Ministry of Higher Education and Scientific Research

Southern Technical University

Basra Technical Institute

Learning package

Electrical Circuits

Second Semester

For

By

M.Sc. Wasan Loay Jassim

2025

Course Description

Course Name:
Electrical Circuits /2
Semester / Year:
Semester
Description Preparation Date:
14/ 05/ 2025
Available Attendance Forms:
Attendance only
Number of Credit Hours (Total)
30 hours/2 hours weekly
Course administrator's name (mention all, if more than one name)
Name: Ms.c. Wasan Loay Jassim Email: wasan.loay@stu.edu.iq
Course Objectives
➢ **Understand AC behavior**: Learn how voltage and current vary with time a how to represent them using sinusoidal expressions. ➢ **Analyze circuit components**: Study the roles of resistors, capacitors, and inductors in AC circuits, and how each affects current and voltage. ➢ **Apply physical and mathematical laws**: Use Ohm's Law, Kirchhoff's Law and impedance concepts to evaluate circuit behavior. ➢ **Design practical electrical systems**: Gain the ability to design useful circui for everyday applications like lighting systems, audio filters, or power supplies. ➢ **Connect theory with real-world applications**: Understand how power plants, electrical grids, and transmission systems operate using alternating current.
Teaching and Learning Strategies
1. Active Learning through Hands-on Experiments. 2. Inquiry-Based Learning. 3. Visual Aids and Circuit Diagrams. 4. Collaborative Learning and Group Projects.

Course Structure

Weeks	Hours	Required Learning Outcomes	Unit or subject name	Learning method	Evaluation method
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	2hours 2hours 2hours 2hours 2hours 2hours 2hours 2hours 2hours 2hours 2hours 2hours 2hours 2hours 2hours	1. Understand the fundamental principles of AC signals, including frequency, amplitude, phase, and waveform characteristics. 2. Analyze AC circuit components such as resistors, capacitors, and inductors, and predict their behavior in steady-state sinusoidal conditions. 3. Apply circuit laws and techniques (Ohm's Law, Kirchhoff's Laws, phasor analysis) to solve AC circuit problems. 4. Calculate and interpret impedance, admittance, power factor, and different types of power (real, reactive, and apparent power). 5. Design and simulate AC circuits using theoretical tools and/or simulation software, and evaluate circuit performance. 6. Relate theoretical knowledge to practical applications in power distribution, signal processing, and electrical devices. 7. Communicate technical information effectively through lab reports, presentations, or written analysis of AC systems.	1. Application of theories in A.C. 2. Power in A.C. 3. Apparent power and power factor. 4. Maximum power transfer theorem for A.C. circuit. 5. Resistance measurement method. 6. Three-phase circuits. 7. Three-phase circuits. 8. Three-phase power measurement. 9. Magnetism. 10. Solve practical examples on magnetism 11. Coil and conductance inductance . 12. Growth and decay of current in inductive circuit. 13. Measuring devices 14. The measuring device with an iron core. 15. Wattmeter device and oscilloscope.	1. Conducting labora experiments to b and test electr circuits. This enhances theore understanding and deve practical skills. 2. Seeking feedback f instructors and peers identify strengths weaknesses. 3. Reviewing conc periodically and appl them to new problems reinforce memory understanding. 4. Encouraging self-rese on new topics in electro and exploring re developments.	Weekly, Monthly, Daily , and Written Exams, and Final Term Exam.

Course Evaluation

Distribution as follows: 20 points for Midterm Theoretical Exams for the first semester, 20 point for Midterm Practical Exams for the first semester, 10 points for Daily Exams and Continuous Assessment, and 50 points for the Final Exam.

References

- Electrical Technology (Edward Hughes).
- Basic Electrical Engineering (Fitzgerald and Rlgginborthan .
- Electrical Technology (B.L Theraja) .
- Introductory circuit Analysis by Robert L. Boylestad.
- Fundamental Electric circuits (David A . B ell).
- Basic circuits (A.M.F Brooks) pergaman press.
- Introduction to Electric circuits (M.Roman witz) John willy.

The first week/ Application of theories in A.C.

❖ Overview

A /Target population:-

For students of First year -Technological Institute of Basra-Department of Electrical Techniques.

B / Rationale:-

- **It is very important to study Thevenin's and Norton and superposition theorems.**
- **Also to study how to apply the three steps to the saving theorem .**

C / Central Idea:-

- **Definition Thevenin's and Norton and superposition theorems .**

•How we find the current at each resistance in the network by the above theorem.

D/Performance Objectives:

To let the student be able to The theories of Thevenin's and Nortons, superposition in alternating current circuits with the solution of applied examples.

❖ Pretest

1- The Thevenin resistance of a network is found by:

A) Zeroing all independent sources and measuring resistance between the terminals.

B) Open circuiting all voltage sources only.

C) Short-circuiting all resistors.

2- True or False:

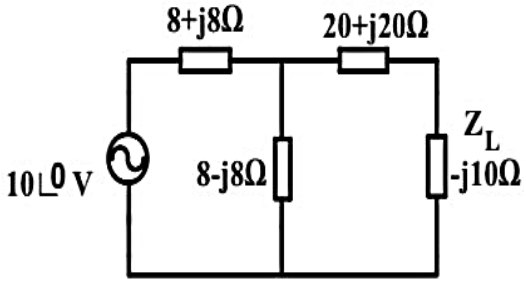
(A) "A Norton equivalent is nothing more than a Thevenin converted through source transformation." (True)

(B) In an AC network containing dependent sources, Thevenin's theorem still applies provided the circuit is linear. (True)

Thevenin's theorem for A.C. circuit

Example (1)

For the CCT shown below, find the current through Z_L by using Thevenin's theorem.



Sol/

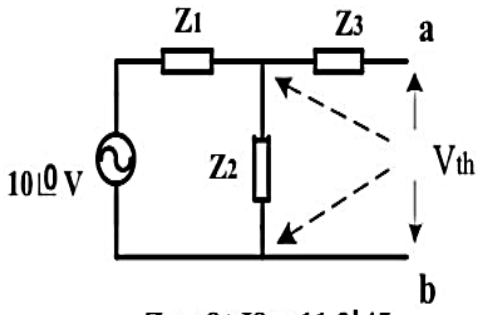
V_{th}

$$V_{th} = V_T \frac{Z_2}{Z_1+Z_2}$$ مجزء الجهد

$$= 10\lfloor 0 \times \frac{11.3\lfloor -45}{8+j8+8-j8}$$

$$= 10\lfloor 0 \times \frac{11.3\lfloor -45}{16\lfloor 0}$$

$$= 7.07\lfloor -45 = 5-j5 \text{ V}$$



$Z_1 = 8+J8 = 11.3\lfloor 45$

$Z_2 = 8-J8 = 11.3\lfloor -45$

Z_{th}

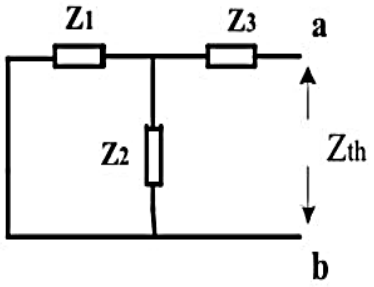
$$Z_{th} = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1+Z_2} + Z_3$$

$$= \frac{11.3\lfloor 45 \times 11.3\lfloor -45}{8+j8+8-j8} + (20+J20)$$

$$= \frac{11.3\lfloor 45 \times 11.3\lfloor -45}{16\lfloor 0} + (20+J20)$$

$$= 8 + (20+J20)$$

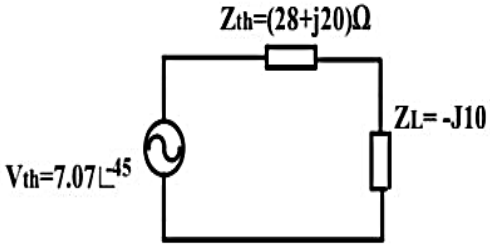
$$= 28+J20\Omega$$



يرسم مكافيء ثفنن لايجاد تيار الحمل:

$$I_L = \frac{V_{th}}{Z_{th}+Z_L} = \frac{7.07\lfloor -45}{28+j20-j10} = \frac{7.07\lfloor -45}{28+j10}$$

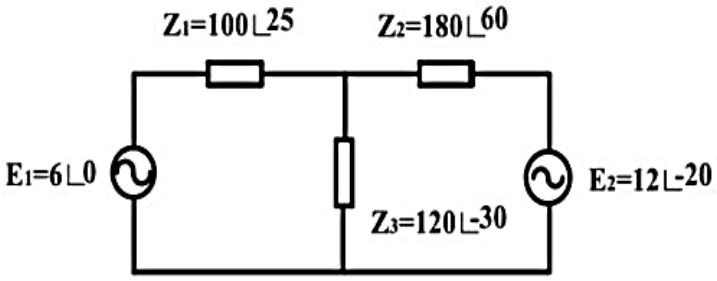
$$= \frac{7.07\lfloor -45}{30\lfloor 20} = 0.23\lfloor -65 \text{ A}$$



Norton's theorem for A.C. circuit

Example (1)

Using Norton's theorem to determine the current through Z_3 in the CCT shown in Fig.



$E_1 = 6\lfloor 0$ V
$E_2 = 12\lfloor -20 = 11.27+J4$ V
$Z_1 = 100\lfloor 25 = 90.6+J42.2\ \Omega$
$Z_2 = 180\lfloor 60 = 90+J155\ \Omega$
$Z_3 = 120\lfloor -30 = 103-J60\ \Omega$

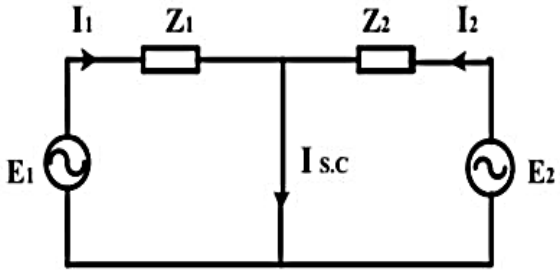
I_N

$I_{S.C} = I_1 + I_2$

$$I_1 = \frac{E_1}{Z_1} = \frac{6\lfloor 0}{100\lfloor 25} = 0.06\lfloor -25$$
$$= 0.054 - J0.025 \text{ A}$$

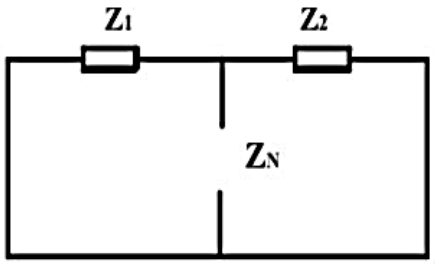
$$I_2 = \frac{E_2}{Z_2} = \frac{12\lfloor -20}{180\lfloor 60} = 0.06\lfloor -80$$
$$= 0.011 - J0.059 \text{ A}$$

$I_{S.C} = 0.065 - J0.084 = 0.11\lfloor -52$ A



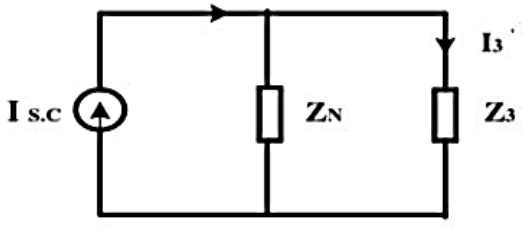
Z_N

$$Z_N = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{100\lfloor 25 \times 180\lfloor 60}{90.6+J42.2+90+J155}$$
$$= 67.4\lfloor 38 = 53+J41.5\ \Omega$$



يرسم مكافئ نورتن لإيجاد تيار الحمل (I_3):

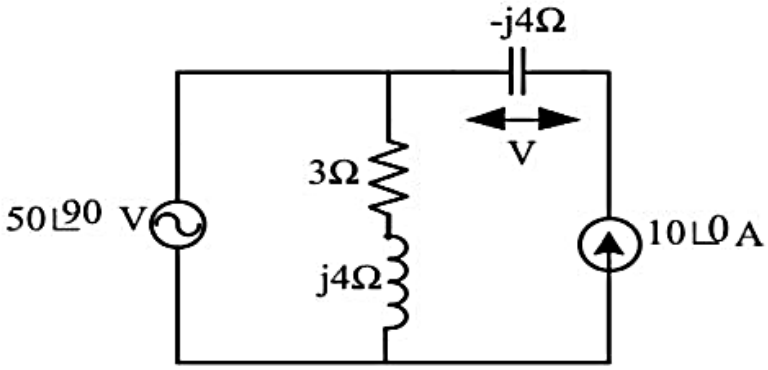
$$I_3 = I_{S.C} \frac{Z_N}{Z_N + Z_3}$$
$$= 0.11\lfloor -52 \times \frac{67.4\lfloor 38}{53+J41.5+103-J60}$$
$$= 0.047\lfloor -20.8 \text{ A}$$



Superposition theorem for A.C circuit

Example (1)

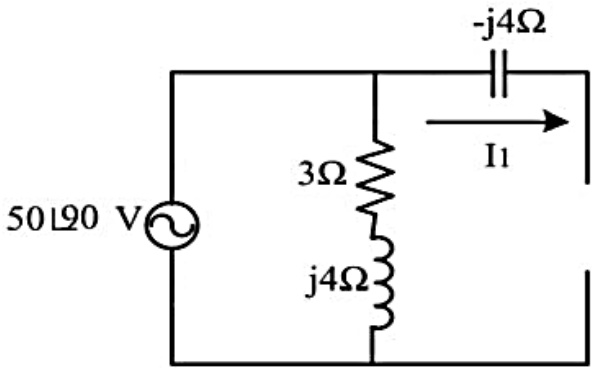
Use superposition theorem to find the voltage (V) in the network shown in Fig.



Sol/

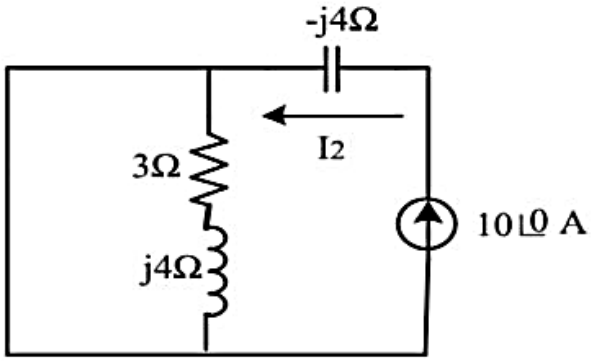
With voltage source only (current source is open)

$I_1 = 0$



With current source only (voltage source is short)

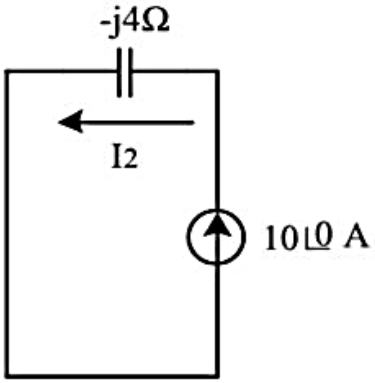
$I_2 = 10\lfloor 0$ A



$I = I_2 - I_1$

$= 10\lfloor 0 - 0$

$= 10\lfloor 0$ A



$V = 10\lfloor 0 \times (-J4)$

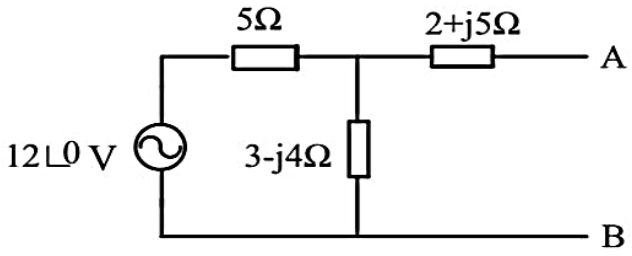
$= 10\lfloor 0 \times 4\lfloor -90$

$= 40\lfloor -90$ V

❖ Pretest

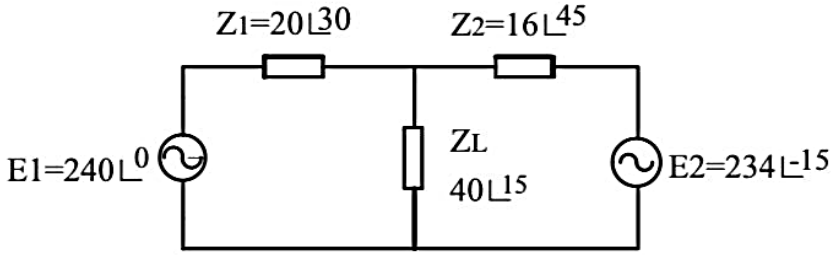
Problem (1)

Draw the Norton equivalent circuit with respect to terminals A and B for the network shown in Fig.



Problem (2)

Find the current through (Z_L) in the CCT shown in Fig. using superposition theorem.



The second week/ Power in A.C.

❖ Overview

A /Target population:-

For students of First year -Technological Institute of Basra-Department of Electrical Techniques.

B / Rationale:-

- **It is very important to study the power in A.C current.**
- **Also, to calculate the power in series and parallel circuits.**

C / Central Idea:-

- **Definition of power in AC.**
- **To calculate the power in series and parallel circuits.**

D/Performance Objectives:

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

❖ Pretest

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

Solution

Active power القدرة المستفادة التي يعمل عليها الحمل

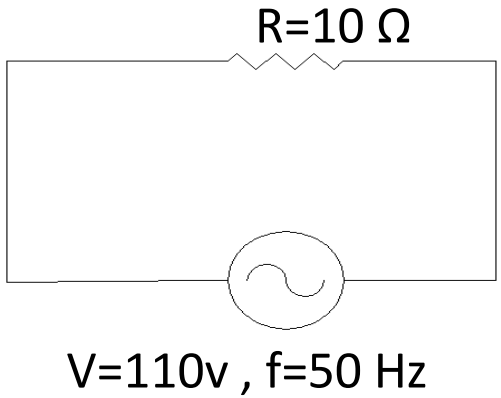
Reactive power القدرة غير المستفادة التي تكون مفقودة أو ضائعة

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

unbalanced load الحمل غير المتوازن والذي تكون فية قيم تيارات ألأطوار مختلفة

Ex 1

The cct contain resistance only



P= VI cos Φ (watt) , Φ= 0 and Cos 0=1

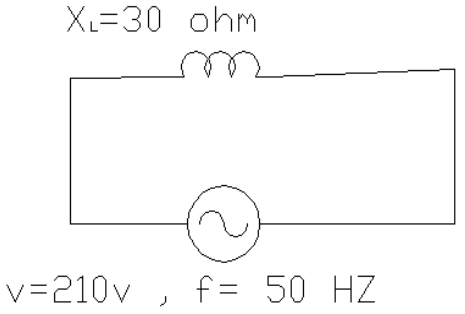
I=110/10=11A :. P=110x11x1= 1220 watt

Q= VI sin Φ (V.A) , Φ= 0 and sin 0=0

Q= 110 x11 x0= zero

Ex2

The circuit contain inductance only



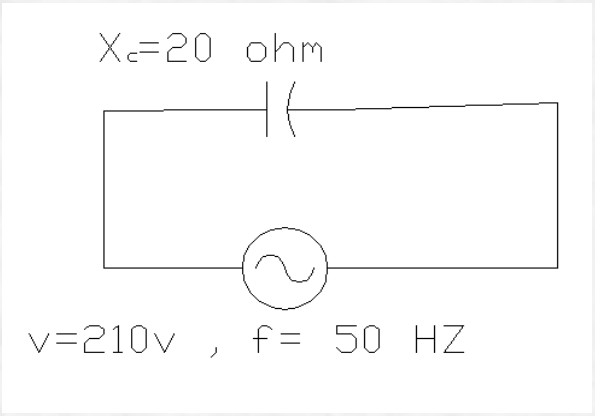
P= VI cos Φ (watt) , Φ=90 and Cos 90 =0

I=110/10=11A :. P=110x11x0= 0

Q= VI sin Φ (var) , Φ= 90 and sin 90=1

Q= 110 x11 x1= 1220 var

Ex 3 The CCT contain capacitance only



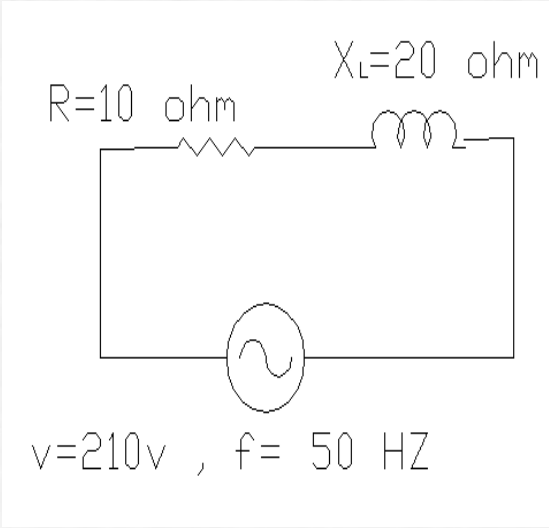
P= VI cos Φ (watt), Φ=-90 and Cos- 90 =0

I=110/10=11A :. P=110x11x0= 0

Q= VI sin Φ (V.A) , Φ= -90 and sin -90=-1

Q= 110 x11 x -1= -1220 var

Ex 4 The circuit contains resistance and inductance in series



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

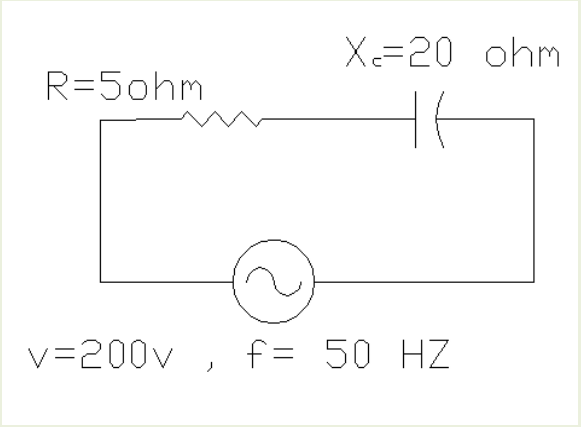
$=\tan^{-1}(20/10)=84.28°$, P= VI cos Φ (watt),

:.P=210x9.391xcos84.28= 196.554 watt

Q= VI sin Φ (var) , :. Q=210x9.391xsin84.28 =1962.290 var

Ex 5

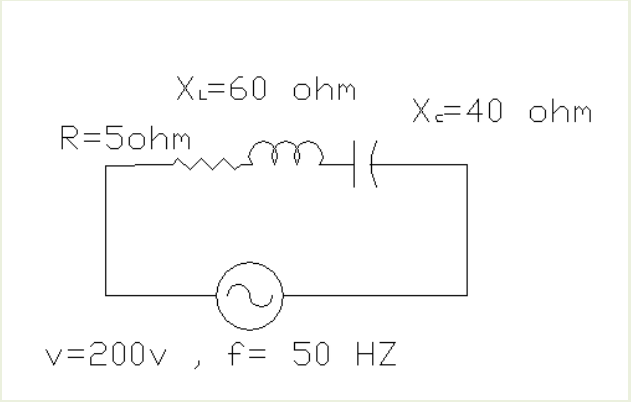
The circuit contains capacitance and resistance in series.



$Z=\sqrt{25+400}=20.6\ \Omega$:. $I=200/20.6=9.7A$, $\Phi=\tan^{-1}(X_L/R)$
$=\tan^{-1}(-20/5)=-75.9°$, $P=VI\cos\Phi$ (watt),
:.$P=200x9.7x\cos{-75.9°}=472.6$ watt
$Q=VI\sin\Phi$ (var) ,:. $Q=200x9.7x\sin{-75.9°}$
:. Q = -1881.55 var

Ex 6

The circuit contains inductance , capacitance and resistance in series.

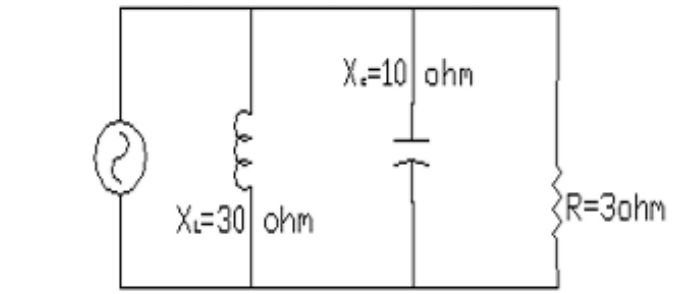


$Z=\sqrt{25+(60-40)^2}=20.6\ \Omega$:. $I=200/20.6=9.7A$
$\Phi=\tan^{-1}\{(X_L-X_c)/R\}$
$=\tan^{-1}(20/5)=75.9°$, $P=VI\cos\Phi$ (watt)
:.$P=200x9.7x\cos75.9°=472.6$ watt
$Q=VI\sin\Phi$ (var) ,:. $Q=200x9.7x\sin75.9°$
:. Q = 1881.55 var

Post test

Solution

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



:. I_c= 220 /10=22A , I_R=220/3=73.33 A

I_L = 220/30 = 7.333 A

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

$\Phi=\tan^{-1}(3/20)$ = 8.53 °

:. P= 220x7.333cos 8.53 ° = 1595.415 watt

:. Q= 220x7.333sin 8.53 ° =239.3 var

The third week/ Apparent power and power factor

❖ Overview

A /Target population:-

For students of First year -Technological Institute of Basra-Department of Electrical Techniques.

B / Rationale:-

- **It is very important to study apparent power.**
- **Also, to study power factor.**

C / Central Idea:-

- **Definition of apparent power.**
- **To learn the power factor.**

D/Performance Objectives:

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

❖ Pretest

Write laws to find the active power and reactive power

Solution :

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

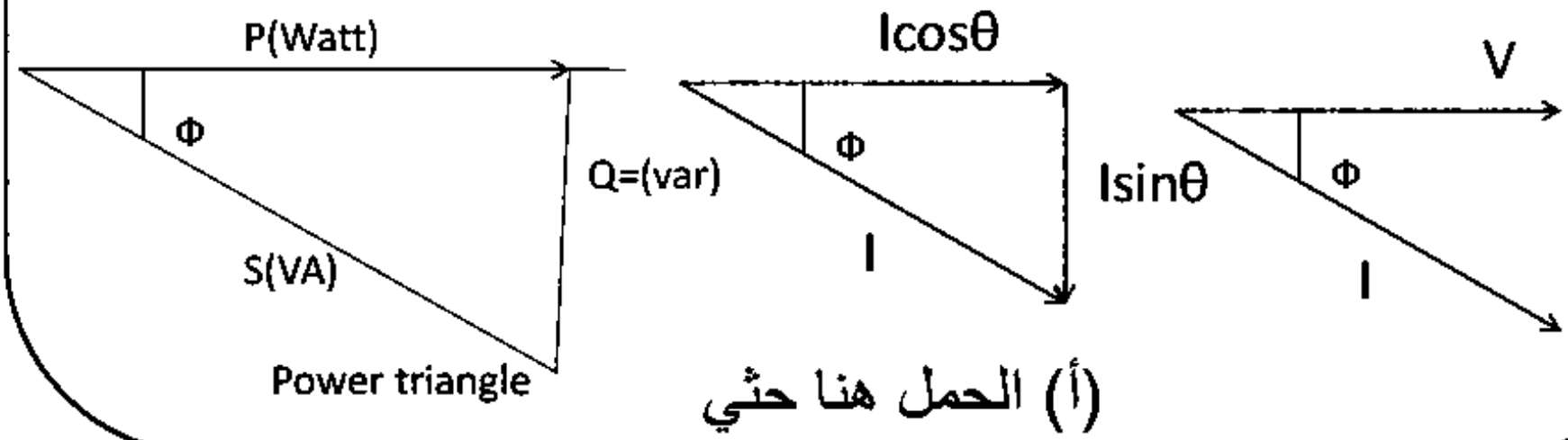
$Q=\sqrt{3}V_L.I_L\sin\Phi$ (VAR)

Active an reactive and apparent power

Active component is that which is in phase with the applied voltage v i.e .Icos Φ It is also known as watt ful component .

