

A.c Bridges

• ड.सी ब्रिज निम्नलिखित हैं —

- i) Kelvin double bridge
- ii) Wheatstone bridge
- iii) Wien bridge
- iv) Anderson bridge
- v) (मेक्सवेल सेतु) Maxwell's bridge
- vi) Hay's bridge
- vii) Schering bridge
- viii) De-sauty bridge

• प्रतिरोधों का वर्गीकरण

मापन के दृष्टिकोण से प्रतिरोधों को निम्नलिखित श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है —

i) निम्न प्रतिरोध (Low Resistance) — 1Ω या 1Ω से कम मान वाले प्रतिरोध इस श्रेणी में आते हैं। इस श्रेणी (Class) के प्रतिरोध, आर्मेचर में बड़ी मशीनों के श्रेणी कुण्डलों (Series winding) में, आर्मेचर में शाफ्ट (Shafts) में तथा केबिल (Cable) की लंबाइयों आदि में मिल सकते हैं।

ii) मध्यम प्रतिरोध (Medium Resistance) :- 1Ω और 1000000Ω के बीच प्रतिरोध इस श्रेणी के अन्तर्गत आते हैं। उच्च प्रतिरोध मापन की आवश्यकता अकेली प्रतिरोध (Insulation resistance)

iii) उच्च प्रतिरोध (High Resistance) :- 100000Ω या इससे उच्च प्रतिरोध इस श्रेणी के अंतर्गत आते हैं। उच्च प्रतिरोध मापन की आवश्यकता अक्षेधी प्रतिरोध (Insulation resistance), पदार्थों की आयतन प्रतिरोधकता (Volume resistivity), तल प्रतिरोधकता (Surface resistivity) तथा उच्च प्रतिरोध परिपथ तत्व (High resistance circuit element) आदि का प्रतिरोध ज्ञात करने के लिए पड़ती है।

• प्रतिरोध मापने की विधियाँ :-

निम्न प्रतिरोध (Low resistance) निम्नलिखित विधियों द्वारा मापा जा सकता है -

- (i) अमीटर - वोल्टमीटर विधि (ii) विभवमापी विधि
- (ii) केल्विन द्विक सेतु विधि (iv) ओह्म मीटर विधि

Kelvin's double bridge (केल्विन डबल सेतु):-

निम्न प्रतिरोध (low resistance) के विशुद्ध (precise) मापन के लिए यह सबसे अच्छी विधि है। यह wheatstone bridge का सुधार हुआ रूप है तथा इस विधि में संपर्क (contact) तथा लीड प्रतिरोध (lead resistance) के कारण होने वाली त्रुटि समाप्त हो जाती है।

Two actual resistances of correct ratio are connected between point m and o. The galvanometer is connected at the junction of these resistances. Due to the introduction of second set of ratio arms, this bridge is termed Kelvin double bridge.

