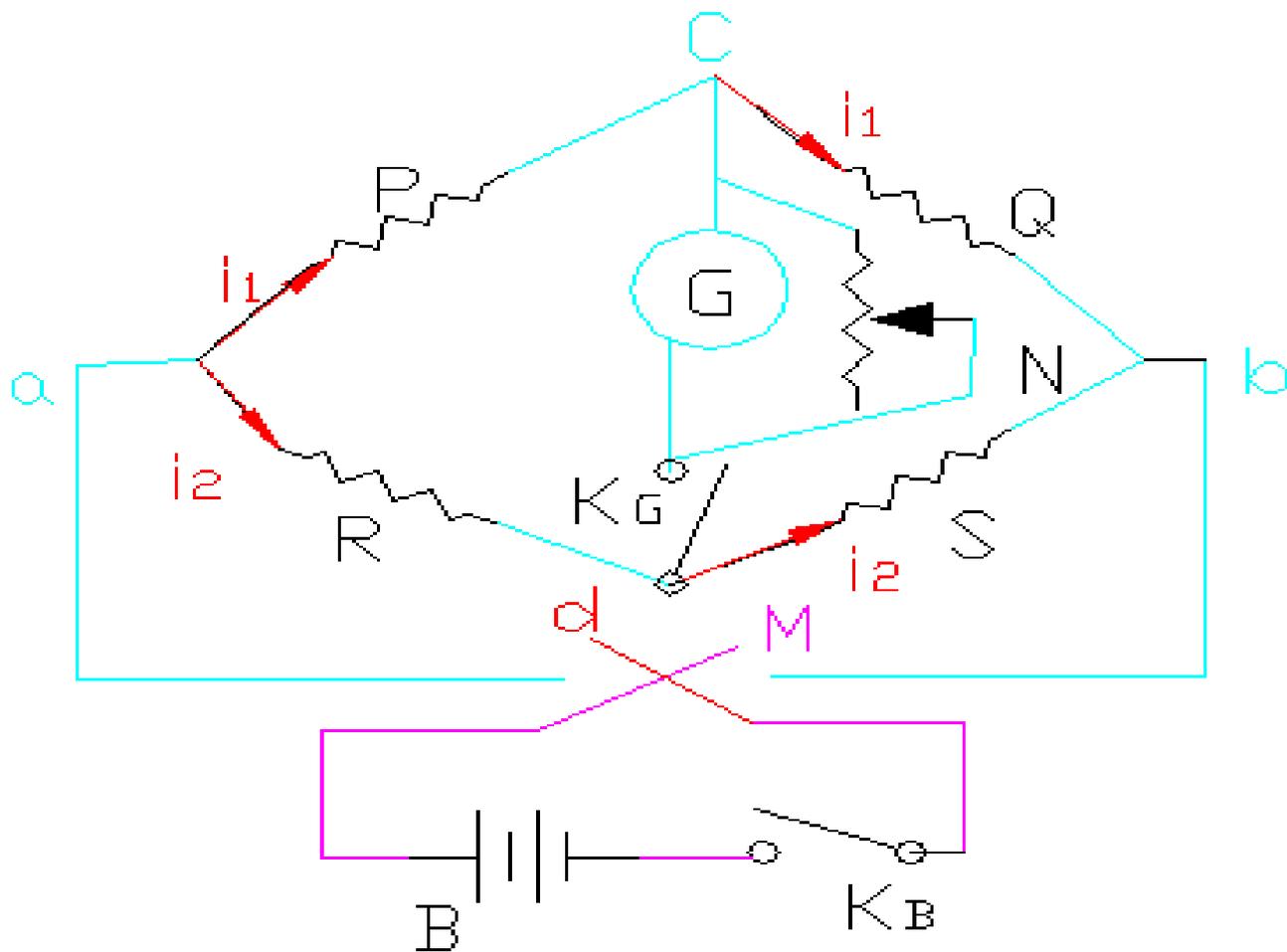
R = مقاومة متغيرة معروفة القيم

E = بطارية ذات اقتدار عال وذات فولتية ثابتة يوجب استقرارية التيار لهذه الطريقة القياسية

اغلق المفتاح S2 عند التشغيل ثم يلية S1 الى الطرف (a) ولاحظ قراءة المقياس بعد ذلك حول S1 إلى الطرف b ونقوم بتغيير المقاومة R ذات القيم المعروفة هذا الإجراء لحين حصولنا على نفس قراءة المقياس السابقة وهذا يعني تساوي المقاومتين.

ملاحظة : يمكن تحويل الدائرة واستخدامها لقياس المقاومات العالية

قنطرة ويتستون:- تعتبر من أفضل الطرق لقياس المقاومات متوسطة المنسوب



P,Q مقاومات ثابتة ومعروفة القيم G مقياس كالفو نوع دارسونفال مربوط بالتوازي مع مقاومة متغيرة N لتحاشي تلف المقياس في حالة اللا توازن بحيث يصبح أثر توازيهما ملغيا. تتألف البطارية B من أكثر من خلية مع مفتاح M لعكس أقطبية للبطارية هذه العملية ضرورية حيث يتم استعمال قراءتين قبل وبعد عكس الاتجاه عرضها تقليل الخطأ الناجم من تأثير القوة الدافعة الكهربائية الكهروحرارية.

عند تشغيل القنطرة يجب غلق مفتاح البطارية K أولا يليه بعد ذلك غلق K_B بعد فترة وجيزة وذلك لتحاشي حدوث التأشيرة الفجائية لمقياس التيار الحساس بسبب القوة الدافعة الكهربائية المتولدة ذاتا خصوصا عندما تمتلك المقاومة المراد قياسها R محاطة ذاتية.

عند توازن القنطرة الذي يتحقق بواسطة منظم المقاومة S يمر نفس التيار i_1 في المقاومتين P,Q لان المقياس لا يسحب تيار تكافئ الجهد عند طرفية كذلك i_2 يمر بالمقاومتين (R,S) أي أن الجهد الهابط على $Q = \text{الجهد الهابط على } S$ والجهد الهابط على $P = \text{الجهد الهابط على } R$

$$i_1.P = i_2.R \quad , \quad i_1.Q = i_2.S$$

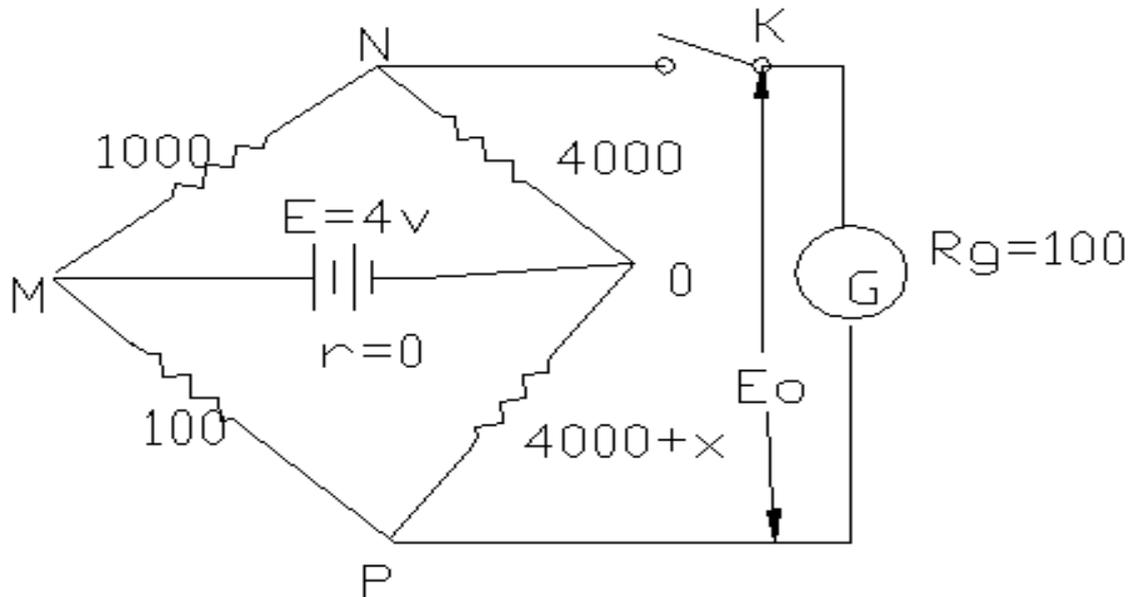
$$\therefore P/Q = R/S \quad \therefore R = (P/Q).S$$

يدعى ذراعي القنطرة (Q,P) بذراعي النسبة Ratio Arms والتي يمكن تغييرها لتغيير مدى القنطرة القياسي.

هناك بعض التطبيقات تعتمد على حدوث حالة اللاتوازن في قنطرة ويتستون وفي هذه الحالة يتم التعامل مع القنطرة بالاستعانة بنظرية ثفنن حيث نفترض أن (I) - مقاومة البطارية = صفر وننظر البطارية ونجد (Rth) المنظورة من جانب المفتاح وبعدها نقوم برفع التيار وحساب الفولتية التي تظهر بين نقطتي ربط التيار

Ex:- The Bridge shown in figer . There is Un balanced with it by change (400Ω) equal to $(x\Omega)$. Find the currents of the bridge and the voltage and current of meter. We let $(X=1\Omega)$.Find:

القنطرة المبينة طراً عليها اختلال توازن وذلك بتغيير المقاومة 400 أوم بمقدار x أوم أوجد تيارات القنطرة وكذلك فولتية و تيار المقياس على فرض $x=1$ واحد أوم . أوجد التأشيرة المترية الطولية للمقياس اذا كانت حساسية $=0,1$ مايكرو أمبير / مللمتر



القنطرة أعلاه في حالة الا توازن نطبق نظرية ثفنن , نزيل المقياس أولا :

بقاعدة تجزئة الفولتية $E_o = E_N - E_p$

$$E_N = E \cdot (B/A+B) = \{1000/(400+100)\} \times 4(4000/5000)$$

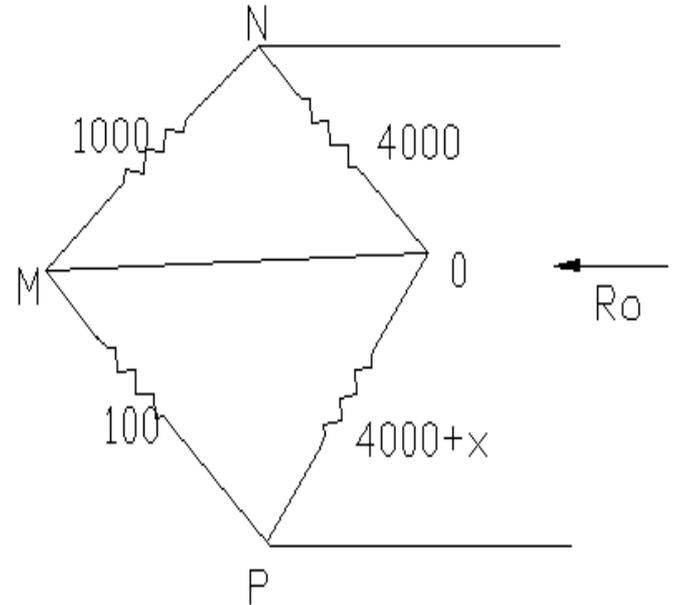
$$\text{Also ; } E_p = R/(R+X+x) = 4 \times \{100/(500+X)\}$$

$$E_o = 4 \{ (1000/500) - 100/(500+x) \}$$

$$\therefore E_o = 4 \cdot X / 2500 = E = 1600X \text{ (micro volt)}$$

الآن نقصر البطارية لإيجاد المقاومة الداخلية للقنطرة منظورة من جانب المقياس كما في الشكل سنرى توازي المقاومتين :

R// B



وتوازن $(X+x)$ مع R $\therefore R_o = [B.A / (B+A) + \{R(X+x) / (R+X+x)\}]$

$$R_o = (1000 \times 4000) / 5000 + \{100(400+x) / (500+x)\}$$

$$\therefore R_o = 880 \Omega$$

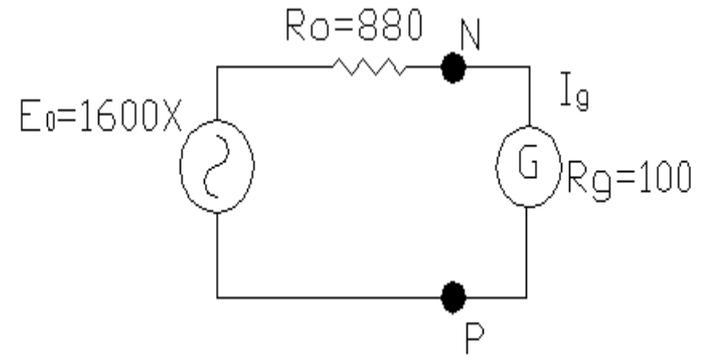
تصبح الدائرة كما في مكافئ ثفنن المبينة :

$$E / (R+X+x) - I_D(X+x) / (R+X+x) = IR$$

$I_x = (E / (R+X) + I_D(R / (R+x)))$, also we can found I_A, I_B

$$E_o = 1600 \times 1 = 1600 \mu v, I_g = E_{th} / (R_{th} + G) = 1600 / (880 + 100) = 1.63 \mu A$$

$$\text{التأشيرة} = \text{الحساسية} \times \text{التيار} = 1.63 \times 0.1 = 16 \text{mm}$$



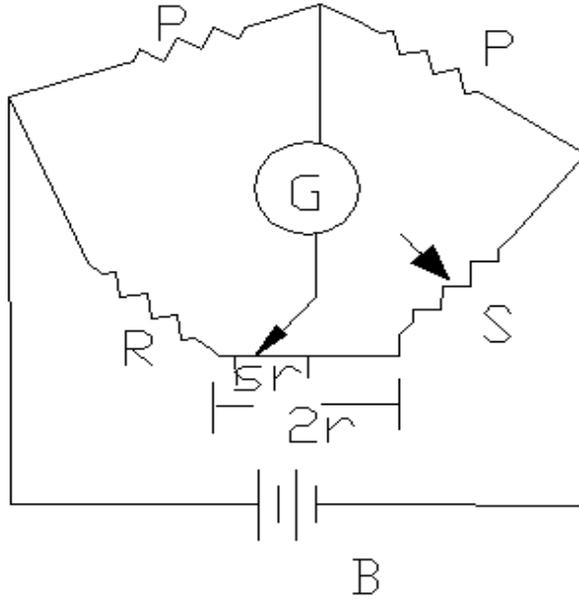
استخدام قنطرة وتستون مع سلك وملامس مترحلق

نحصل على أقصى درجة حقيقة قياس عند تساوي النسب بين سهولة التنظيم والتضبيب. اذن أصبح من المألوف توسيع قابلية التمييز للقنطرة بإضافة سلك ملامس مترحلق كالمبين في الشكل .

لوفر ضنا أن مقاومة السلك هي $(2r)$ وان حالة ألتوازن

قد تحققت عندما أصبح الملامس ألتزحلق في من

وضع أضاف مقاومة مقدارها (Sr) من منتصف السلك إلى جانب المقاومة (R) آنذاك .



$$\frac{P}{P} = \frac{R + r - Sr}{S + r + Sr}$$

$$R = S + 2Sr$$

هناك طرائق أخرى تستخدم لقياس المقاومات متوسطة المنسوب مثل قنطرة كاري فوستر وغيرها

طرائق قياس المقاومة العالية والعوازل

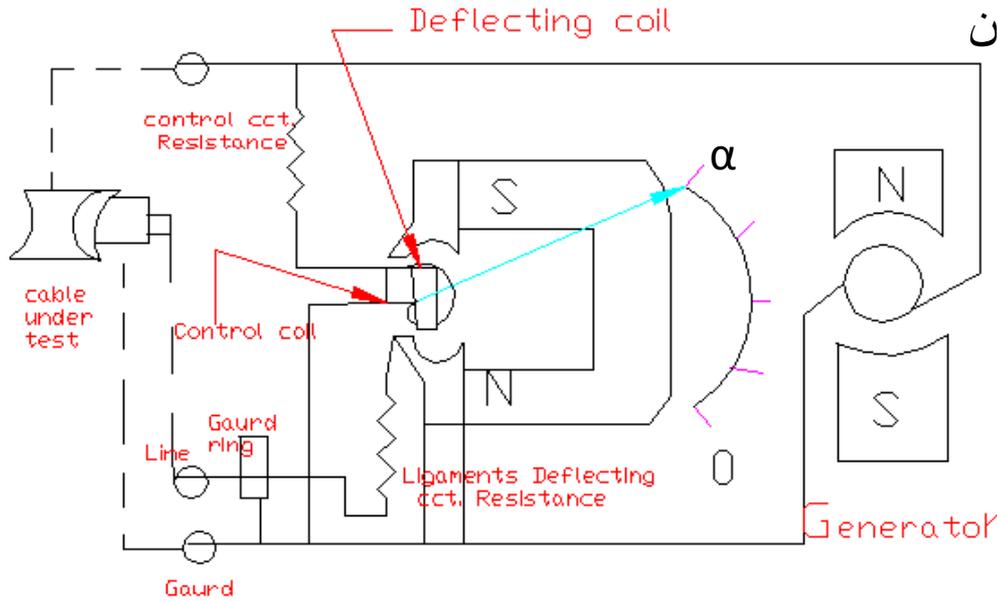
(أ): الطريقة التأشيرية المباشرة.

(ب): طريقة فقد الشحنة .

(ج): طريقة استخدام القنطرة .

(د) : الميكا أوميتر (مقياس الميكا أوم) .

مقياس الميكا أوم أو الميكار



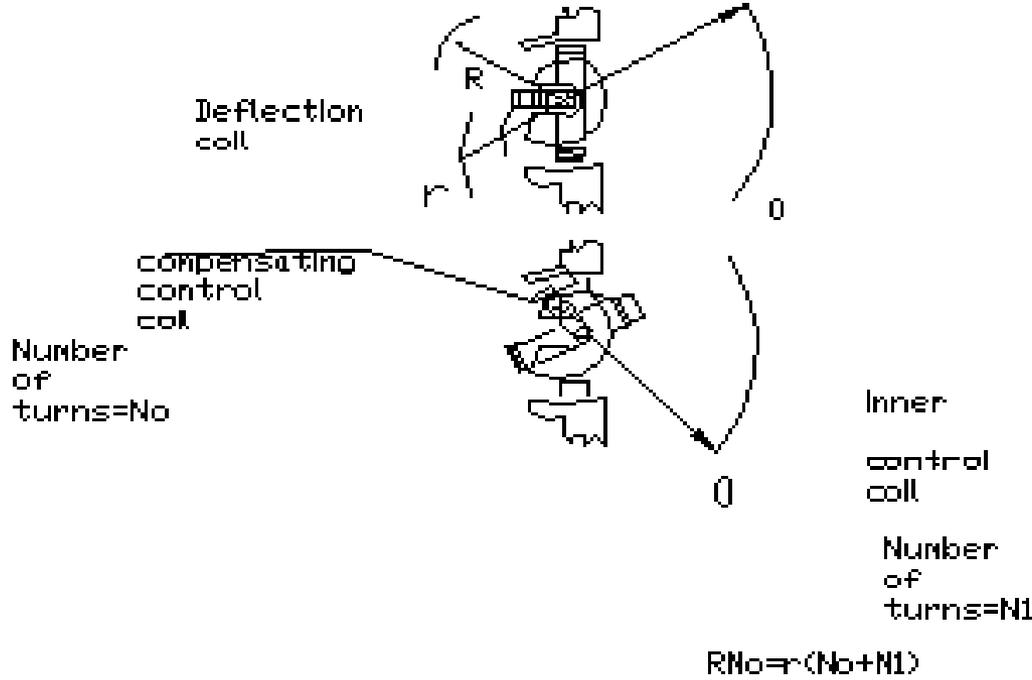
يتألف الجهاز من المنظومة المتحركة والتي تتكون من ملفين وهما ملف السيطرة (control coil)

والملف المؤشر أو ملف الانحراف (Deflecting coil)

الملفان مربوطان بشكل ثابت إلى بعضهما وبزاوية مقدارها تسعون درجة . أما الربط الكهربائي فهما مربوطان على التوازي مع مولد صغير وبقطبية اتجاهها يؤهل توليد عزوم متضادة فيها . تتحرك الملفات في الفسحة وهي مربوطة على التوالي مع مقاومة ثابتة لدائرة السيطرة , أما ملف الانحراف فمربوط على التوالي مع مقاومة ثابتة ومع المقاومة الخارجية قيد الاختبار.

توصل نهايات الملفات مع أسلاك توصيل (Ligaments) ذات مقاومة ضئيلة جدا حتى

لا تؤثر على القراءة والحركة. عندما تكون المقاومة المقاسة عالية جدا (ماليانهاية) فسوف لن يمر تيار بملف الانحراف مما تعامد الملف المسيطر على المحور المغناطيسي وعند ذلك يؤشر المؤشر على إشارة (الماليانهاية) على مدرج المقياس أما في حالة كون المقاومة قيد الفحص أقل من السابق فأن تيارا سوف يمر في ملف الانحراف محركا إياه باتجاه عقرب الساعة . أما العزم المسيطر فينشأ عنه دائما عزم معارض يزداد تدريجيا بازدياد الانحراف أو الدوران الزاوي ويتحقق الاستقرار للمنظومة المتحركة بتساوي العزمين.



يتألف الملف المسيطر من جزأين على التوالي يشكل الجزء الخارجي منه ملف التعويض ويتم ربطه بتناسب مع عدد اللفات ويتباعد أنصاف الأقطار عن مركز الحركة أو التعليق بحيث إن العزم المتولد من تأثير مجال مغناطيسي خارجي منتظم الشدة يولد عزوم فيه متضادة ولاغلبية لأحدهما على الآخر

يمتلك الميكر مولد تيار مباشر صغير ومشغل يدويا باستطاعته توليد فولتية مقدارها (100,250,500,1000,2500) فولت اعتمادا على نوع الميكر . يشغل المولد يدويا من خلال عجلات مسننه قارن ترحلقي أو دوار (Clutch) مسيطر عليه بالقوة اللامركزية كي يفصل عند وصول السرعة التدويرية إلى سرعة معينة وبهذا نستطيع الحصول على فولتية مستمرة ثابتة .

Post-Test

Ex2: D.c Amper meter F.s.D=1mA , $R_m=24\Omega$ we found
 $\frac{1}{2}$ F.s. D.=2000 Ω (R_h) , $E=3v$ Find (R_P , R_1) .

مقياس تيار مستمر تأشيرة كاملة مدرجه = 1 ملي أمبير ومقاومة ملفاته = 24 اوم . تم فحص المقياس
ووجد أن مقاومة نصف تأشيرة المدرج = 2000 اوم , فولتية البطارية = 3 فولت . أوجد
المقاومتين (R_P , R_1) والتي يجب تحديد قيمتهما لاشتغال الجهاز

solution : $I_x=3/2000=0.0015A$, $I_{F.s.D}=1 \text{ mA}$

$$\therefore I_{R_2}=0.0015-0.001=0.0005A$$

$$R_2 \cdot I_{R_2} = R_m \cdot I_m \quad \therefore R_2 = (24 \times 0.001) / 0.0005 = 48\Omega$$

$$R_p = (R_m \times R_2) / (R_m + R_2) = (24 \times 48) / (24 + 48) = 16\Omega$$

$$\therefore R_1 = 2000 - 16 = 1984 \Omega$$

الأسبوع الحادي والعشرون والثاني والعشرون
دوائر التيار المتناوب ذات ثلاثة أطوار

3- phase circuits

- over view النظرة الشاملة -

A- Population target

الفئة المستهدفة

☐ Student of first year of

Electrical Techniques Department

طلبة قسم التقنيات الكهربائية – السنة الأولى

- It is very important to study **3- phase circuits**

الفكرة المركزية C – Central Idea

- Definition **3- phase circuits**
-
- To learn star and delta connection .

Aim of lecture : To make students able to how to generate alternating current one phase and two stages and three phases with the knowledge of how to link the star and the triangle and the characteristics of each link in the case of pregnancy balanced and unbalanced

Pre test: Custom pregnancy balanced and unbalanced load

Solution:

Balanced Load: means that the same amount of passes in each branch currents loads have the same values You attempt the same amount of power. and be here equal powers in three phases.

The unbalanced load:

Is load harm pulls different streams in every phase of its three phases imbalance loads values in each phase. Thus, the Value or the amount of each phase is different according to the value of load .

3- phase circuits

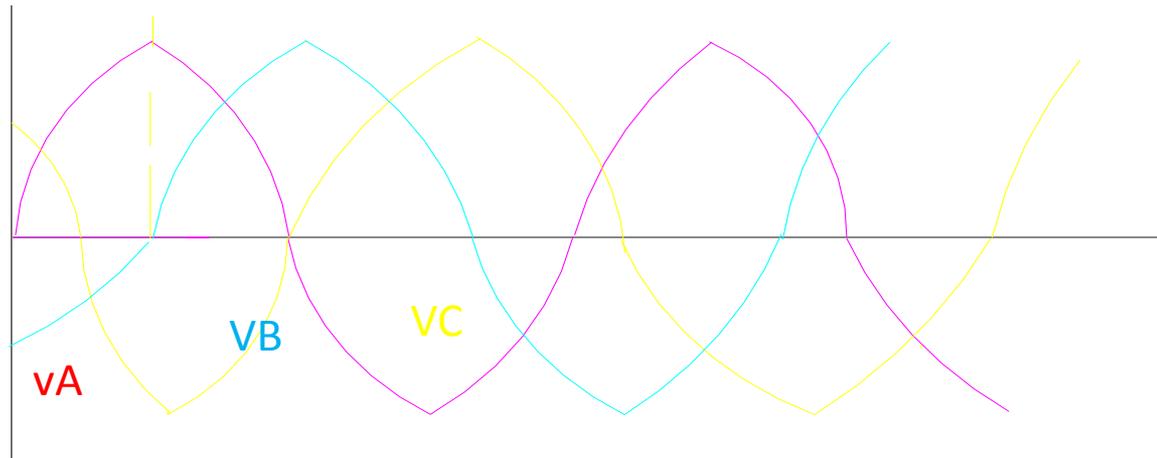


Generator with more than one winding is which the induced e.m.f. are of the same amplitude (سعة) and frequency but are shift in phase are called poly phaser generator .

The most Common (الشائع) used in practice (عمليا) for generation transmission (النقل) and distribution (التوزيع) of electrical power is the 3- Φ system .

We can Commends or adopted (تشيد أو تبني) to 3- Φ quantities (كميات) as (1,2 and 3) , (U,V and W) , (R,S and T)

Waves form



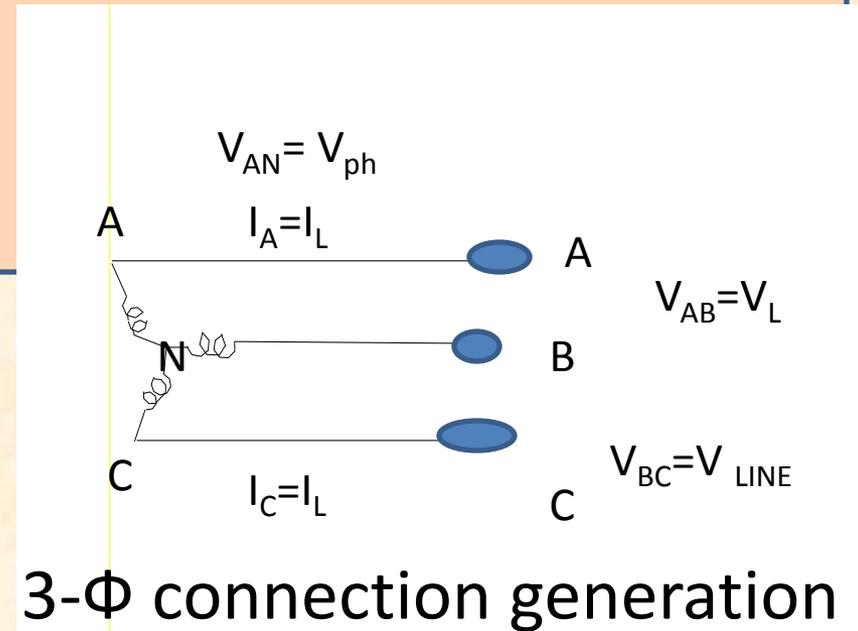
$$V_A = V_m \cdot \sin \omega t$$

$$V_B = V_m \cdot \sin(\omega t - 120)$$

$$V_C = V_m \cdot \sin(\omega t - 240)$$



Star connection (Y)



3- Φ connection generation

$$V_{AN}, V_{BN} \text{ and } V_{CN} = V_{ph}$$

$$V_{AB}, V_{BC} \text{ and } V_{CA} = V_{Line}$$

$$I_A, I_B \text{ and } I_C = I_{Line} = I_{Ph}$$

$$V_{AB} = 3 \times \sqrt{V_{AN}}, \quad V_L = 3 \times \sqrt{V_{ph}}, \quad I_L = I_{ph}$$

Power in star connection (in balance case)

$$P = P_A + P_B + P_C \therefore P = 3P_A$$

$$I_L = I_{ph}, \quad V_L = 3 \times \sqrt{V_{ph}}$$

$$\therefore P = 3 (V_L / \sqrt{3}) \times I_L \cdot \cos \theta \text{ (watt)} = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \cos \theta \text{ (watt)}$$

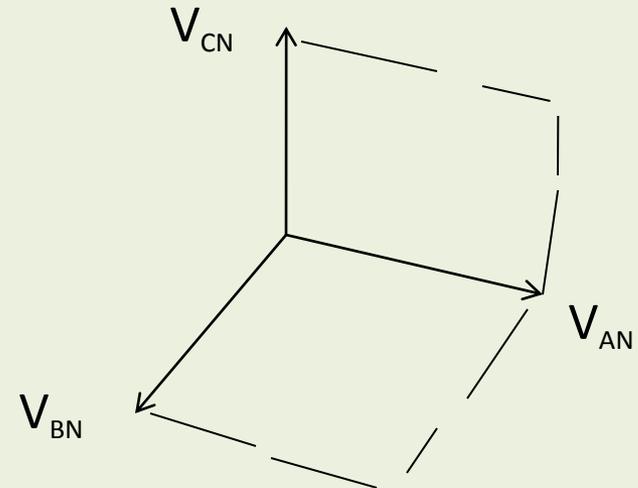
[Active power]

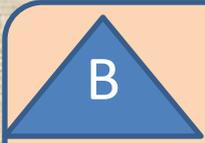
$$S = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \text{ (v.A)}$$

[Apparent power]

$$Q = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \sin \theta \text{ (var)}$$

[Reactive power]





Delta connection (Δ)

3- Φ A connected generator

$$V_{AB}, V_{BC}$$

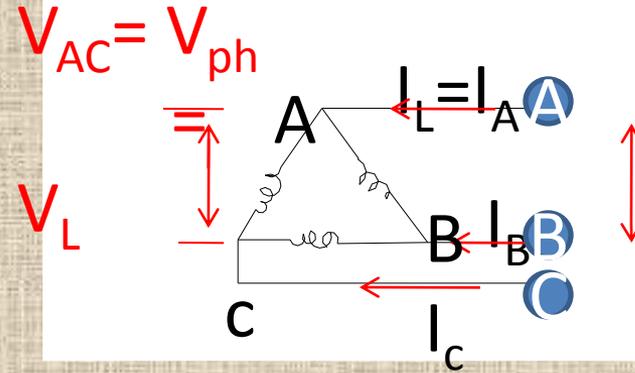
$$I_{AB}, I_{BC}$$

$$I_A, I_B$$

$$\text{and } V_{CA} = V_{ph} = V_L$$

$$\text{and } I_{Ac} = I_{ph}$$

$$\text{and } I_C = I_L$$



$$V_{AB} = V_L = V_{ph}$$

3- Φ connection

$$V_L = V_{ph} \quad , \quad I_L = \sqrt{3} I_{ph}$$

Power in delta connection (in balance case)

$$P = P_{AB} + P_{BC} + P_{AC} \therefore P = 3P_{AB}$$

$$P = 3 V_{ph} \times I_{ph} \times \cos \theta \quad \text{But } I_L = \sqrt{3} I_{ph} \text{ , } V_L = V_{ph}$$

$$\therefore P = \sqrt{3} V_L \times I_L \times \cos \theta \text{ (watt)}$$

$$S = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \text{ (v.A)}$$

$$Q = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \sin \theta \text{ (var)}$$

Solution :

$$I_{ph} = V_{ph}/Z, V_L = 3 V_{ph}, V_{ph} = V_L / \sqrt{3} = 400 / \sqrt{3} = 231 \text{ v}$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10\Omega$$

$$\Theta = \tan^{-1} X_L/R \therefore \Theta = \tan^{-1} 6/8 = 36.8^\circ$$

$$\therefore Z = 10 < 36.8, I_{ph} = V_{ph}/Z = 231/10 < 36.8$$

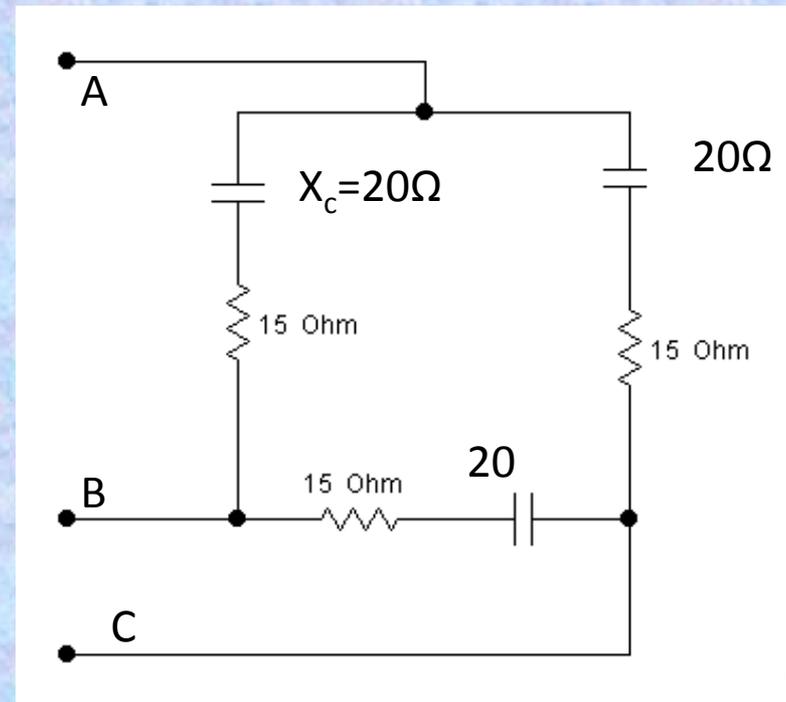
$$\therefore I_{ph} = 23.1 < 36.8 \text{ A} = I_L$$

$$P = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \cos \Theta = \sqrt{3} \times 400 \times 23.1 \times \cos 36.8$$

$$\therefore p = 12800 \text{ watt}$$

Ex2: A balance 3- Φ , (Δ) connected Load has ($R=15\Omega$) and ($X_c=20\Omega$) for each phase applied from 3- Φ generator with ($v=220v$) find :

- 1) Line current
- 2) Total power dissipated in the cct.