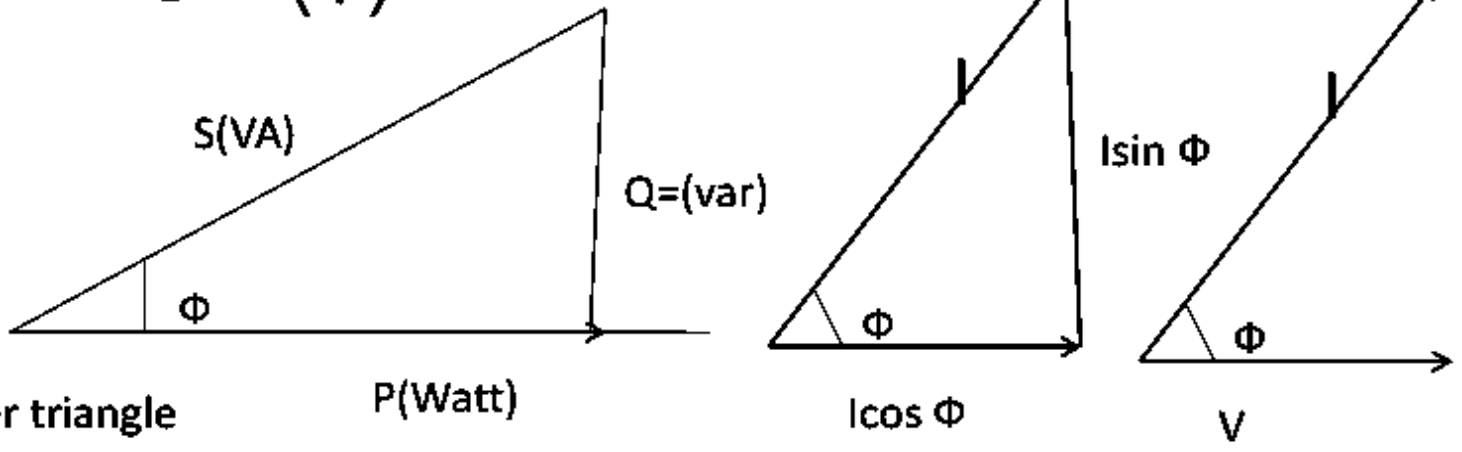
Reactive component is that which is in quadrature with v i.e I sin Φ . It is also known as watt less or idle component .

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



(أ) الحمل هنا حثي

(ب)الحمل هنا سعوي



S = Apparent power (القدرة الظاهرية)

:. $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ (VA) , $S=P+jΦ$(قيمة القدرة المركبة) , S= جزء حقيقي +جزء خيالي

P =VIcosΦ (watt) actual power(متوسط القدرة أو القدرة الفعالة)
Q=VIsinΦ (var) (القدرة غير الفعالة)

Power factor : It may be defined as .

(1) The ratio (R/Z) =(resistance/impedance) .

(2) The ratio (true power / volt- amperes)= (W/VA)

(متوسط القدرة /القدرة لظاهرية)

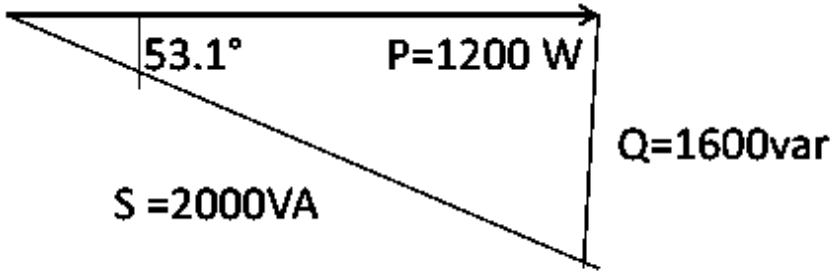
(3) cosine of the angle of lead or lag .

EX(1) : If the impedance of the cct. Equal (Z=3 +j4) , the voltage on it (V=100<30°) , Find the power triangle

Solution : $I_T = V/Z = (100<30°)/(3+j4) = 100<30°/5<35.1 = 20<23.1°A$

$S=V.I=100x20=200VA$, $P= V.I \cos\theta = 2000 \cos 53.1 = 1200\ W$

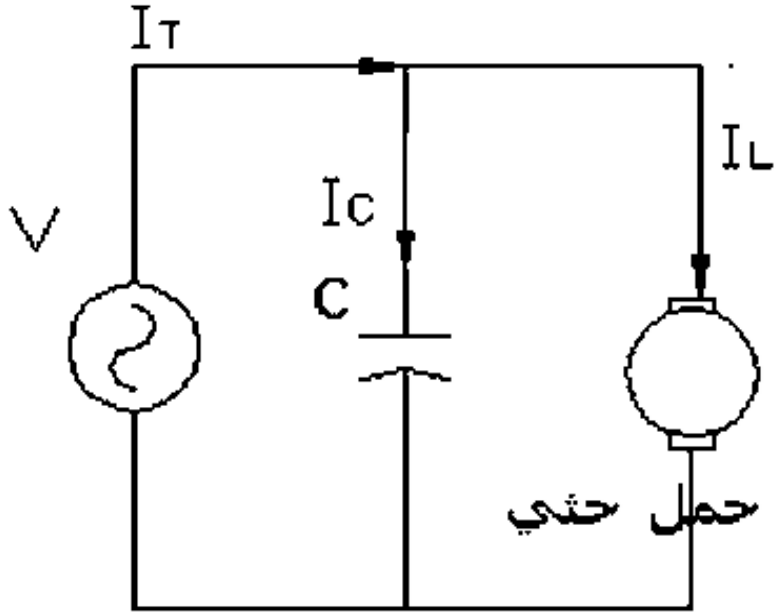
$Q= V.I \sin\theta = 200\sin 53.1 = 1600\ VAR$ (Lagg) , $P.f = \cos\theta = \cos 53.1 = 0.6$



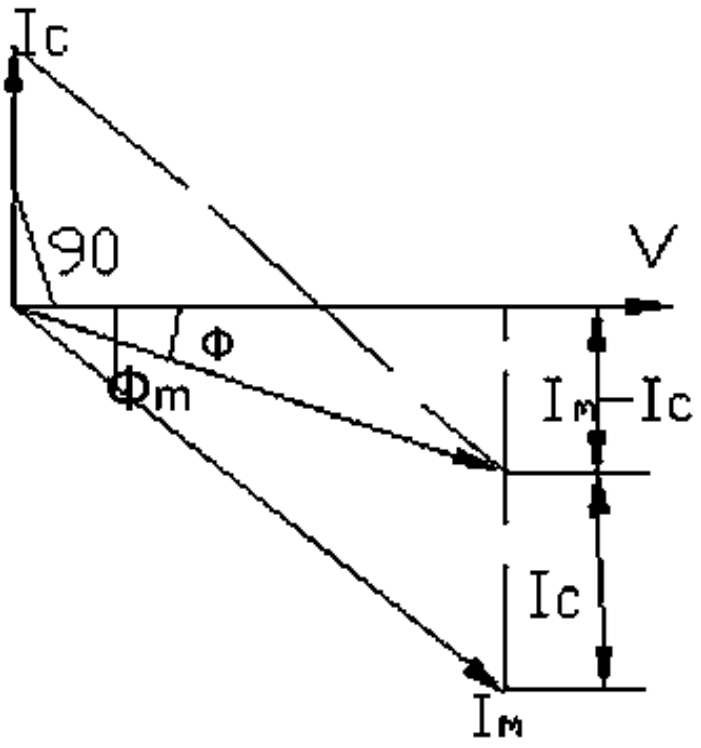
تحسين معامل القدرة : Power factor correction

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 لاتتغير أيضا . وبما إن معامل القدرة يزداد فان التيار والقدرة الظاهرية يقلان وبذلك يتم الحصول على نظام توزيع ذي كفاءة عالية , وكما مبين في المخطط ألطوري للدائرة المبينة أدناه .



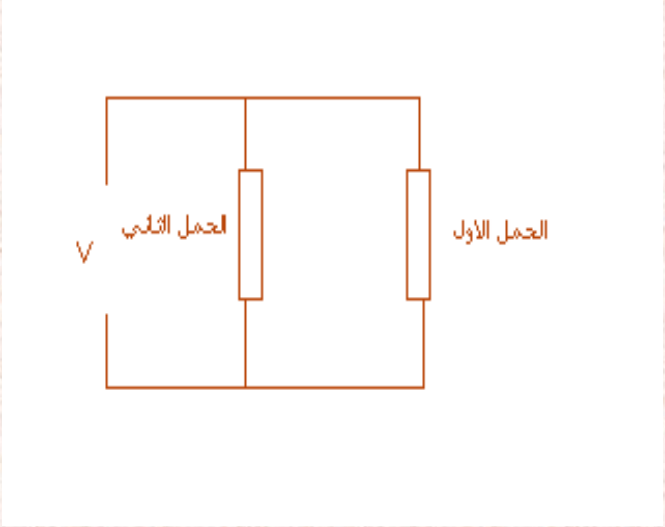
حمل حثي مع متسعة على التوازي

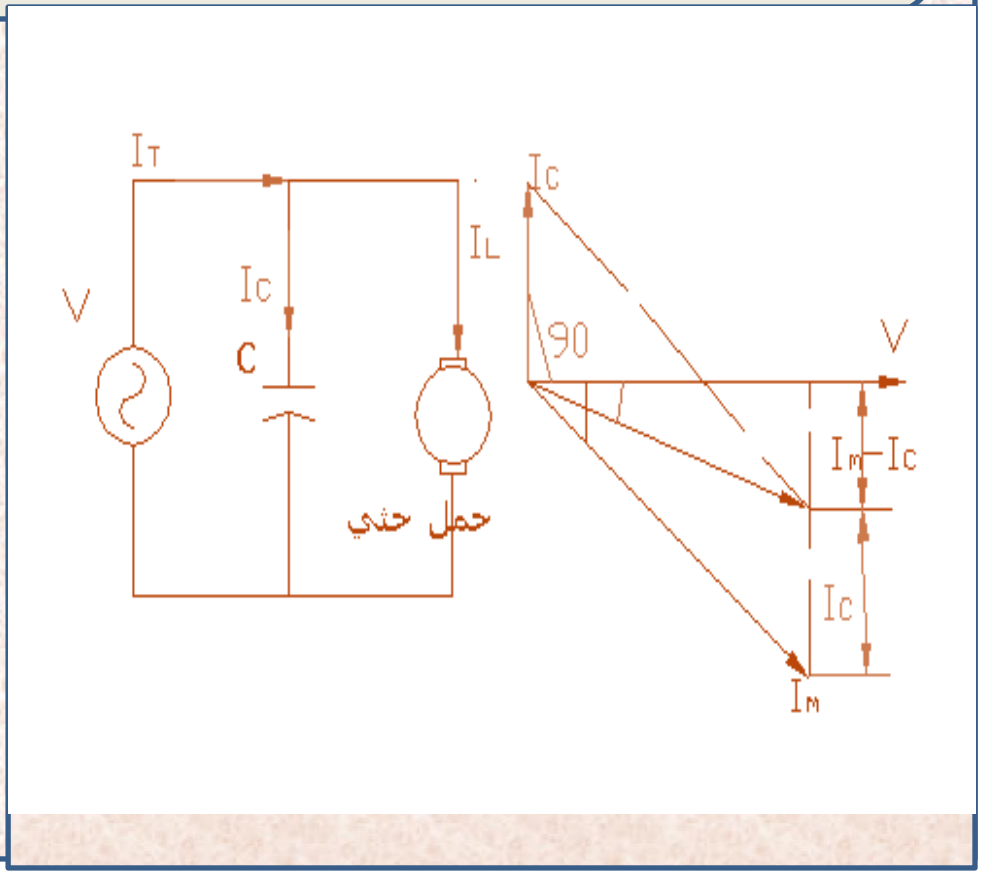


المخطط ألطوري

Post test

Ex. : For the CCT. Shown if the first load is an inductive motor, Dissipated (1000 W) with (0.8 p.f), and the second load improves the ability of device. Calculating the second impedance makes the total power factor equal 0.95.





Solution :

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

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

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

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

Then the taken power with the second load

$S_2 = S-S_1 = 1000+j329-(1000+j750) = -j421 = V.I2$

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

:. $I_2 = j2.105$A , $Z_2 = V/I_2 = 200<0/j2.105 = -j94.9$

27.9μF

The 4th week/ Maximum power transfer theorem for A.c. circuit

❖ Overview

A /Target population:-

For students of First year -Technological Institute of Basra-Department of Electrical Techniques.

B / Rationale:-

- **Optimizing Energy Efficiency: It helps engineers design systems that deliver the maximum amount of power from a source to a load, minimizing energy waste.**
- **Designing Electrical Circuits: It's essential for designing and analyzing communication systems, amplifiers, and power systems where efficient power transfer is crucial.**

C / Central Idea:-

Application of the Maximum Power Transfer Theorem in AC Circuits with Solved Practical Examples.

D/Performance Objectives:

To learn the student be able to analyze the electric circuit in AC. Circuit when maximum power transfer in the circuit.

❖ Pretest

1. Choose YES or NO: Can the maximum power transfer theorem be applied to alternating current circuits?

a. **YES**
b. **NO**

Answer: a) YES

2 When is the power dissipated across the load will be maximum?

The power dissipated across the load will be maximum when the value of load resistance is equal to the value of source resistance.

3 Define Thevenin's resistance.

It is the resistance measured at the given terminals with every voltage source reinstated with short circuits, and every current source replaced by open circuits.

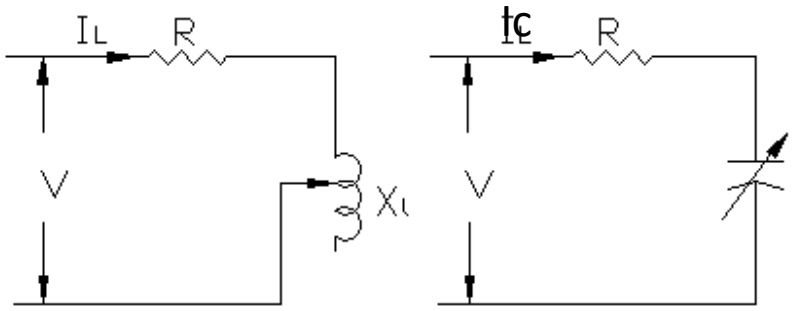
4 The DC voltage source will deliver maximum power to the variable load resistor if when the load resistance is _ _ _ _ _ _ _

a. **Zero**
b. **Greater than the source resistance**
c. **Lesser than the source resistance**
d. **Equal to the source resistance**

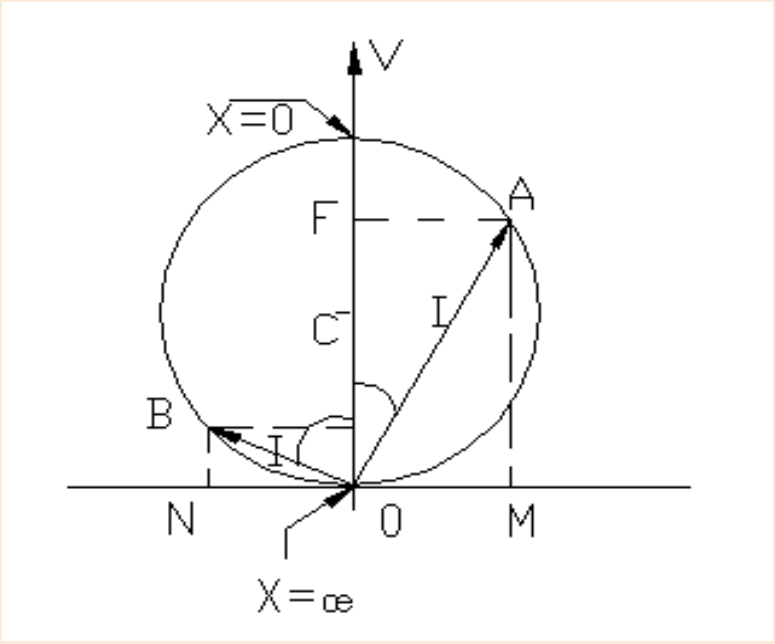
Answer: d) Equal to the source resistance

(1) Constant resistance but variable reactance

(a)



(b)



In Fig. (a): two CCT. Having constant resistance but variable reactance, XL or XC, which vary from zero to infinity. When XL=0, current is maximum and equals (V/R).

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

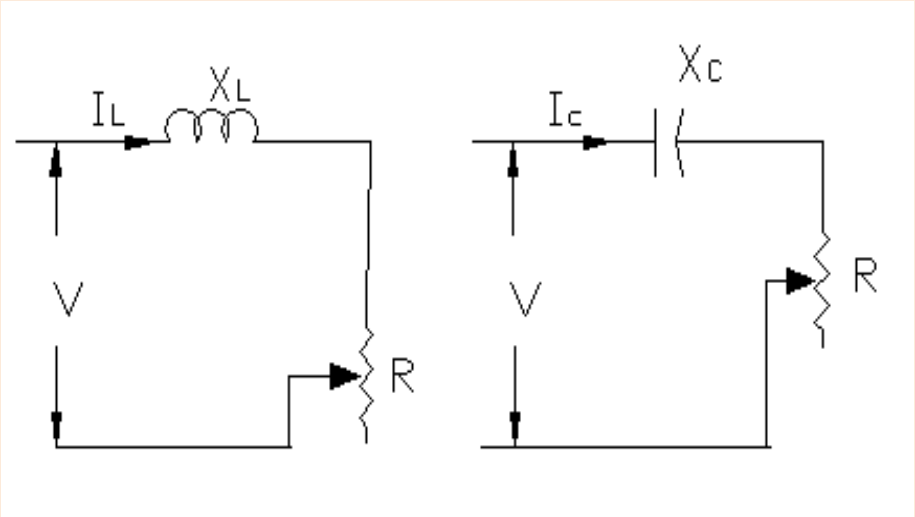
The current becomes Zero when XL= α, as seen from Fig. (b), the end point of the current vector describes a semicircle with radius OC=V/2R and center lying in the reference, i.e. Voltage vector OV. For R-C circuit, the semicircle lies to the left of OV. As before, it may be proved that as before, it may be proved that the equation of the circle shown in (b) is:

$X^2+[Y-(V/2R]^2=V^2/4R^2$ · The coordinates of the center are X=0, y=V/2R, and radius=V/2R. As before, the 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

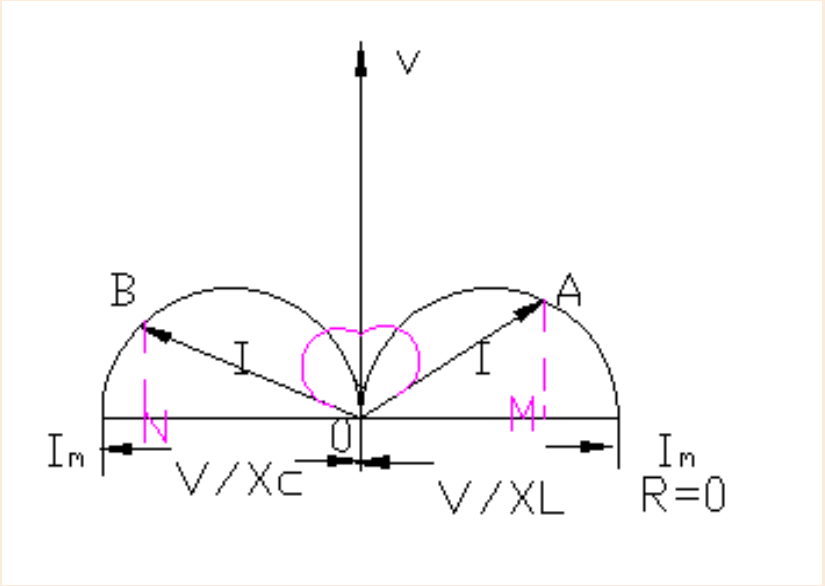
$P_m=V.I_m/2$

(2) Constant reactance but variable resistance circuit.

(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(=cos45°). Obviously. The maximum current in the circuit. It is obtained when R=0

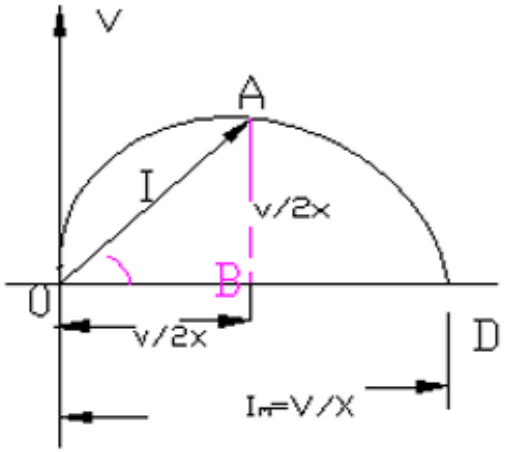
$I_m=V/X_L=V/\omega.L$ … for R – L cct. $I_m=V/X_c=V/\omega.c$ … for R – c cct.

Now, power (P) taken by the cct. Is V.I cosθ and if V is constant, then Pα I. Cos θ . Hence, the ordinates of current semicircles are proportional to I.cos θ . 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 cose45° =0.707



(e)

Maximum Power :

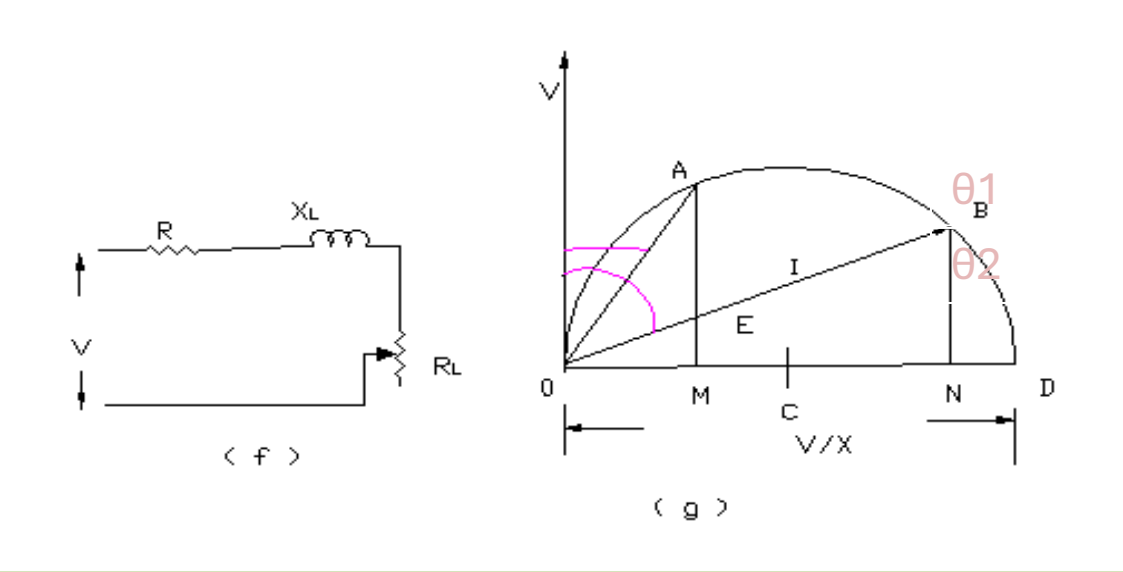
$P_m = V \times AB = v \times (I_m/2) = (1/2).V.I_m$ Now, for R- L cct. $I_m = V/X_L$

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

As said above , at maximum power, θ=45° ,hence vector triangle for voltage is an isosceles triangle, which mean voltage drops across resistance and reactance are each equal to 0.707 of supply voltage i.e. V/√2. As current is the same , for maximum power, resistance equals reactance i.e. $R=X_L$ (Or Xc) . Hence, the expression representing maximum power may be written as

$P_m = V^2/2R$

(3) 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 θ2

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

$P_m = (1/2)V.I_m = (1/2)x100x20 = 1000$ w

(b) At maximum power input current, is=0 A

:. $OA = I_m/\sqrt{2} = 20/\sqrt{2} = 14.14$ A , 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 cct. And the maximum current .

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

Power is maximum when total resistance = reactance or 15 + R = 20 :. R = 5Ω

$P_m = V^2/2X = (100^2)/2x20 = 250$ watt ,

$I_m = 100/\sqrt{(20^2+5^2)} = 4.85$ A

Post test

Ex. .3: A constant alternating sinusoidal voltage at constant frequency is applied across a circuit. 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 circuit. At the value of the resistance.

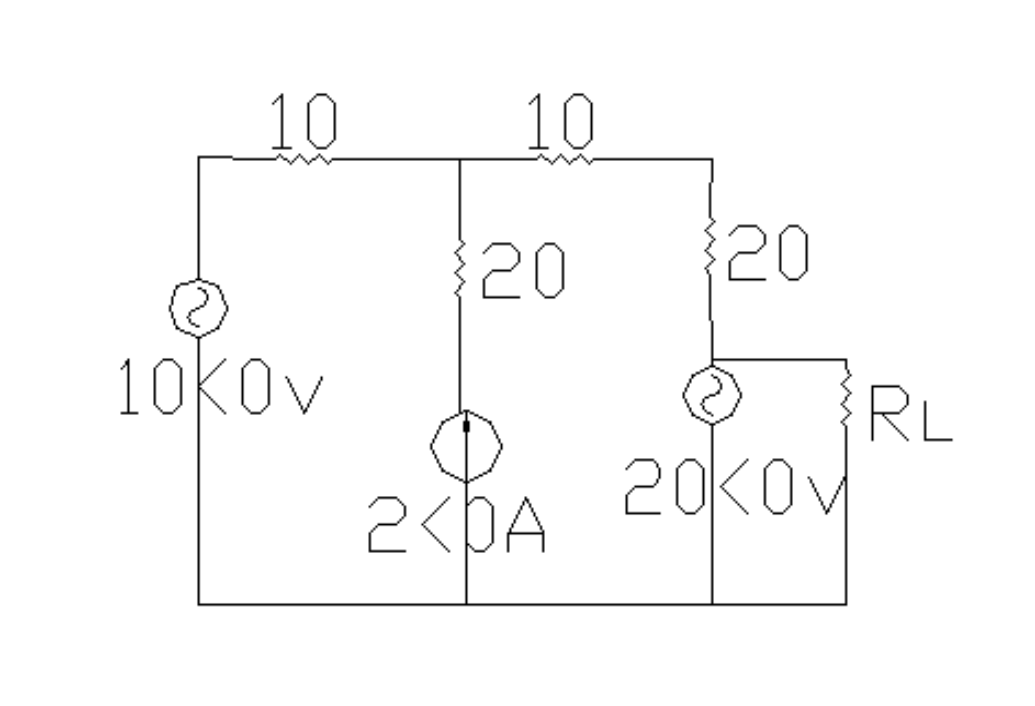
Solution :

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

(a) Radius=(V/2). X= (100/2)x 94.26= 0.531A

(b) R=94.26 Ω for maximum power factor=0.707.

EX(4): For the circuit shown find (1) Thevinin's equivalent, (2) Find RL which relates to the equivalent when it dissipation Maximum Power, (3) Find Pmax.



H.W

Solution

$V_{th} = 25\angle 0$ v

$Z_{th} = 10\Omega$

$R_L = 10\Omega$

$P_{max.} = 15.62$ watt

The 5th week/ Resistance measurement method

❖ Overview

A /Target population:-

For students of First year -Technological Institute of Basra-Department of Electrical Techniques.

B / Rationale:-

It is very important to study resistance measurement method.

C / Central Idea:-

- **To learn resistance measurement method.**

D/Performance Objectives:

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

❖ Pretest

Define : resistance

Ohms law

Solution: Ohm's law: V=IxR

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%

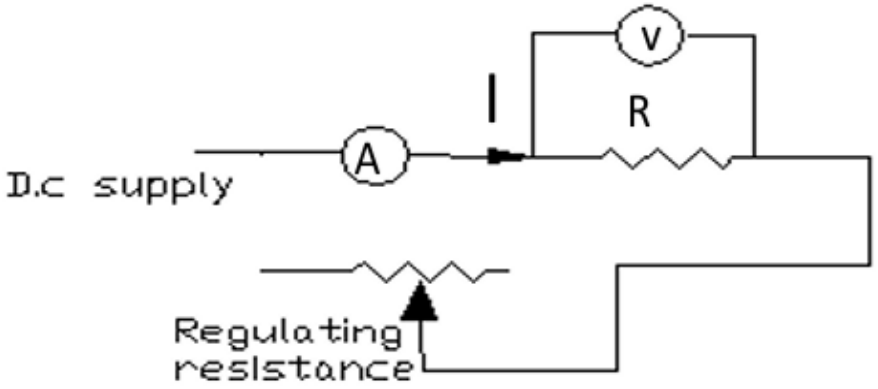
3) مقاومات مصنعة دقيقة القيمة تكون درجة التقارب فيها تتراوح بين (+,-) 0,1% إلى (+,-) 1%

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 10كيلو أوم .