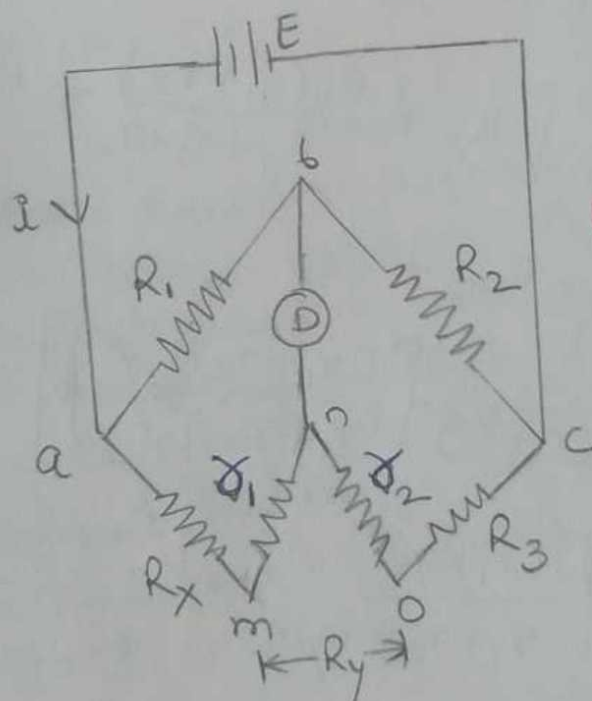


Fig: Kelvin Double bridge

The first set of ratio arm is R_1 and R_2 and the second set of ratio arm is r_1 and r_2 (inner ratio arms). The galvanometer is connected to point 'n' such as to eliminate the effect of connecting lead of resistance R_e between the unknown resistance R_x and standard resistance R_3 . The ratio of r_1/r_2 is made equal to R_1/R_2 . At bridge balance condition the current through galvanometer is zero, i.e. the voltage drop between point a to b (E_{ab}) is equal to the voltage drop between the point a-m-n i.e. E_{amn} .

$$E_{ab} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot E$$

$$= \frac{R_1}{R_1 + R_2} i [R_x + R_y \parallel (r_1 + r_2) + R_3]$$

$$= \frac{R_1 i}{R_1 + R_2} \left[R_x + \frac{R_y (r_1 + r_2)}{R_y + r_1 + r_2} + R_3 \right]$$

and $E_{amn} = E_{am} + E_{rn}$

$$= \left[i R_x + \frac{i r_1}{(r_1 + r_2)} \left[\frac{(r_1 + r_2) R_y}{r_1 + r_2 + R_y} \right] \right]$$

$$= i R_x + \frac{i r_1 R_y}{r_1 + r_2 + R_y}$$

$$= i \left[R_x + \frac{r_1 R_y}{R_y + r_1 + r_2} \right]$$

At bridge ^{balance} condition ;

$$E_{ab} = E_{arm}$$

$$= \frac{R_1}{R_1 + R_2} \left[R_x + R_3 + \frac{R_y (r_1 + r_2)}{R_y + r_1 + r_2} \right] = R_x + \frac{r_1 R_y}{R_y + r_1 + r_2}$$

$$R_x \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) = \frac{R_1 R_3}{(R_1 + R_2)} + \frac{r_2 R_y}{R_y + r_1 + r_2} \left[\frac{R_1 r_2 - R_2 r_1}{(R_1 + R_2) r_2} \right]$$

$$R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2} + \frac{r_2 R_y}{R_y + r_1 + r_2} \left[\frac{R_1}{R_2} - \frac{r_1}{r_2} \right]$$

$$\text{Since } \frac{R_1}{R_2} = \frac{r_1}{r_2}$$

$$\Rightarrow \boxed{R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2}}$$

The above Equation represents the Standard Wheatstone bridge balance Equation. Since the resistance r_1 , r_2 and R_y are not present in this Equation. Hence the effect of lead and contact resistance is completely eliminated. In typical Kelvin's bridge the range of resistance lies between $0.1 \text{ m}\Omega$ and 1.0Ω , with accuracy of $\pm 0.05\%$ to $\pm 0.2\%$.

WHEATSTONE BRIDGE :-

Wheatstone bridge is the most accurate method available for measuring resistance and is popular for laboratory use. The source of emf and switch is connected to points A and B, while a sensitive current indicating meter, the galvanometer is connected to points C and D. The galvanometer is a sensitive microammeter, with a zero centre scale. When there is no current through the meter, the galvanometer pointer rests at 0, i.e. mid scale. Current in one direction causes the pointer to deflect on one side and current in the opposite direction to the other side.

When SW_1 is closed, current flows and divides into the two arms at point A, i.e. I_1 and I_2 . The bridge is balanced when there is no current through the galvanometer, or when the potential difference at points C and D is equal, i.e. the potential across the galvanometer is zero.