Solution :

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_{ph} , I_{ph} = I_L / \sqrt{3}$$

$$|Z| = \sqrt{15^2 + 20^2} = 25\Omega, \theta = \tan^{-1} - 20/15 = -53.1^\circ$$

$$\therefore Z = 25 \angle -53.1^\circ \Omega$$

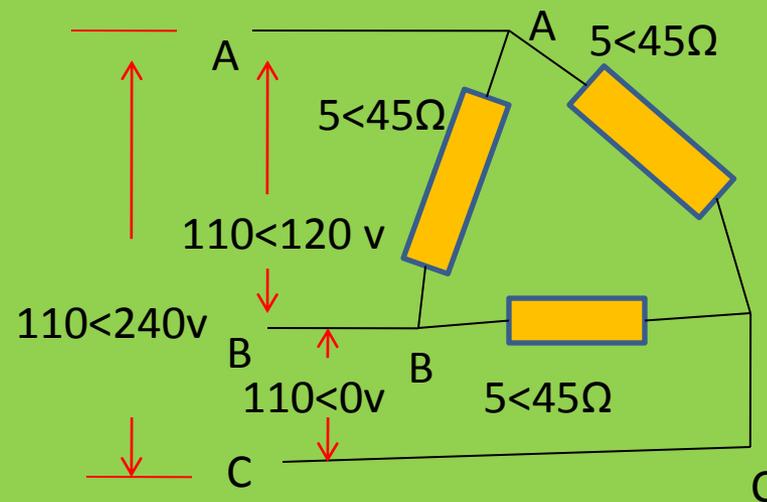
$$\therefore I_{ph} = 220/25 \angle -53.1^\circ = 8.8 \angle -53.1^\circ \text{ A}$$

$$I_L = \sqrt{3} I_{ph} = 3 \times 8.8 \angle -53.1^\circ = 15.24 \angle -53.1^\circ \text{ A}$$

$$P = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \cos \theta = \sqrt{3} \times 220 \times 15.24 \times \cos 53.1^\circ$$

$$\therefore P = 3487 \text{ watt}$$

Ex3; For the cct. Shown the voltage of the generator is (110v) calculate Line current value I_A, I_B, I_C and sketch the phase diagram .



Solution: $I_{AC} = 110 \angle 240^\circ / 5 \angle 45^\circ = 22 \angle 195^\circ \text{ A} = (-21.2 + j 5.7) \text{ A}$

$$I_{CB} = 110 \angle 0^\circ / 5 \angle 45^\circ = 22 \angle -45^\circ \text{ A} = 15.5 - j 15.5 \text{ A}$$

$$I_{AB} = 110 \angle 120^\circ / 5 \angle 45^\circ = 22 \angle 75^\circ \text{ A} = 5.7 + j 21.1 \text{ A}$$

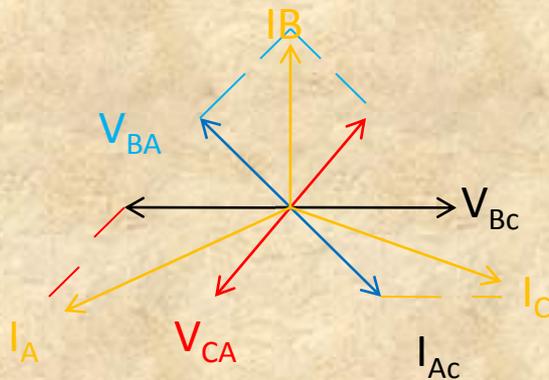
By using Kirchhoff's current law

$$I_A + I_{BA} = I_{AC} \quad \therefore I_A = I_{AC} - I_{BA}$$

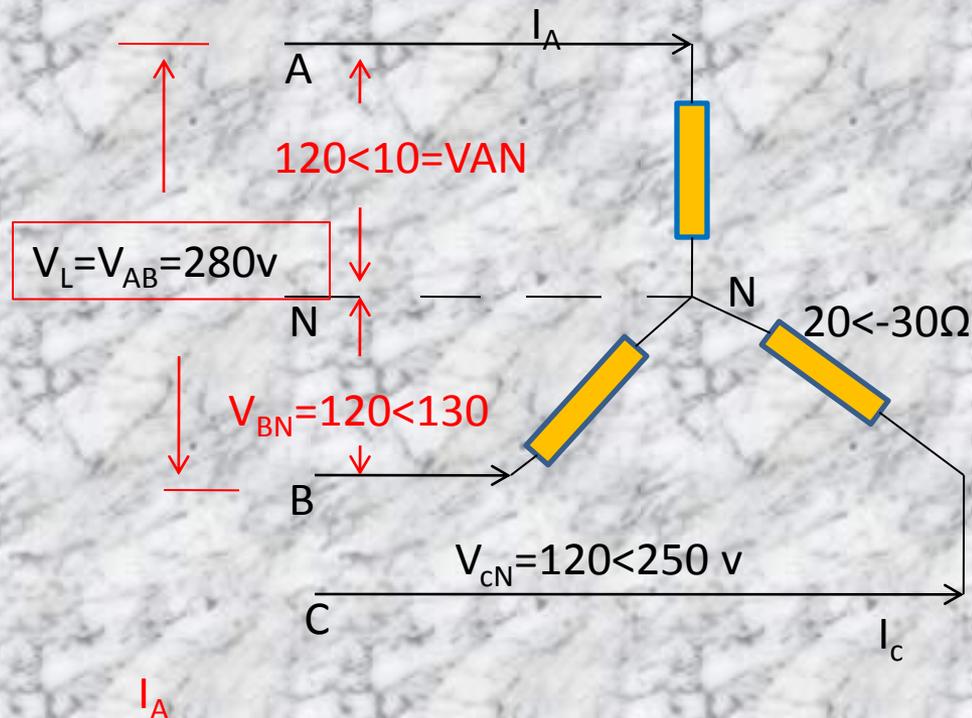
$$= 22 \angle 195^\circ - 22 \angle 75^\circ = 21.2 - j 5.7 - (5.7 + j 21.1) = 17.35 \angle -29.68^\circ \text{ A}$$

$$I_B + I_{CB} = I_{BA} \quad \therefore I_B = I_{BA} - I_{CB} = 22 \angle 75^\circ - 22 \angle -45^\circ = 12.5 \angle 57.98^\circ \text{ A}$$

$$I_C + I_{AC} = I_{CB} \quad \therefore I_C = 22 \angle -45^\circ - 22 \angle 195^\circ = 41.23 \angle -25^\circ \text{ A}$$



EX4: 3- Φ cct. With(4)line and voltage= $280\angle 10^\circ$ v , The Points A,B and C are connected to N equal impedance for star ($20\angle -30^\circ \Omega$). Calculate :Line current value And sketch the phaser diagram.



Solution : $V_L = \sqrt{3} \times V_{ph} \quad \therefore V_{ph} = V_L / \sqrt{3}$

$$V_{ph} = 280 / \sqrt{3} = 161.65 \text{ V}$$

$$I_A = 120 \angle 10^\circ / 20 \angle -30^\circ = 6 \angle 40^\circ \text{ A}$$

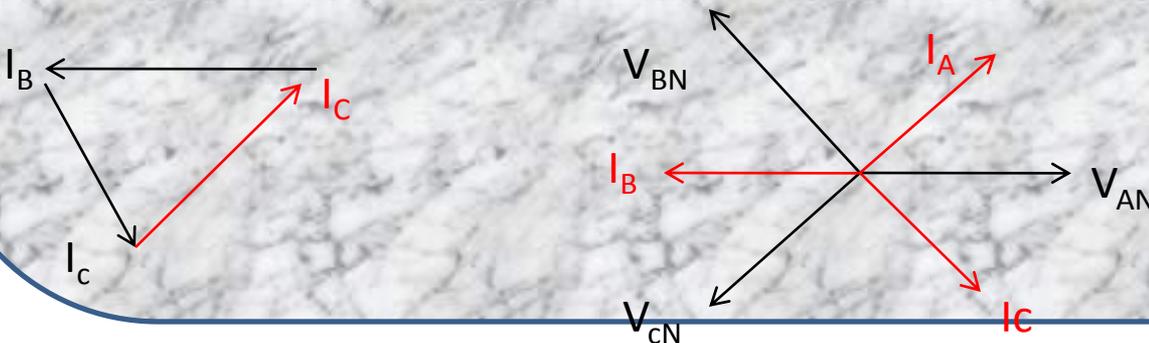
$$I_B = 120 \angle 130^\circ / 20 \angle -30^\circ = 6 \angle 160^\circ \text{ A}$$

$$I_C = 120 \angle 250^\circ / 20 \angle -30^\circ = 6 \angle 280^\circ \text{ A}$$

$$I_N = I_A + I_B + I_C = 6 \angle 40^\circ + 6 \angle 160^\circ + 6 \angle 280^\circ$$

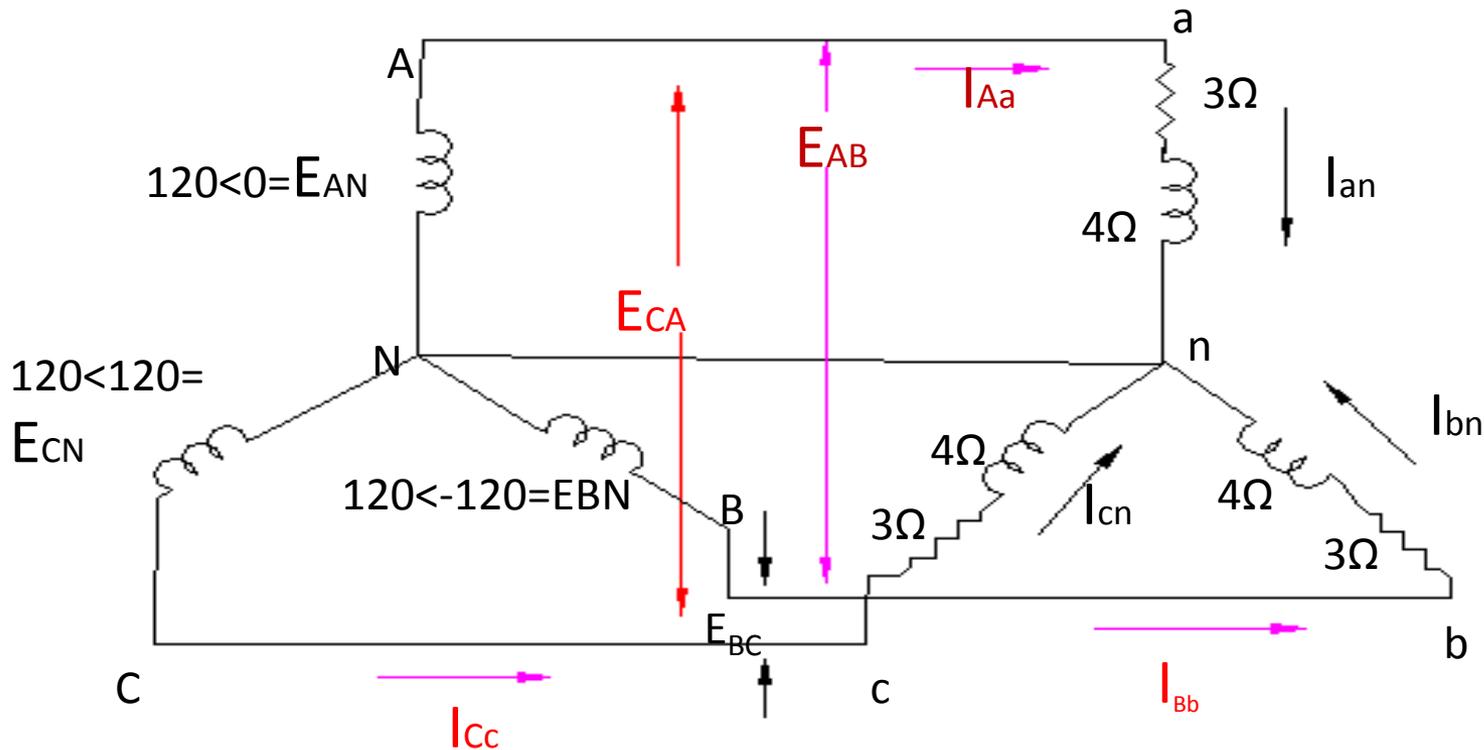
When we convert to J – operator we find:

$$\therefore I_N = 0 \text{ A}$$



Ex5: The cct. Of the stare(Y) Generator as shown in figer :-

- Find the magnitude of the Line voltage .
- Find the Line current.
- Verify (حقق) that since the Load is balanced, $I_N=0$



solution

Ex5

$$a) E_L = \sqrt{3} \cdot E_{ph} = 1.73 \times 120 = 208 \text{ V} = E_{AB} = E_{BC} = E_{CA}$$

$$b) V_{ph} = E_{ph} \quad \therefore V_{an} = E_{AN}, V_{bn} = E_{BN}, V_{cn} = E_{CN}$$

$$I_{ph} = I_{an} = V_{an} / Z_{an} = 120 \angle 0^\circ / 3 + j4 = 120 \angle 0^\circ / 5 \angle 53.13^\circ = 24 \angle -53.13^\circ \text{ A}$$

$$I_{bn} = V_{bn} / Z_{bn} = 120 \angle -120^\circ / 5 \angle 53.13^\circ = 24 \angle -173.13^\circ \text{ A}$$

$$I_{cn} = V_{cn} / Z_{cn} = 120 \angle 120^\circ / 5 \angle 53.13^\circ = 24 \angle 66.87^\circ \text{ A}$$

$$I_L = I_{ph}$$

$$\therefore I_{Aa} = I_{an} = 24 \angle -53.13^\circ \text{ A}$$

$$I_{bn} = I_{bn} = 24 \angle -173.13^\circ \text{ A}$$

$$I_{cn} = I_{cn} = 24 \angle 66.87^\circ \text{ A}$$

$$I_N = I_{Aa} + I_{Bb} + I_{Cc}$$

$$I_{Aa} = 24 \angle -53.13^\circ \text{ A} = 14.4 - j19.2$$

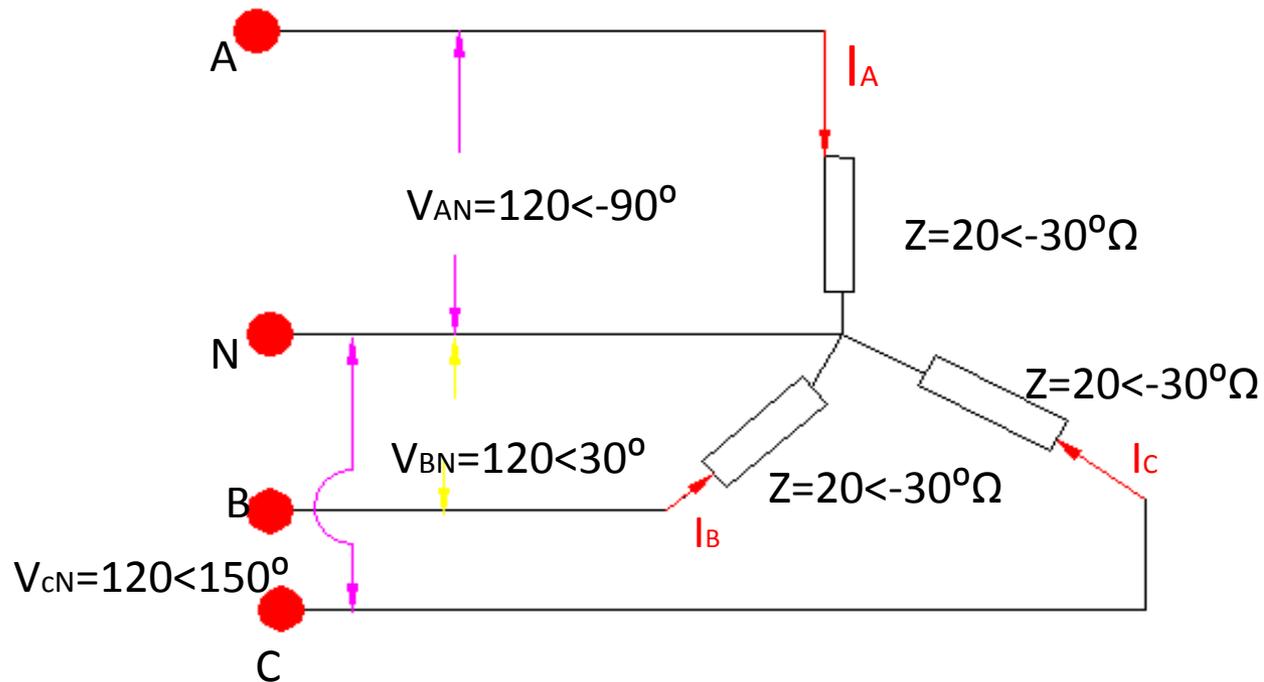
$$I_{Bb} = 24 \angle -173.13^\circ \text{ A} = -23.83 - j2.87$$

$$I_{Cc} = 24 \angle 66.87^\circ \text{ A} = 9.43 + j22.07$$

$$\therefore I_N = 14.4 - j19.2 + -23.83 - j2.87 + 9.43 + j22.07 = 0$$

Post test

Ex6: For the cct. Shown below Calculate lines currents , Sketch the phasor diagram and find different powers .



Solution
Ex6

$$I_L = I_{ph} \quad I_A = V_{AN} / Z_P = 120 \angle -90^\circ / 20 \angle -30^\circ = 6 \angle -60^\circ \text{ A}$$

$$I_B = V_{BN} / Z_P = 120 \angle 30^\circ / 20 \angle -30^\circ = 6 \angle 60^\circ \text{ A}$$

$$I_C = V_{CN} / Z_P = 120 \angle 150^\circ / 20 \angle -30^\circ = 6 \angle 180^\circ \text{ A}$$

$$P = 3 \times V_p I_p \cos \phi$$

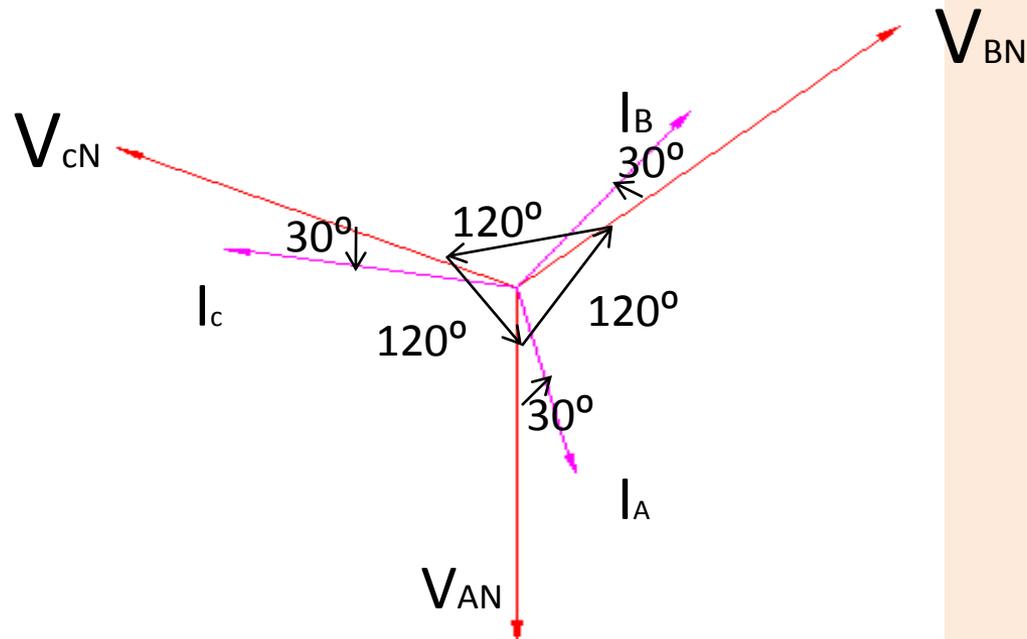
$$= 3 \times 120 \times 6 \times 0.866 = 1870 \text{ watt}$$

$$S = P / \cos \phi = 3 V_p I_p \text{ V.A}$$

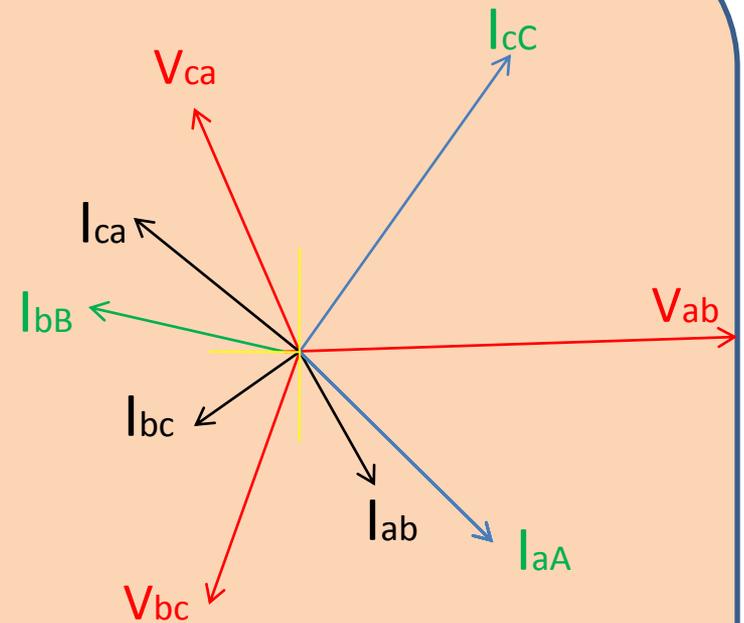
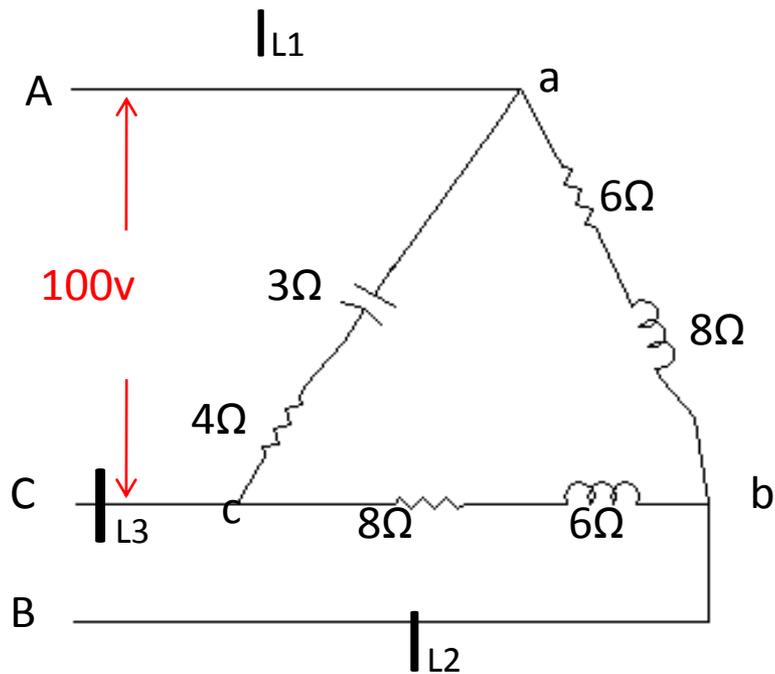
$$= 3 \times 120 \times 6 = 2160 \text{ V.A}$$

$$Q = S \sin \phi = S \sin 30$$

$$= 2160 \times 0.5 = 1080 \text{ VAR}$$



Ex7: For the **unbalanced** system shown calculate the current at each phase and currents lines ,the dissipated power at the load when the phases as (abc) .



solutionEx7

$$V_{ab}=100 \angle 0 = 100 + j0 \text{ v} \quad , \quad V_{bc}=100 \angle -120 = 100 \cos(-120) + j100 \sin(-120)$$
$$V_{bc} = -50 - j86.6 \text{ v} \quad , \quad V_{ca}=100 \angle 120 = 100 \cos 120 + j100 \sin 120$$
$$V_{ca} = -50 + j86.6 \text{ v}$$

$$I_{ab} = V_{ab} / Z_{ab} = (100 + j0) / (6 + j8) = 10 \angle -53 \text{ A}$$

$$I_{ca} = V_{ca} / Z_{ca} = (-50 + j86.6) / (4 + j3) = 20 \angle 156 \text{ A}$$

$$I_{L2} = I_{bB} = I_{bc} + I_{ba} = I_{bc} - I_{ab} = 9 \angle 15 - 10 \angle -53$$

$$\therefore I_{L2} = 16.73 \angle 165 \text{ A}$$

$$I_{bc} = V_{bc} / Z_{bc} = (-50 - j86.6) / (8 + j8) = 9 \angle 15 \text{ A}$$

$$I_{L1} = I_{aA} = I_{ab} + I_{ac} = I_{ab} - I_{ca} = 10 \angle -53 + 20 \angle 156$$

$$\therefore I_{L1} = 29.1 \angle -33.2 \text{ A}$$

$$I_{L3} = I_{cC} = I_{ca} + I_{cb} = I_{ca} - I_{bc} = 20 \angle 156 - 9 \angle 15$$

$$\therefore I_{L3} = 14.94 \angle 52 \text{ A}$$

$$P_{ab} = (I_{ab})^2 \times R_{ab} = 10^2 \times 6 = 600 \text{ watt}$$

$$P_{ca} = (I_{ca})^2 \times R_{ca} = 20^2 \times 4 = 1600 \text{ watt}$$

$$P_{bc} = (I_{bc})^2 \times R_{bc} = 10^2 \times 8 = 800 \text{ watt}$$

$$\therefore P_T = 600 + 800 + 1600 = 3000 \text{ watt}$$

الأسبوع الثالث والعشرون

قياس القدرة للأحمال ذات ثلاثة أطوار

Three phase power measurement

over view النظرية الشاملة -

A- Population target

الفئة المستهدفة

☐ Student of first year of

Electrical Techniques Department

طلبة قسم التقنيات الكهربائية – السنة الأولى

مبررات الوحدة

B –Rationale

- It is very important to study
Three phase power measurement

الفكرة المركزية C – Central Idea

- **Definition Three phase power measurement**
- **To learn wattmeter's method.**

Aim of Lecture : To learn the student how he was measured single and 3-phase power

Pre test

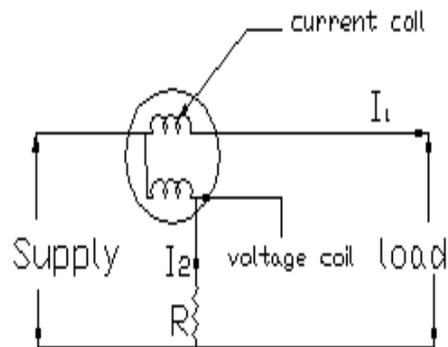
Define : Active ,reactive and apparent power

Solution

$P=V.I\cos\theta$ watt (Active power), $Q=V.I\sin\theta$ var (Reactive Power)
 $S=V.I$ (v.A) (apparent power)

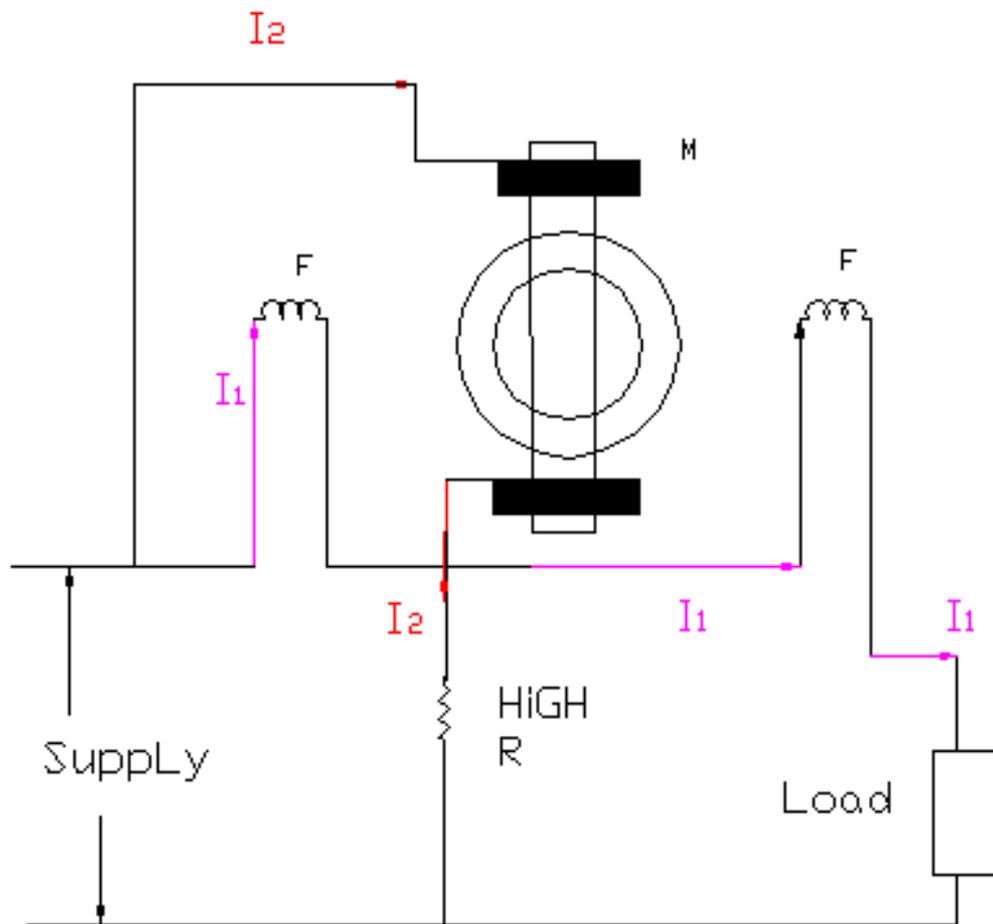
(1) **Single wattmeter method** : This cct. Is suitable only for a balanced load

طريقة واطميتر مفرد / وهو مناسب للأحمال المتزنة فقط



$$P=3P1$$

لاحظ اتجاه ربط لف الجهد
دائماً باتجاه الحمل حتى
لا يدخل جهد مقياس التيار
في قراءة الفولتميتر.



$$P = i_A \cdot V_{Aa} + i_B \cdot V_{Bb} + i_C \cdot V_{Cc}$$

It is suitable for Y-connected or Δ -connected

Balanced or unbalanced loads.