أولا : 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

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

أما عندما تكون مقاومة مقياس الفولتية R_V واطئة فانه سوف ينتج خطأ كبير في قياس المقاومةR لأنه سوف يمر تيار في مقاومة مقياس الفولتية(Rv) لذا يجب حساب(R_P) والتي هي محصلة Rv//R

$$\therefore RP=R.R_V/(R+R_V)$$

∴ ألفولتية الهابطة على طرفي المقاومة هي قراءة المقياس وتساوي

$$\therefore V_R=R_P.I=(R.R_V)/(R+R_V)xI$$

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

$$\therefore R_m=V_R/I=(R.R_V)/(R+R_V)xI\ /I$$

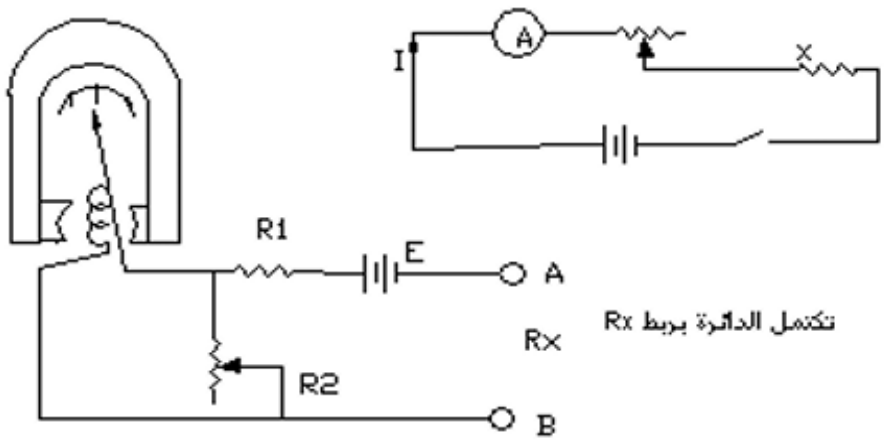
$$\therefore R_m=(R.R_V)/(R+R_V)$$

هذه الطريقة تناسب قياس المقاومة الواطئة مثل قياس مقاومة المنتج

v

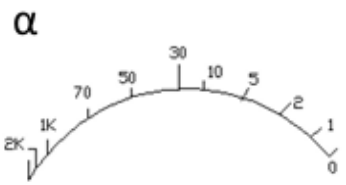
ثانيا :- طريقة مقياس المقاومة التوالي Series type Ohmmeter

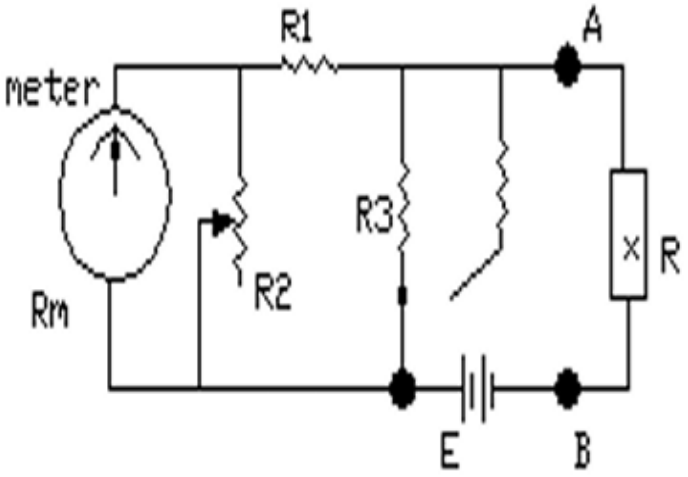
تستخدم هذه الطريقة لقياس المقاومة الواطئة والمتوسطة ضمن حدود خطأ أو درجة صحة أو حقيقة مقبولة



(مقياس تيار مستمر)

قبل ربط المقاومة المراد قياسها R_x يجب قصر الإطراف A إلى B كي تسمح بمرور أقصى تيار للحصول على تأشيرة كامل المدرج (f.s.D) (Full scale Deft ion)
ونقوم بتضبيط تأشيرة المؤشر على القيمة (صفر) وعلى المدرج بواسطة التحكم في المقاومة المتغيرة . هذه العملية ضرورية لتلافي تأثير هبوط البطارية المشغلة للمقياس .
إن هذه العملية لاتؤثر 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 التدريج





لدى تحليل دائرة القياس نحصل على :-

$$I_{f.s} = (ERp)/Rm(Rp+R1)$$

حيث :

$I_{f.s}$ =التيار كامل التدريج

E= فولتية البطارية

Rm= المقاومة الداخلية لملفات المقياس

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

$$I_m = I_{f.s} = (R_p+R_1)/(R_pR_1+R_x)$$

حساسية المقياس أومعامل التأشيرة المنسوبة =

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

ملاحظة: يمكن زيادة مديات القياس في هذا النوع من المقاييس عند إضافة مقاومة مفرعة التيار بنسب معينة من المقاربة الداخلية $R_h=R_1+R_p$

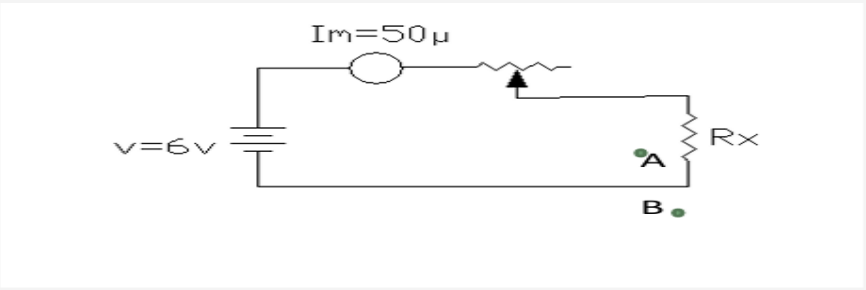
حيث يسمى عند إذ المقياس(مقياس متعدد المديات). Multirange

$$Rx=[Rp+R1][(1-s)/s]$$

Ex 1:

Ampere meter we went to used it as ((series type ohmmeter)) measured resistance with series. It have (full scale defection F.S.D) equal to(50µA) 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)

solution



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

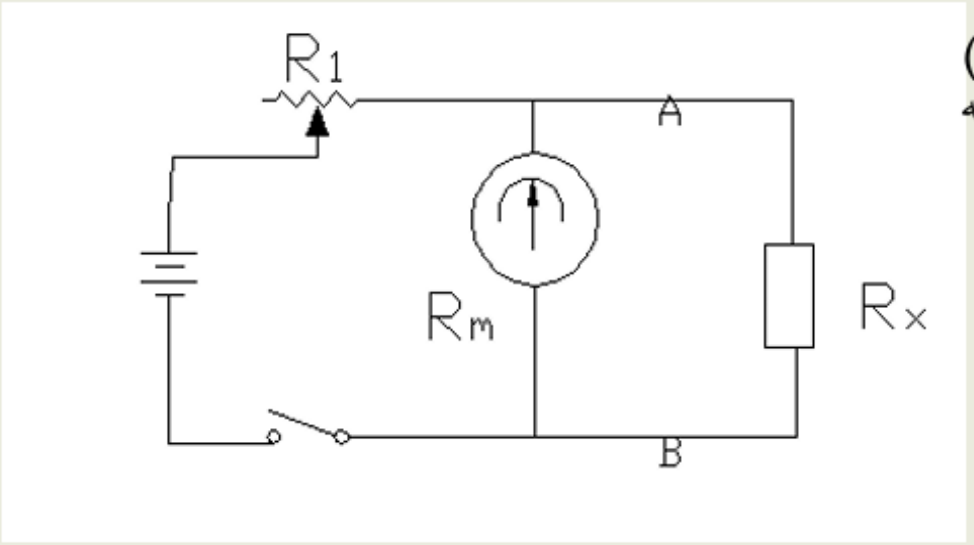
$S = I_m/I_{F.s.} = 1/4 = 0.25$

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

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

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.

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

$$S = I_m/I_{F.S} = [R_x.(R_1+R_m)]/[(R_1+(R_m+R_x)+R_mR_x]$$

الحساسية أو معامل التأشيرة المنسوبة

$$\therefore s = R_x/(R_x+R_p) \quad , \quad R_p = R_1R_m/(R_1+R_m)$$

رابعا : 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 الأخر يعمل بالتيار المستمر .
وألان نتكلم عن الموضوع بقدر مايتعلق 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 كالفوللتيار G ومفتاحK 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) هوالتيار المار في السلك عند فتح المفتاح(k) وسيكون الجهد الهابط على السلك (cB) ألذي طوله فرضا= j هو الجهد

$$E=i.r_L$$

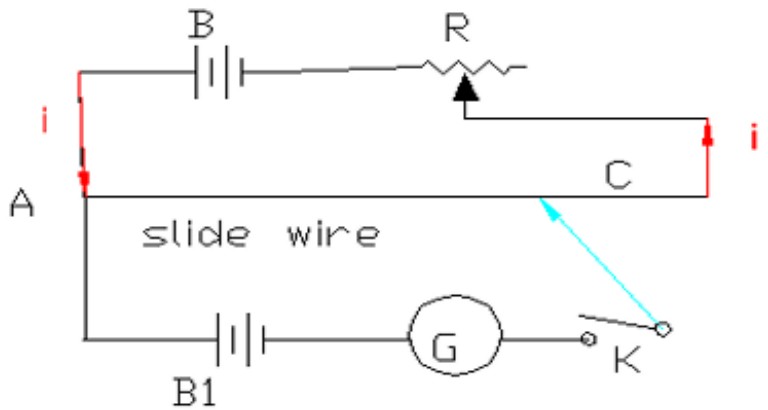
عند غلق(K) سوف يمر تيار خلال قياس كالفو (G) ومن الطرف A,C عندما يكون الجهد (A,C) أكبر من جهد البطارية(B1)أما إذا كان الجهدان متساويان فسوف لن يمرتيار من خلال المقياس

لنفرض إن L=AC نقوم بعدها بتبديل(B1) بالبطارية B2 أوبعد العملية السابقة ولنفرض أن ألطول ألجديد L_2عند إذ إذا كان E_1,E_2هما جهد B_1,B_2

$$\therefore E_1/E_2=i_1/i_2 \qquad \therefore E_1=i_{r.L1}\ ,\ E_2=i.r_{L2}$$

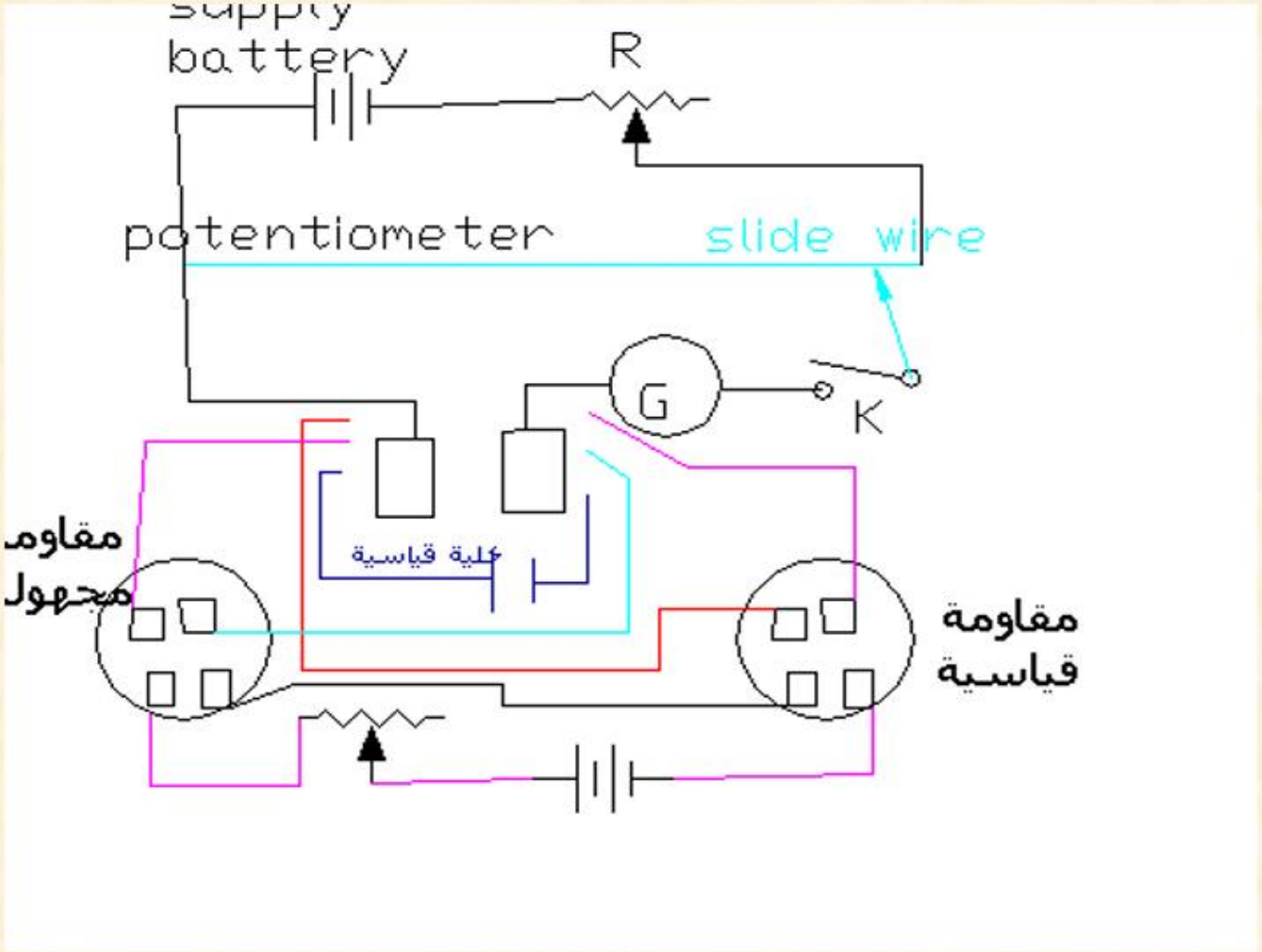
يجب أن تكون B أعلى جهدا من B_1,B_2

وتسمى هذه طريقة المقارنة



مخطط لمبدأ المجهاد للتيار المستمر

كيفية استخدام المجهاد لقياس المقاومات الواطئة والمتوسطة بطريقة المقارنة



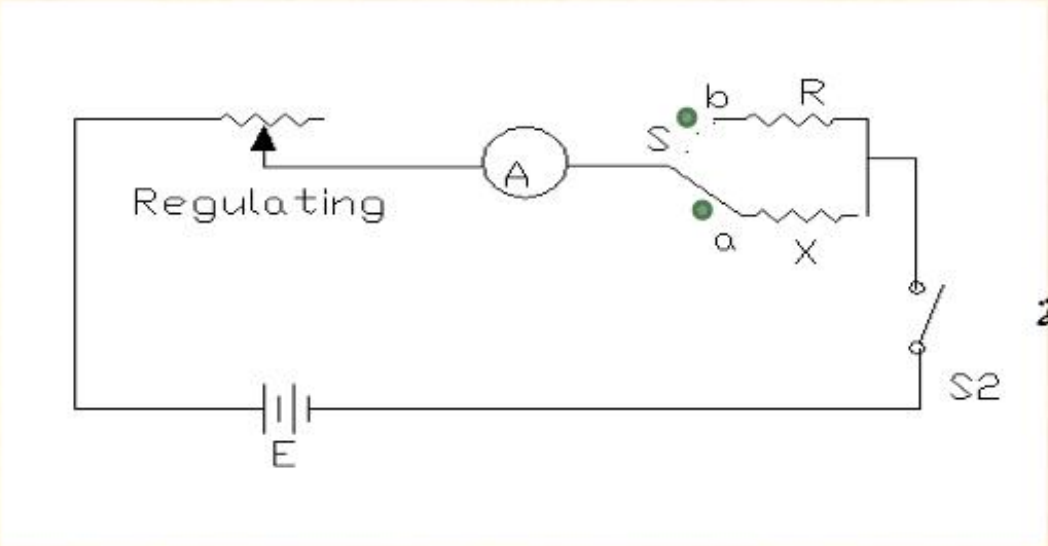
1) يجب ربط أطراف التيار والجهد كما مبين بالشكل 2) يجب ضمان اتجاه القطبية لربط البطاريات
3) يجب ضمان عزل البطارية المجهزة للتيار للمقاومة التي قيد القياس والى المقاومة المعيارية عن البطارية المنعزلة للمجهاد
4) يجب اختبار المقاومة المعيارية مقارنة بالقيمة المراد قياسها للمقاومة 5) تربط المقاومات بالتوالي 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 / ألمقاومة ألمعيارية =
ألجهد المقاس على طرفي المقاومة غير المعروفة / ألجهد المقاس على طرفي المقاومة ألمعيارية

ملاحظة: يجب أخذ ألاحتياطات اللازمة لتحاشي 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 ألمنسوب 1) طريقة استخدام قياس ألتيار والفولتية السالبة .
2) طريقة التعويض . 3) طريقة قنطرة وتستون

الطريقة الأولى تم الوقوف عليها سابقا .



2) طريقة التعويض

المقاومة المراد قياسها =X

مقاومة متغيرة معروفة القيم= R

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

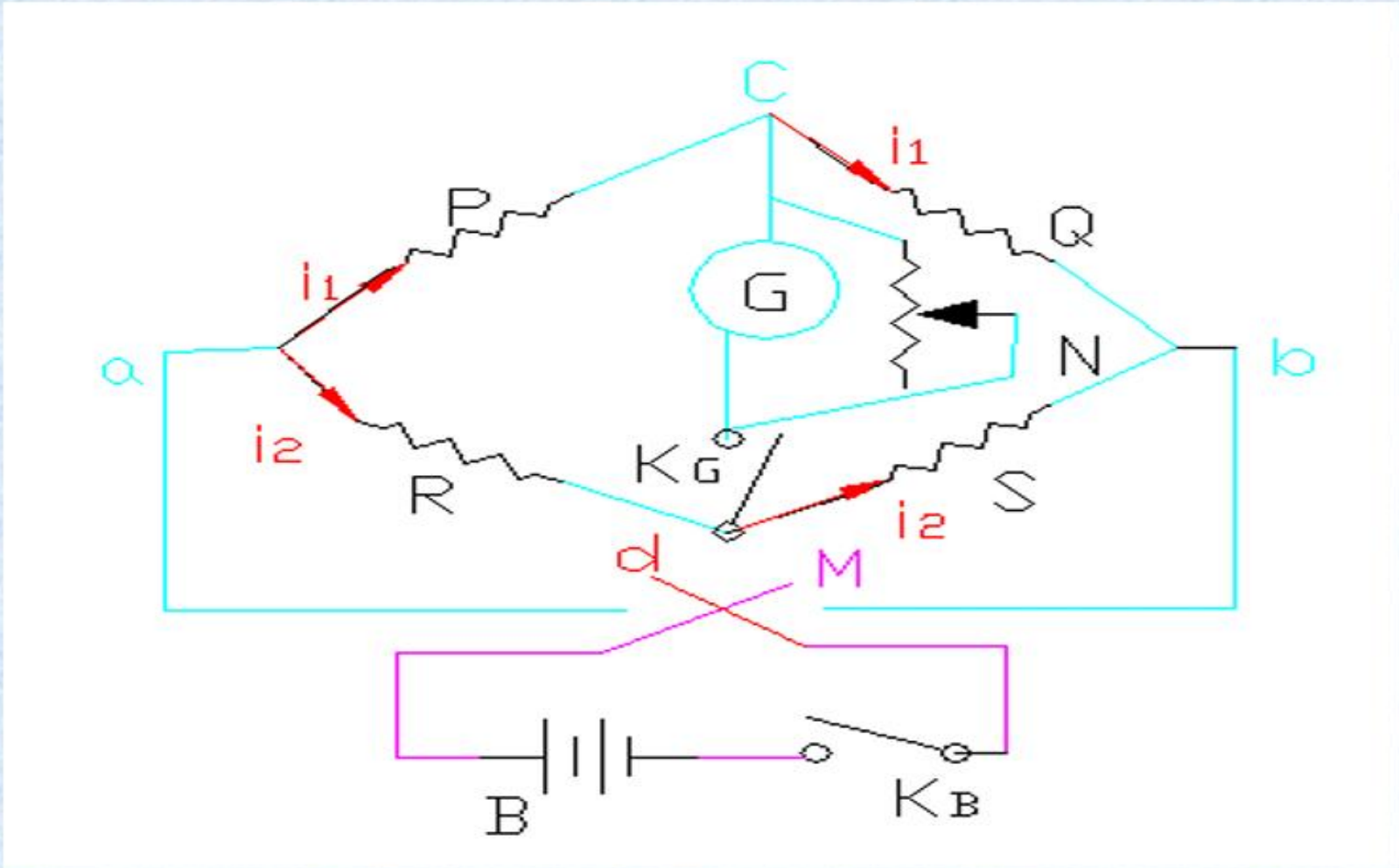
اغلق المفتاحS2 عند التشغيل ثم يليهS1الى الطرف (a)ولاحظ قراءة المقياس بعد ذلك حول S1 إلى الطرفb ونقوم بتغيير المقاومة R ذات القيم المعروفة هذا الإجراء لحين حصولنا على نفس قراءة المقياس السابقة

وهذا يعني تساوي المقاومتين.

ملاحظة : يمكن تحوير 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 أكثرمن خلية مع مفتاح M لعكس ألقطبية للبطارية هذه العملية ضرورية حيث يتم استعمال قراءتين قبل وبعد عكس الاتجاه غرضها تقليل الخطأ الناجم من تأثير القوة الدافعة الكهربائية الكهروحرارية.

عند تشغيل القنطرة يجب غلق مفتاح البطارية Kأولا يليه بعد ذلك غلق K_B بعد فترة وجيزة وذلك لتحاشي حدوث التأشيرة الفجائية لمقياس التيار الحساس بسبب ألقوة ألدافعة ألكهربائية ألمتولدة ذاتا خصوصا عندما تمتلك ألمقاومة ألمراد قياسها R محاثة ذاتية.

عند توازن ألقنطرة ألذي يتحقق بوساطة منظم ألمقاومة S يمر نفس التيار i_1 في المقاومتين P,Q لان ألمقياس لايسحب تيار تكافئ ألجهد عند طرفية كذلك i_2 يمر بالمقاومتين (R,s) أي أن ألجهد الهابط على Q=الجهد الهابط على S والجهد الهابط على P=ألجهد الهابط على R

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

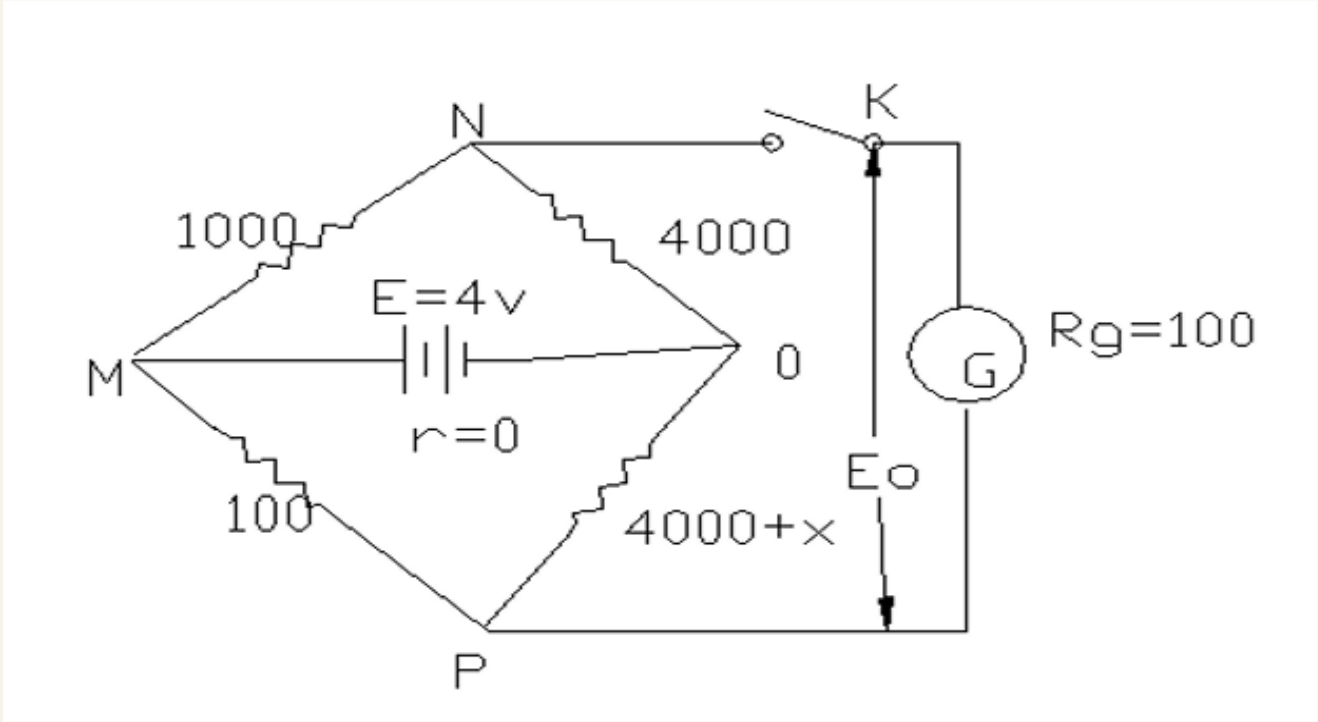
$$:.P/Q=R/S \qquad :.R=(P/Q).S$$

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

هناك بعض التطبيقات تعتمد على حدوث حالة اللاتوازن في قنطرة ويتستون وفي هذه ألحالة يتم التعامل مع ألقنطرة بالاستعانة بنظرية ثفنن حيث نفترض أن (ا)- مقاومة ألبطارية= صفر وننظر ألبطارية ونجد (Rth) المنظورة من جانب ألمفتاح وبعدها نقوم برفع ألتيار وحساب ألفولتية ألتي تظهر بين نقطتي ربط التيار

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

ألقنطرة المبينة طرأ عليها اختلال توازن وذلك بتغيير ألمقاومة400 أوم بمقدار x أوم أوجد تيارات ألقنطرة وكذلك فولتية وتيار المقياس على فرض x= واحد أوم . أوجد ألتأشيرة ألمترية ألطولية للمقياس اذا كانت حساسيتة =0,1مايكروأمبير/ ملمتر



القنطرة أعلاه في حالة اللا توازن نطبق نظرية ثفنن , نزيل ألمقياس أولا :

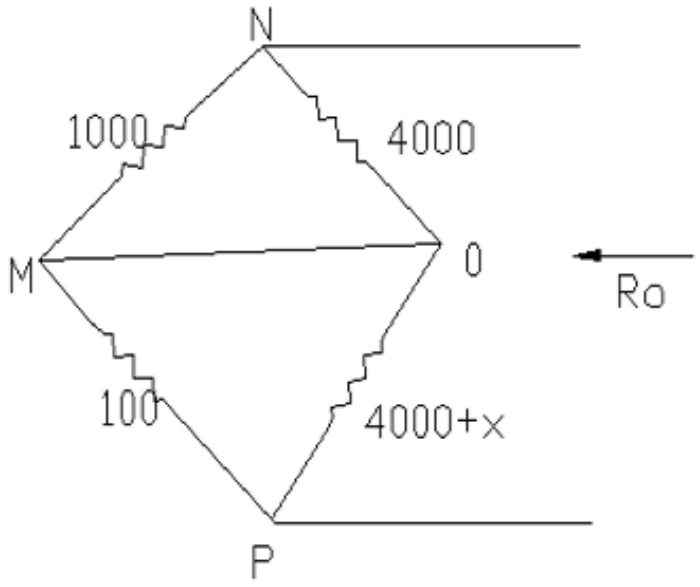
بقاعدة تجزئة الفولتية $E_o=E_N-E_p$

$E_N=E.\ (B/A+B)=\{1000/(400+100)\}x4(4000/5000)$

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

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

$\therefore E_o=4.X/2500 = E = 1600X$ **(micro volt)**



ألان نقصر البطارية لإيجاد ألمقاومة ألداخلية للقنطرة منظورة من جانب ألمقياس كما في ألشكل سنرى توازي المقاومتين :

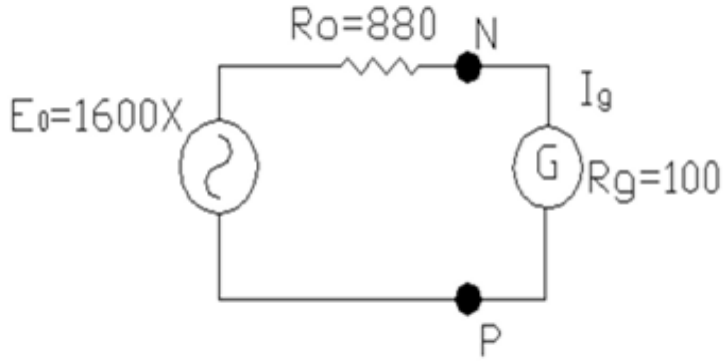
R// B

وتوازن (X+x)مع R :. Ro=[B.A/(B+A)+{R(X+x)/(R+X +x)}]

Ro=(1000x4000)/5000+{100(400+x)/(500+x)}

:.Ro=880 Ω

تصبح الدائرة كما في مكافئ ثفنن المبينة :



E/(R+X+x) – ID(X+x)/(R+X+x) =IR

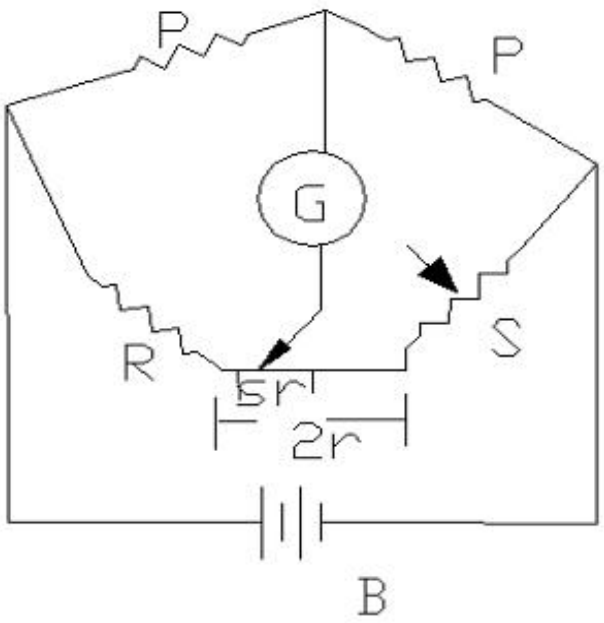
$I_x=(E/(R+X)+I_D(R/R+x)$, also we can found I_A, I_B

$E_o=1600x1=1600\mu v$, $I_g=E_{th}/(R_{th}+G)=1600/(880+100)=1.63\mu A$

ألتأشيرة = ألتيارxألحساسية =1.63x0.1=16mm

استخدام قنطرة وتستون مع سلك وملامس متزحلق

نحصل على أقصى درجة حقيقة قياس عند تساوي النسب بين سهولة ألتنظيم وألتضبيط. اذن أصبح من ألمألوف توسيع قابلية التمييز للقنطرة بإضافة سلك ملامس متزحلق كالمبين في الشكل .