When SW_1 is closed, current flows and divides into the two arms at point A, i.e. I_1 and I_2 . The bridge is balanced when there is no current through the galvanometer, or when the potential

difference at points C and D is equal i.e. the potential across the galvanometer is zero.

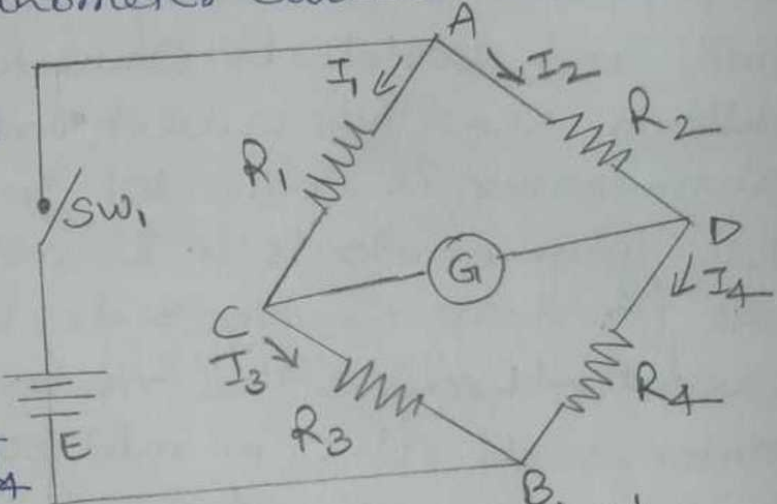
To obtain the bridge balance Equation, we have:

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 \quad \text{--- (1)}$$

For the galvanometer current to be zero, the following condition should be satisfied:

$$I_1 = I_3 = \frac{E}{R_1 + R_3}$$

$$I_2 = I_4 = \frac{E}{R_2 + R_4}$$



Substituting in eqn (1)

$$\frac{E \times R_1}{R_1 + R_3} = \frac{E \times R_2}{R_2 + R_4}$$

$$R_1 (R_2 + R_4) = (R_1 + R_3) R_2$$

$$R_1 R_2 + R_1 R_4 = R_1 R_2 + R_3 R_2$$

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

This is the Equation for the bridge to be balanced.

Application of Wheatstone bridge:-

A wheatstone bridge may be used to measure the dc resistance of various types of wires, either for the purpose of quality control of the wire itself, or of some assembly in which it is used. For example, the resistance of motor windings, transformers, solenoids, and relay coils can be measured.

Wheatstone bridge is also used extensively by telephone companies and others to locate cable faults. The faults may be two lines shorted together, or a single line shorted to ground.

Limitations:-

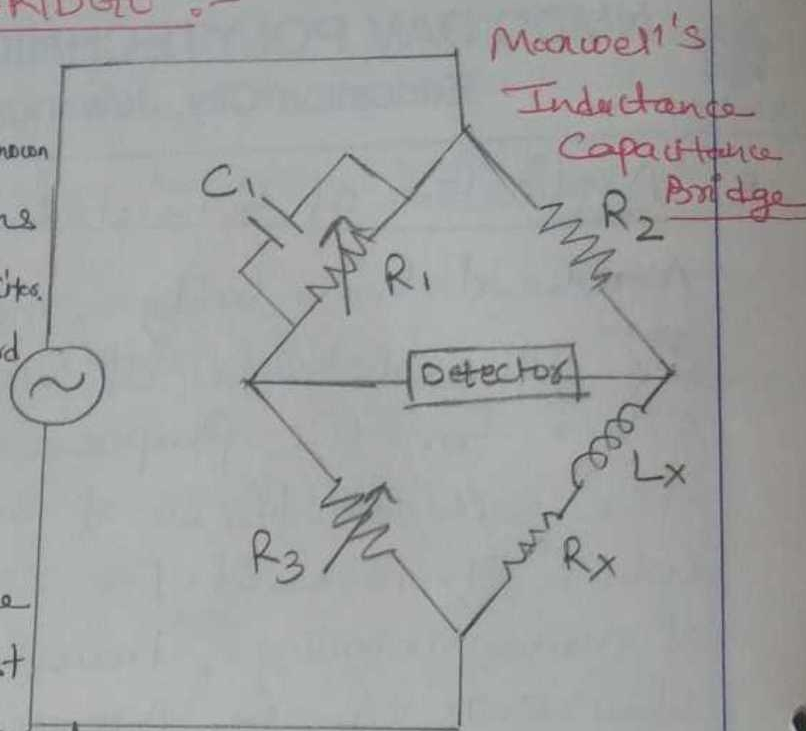
For low resistance measurement, the resistance of the leads and contacts becomes significant and introduces an error. This can be eliminated by Kelvin's Double bridge.