The load Power is sum of the meter readings

i_A = instantaneous current in meter W_1

$V_{AN} - V_{BN}$ = instantaneous voltage coil of W_1

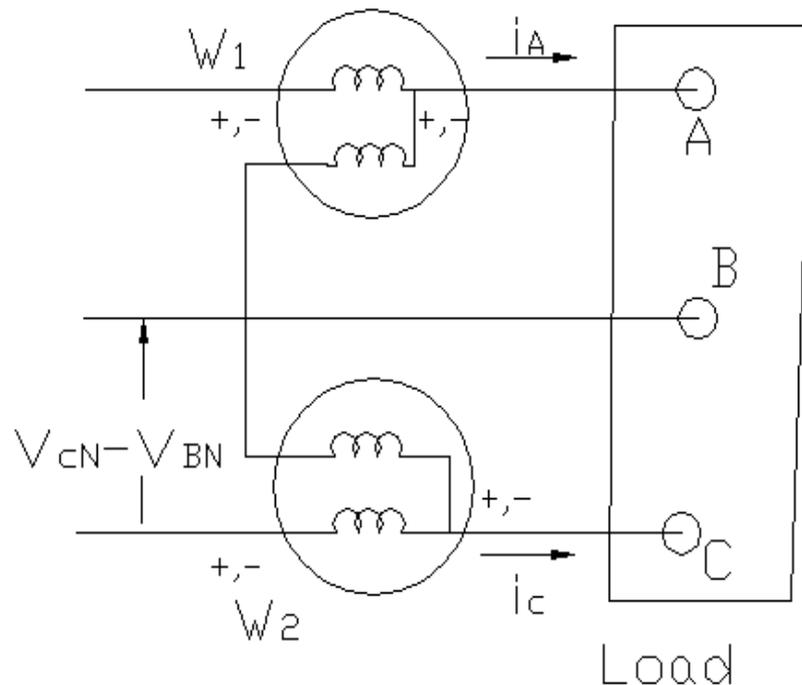
also

i_c = instantaneous current in meter W_2

$V_{CN} - V_{BN}$ = instantaneous voltage coil of W_2

(2) Two – wattmeter method

طريقة واظميتين



Most often used

There for:-

The instantaneous Powers measured by each
Of these instruments are :

$$P_1 = i_A(V_{Aa} - V_{Bb}) \quad , \quad P_2 = i_c(V_{cc} - V_{Bb})$$

$$\therefore P_1 + P_2 = P = i_A(V_{Aa} - V_{Bb}) + i_c(V_{cc} - V_{Bb}) \dots (1)$$

$$\therefore P = i_A V_{Aa} - i_A V_{Bb} + i_c V_{cc} - i_c V_{Bb}$$

$$= A V_{Aa} + i_c V_{cc} - V_{Bb} (i_A + i_c) \dots (2)$$

With balanced or Un balanced load, the algebraic sum of the currents at the neutral point of a Y- connected load must be Zero (for a 3- wires supply)

$I_A + I_B + I_C = 0$ Or ; $I_A + I_C = -I_B$(3) Substituting تعويض from Eq ..(3) in Eq..(2)

$P = I_A V_{Aa} + I_C V_{Cc} + I_B V_{Bb}$ (4) Eq..(4) is identical مماثل Eq (1) showing that the sum of the instantaneous powers measured by the two watt meters is equal to the total instantaneous power dissipated in the load .consequently the sum of the two watt meters readings is the average power dissipated in the 3-phase load .

It can also be shown that for a Δ - connected load the two watt meters indicate the total power dissipated . In this case the wattmeter current coils carry instantaneous currents of $I_A - I_C$ and $I_C - I_B$. The voltage coil instantaneous potential Differences are :- $-V_{Aa}$ and $-V_{Bb}$. The sum of the meter readings is :-

$$P = V_{Aa}(I_A - I_C) - V_{Bb}(I_C - I_B) = V_{Aa}I_A + V_{Bb}I_B - I_C(V_{Aa} + V_{Bb})$$

For Δ - connected system, there is no circulating current and :-

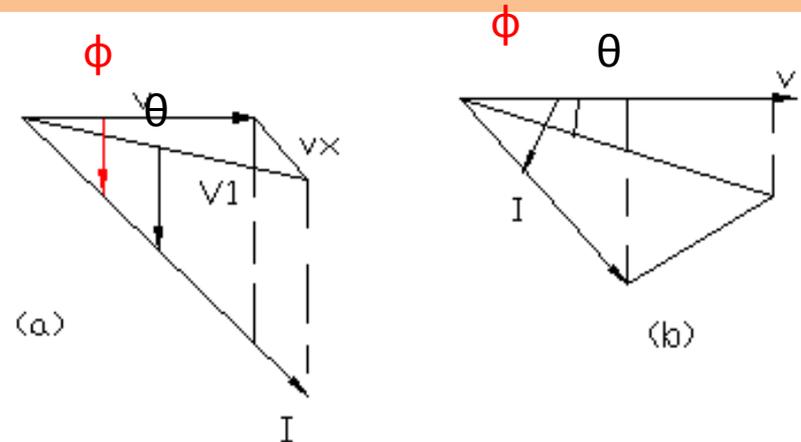
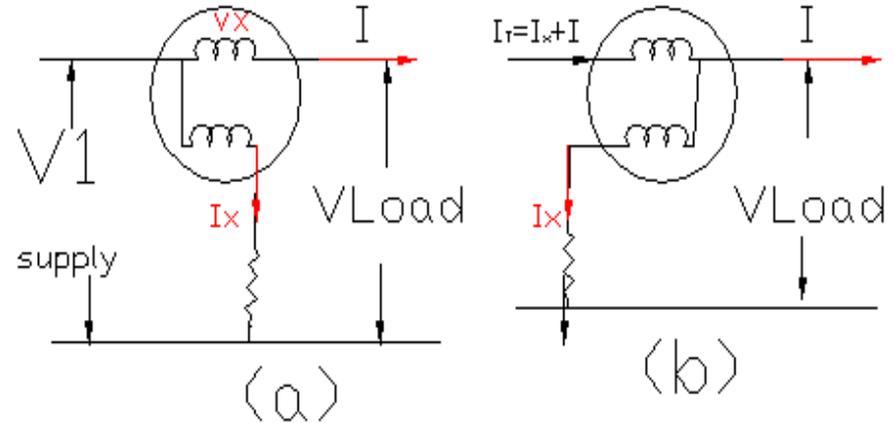
$$V_{Aa} + V_{Bb} + V_{Cc} = 0 \quad \text{or : } V_{Aa} + V_{Bb} = -V_{Cc} \quad \text{giving } P = V_{Aa}I_A + V_{Bb}I_B + V_{Cc}I_C \text{(5)}$$

Eq ...(5) is once again the same as Eq ..(1) , showing that the sum of the meter readings gives the total load power .

Error Due to Different connections

a) Wattmeter reading $= V_1 \cos \phi \cdot I$
 $= (v \cdot \cos \phi + V_x) \cdot I$
 $= V \cdot I \cos \phi + V_x \cdot I = V \cdot I \cos \phi + I^2 \cdot r$
 $= \text{Power in load} + \text{power in current coil}$

b) wattmeter reading
 $= V(I \cos \phi + I_x)$
 $= V \cdot I \cos \phi + V \cdot I_x = V \cdot I \cos \phi + V^2 / R$
 $= \text{Power in load} + \text{power in Pressure - coil circuit}$



Example (1):-

A dynamometer type wattmeter with its voltage coil connected across the load side of the instrument reads 250w . If the load voltage be 200v , what power is being taken by loads ? The voltage coil branch has a resistance of 2k Ω . Calculate reactive and apparent power

Solution :-

Power consumed by Voltage

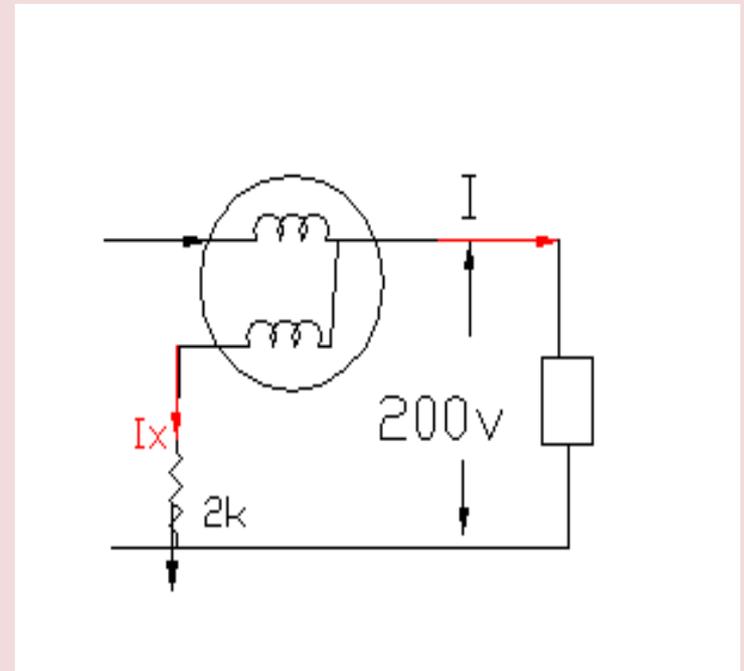
$$\text{coil} = V^2 / R =$$

$$200^2 / 2000 = 20 \text{ watt}$$

\therefore Power being taken by load

$$= 250 - 20 = 230 \text{ watt}$$

$$Q = VI \sin \theta$$

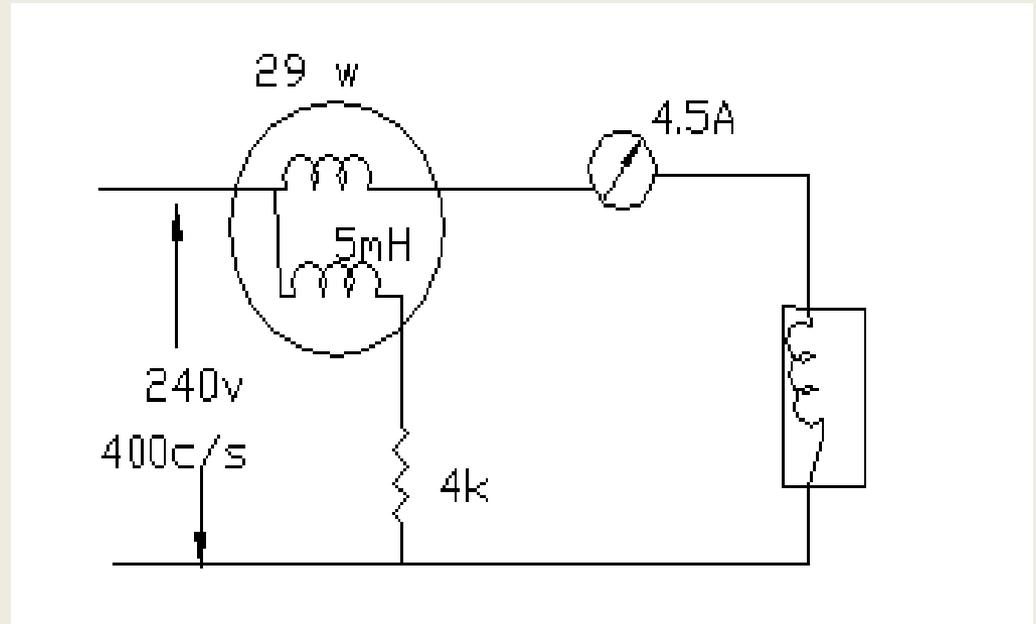


Ex (2):- The current coil of a wattmeter is connected in series with an ammeter and an Inductive load .

A voltmeter and the Voltage circuit of the wattmeter are connected

Across a (400 Hz) supply . The ammeter reading is 4.5 A and voltmeter and wattmeter reading are respectively (240v , 29 watt) . The inductance of the voltage cct. is (5mH)

and its resistance is (4k) . If the voltage drops across the ammeter and current coil are negligible , What is the percentage error in wattmeter reading?



Solution :

The reactance of the voltage coil cct. Is

$$X_p = 2\pi f L = 2\pi \times 400 \times 5 \times 10^{-3} = 4\pi \Omega$$

$$\tan \theta = X_p / R = 4\pi / 4000 = 0.003 / 42 \therefore \theta = 0.003142 \text{ radian}$$

(angle is very small) $\therefore \theta = 0.18^\circ$ Or $\theta = 0^\circ 11'$

$$\text{True reading} = \frac{\cos \phi}{\cos \theta \cdot \cos(\phi - \theta)} \times \text{actual reading}$$

$$V \cdot I \cos \phi = \frac{\cos \phi}{\cos \theta \cdot \cos(\phi - \theta)} \times \text{actual reading} \quad , \quad V \cdot I = \frac{\text{actual reading}}{\cos(\phi - \theta)}$$

$$\cos(\phi - \theta) = 29 / (240 \times 4.5) = 0.02685 \therefore \phi - \theta = 88^\circ 28'$$

Or $\phi = 88^\circ 39' \therefore$ Percentage error = $\{(\sin \theta) / (\cot \phi + \sin \theta)\} \times 100$

$$= \{(\sin 11') / (\cot 88^\circ 39' + \sin 11')\} \times 100 = \{(0.0032 / (0.0235 + 0.0032))\} \times 100 = 12\%$$

(3) Three – Wattmeter methods

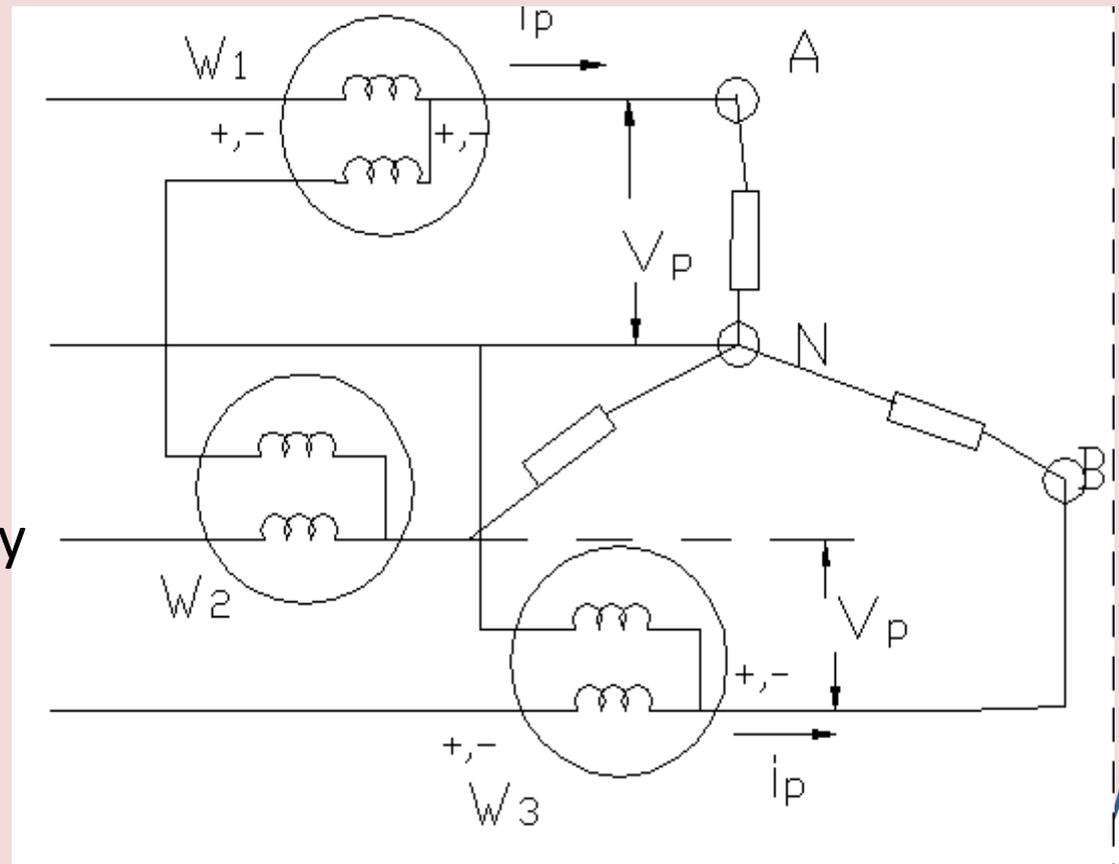
طريقة ثلاث واطميترات

$$P_1 = V_p I_p \cos \theta$$

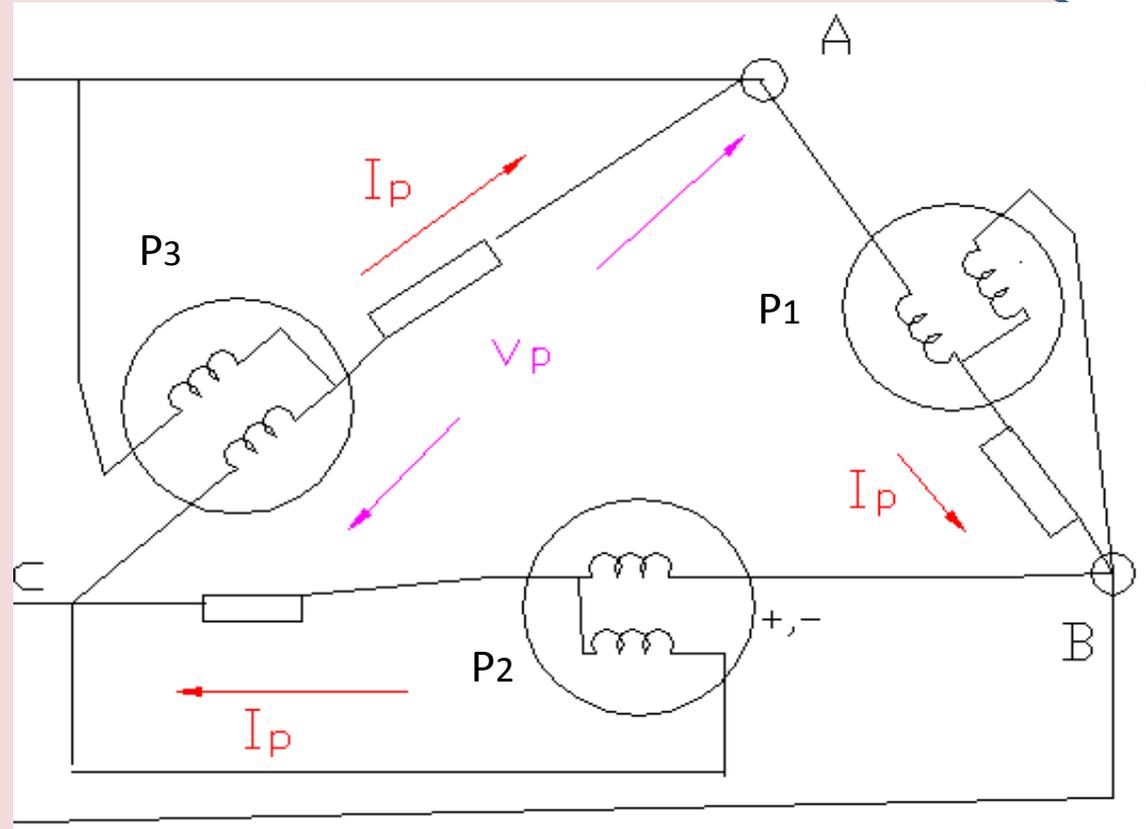
Y- connected load 4- wire
un balanced load .

$$\therefore P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

(For a balanced load only
one meter is required .)



$$P_1 = V_p I_p \cos\theta$$



Δ - connected load un balanced load
For a balanced load only one meter is required.

Post test

Ex(3):-

The Load a balanced Δ - connected is supplied from a Y- connected generator as shown. The load consists of $R_1=R_2=R_3= 33.3\Omega$ and $L_1=L_2=L_3=523\text{mH}$.

The supply has a phases voltage of 115.5v and $f=60\text{Hz}$.
The power dissipation measured by the two-wattmeter.

Calculate :-

the Load power and Power indicated by each wattmeter

Solution:

$$P = 3V_p I_p \cos \phi, \quad P = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi$$

$$V_L = 200\text{V}, \quad I_p = 1\text{A}, \quad I_L = 1.73\text{A}, \quad \phi = 80^\circ$$

$$V_L = \sqrt{3} V_p = \sqrt{3} \times 115.5 = 200\text{V}$$

$$X_L = 2\pi f L = 2 \times 60 \times 523 = 197.2\Omega$$

$$Z_1 = Z_2 = Z_3 = R + jX_L = 33 + j197.2\Omega$$

$$\therefore |Z| = \sqrt{33^2 + 197.2^2} = 200\Omega$$

$$|I_p| = |I_1| = |I_2| = |I_3| = V_L / Z = 200 / 200 = 1\text{A}$$

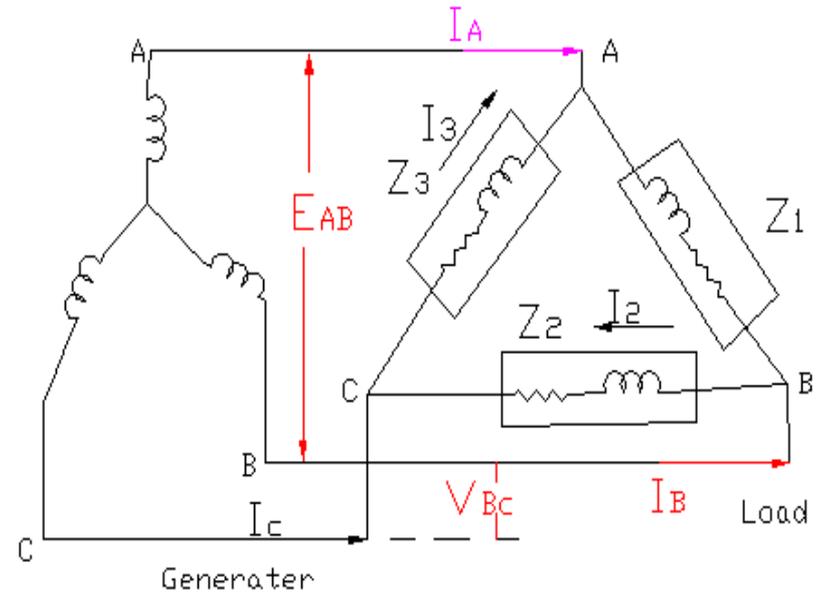
$$I_L = \sqrt{3} I_p = \sqrt{3} \times 1 = 1.732\text{A}$$

at Load :

$$V_{ph} = V_L = 200\text{V} \quad \therefore P = 3 V_p I_p$$

$$\cos \phi = 3 \times 200 \times 1 \times \cos 80.4 = 100 \text{ watt}$$

$$P = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi = \sqrt{3} \times 200 \times 1.73 \times \cos 80 = 100 \text{ watt}$$



الأسبوع الثالث والعشرون

قياس القدرة للأحمال ذات ثلاثة أطوار

Three phase power measurement

over view النظرية الشاملة -

A- Population target

الفئة المستهدفة

☐ Student of first year of

Electrical Techniques Department

طلبة قسم التقنيات الكهربائية – السنة الأولى

مبررات الوحدة

B –Rationale

- It is very important to study
Three phase power measurement

الفكرة المركزية C – Central Idea

- **Definition Three phase power measurement**
- **To learn wattmeter's method.**

Aim of Lecture : To learn the student how he was measured single and 3-phase power

Pre test

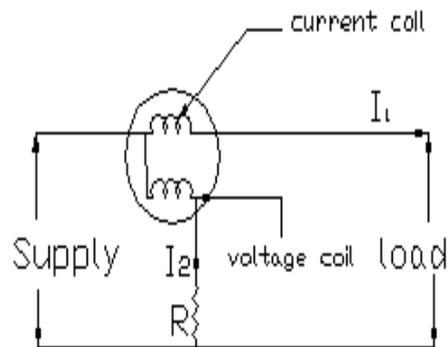
Define : Active ,reactive and apparent power

Solution

$P = V.I \cos \theta$ watt (Active power), $Q = V.I \sin \theta$ var (Reactive Power)
 $S = V.I$ (v.A) (apparent power)

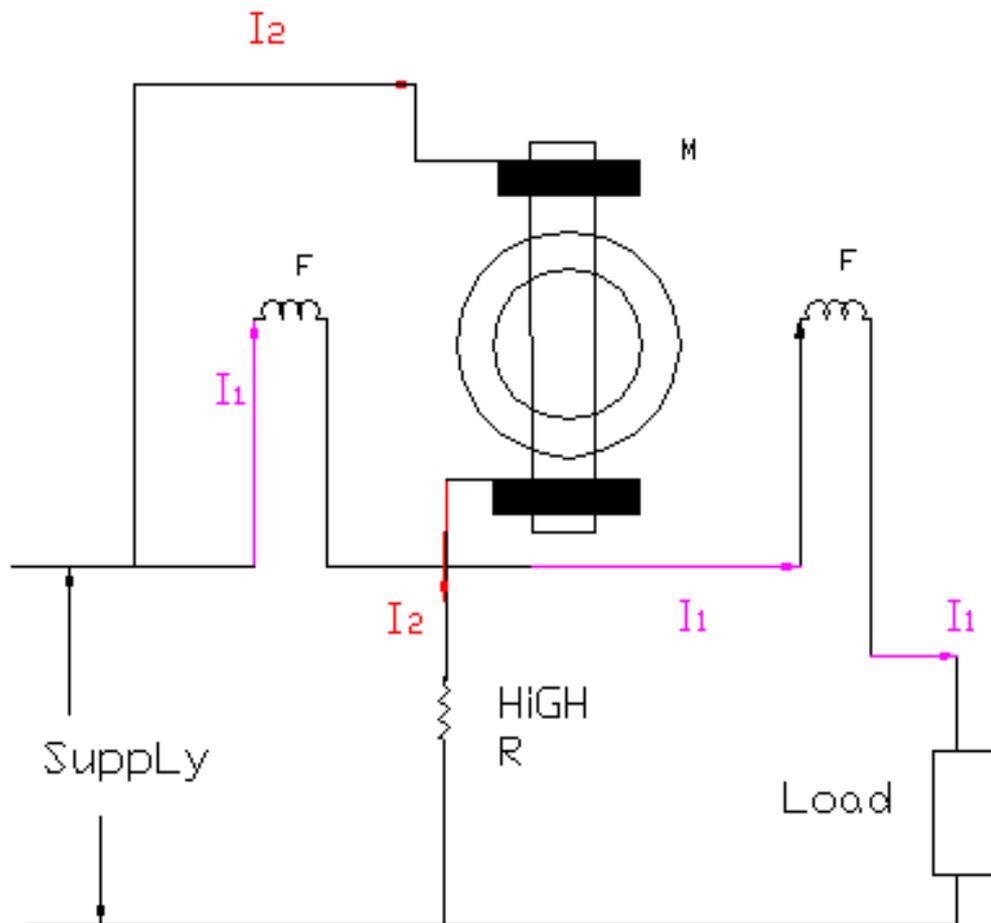
(1) **Single wattmeter method** : This cct. Is suitable only for a balanced load

طريقة واطميتر مفرد / وهو مناسب للأحمال المتزنة فقط



$$P=3P1$$

لاحظ اتجاه ربط لف الجهد
دائماً باتجاه الحمل حتى
لا يدخل جهد مقياس التيار
في قراءة الفولتميتر.



$$P = i_A \cdot V_{Aa} + i_B \cdot V_{Bb} + i_C \cdot V_{Cc}$$

It is suitable for Y-connected or Δ -connected

Balanced or unbalanced loads.

The load Power is sum of the meter readings

i_A = instantaneous current in meter W_1

$V_{AN} - V_{BN}$ = instantaneous voltage coil of W_1

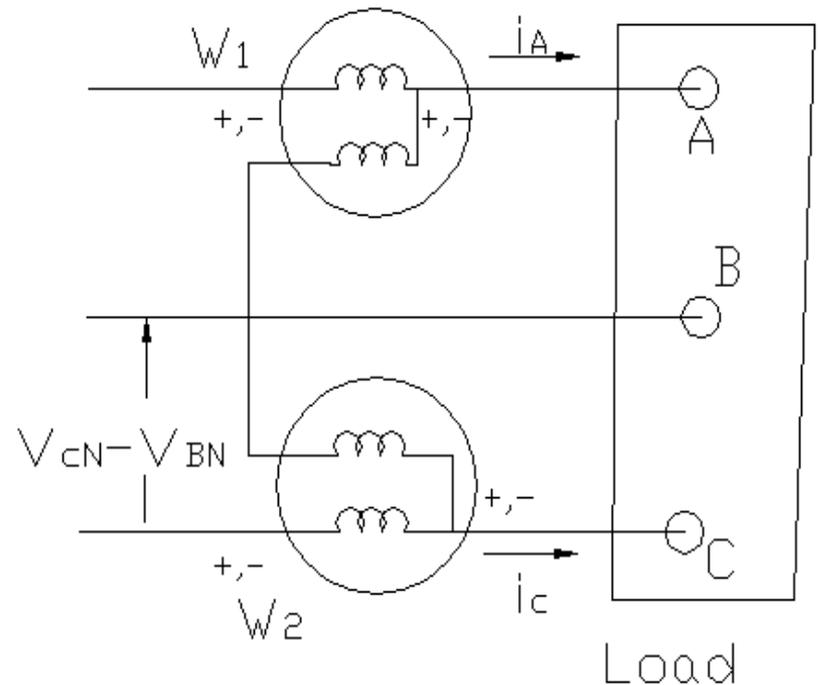
also

i_c = instantaneous current in meter W_2

$V_{CN} - V_{BN}$ = instantaneous voltage coil of W_2

(2) Two – wattmeter method

طريقة واظميترين



Most often used

There for:-

The instantaneous Powers measured by each
Of these instruments are :

$$P_1 = i_A(V_{Aa} - V_{Bb}) \quad , \quad P_2 = i_c(V_{cc} - V_{Bb})$$

$$\therefore P_1 + P_2 = P = i_A(V_{Aa} - V_{Bb}) + i_c(V_{cc} - V_{Bb}) \dots (1)$$

$$\therefore P = i_A V_{Aa} - i_A V_{Bb} + i_c V_{cc} - i_c V_{Bb}$$

$$= A V_{Aa} + i_c V_{cc} - V_{Bb}(i_A + i_c) \dots (2)$$

With balanced or Un balanced load, the algebraic sum of the currents at the neutral point of a Y- connected load must be Zero (for a 3- wires supply)

$I_A + I_B + I_C = 0$ Or ; $I_A + I_C = -I_B$(3) Substituting تعويض from Eq ..(3) in Eq..(2)

$P = I_A V_{Aa} + I_C V_{Cc} + I_B V_{Bb}$ (4) Eq..(4) is identical مماثل Eq (1) showing that the sum of the instantaneous powers measured by the two watt meters is equal to the total instantaneous power dissipated in the load .consequently the sum of the two watt meters readings is the average power dissipated in the 3-phase load .