لوفر ضنا أن مقاومة السلك هي (2r) وان حالة ألتوازن قد تحققت عندما أصبح الملامس ألمتزحلق 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

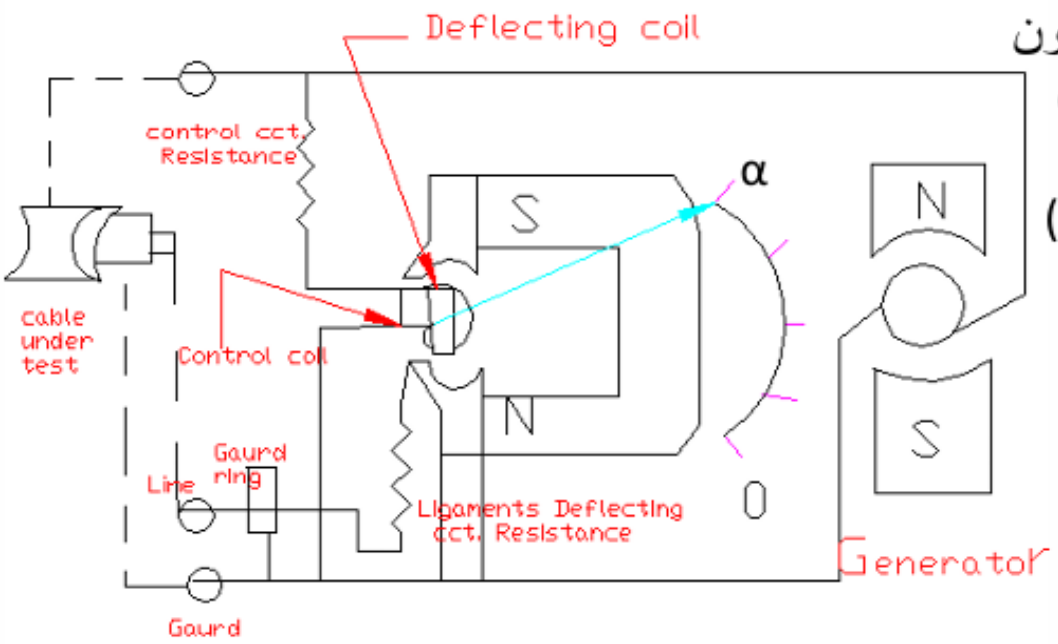
أ): ألطريقة ألتأشيرية المباشرة.

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 لاتؤثر على القراءة والحركة. عندما تكون المقاومة المقاسة عالية جدا (مالانهاية) فسوف لن يمر تيار بملف ألانحراف مما تعامد الملف المسيطر على المحور المغناطيسي وعند ذلك يؤشر المؤشر على أشارة (المالانهاية)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.

Post-Test

Ex2: D.c Amper meter $F.s._D=1mA$, $R_m=24\Omega$ we found

½ F.s. D.=2000Ω (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 أوم , فولتية البطارية =3فولت . أوجد المقاومتين (R_P , R_1) والتي يجب تحديد قيمتيهما لاشتغال الجهاز

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

:. $I_{R2}=0.0015-0.001=0.0005A$

$R_2.I_{R2}=R_m.I_m$:. $R_2= (24x0.0010)/0.001=48\Omega$

$R_p=(R_mxR_2)/(R_m+R_2)= (24x48)/(24+48)=16\Omega$

:.$R_1=2000- 16=1484\ \Omega$

The 6th ,7th weeks /Three-phase circuits

❖ Overview

A /Target population:-

For students of First year -Technological Institute of Basra-Department of Electrical Techniques.

B / Rationale:-

It is very important to study 3-phase circuits

C / Central Idea:-

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

D/Performance Objectives:

To make students able to learn 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 balanced and unbalanced.

❖ Pretest

Custom pregnancy balanced and unbalanced load

Solution:

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

The unbalanced load: its 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 the load.

Three Phase (AC System)

$E_a = E_m \sin\omega t$

$= E_m \angle 0°$

$E_b = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$

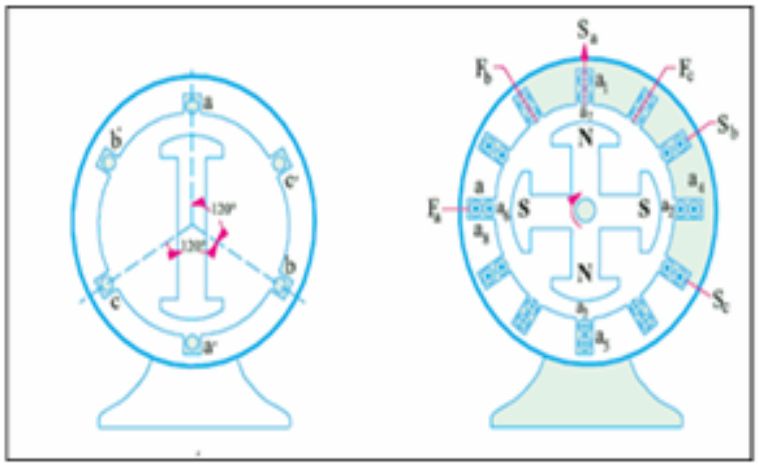
$= E_m \angle -120°$

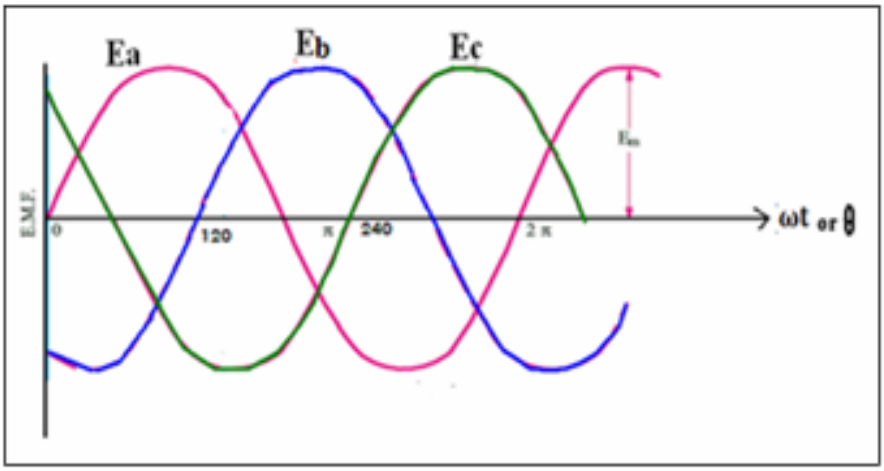
$E_c = E_m \sin(\omega t - 240^\circ)$

$= E_m \angle -240°$

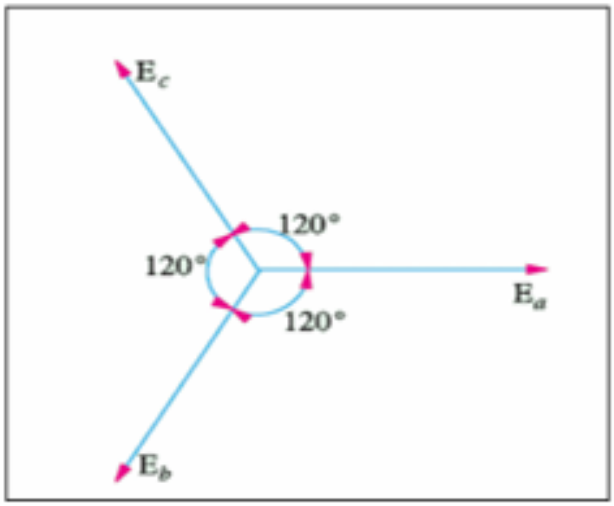
or

$E_c = E_m \sin(\omega t + 120^\circ)$





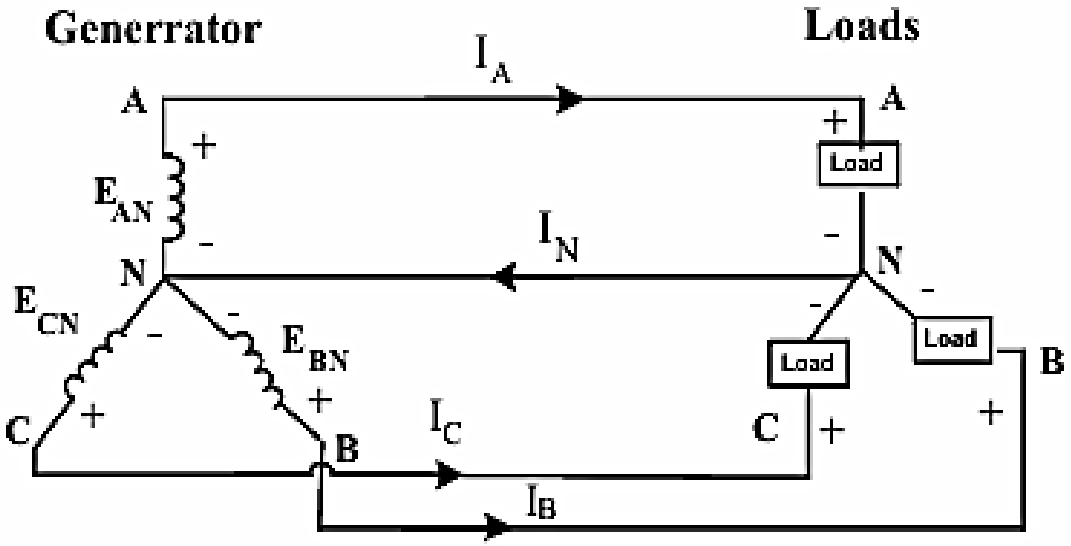
waveforms



Phase diagram

Three-phase -Y- connection

Three-phase "Y" connection has three voltage sources connected to a common point.



For " Y " circuits

$I_A, I_B, I_C \Longrightarrow$ Line current = Phase current

$$I_L = I_{Ph}$$

$E_{AB}, E_{BC}, E_{CA} \Longrightarrow$ Line Voltage (Voltage between line to line (V_L))

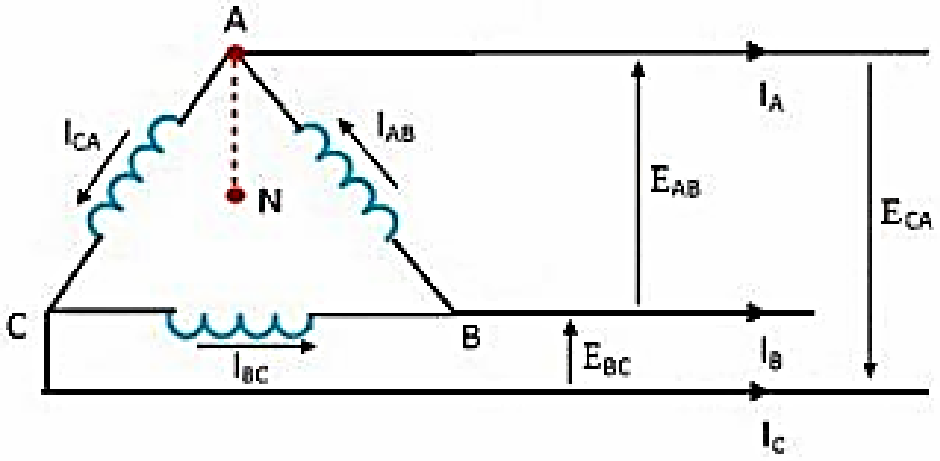
$E_{AN}, E_{BN}, E_{CN} \Longrightarrow$ Phase voltage (V_{Ph})

$$V_L = \sqrt{3}\, V_{Ph}$$

When the circuit is in balance $\Longrightarrow$ the neutral is negligble $[I_N = 0]$

$$I_A + I_B + I_C = I_N$$

Three-phase Delta (Δ) connection



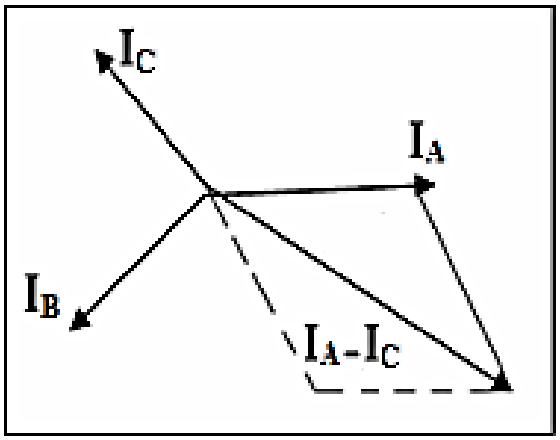
$E_{AB} = E_{BC} = E_{CA}$ = Line voltage = Phase voltage

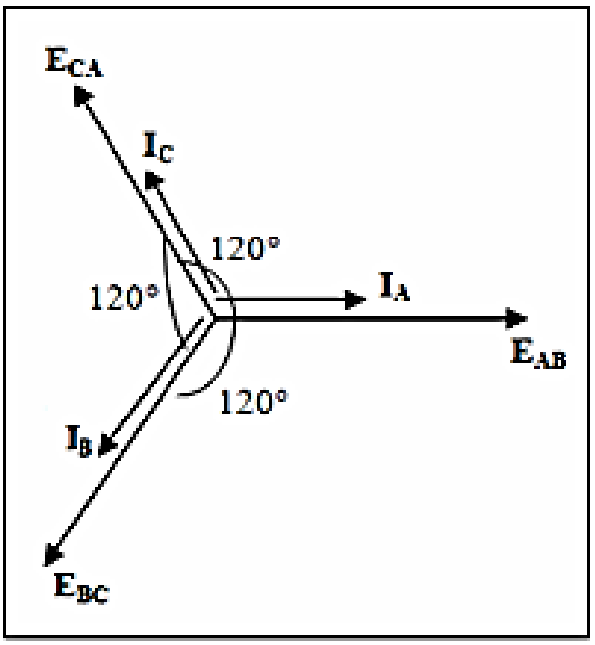
$$V_L = V_{Ph}$$

$I_A , I_B , I_C \Longrightarrow$ Line currents

$I_{AB} , I_{BC} , I_{CA} \Longrightarrow$ Phase currents

$$I_L = \sqrt{3}\ I_{Ph}$$





Power for balance load

1- True power (P) $P = V_{ph} I_{ph} \cos\varphi$ (القدرة المصروفة في الطور الواحد)

φ: phase angle between I_{Ph} and V_{Ph}

$V_{Ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$, $I_P = I_L$

$\therefore p_T = 3 \times \frac{V_L}{\sqrt{3}} \times I_L \times \cos\varphi$ $p_T = \sqrt{3}\, V_L I_L \cos\varphi$ (W) (الكلية)

2- Reactive power (Q): $Q_T = \sqrt{3}\, V_L I_L \sin\varphi$ (Var)

3- Apparent power (S): $S_T = \sqrt{3}\, V_L I_L$ (VA)

or $S_T = \sqrt{P^2 + Q^2}$ (VA)

Power for unbalance load

1- True power (P): $P = V_{Ph} I_{Ph} \cos\varphi$ (للطور الواحد)

$P_T = P_{Ph1} + p_{Ph2} + p_{Ph3}$ (الكلية)

2- Reactive power (Q): $Q = V_{Ph} I_{Ph} \sin\varphi$ (للطور الواحد)

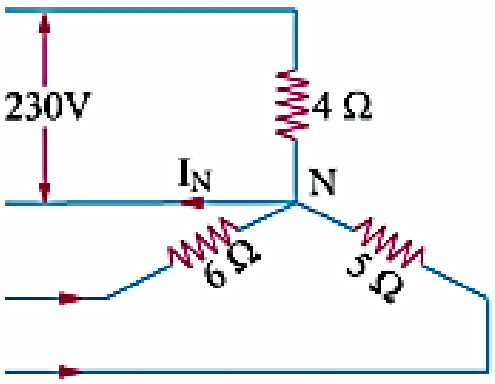
$Q_T = Q_{ph1} + Q_{ph2} + Q_{ph3}$ (الكلية)

3- Apparent power (S): $S_T = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Example (1)

A 3-φ-star–connected system with 230V between each phase and neutral has resistances of 4,5 and 6Ω respectively in three phase shown in fig. find:

a) The current flowing in each phase.
b) The neutral current.
c) The total P,Q,S.



Sol/

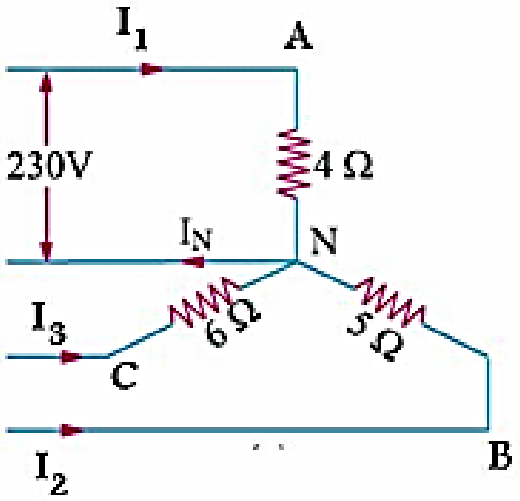
a) $V_{Ph} = 230V$

$V_{AN} = 230 \angle 0°V$

$V_{BN} = 230 \angle -120°V$

$V_{CN} = 230 \angle -240°V$

or $V_{CN} = 230 \angle 120°V$



$$I_1 = \frac{V_{AN}}{4} = \frac{230 \angle 0°}{4} = 57.5 \angle 0° = 57.5\ A$$

$$I_2 = \frac{V_{BN}}{5} = \frac{230 \angle -120°}{5} = 46 \angle -120° = -23 + j39.8\ A$$

$$I_3 = \frac{V_{CN}}{4} = \frac{230 \angle 120°}{6} = 38.3 \angle 120° = -19.15 - j33.17\ A$$

b) $I_N = I_1 + I_2 + I_3$

$I_N = 57.5 - 23 + j39.8 - 19.15 - j33.17 = 15.31 + j6.6 = 16.71 \angle 23.32°\ A$

c) $P_T = P_1 + P_2 + P_3$

$P_1 = I_1^2 \times R_1 = (57.5)^2 \times 4 = 13225\ W$

$P_2 = I_2^2 \times R_2 = (46)^2 \times 5 = 10580\ W$

$P_3 = I_3^2 \times R_3 = (38.3)^2 \times 6 = 8801.34\ W$

$P_T = 13225 + 10580 + 8801.34 = 32606.34\ W$

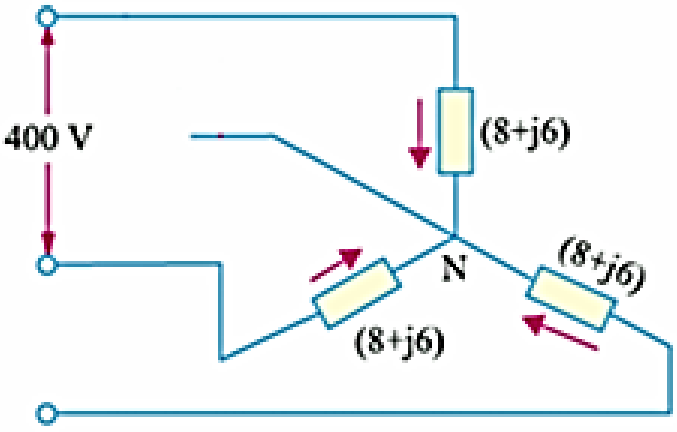
Example (2)

A balanced star-connected of (8+j6)Ω per phase is connected to a 3-phase 400V supply shown in fig., find:

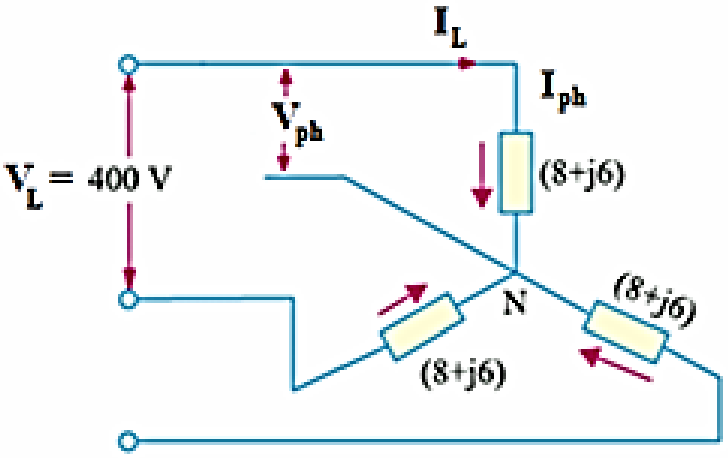
a) The line current.

b) Power factor (P.F.)

c) Power and total volt-ampere.



Sol/



a) $Z_{Ph} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10\Omega$

$$V_{Ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 231\ V$$

$$I_{Ph} = \frac{V_{Ph}}{Z_{Ph}} = \frac{231}{10} = 23.1\ A$$

$$I_{Ph} = I_L = 23.1\ A$$

b) $P.F = \cos\varphi = \frac{R_{Ph}}{Z_{Ph}} = \frac{8}{10} = 0.8$ (Lagging)

c) $P_T = \sqrt{3}\ V_L\ I_L \cos\varphi = \sqrt{3} \times 400 \times 23.1 \times 0.8 = 12.8\ W$

or $P_T = 3\ I_{Ph}^2\ R_{Ph}$

$S_T = \sqrt{3}\ V_L\ I_L = \sqrt{3} \times 400 \times 23.1 = 16\ VA$

To find reactive power (Q):

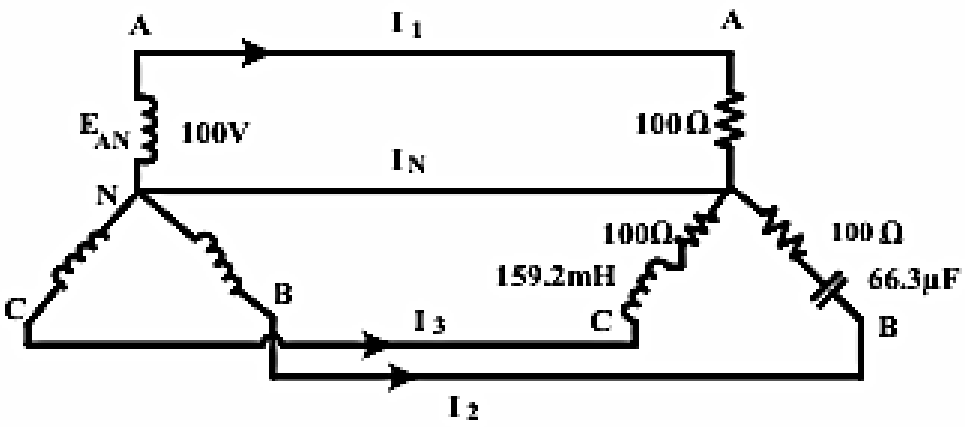
$\cos^{-1} 0.8 = \varphi \qquad \therefore \varphi = 36.87°$

$Q_T = \sqrt{3}\ V_L\ I_L \sin\varphi = 1.7 \times 400 \times 23.1 \times \sin 36.87° = 9.6\ Var$

Example (3)

For the CCT shown, the generator phase voltage is 100V and its frequency 60Hz. Calculate the line and neutral currents. Then find the total P,Q,S.

Sol/



$$X_L = 2\pi fL = 2 \times 3.14 \times 60 \times 159.2 \times 10^{-3} = 60\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 60 \times 66.3 \times 10^{-6}} = 40\ \Omega$$

$Z_1 = 100 = 100\ \angle 0°\ \Omega$

$Z_2 = R_2 - j\,X_C = 100 - j40 = 107.7\ \angle -21.8°\ \Omega$

$Z_3 = R_3 + j\,X_C = 100 + j60 = 116.6\ \angle 31°\ \Omega$

$$I_1 = \frac{E_{AN}}{Z_1} = \frac{100\angle 0°}{100\angle 0°} = 1\ \angle 0°\ A$$

$$I_2 = \frac{E_{BN}}{Z_2} = \frac{100\angle -120°}{107.7\angle -21.8°} = 0.929\ \angle -98.2°\ A = -0.133 - j\,0.92\ A$$

$$I_3 = \frac{E_{CN}}{Z_3} = \frac{100\angle 120°}{116.6\angle 31°} = 0.858\ \angle 89°\ A = 0.015 + j\,0.858\ A$$

$I_N = I_1 + I_2 + I_3$

$I_N = 1 + (-0.133 - j\,0.92) + (0.015 + j\,0.858)$

$= 0.882 - j\,0.062 = 0.884\ \angle -4°\ A$

$P_T = P_1 + P_2 + P_3$

$P_1 = I_1^2 \times R_1 = (1)^2 \times 100 = 100\ W$

$P_2 = I_2^2 \times R_2 = (0.929)^2 \times 100 = 86.304\ W$

$P_3 = I_3^2 \times R_3 = (0.858)^2 \times 100 = 73.616\ W$

$P_T = 100 + 86.304 + 73.616 = 259.9\ W$

$Q_1 = 0$

$Q_2 = I_2^2 \times X_C$

$= (0.929)^2 \times 40 = 34.52\ Var$

$Q_3 = I_3^2 \times X_L$

$= (0.858)^2 \times 60 = 44.169\ Var$

$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$

$Q_T = (-34.52) + 44.169 = 9.95\ Var$

$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2}$

$= \sqrt{(259.92)^2 + (9.65)^2}$

$= 260.1\ VA$

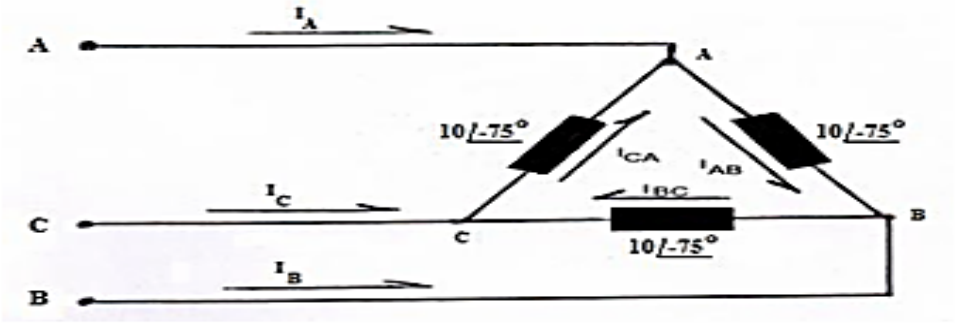
Example (4)

The circuit shown is connected to three phase system of 200 Volt;

a) Find the current distribution in the circuit.

b) Draw the pharos diagram from the voltage and current.

c) Find the active power, reactive power and apparent power.