Another difficulty in wheatstone bridge is the change in resistance of the bridge arms due to the heating effect of current through the resistance.

MAXWELL'S BRIDGE :-

Maxwell's bridge measures an unknown inductance in terms of a known capacitor.

The use of standard arm offers the advantage of compactness and easy shielding. The capacitor is almost a loss-less component.



One arm has a resistance R_1 in parallel with C_1 , and hence it is easier to write the balance Equation using the admittance of arm 1 instead of the impedance.

The general Equation for bridge balance is :

$$Z_1 Z_x = Z_2 Z_3$$

$$\text{ie. } Z_x = \frac{Z_2 Z_3}{Z_1} = Z_2 Z_3 Y_1 \quad \text{--- (1)}$$

where,
 $Z_1 = R_1$ in parallel with C_1 , ie. $Y_1 = 1/Z_1$

$$Y_1 = \frac{1}{R_1} + j\omega C_1$$

$$Z_2 = R_2$$

$$Z_3 = R_3$$

$$Z_x = R_x \text{ in series with } L_x = R_x + j\omega L_x$$

from eqⁿ (1), we have

$$R_x + j\omega L_x = R_2 R_3 \left(\frac{1}{R_1} + j\omega C_1 \right)$$

$$R_x + j\omega L_x = \frac{R_2 R_3}{R_1} + j\omega C_1 R_2 R_3$$

Equating real terms and imaginary terms we have

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1} \text{ and } L_x = C_1 R_2 R_3$$

Also,

$$Q = \frac{\omega L_x}{R_x} = \frac{\omega C_1 R_2 R_3 \times R_1}{R_2 R_3}$$

$$Q = \omega C_1 R_1$$

Maxwell's bridge is limited to measurement of low Q values (1-10). The measurement is independent of excitation frequency. The scale of the resistance can be calibrated to read inductance directly.

The Maxwell's bridge using a fixed capacitor has the disadvantage that there is an interaction between the resistance and reactance balances.

Maxwell's Bridge :-

The bridge used for the measurement of self-inductance of the circuit is known as the Maxwell bridge. It is the advanced form of the Wheatstone bridge. The Maxwell bridge works on the principle of the comparison i.e., the value of unknown inductance is determined by comparing it with the known value or standard value.