It can also be shown that for a Δ - connected load the two watt meters indicate the total power dissipated . In this case the wattmeter current coils carry instantaneous currents of $I_A - I_C$ and $I_C - I_B$. The voltage coil instantaneous potential Differences are :- $-V_{Aa}$ and $-V_{Bb}$. The sum of the meter readings is :-

$$P = V_{Aa}(I_A - I_C) - V_{Bb}(I_C - I_B) = V_{Aa}I_A + V_{Bb}I_B - I_C(V_{Aa} + V_{Bb})$$

For Δ - connected system, there is no circulating current and :-

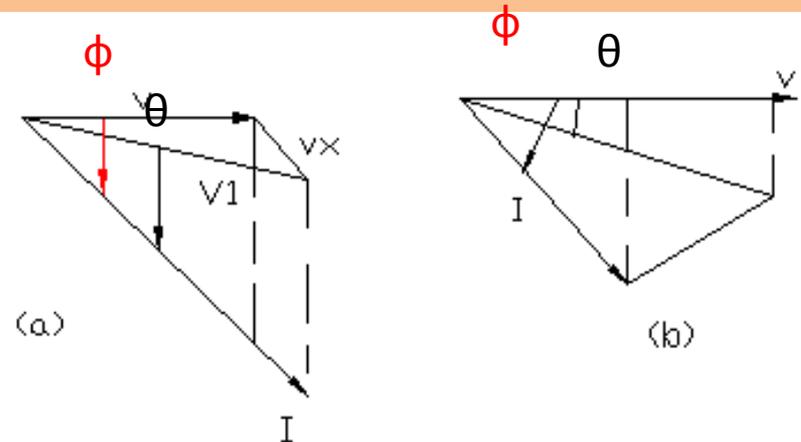
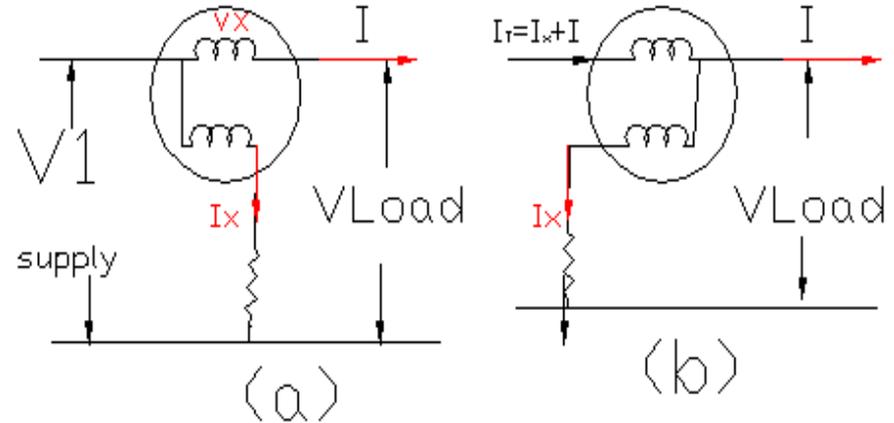
$$V_{Aa} + V_{Bb} + V_{Cc} = 0 \quad \text{or : } V_{Aa} + V_{Bb} = -V_{Cc} \quad \text{giving } P = V_{Aa}I_A + V_{Bb}I_B + V_{Cc}I_C \text{(5)}$$

Eq ...(5) is once again the same as Eq ..(1) , showing that the sum of the meter readings gives the total load power .

Error Due to Different connections

a) Wattmeter reading $= V_1 \cos \phi \cdot I$
 $= (v \cdot \cos \phi + V_x) \cdot I$
 $= V \cdot I \cos \phi + V_x \cdot I = V \cdot I \cos \phi + I^2 \cdot r$
 $= \text{Power in load} + \text{power in current coil}$

b) wattmeter reading $= V(I \cos \phi + I_x)$
 $= V \cdot I \cos \phi + V \cdot I_x = V \cdot I \cos \phi + V^2 / R$
 $= \text{Power in load} + \text{power in Pressure - coil circuit}$



Example (1):-

A dynamometer type wattmeter with its voltage coil connected across the load side of the instrument reads 250w . If the load voltage be 200v , what power is being taken by loads ? The voltage coil branch has a resistance of 2k Ω . Calculate reactive and apparent power

Solution :-

Power consumed by Voltage

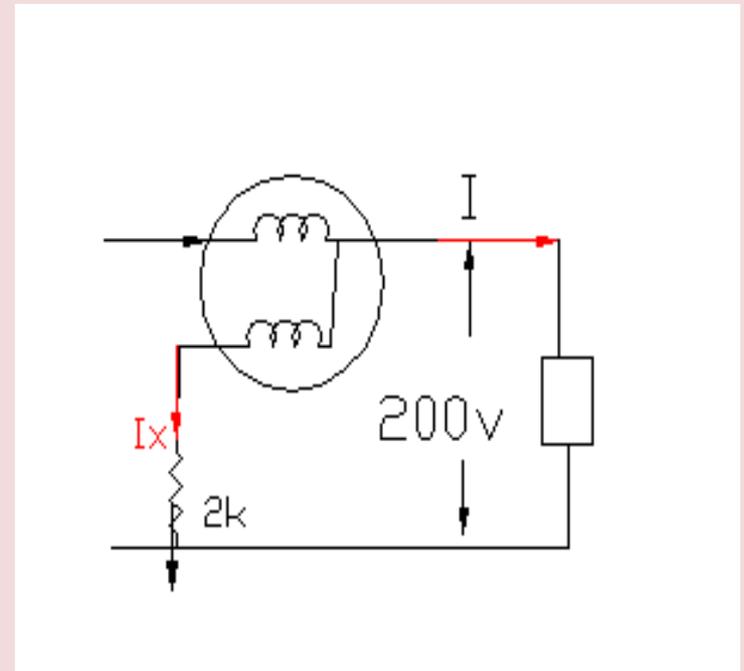
$$\text{coil} = V^2 / R =$$

$$200^2 / 2000 = 20 \text{ watt}$$

\therefore Power being taken by load

$$= 250 - 20 = 230 \text{ watt}$$

$$Q = VI \sin \theta$$

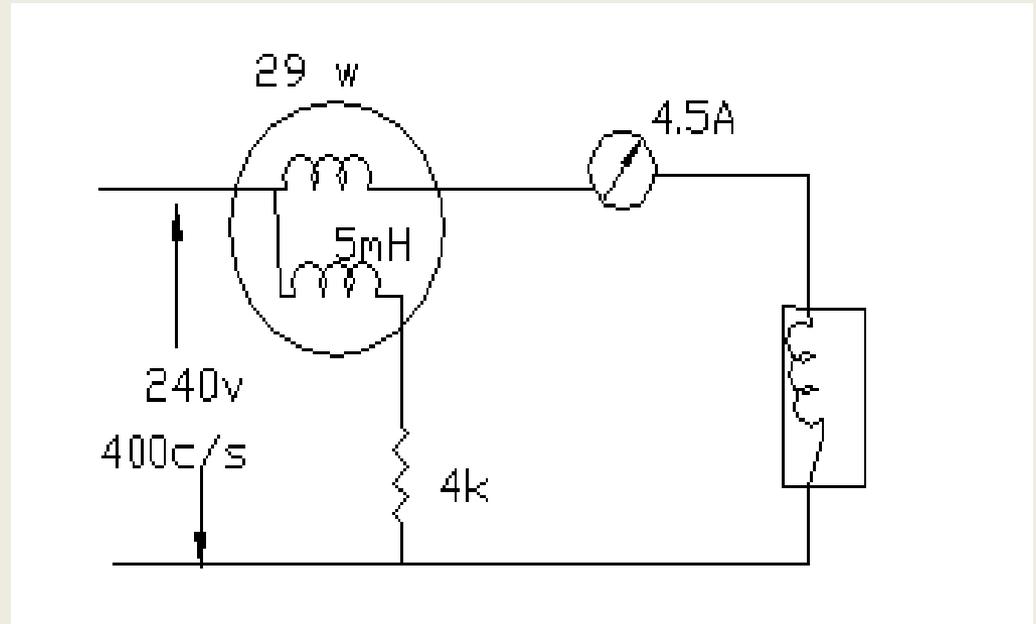


Ex (2):- The current coil of a wattmeter is connected in series with an ammeter and an Inductive load .

A voltmeter and the Voltage circuit of the wattmeter are connected

Across a (400 Hz) supply . The ammeter reading is 4.5 A and voltmeter and wattmeter reading are respectively (240V , 29 watt) . The inductance of the voltage ckt. is (5mH)

and its resistance is (4k) . If the voltage drops across the ammeter and current coil are negligible , What is the percentage error in wattmeter reading?



Solution :

The reactance of the voltage coil cct. Is

$$X_p = 2\pi f L = 2\pi \times 400 \times 5 \times 10^{-3} = 4\pi \Omega$$

$$\tan \theta = X_p / R = 4\pi / 4000 = 0.003 / 42 \therefore \theta = 0.003142 \text{ radian}$$

(angle is very small) $\therefore \theta = 0.18^\circ$ Or $\theta = 0^\circ 11'$

$$\text{True reading} = \frac{\cos \phi}{\cos \theta \cdot \cos(\phi - \theta)} \times \text{actual reading}$$

$$V \cdot I \cos \phi = \frac{\cos \phi}{\cos \theta \cdot \cos(\phi - \theta)} \times \text{actual reading} \quad , \quad V \cdot I = \frac{\text{actual reading}}{\cos(\phi - \theta)}$$

$$\cos(\phi - \theta) = 29 / (240 \times 4.5) = 0.02685 \therefore \phi - \theta = 88^\circ 28'$$

Or $\phi = 88^\circ 39' \therefore$ Percentage error = $\{(\sin \theta) / (\cot \phi + \sin \theta)\} \times 100$

$$= \{(\sin 11') / (\cot 88^\circ 39' + \sin 11')\} \times 100 = \{(0.0032 / (0.0235 + 0.0032))\} \times 100 = 12\%$$

(3) Three – Wattmeter methods

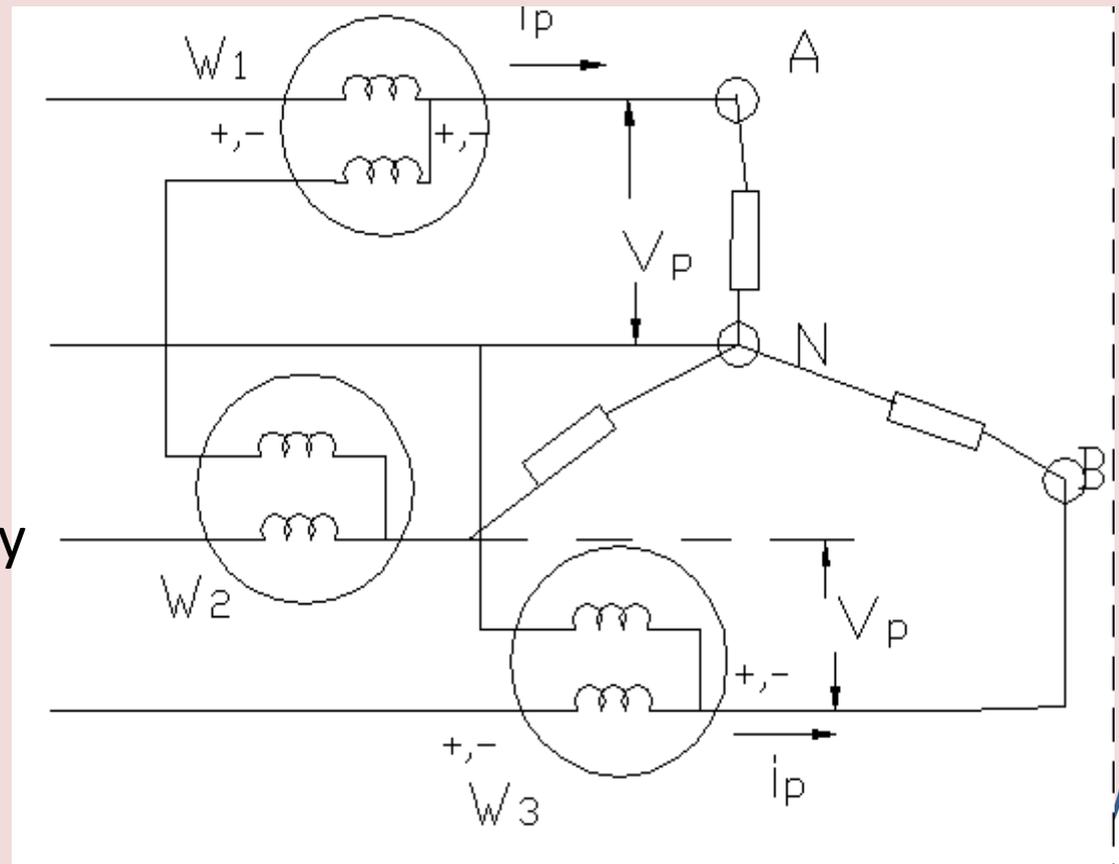
طريقة ثلاث واطميترات

$$P_1 = V_p I_p \cos \theta$$

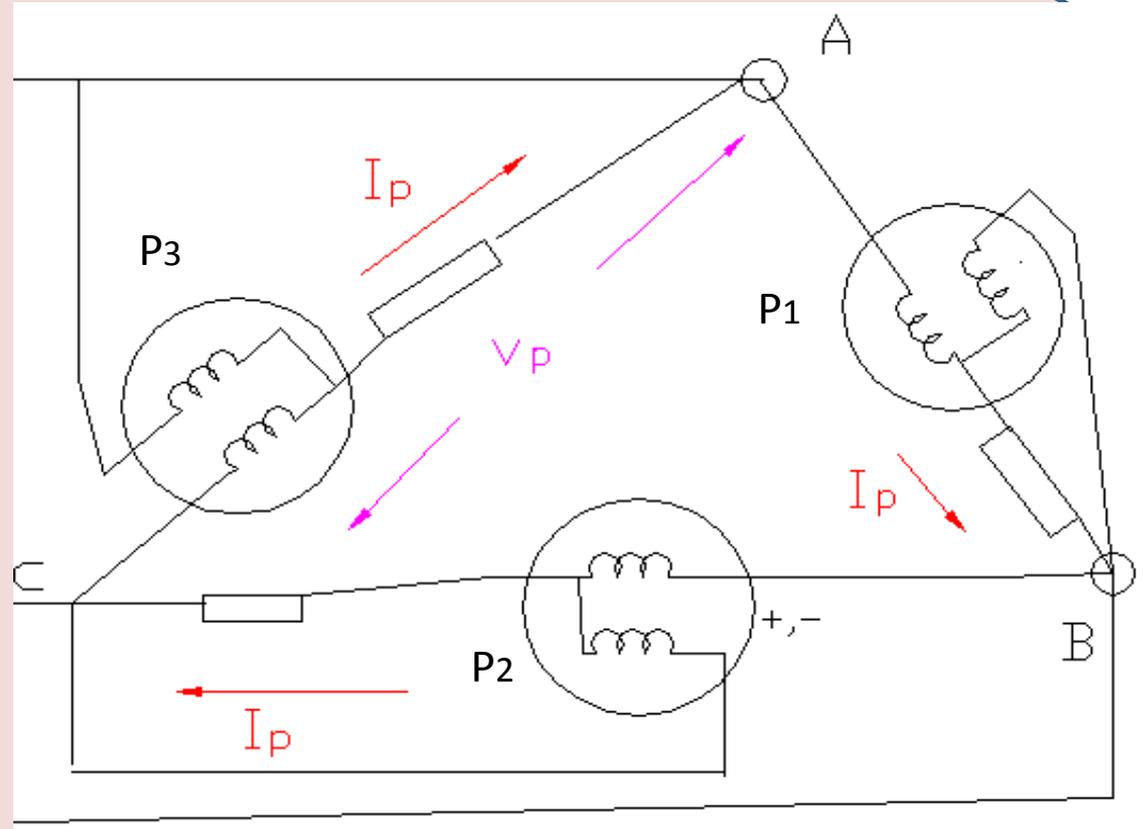
Y- connected load 4- wire
un balanced load .

$$\therefore P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

(For a balanced load only
one meter is required .)



$$P_1 = V_p I_p \cos\theta$$



Δ - connected load un balanced load
For a balanced load only one meter is required.

Post test

Ex(3):-

The Load a balanced Δ - connected is supplied from a Y- connected generator as shown. The load consists of $R_1=R_2=R_3= 33.3\Omega$ and $L_1=L_2=L_3=523\text{mH}$.

The supply has a phases voltage of 115.5v and $f=60\text{Hz}$.
The power dissipation measured by the two-wattmeter.

Calculate :-

the Load power and Power indicated by each wattmeter

Solution:

$$P = 3V_p I_p \cos \phi, \quad P = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi$$

$$V_L = 200\text{V}, \quad I_p = 1\text{A}, \quad I_L = 1.73\text{A}, \quad \phi = 80^\circ$$

$$V_L = \sqrt{3} V_p = \sqrt{3} \times 115.5 = 200\text{V}$$

$$X_L = 2\pi f L = 2 \times 60 \times 523 = 197.2\Omega$$

$$Z_1 = Z_2 = Z_3 = R + jX_L = 33 + j197.2\Omega$$

$$\therefore |Z| = \sqrt{33^2 + 197.2^2} = 200\Omega$$

$$|I_p| = |I_1| = |I_2| = |I_3| = V_L / Z = 200 / 200 = 1\text{A}$$

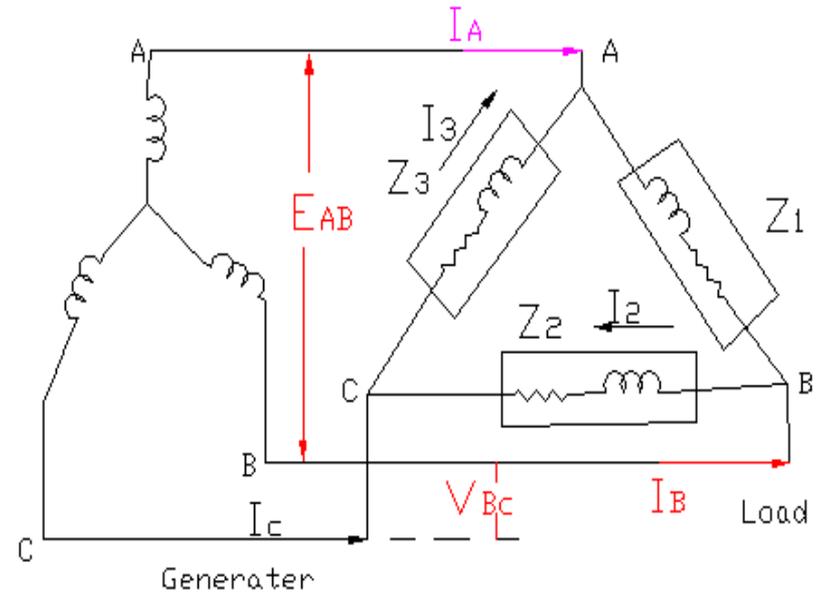
$$I_L = \sqrt{3} I_p = \sqrt{3} \times 1 = 1.732\text{A}$$

at Load :

$$V_{ph} = V_L = 200\text{V} \quad \therefore P = 3 V_p I_p$$

$$\cos \phi = 3 \times 200 \times 1 \times \cos 80.4 = 100 \text{ watt}$$

$$P = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi = \sqrt{3} \times 200 \times 1.73 \times \cos 80 = 100 \text{ watt}$$



الأسبوع الرابع والخامس والعشرون

الكهرومغناطيسية Electromagnetism

- **over view** النظرة الشاملة

A- Population target

الفئة المستهدفة

❑ Student of first year of

Electrical Techniques Department

طلبة قسم التقنيات الكهربائية – السنة الأولى

مبررات الوحدة

B –Rationale

- It is very important to study Electromagnetism الكهرومغناطيسية
- Also to study Magnetic field of solenoid المجال المغناطيسي لملف لولبي

C – Central Idea الفكرة المركزية

- Definition It is very important to study Electromagnetism

الكهر ومغناطيسية .

any electric closed circuit .

- To study Magnetic field of solenoid

المجال المغناطيسي لملف لولبي .

Aim of lecture :

To let the student be able to learn the magnetic field of conductor carrying current and another effects it .

Pre test

Ex:(1) Find magnetic flux density when
 $A=0.02\text{m}^2$, $\Psi=50\mu\text{wb}$

solution

$$\beta = \Psi/A = (50 \times 10^{-6}) / 0.02 = 25 \times 10^{-4} \text{ Tesla}$$

When : Ψ =magnetic flux (Weber) , β =magnetic flux density (web/m^2) = Ψ/A (Tes)

The elements effects of the flux density

العوامل المؤثرة على كثافة الفيض

$$\beta \propto 1/A, \beta \propto 1/L, \beta \propto \Psi, \beta \propto \mu$$

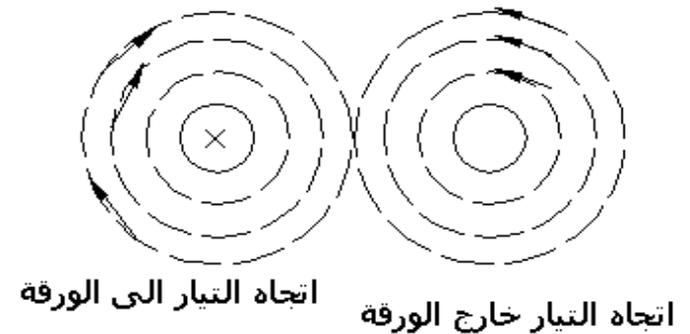
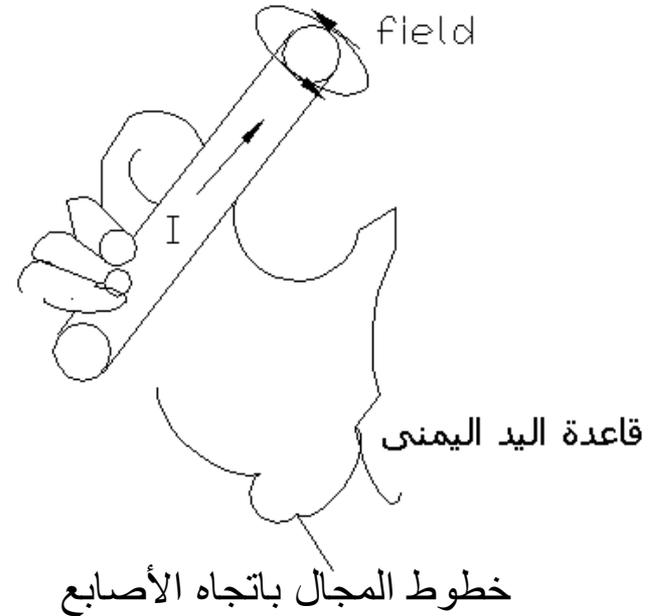
الكثافة تتناسب عكسا مع مساحة مقطع السطح وطوله وتتناسب طرديا مع الفيض ونوع المسار المار به الفيض

Ex.(2) Calculate magnetic flux which produce magnetic flux density (0.03 Tes)

When the vertical Area at the flux equal (0.01 m²)

Solution :

$$\Psi = \beta A = 0.03 \times 0.01 = 3 \times 10^{-4} \text{ wb}$$



Magnetic field of solenoid

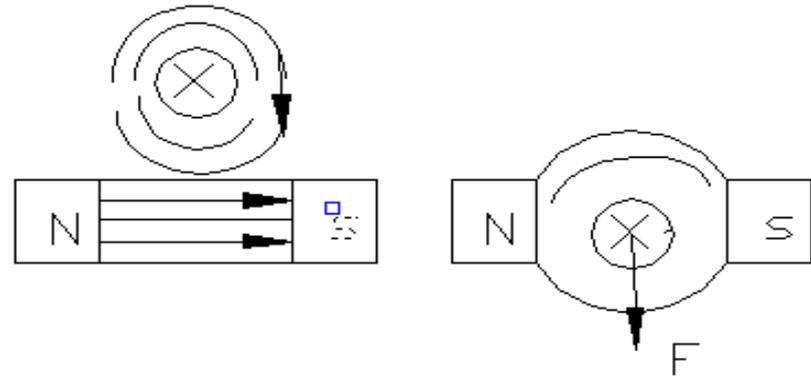
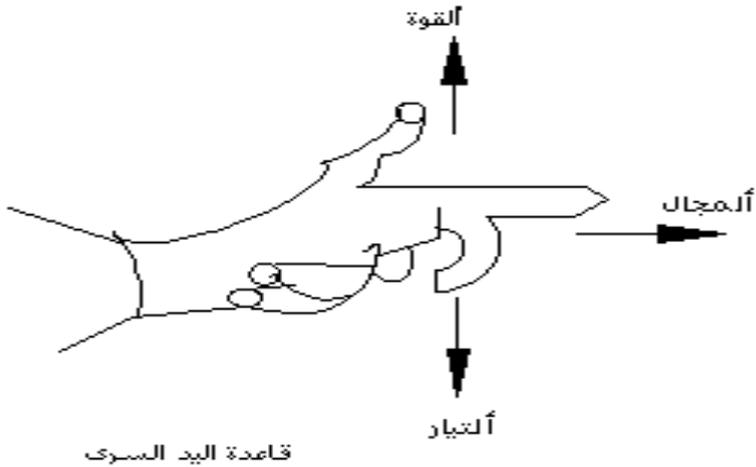
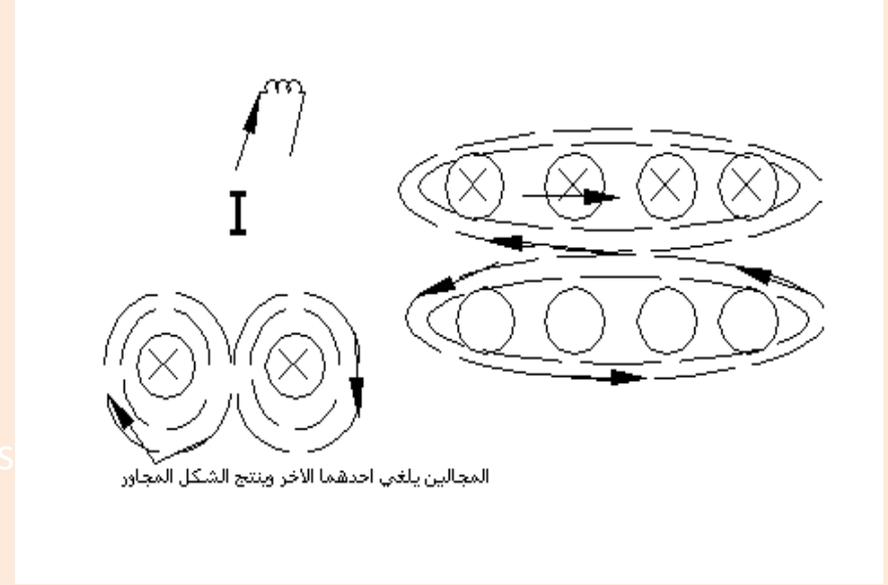
المجال المغناطيسي لملف لولبي

يمكن استخدام قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال الناتج عن مرور التيار في الملف اللولبي إن الإبهام يشير إلى اتجاه القطب الشمالي للملف اللولبي بعد إحاطة الملف براحة اليد والأصابع تشير إلى اتجاه التيار في الملف .

Force on conductor carrying current

القوة على موصل يحمل تيار

إذا كان اتجاه المجالين بنفس الاتجاه تكون ألقوه إلى الأسفل لان المجالين يتعاقدان . أما إذا عكس أحد المجالين ينعكس اتجاه ألقوه



$$F = \beta \cdot L \cdot I$$

F= Force at conductor (Newton)

B=magnetic flux density (web/m²) or (Tesla)

L=length of the conductor (meter)

I=current at conductor (A)

When the conductor containing (θ) with the field
then:

$$F = \beta \cdot L \cdot I \cdot \sin\theta$$

θ = Angle between the conductor and magnetic field.

Ex.(3):

A conductor carrying current (400A) and makes an angle with the magnetic field (90°). If the flux density is equal (0.5 Tes), Calculate the force at the conductor if the length of the conductor is equal (2m).

Solution : $F = \beta LI = 0.5 \times 2 \times 400 = 400$ Newton

Ex(4):

conductor length (1m) the current flowing through it (200A), $\theta = 30^\circ$, $\beta = 0.25$ Tes find F

Solution :

$F = \beta L I \sin \theta = 0.25 \times 1 \times 200 \times 0.5 = 25$ Newton

النفاذية (Permeability (μ))

وهي قياس قابلية المادة على توصيل الفيض المغناطيسي . وهي تناظر الموصلية في الكهربائية (G)

ثابت نفاذية الهواء أو الفراغ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ {Air permeability}

تسمى المواد التي نفاذيتها أقل من نفاذية الفراغ (بالدايا مغناطيسية) وتسمى المواد التي نفاذيتها أكبر قليلا من نفاذية الفراغ (البارامغناطيسية) , أما المواد التي نفاذيتها عالية جدا بالنسبة إلى نفاذية الفراغ فتسمى (الحديدية)

(نفاذية المادة : μ) و النفاذية النسبية (وهي نفاذية المادة مقارنة بنفاذية الفراغ) μ_r ($\mu_r = \mu / \mu_0$)

(للفراغ $\mu_r = 1$) (μ_r) للخشب والورق تساوي تقريبا نفاذية الفراغ $= 1$

النيكل والحديد والكوبالت لها نفاذية عالية تتراوح من (100 الى عدة آلاف مرة من نفاذية الفراغ) .
إن النفاذية ليست مقدارا ثابتا لمادة معينة وانما تعتمد على الماضي المغناطيسي للمادة ودرجة كثافة الفيض في المادة ووحدتها هنري /متر

Ex.(5) :When (μ_r) for aluminium equal (1.00002) find (μ) .

Solution : $\mu_r = \mu / \mu_0 \therefore \mu = \mu_r \mu_0$
 $\therefore \mu = 4\pi \times 10^{-7} \times 250 = 3.14 \times 10^{-4} \text{ H/m}$

Reluctance [(R) (الأبحامية)

وهي المعارضة التي تبديها المواد المختلفة لمرور خطوط الفيض المغناطيسي خلالها وتعتمد على:- الطول ومساحة المقطع ومادة المسار المغناطيسي .

$$(R = L/\mu.A \quad \text{أمبير.لفة / وبيير } A.T/web)$$

L= طول المسار المغناطيسي (متر)

A= المساحة العامودية على المسار (متر مربع)

μ = نفاذية المادة (هنري/ متر)

تختلف احجامية المواد فمثلا احجامية الهواء أكثر من احجامية الحديد آلاف المرات

Ex.(6)

Calculate the reluctance of the cobalt if the radius (0.001m) and length (0.03m) .

μ_r for cobalt =250 , calculate reluctance of cylinder from cobalt its radius (0.001m)

And length (0.03m).

Solution :

$$\begin{aligned} R &= L/\mu .A = (3 \times 10^{-2}) / (3.14 \times 10^{-4} \times 10) \times (\pi \times 10^{-6}) \\ &= 30.39 \times 10^6 \text{ (A.T/wb)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu &= \mu_0 \mu_r = 4 \times \pi \times 10^{-7} \\ &\times 250 = 3,14 \times 10^{-4} \text{ H/m} \end{aligned}$$

القوة أداغه المغناطيسية (A.T) Magneto motive force

قابلية الملف على توليد أفيض, وهي تقابل القوة أداغه الكهربية. ووحدها أمبير. لفة

$$m.m.f=N.I \text{ (A.T)} \quad N = \text{عدد لفات الملف}$$

شدة المجال المغناطيسي (H) Magnetic field intensity

وهي مقياس لقوة المجال المغناطيسي ويمكن إيجاد أهبوط المغناطيسي عند ضرب شدة المجال بطول المسار المغناطيسي في أائرة المغناطيسية. إن أهبوط المغناطيسي يقابل أهبوط أفلتية تماما في أائرة الكهربية

(H) تدعى شدة المجال المغناطيسي أحيانا بالقوة الممغنطة أو الأندار المغناطيسي ووحدها (أمبير. لفة/متر)

$$H= N.I/L \text{ (A.T/M)} \quad , \quad \beta=\mu.H \text{ (Tes.)}$$

Ex.(7):

Coil Ring has(100 turn) and length (6mm) , (200A) current flows through it.

Calculate magneto motive force (M.M.f.) . Magnetic field intensity (H)

Solution: $M.M.f.=N.I=100 \times 20=2000 \text{ A.T}$

$$H=N.I/L=(2000/6 \times 10^{-3})=33.3 \times 10^3 \text{ A.T/m}$$

Ex. (8)

Coil Ring has(100 turn) and length (6mm) , (200A) current flows through it.