Sol/

a) $\mathbf{V_{AB} = 200\angle 0^o V}$, $\mathbf{V_{BC} = 200\angle -120^o V}$, $\mathbf{V_{CA} = 200\angle 120^o V}$

$$\mathbf{I_{AB} = \frac{V_{AB}}{Z_{AB}} = \frac{200\angle 0^o}{10\angle -75^o} = 20\angle 75^o\ A}$$

$$\mathbf{I_{BC} = \frac{V_{BC}}{Z_{BC}} = \frac{200\angle -120^o}{10\angle -75^o} = 20\angle -45^o\ A}$$

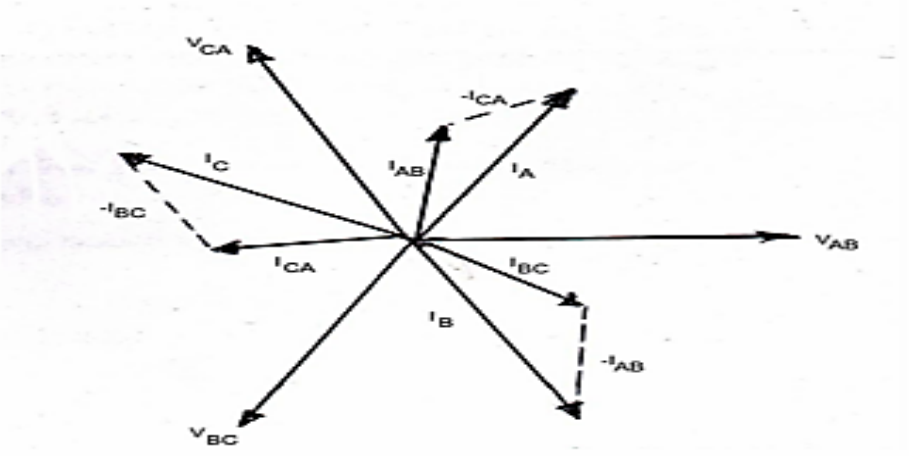
$$\mathbf{I_{CA} = \frac{V_{CA}}{Z_{CA}} = \frac{200\angle 120^o}{10\angle -75^o} = 20\angle 195^o\ A}$$

$$\mathbf{I_A = I_{AB} - I_{CA} = 20\angle 75^o - 20\angle 195^o = 34.6\angle 45^o\ A}$$

$$\mathbf{I_B = I_{BC} - I_{AB} = 20\angle -45^o - 20\angle 75^o = 34.6\angle -75^o\ A}$$

$$\mathbf{I_C = I_{CA} - I_{BC} = 20\angle 195^o - 20\angle -45^o = 34.6\angle 165^o\ A}$$

b)



c) $P_T = \sqrt{3}V_L I_L \cos\varphi = \sqrt{3} * 200 * 34.6\cos\varphi(75^o) = 3102\ W$

$Q_T = \sqrt{3}V_L I_L \sin\varphi = \sqrt{3} * 200 * 34.6\sin(75^o) = 11577.39\ Var$

$S_T = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3102^2 + 11577.39^2} = 11578.22\ VA$

❖ Posttest

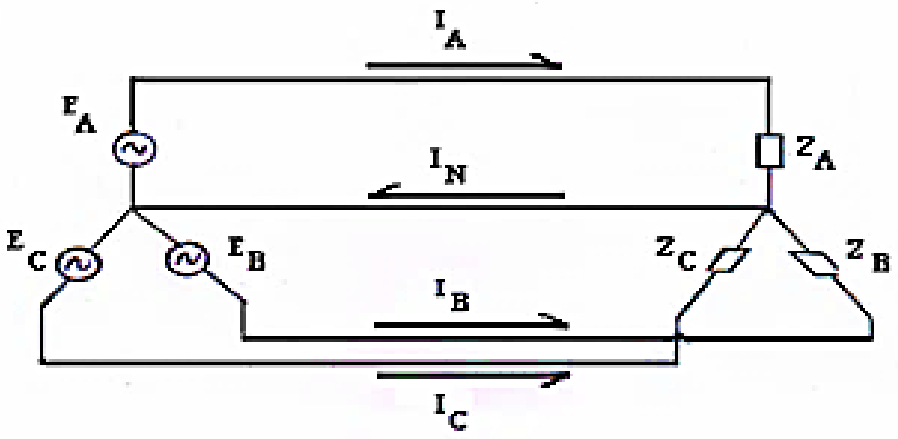
Problem (1)

For three phase circuit shown below, $E_A = E_B = E_C = 120V$.

$Z_A = 20\angle -30^0\ \Omega$; $Z_B = 40\angle 60^0\Omega$; $Z_C = 30\angle 30^0\Omega$, find:

a) The current distribution (I_A, I_B, I_C, I_N).

b) Draw the phasor diagram for voltages and currents.



The 8th week/ Three phase power measurement

❖ Overview

A /Target population:-

For students of First year -Technological Institute of Basra-Department of Electrical Techniques.

B / Rationale:-

It is very important to study three-phase power measurement.

C / Central Idea:-

- **Definition Kirchhoff's current law at any electric point.**
- **Definition Three Three-phase power measurement.**
- **To learn Wattmeter's method.**
- **Definition of Kirchhoff's voltage law.**

D/Performance Objectives:

To teach the student how he measures single and 3-phase power.

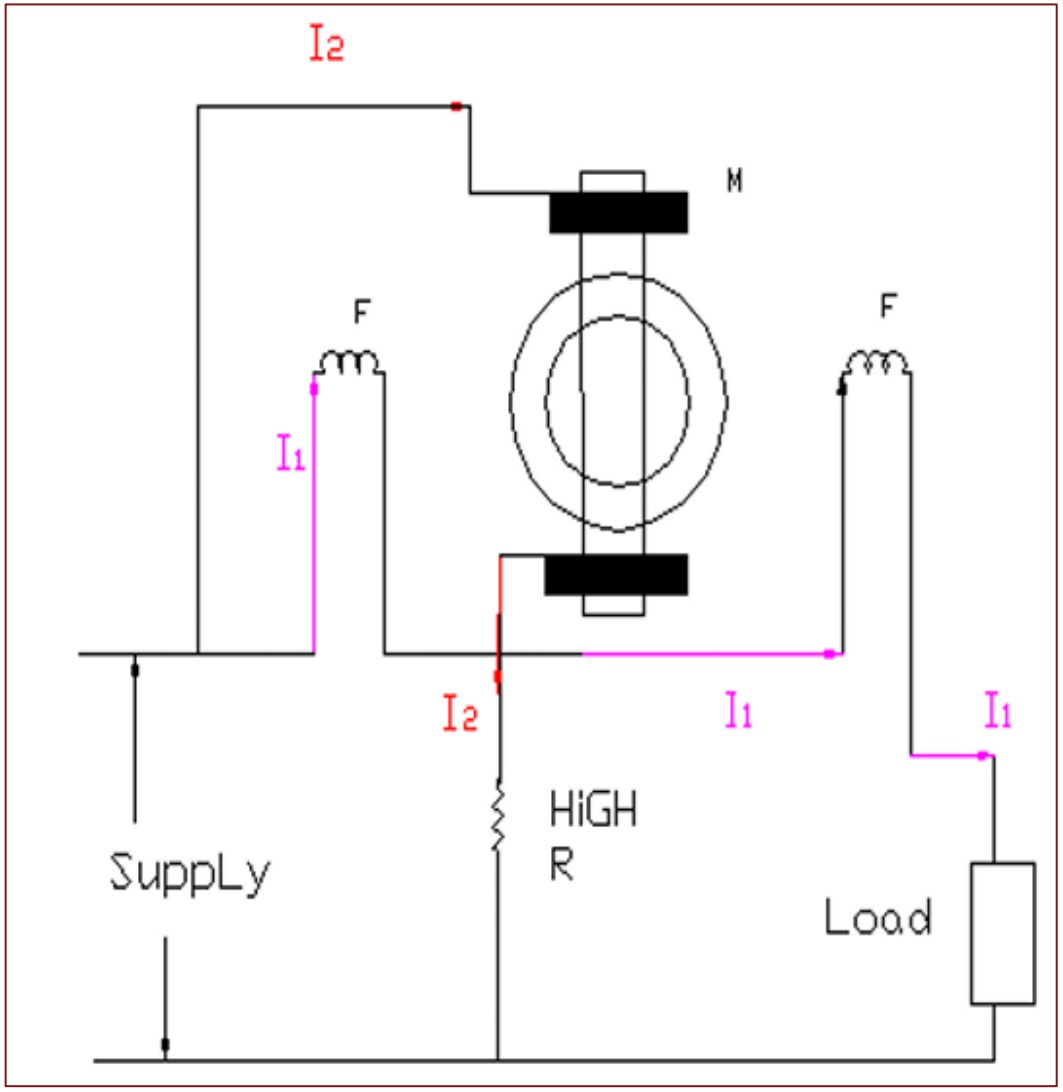
❖ Pretest

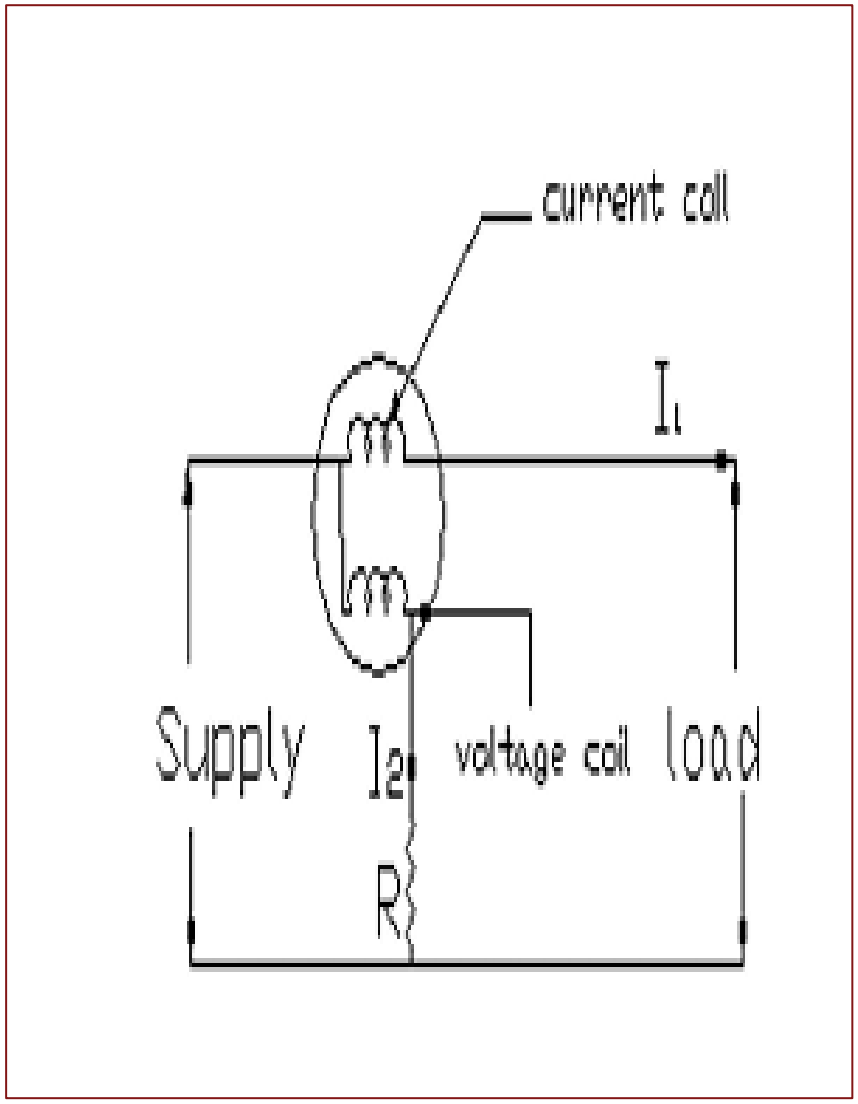
Define : Active ,reactive and apparent power

Solution

P=V.Icosθ watt (Active power), Q=V.Isine θ var (Reactive Power)
S=V.I (v.A) (apparent power)

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





$P = I_A.V_{Aa} + I_B.V_{Bb} + I_c.V_{Cc}$

(2) Two–wattmeter method

It is suitable for Y-connected or Δ-connected

Balanced or unbalanced loads.

The load Power is sum of the meter readings

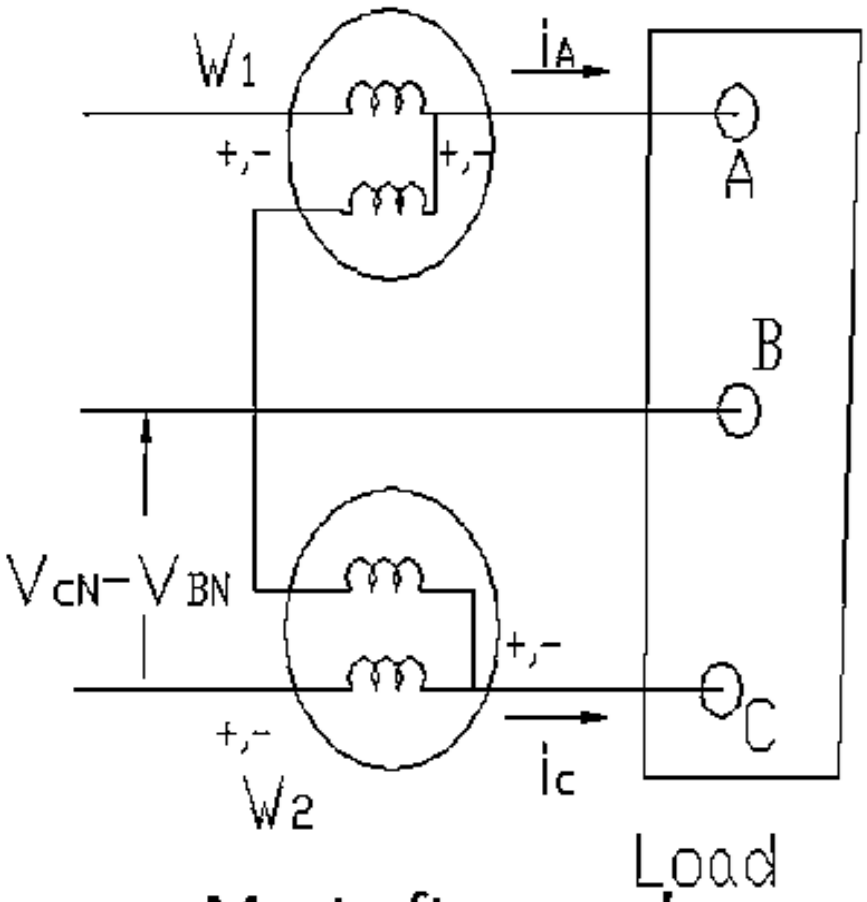
i_A = instantaneous current in meter W_1

$V_{AN} - V_{BN}$ = 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



Most often used

There for:-

The instantaneous Powers measured by each

Of these instruments are :

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

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

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

$= A V_{Aa} + i_C V_{cc} - V_{Bb} x(i_A + i_c) \ldots . (2)$

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)

$P=I_AV_{Aa}+I_cV_{cc}+I_BV_{Bb}$ ....(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 iA-Ic and ic-iB . The voltage coil instantaneous potential Differences are :- -Vaa and – VBb . The sum of the meter readings is :-

$P=V_{aa}(I_A-I_c)-V_{Bb}(I_c-I_B)=V_{Aa}I_A+V_BI_B-I_c(V_{Aa}+V_{Bb})$

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

$V_{Aa}+V_{Bb}+V_{Cc}=0$ or : $V_{Aa}+V_{Bb}=-V_{Cc}$ giving $P=V_{Aa}I_A+V_{Bb}I_B+V_{cc}I_c$ ....(5)

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

Example (1):-

A dynamometer type wattmeter with its voltage coil connected a cross 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 2kΩ. Calculate reactive and apparent power

Solution :-

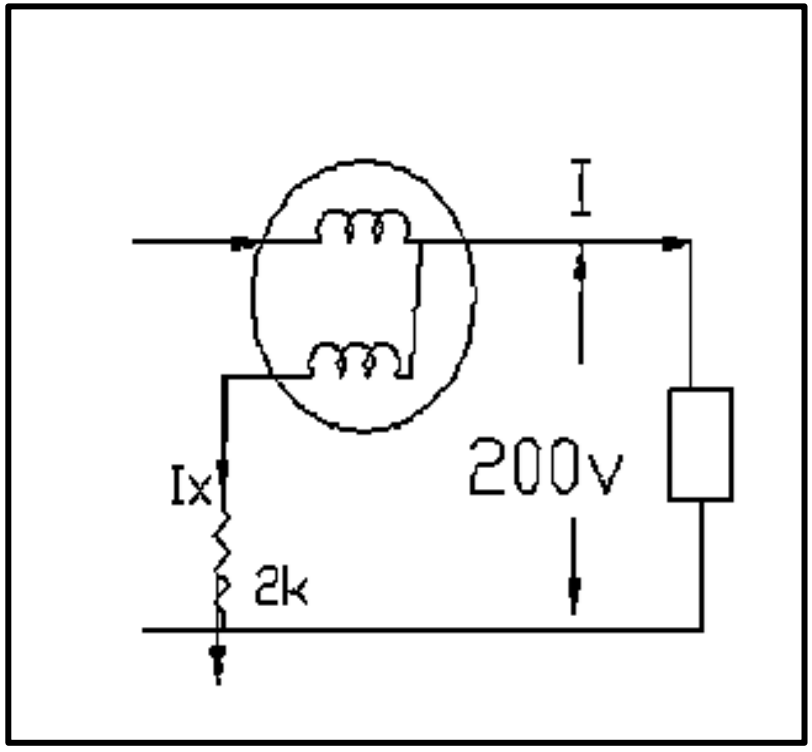
Power consumed by Voltage coil = V^2/R=

$200^2/2000$=20 watt

:. Power being taken by load

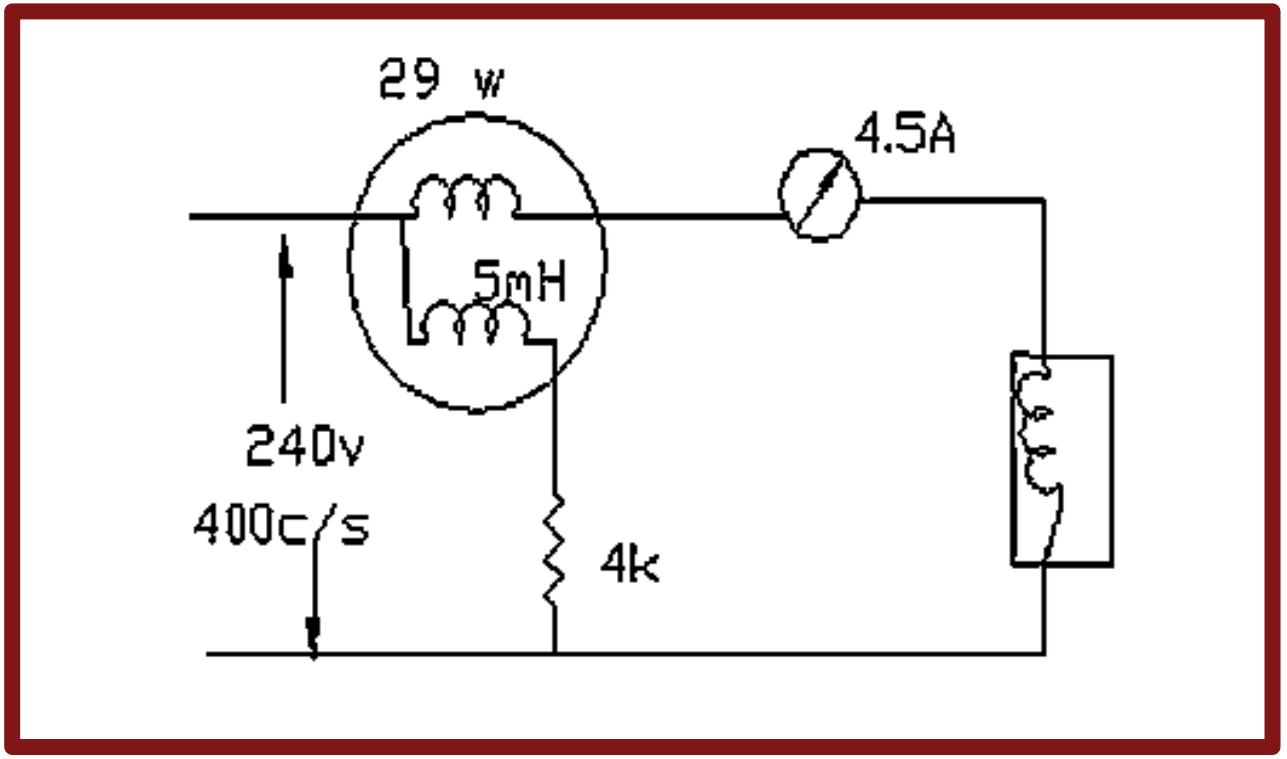
= 250 -20 =230 watt

Q=VIsinθ



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 A cross a(400 Hz) supply . The a meter 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 a meter and and current coil are negligible , What is the percentage error in wattmeter reading?



Solution :

The reactance of the voltage coil cct. Is

$Xp=2\pi xfxL = 2\pi X400x5x10^{-3} = 4\pi\Omega$

$\tan\theta=Xp/R=4\ \pi/4000=0.003/42$:.$\theta=0.003142$ radian

(angle is very small) :.$\theta= 0.18^{\circ}$ Or $\theta =0^{\circ}\ 11^{-}$

True reading= $\dfrac{cos\phi}{cos\theta.\cos(\phi-\theta)\,x actual\ reading}$

$$V.Icos\phi = \frac{cos\phi}{cos\theta.\cos(\phi-\theta)\,x actual\ reading} \qquad ,V.I = \frac{actual\ reading}{\cos(\phi-\theta)}$$

$\cos(\phi-\theta)= 29/(240x4.5)= 0.02685$:.$\phi-\theta =88^{\circ}\ 28^{-}$

Or $\phi =88^{\circ}\ 39^{-}$:. Percentage error= $\{(\sin\theta)/(\cot\phi+\sin\theta)\}x100$

$=\{(\sin 11^{-})/(\cot 88^{\circ}\ 39^{-}+\sin 11^{-})\}x100=\{(0.0032/\ (0.0235+0.0032)\}x100= 12\%$

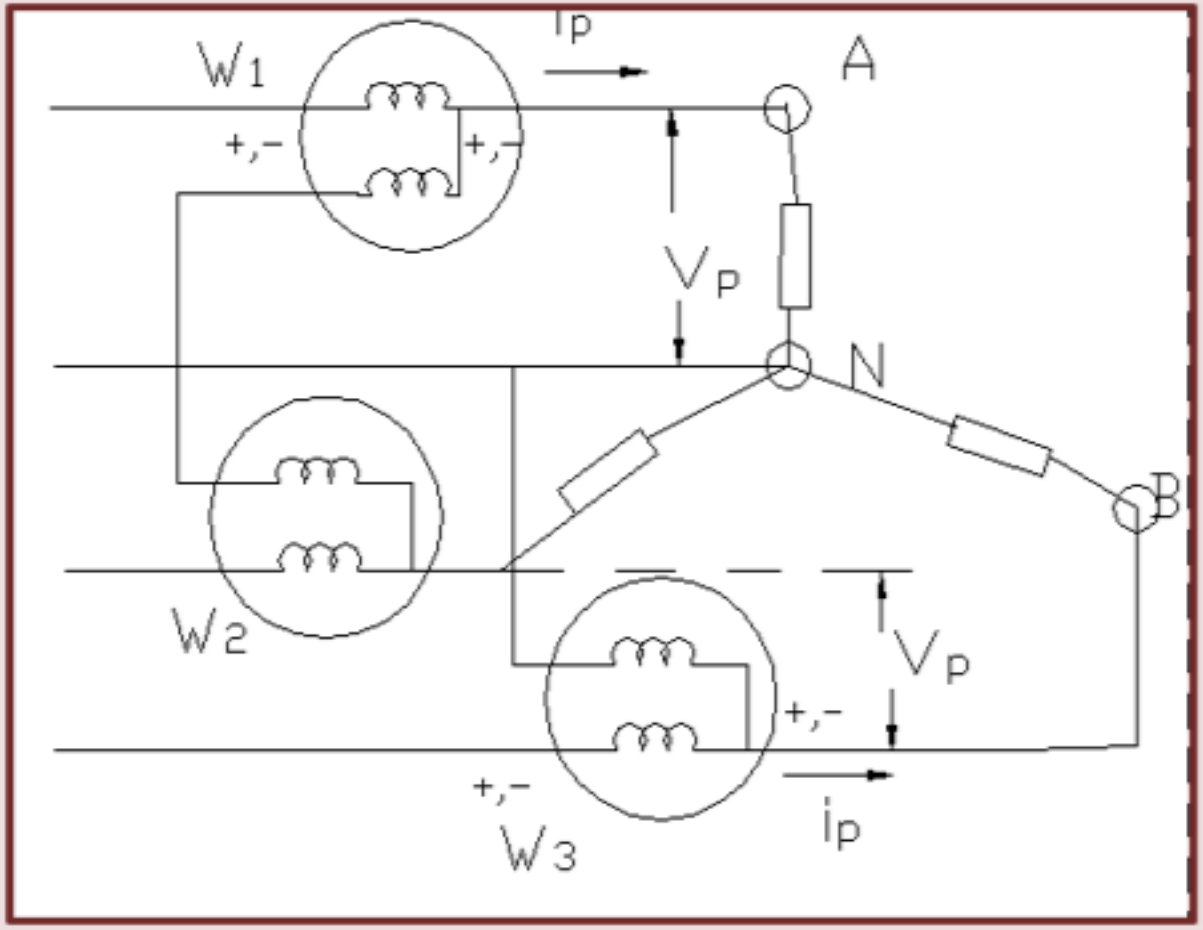
(3) Three–Wattmeter methods

$P_1 = V_p I_p \cos\theta$

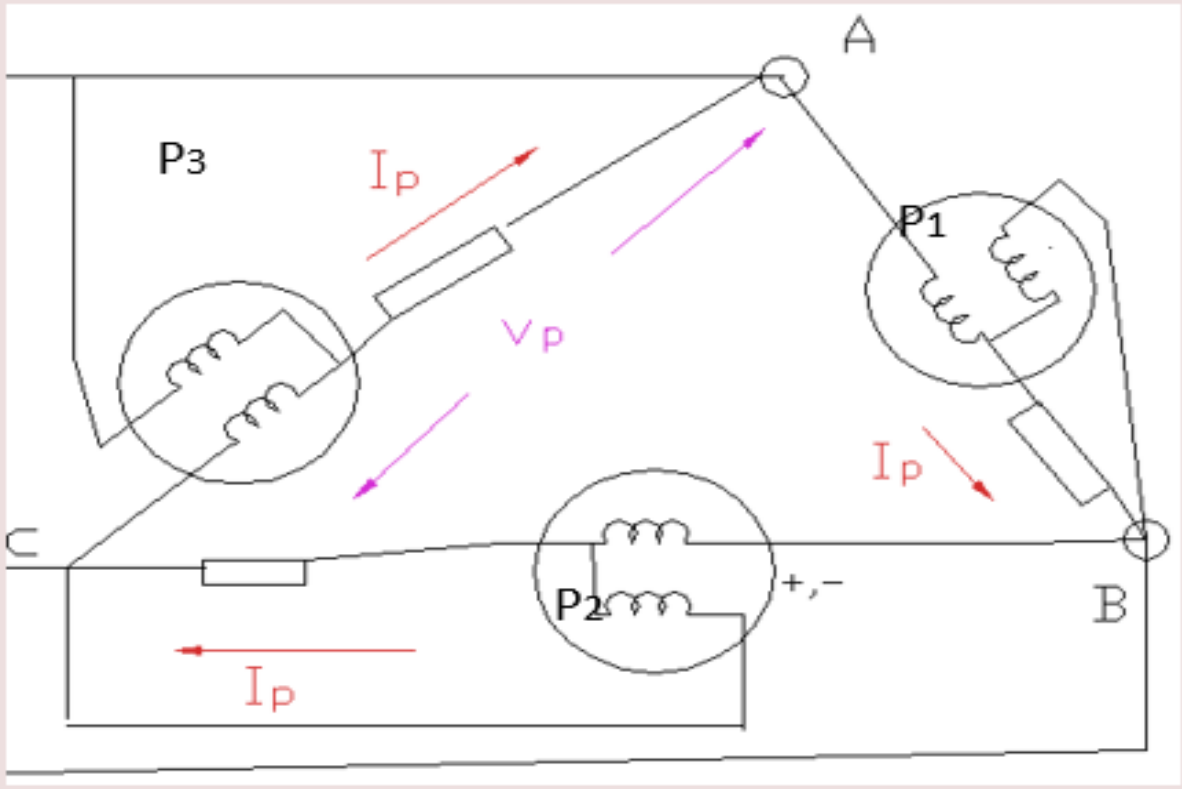
Y- connected load 4- wire unbalanced load.

:. PT= P1+ P2 +P3

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



$P_1 = V_p I_p \cos\theta$



Δ- connected load unbalanced 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 R1=R2=R3= 33.3Ω and L1=L2=L3=523mH .