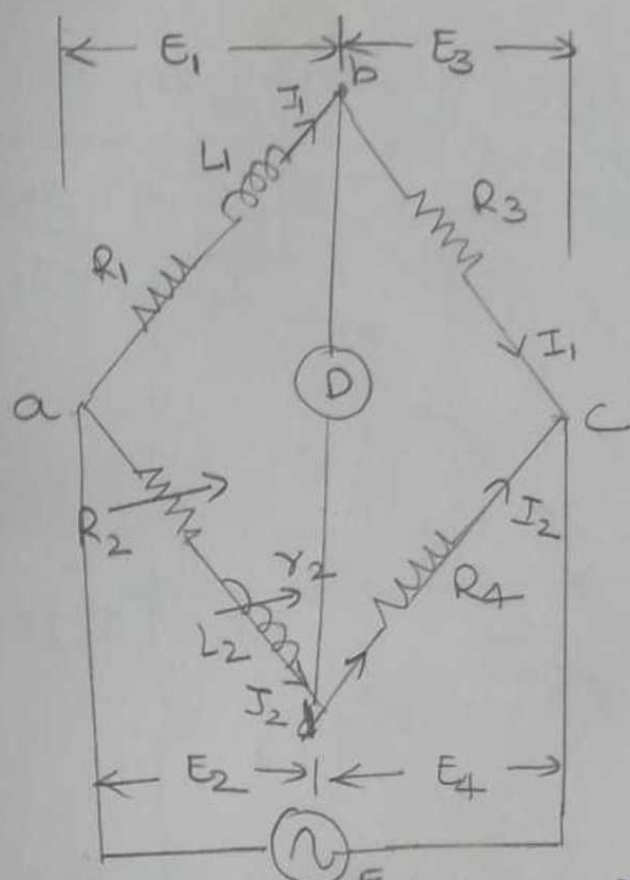
Types of Maxwell's Bridge :

Two methods are used for determining the self-inductance of the circuit. They are

1. Maxwell's Inductance bridge
2. Maxwell's Inductance Capacitance Bridge.

Maxwell's Inductance Bridge :-

In such types of bridges, the value of unknown resistance is determined by comparing it with the known value of standard self-inductance.



Maxwell Inductance
Bridge.

Let L_1 = unknown inductance of resistance R_1

L_2 = variable inductance of fixed resistance r_2

R_2 = Variable resistance connected in series with inductor L_2 .

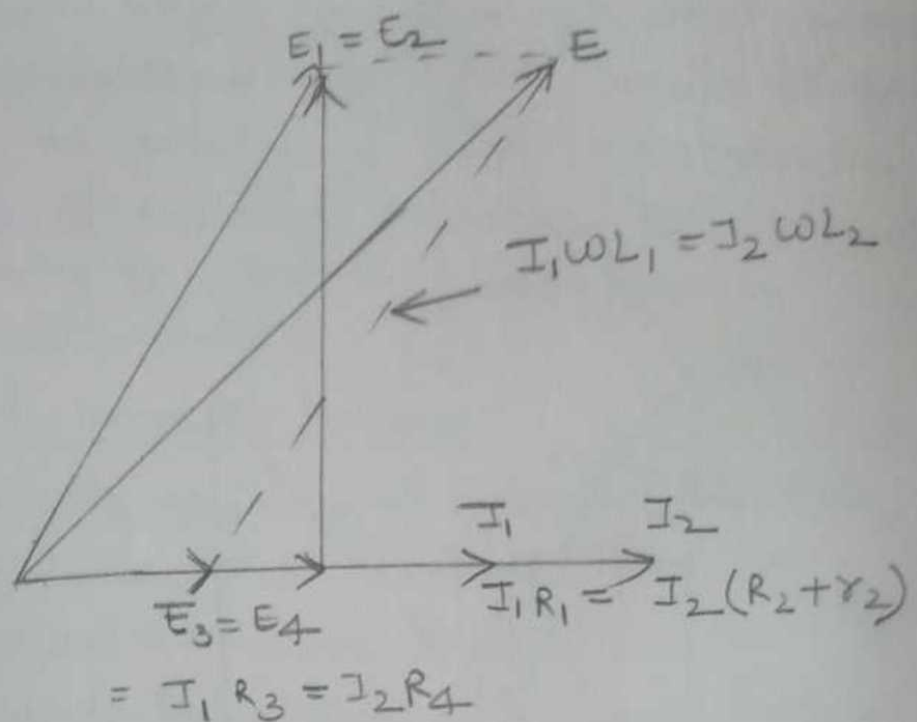
R_3, R_4 = known non-inductance resistance.