Calculate magneto motive force (M.M.f.) . Magnetic field intensity (H)

Solution :

$$H=NI/L \therefore 10=100 \times I/0.1 \therefore I=10A, \beta \cdot \mu_0 \cdot H=4\pi \times 10^{-7} \times 10^4 \\ =12.56 \times 10^{-3} \text{ wb/m}^2$$

Magnetic field of toroid المجال المغناطيسي لملف حلقي

قانون أمبير : كثافة ألفيض B على بعد R من موصل يعطى بالعلاقة أدناه :

$$\beta = \mu \cdot I / 2\pi \cdot R$$

بتطبيق قانون أمبير على مسار مغلق داخل ملف حلقي عدد لفاته (n)

نحصل على :

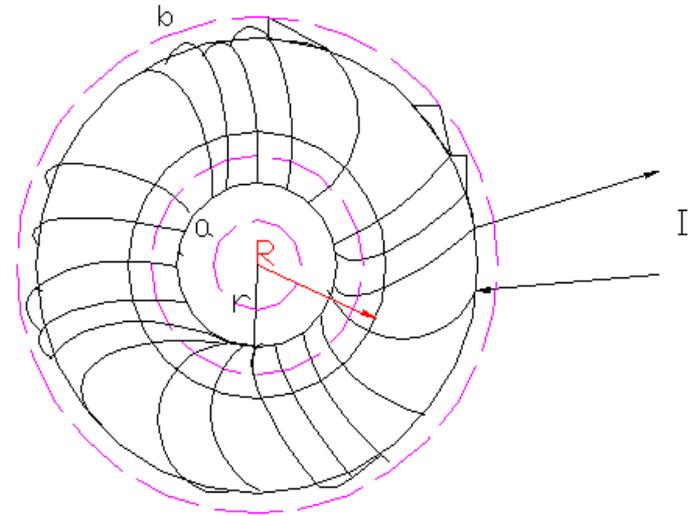
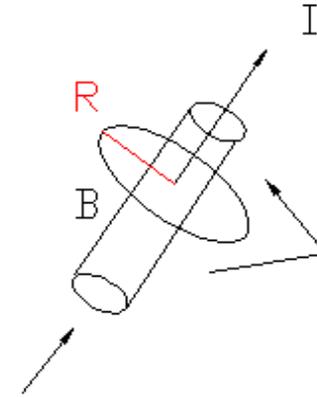
$$2\pi \cdot r \cdot \beta = \mu \times 2 \cdot \pi \cdot R \cdot n \cdot I$$

حيث إن β على مسافة (r) من مركز الملف الحلقي اتجاه β

يجب ان يكون بمحاذاة الدائرة التي نصف قطرها r

ولذلك فان قيمة β على المسار الدائري $B = \mu \cdot N(r/R) \cdot I$

$$\beta = \mu \cdot N \cdot I \quad \text{حيث } R=r \text{ هي}$$



كما يمكن إثبات أن كثافة الفيض خارج الملف الحلقي تكون صفرا وذلك بان نأخذ المسارين a, b

β بما أنه لا يوجد تيار داخل المسار a فمن الواضح من قانون أمبير أن يجب أن تكون صفرا لجميع نقاط المسار. وكذلك فإن التيار المحصور داخل المسار b يجب أن يساوي صفرا وذلك لان كل لفة تقطع المساحة المحصورة خلاله مرتين فمرة يدخل التيار و مرة يخرج وبهذا فان المجموع الجبري لجميع التيارات خلال هذا المسار يساوي صفرا . وبالتالي فان كثافة الفيض كذلك تساوي صفرا لجميع النقاط الواقعة خارج الملف .

Ex:(9)

A coil ring (500 turn) Around on wood ring its radius (0.1m)
.Calculate flux density at point on arc of the ring when the current
flow through it equal(0.03A)

Solution :

$$\beta = \mu \cdot n \cdot I, \quad n = 500 / 2\pi \times 0.05, \quad \beta = (4\pi \times 10^{-7} \times 500 \times 0.03) / 2\pi \times 0.05 \\ = 6 \times 10^{-4} \text{ wb/m}$$

Ex:(10)

ملف حلقي عدد لفاته (500) ملفوف على لب حديدي نفاذيته النسبية (500) ومتوسط نصف قطره
(0,5) تيسلا في اللب .

solution :

$$\mu = \mu_0 \mu_r = 4\pi \times 10^{-7} \times 500 = 2.513 \times 10^{-4} \text{ wb/A.m} \\ \beta = \mu \cdot n \cdot I = N \cdot I / 2\pi \cdot R \quad \therefore I = (2\beta \times \pi \times R) / \mu \cdot N = (2\pi \times 0.5 \times 0.1) / (2.513 \times 10^{-4}) \cdot 500 \\ = 0.333 \text{ A}$$

الدوائر المغناطيسية Magnetic circuits

إن خاصية الفيض المغناطيسي في تكوين مسارات مغلقة قادمة إلى مفهوم الدائرة المغناطيسية التي تعرف بأنها المسار الذي يسلكه الفيض المغناطيسي . تتألف الدوائر المغناطيسية من عنصرين رئيسيين أولهما الملفات التي تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة مغناطيسية وثانيهما الممر أو الوسط المغناطيسي الذي يمر فيه الفيض الناتج من الملفات . إن قوانين الدوائر المغناطيسية مشابهة (وليست مساوية) لقوانين الدوائر الكهربائية .

(ان كثافة الفيض β) لملف عدد لفاته (N) يحمل تيار (I) ويمتلك مسار مغناطيسي طوله (L) ومساحة مقطعه (A)

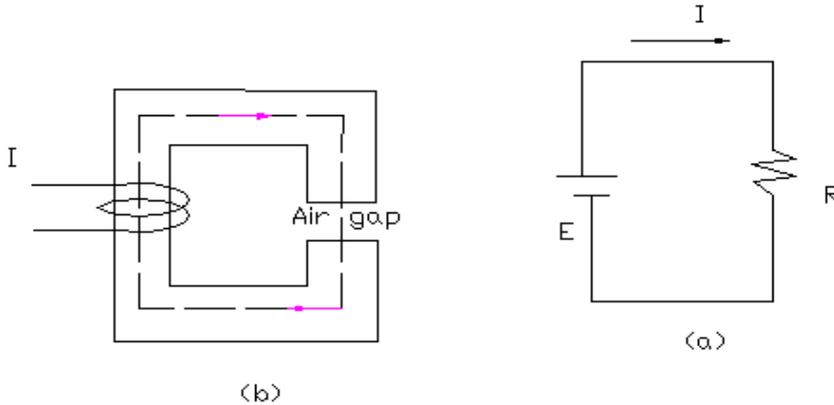
$$B = \mu \cdot N \cdot I / L, \quad H = N \cdot I / L \quad (\text{A.T/m}), \quad \therefore B = \mu \cdot H, \quad \Psi = \beta \cdot A = (\mu \cdot N \cdot I / L) \cdot A = (N \cdot I / L) \times \mu \cdot A$$

because , $m.m.f = N \cdot I \quad (\text{A.T})$,
 $(R = L / \mu \cdot A \quad \therefore \Psi = m.m.f \times (1 / (R))$

$$\therefore \Psi = m.m.f / (R \text{ web.})$$

لاحظ شبه القانون الأخير مع قانون اوم في
الكهربائية

التناظر بين الدوائر الكهربائية والدوائر المغناطيسية



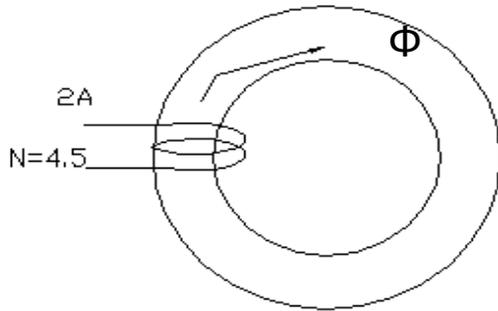
في الدوائر الكهربائية يكون سريان الكترونات يمثل التيار . بينما في الدوائر المغناطيسية الفيض لايمثله سريان أي شئ . التيار يعتمد على $E.m.f$, و R_T للدائرة فان معظم هبوط الجهد سيظهر عبر R_L

أما في الدوائر المغناطيسية فان الملف يمثل $m.m.f$ مناظرة للبطارية والهيكل الذي لف عليه الملف متكون من حديد تتخلله فجوة هوائية. بما أن الفجوة تمتلك $R < R$ الجزء الحديدي لمسار الفيض لذلك فان الجزء الحديدي يناظر أسلاك التوصيل في الدائرة الكهربائية والفجوة تقابل مقاومة الحمل والفيض يناظر التيار في الدائرة الكهربائية . والاحجامية مناظرة للمقاومة .

(I) Dependent $(E.m.f)$, (R_T) so that (Ψ) dependent $(m.m.f)$, (R)

$$\therefore \Psi = m.m.f / R \quad \text{web.} \quad I = E.m.f / R$$

Ex.(11) For magnetic circuit shown Calculate $[(R , \Phi , \beta)]$ when $L = (1 \times 10^{-2}) \text{ m}$
 $A = (1 \times 10^{-5}) \text{ m}^2$, $\mu = 0.22 \text{ H/m}$



Solution : $(R = L / \mu . A = 1 \times 10^{-2} / (0.22)(1 \times 10^{-5})$

$$\therefore (R = 4.55 \times 10^3 \text{ wb/A.T}$$

$$m.m.f = N.I = 4.5 \times 2 = 9 \text{ A.T}$$

$$\Psi = m.m.f / (R = 9 / 4.55 \times 10^3 = 1.98 \times 10^{-3} \text{ wb}$$

$$\beta = \Psi . A = 1.98 \times 10^{-3} / 1 \times 10^{-5}$$

$$\therefore \beta = 198 \text{ wb/m}^2$$

Ex.(12): For the cct. Shown if Length=0.06m , nober of turns=200T, the current flow in it (2A), find magnetic motive force , reluctance ,magnetic field intensity , when $\mu=0.2 \text{ H/m}$

Solution :

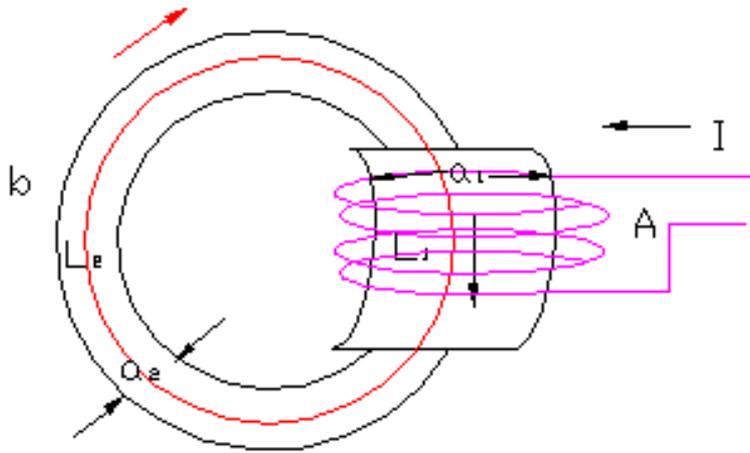
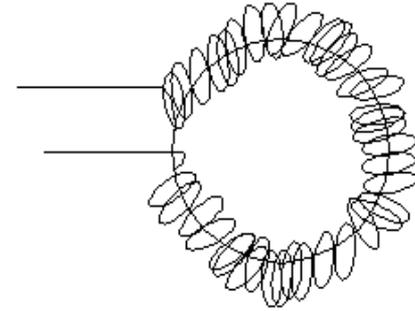
$$m.m.f = NI = 200 \times 2 = 400 \text{ A.T}$$

$$H = m.m.f / L = 400 / 0.06 = 66.6 \times 10^2 \text{ A.T/m}$$

$$B = \mu . H = 0.02 \times 66.6 = 133.2 \text{ wb/m}^2$$

Complex magnetic circuits

الدوائر المغناطيسية المركبة



لنفرض أن دائرة مغناطيسية تتكون من عينتين من الحديد , العينة A والعينة b مرتبة كما في الشكل . أما متوسط أطول للعينة A فهو L_1 ومتوسط أطول للعينة b فهو L_2 مساحة مقطع العينة A هو a_1 ومساحة مقطع b هو a_2 بالمتري المربع , μ_1 انفاذية A و μ_2 انفاذية b المطلقة فتكون احجاميتا العينتين هما :

$$(R_A = L_1 / \mu_1 a_1)$$

$$(R_b = L_b / \mu_b a_b)$$

إذا لف الملف على اللب A واقتصر الفيض على اللب الحديدي, فان الأحجامية الكلية للدائرة المغناطيسية لتساوي مجموع الأحجاميتان وكأنها مربوطة على التوالي :-

$$(R_t = (L_1 / \mu_1 a_1) + (L_2 / \mu_2 a_2))$$

ويكون الفيض الكلي هو :-

$$\Psi = m.m.f / (R_t = N.I / ((L_1 / \mu_1 a_1) + (L_2 / \mu_2 a_2)))$$

Ex(13).

Ring its diameter (0.25m) and area 10^{-3}m^2 , contain two Rings, the first one made

From steel and the other one from iron.

Calculate : (m.m.f) to produce flux equal

$(5 \times 10^{-4} \text{ wb})$ in the magnetic circuit. When (μ_r to steel=850)

(μ_r to iron=170).

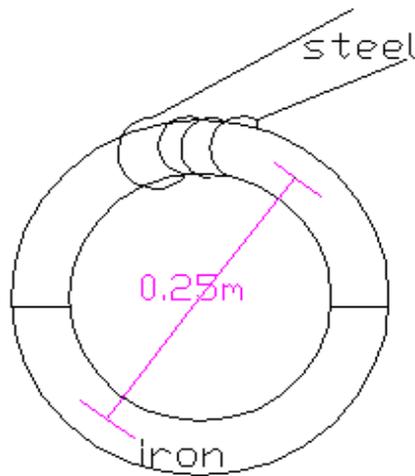
solution

$$\text{Circle} = \pi \text{diameter}/2 = \pi \times 0.25/2 = 0.39 \text{ m}$$

$$(Rt = (L_1/\mu_1 a_1) + (L_2/\mu_2 \cdot a_2) , \mu_r = \mu / \mu_o$$

$$\therefore \text{for steel } \mu = \mu_r \times \mu_o , \therefore \mu = 4\pi \times 10^{-7} \times 850$$

$$\therefore \text{for iron } \mu = \mu_r \times \mu_o , \therefore \mu = 4\pi \times 10^{-7} \times 170$$

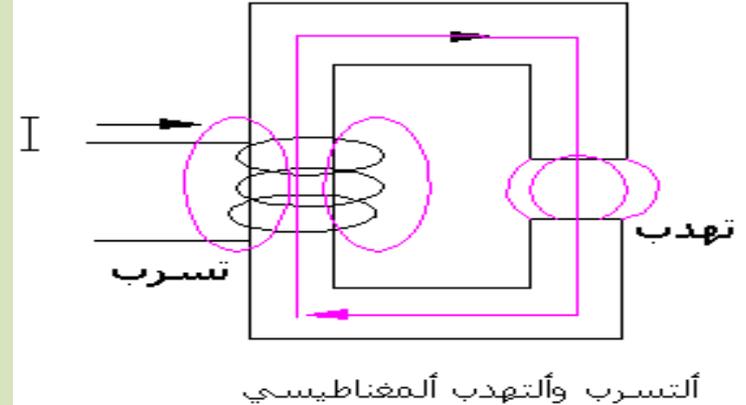


$$\therefore (Rt = [0.39 / (4\pi \times 10^{-7} \times 850 \times 10^{-3})] + [0.39 / (4\pi \times 10^{-7} \times 170 \times 10^{-3})] = 219 \times 10^4 \text{ AT/wb}$$

$$\Psi = m.m.f / (Rt \therefore 5 \times 10^{-4} = m.m.f / 219 \times 10^4 \therefore m.m.f = 1095 \text{ A.T}$$

Magnetic circuits factors معامـل أـلـدائـرة أـلـمـغـنـاطـيـسـيـة

عند مرور تيار كهربائي في ملف الدائرة المبينة فإنه سيؤدي إلى مرور فيض في المسار الحديدي إلا أن قسما من الفيض سيمر في المسار الهوائي المجاور للملف ويدعى بالفيض المتسرب وإذا اعتبر الفيض في المسار الحديدي , الفيض المفيد في التطبيق المغناطيسي فإن والفيض المفيد تدعى λ النسبة بين الفيض الكلي (معامـل أـلـتـسـرـب)



$$\lambda = \Psi T / \Psi \text{Active}$$

معامل التسرب = الفيض الكلي / الفيض المستفاد

ملاحظة : نتيجة لاتساع الفجوة الهوائية وتنافر خطوط الفيض يحصل التهـب . وعندما تكون الفجوة الهوائية قليلة تهمل

Ex: (14) For the cct. Shown find the current when $\Phi_a=1\text{web}$

$\mu_r=400$, $\lambda=1.2$

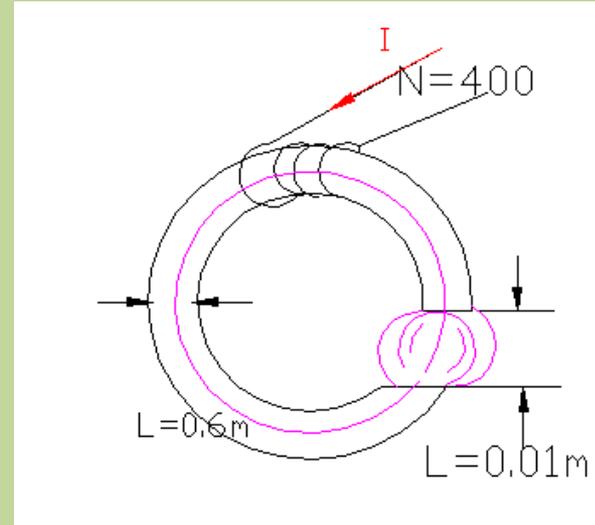
Solution :

$$\beta = \Psi/A = (1 \times 10^{-3})/10^{-3} = 1 \text{ Tes}$$

$$H=N.I/L , \therefore N.I= H.L=\beta .L/\mu_o$$

$$=[1/(4\pi \times 10^{-7})] \times 0.001$$

$$=796 \text{ A.T (شدة المجال للمسار كله)}$$



في المسار الحديدي :

ألفيظ ألكي في أألقة أألديفة = أألفيظ أأفيدة x معامل أألررب

$$\Psi_t=1.2 \times 1=1.2 \text{ mwb} , \beta=(1.2 \times 10^{-3})/10^{-3} = 1.2 \text{ T}$$

$$N.I=H.L=(\beta \times L)/\mu_o \mu_r=(1.2 \times 0.6)/(4\pi \times 10^{-7} \times 400) =1432 \text{ A.T}$$

أألقة أأأفة المأناطيفة أألقة :-

$$\text{Total (H)}=N.I=796+1432=2228 , \therefore I=2228/400=5.558 \text{ A}$$

Post test

EX. (15)

Ring from steel $L=0.2\text{m}$, a coil around the ring has (300T)
Calculate : the current which Produce flux density (0.6 Tes) .
And Find μ_r for steel .

Solution :

$$L = \pi \times 0.2 = 0.628\text{m} \quad , \quad N \cdot I = H \cdot L \quad \therefore I = (H \cdot L) / N \quad \therefore N \cdot I = H = 500 \text{ A.T/m}$$

$$\therefore I = (500 \times 0.628) / 300 = 1.04 \text{ A}$$

$$\mu \text{ For steel} = \beta / H = 0.6 / 500 = 1.2 \times 10^{-3} \text{ H/m}$$

$$\mu_r = \mu / \mu_0 = (1.2 \times 10^{-3} / 4\pi \times 10^{-7}) = 955$$

الأسبوع السادس والعشرون

ألحث في الموصل والملف Coil and conductance inductance

over view النظرية الشاملة -

A- Population target

الفئة المستهدفة

☐ Student of first year of

Electrical Techniques Department

طلبة قسم التقنيات الكهربائية – السنة الأولى

مبررات الوحدة

B –Rationale

- It is very important to study the Coil and conductance inductance
- أحت في الموصل والملف
- Also to.

C – Central Idea **الفكرة المركزية**

- Definition Coil and conductance inductance **أحث في الموصل والملف**
- To learn Self inductance **أحث الذاتي**

Aim of lecture

To let the student be able to identify the electromagnetic induction .

Pre test

Compare ohms law with magnetic flux

solution

$$I = V/R \quad \Omega$$

$$\Phi = \text{m.m.f.}/(R \text{ (Weber)})$$

Self inductance الحث الذاتي

عند تغير التيار المار في الملف فإن الفيض الناتج عنه الذي يخترق لفات الملف نفسه يتغير أيضا مولدا فيه ق. د.ك محتثة ذاتيا وتكون باتجاه بحيث تعاكس التغيير المسبب لها طبقا لقانون (لنر). ويطلق على خاصية الملف التي تؤدي إلى معاكسة التغيير في التيار ((المحاثة الذاتية للملف)). بما أن المحاثة تعاكس التغيير فقط نستنتج أن المحاثة تكون فعالة فقط عند وجود تغيير في التيار للدائرة. يمكن تمثيل ق.د.ك بقانون فاراداي

بما أن الفيض ناتج عن مرور التيار فإن (ق.د.ك) تتناسب مع سرعة تغيير التيار

$$e = -N \cdot d\phi/dt$$

$$e \propto (d\phi/dt) \propto (di/dt)$$

النسبة بين ق.د.ك المحتثة ذاتيا في الملف والمعدل الزمني لتغيير التيار في الملف

$$e = -L (di/dt) \quad \leftarrow \quad L = \text{المحاثة الذاتية للملف} =$$



$$-L(di/dt) = -N(d\phi/dt) \quad \therefore L = N(d\phi/di) \quad \therefore L = N \cdot \Delta\phi / \Delta i \quad \rightarrow \quad \text{متوسط المحاثة}$$

$$e_L = \Delta\phi N / \Delta t \quad L = e_L / (\Delta i / \Delta t) \quad \therefore L = (\Delta\phi N / \Delta t) / (\Delta i / \Delta t) \quad \therefore L = \Delta\phi \cdot N / \Delta i$$

$$\Phi = B \cdot A = (m \cdot m \cdot f / (R)) = [(NI) / (L / \mu A)], \quad B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H = \mu_r \cdot \mu_0 (IN / L) \quad \therefore \phi = \mu_r \cdot \mu_0 (IN \cdot A / L)$$

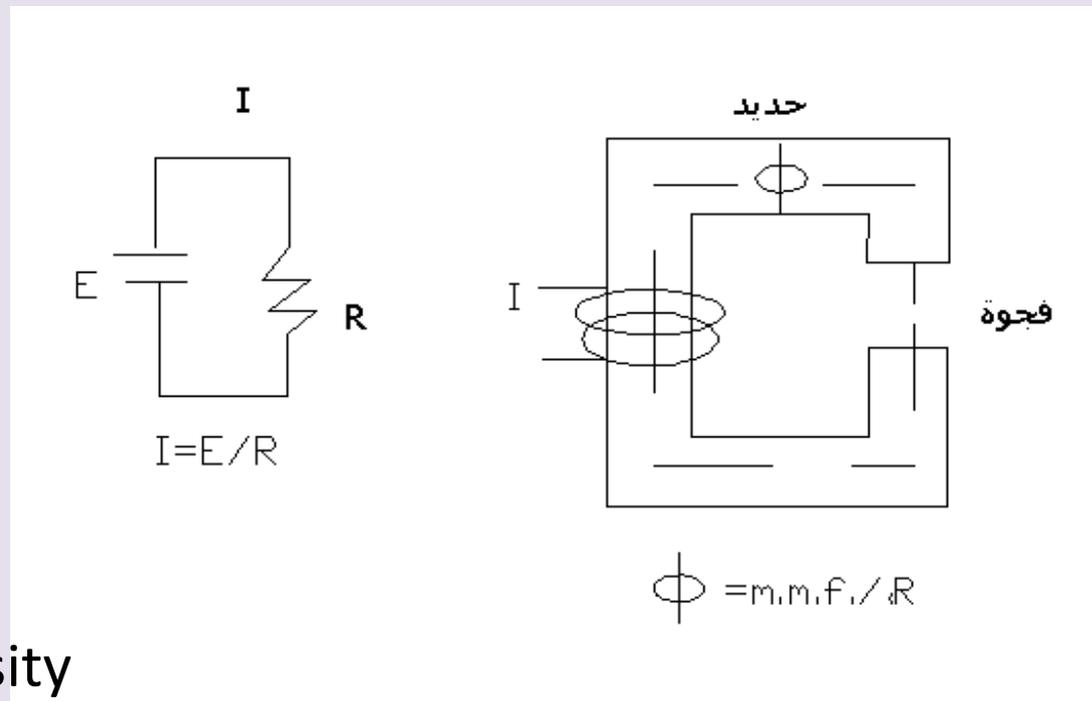
$$\Delta\phi = \mu_r \cdot \mu_0 (\Delta IN \cdot A / L) \quad \therefore L = \mu_r \cdot \mu_0 (N^2 \cdot A / L) \text{ (Henry)}$$

Notes : $L / \mu A = (R \text{ (web/A.T)})$ ويبر/امبير.لفة) (الأحجامية أو الممانعة المغناطيسية

$$\mu_r = \mu / \mu_0 \text{ (النفاذية النسبية)}, \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m (للغوا)}, \mu_r = 1 \text{ (الفراغ)}$$

Magnetic reluctance [(R)]

$$\Phi = \text{m.m.f.} / R \text{ (Weber)}$$



$\Phi = \text{flux}$, $B = \text{flux density}$

Ex. (1)

A solenoid with 900 turns has a total flux of (1.33×10^{-7}) wb through its air core where the coil current is 100mA . If the flux takes 75ms to grow from zero to its maximum level. Calculate the inductance of the coil . Also, determine the counter e.m.f induced in the coil during the flux growth.

solution

$$\Delta\phi = 1.33 \times 10^{-7} \text{ wb} , \Delta i = 100 \text{ mA} , \Delta t = 75 \text{ ms}$$

$$L = \Delta\phi N / \Delta i = 1.33 \times 10^{-7} \text{ wb} \times 900 / 100 \text{ mA} \\ = 1.2 \text{ mH}$$

$$e_L = \Delta\phi N / \Delta t = 1.33 \times 10^{-7} \\ \text{wb} \times 900 / 75 \text{ ms} = 1.6 \text{ mV}$$

Mutual inductance الحث المتبادل

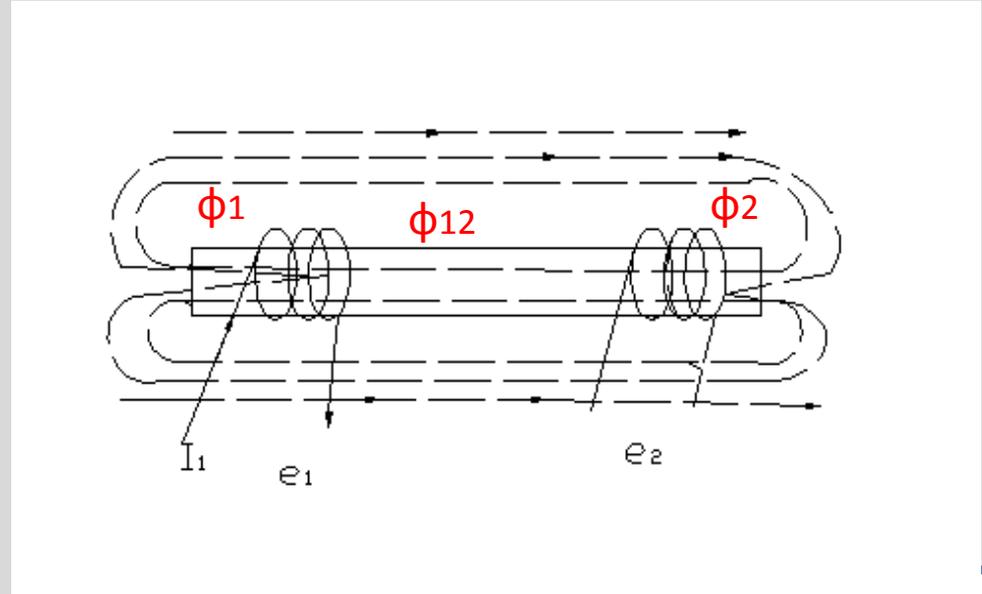
أفولتية ألمحتثة في أملف الأول نتيجة تغيير تيار أملف الثاني :

$$e_1 = M(di_2/dt)$$

أفولتية ألمحتثة في أملف الأول نتيجة تغيير تيار أملف الثاني:

$$e_2 = M(di_1/dt)$$

حيث M ألمحاة المتبادة بين
الملفين وتقاس بالهنري



بموجب قانون فردي يمكن القول :-

$$e_2 = kN_2(d\phi_1/dt) \quad \text{حيث } N \text{ عدد لفات الملف}$$

(k) معامل الاقتران الذي يمثل درجة الاقتران بين الملفين وقيمه العظمى تساوي (1). وذلك يتخلل كل الفيض الذاتي لأحد الملفات الملف الآخر

K : coefficient of coupling

$$\therefore M = di_2 / dt = kN_1(d\phi_2/dt) \quad \therefore M = kN_1 \cdot d\phi_2/di_2 \quad \text{also} \quad \therefore M = kN_2 \cdot d\phi_1/di_1$$

هنا يشترط أن تكون النفاذية لكلا المسارين ثابتة وبضرب المعادلتين أعلاه مع بعض نحصل على :

$$M^2 = k^2 N_1 (d\phi_1/di_1) \cdot N_2 (d\phi_2/di_2) \quad \therefore M^2 = k^2 \cdot L_1 L_2 \quad (H) \quad \therefore M = K \sqrt{L_1 \cdot L_2} \quad (H)$$

(يتضح أن المحاثه التبادلية تعتمد على المحاثه الذاتية للملفين ومعامل الاقتران)

Ex:(2) Two 100 turns end-to-end solenoids each have $L=20\text{cm}$, and cross section area $=3\text{cm}^2$. Calculate their coefficient of coupling when the mutual inductance (M) between them is measured as $0.62\mu\text{H}$

solution

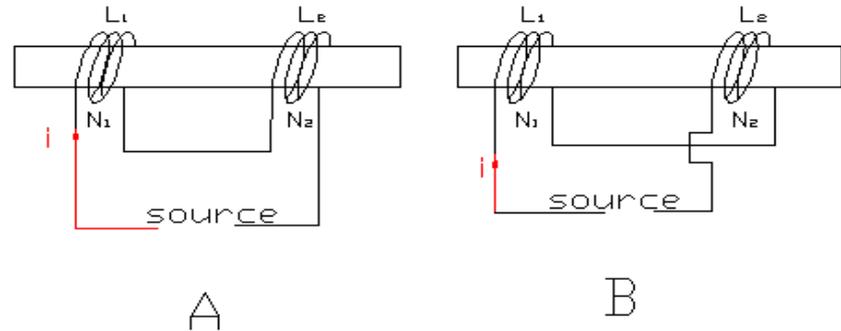
$$L_1 = L_2 = \mu_r \mu_0 N^2 (A/L) = 1 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 100^2 \\ (3 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / 20 \times 10^{-2} \text{ m})$$

$$\therefore L_1 = 18.8 \text{ mH} \quad , \quad \therefore M = K \sqrt{L_1 \cdot L_2} \quad \therefore K = M / \sqrt{L_1 \cdot L_2} \\ = 0.62 \mu\text{H} / \sqrt{(18.8 \mu\text{H})^2}$$

$$\therefore K = 0.033$$

Effect of mutual inductance

تأثيرات المحاثة المتبادلية



(A) series-adding connections ربط توالي تعاضدي [$L=L_1+L_2+2M$]

Because ; $e_1=L_1(di/dt) +M_1(di/dt)$, $e_2=L_2(di/dt) +M_2(di/dt)$

$$e_t = e_1 + e_2 = L(di/dt) = L_1(di/dt) + M_1(di/dt) + L_2(di/dt) + M_2(di/dt)$$

$L = L_1 + L_2 + M_1 + M_2$ If μ constant for the cct. Then : $M = M_1 = M_2$ $\therefore [L=L_1+L_2+2M]$

$L_1(di/dt) =$ الفولتية المحتثة في الملف الأول الناتجة عن المحاثة الذاتية للملف الأول

$M_1(di/dt) =$ الفولتية المحتثة في الملف الأول الناتجة عن تغيير التيار في الملف الثاني

$e_1 =$ الفولتية المحتثة في الملف الأول

(B) series-opposing connections

رابط توالي تعاكسي [$L=L_1+L_2-2M$]

Because ; $e_1=L_1(di/dt) -M_1(di/dt)$, $e_2=L_2(di/dt)-M_2(di/dt)$

$$e_t = e_1 - e_2 = L(di/dt) = L_1(di/dt) -M_1(di/dt) + L_2(di/dt) -M_2(di/dt)$$

$L= L_1 + L_2 -M_1 - M_2$ If μ constant for the cct. Then : $M= M_1 = M_2$ $\therefore [L=L_1+L_2-2M]$

Ex. Two 500 μ H coils have a mutual inductance of 200 μ H . Determine the total inductance Of the two coils (a)When they are connected series-adding .
(b) When they are connected series-opposing.

solution

a) $L=L_1+L_2+2M=500+500+2(200)=1.4 \mu\text{H}$

b) $L=L_1+L_2-2M=500+500-2(200)=600 \mu\text{H}$

Ex.(3)

Two $500\mu\text{H}$ coils have a mutual inductance of $200\mu\text{H}$ Determine the total inductance Of the two coils

- (a) When they are connected series-adding .
- (b) When they are connected series-opposing.

solution

$$\text{a) } L = L_1 + L_2 + 2M = 500 + 500 + 2(200) = 1.4 \mu\text{H}$$

$$\text{b) } L = L_1 + L_2 - 2M = 500 + 500 - 2(200) = 600 \mu\text{H}$$

Notes

If the mutual inductance between two adjacent coil is not Known.