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

Calculate :-

the Load power and Power indicated by each wattmeter

Solution:

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

$V_L=200v$ $I_p=1A$, $I_L=1.73\,A$ $\phi=80$

$V_L=\sqrt{3}\,V_p=\sqrt{3}\times 115.5=200v$

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

$Z1=Z2=Z3=R+jx_L=33+j197.2\Omega$

$\therefore |Z|=\sqrt{33.3^2+197.2^2}=200\Omega$

$|I_p|=I1=I2=I3+V_L/Z=200/200=1A$

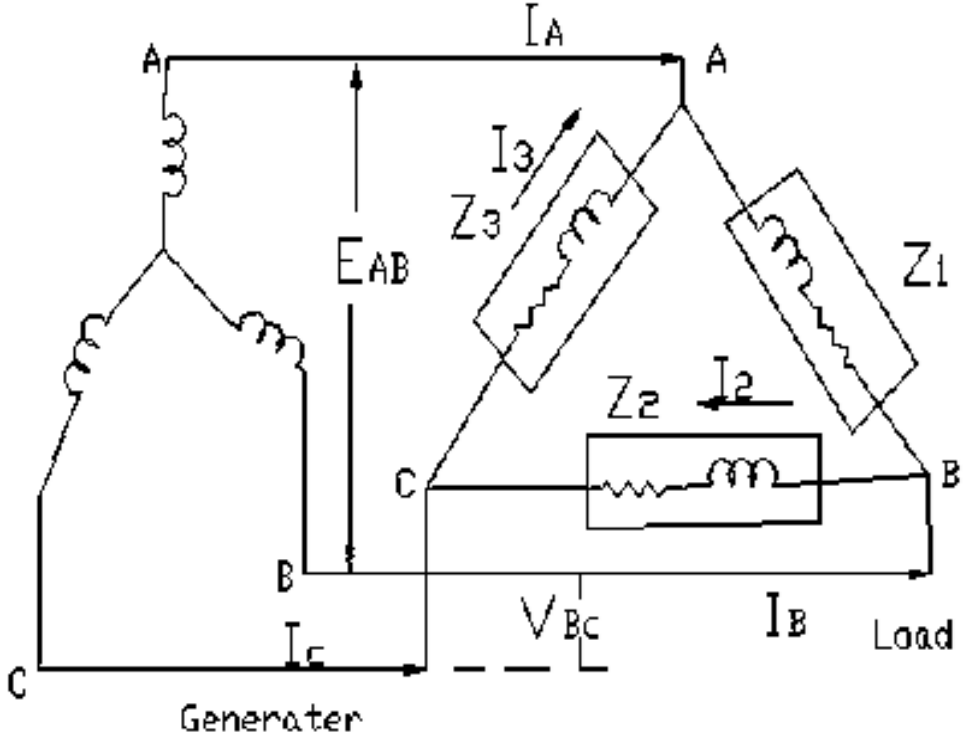
$I_L=\sqrt{3}I_p=\sqrt{3}\times 1=1.732A$

at Load :

$V_{ph}=V_L=200v$ $\therefore P=3\,V_p\,I_p$

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

$P=\sqrt{3}\,V_L\,I_L\cos\phi=\sqrt{3}X200\times 1.73\times\cos 80=100$ watt



The 9th ,10th weeks/ Magnetism

❖ Overview

A /Target population:-

For students of First year -Technological Institute of Basra-Department of Electrical Techniques.

B / Rationale:-

- **It is very important to study Magnetism .**
- **Also to study Magnetic field of solenoid.**

C / Central Idea:-

- **Definition It is very important to study Electromagnetism any electric closed circuit .**
- **To study Magnetic field of solenoid**

D/Performance Objectives:

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

❖ Pretest

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

solution

$\beta=\Psi/A=(50x10^{-6})/0.02=25x10^{-4}$ Tesla

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

1- Magnetism

Magnetism is a physical phenomenon produced by the motion of electric charges. It results in attractive and repulsive forces between objects.

- Origins of Magnetism

- **Caused by electron spin and orbital movement.**
- **Materials exhibit magnetic behavior when atomic dipoles align in a particular direction.**

- Magnetic Field (H)

- Denotes the force applied to a magnetic material.
- **Unit**: Ampere per meter (A/m)
- **Defined as**:

$$H = \frac{NI}{l}$$

where N is number of coil turns, I is current (A), l is length (m).

🔍 **Solved Example 1.**

Q: A coil of 300 turns is wound around a magnetic core of length 0.5 m. If a current of 2 A flows, what is the magnetic field HH?

Solution:

$$H = \frac{NI}{l} = \frac{300 \times 2}{0.5} = 1200\ \text{A/m}$$

2- Magnetic Poles – North & South

Magnetism is one of the fundamental forces in nature, observable through natural and artificial magnets. At the heart of this phenomenon are magnetic poles, the regions where the magnetic effect is the strongest. Every magnet possesses two poles: a North pole and a South pole.

Nature of Magnetic Poles

- **Magnetic poles always exist in pairs. If a bar magnet is broken in half, each resulting piece will develop its own North and South pole.**
- **North pole (N): The end of the magnet that points toward the Earth's geographic North when freely suspended.**
- **South pole (S): The end that points toward the Earth's geographic South.**

Magnetic Field Lines

- **Magnetic fields are visualized through field lines that emerge from the North pole and enter at the South pole.**
- **Inside the magnet, the lines continue from South to North, forming closed loops.**
- **The density of these lines represents the strength of the magnetic field: the closer they are, the stronger the field.**

Interaction Between Poles

- **Like poles repel, and unlike poles attract. This principle underpins the operation of electric motors, magnetic sensors, and various instruments.**
- **The force between two poles depends on their strength and the distance between them.**

Properties of Magnetic Poles

Property	Description
Pole Pairs	Magnetic poles always appear in N–S pairs
Direction of Force	Opposite poles attract; similar poles repel
Magnetic Field Origin	Field lines emerge from the North and return at South
Magnetic Monopoles	Have never been observed in isolation
Strength Distribution	Strongest at the poles, weaker at the center

3- Types of Magnetic Materials

Magnetic materials respond to an external magnetic field in different ways based on their atomic structure and electron behavior. The main classifications are:

1. Ferromagnetic Materials

- **Strong attraction to magnetic fields.**
- **Domains (groups of atoms) align parallel, even after removing the field.**
- **Can be permanently magnetized.**
- **Examples: Iron, Nickel, Cobalt, and steel.**
- **Applications: Motors, transformers, permanent magnets.**

2. Paramagnetic Materials

- **Weakly attracted to magnetic fields.**
- **Do not retain magnetism when the field is removed.**
- **Atomic dipoles align *slightly* with the field.**
- **Examples: Aluminum, Magnesium, Platinum.**
- **Applications: MRI contrast agents, scientific research.**

3. Diamagnetic Materials

- **Repelled by magnetic fields.**
- **Magnetic dipoles are induced in the opposite direction.**
- **Effect is very weak and present in all materials but masked in others.**
- **Examples: Copper, Bismuth, Water, Quartz.**
- **Applications: Magnetic levitation, shielding, precision instruments.**

4. Antiferromagnetic Materials

- **Neighboring magnetic moments align in opposite directions and cancel out.**
- **Net magnetism is zero.**
- **Examples: Manganese Oxide (MnO), Nickel Oxide (NiO).**
- **Applications: Spintronics, memory devices.**

5. Ferrimagnetic Materials

- **Like antiferromagnets, but opposing moments are unequal, producing a net magnetic effect.**
- **Commonly used in ferrites.**
- **Examples: Magnetite (Fe_3O_4), ferrite ceramics.**
- **Applications: Antennas, inductors, radio frequency devices.**

4- Magnetic Field

- **Definition:**

A magnetic field is the region around a magnet or current-carrying conductor where magnetic forces can be detected.

- **Vector quantity, represented by $\vec{H}$\vec{H} or $\vec{B}$\vec{B} depending on the context.**
- **Direction is from the North pole to the South pole outside the magnet.**

- **Units:**

- **Magnetic Field Strength HH: A/m (amperes per meter)**
- **Magnetic Flux Density BB: Tesla (T) or Weber per square meter (Wb/m²)**

- **Generation of Magnetic Fields:**

- **By permanent magnets**
- **By electric currents (e.g. around a straight wire or a solenoid)**

Example 1 – Magnetic Field around a Current-Carrying Wire:

Use Ampère's Law to find the magnetic field at a distance r from a straight wire carrying current II:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Let $I = 5\,\text{A}, r = 0.1\,\text{m}$, and $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\,\text{H/m}$:

$$B = \frac{(4\pi \times 10^{-7}) \times 5}{2\pi \times 0.1} = 1 \times 10^{-5}\,\text{T}$$

- Magnetic Flux

- **Definition:**

Magnetic flux (Φ\Phi) is the total number of magnetic field lines passing through a given surface area.

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos(\theta)$$

- B: Magnetic flux density (T)
- A: Area vector (m^2)
- θ\theta: Angle between $\vec{B}$\vec{B} and the normal to the surface

- **Unit:**

- **Weber (Wb)** 1 Wb = 1 Tesla × 1 m^2

Example 2 – Magnetic Flux through a Surface:

Let $B = 0.2$ T, $A = 0.05\ m^2$, and angle $\theta = 0°$:

$$\Phi = 0.2 \cdot 0.05 \cdot \cos(0) = 0.01 \text{ Wb}$$

- Comparison Table

Property	Magnetic Field (H / B)	Magnetic Flux (Φ)
Definition	Force per unit magnetic pole/current	Total field lines through area
Unit	A/m (H) or T (B)	Weber (Wb)
Scalar/Vector	Vector	Scalar
Tool for Measurement	Tesla meter, Gauss meter	Flux meter

- Applications

- **Magnetic Field:**
  - **Motor design**
  - **Wireless charging**
  - **MRI (Magnetic Resonance Imaging)**
- **Magnetic Flux:**
  - **Faraday's Law (Induced EMF)**
  - **Transformer design**
  - **Flux linkage in inductors**

5- Magnetomotive Force (MMF)

What is MMF?

Magnetomotive Force (MMF) is the magnetic equivalent of electromotive force (EMF) in an electric circuit. It acts as the driving force that sets up magnetic flux in a magnetic circuit.

- **Symbol:** F or simply F.
- **Unit:** Ampere-Turns (**At**)
- **Formula:**

$$\text{MMF} = N \times I$$

Where:

- N: Number of coil turns
- I: Current through the coil in amperes

◆ **Analogy with Electric Circuits:**

Electrical Circuit	Magnetic Circuit
Voltage (V)	MMF (F)
Current (I)	Magnetic Flux (Φ)
Resistance (R)	Reluctance (ℜ)

$$F = \Phi \cdot R$$

Example 1: Basic Coil

Problem: A coil has 150 turns, and a current of 0.5 A flows through it. What is the MMF?

Solution:

$$F = N \cdot I = 150 \times 0.5 = 75 \text{ At}$$

Example 2: Motor Winding

Problem: An electric motor winding consists of 500 turns. If it carries a current of 2 A, find the MMF.

Solution:

$$F = 500 \times 2 = 1000 \text{ At}$$

Example 3: Variable Current

Problem: A solenoid has 300 turns. How much MMF will it produce when: a) Current = 1.5 A

b) Current = 0.2 A

Solution:

- a) $F = 300 \times 1.5 = 450 \text{ At}$
- b) $F = 300 \times 0.2 = 60 \text{ At}$

6- Magnetic Flux Density

Magnetic Flux Density (B) is a measure of the amount of magnetic flux (Φ\Phi) passing through a unit area placed perpendicular to the direction of the magnetic field.

- **Symbol: B**
- **Formula:**

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

Where:

- **B: Magnetic flux density in Tesla (T)**
- **Φ: Magnetic flux in Weber (Wb)**
- **A: Cross-sectional area in square meters (m^2)**

Note: 1 Tesla = 1 Weber per square meter (1 T = 1 Wb/m^2)

- Explanation

- **Magnetic flux density quantifies how concentrated the magnetic field is over a given surface.**
- **It is analogous to electric field strength in electrostatics.**
- **A higher flux density means a stronger magnetic field at that location.**

4. Example 1:

Problem: A magnetic flux of $0.05\,\mathrm{Wb}$ passes through a surface of $0.01\,\mathrm{m}^2$. What is the magnetic flux density?

Solution:

$$B = \frac{\Phi}{A} = \frac{0.05}{0.01} = 5\,\mathrm{T}$$

5. Example 2: Variable Angle

If the surface is tilted, the effective area is reduced by the cosine of the angle θ between the field and the normal:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos(\theta)$$

Problem: A $0.02\,\mathrm{m}^2$ coil is in a magnetic field of $0.3\,\mathrm{T}$ at 60°. Find the magnetic flux.

Solution:

$$\Phi = 0.3 \times 0.02 \times \cos(60^\circ) = 0.3 \times 0.02 \times 0.5 = 0.003\,\mathrm{Wb}$$

7- Factors Affecting Magnetic Flux

Magnetic flux (Φ\Phi) refers to the total magnetic field lines passing through a defined surface area.

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos(\theta)$$

Where:

- Φ: Magnetic flux (in Webers, Wb)
- B: Magnetic flux density (in Tesla)
- A: Area the field is passing through (in m^2)
- θ: Angle between magnetic field and normal to the surface

🔹 2. Factors Affecting Magnetic Flux

A. Magnetic Flux Density (B)

- The stronger the magnetic field, the greater the flux.
- Directly proportional relationship: ↑B → ↑Φ

B. Cross-Sectional Area (A)

- Flux increases with larger surface area.
- If the area is reduced, fewer field lines pass through.

C. Angle Between Field and Surface (θ\theta)

- Effective flux is reduced when the surface is not perpendicular.
- Maximum flux when θ=0∘\theta = 0^\circ, i.e., field is perpendicular.

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos(\theta)$$

D. Material Permeability (μ)

- Flux flows more easily through **high-permeability materials** (e.g., iron, soft steel).
- Air or vacuum has low permeability → higher reluctance.

E. Presence of Magnetic Saturation

- When a material reaches its **saturation point**, it cannot carry more magnetic flux despite increasing MMF.
- Beyond this, further increases in current do not significantly increase flux.

Worked Example

Problem: A magnetic field of $0.4\,\mathrm{T}$ is applied to a surface of $0.02\,\mathrm{m}^2$ at an angle of 60°. What is the magnetic flux?

Solution:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos(\theta) = 0.4 \cdot 0.02 \cdot \cos(60^\circ) = 0.4 \cdot 0.02 \cdot 0.5 = 0.004\,\mathrm{Wb}$$

8- Permeability

Permeability is a material property that indicates how easily a magnetic field can pass through it.

- **Symbol**: μ
- **Unit**: Henry per meter (**H/m**)
- It defines the ability of a substance to **conduct magnetic lines of force**, or magnetic flux.

Types:

- **Absolute Permeability**: $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$
- μ_0 is the permeability of free space = $4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{H/m}$
- μ_r is the **relative permeability** (dimensionless)

✅ A. Influences Magnetic Flux

- Higher permeability → more magnetic flux for the same magnetomotive force (MMF)

$$\Phi = \frac{F}{R} \quad \text{and} \quad R = \frac{l}{\mu A}$$

- Here, R is the **magnetic reluctance**, l is length, and A is cross-sectional area.

✅ B. Determines Core Efficiency

- Materials with high permeability (like silicon steel) reduce magnetic losses in **transformers**, **motors**, and **inductors**.

✅ C. Reduces Magnetic Reluctance

- Low-reluctance materials concentrate and guide magnetic flux with minimal resistance.

EX. When (μ_r) for aluminium equal(1.00002) find (μ) .

Solution : $\mu_r = \mu / \mu_o \quad \therefore \mu = \mu_r \mu_o$

$\therefore \mu = 4\pi x 10^{-7} x 250 = 3.14 x 10^{-4}$ H/m

9- Magnetic Reluctance

Magnetic Reluctance is the opposition that a material offers to the flow of magnetic flux —very similar in concept to **electrical resistance** in an electric circuit.

- **Symbol:** R
- **Unit:** Ampere-turns per Weber **(At/Wb)**
- It determines how "reluctant" a material is to carrying magnetic flux.

❖ Formula for Reluctance

$$R = \frac{l}{\mu A}$$

Where:

- l: length of the magnetic path (meters)
- A: cross-sectional area (m^2)
- μ: permeability of the material (H/m)

🧮 Example: Calculating Reluctance

Problem: A magnetic circuit has the following properties:

- Length $l = 0.25\,\mathrm{m}$
- Cross-sectional area $A = 2.5 \times 10^{-4}\,\mathrm{m}^2$
- Relative permeability $\mu_r = 800$

Find the magnetic reluctance R.

Solution:

1. Calculate the absolute permeability:

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r = (4\pi \times 10^{-7}) \cdot 800 \approx 1.005 \times 10^{-3}\,\mathrm{H/m}$$

2. Use the reluctance formula:

$$R = \frac{l}{\mu A} = \frac{0.25}{1.005 \times 10^{-3} \cdot 2.5 \times 10^{-4}} \approx 995\,522\,\mathrm{At/Wb}$$

10- Application of Kirchhoff's Laws

Kirchhoff's laws can be extended to magnetic circuits in the following ways:

- **Kirchhoff's MMF Law (Analogous to KVL)**

In any closed magnetic loop, the sum of **magnetomotive forces equals the sum of magnetic drops** (reluctance × flux):

$$\sum F = \sum (\Phi \cdot R)$$

- **Kirchhoff's Flux Law (Analogous to KCL)**

At any junction, the **total incoming magnetic flux equals the total outgoing flux:**

$$\sum \Phi_{\text{in}} = \sum \Phi_{\text{out}}$$

- Examples and Problem Solutions

Example 1: Single Loop Magnetic Circuit

Problem: A magnetic core has a mean path length of 0.3 m, cross-sectional area of $4 \times 10^{-4}\ \mathrm{m}^2$, relative permeability $\mu_r = 1200$, and a coil of 500 turns carrying 2 A. Find the magnetic flux.

Solution:

1. **Calculate MMF:**

$$F = N \cdot I = 500 \cdot 2 = 1000\ \mathrm{At}$$

2. **Permeability:**

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r = 4\pi \times 10^{-7} \cdot 1200 = 1.51 \times 10^{-3}\ \mathrm{H/m}$$

3. **Reluctance:**

$$R = \frac{l}{\mu A} = \frac{0.3}{1.51 \times 10^{-3} \cdot 4 \times 10^{-4}} \approx 497.7\ \mathrm{A/Wb}$$

4. **Flux:**

$$\Phi = \frac{F}{R} = \frac{1000}{497.7} \approx 2.01 \times 10^{-3}\ \mathrm{Wb}$$

⌙ Example 2: Magnetic Circuit with Parallel Branches

Problem: A magnetic circuit splits into two parallel paths. Flux divides equally, each path has a reluctance of 1500 A/Wb. The total flux is 3×10^{-3} Wb. Find the MMF required.

Solution:

1. **Flux per branch**:

$$\Phi_1 = \Phi_2 = \frac{3 \times 10^{-3}}{2} = 1.5 \times 10^{-3}\,\text{Wb}$$

2. **MMF for each branch**:

$$F = \Phi \cdot R = 1.5 \times 10^{-3} \cdot 1500 = 2.25\,\text{At}$$

Answer: Since the branches are in parallel, **only one MMF is needed**, so total required MMF = **2.25 At**

H.W.

- **Definitions a. Define magnetic field intensity HH and magnetic flux density BB. What are their SI units? b. Explain the physical difference between HH and BB.**

- **Magnetic Flux a. What is magnetic flux Φ\Phi? Give its formula and unit. b. A uniform magnetic field of 0.4 T passes through a circular loop of radius 5 cm at an angle of 30°. Calculate the flux through the loop.**

- **Magnetomotive Force (MMF) a. Define magnetomotive force. What is its analogy in electrical circuits? b. A coil of 250 turns carries 1.2 A. Calculate its MMF.**

The 11th week / Coil and conductance inductance

❖ Overview

A /Target population:-

For students of First year -Technological Institute of Basra-Department of Electrical Techniques.

B / Rationale:-

It is very important to study the Coil and conductance inductance.

C / Central Idea:-

- **Definition Coil and conductance inductance.**
- **To learn Self inductance.**

D/Performance Objectives:

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

❖ Pretest

Compare ohms law with magnetic flux

solution

$$I=V/R\ (\Omega)$$

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

1- Self-Induction of a Coil

Self-induction is the phenomenon where a changing current in a coil induces an electromotive force (EMF) in the same coil due to its own magnetic field.

- **This EMF opposes the change in current (according to Lenz's Law).**

◆ Self-Inductance (L)

Self-inductance is the property of a coil that quantifies its ability to oppose changes in current flowing through it.

- **Unit: Henry (H)**
- **Formula: $$ L = \frac{N \cdot \Phi}{I} $$ where:**
  - **LL = self-inductance**
  - **NN = number of turns**
  - **Φ\Phi = magnetic flux through each turn**
  - **II = current**
- **Induced EMF (Faraday's Law): $$ \varepsilon = -L \cdot \frac{dI}{dt} $$**

Example

A coil of 100 turns has a magnetic flux of 0.02 Wb when a current of 2 A flows through it. What is the self-inductance?

Solution:

$$L = \frac{N \cdot \Phi}{I} = \frac{100 \cdot 0.02}{2} = 1\,\text{H}$$

2-Mutual Inductance Between Two Coils

Mutual inductance is the phenomenon where a changing current in one coil induces an EMF in a second nearby coil due to the shared magnetic field.

- **Mutual Inductance (M)**

  - **Formula: $$ M = \frac{N_2 \cdot \Phi_{21}}{I_1} $$ where:**
    - **N2N_2 = number of turns in second coil**
    - **Φ21\Phi_{21} = magnetic flux through coil 2 due to coil 1**
    - **I1I_1 = current in coil 1**
  - **Induced EMF in coil 2: $$ \varepsilon_2 = -M \cdot \frac{dI_1}{dt} $$**

Example

Two coils have a mutual inductance of 0.5 H. If the current in coil 1 changes at a rate of 4 A/s, what is the induced EMF in coil 2?

Solution:

$$\varepsilon_2 = -M \cdot \frac{dI_1}{dt} = -0.5 \cdot 4 = -2\,\text{V}$$

3-Coil Connections and Mutual Inductance

Let's explore how mutual inductance behaves based on different coil connections:

Type of Connection	Equivalent Inductance (Leq)	Formula
Series - Aiding	Inductances support each other	$L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M$
Series - Opposing	Inductances oppose each other	$L_{eq} = L_1 + L_2 - 2M$
Parallel - Aiding	Supportive mutual effect	$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{2M}{L_1 L_2}$
Parallel - Opposing	Opposing mutual effect	$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} - \frac{2M}{L_1 L_2}$

🧠 **Example:**

Let's assume:

- $L_1 = 3\,H$, $L_2 = 2\,H$, and $M = 0.5\,H$

Aiding connection:

$$L_{eq} = 3 + 2 + 2(0.5) = 6\,H$$

Opposing connection:

$$L_{eq} = 3 + 2 - 2(0.5) = 4\,H$$

🧠 **Example:**

Assume:

- $L_1 = 4\,H, L_2 = 6\,H, M = 1\,H$

Aiding:

$$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{2(1)}{4 \cdot 6} = \frac{5}{12} + \frac{1}{12} = \frac{6}{12} \Rightarrow L_{eq} = 2\,H$$

Opposing:

$$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} - \frac{2(1)}{24} = \frac{5}{12} - \frac{1}{12} = \frac{4}{12} \Rightarrow L_{eq} = 3\,H$$

❖ Posttest

Two 500μH coils have a mutual inductance of 200 μH .
Determine: the total inductance Of the two coils

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

Ans.

(a) 1.4μH
(b) 600μH

The 12th week / Growth and decay of current in inductive circuit

❖ Overview

A /Target population:-

For students of First year -Technological Institute of Basra-Department of Electrical Techniques.

B / Rationale:-

It is very important to study Growth and decay of current in inductive circuit .

C / Central Idea:-

- **Definition Growth and decay of current in inductive circuit**

D/Performance Objectives:

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 .

❖ Pretest

Write the laws which used to find :

1): energy stored in the coil

2)inductive reactance 3) Capacitive reactance

Solution

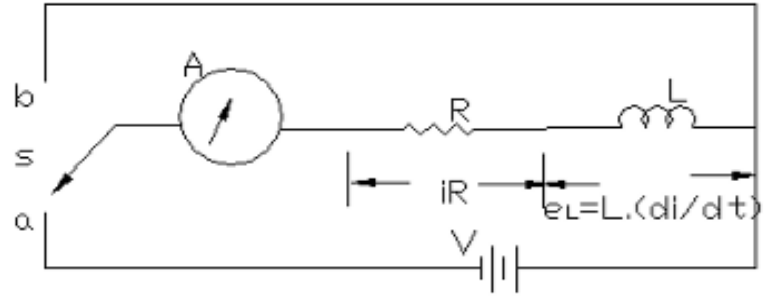
1) $e=w=1/2.L\ .I_m^2$ Jule

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

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

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 dos 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 Ldi/dt

$V=i.R+L\ .di/dt$ .... (1) OR $(V- i.R) =L.di/dt$

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

Multiplying both sides by (-R) , we get $(-R).\{di/(v-i.R)\}$

$= - (R/L).dt$ integrating both sides, we get:

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

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

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

$\log_e^{(v-i.R)/v} = -(R/L).t = t/\lambda$ where $L/R=\lambda$ .... 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

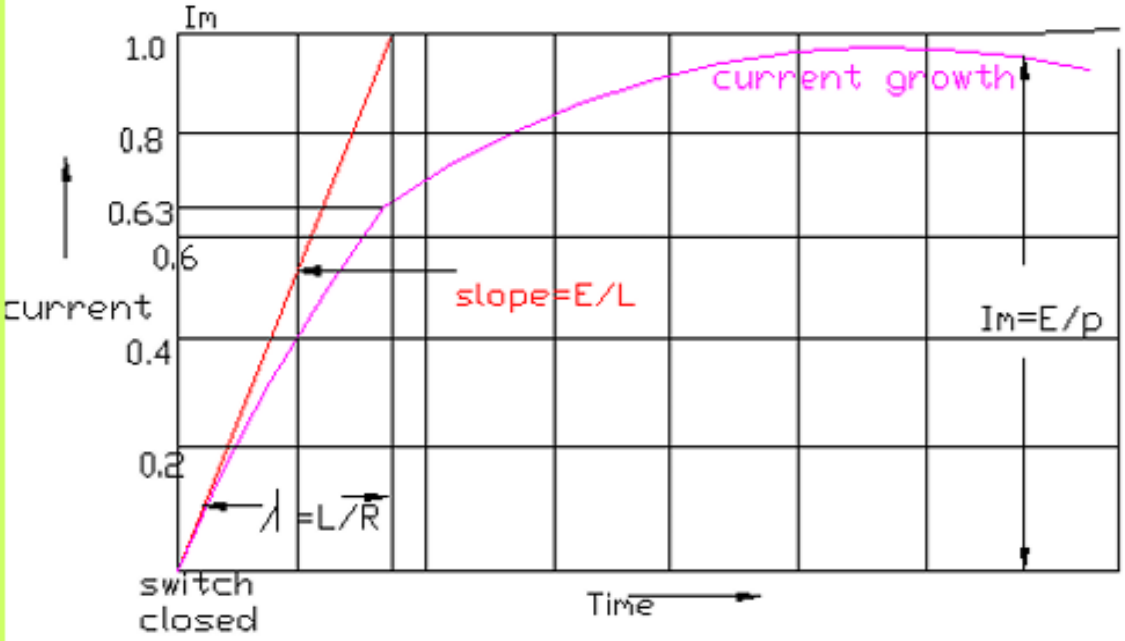
$$\therefore\ i= I_m\ (1- e^{-t/\lambda})...(2)$$

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=α , 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

:. $V=0\times R+L.(di/dt)$ OR $di/dt=v/L$

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 .