At balance,

$$L_1 = \frac{R_3}{R_4} L_2$$

$$R_1 = \frac{R_3}{R_4} (R_2 + r_2)$$

Phasor Diagram of Maxwell's Inductance Bridge:-



Advantage :-

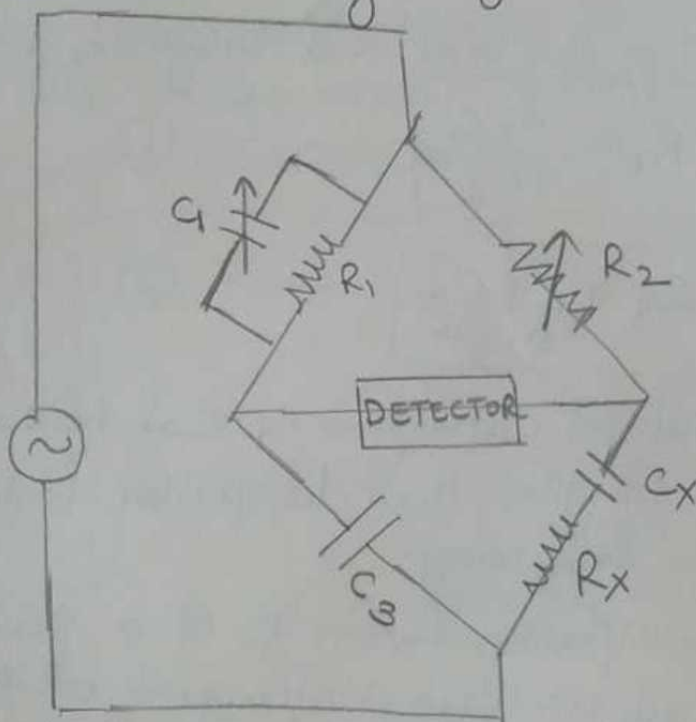
- i) The balance equation of the circuit is free from frequency.
- ii) Both the balance equations are independent of each other.
- iii) The Maxwell's Inductor Capacitance bridge is used for the measurement of high range inductance.

Disadvantage:-

1. The Maxwell inductor capacitance bridge requires a variable capacitor which is very expensive.
2. The bridge is only used for the measurement of medium quality coils.

SCHERING'S BRIDGE:-

A very important bridge used for the Precision Measurement of capacitors and their Insulating Properties is the Schering bridge.



The standard capacitor C_3 is a high quality mica capacitor (low-loss) for general measurements, or an air capacitor.

For balance, the general equation is

$$Z_1 Z_x = Z_2 Z_3$$

$$\therefore Z_x = \frac{Z_2 Z_3}{Z_1} = Z_2 Z_3 Y_1$$

where, $Z_x = R_x - j/\omega C_x$

$$Z_2 = R_2$$

$$Z_3 = -j/\omega C_3$$

$$Y_1 = \frac{1}{R_1} + j\omega C_1$$

$$\text{as } Z_X = Z_2 Z_3 Y_1$$

$$\therefore \left(R_X - \frac{j}{\omega C_X} \right) = R_2 \left(\frac{-j}{\omega C_3} \right) \times \left(\frac{1}{R_1} + j\omega C_1 \right)$$

$$\left(R_X - \frac{j}{\omega C_X} \right) = \frac{R_2 (-j)}{R_1 (\omega C_3)} + \frac{R_2 C_1}{C_3}$$

Equating the real and imaginary terms, we get

$$R_X = \frac{R_2 C_1}{C_3} \quad \text{--- (1)}$$

$$C_X = \frac{R_1 C_3}{R_2} \quad \text{--- (2)}$$

The dial of capacitor C_1 can be calibrated directly to give the dissipation factor at a particular frequency.

The dissipation factor D of a series RC circuit is defined as the cotangent of the phase angle.

$$D = \frac{R_X}{X_X} = \omega C_X R_X$$

Also, D is the reciprocal of the Quality factor, i.e. $D = 1/Q$. D indicates the Quality of the capacitor.