It can be determined by measuring the total inductance of the coils in

Series-adding and series-opposing connections. Then:

$$L_a = L_1 + L_2 + 2M \quad \text{and}$$

$$L_b = L_1 + L_2 - 2M$$

Subtracting $L_a - L_b = 4M \quad \therefore M = (L_a - L_b) / 4$

Recall that the Mutual inductance between two coils is given by:

$$M = K\sqrt{L_1 L_2} \quad \therefore K = M / \sqrt{L_1 L_2}$$

The coefficient of coupling of the two coils

Ex:(4)

$L_a = 1.4\text{mH}$, $L_b = 600\mu\text{H}$ determine (M,K) for the two coils

Solution :-

$$M = (L_a - L_b) / 4 = (1.4 \times 1000 \mu\text{H} - 600 \mu\text{H}) / 4 = 200 \mu\text{H}$$

$$K = M / \sqrt{L_1 L_2} = (200 \mu\text{H}) / \sqrt{(500 \mu\text{H} \times 500 \mu\text{H})} = 0.4$$

Post test

Ex.(5)

A coil has 500 turns it a rotate on wood cylinder its length equal (10cm) , and its aria ($7 \times 10^{-4} \text{ m}^2$)

Calculate the inductance of the coil

solution

$$L = \mu AN^2 / l = (4\pi \times 10^{-7} \times 7 \times 10^{-4} \times 500^2) / (10 \times 10^{-2}) = 2.199 \times 10^{-3} \text{ H}$$

When we change the wood cylinder with style cylinder its permeability (2500) .Find the New inductance

$$L = (\mu_r \mu_0 AN^2) / l = (250 \times 4 \times 10^{-7} \times 7 \times 10^{-4} \times 500^2) / (10 \times 10^{-2}) = 5.475 \text{ H}$$

الأسبوع السابع والعشرون

Growth and decay of current in inductive circuit

نمو واضمحلال التيار في الدائرة الحثية

over view النظرية الشاملة -

A- Population target

الفئة المستهدفة

☐ Student of first year of

Electrical Techniques Department

طلبة قسم التقنيات الكهربائية – السنة الأولى

مبررات الوحدة

B –Rationale

- It is very important to study Growth and decay of current in inductive circuit
واضمحلال التيار في نمو الدائرة الحثية

C – Central Idea الفكرة المركزية

- Definition Growth and decay of current in inductive circuit
واضحلال نمو التيار في الدائرة الحثية

Aim of lecture : To let the student be able to learn the effect of the coil and the capacitor on the current and voltage with d.c current .

Pre –test

Write the laws which used to find :

- 1): energy stored in the coil
- 2) inductive reactance
- 3) Capacitive reactance

Solution

$$1) e=w=1/2.L .I_m^2 \text{ Jule}$$

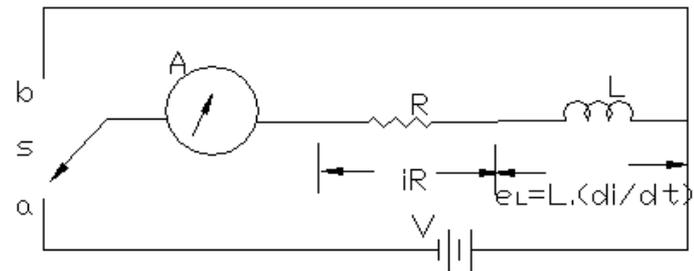
$$2) x_L=2\pi.f.L \quad \Omega$$

$$3) X_C=1/2\pi.f.C \quad \Omega$$

Growth and decay of current in inductive circuit

نمو واضمحلال التيار في الدائرة الحثية

In fig. Shown a resistance of R in series with a coil of self-inductance (L) henery the two being put across a battery of (v)volt . The R-L combination becomes connected to battery when switch (S) is connected to terminal (a) and is short-circuited when (s) is connected to (b) . The inductive coil is assumed to be resistance less, its actual small resistance being included in (R) .



When (S) is connected to (a) the R-L combination is suddenly put across the voltage of (V) volt .Let us take the instant of closing (s) as the starting Zero time . It is found that current does not reach its maximum value instantaneously but takes some finite time .

It is easily explained by recalling that the coil possesses electrical inertia i.e self – inductance, due to the production of the counter e.m.f of self-inductance , delays the instantaneous Full establishment (يؤسس) of current through it .

We will now investigate **نحقق the growth of current (i) through such an inductive circuit.**

The applied voltage (V) must , at any instant, supply not only the ohm drop (i.R) over the resistance (R) But must also overcome the e.m.f of self-inductance i.e $L di/dt$

$$V = i.R + L \cdot di/dt \quad \dots (1) \quad \text{OR} \quad (V - i.R) = L \cdot di/dt$$

$$\therefore [di/(v - i.R) = di/L]$$

Multiplying both sides by (-R) , we get $(-R) \cdot \{di/(v - i.R)\} = - (R/L) \cdot dt$ integrating both sides, we get:

$$\int (-R) di/(v - i.R) = - (R/L) \int dt \quad , \quad \log_e^{v - i.R} = - (R/L) t + K$$

Where (e) is the Napier an logarithmic base = 2.718 and (k) is constant of integration

Whose value can be found from the initial known conditions.

To begin with , when $t=0$, $i= 0$,hence putting these values in(1) above, we get

$$\log_e^{v-i.R} = - (R/L).t + \log_e^v \quad \text{or} \quad \log_e^{v-i.R} - \log_e^v = - (R/L).t \quad \text{or}$$

$$\log_e^{(v-i.R)/v} = - (R/L).t = t/\lambda \quad \text{where} \quad L/R = \lambda \dots \text{Time constant.}$$

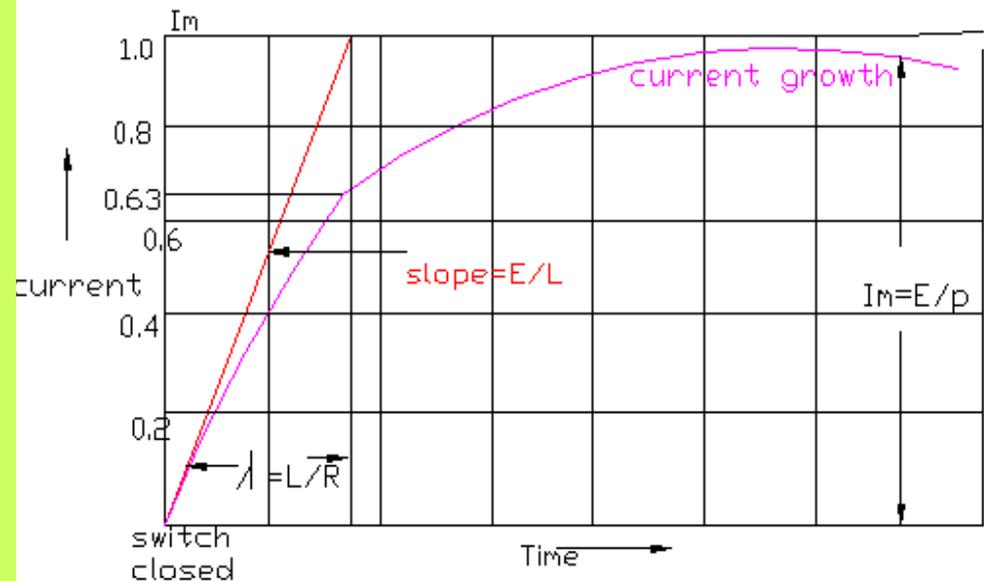
$(v-i.R)/v = e^{-t/\lambda}$ or $i = (v/R)(1 - e^{-t/\lambda})$ ∴ Now V/R represents the maximum steady value of current (I) that would eventually be established through the R- L circuit

$$\therefore i = I_m (1 - e^{-t/\lambda}) \dots (2)$$

This is an exponential equation whose graph is shown . It is seen from it that current rise is rapid at first and then decreases until at $t=\alpha$, it becomes zero. Theoretically , current does not reach its maximum steady value I_m until infinite time .

However, it reaches practically this value in a relatively short time .

The rate of rise of current di/dt at any stage can be found by differentiating (2) above w.r.t time .



However the initial rate of rise of current can be obtained by putting $t=0$ and $i=0$ in (1) above

$$\therefore V=0 \times R + L \cdot (di/dt) \quad \text{OR} \quad di/dt = V/L$$

The constant $\lambda = L/R$ is known as the time constant of the circuit. It can be variously defined as :- (i) It is the time during which current would have reached its maximum value of $I_m = V/R$ had it maintained its initial rate of rise.

$$\text{Time taken} = I_m / \text{initial rate of rise} = (V/R) / (V/L) = L/R$$

But actually the current takes more time because its rate of rise decreases gradually. In actual practice, in a time equal to the time constant, it merely reaches 0.632 of its maximum value as shown: Putting $t = L/R = \lambda$ in (1) above, we get

$$i = I_m (1 - e^{-\lambda/\lambda}) = I_m \{1 - (1/e)\} = I_m \{1 - (1/2.718)\} = 0.632 I_m$$

Hence, the time constant rise to 0.632 of its maximum steady value for above. This delayed rise of current, in an inductive circuit is utilized in providing time-lag in the operation of electric relays and trip coils etc.

Decay of current in inductive circuit

اضمحلال التيار في الدوائر الحثية

When the switch (S) is connected to point (b) the R-L circuit is short circuited . It is found that the current dose not cease immediately, as it would do in a non inductive circuit, but continues to flow and is reduced to zero only after an appreciable time has elapsed since the instant of short circuit :

The equation for decay of current with time is found by putting $V=0$ in Eq. (1)

$$0 = i.R + L(di/dt) \quad \text{OR} \quad di/i = -(R/L).dt$$

Integrating both sides , we have :

$$\log_e .i = -(R/L).t + K \dots(3)$$

$$\int di/i = -(R/L)\int dt :$$

Now ,at the instant of switching off the current $i = I_m$ and if time is counted from this instant ,then $t = 0$, $\log_e I_m = 0 + K$

Putting the value of K in Eq. (3) above we get: $\log_e .i = -(t/\lambda) + \log_e I_m$ $\therefore \log_e i/I_m = -(t/\lambda)$
 $\therefore i/I_m = e^{-t/\lambda}$

$$\therefore i = I_m . e^{-t/\lambda} \dots\dots\dots(4)$$

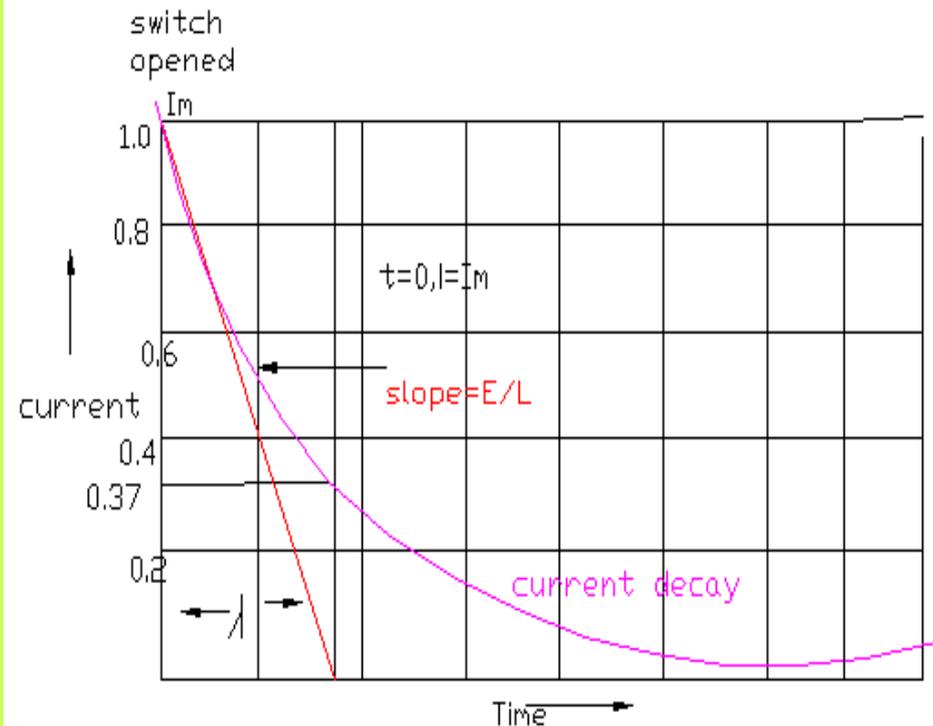
It is a decaying exponential function and is plotted in fig. It can be shown again that theoretically current should take infinite time to reach zero value although practice it dose so a relatively short time.

Again putting $t=\lambda$ in Eq. (4) we get

$$i = I_m/e = I_m/2.178 = 0.37I_m$$

Hence ,time constant (λ) of an R-L

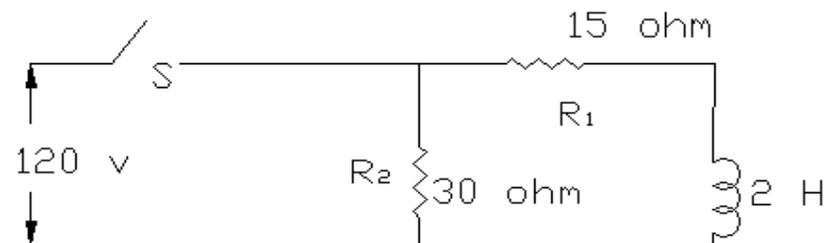
Circuit may also be defined as the time during which current falls to 0.37 of its maximum steady value while decaying fig shown .



Example(1) :

with reference to the circuit shown calculate :

- 1) The current taken from the d.c supply at the instant of closing the switch .
- 2) The rate of increase of current in the coil at the instant of switching on
- 3) The supply and coil currents after the switch has been closed for along time .
- 4) The maximum energy stored in the coil .
- 5) The e.m.f. induced in the coil when the switch is opened .



Solution :

1) When switch (S) is closed the supply d.c voltage of 120v is applied across both arms.

The current in R2 will immediately become $120/30=4A$

However be no instantaneous flow of current in it . Hence, current taken from the supply at the instant of switching on will be (4A) .

2) Since at the instant of switching, on , there is no current through the inductor arm , no potential drop

Will develop across R1 . The whole of the supply voltage will be applied across the inductor if di/dt

Is the rate of increase of current through the inductor at the instant of switching on . Then the back e.m.f. produced in it is $L.(di/dt)$

This e.m.f. is equal and opposite to the applied voltage $120/L.(di/dt)$ OR $di/dt=120/2=60 A/s$

3) When switch has been closed for a sufficiently long time, current through the inductor arm reaches a steady value = $120/R_1 = 120/15 = 8A$, Current through $R_2 = 120/30 = 4A$

supply current = $8 + 4 = 12A$

4) Maximum energy stored in the inductor arm = $\frac{1}{2} (L.I^2) = \frac{1}{2} (2 \times 8^2) = 64$ Joule

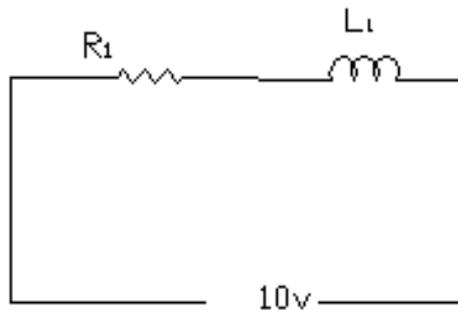
5) When switch is opened current through the inductor arm can not change immediately

because of high self- inductance of the inductor . Hence , inductance current remains at (8A)

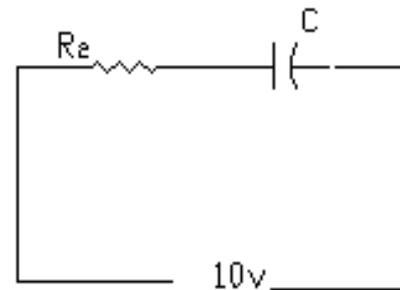
But the current through R_2 can be changes immediately. After the switch is opened , the inductor current path lies through R_1 and R_2 . Hence e.m.f. Induced in the inductor at the instant of switching off is = $8 \times (30 - 15) = 360$ v

Example (2):

The two cct. In fig. have the same time constant of 0.005 second. With the same d.c voltage applied to the two cct. It is found that the steady – state current of cct. (a) is 2000 times the initial current of cct. (b) Find R_1, L_1 and C .



(a)



(b)

Solution ;

The time constant of cct. (a) is
 $\lambda=L1/R1$ second and that of cct. (b)

$\lambda=C.R2$ second $\therefore L1/R1= 0.005$

$\therefore C \times 2 \times 10^6 = 0.005 \therefore C = 0.0025 \times 10^{-6}$

$\therefore C = 0.0025 \mu\text{F}$

steady state current of cct. (a) is $=V/R1 = 10/R1$ A

Initial current of cct (b) = $V/R2 = 10/2 \times 10^6$
 $= 5 \times 10^{-6}$ A Now : $10/R1 = 2000 \times 5 \times 10^{-6}$

$\therefore R1 = 1000 \Omega$

Also : $L1/R1 = 0.005 \therefore L1 = 1000 \times 0.005 = 5\text{H}$

Charging of a capacitor شحن المكثف

The fig. is shown an arrangement by which a capacitor (C) may be charged through (a) high resistance (R) from a battery of (v) volts.

The voltage across (C) can be measured by a Suitable voltmeter . When switch (S) is connected by a suitable voltmeter .

When switch (s) is connected to (a) Then (C) is charged , but when it is connected to (b) , (C) is short circuited through (R) and is thus discharged .

The voltage across (C) dose not rise to (v) instantaneously but builds up slowly .Charging current is maximum at the

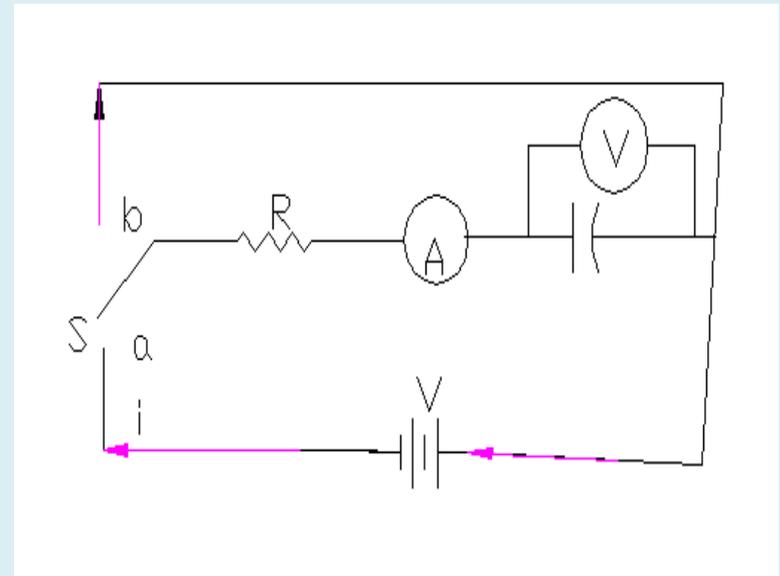


Fig -2 -

start i.e when (c) is un charged , then it gradually decreases and finally ceases when P.d.across capacitor plates becomes equal and opposite to that of the battery. At any instant,

Let v =p.d across c , i = charging current , q = charge on capacitor plates

The applied voltage (v) is always equal to the sum of (1) resistive drop ($i.R$) and

(2) voltage across capacitor (v)

$V=i.R+v$, Now $i=dq/dt=(d/dt)(CV)$.

$$=C.(dv/dt) \quad \therefore V= v+ C.R (dv/dt) \dots(4-b).$$

$$\therefore - (dv/V-v) = - (dt/C.R) ,$$

Integrating both sides, we get :

$$\int (-dv/V-v) = -(1/C.R) \int dt , \quad \log_e (V-v) = -(1/C.R) t + K \dots(5)$$

, When K is a constant of integration whose value can be found from initial known conditions . We know that at the start of charging when $t=0, v=0$

Substituting these values in iii....(5) we get

$\log_e V = k$, Hence (5) becomes

$$\log_e (V-v) = (-1/C.R) + \log_e V$$

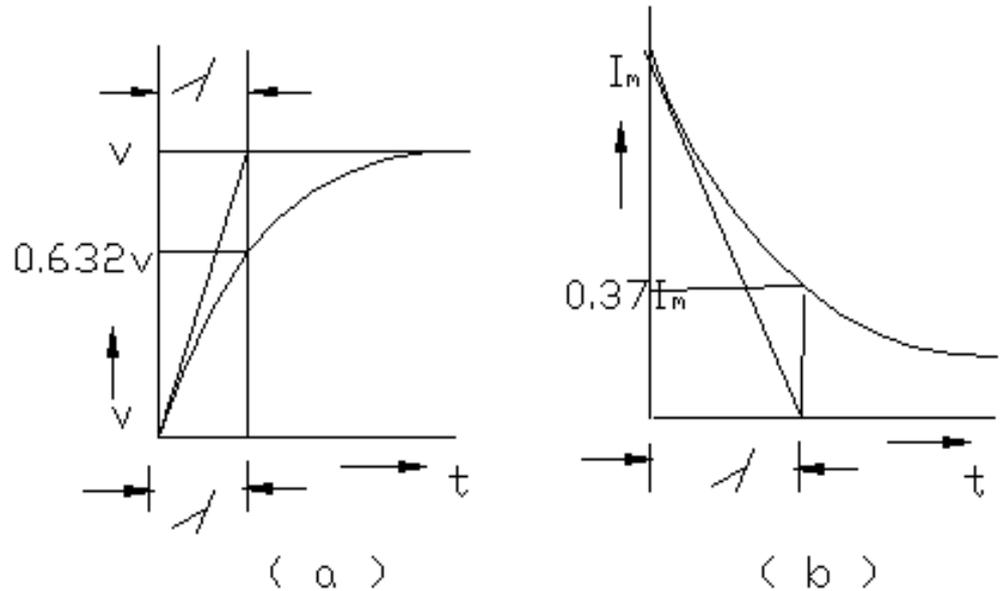
$\log_e (V-v)/V = -t/C.R = -t/\lambda$ where $\lambda = C.R = \text{time constant}$

$$\therefore (V-v)/V = e^{-t/\lambda} \quad \therefore V-v = V(1 - e^{-t/\lambda}) \dots\dots (6)$$

This gives variation with time of voltage across the Capacitor plates and is shown in fig. (a)

Now $v = q/c$ and $V = Q/C$
Eq. ..(6) becomes
 $q/c = (Q/C)(1 - e^{-t/\lambda}) \therefore q = Q(1 - e^{-t/\lambda}) \dots\dots (7)$

we find that increase of charge , like growth of potential, follows an exponential law in which the



Steady value is reached after infinite time. Now $i = dq/dt$, from eq. (7) differentiating both sides, we get $dq/dt = i = Q \{d/dt(1 - e^{-t/\lambda})\} = Q \{+(1/\lambda) \cdot e^{-t/\lambda}\} = (Q/\lambda) e^{-t/\lambda} = (C.V/C.R) e^{-t/\lambda}$ But $Q = C.V$ and $\lambda = C.R \therefore i = (V/R) \cdot e^{-t/\lambda}$ OR $i = I_m e^{-t/\lambda} \dots (8)$ where $I_m = V/R$

As charging continues, charging current decreases according to eq... (8) as shown in fig. (b)

Time constant

a) Just at the start, p.d. across capacitor is zero, hence from eq..(4-b)

b) putting $v=0$. We get $V = (C.R) dv/dt$

\therefore Initial rate of rise of voltage across the capacitor is $= dv/dt = V/(C.R)$ volt/second

If this rate of rise were maintained, then time taken to reach voltage V would have been

$V/(V/C.R) = C.R$ This time is known as time constant (λ) of the cct.

b) From eq..(6) , we find that if $t = \lambda$, then : $v = V(1 - e^{-t/\lambda}) = V(1 - e^{-\lambda/\lambda}) = V(1 - e^{-1})$
 $= V\{1 - (1/e)\} = V\{1 - (1/2.718)\} = 0.632 V$

Hence, time constant may be defined as the time during which capacitor voltage rises to 0.632 of its final steady value .

C) From eq(8) , by putting $t = \lambda$, we get $i = I_m e^{-t/\lambda} = I_m e^{-1} = I_m / 2.718 = 0.37 I_m$

Hence , time constant of a circuit is also the time during which the charging current falls to 0.37 of its initial maximum value .

Discharging of a capacitor

In fig. (2) when S is shifted to (b) , then (C) is discharged through R .

To begin with discharge current is maximum but then decreases till it ceases when capacitor is fully discharged. As battery is cut off the circuit, therefore, by putting $V=0$ in eq...(4-b),we get

$$0=C.R (dv/dt) +v , \text{ or } v= - CR(dv/dt)$$

$$dv/v = - dt/(C.R) \text{ or } \int dv/v= - (1/C.R)\int dt$$

$$\therefore \log_e v= -(1/C.R)t+K , \text{ At the start of discharge, when } t=0, v=V$$

$$\therefore \log_e V =0+K = K$$

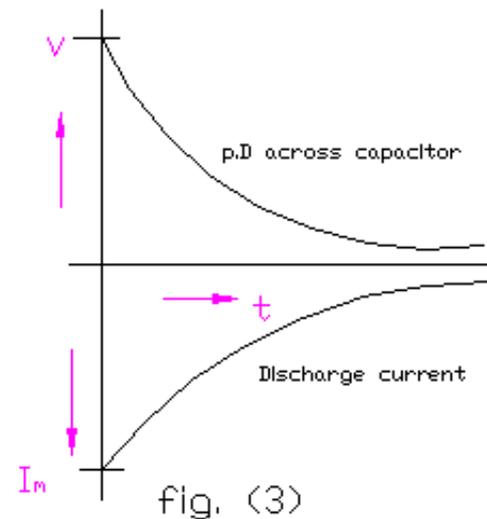
putting this value above ,we get :

$$\log_e v= - t/\lambda + \log_e V , \text{ OR } \log_e v/V=-t/\lambda$$

$$\text{Or } v/V=e^{-t/\lambda} \text{ Or } v=V.e^{-t/\lambda} \text{ similarly, } q=Qe^{-t/\lambda}$$

$$\text{And } i= -I_m.e^{-t/\lambda}$$

The fall of potential and discharging current are shown in fig. (3) .



Ex.(23)

A capacitor of ($3\mu\text{f}$) capacitance is connected through a resistance of (1 mega ohm) to a constant e.m.f .
Find how long will it take before the capacitor receives 99% of its final charge .

Solution :

$q=Q(1- e^{-t/\lambda})$ Here $\lambda=C.R=3\times 10^{-6}\times 10^6=3$ second ,

$q/Q=0.99$, $t=?$

$1- e^{-t/\lambda} =0.99$ Or $e^{-t/\lambda} = 0.01$, $e^{t/\lambda} =100$,

or $e^{t/a}=100$

$(t/3)\log_{10} e=\log_{10}^{100}$ or $(t/3) \log_{10}^{2.718}=2$

$\therefore t= 13,8$ second

Post test

Ex:(24)

If a coil has resistance of (10Ω) and an inductance of (1 Henry , what is the value of the current 0.1 second after switching on a 100v d.c supply .

solution

The time of 0.1 second given in the question happens to be equal to the time constant of the cct. $\lambda=L/R =1/10=0.1$ second .

During 0.1second the current reaches a value of 63.2% of its maximum steady value . In this case the steady current which will eventually flow through the cct. Is : $=V/R=100/10=10A$

$\therefore i= 0.632 \times 10=6.32 A$

الأسبوع الثامن والعشرون

Electrical measuring Instruments

آلات (أجهزة) القياس الكهربائية

over view النظرة الشاملة -

A- Population target

الفئة المستهدفة

☐ Student of first year of

Electrical Techniques Department

طلبة قسم التقنيات الكهربائية – السنة الأولى

مبررات الوحدة

B –Rationale

It is very important to study
Electrical measuring Instruments

اجهزة القياس الكهربائية

Also to study What is physical
effects of at all electrical measuring
instruments ? . . .

C – Central Idea الفكرة المركزية

- Definition Electrical measuring Instruments

اجهزة القياس الكهربائية

- To learn Classify secondary instruments divide

Aim of Lecture :

To let the student be able to identify how measure current, voltage, ohm with (D.C and A.C)

Pre-Test

What is physical effects of at all electrical measuring instruments ?

solution

(1) Magnetic effect- for ammeters, voltmeters usually .

(2) Electrodynamics effect-for ammeters, voltmeters and watt meters

(3) Electromagnetic effect-for ammeters, voltmeters , wattmeter's and watt-hour meters.

(4) Thermal effect- for ammeters, voltmeters .

(5) Chemical effect – for d.c ampere-hour meters.

(6) Electrostatic effect- for voltmeters only .

Classify secondary instruments divide



(A) Indicating instruments



(C) Integrating instruments



(B) Recording instrument

(A) Indicating instruments are those which indicate the instantaneous value of the electrical quantity being measured at the time at which it is being measured. Their indications are given by pointers moving over calibrated dials. Ordinary ammeters, voltmeters and watt meters belong to this class .

(B) Recording instruments are those which instead of indicating by means of a pointer and a scale the instantaneous value of an electrical quantity, give a continuous record of the variations of such a quantity over a selected period of time. The moving system of the instrument carries an inked pen which rests lightly on a chart or graph that is moved at a uniform and low speed, in a direction perpendicular to that of the deflection of the pen.

The path traced out by the pen presents a continuous record of the variations in the deflection of the instruments.

(C) Integrating instruments are those which measure and register by a set of dials and pointers either the total quantity of electricity (in amp-hours) or the total amount of electrical energy (in watt-hours or kWh) supplied to a circuit in a given time. Their summation gives the product of time and the electrical quantity but gives no direct indication as to the rate at which the quantity or energy is being supplied because their registrations are independent of this rate provided the current flowing through the instrument is sufficient to operate it. Ampere-hour and watt-hour meters fall in this class.





612478

CCB 00470
MADE IN CZECH REPUBLIC

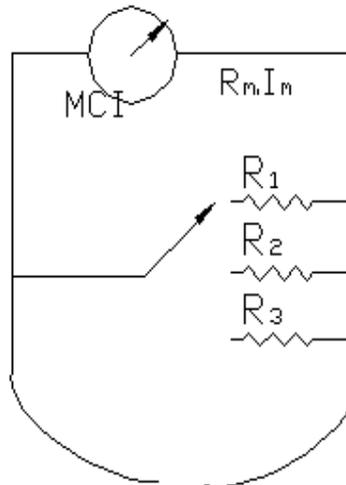
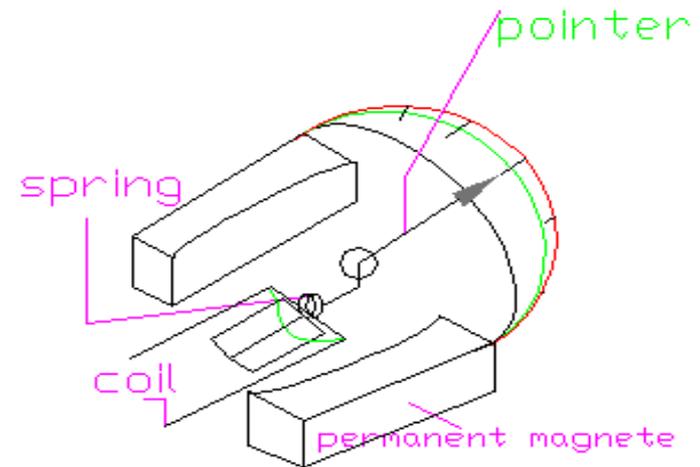
10 20 30



Moving coil instruments (M.C.I.) جهاز القياس ذات الملف المتحرك

When current passed through the coil , torque produced and the pointer is moves.