Time taken= Im/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

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

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)

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

Integrating both sides , we have :

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

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

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

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

$\therefore i/I_m = e^{-t/\lambda}$

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

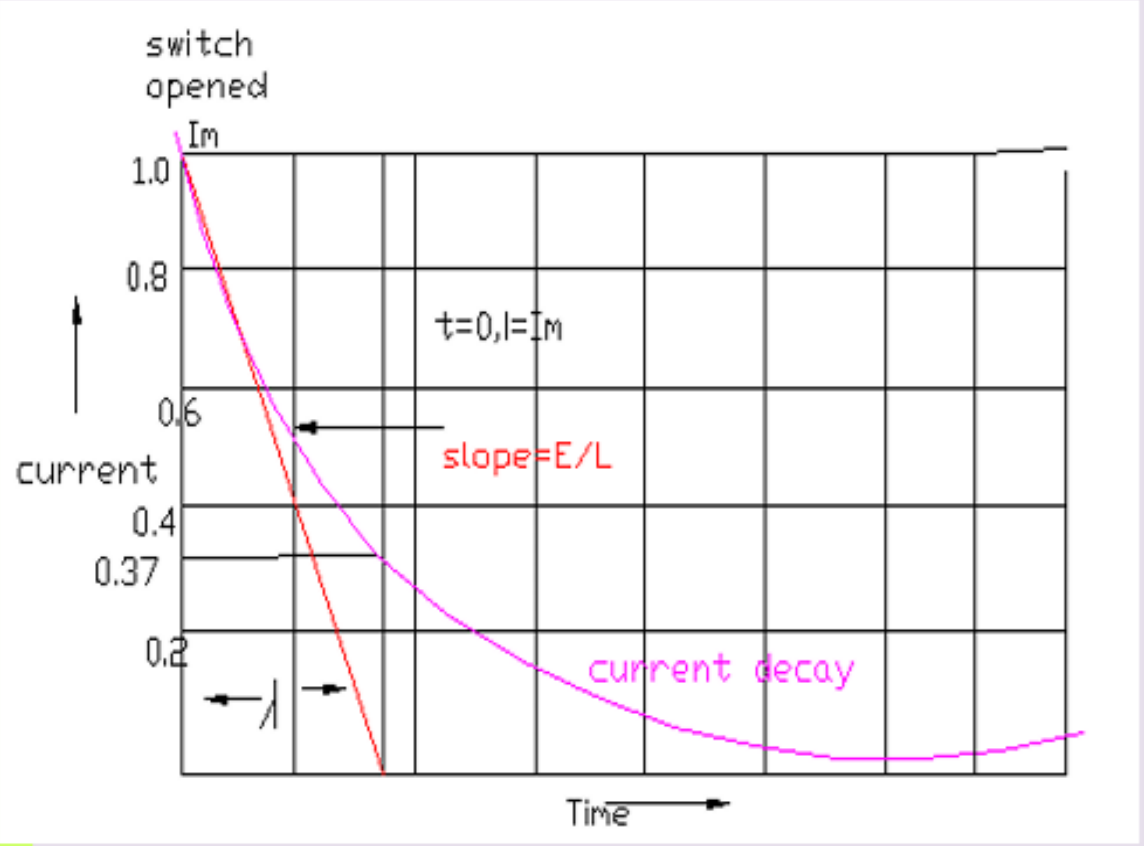
It is a decaying exponential function and is plotted in fig. It can be shown again that theoretically current should take infinite time to reach zero value although practice it dose so a relatively short time.

Again putting t=λ in Eq. (4) we get

i= Im/e= Im/2.178= 0.37Im

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 :

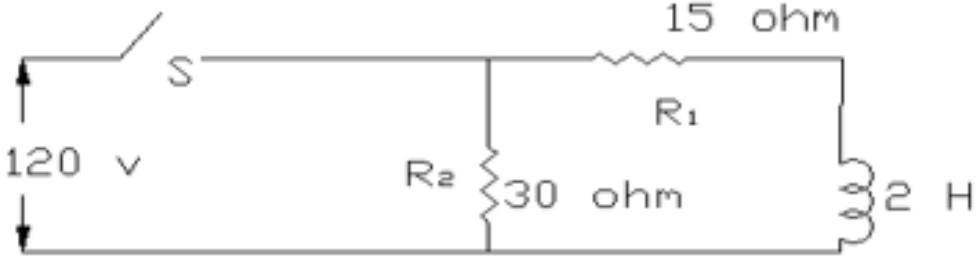
1) The current taken from the d.c supply at the instant of closing the switch .

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 a long 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, there is 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/R1=120/15=8A , Current through R2=120/30=4A supply current = 8+4=12A

4) Maximum energy stored in the inductor arm = ½ (L.I2)= ½ (2x82)=64 Joule

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

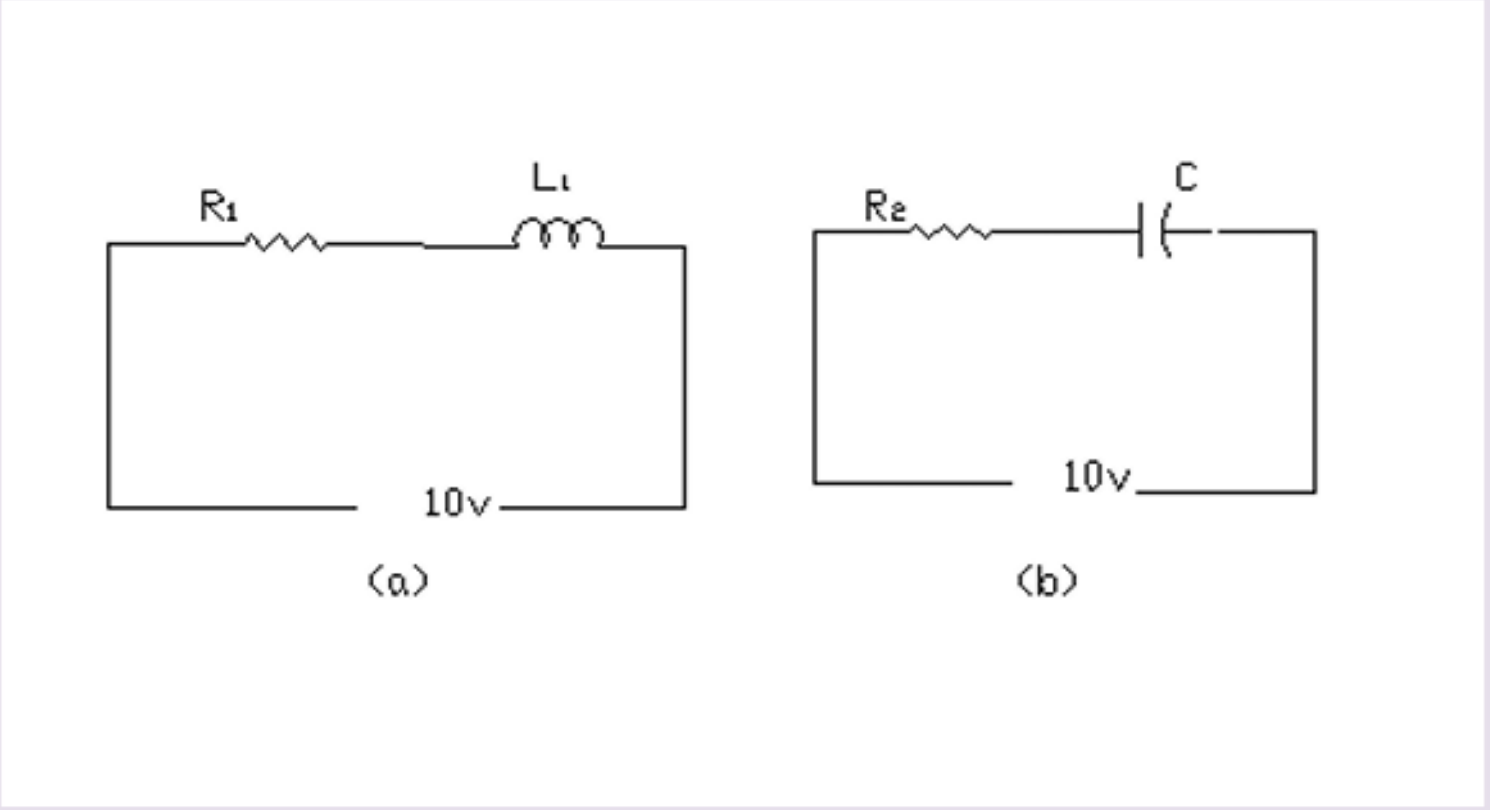
because of high self- inductance of the inductor .

Hence , inductance current remains at (8A).

But the current through R2 can be changed immediately. After the switch is opened , the current inductor path lies through R1 and R2 . Hence e.m.f. Induced in the inductor at the instant of switching off is = 8x (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)is2000times the initial current of cct. (b) Find R1,L1 and C .



Solution:

The time constant of cct. (a) is

$\lambda = L1/R1$ second and that of cct. (b)

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

:. $Cx2x10^{6} = 0.005$:. $C = 0.0025x10^{-6}$

:. $C = 0.0025\ \mu F$

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

Initial current of cct (b) $= V/R2 = 10/2x10^{6}$

$= 5x10^{-6}$ A Now : $10/R1 = 2000x5x10^{-6}$

:. $R1 = 1000\ \Omega$

Also : $L1/R1 = 0.005$:. $L1 = 1000x0.005 = 5H$

Charging of a capacitor

The fig. shows 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 churched , but when it is connected to (b) , (C)is short circuited through (R) and is thus discharged .

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

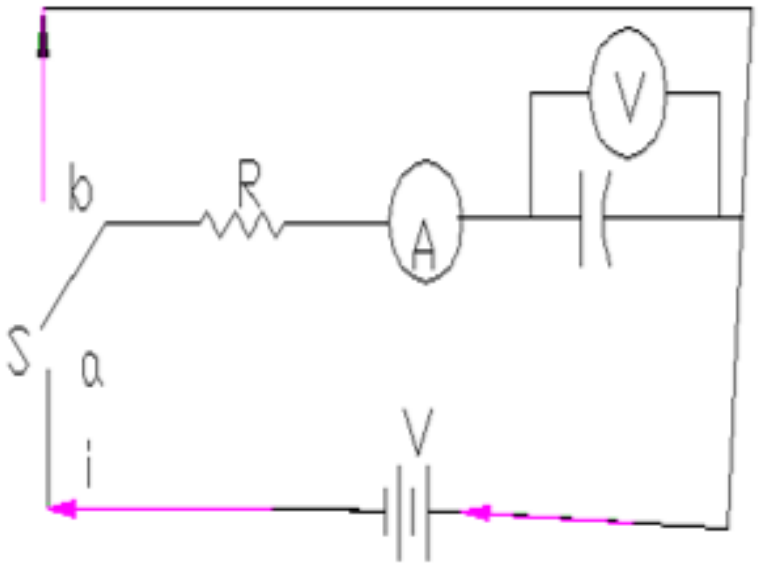


Fig -2 -

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) :. V= v+ C.R (dv/dt) ...(4-b).

:. - (dv/V-v)= - (dt/C.R) ,

Integrating both sides, we get :

$\int (-dv/V-v)=-(1/C.R)\int dt$, $\log_e{}^{(V-v)}=-(1/C.R) +K$ .....(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

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

loge $(V-v)/V= -(t/C.R)= - t/\lambda$ where $\lambda=C.R$=time constant

:. $(V-v)/V=e^{-t/\lambda}$

:. $V=V(1- e^{-t/\lambda})$.....(6)

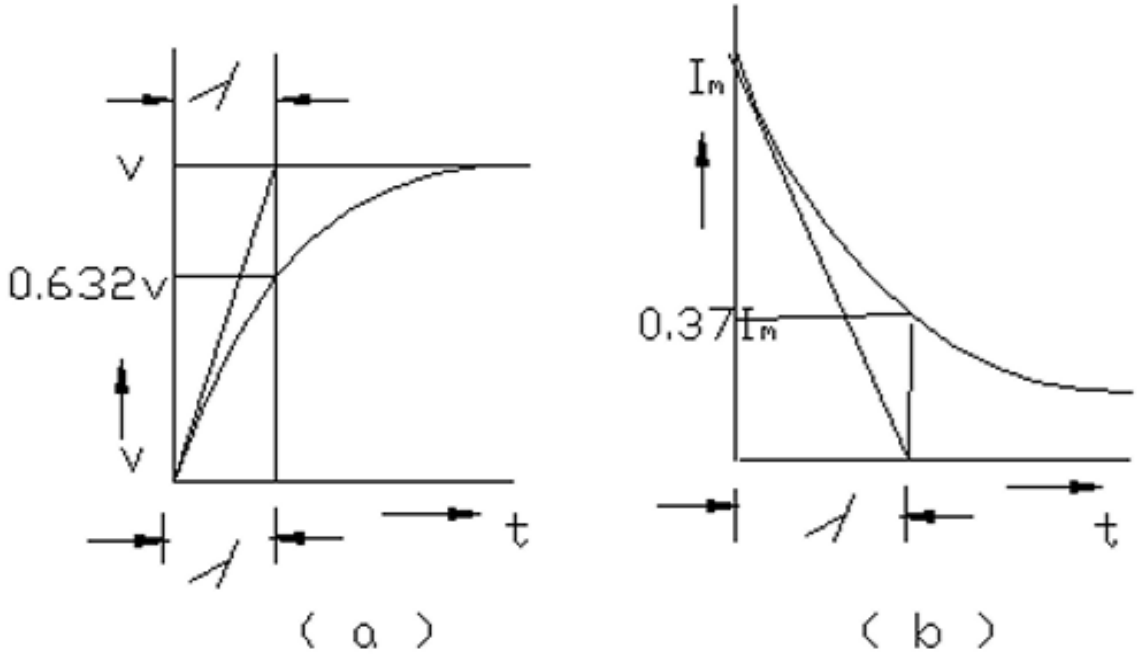
This gives variation with time of voltage across the Capacitor plates and is shown in fig. (a)

Now v= q/c and V=Q/C

Eq. ..(6) becomes

$q/c=(Q/C)(1-e^{-t/\lambda})$:. $q=Q(1 – e^{-t/\lambda})$ ....(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 $dq/dt = i = Q\{d/dt(1-e^{-t/\lambda}) = Q\{+(1/\lambda).e^{-t/\lambda})\} = (Q/\lambda)e^{-t/\lambda} = (C.V/C.R)e^{-t/\lambda}$ But

$Q = C.V$ and $\lambda = C.R$ $\therefore i = (V/R).e^{-t/\lambda}$ OR $i = I_m e^{-t/\lambda}$ .....(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.

Example

A capacitor of (3μf) 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 $\lambda=C.R=3x10^{-6}x10^{6}=3$ 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 $(t/3)\log_{10}{}^{2.718}=2$

:.t= 13,8 second

Post test

H.W.

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 : $= V/R = 100/10 = 10A$

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

The 13th week / Measuring devices

❖ Overview

A /Target population:-

For students of First year -Technological Institute of Basra-Department of Electrical Techniques.

B / Rationale:-

- **It is very important to study Electrical measuring devices.**
- **Also, to study What is physical effects of at all electrical measuring devices.**

C / Central Idea:-

- **Definition Electrical measuring devices.**
- **To learn Classify secondary instruments divide.**

D/Performance Objectives:

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

❖ Pretest

What are physical effects of at all electrical measuring devices ?

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

(B)Recording instrument

(C) Integrating instruments

(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 instrument 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.

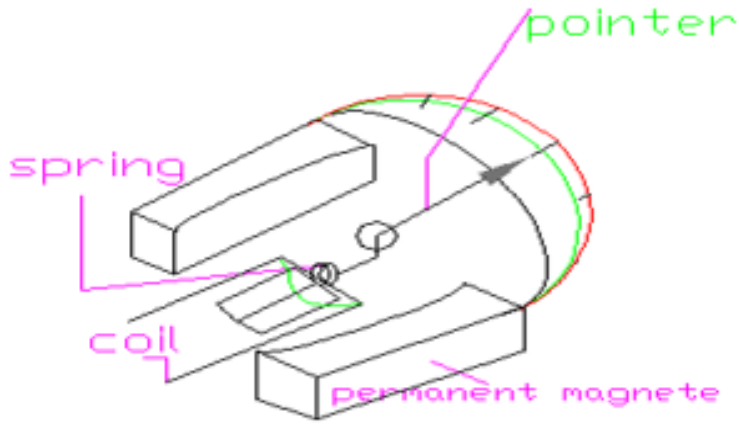
The path traced out by the pen presents a continuous record of the variations in the deflection of the instruments

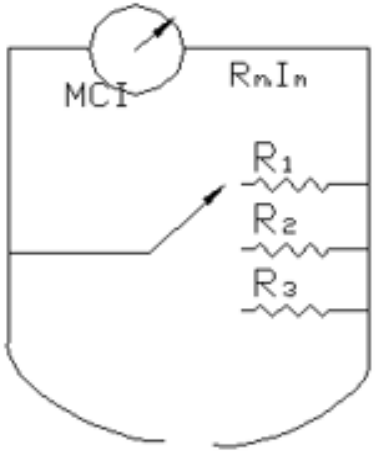
(C) Integrating instruments are those which measure and register by a set of dials and pointers either the total quantity of electricity(in amp-hours) or the total amount of electrical energy(in watt-hours or kwh) supplied to a circuit in a given time. Their summation gives the product of time and the electrical quantity but gives no direct indication as to the rat 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-houre meters fall in this class.

Moving coil instruments (M.C.I.)

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

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





Anmeter with moving scale

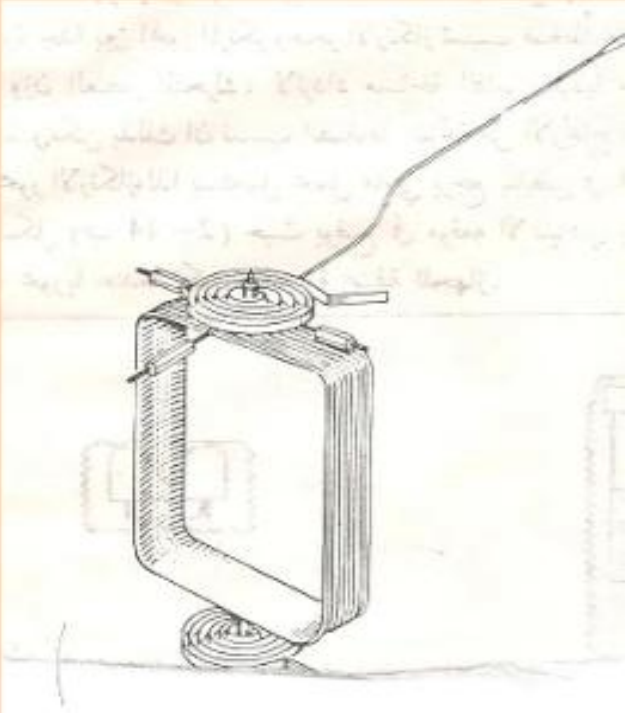
Ammeter moving coil instrument Can be used as ammeter as shown in figure where the resistor are connected in parallel with (MCI).

تركيب ألجهاز

يتكون ألجهاز 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 (٧) على وضع تصفير ألجهاز ويربط في النهاية الثابتة لنابض السيطرة الأمامي , ويربط المحور اللامتمركز الذي يثبت على غطاء الجهاز في الذراع (٧) لضبط الموضع الصفري للمؤشر من خارج الغطاء.
يجهز النابضان الموصلان المصنوعان من سبيكة الفسفور-البرونز – المتساويان في المتانة عادة , القوة المعايرة التي تعاكس عزم الملف المتحرك ويكون ثابت أداء النابض ضروريا للحفاظ على دقة جهاز القياس , تتم السيطرة على سمك النابض بدقة تجنب التشوه الدائم لنوابض السيطرة التي يسري من خلالها التيار من والى الملف .

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

, معتمدا بذلك على وزن التركيبة والاهتزاز الذي يتعرض له الجهاز .يكون نصف قطر الحفرة في الماس اكبر بقليل من نصف قطر محور الارتكاز لكي تكون مساحة التلامس ,وبمساحة مقطع من عدة بشكل دائري مايكرونات فقط.



يتصف الماس بأنه يكون اقل احتكاكا من أي نوع أخر 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 النابض 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 واطئ 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,اصبح من الممكن تصميم نظام مغناطيسي يعمل فيه المغناطيس ذاته كقلب .تمتلك هذه المغانط 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 .

قُد 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 :

$F=\beta LIW$ Newton

B: كثافة الفيض المغناطيسي في الفجوة الهوائية (ويبر /متر مربع)

I: التيار المار بالملف (أمبير) , L: الطول الفعال للموصل (متر)

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

ثابت الجهاز $k1=N\beta LW$

$T_c=Ks.\theta$

Tc: عزم السيطرة للنابض

Ks ثابت النابض

W: عرض الملف

N: عدد لفات الملف

$:.T_d=N\beta\ L\ I\ W$

$=K_1.I$

عند ألانحراف ألمستقر , يتساوى عزم ألانحراف مع عزم ألسيطرة أي أن :-

$T_d=T_c \quad :.\ K_1.I=Ks.\theta \quad :.\ \theta=(K_1/Ks).I \quad :.\ \theta\ \alpha\ I$

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

مميزات جهاز ألملف 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 ألدوامي 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 .

ألأخطاء في أجهزة الملف المتحرك ذات المغناطيس الدائم

1) : ألأخطاء التي يسببها الاحتكاك . 2) ألأخطاء ألتي تحدث نتيجة تغيير درجات ألحرارة
3) ألأخطاء ألتي يسببها المجال المغناطيسي الشارد . 5) أخطاء ألتأثيرات ألكهروحرارية

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 (1A,5A,10A).

Solution:

$V_m=R_m.I_m = 5x5=25mv$

$I=I1+I_m$:. $I1=I-I_m=1000-5$

:.I1=995mA

$R1=V_m/I1$

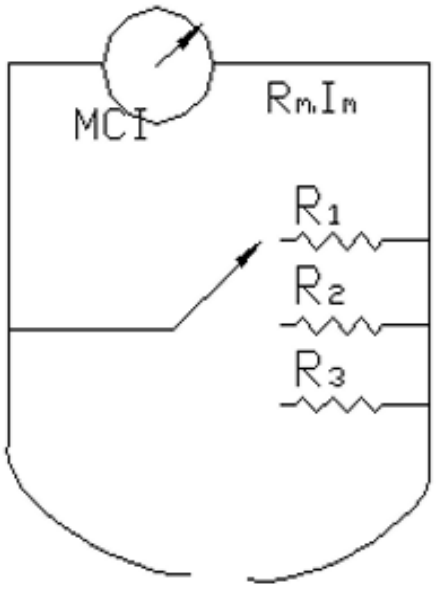
:.R1=25/995=0.025Ω

$I2=I-I_m=5000-5=4995mA$

$R2=V_m/I2=25/4995=0.005Ω$

$I3=I-I_m=10000-5=9995mA$

$R3=v_m/I3=25/9995=0.002Ω$



Ammeter with moving scale

Voltmeter Instrument

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

Example(2) :

Moving coil instrument has a coil resistance

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

Solution :

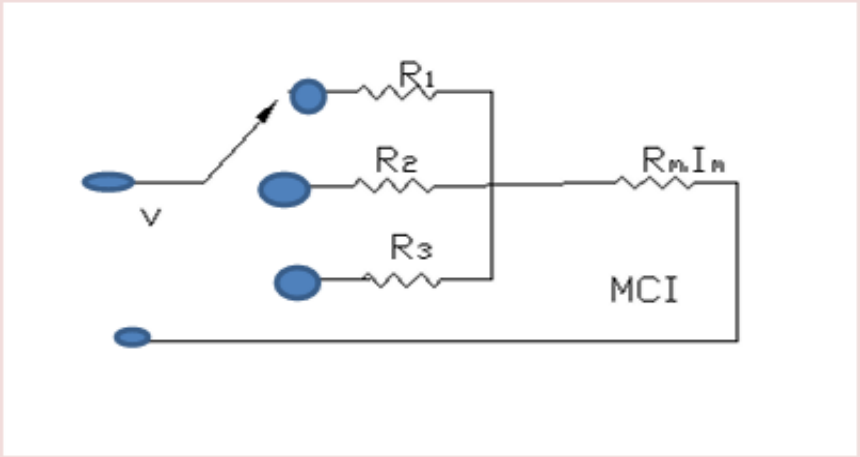
$V_m=R_m.I_m=5x5=25mv$

$V=v_1+v_m:.V_1=v-V_m=5000-25=4975mv$

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

$V_2=V-V_m=10000-25=9975mv$

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

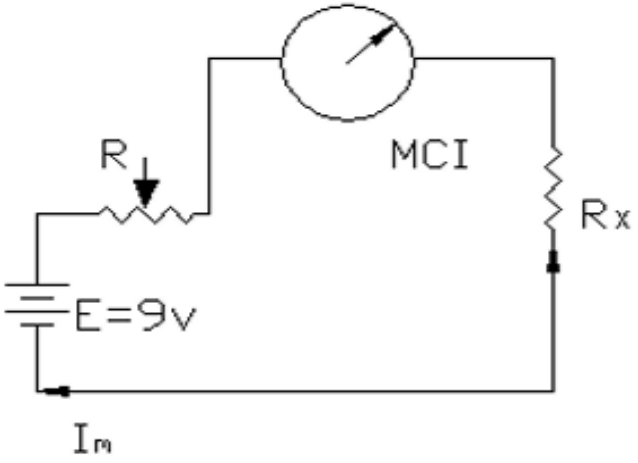


Ohmmeter instrument

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

Ex.(3):

MCI has (Rm=5Ω) and (Im=ImA) need
To be used as OHMMETER to (100kΩ) as shown.



Solution :

For Maximum deflection:

(1) I_m=1mA

R_x=0 , I_m=E/R+R_m :. 1x1000=9/R+5 :.R=8995Ω

(2) For ½ deflection: I_m= 0.5A = E/R+R_m+R_x

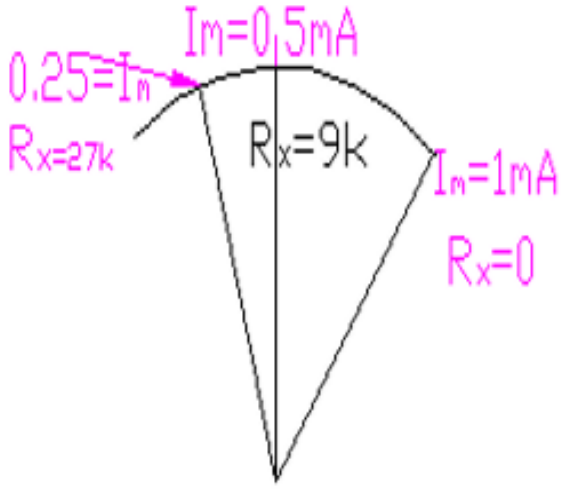
:. 0.5x1000=9/(8995+5+R_x) :.R_x=9000Ω=9kΩ

(3): for ¼ deflection :

I_m=0.25mA=E/R+R_m+R_x

:.0.25x1000=9/8995+5+R_x

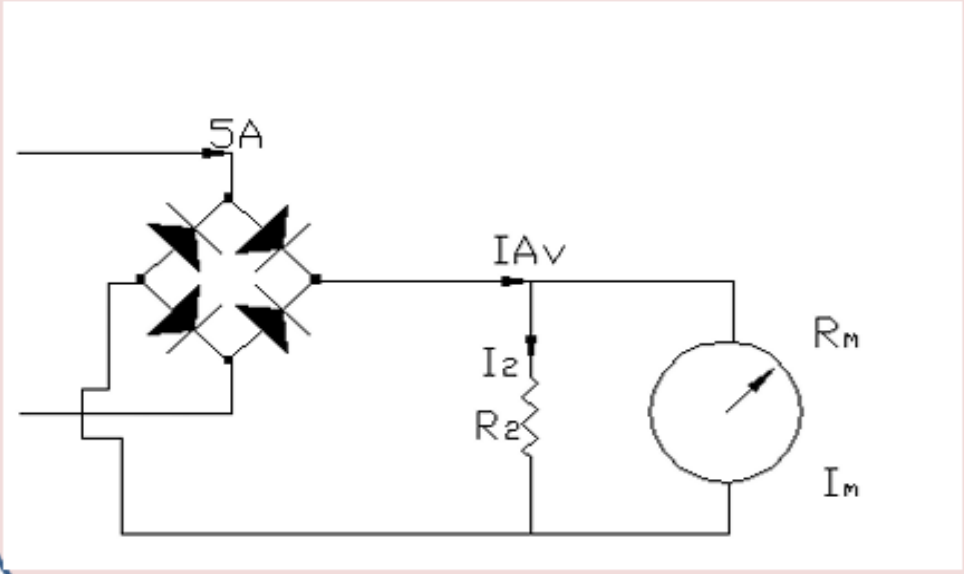
:.R_x=27000 :.R_x=27kΩ

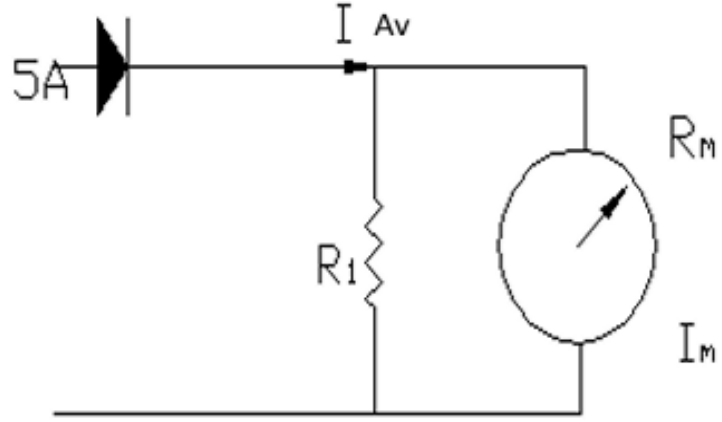


A.C Measuring instrument

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 ($I_m=1mA$) 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) $I_{Av}=0.636x5=3.19A$, $V_m=I_mxR_m=1x5=5mv$

$I_{Av}=I_1+I_m$:. $I_1=I_{av}-I_m=3190-1=3189mA$

$R_1=V_m/I1=5/3189=0.0015\Omega$

(2) For f.w.R $I_{Av}=0.9x5=4.5A$

$I_2=I_{Av}-I_m=4500-1=449mA$

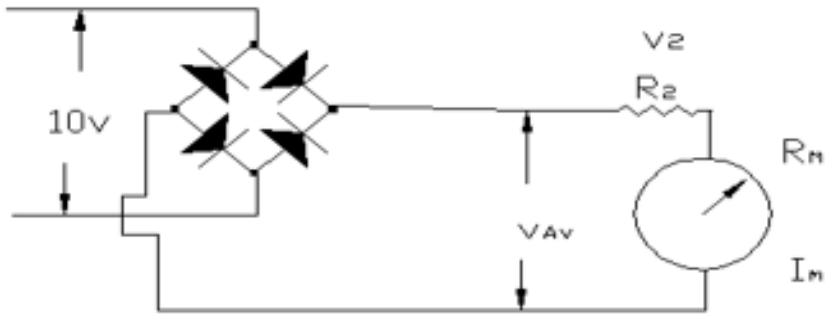
$R_2=V_m/I_m=5/4499=00.0011\Omega$

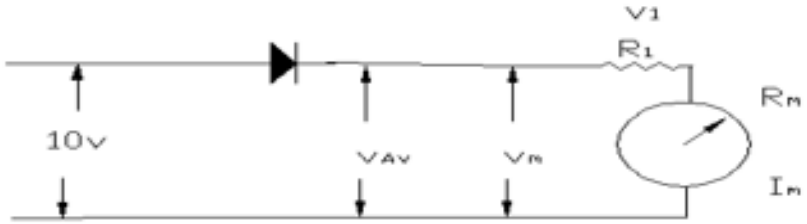
Measurement of A.C voltage by MCI **((A.C Voltmeter))**

For M.C.I to be used to measure A.C voltage A.C voltage converted to D.C voltage this done 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 (Rm=10Ω), and (Im=5mA)





Solution :

(1) For H.w.R

V_{AV}= 0.636x10=6.36 v=$I_m.R_m$=5x10=50mv

$V_1=v_{Av}-V_m$=6360-50=6310mv

$R_1=V_1/I_m$=6310/5=1262Ω

(2) For f.w.R

V_{Av}=0.9x10=9 v

$V_2=V_{Av}-V_m$=9000-50=8950mv

$R_2=V_2/I_m$=8950/5=1790Ω

Post test

Ex.(6)

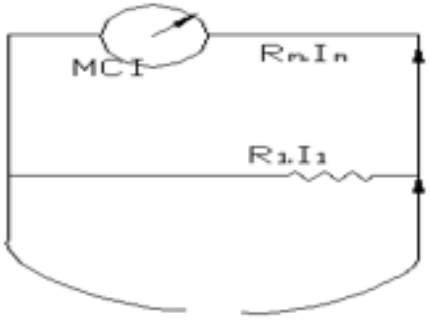
MCI has $R_m=10\Omega$ and $I_m=1mA$. Find the Range of current we have if a resistance (0.005Ω) is connected in parallel with the coil.