Application:-

This bridge is widely used for testing small capacitors at low voltages with very high precision.

MEGGER (मेगर) :-

मेगर एक हस्त चालित डिष्ट धारा जनित्र (D.C. generator) है जिसके द्वारा किसी संस्थापन (installation), मोटरों तथा अन्य विद्युत मशीनों आदि का विद्युत रोधन प्रतिरोध (insulation resistance) मापा जाता है। विद्युत रोधन प्रतिरोध का मान मेगर के पैमाने (scale) पर सीधा सूचित (indicate) होता है। इस यन्त्र के द्वारा अत्यधिक प्रतिरोध (very high resistance) भी ज्ञात किये जा सकते हैं।

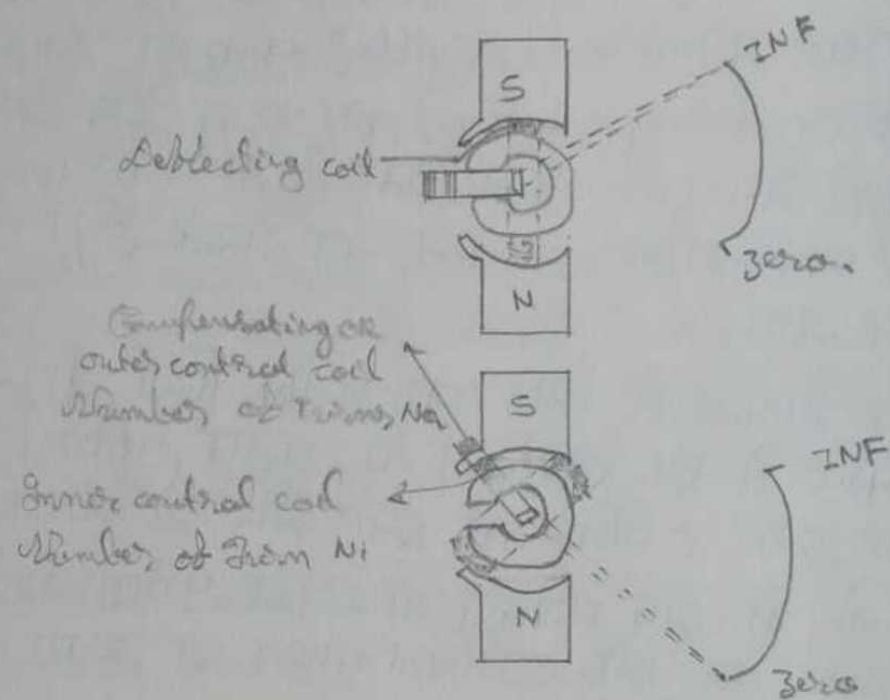
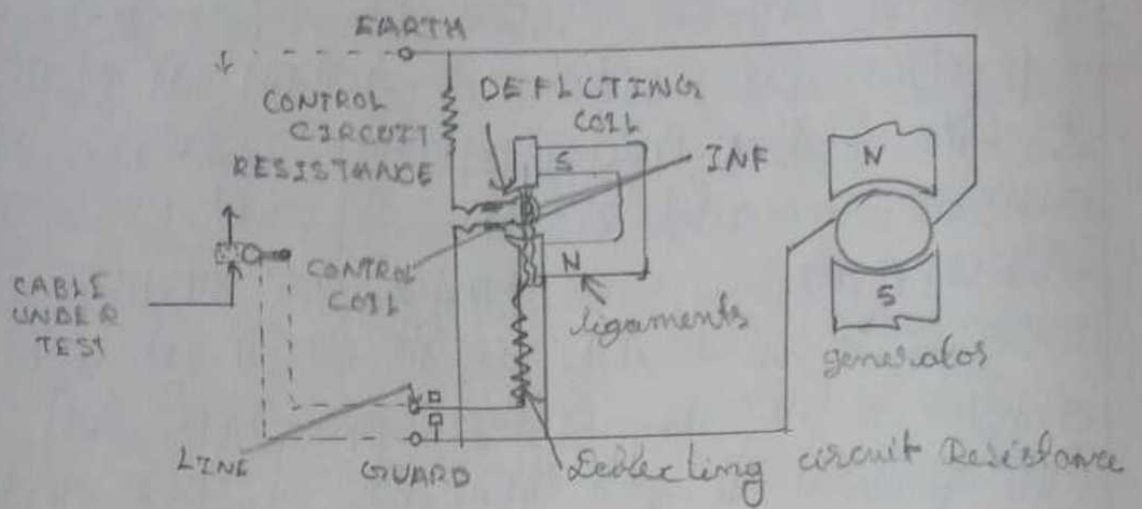
चूंकि विशाल प्रतिरोध (insulation resistance) मेगा ओह्म (mega ohm = $10^6 \Omega$) में होता है, इसलिए इस उपकरण (instrument) को मेगर (megger) कहते हैं।