Spring Produce a force that returnee the coil current is zero.



Ammeter with moving scale

Ammeter moving coil instrument
Can be used as ammeter as
shown in figer where the resistor
are connected in parallel with
(MCI).

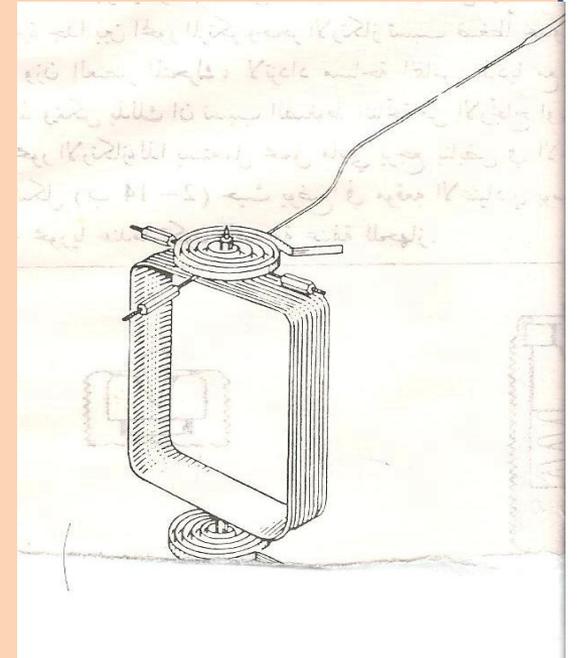
تركيب الجهاز

يتكون الجهاز من مغناطيس دائم بشكل حذاء ألفرس مصنوع من الحديد المطاوع لتجهيز مجال مغناطيسي منتظم في الفجوة الهوائية بين قطع الأقطاب والاسطوانة . يتم لف الملف على إطار معدني خفيف ويثبت حيث يكون حر الحركة في الفجوة الهوائية , بينما يتحرك المؤشر المثبت على الملف فوق مقياس مدرج ليبين الانحراف الزاوي للملف وبالتالي التيار المار خلال الملف .

يسيطر الذراع الذي بشكل حرف (γ) على وضع تصفير الجهاز ويربط في النهاية الثابتة لنابض السيطرة الأمامي , ويربط المحور اللامتركز الذي يثبت على غطاء الجهاز في الذراع (γ) لضبط الموضع الصفري للمؤشر من خارج الغطاء. يجهز النابضان الموصلان المصنوعان من سبيكة الفسفور-البرونز – المتساويان في المتانة عادة , القوة المعاكسة التي تعاكس عزم الملف المتحرك ويكون ثابت أداء النابض ضروريا للحفاظ على دقة جهاز القياس , تتم السيطرة على سمك النابض بدقة تجنب التشوه الدائم لنابض السيطرة التي يسري من خلالها التيار من وإلى الملف .

((تتم موازنة النظام المتحرك بأكمله استاتيكيًا لجميع مواضع الانحراف بواسطة ثلاث أثقال موازنة , ثم تجمع المؤشر , النوابض , ومحاور الارتكاز إلى هيكل الملف بواسطة قواعد التركيز بينما يثبت عنصر الملف المتحرك بأكمله بواسطة محامل من الماس . يستعمل ماس بشكل حرف (V) بشكل واسع تقريبًا في محامل الأجهزة . يمكن أن يكون نصف قطر محور الارتكاز في حفرة الماس من 0.01mm إلى 0.02mm

، معتمداً بذلك على وزن التركيبية والاهتزاز الذي يتعرض له الجهاز . يكون نصف قطر الحفرة في الماس أكبر بقليل من نصف قطر محور الارتكاز لكي تكون مساحة التلامس ، وبمساحة مقطع من عدة بشكل دائري مايكرونيات فقط .



يتصف الماس بأنه يكون اقل احتكاكا من أي نوع آخر من الأنواع العملية لمحامل الجهاز, على الرغم من أن تصميم العناصر المتحركة للاجهزة يكون بالشكل الذي تمتلك فيه اقل وزن ممكن , فان مساحة التماس الصغيرة جدا بين المحور المرتكز وحجر الارتكاز تسبب ضغطا بحدود 10كغم/ملم مربع وإذا ازداد وزن العنصر المتحرك , لاتزداد مساحة التماس طرديا مع هذه الزيادة بل يزداد الضغط ويمكن بذلك إن تسبب الضغوط الناتجة من الارتجاج أو سقوط الجهاز ...الخ في تلف محور الارتكاز , ولذا يستعمل محمل ماسي يرجع بنابض في الأجهزة المتينة , حيث يوضع في موقعه الاعتيادي بوساطة الناابض ويكون حر الحركة محوريا عندما تكون الصدمة عنيفة للجهاز .

تكون تدريجات المقياس المدرج لجهاز الملف المتحرك ذو المغناطيس الدائم للتيار المستمر خطيا (المسافات بينها متساوية) لان العزم وبدوره انحراف المؤشر يتناسب طرديا مع تيار الملف . لذلك يعتبر هذا الجهاز جهاز القراءة الخطية للتيار المستمر كما تكون القدرة قليلة وتتراوح بين 25مايكروواط إلى 200مايكروواط وتكون دقة الجهاز بحدود 2 إلى 5 بالمائة من قراءة انحراف المؤشر الكلي . إذا تم تجهيز تيار متناوب ذي تردد واطى جدا إلى الملف المتحرك. سوف ينحرف المؤشر بالاتجاه العلوي للمقياس لنصف موجة الإدخال الموجبة وفي الاتجاه المعاكس لنصف لموجة الثاني . اما لترددات خطوط القدرة 50 هرتز أو أكثر من ذلك فلا يمكن ان يتابع المؤشر التغيير السريع في الاتجاه ويبقى يهتز حول نقطة الصفر باحثا عن القيمة لمتوسطة للتيار المتناوب والتي تساوي صفرا , لهذا السبب يكون جهاز الملف المتحرك ذو المغناطيس الدائم ملائم لقياسات التيار المتناوب إلا إذا تم توحيد التيار قبل تجهيزه إلى الملف .

تركيب القلب المغناطيسي :

بعد تطور سبيكة الألمنيوم - النيكل - الكوبالت مع الحديد (النيكون) وبعض المواد المغناطيسية الأخرى، أصبح من الممكن تصميم نظام مغناطيسي يعمل فيه المغناطيس ذاته كقلب. تمتلك هذه المغناط ميزة واضحة هي عدم تأثرها نسبيا بالمجالات المغناطيسية الخارجية مزيلة بذلك التأثيرات المغناطيسية المتوازية في تركيب اللوح الفولاذي الذي قد تؤثر فيه عدة مقاييس تعمل جنبا إلى جنب على قراءات بعضها البعض .

قد تنتفي الحاجة إلى العزل المغناطيسي الذي يكون بشكل العلب الحديدية أيضا عند استعمال تركيب القلب المغناطيسي والقلب المغناطيسي معزول ذاتيا .
يعمل العزل ذاتيا على جعل تقنية القلب المغناطيسي مفيدة وخاصة في تطبيقات الملاحة الجوية والفضاء الخارجي حيث يتم تثبيت عدة أجهزة بالقرب من بعضها البعض كذلك تكون ذات أهمية كبيرة في هذه التطبيقات وذلك بإزالة العلب الحديدية من الأجهزة مما يسبب تخفيف الوزن .

معادلة العزم

عند مرور تيار كهربائي في ملف سوف يسبب نشوء قوة تؤثر على كل موصل في جوانب الملف تعطي بالمعادلة :

$$F = \beta LIW \quad \text{Newton}$$

B: كثافة الفيض المغناطيسي في الفجوة الهوائية (ويبر /متر مربع)
L: التيار المار بالملف (أمبير) ، I: الطول الفعال للموصل (متر)

عزم الانحراف الذي تسببه هذه القوة $T_d = \beta LIW \quad (\text{N-m})$

$$\therefore T_d = N\beta L I W = K_1 \cdot I$$

W: عرض الملف
N: عدد لفات الملف

$$T_c = K_s \cdot \theta$$

ثابت الجهاز $k_1 = N\beta LW$
عزم السيطرة للناض T_c :
ثابت النابض K_s

عند الانحراف المستقر ، يتساوى عزم الانحراف مع عزم السيطرة أي

$$T_d = T_c \quad \therefore K_1 \cdot I = K_s \cdot \theta \quad \therefore \theta = (K_1 / K_s) \cdot I \quad \therefore \theta \propto I \quad \text{أن :-}$$

لاحظ العلاقة طردية بين زاوية الانحراف والتيار المار في الملف أي أن تقسيم المقياس يكون منتظم

مميزات جهاز الملف المتحرك

- 1) القدرة المبددة واطئة 2) نسبة العزم إلى الوزن عالية 3) إمكانية عمل مقياس واسع ومنتظم
- 4) يمكن استعمال جهاز واحد كفولتميتر وكاميتر لتغطية مدى واسع من قيم الفولتيات والتيارات وذلك باستعمال مقاومات المجزئ والمضاعف . 5) يستعمل تضاؤل التيار الدوامي 6) الجهاز خالي من فقد التخلفية المغناطيسية والى ابعد من ذلك الأخطاء التي تسببه المجالات المغناطيسية الشاردة .

عيوب الجهاز

- 1) لايمكن استخدامه في قراءة التيار المتناوب مباشرة .
- 2) كلفته عالية بالمقارنة مع جهاز الحديد المتحرك بسبب تركيبه الدقيق .
- 3) الأخطاء بسبب الاحتكاك أو تغيير درجات الحرارة . 4) مرور الزمن قد يؤثر على نوابض السيطرة والمغناطيس الدائم مما قد يسبب أخطاء في القياس . هذه يمكن تجنبها بالاختيار المناسب للمواد .

الأخطاء في أجهزة الملف المتحرك ذات المغناطيس الدائم

- 1) : الأخطاء التي يسببها الاحتكاك . 2) الأخطاء التي تحدث نتيجة تغيير درجات الحرارة
- 3) الأخطاء التي يسببها المجال المغناطيسي الشارد . 5) أخطاء التأثيرات الكهروحرارية

Ex(1)

Moving coil Instrument has a coil resistance of (5Ω) , given full –scale deflection انحراف كامل for a current of (5 A) .Determine the value of shunt resistance Required for scale-range increased to ($1\text{A},5\text{A},10\text{A}$).

Solution:

$$V_m = R_m \cdot I_m = 5 \times 5 = 25\text{mv}$$

$$I = I_1 + I_m \quad \therefore I_1 = I - I_m = 1000 - 5$$

$$\therefore I_1 = 995\text{mA}$$

$$R_1 = V_m / I_1$$

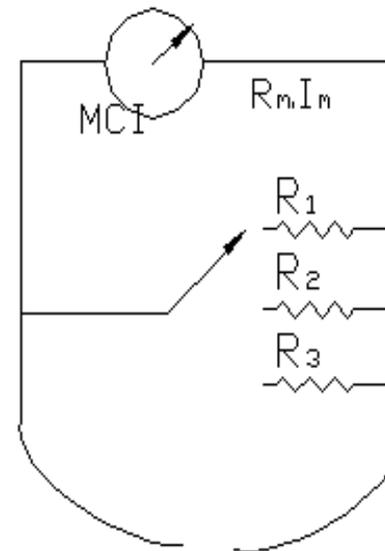
$$\therefore R_1 = 25 / 995 = 0.025\Omega$$

$$I_2 = I - I_m = 5000 - 5 = 4995\text{mA}$$

$$R_2 = V_m / I_2 = 25 / 4995 = 0.005\Omega$$

$$I_3 = I - I_m = 10000 - 5 = 9995\text{mA}$$

$$R_3 = V_m / I_3 = 25 / 9995 = 0.002\Omega$$



Ammeter with moving scale

Voltmeter Instrument

Moving Coil instrument can be used as voltmeter as shown in figure by connecting large resistance in series with coil.

Example(2) :

Moving coil instrument has a coil resistance
And given full- scale deflection for a current (5mA). Determine
required resistance for scale-Range for voltage (5v,10v).

Solution :

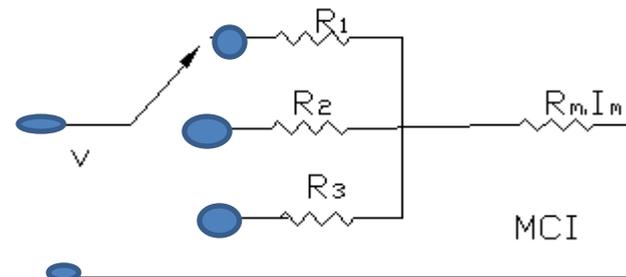
$$V_m = R_m \cdot I_m = 5 \times 5 = 25 \text{ mV}$$

$$V = V_1 + V_m \therefore V_1 = V - V_m = 5000 - 25 = 4975 \text{ mV}$$

$$R_1 = V_1 / I_m = 4975 / 5 = 995 \Omega$$

$$V_2 = V - V_m = 10000 - 25 = 9975 \text{ mV}$$

$$R_2 = V_2 / I_m = 9975 / 5 = 1995 \Omega$$

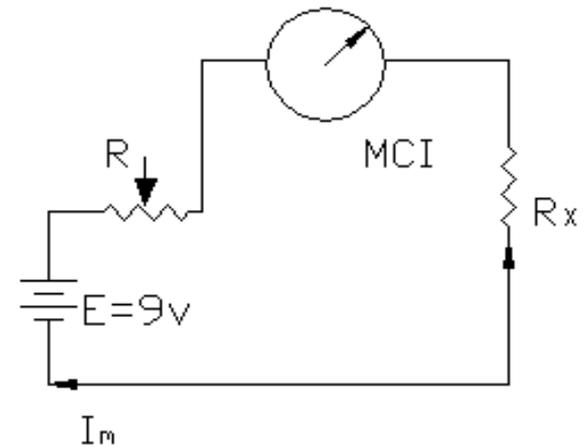


Ohmmeter instrument

MCI can be used as ohmmeter as shown in figure by connecting the coil to battery variable resistance.

Ex.(3):

MCI has ($R_m=5\Omega$) and ($I_m=1\text{mA}$) need
To be used as OHMMETER
to ($100\text{k}\Omega$) as shown.



Solution :

For Maximum deflection:

$$(1) I_m = 1\text{mA}$$

$$R_x = 0, I_m = E/R + R_m \therefore 1 \times 1000 = 9/R + 5 \therefore R = 8995\Omega$$

$$(2) \text{ For } \frac{1}{2} \text{ deflection: } I_m = 0.5\text{mA} = E/R + R_m + R_x$$

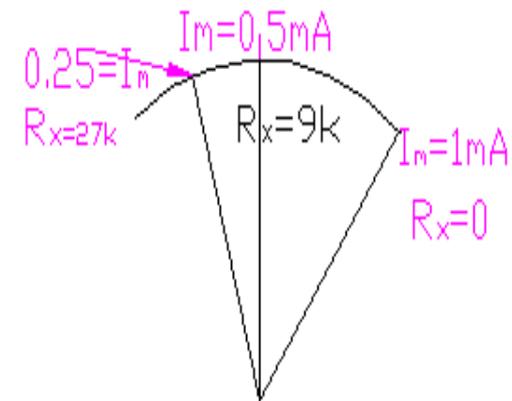
$$\therefore 0.5 \times 1000 = 9/(8995 + 5 + R_x) \therefore R_x = 9000\Omega = 9\text{k}\Omega$$

(3): for $\frac{1}{4}$ deflection :

$$I_m = 0.25\text{mA} = E/R + R_m + R_x$$

$$\therefore 0.25 \times 1000 = 9/8995 + 5 + R_x$$

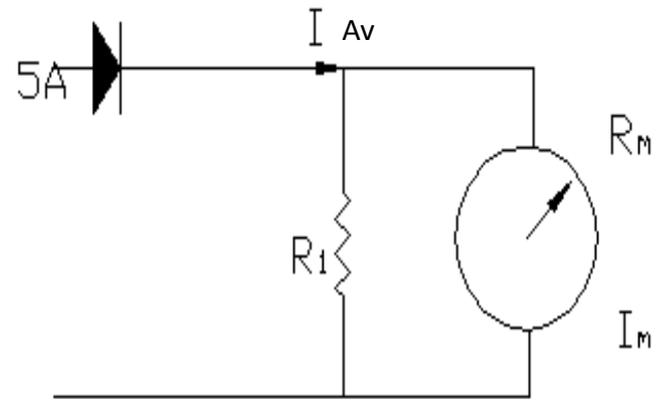
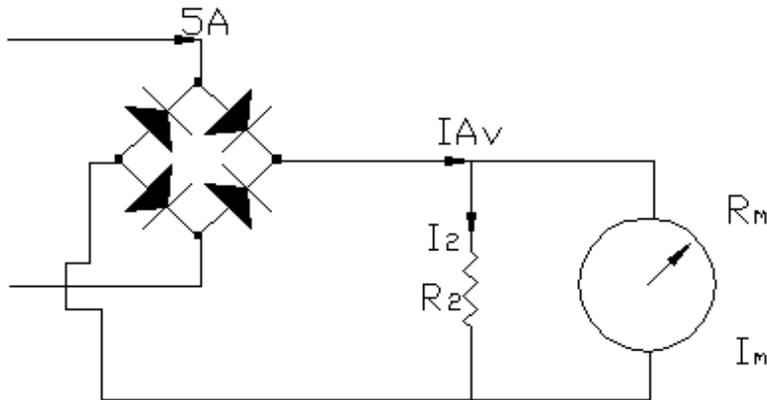
$$\therefore R_x = 27000 \therefore R_x = 27\text{k}\Omega$$



A.C Measuring instrument

Measurement of A.C current by MCI((A.C Ammeter))

For M.c.i. to be used to measure A.C current then A.C current is converted to D.c current by using (1) half wave rectifier (2) Full-wave rectifier.



Ex.(4):

M.C.I. has ($R_m=5\Omega$) and ($I_m=1\text{mA}$) need to be used as ammeter for A.c current (5A) by using (1)H.w.R (2) f.w.R

Solution

(1) For H.W.R

$$(2) I_{Av}=0.636 \times 5 = 3.19\text{A}, \quad V_m = I_m \times R_m = 1 \times 5 = 5\text{mv}$$

$$I_{Av} = I_1 + I_m \quad \therefore I_1 = I_{Av} - I_m = 3190 - 1 = 3189\text{mA}$$

$$R_1 = V_m / I_1 = 5 / 3189 = 0.0015\Omega$$

(2) For f.w.R $I_{Av} = 0.9 \times 5 = 4.5\text{A}$

$$I_2 = I_{Av} - I_m = 4500 - 1 = 4499\text{mA}$$

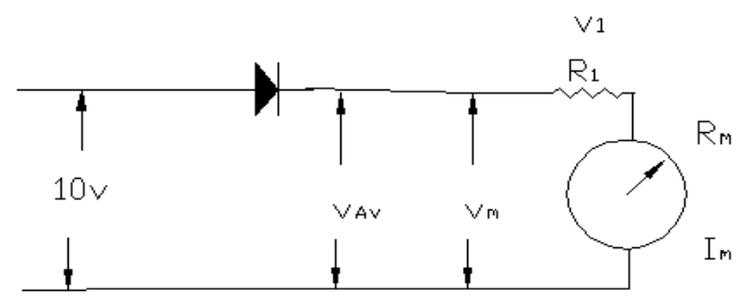
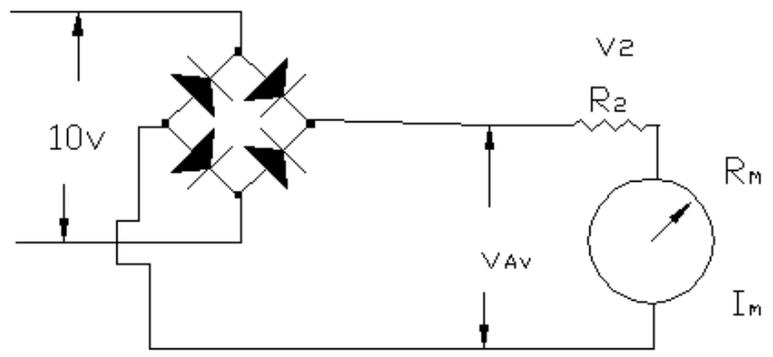
$$R_2 = V_m / I_m = 5 / 4499 = 00.0011\Omega$$

Measurement of A.C voltage by MCI ((A.C Voltmeter))

For M.C.I to be used to measure A.C voltage A.C voltage converted to D.C voltage this don by (1) H.w.R (2) f.w.R

Ex;(5)

M.C.I need to be used as voltmeter to measure A.c voltage equal to (10v) if the coil resistance ($R_m=10\Omega$), and ($I_m=5mA$)



Solution :

(1) For H.w.R

$$V_{AV} = 0.636 \times 10 = 6.36 \text{ v} = I_m \cdot R_m = 5 \times 10 = 50 \text{ mv}$$

$$V_1 = V_{AV} - V_m = 6360 - 50 = 6310 \text{ mv}$$

$$R_1 = V_1 / I_m = 6310 / 5 = 1262 \Omega$$

(2) For f.w.R

$$V_{AV} = 0.9 \times 10 = 9 \text{ v}$$

$$V_2 = V_{AV} - V_m = 9000 - 50 = 8950 \text{ mv}$$

$$R_2 = V_2 / I_m = 8950 / 5 = 1790 \Omega$$

Post test

Ex.(6)

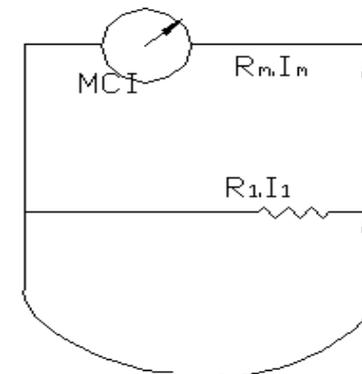
MCI has $R_m=10\Omega$ and $I_m=1\text{mA}$. Find the Range of current we have if a resistance (0.005Ω) is connected in parallel with the coil.

Solution:

$$V_m = I_m \cdot R_m \therefore V_m = 1 \times 10 = 10 \text{mv}$$

$$I_1 = V_m / R = 10 \text{mv} / 0.005 = 2000 \text{mA}$$

$$\therefore I = I_1 + I_m = 2000 + 1 = 2001 \text{mA}$$



Ammeter with moving scale

الأسبوع التاسع والعشرون

جهاز القياس ذو القلب الحديدي

- **over view** النظرة الشاملة -

A- Population target

الفئة المستهدفة

☐ Student of first year of

Electrical Techniques Department

طلبة قسم التقنيات الكهربائية – السنة الأولى

- It is very important to study
Iron core measure meant
جهاز القياس ذو القلب الحديدي.

C – Central Idea الفكرة المركزية

- Definition Iron core measure meant

جهاز القياس ذو القلب الحديدي.

- To learn Moving iron instruments
أجهزة الحديد المتحرك

Aim of Lecture :

To make the student should be able to find out the measuring device with Moving iron instruments where installation, and how to use it in electrical measurements and know its advantages and disadvantages .

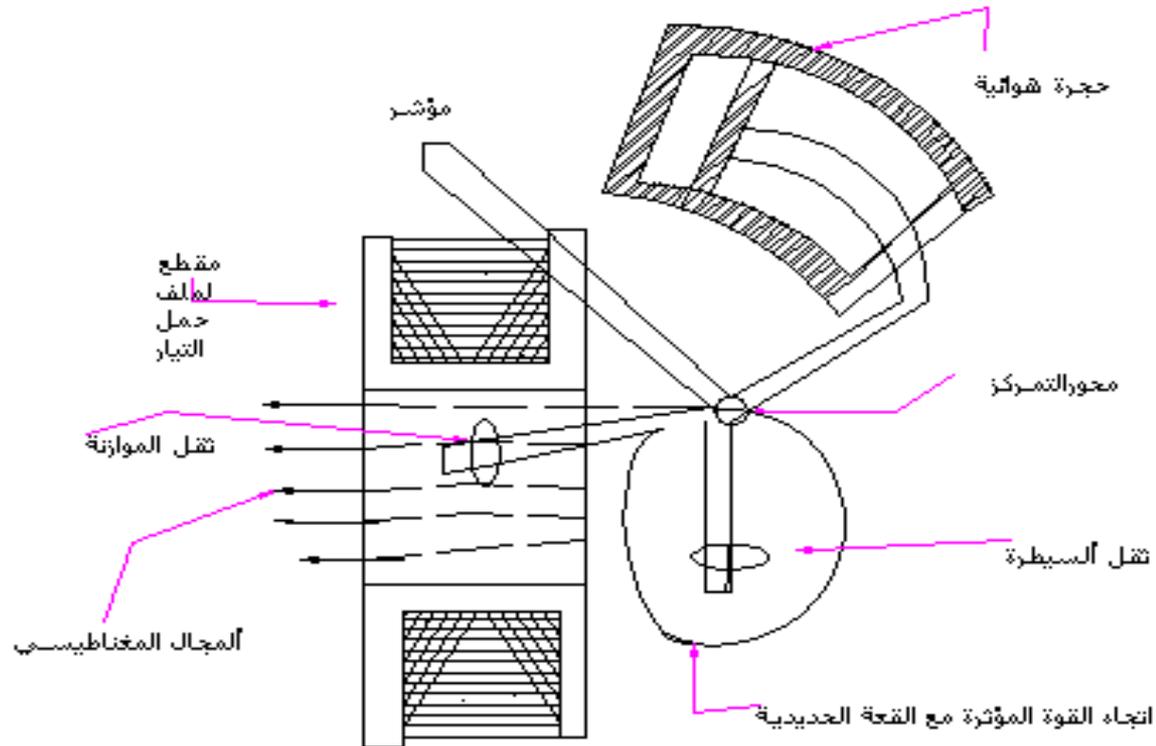
Pre-Test

Mention the advantages of the measuring moving coil

- 1) Dissipative capability and low
- 2) the proportion of high torque-to-weight
- 3) the possibility of large-scale action and regular
- 4) can use a single device as voltmeter and as ampere meter to cover a wide range of values of voltages and currents and using atomiser resistors and multiplier.
- 5) use dwindling stream whirling
- 6)-free device has magnetic hysteresis and beyond that the mistakes that caused by stray magnetic fields.

Moving iron instruments أجهزة الحديد المتحرك

Attraction- type instruments نوع التجاذب



جهاز الحديد المتحرك نوع التجاذب

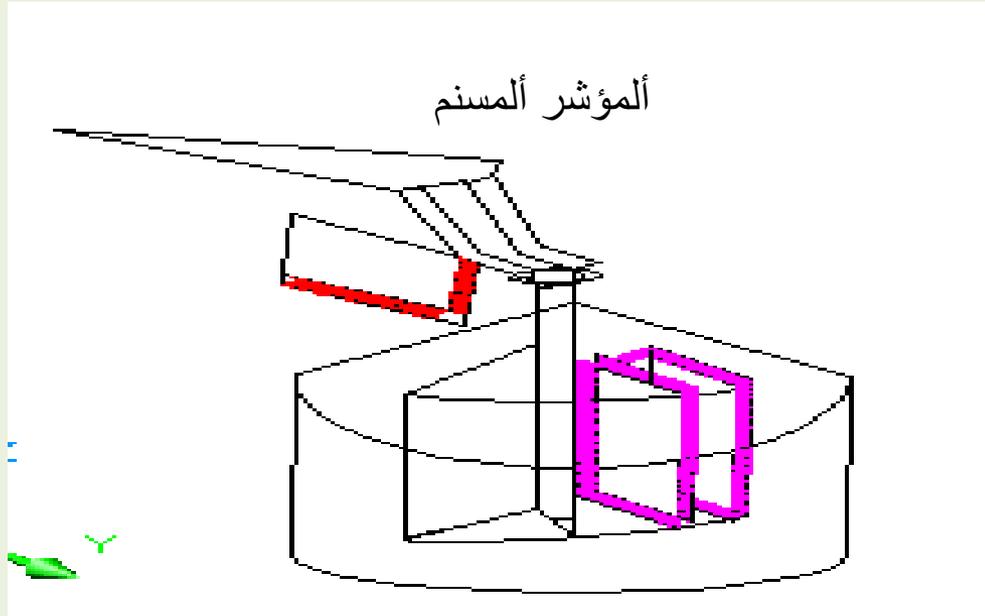
الشكل السابق يبين مقطع أمامي لجهاز الحديد المتحرك نوع التجاذب يتكون الجهاز بشكل أساسي من ملف وقطعة حديدية بيضوية الشكل مرتكزة بالشكل الذي يسمح لها بالحركة باتجاه داخل وخارج الملف . يثبت مع محور دوران هذه القطعة الحديدية مؤشر يمكنه الانحراف مع حركة القطعة الحديدية فوق مقياس مدرج. يتم عمل هذه القطعة الحديدية من صفيحة بشكل خاص لإعطاء تدرج منتظم للمقياس المدرج قدر الإمكان .

عندما يمر التيار بالملف سوف ينشأ مجال مغناطيسي في داخل الملف إضافة إلى مغنطة القطعة الحديدية نفسها . هذا المجال الناشئ سوف يجذب القطعة الحديدية باتجاه داخل الملف مسببا دوران المحور وبدوره يدور المؤشر المثبت عليه . تمتلك مثل هذه الأجهزة عزم سيطرة بوساطة النابض وعزم تضائل بوساطة الهواء . تكون الحسابات الدقيقة لعزم الانحراف في هذه الأجهزة وعقدة ، كما إن تصميم شكل الصفيحة الحديدية يكون بشكل تجريبي عادة .

أجهزة نوع التنافر Repulsion Type instruments

تعتبر أجهزة نوع التنافر أكثر استخداما من أجهزة نوع التجاذب , ويبين الشكل جهاز الحديد المتحرك نوع التنافر ذا الريشة المحورية . (يستعمل الجهاز لقياسات التيار المستمر والمتناوب والأفضل استخدامه في المتناوب) .

يتكون الجهاز من ملف ثابت يحتوي على عدة لفات لحمل التيار المراد قياسية, وتوضع في داخل الملف ريشتان حديديتان تربط أحدهما مع إطار الملف والثانية مع محور دوران الجهاز . يمغنط التيار المار في الملف الريشتين بنفس القطبية دون الأخذ بنظر الاعتبار اتجاه التيار الآني , وتمغنط هاتين الريشتين ينتج قوة التنافر اللازمة .



بما إن إحدى الريشتين يمكنها الحركة فقط , فإن إزاحتها تناظر مقدار تيار الملف . تكون قوة التنافر هذه مناسبة مع مربع قيمة التيار ولكن تعمل تأثيرات التردد والتخلفية المغناطيسية لإنتاج انحراف غير خطي للمؤشر وبذلك لا يطابق علاقة القانون التربيعي بشكل صحيح .