Solution:

$V_m=I_m.R_m$:. $V_m=1x10=10mv$

$I_1=V_m/R=10mv/0.005=2000mA$

:. $I=I_1+I_m=2000+1=2001mA$



Ammeter with moving scale

The 14th week / The measuring device with an iron core

❖ Overview

A /Target population:-

For students of First year -Technological Institute of Basra-Department of Electrical Techniques.

B / Rationale:-

It is very important to study the measuring device with an iron core.

C / Central Idea:-

- **Definition Iron core measure meant**

.• To learn the measuring device with an iron core.

D/Performance Objectives:

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 .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 .

❖ Pretest

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.**

Iron-Core Measuring Devices: Structure, Operation, and Applications

Introduction

Iron-core measuring devices are instrumental in the field of electrical engineering and industrial automation. These devices operate based on the principles of **electromagnetic induction** and are primarily used to measure electrical current, magnetic fields, or material properties.

Examples include:

- Current Transformers (CTs)
- Inductive sensors
- Magnetic flux meters

Structure of the Device

A typical iron-core measuring device includes the following components:

- **Iron Core**:
  - Made of soft iron, laminated to reduce eddy current losses.
  - Provides a low reluctance path for magnetic flux.
- **Primary Coil**:
  - Carries the current to be measured or creates the magnetic field.
  - Often a single turn (e.g., a conductor passing through the core in CTs).
- **Secondary Coil**:
  - Wound around the core to detect changes in magnetic flux.
  - Converts magnetic variation into a measurable voltage or current.
- **Encapsulation**:
  - The coils and core are typically housed in insulating material for protection and durability.

Working Principle

- The device uses **Faraday's Law of Electromagnetic Induction**.
- When an alternating current flows through the primary coil, it produces a time-varying magnetic field.
- This field is concentrated by the **iron core**, which directs it through the secondary coil.
- A voltage is induced in the secondary coil, proportional to the rate of change of magnetic flux.
- This induced voltage or current can then be measured and interpreted.

📐 Measurement Use Cases

These devices are used in:

- **Electrical Current Measurement**:
  - Current transformers monitor high currents in power systems by converting them to manageable levels.
- **Material Testing**:
  - Iron-core sensors detect ferromagnetic materials or flaws in metallic structures.
- **Control Systems**:
  - Used in automation to detect position, proximity, or movement.

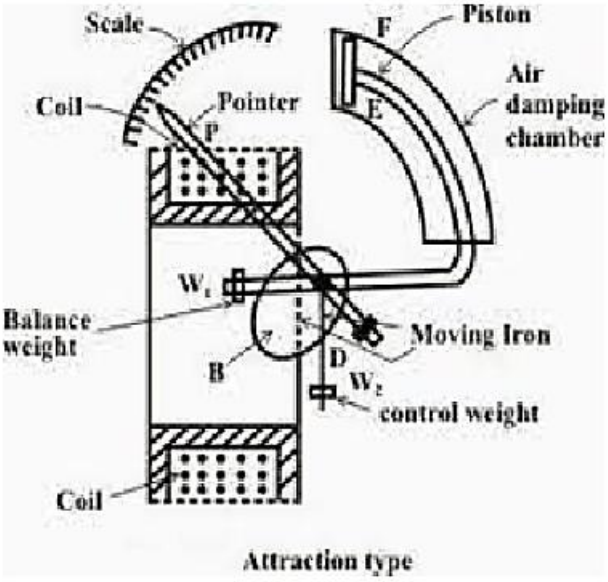
☑️ Advantages

- **High Sensitivity**: Amplifies weak magnetic fields.
- **Robust Construction**: Durable and suitable for industrial environments.
- **Accurate Readings**: Especially for sinusoidal current waveforms.
- **Non-Intrusive**: Minimal impact on the primary circuit in transformer-type devices.

⚠️ Disadvantages

- **Core Saturation**: Limits dynamic range when magnetic flux exceeds saturation point.
- **Eddy Current Losses**: Particularly at high frequencies if not properly laminated.
- **Temperature Sensitivity**: Iron properties can vary with temperature.
- **Size and Weight**: Bulkier than air-core alternatives.

🖼️ Device Diagram (Described)



Moving Iron Instrument

The 15th week/ Wattmeter device and oscilloscope

❖ Overview

A /Target population:-

For students of First year -Technological Institute of Basra-Department of Electrical Techniques.

B / Rationale:-

It is very important to study Wattmeter and oscilloscope.

.

C / Central Idea:-

- **Mention the advantages of measuring moving iron instruments**
- **To learn Wattmeter and oscilloscope.**

D/Performance Objectives:

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.

❖ Pretest

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 ألداينموميتر الكهربائي ومبدأ عمله

يبين الشكل الأتي الرسم التخطيطي للأجزاء الرئيسية لجهاز الداينموميتر , فبينما كان جهاز الملف المتحرك ذو المغناطيس الدائم , يستعمل المغناطيس الدائم لتجهيز المجال ألمغناطيسي ألذي يدور فيه ألملف ألمتحرك . يستعمل ألداينموميتر ألكهربائي ألتيار ألمراد قياسه لإنتاج ألفيض ألمغناطيسي اللازم للمجال .

يجهز ملف الفيض المقسم إلى نصفين متساويين ألمجال ألمغناطيسي الذي يدور فيه الملف ألمتحرك .

يوصل نصفي الملف على ألتوالي مع الملف المتحرك وتتم تغذيتهم جميعا بوساطة التيار المراد قياسه . توضع الملفات الثابتة متباعدة عن بعضها لتسمح بمرور محور الدوران فيما بينها , ويحمل ألملف ألمتحرك ألمؤشر ألذي تتم موازنته بوساطة أثقال ألموازنة , ويسطر على دورانه بوساطة ألنوابض كما في المتحرك ذو المغناطيس ألدائم , تغلف هذه ألمجموعه بغلاف رقائقي لحماية ألجهاز من ألمجالات ألمغناطيسية الشاردة التي يمكن أن تؤثر على عمله ويجهز ألتضاؤل بوساطة ريش رقيقة من ألألمنيوم تتحرك داخل حجيرات هوائية مغلقة , ويكون ألجهاز

بأكمله مبنيا بقوة وصلادة بحيث يتم ألحفاظ على ألأبعاد ألميكانيكية بصورة مستقرة وتكون معايرتها مصانة .

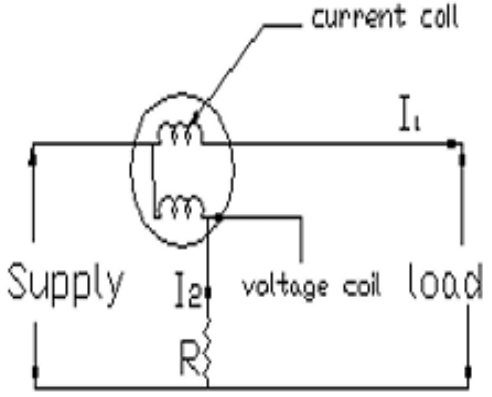
$T=\beta.A.I.N$

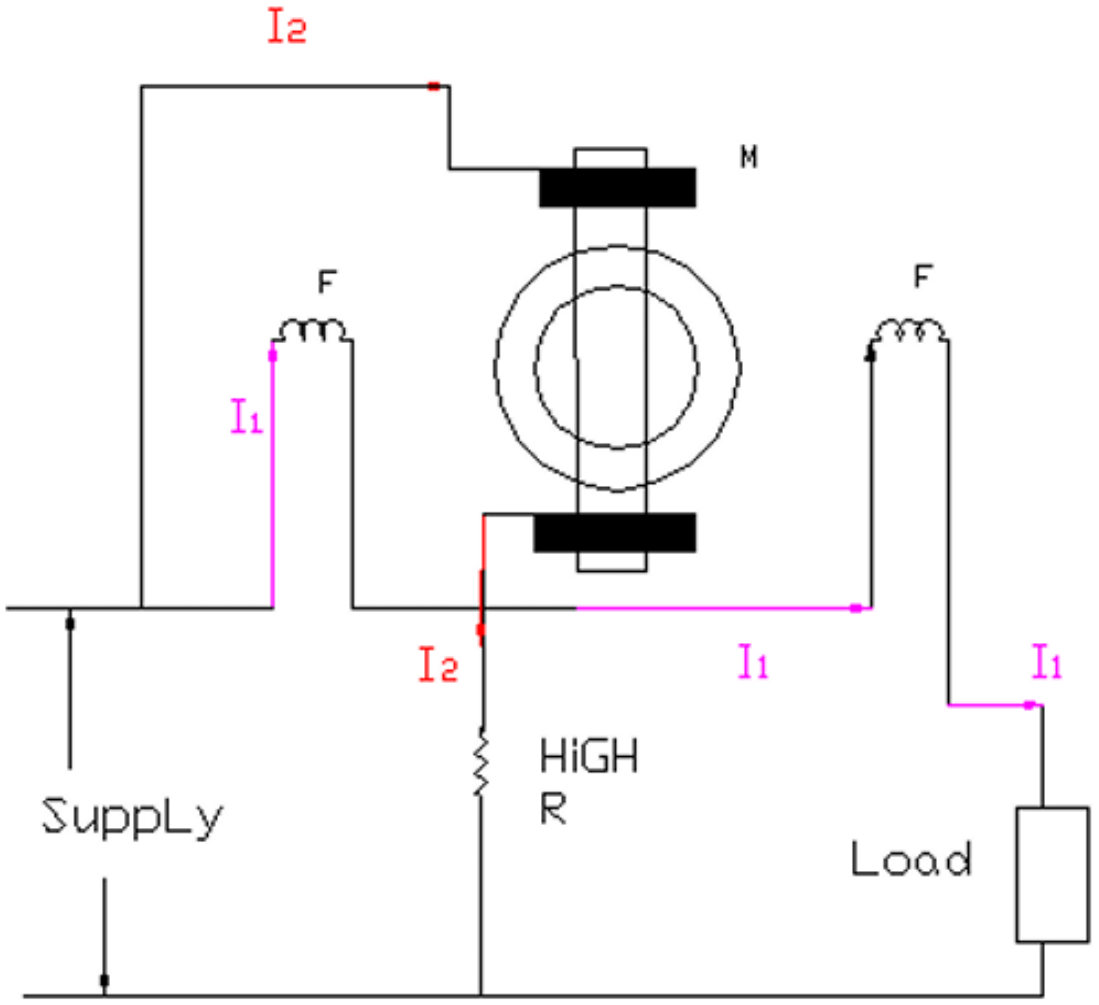
لتوضيح عمل الجهاز يجب معرفة إن العزم الناتج من تعليق ملف في مجال مغناطيسي يساوي :

يتبين من ألمعادلة بان ألعزم ألذي يحرف ألملف ألمتحرك يتناسب طرديا مع ثوابت ألملف (N, A) وكثافة المجال ألمغناطيسي (β) ألذي يتحرك خلاله ألملف والتيار خلال الملف . تعتمد كثافة الفيض المغناطيسي في الداينموميتر الكهربائي على قيمة ألتيار ألمار خلال ألملف ألثابت 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 ألداينموميتر الكهربائي

صيغة أخرى لتمثيل مقياس القدرة الكهروحركي النوع





إذا اقتصر تصميم الداينموميتر الكهربائي لاستعماله في قياسات التيار المستمر فقط . فيمكن ملاحظة ومعرفة قانون تدريجه ألتربيعي بسهولة من تزاحم 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 ألمؤشر 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 الداينمو ميتر الكهربائي عادة بدلالة الجذر ألتربيعي لمعدل مربع التيار وبدوره يقرا المقياس قيمة الجذر ألتربيعي للمعدل أو القيمة الفعالة للتيار المتناوب . تصبح الخواص التحويلية للداينمو ميتر الكهربائي عند مقارنة القيمة الفعالة للتيار المتناوب والتيار المستمر بدلالة تأثير التسخين أو تحويل القدرة لكل منهما .

يمتلك التيار المتناوب الذي ينتج حرارة في مقاومةامعينة بنفس معدل التيار المستمر (I) أمبير نفس القيمة (i) . يكون معدل متوسط إنتاج الحرارة بوساطة التيار المستمر (I)أمبير خلال المقاومة (R) أوم ل($I^2.R$) واط .

أما معدل متوسط إنتاج الحرارة بوساطة التيار المتناوب (I) أمبير خلال دورة واحدة في نفس المقاومة (R) فيساوي :-

$$1/T\int_0^T i^2 .R .dt$$

$$\therefore I=\sqrt{1/T\int_0^T i^2\,dt}$$

ويسمى القيمة المكافئة للتيار المستمر

لذلك ومن الشرح أعلاه فان $I^2.R=1/T\int_0^T i^2 .R .dt$

وبهذا يمكن تحويل القيمة المعمولة للتيار المستمر إلى القيمة التي تناضرها للتيار المتناوب ونتمكن من انجاز عملية الربط المباشر بين التيار المستمر والتيار المتناوب ويصبح الداينموميتر الكهربائي مفيدا جدا كجهازمعايرة 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 .

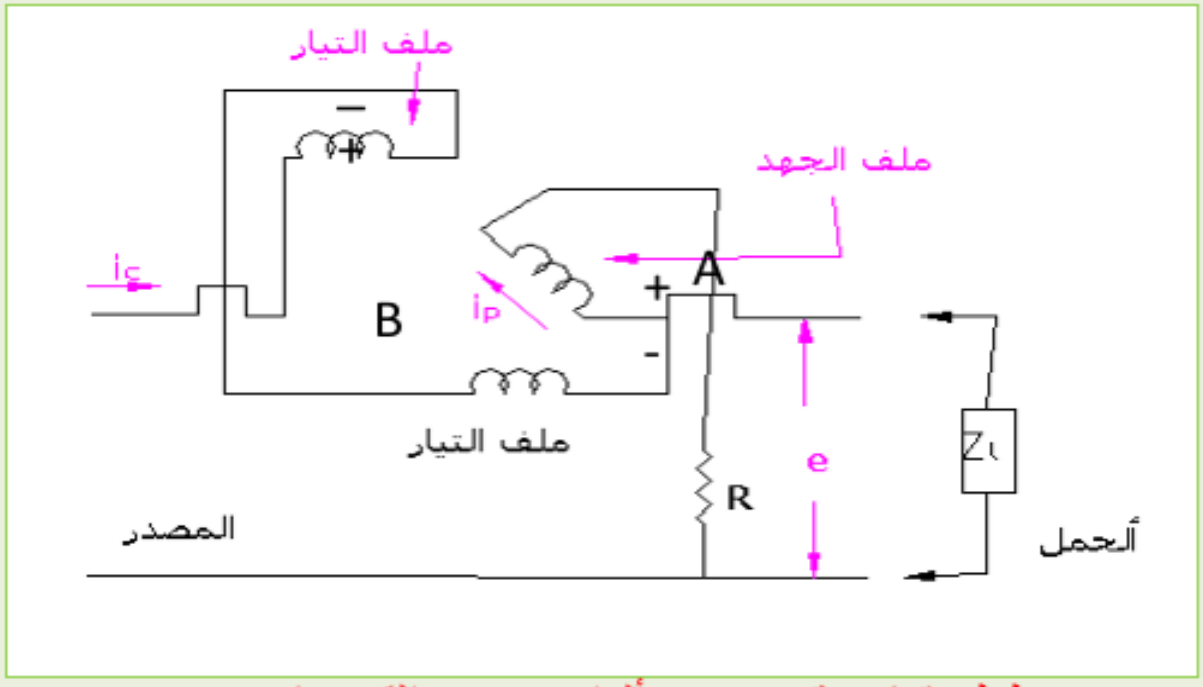
يبين الشكل طريقة ربط ملفات الداينموميتر عند استعماله كمقياس قدرة أحادي ألطور ,حيث تختلف عن طريقة ربطها عند استخدامه كاميتر أو كفولتميتر توصل الملفات الثابتة أو ملفات المجال والمبينة كعنصرين مستقلين على التوالي لتحمل تيار الخط الكلي (ic) بينما يربط الملف المتحرك الموضوع في المجال المغناطيسي للملفات الثابتة على التوالي مع مقاومة تحديد التيار (R) عبر خط القدرة ويحمل تيار صغير (ip) .تكون القيمة الآنية في الملف المتحرك مساوية ل:

$$I_p = e/R_p$$

حيث تمثل e ألفولتية الانية عبر خط ألقدرة , و R_p ألمقاومة ألكلية للملف ألمتحرك ومقاومة ألتوالي .

يتناسب انحراف الملف ألمتحرك مع حاصل ضرب التيارين (i_c, i_p), ويمكننا ألتعبير عن معدل ألانحراف عبر ألدورة ألكاملة بالعلاقة :

$$\theta_{av} = K/T \int_0^T i_c . i_p . dt$$



مخطط مقياس قدرة نوع ألداينموميتر الكهربائي

ثابت الجهاز: K حيث تمثل معدل الانحراف الزاوي للملف = θ_{av}

ic: التيار الاني في ملفات المجال

Ip: التيار الاني في ملف الجهد

بافتراض (i_c) مساويا لتيار الحمل (i) في الحقيقة ($Ic=ip+i$) والتعويض عن قيمة(i_p) بما يساويها (e/R_p) يمكن إعادة كتابة المعادلة كالاتي :-

$\theta_{av}=k/T\int_0^T i\,(e/R_P)dt$ $\quad :.\theta\, av=K_2/T\int_0^T e.i.dt$ .....(1)

من تعريف معدل القدرة يمكن التعبير عنه رياضيا بالمعادلة :

$Pav=1/T\int_0^T e.i.dt$ ...(2)

هذه المعادلة توضح بأنه عند ربط جهاز الداينمو ميتر كما بيناه بالرسم فان انحراف المؤشر يتناسب طرديا مع معدل ألقدره إذا كانت i.e كميات متناوبة جيبية من النوع :

$e=Em.\sin\omega t \quad , i=Imsin(\omega t-\theta)$

عند إذ يمكن كتابة المعادلة (1) بالصيغة :

$\theta av= K3.E.I.Cos\theta$

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 يؤشر بعلامتي (+ , -)

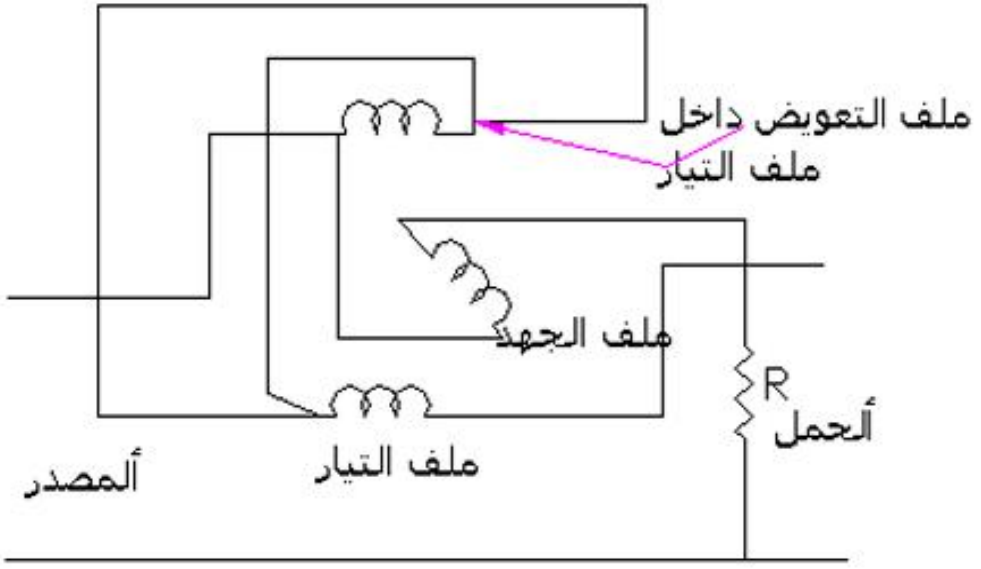
عند توصيل ألطرف ألمؤشر للتيار مع ألخط ألقادم وطرف ألفولتية إلى جهة ألخط ألذي يربط فيه ملف ألتيار ,سوف يقرأ ألمقياس في الاتجاه ألصحيح عند أما إذا قرأ ألمقياس لأي توصيل القدرة إلى الحمل .

سبب من ألأسباب بالاتجاه ألمعاكس فيجب عكس اتجاه التيار فقط . يستهلك الداينمو ميتر الكهربائي عند استعماله كمقياس **قدرة ,بعض القدرة ليحافظ على مجاله ألمغناطيسي .وتكون هذه القدرة صغيره** جدا مقارنة مع قدرة ألحمل لذا يمكن إهمالها .

الواطميترات الحثية Induction watt meters

إن مبدأ عمل هذه الأجهزة هو نفس عمل أجهزة قياس التيار والفولتية الحثية .يمكن استعمالها في مصدر التيار المتناوب فقط .على الاختلاف من الواطميترات نوع الداينمو الكهربائي حيث يستخدم الأخير لكلا التيارين المستمر والمتناوب .

الواطميتر ألحثي 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 التاسيسات الكهربائية.



مخطط مقياس القدرة المعوض

مرسمه أشعة المهبط Cathode ray Oscilloscope

وتعتبر من الأجهزة المهمة جدا والمستخدمة 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 اليسارالى اليمين على منطقة الاظهار او الشاشة .أما الفولتية المطلوب فحصها فتجهز عبر الاحداثي الصادي ,اوالادخال العمودي ل(م.أ.م) محركة 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.

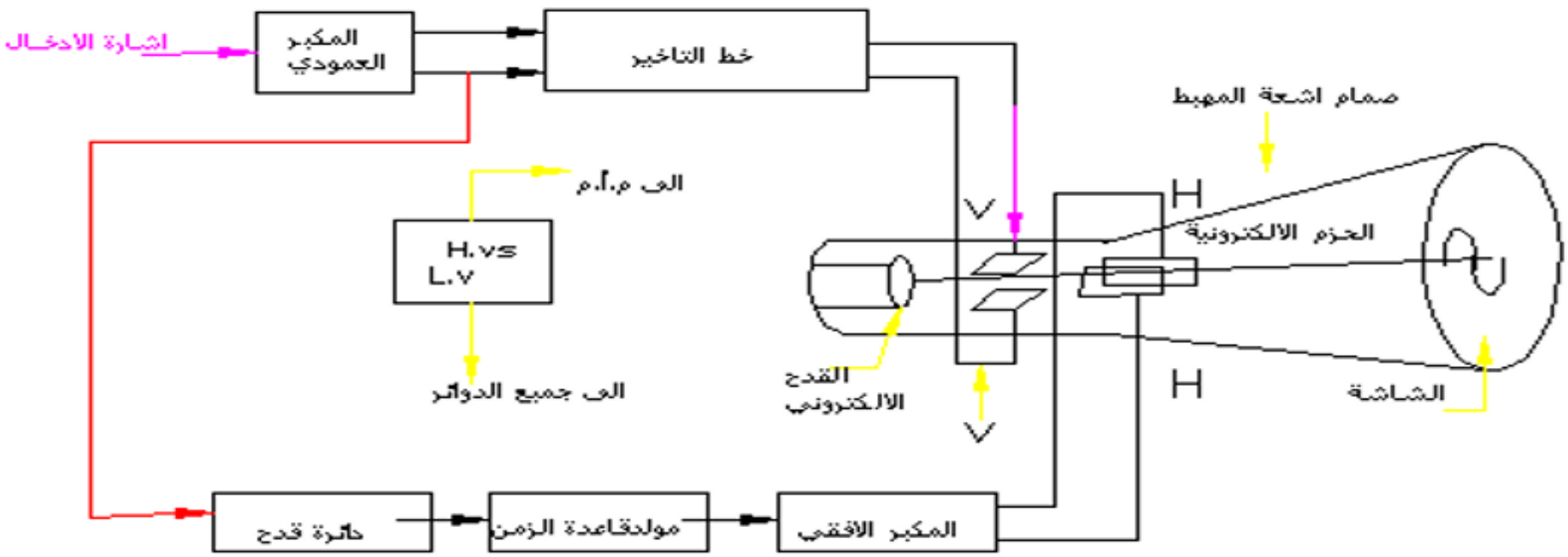
يستعمل الجهاز لاستقصاء أشكال الموجات ,ظواهر الزوال وغيرها من المقادير متغيرة الزمن عبر ترددات صغيرة جدا وحتى في الترددات العالية جدا . بالإمكان تسجيل وتصوير هذه الكميات بوساطة كاميرا ملحقة بالجهاز .

ألأجزاء الرئيسية لجهاز (م.أ.م) :

1) صمام أشعة المهبط 2) ألمكبر العمودي 3) خط التأخير

4) مولد قاعدة الزمن

5) المكبر العمودي 6) دائرة القدح 7) مجهز القدرة .



(المخطط الكتلي للاجزاء الرئيسية ل(م.أ.م

مبدأ عمل جهاز (م.أم)

يعتبر صمام اشعة 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 تضئ 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 عير معتمد احدهما على الأخر , 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 ألاكتساحي 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 بوساطة مسيطر الزمن /جزء .

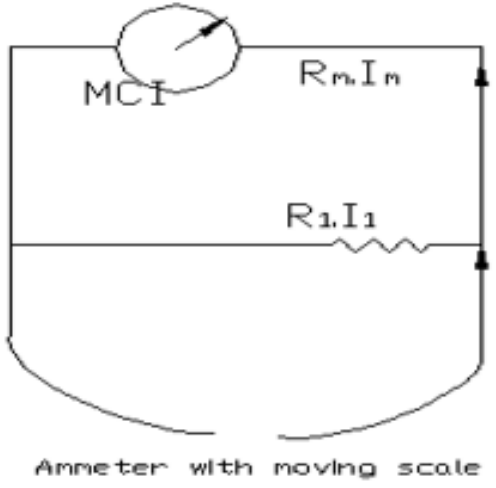
إن وضع الفولتيات الآنية على الصفحتين يجعل النقطة تظهر على شكل صورة على سطح الشاشة.

Post test

Ex.

MCI has Rm=10Ω and Im=1mA . Find the Range of current we have if a resistance (0.005Ω) is connected in parallel with the coil.

Solution:



Ammeter with moving scale

$V_m=I_m.R_m$:. $V_m=1x10=10mv$

$I_1=V_m/R=10mv/0.005=2000mA$

:. $I=I_1+I_m=2000+1=2001mA$