संरचना :- इसमें दो कुण्डलियाँ परस्पर समकोणवत दृढ़ता से बंधी होती हैं और स्थाई चुम्बक के चुम्बकीय क्षेत्र में घूमने के लिए स्वतन्त्र रहती हैं। इन कुण्डलियों में से एक विक्षेपक (deflecting) या धारा कुण्डली कहते हैं जो कि विक्षेपक प्रतिरोध और D.C. जनित्र के श्रृंखला (series) में संयोजित रहती है और दूसरी

कुण्डली जो नियंत्रक या दब कुण्डली (Control Coil) कहलाती है। नियंत्रण परिपथ प्रतिरोध के श्रेणीक्रम में संयोजित रहती है और नियंत्रण परिपथ प्रतिरोध सहित D.C. वनित्र के समान्तर (Parallel) में होती है। दोनों कुण्डलियाँ और सैकेतक (Polarity) एक Spindle पर आधारित रहते हैं परन्तु इनमें अन्य चल कुण्डली उपकरणों की भांति नियंत्रण, बलधूर्ण के लिए कोई स्प्रिंग (Spring) नहीं होती है। इन दोनों कुण्डलियों को बहुत पतली तारों या पतले तन्तुओं (Filaments) द्वारा जोड़ा जाता है जो कि उपकरण की चल पद्धति पर नगण्य (negligible) बलधूर्ण डालते हैं। चल पद्धति (Moving system) को प्रेरित करने के लिए मेगर में स्थायी का D.C. वनित्र होता है जो कि 100, 500, 1000, 2500, 5000 वोल्ट उत्पन्न कर सकता है।

Application:-

- i) प्रतिरोध मापन में मेगर का प्रयोग किया जा सकता है। इसके लिये मेगर में एक टर्मिनल को अज्ञात प्रतिरोध के एक सिरे से तथा दूसरे टर्मिनल को दूसरे सिरे से संयोजित करते हैं।
- ii) लाइन से भू-दोष परीक्षण में इसका प्रयोग करते हैं। इसके लिये मेगर का एक टर्मिनल लाइन से दूसरा तार भू से संयोजित करते हैं।
- iii) लाइन से लाइन दोष परीक्षण में मेगर का उपयोग करते हैं। इसके लिये मेगर का एक टर्मिनल एक लाइन से तथा दूसरा टर्मिनल दूसरे लाइन से संयोजित करके हैंडल को घुमा कर मेगर का विक्षेप लेते हैं।



- iv) अविच्छिन्नता परीक्षण में भी मेगर का प्रयोग करते हैं। मेगर का यह परीक्षण साधारणतया भू-अविच्छिन्नता, मोटरों की कुण्डलों में अविच्छिन्नता और विद्युत लक्ष्मियों में अविच्छिन्नता आदि दोषों को देखने के लिए किया जाता है।