يعتبر جهاز نوع التنافر ذو الريشة المحورية من أحسن أنواع أجهزة الحديد المتحرك من حيث الحساسية ويكون تدرج مقياسة خطيا تقريبا . تتطلب بعض الأجهزة ذات المواصفات الجيدة تصميمًا دقيقًا وريشة مغناطيسية عالية الجودة. كذلك يمكن الملاحظة بان ريشة الألمنيوم المثبتة على محور الدوران تحت المؤشر مباشرة تعمل على إعادة المؤشر إلى حالة الاستقرار بسرعة . (إن كون المؤشر مسنم لمنع حصول انحناء في المؤشر عند فوق الأحمال العالية)

معادلة العزم

$$T_d = 1/2 i^2 dL/d\theta$$

dL : تغييرات المحاثة (هنري)

dθ : تغييرات الانحراف (زوايا نصف قطرية)

في حالة الاستقرار يكون :

$$T_c = T_d$$

حيث نظام الانحراف يجهز بنابض $K_s \theta = 1/2 i^2 \cdot dL/d\theta$ في هذا النوع

أي أن مقدار الانحراف $\theta = (1/2 K_s) \cdot i^2 \cdot dL/d\theta$ يتناسب طرذا مع مربع القيمة الفعالة للتيار

الأخطاء في أجهزة الحديد المتحرك:-

- (1) أخطاء بسبب التيار المستمر والمتناوب (2) وأخطاء بسبب التيار المتناوب فقط
- (3) الأخطاء بسبب التغيير في درجات الحرارة فزيادة درجة الحرارة تغير مقاومة الدائرة وكذلك يقلل مرونة الأنابض ونفاذية القلب .
- (4) أخطاء الاحتكاك .
- (5) أخطاء التخلفيه المغناطيسية في الحديد .
- (6) الأخطاء التي تسببها المجالات المغناطيسية الشاردة .
- (7) أخطاء يسببها تغيير التردد في قياسات التيار المتناوب حيث يؤدي ذلك إلى تغيير قيمة ممانعة الملف وكذلك تغيير قيمة التيارات الدوامية .

Pre-Test

Mention Defects Moving coil instrument

اذكر عيوب جهازا لقياس ذا الملف المتحرك

عيوب الجهاز

- 1) لا يمكن استخدامه في قراءة التيار المتناوب مباشرة .
- 2) كلفته عالية بالمقارنة مع جهاز الحديد المتحرك بسبب تركيبه الدقيق
- 3) الأخطاء بسبب الاحتكاك أو تغيير درجات الحرارة . 4) مرور الزمن قد يؤثر على نوابض السيطرة والمغناطيس الدائم مما قد يسبب أخطاء في القياس . هذه يمكن تجنبها بالاختيار المناسب للمواد .

الأسبوع الثلاثون

جهازا لقياس الواط ميتر والاسكوب

over view النظرة الشاملة -

A- Population target

الفئة المستهدفة

☐ Student of first year of

Electrical Techniques Department

طلبة قسم التقنيات الكهربائية – السنة الأولى

- It is very important to study

جهازاً

القياس الواط ميتر والاسكوب

Whate meter and oscilloscope

الفكرة المركزية C – Central Idea

- Mention the advantages of the measuring Moving iron instruments
- To learn
What meter and oscilloscope

Aim of Lecture

To make students able to install the wattmeter device and see plugged into an electrical circuit to measure the Power , as well as to identify on Oslo scope device and its uses.

Pre-Test

Mention the advantages of the measuring Moving iron instruments

Solution

Features device

1): used for qualitative continuous AC

Because deviation proportional to the square of the current.

2): high durability.

3): he quit high torque.

4): fairly high accuracy.

5): bear disorders over loading.

6): a simple fixed parts.

7): cheap price.

Electro dynamometer construction and principle of operation

تركيب جهاز الداينوميتير الكهربائي ومبدأ عمله

يبين الشكل الآتي الرسم التخطيطي للأجزاء الرئيسية لجهاز الداينوميتير , فبينما كان جهاز الملف المتحرك ذو المغناطيس الدائم , يستعمل المغناطيس الدائم لتجهيز المجال المغناطيسي الذي يدور فيه الملف المتحرك . يستعمل الداينوميتير الكهربائي التيار المراد قياسه لإنتاج الفيض المغناطيسي اللازم للمجال .

يجهز ملف الفيض المقسم إلى نصفين متساويين المجال المغناطيسي الذي يدور فيه الملف المتحرك .

يوصل نصفي الملف على التوالي مع الملف المتحرك وتتم تغذيتهم جميعا بوساطة التيار المراد قياسه . توضع الملفات الثابتة متباعدة عن بعضها لتسمح بمرور محور الدوران فيما بينها , ويحمل الملف المتحرك المؤشر الذي تتم موازنته بوساطة أثقال الموازنة , ويسطر على دورانه بوساطة ألنوابض كما في المتحرك ذو المغناطيس الدائم , تغلف هذه المجموعة بغلاف رقائق لحماية الجهاز من المجالات المغناطيسية الشاردة التي يمكن أن تؤثر على عمله ويجهز التضاؤل بوساطة ريش رقيقة من الألمنيوم تتحرك داخل حجيرات هوائية مغلقة , ويكون الجهاز

بأكمله مبنيا بقوة وصلادة بحيث يتم الحفاظ على الأبعاد الميكانيكية بصورة مستقرة وتكون معاييرها مصانة .

$$T = \beta \cdot A \cdot I \cdot N$$

لتوضيح عمل الجهاز يجب معرفة إن العزم الناتج من تعليق ملف في مجال مغناطيسي يساوي :

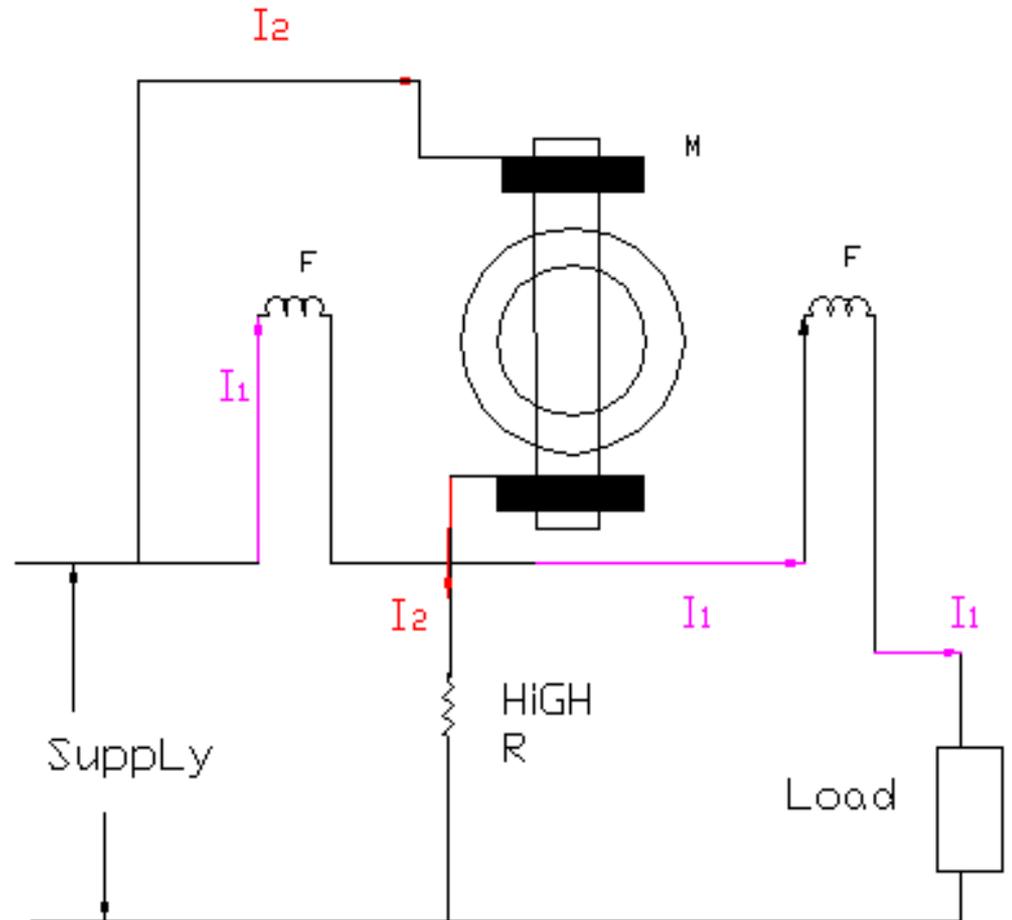
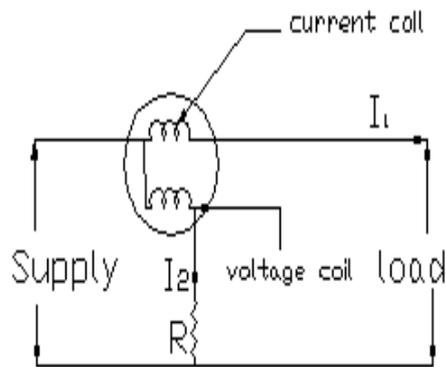
يتبين من المعادلة بان العزم الذي يحرف الملف المتحرك يتناسب طرديا مع ثوابت الملف (N, A) وكثافة المجال المغناطيسي (β) الذي يتحرك خلاله الملف والتيار خلال الملف . تعتمد كثافة الفيض المغناطيسي في الدائرمومتر الكهربائي على قيمة التيار المار خلال الملف الثابت وبدوره فإنها تتناسب طرديا مع تيار الانحراف . بما إن أبعاد الملف وعدد لفات الملف ثابتة للجهاز الواحد , عند إذ يصبح العزم الناتج دالة لمربع التيار (I^2)





تركيب جهاز أداينمو ميتر الكهربائي

صيغة أخرى لتمثيل مقياس
القدرة الكهرو حركي النوع



إذا اقتصر تصميم الدايونوميتر الكهربائي لاستعماله في قياسات التيار المستمر فقط .
فيمكن ملاحظة ومعرفة قانون تدرجه التريبيعي بسهولة من تراحم تدريجات المقياس عند
قيم التيار الواطئة جدا والتزايد في التباعد عند قيم التيار العالية .

لاستعمالات التيار المتناوب , يتناسب العزم الناتج في أية لحظة طرديا مع مربع التيار
الآني (i^2) وتكون القيمة الآنية (i^2) موجبة دائما , ولذلك يتولد عزم نبضي بحيث
لايستطع المؤشر من متابعة التغيرات السريعة للعزم بل يستقر عند الموضع الذي يتوازن
فيه معدل العزم مع عزم نوابض السيطرة ,

عند اذ يكون انحراف المقياس دلالة لمربع معدل التيار وتتم معايرة مقياس الدايونوميتر
الكهربائي عادة بدلالة الجذر التريبيعي لمعدل مربع التيار وبدوره يقرا المقياس قيمة الجذر
التريبيعي للمعدل أو القيمة الفعالة للتيار المتناوب . تصبح الخواص التحويلية للدايونوميتر
الكهربائي عند مقارنة القيمة الفعالة للتيار المتناوب والتيار المستمر بدلالة تأثير التسخين أو
تحويل القدرة لكل منهما .

يملك التيار المتناوب الذي ينتج حرارة في مقاومة أمعينة بنفس معدل التيار المستمر (I)
أمبير نفس القيمة (i) . يكون معدل متوسط إنتاج الحرارة بوساطة التيار

المستمر (I) أمبير خلال المقاومة (R) أوم
ل ($I^2 \cdot R$) واط .

أما معدل متوسط إنتاج الحرارة بوساطة التيار المتناوب (I) أمبير خلال دورة واحدة
في نفس المقاومة (R) فيساوي :-

$$1/T \int_0^T i^2 \cdot R \cdot dt$$

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

ويسمى القيمة المكافئة للتيار المستمر

لذلك ومن الشرح أعلاه فإن $I^2 \cdot R = 1/T \int_0^T i^2 \cdot R \cdot dt$

وبهذا يمكن تحويل القيمة المعمولة للتيار المستمر إلى القيمة التي تناظرها للتيار المتناوب ونتمكن من انجاز عملية الربط المباشر بين التيار المستمر والتيار المتناوب ويصبح الداينوميتر الكهربائي مفيدا جدا كجهاز معايرة ويستعمل فعلا لهذا الغرض بسبب دقته المتأصلة .

يستعمل الداينمو ميتر الكهربائي بشكل واسع في قياسات القدرة ويمكن استعماله لبيان قدرة التيار المستمر والتيار المتناوب ولاية موجة للفولتية أو التيار ولا يقتصر استعماله على الموجة الجيبية فقط .

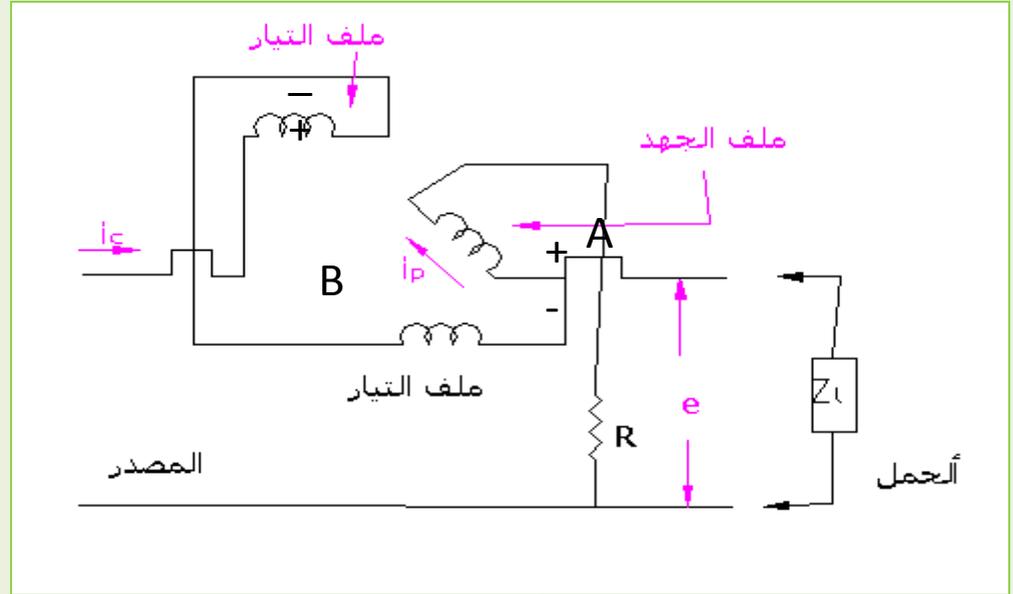
يبين الشكل طريقة ربط ملفات الداينمو ميتر عند استعماله كمقياس قدرة أحادي الطور , حيث تختلف عن طريقة ربطها عند استخدامه كاميتر أو كفولتميتر توصل الملفات الثابتة أو ملفات المجال والمبينة كعنصرين مستقلين على التوالي لتحمل تيار الخط الكلي (I_c) بينما يربط الملف المتحرك الموضوع في المجال المغناطيسي للملفات الثابتة على التوالي مع مقاومة تحديد التيار (R) عبر خط القدرة ويحمل تيار صغير (I_p) . تكون القيمة الآنية في الملف المتحرك مساوية ل:

$$I_p = e/R_p$$

حيث تمثل e الفولتية الانية عبر خط القدرة , و R_p المقاومة الكلية للملف المتحرك ومقاومة التوالي .

يتناسب انحراف الملف المتحرك مع حاصل ضرب التيارين (i_c, i_p) , ويمكننا التعبير عن معدل الانحراف عبر الدورة الكاملة بالعلاقة :

$$\theta_{av} = K/T \int_0^T i_c \cdot i_p \cdot dt$$



مخطط مقياس قدرة نوع أداينموميتر الكهربائي

ثابت الجهاز: K حيث تمثل معدل الانحراف الزاوي للملف

i_c : التيار الانية في ملفات المجال

i_p : التيار الانية في ملف الجهد

بافتراض (i_c) مساويا لتيار الحمل (i) في الحقيقة ($i_c = i_p + i$) والتعويض عن قيمة (i_p) بما يساويها (e/R_p) يمكن إعادة كتابة المعادلة كالآتي :-

$$\theta_{av} = k/T \int_0^T i (e/R_p) dt \quad \therefore \theta_{av} = K_2/T \int_0^T e.i dt \dots\dots(1)$$

من تعريف معدل القدرة يمكن التعبير عنه رياضيا

$$P_{av} = 1/T \int_0^T e.i dt \dots(2)$$

بالمعادلة -
هذه المعادلة توضح بأنه عند ربط جهاز الداينمو ميتر
كما بيناه بالرسم فإن انحراف المؤشر يتناسب طرديا
مع معدل ألقدره إذا كانت كميات متناوبة جيبيهة
من النوع :

$$e = E_m \sin \omega t, \quad i = I_m \sin(\omega t - \theta)$$

عند إذ يمكن كتابة المعادلة (1) بالصيغة : $\theta_{av} = K_3.E.I.Cos\theta$

حيث تمثل E, I القيم الفعالة ج.م.ت للفولتية والتيار وتمثل θ زاوية الطور بين الفولتية والتيار

تبين المعادلتين 1 , 2 بان الداينمو ميتر يقرأ القيمة المتوسطة للقدرة المصروفة في الحمل . لمقاييس القدرة طرف واحد للتيار يوشر بعلامتي (+ , -)

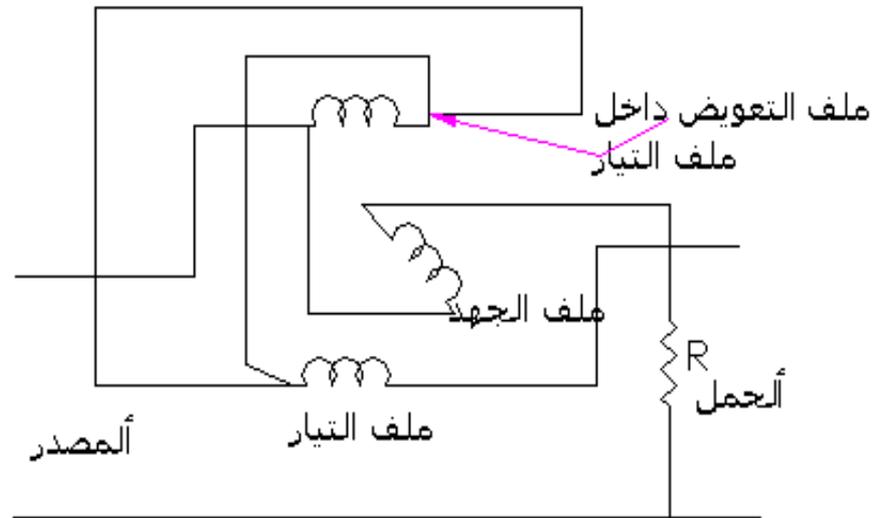
عند توصيل الطرف المؤشر للتيار مع الخط القادم وطرف الفولتية إلى جهة الخط الذي يربط فيه ملف التيار , سوف يقرأ المقياس في الاتجاه الصحيح عند أما إذا قرأ المقياس لأي توصيل القدرة إلى الحمل .
سبب من الأسباب بالاتجاه المعاكس فيجب عكس اتجاه التيار فقط . يستهلك الداينمو ميتر الكهربائي عند استعماله كمقياس قدرة , بعض القدرة ليحافظ على مجاله المغناطيسي . وتكون هذه القدرة صغيره جدا مقارنة مع قدرة الحمل لذا يمكن إهمالها .

Induction watt meters

الواطمترات الحثية

إن مبدأ عمل هذه الأجهزة هو نفس عمل أجهزة قياس التيار والفولتية الحثية يمكن استعمالها في مصدر التيار المتناوب فقط. على الاختلاف من الواطمترات نوع الداينمو الكهربائي حيث يستخدم الأخير لكلا التيارين المستمر والمتناوب.

الواطمتر الحثي يستخدم فقط عندما يكون التردد وفولتية المصدر ثابتين. يستعمل هنا مغناطيسيين منفصلين يعملان بالتيار المتناوب حيث ينتجان فيضان مغناطيسيان يحدث فيهما الاختلاف بالطور المطلوب وهو نفس عمل عداد الطاقة الموضح في التأسيسات الكهربائية.



مخطط مقياس القدرة المعوض

مرسمه أشعة المهبط Cathode ray Oscilloscope

وتعتبر من الأجهزة المهمة جدا والمستخدمه بكثرة ضمن الأجهزة المختبرية التي تستخدم لقياس وتحليل أشكال الموجات , وكذلك الظواهر المختلفة في الدوائر الالكترونية , ويعمل راسم أشعة المهبط كراسم سريع جدا لإحداثيات (X,y) والتي تظهر إشارة الإدخال مقابل إشارة أخرى أو الزمن . ويتم الرسم عبر نقطة وضاءة تتحرك على شاشة ضمن استجابة إشارة الإدخال في الاستخدامات الاعتيادية لمرسمه أشعة المهبط (م.أ.م) يكون الاحداثي السيني أو الأفقي عبارة عن فولتية مائلة خطية مولدة داخليا.

أو قاعدة الزمن (Time base) والتي تحرك النقطة المضاءة دوريا من اليسار الى اليمين على منطقة الاظهار او الشاشة . أما الفولتية المطلوب فحصها فتجهز عبر الاحداثي الصادي , او الادخال العمودي ل(م.أ.م) محركه بذلك النقطة إلى الأعلى والأسفل بموجب القيمة الآنية الفولتية الإدخال . والنقطة ترسم الشكل على الشاشة حيث تظهر موجة الإدخال بدلالة الزمن . وعندما تكون فولتية الإدخال متتالية لمعدل سريع كاف , فان الشكل يظهر ثابتا على الشاشة لذلك فان (م.أ.م) باستطاعته تجهيز فولتيات متغيرة بالنسبة الى الزمن . وكذلك بالإضافة إلى الفولتيات فان (م.أ.م) تستطيع إظهار بصري لعدد من الظواهر الحركية بواسطة نواقل الطاقة , والتي تحول التيار , الضغط , الشد , الحرارة , التعجيل وغيرها من الكميات الفيزيائية إلى فولتيات .

يستعمل الجهاز لاستقصاء أشكال الموجات , ظواهر الزوال وغيرها من المقادير متغيرة الزمن عبر ترددات صغيرة جدا وحتى في الترددات العالية جدا . بالإمكان تسجيل وتصوير هذه الكميات بواسطة كاميرا ملحقة بالجهاز .

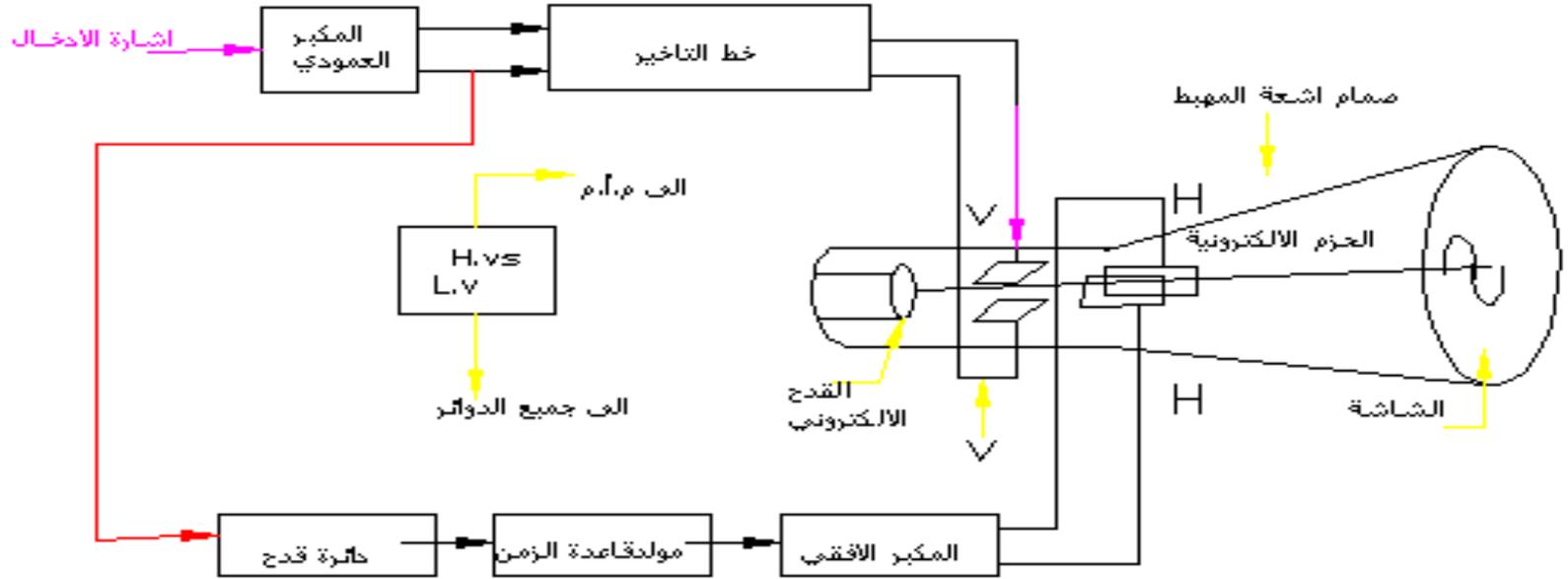






الأجزاء الرئيسية لجهاز (م.أ.م) :

- (1) صمام أشعة المهبط
- (2) المكبر العمودي
- (3) خط التأخير
- (4) مولد قاعدة الزمن
- (5) المكبر العمودي
- (6) دائرة القدح
- (7) جهاز القدرة .



(المخطط الكتلي للأجزاء الرئيسية ل(م.أ.م)

مبدأ عمل جهاز (م.أم)

يعتبر صمام أشعة المهبط الجزء الرئيس في المرسمة وأساسا فان صمام أشعة المهبط يكون حزمة مركزة جيدا من الالكترونات ,معجلة بسرعة عالية.

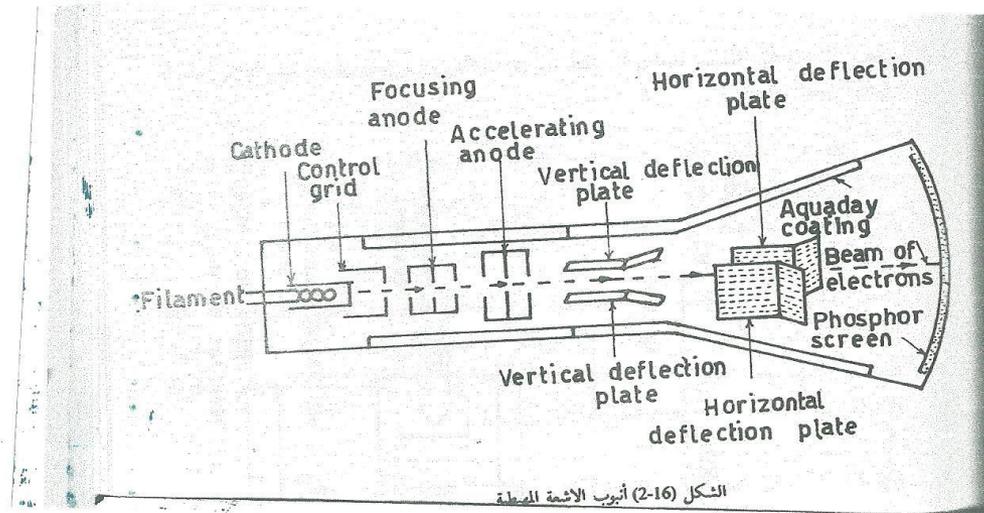
تسير هذه الحزمة من مصدرها (المدفع الالكتروني) وحتى مقدمة الصمام والتي ترتطم بالمادة المتفلورة والمرسية على السطح الداخلي لصمام أشعة المهبط (الشاشة) وهذه الحزمة تمتلك من الطاقة مايكفي لكي تضيئ نقطة صغيرة جدا على سطح الشاشة وعند سير هذه الحزمة من مصدرها وحتى الشاشة فإنها تجتاز عبر مجموعة من ألواح الانحراف العمودية ومجموعة من ألواح الانحراف الأفقية , والفولتيات التي تسلط على ألواح الانحراف العمودية تستطيع تحريك الحزمة في المستوى العمودي وبذلك فان نقطة (ص.أ.م) يتحرك من الأعلى إلى الأسفل ,وكذلك فان الفولتيات المسلطة على ألواح الانحراف الأفقية باستطاعتها تحريك الحزمة في المستوى الأفقي .

لذلك فان نقطة صمام أشعة المهبط تتحرك من اليمين إلى اليسار وهذا التحرك في الحزمة غير معتمد احدهما على الآخر , بحيث إن نقطة (ص.أ.م) بالاستطاعة وضعها في أي مكان على الشاشة بوساطة فولتيات إدخال أنية مناسبة على الألواح الأفقية والعمودية .

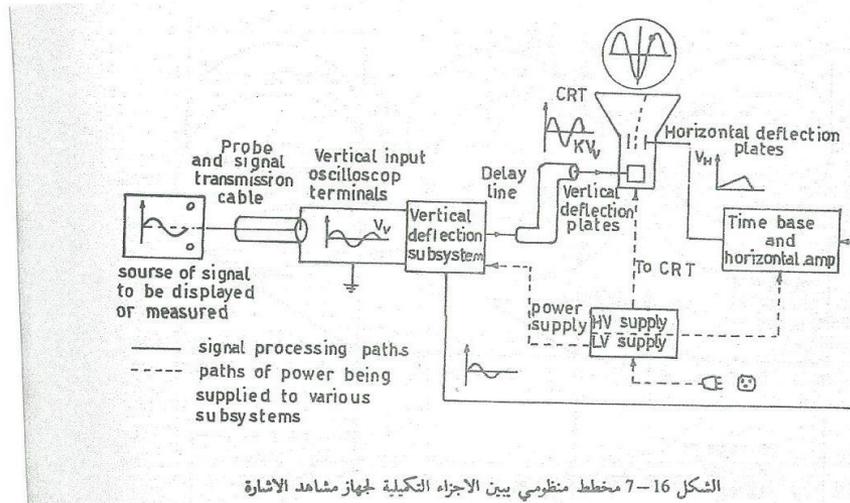
وشكل موجة الإشارة المطلوب ظهورها على شاشة (ص.أ.م) يجب إن تدخل إلى المكبر العمودي والكسب في هذا المكبر يعتمد على معايرة موهن الإدخال والذي يرمز له فولت/جزء وإخراج مكبر الدفع والسحب يغذي إلى ملفات الانحراف العمودية في (ص.أ.م) عبر مايسمى بخط التأخير وهذه التغذية يجب إن تكون كافية لدفع النقطة في (ص.أ.م) في الاتجاه العمودي .

إن مولد قاعدة الزمن أو المولد الأكتساحي يولد موجة شكل سن المنشار التي تستعمل كفولتية الانحراف الأفقية في (ص.أ.م) حيث يكون الجزء الموجب لفترة الصعود في موجة سن المنشار خطي , ومعدل الصعود يعتمد على مسيطر الهيئة الأمامي الذي يرمز له (زمن/جزء) وتغذي فولتية سن النشار إلى المكبر الأفقي والذي يحتوي على عاكس للطور ويكون اخراجات أنية الذهاب الموجب والذهاب السالب لسن المنشار , حيث تم تجهيز جزء الذهاب الموجب إلى لوحة الانحراف في الجهة اليمنى , في حي تم تجهيز جزء الذهاب السالب إلى لوحة الانحراف في الجهة اليسرى وتعمل هذه الفولتيات على تحريك الحزمة على الشاشة من اليسار إلى اليمين في وحدات من الزمن يسيطر عليها بواسطة مسيطر الزمن /جزء .

إن وضع الفولتيات الأنية على الصفحتين يجعل النقطة تظهر على شكل صورة على سطح الشاشة.



أنبوب أشعة المهبط



الشكل 16-7 مخطط منظومي بين الاجزاء التكميلية لجهاز مشاهد الإشارة

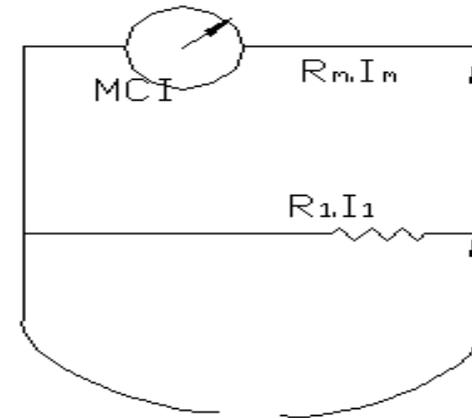
مخطط منظومي بين الأجزاء التكميلية لجهاز مشاهد الإشارة

Post test

Ex.

MCI has $R_m=10\Omega$ and $I_m=1\text{mA}$. Find the Range of current we have if a resistance (0.005Ω) is connected in parallel with the coil.

Solution:



Ammeter with moving scale

$$V_m = I_m \cdot R_m \therefore V_m = 1 \times 10 = 10 \text{ mV}$$

$$I_1 = V_m / R = 10 \text{ mV} / 0.005 = 2000 \text{ mA}$$

$$\therefore I = I_1 + I_m = 2000 + 1 = 2001 \text{ mA}$$