

CURRENT AND VOLTAGE MEASUREMENT :-

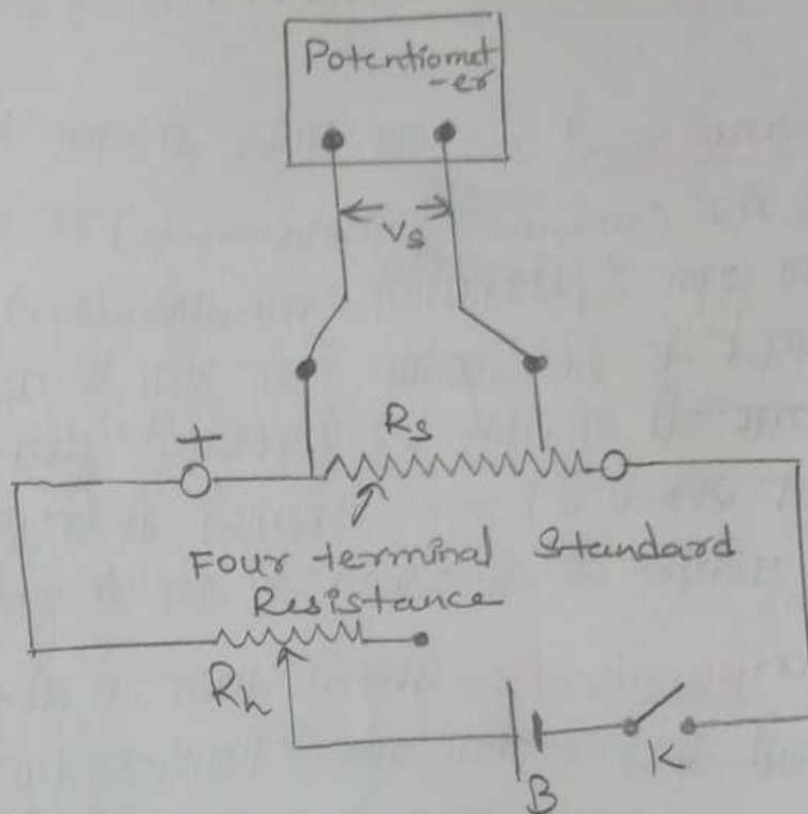
Current Measurement :- धारा मापन में धारा का मापन किसी मापक यंत्र (measuring instruments) या धारामापी के द्वारा किया जाता है। विभवमापी (potentiometer) को मूलतः वि.वा. बल मापन के लिये प्रयोग किया गया है परन्तु ओहम के नियम की सहायता से विभवमापी द्वारा धारा भी ज्ञात की जा सकती है। अतः विभवमापी में विद्युत धारा ज्ञात मानक प्रतिरोध में वोल्टतापात के रूप में मापी जाती है।

Voltage Measurement :- वोल्टता मापन में वोल्टता का मापन विभवमापी के द्वारा किया जाता है। साधारणतया विभवमापी की परास (range) 1.5 से 2 वोल्ट तक होती है। इससे उच्च वोल्टता (high voltage) मापन के लिए वोल्ट बॉक्स (volt box) की आवश्यकता पड़ती है।

धारा मापन का सिद्धान्त :-

धारा का मापन करने के लिये प्रायः मुम्पीमापी उपयोग में लाये जाते हैं। अधिक मान की धारा मापने के लिए मुम्पीमापी के साथ शण्ट का उपयोग किया जाता है। कम मान की धारा को अधिक यथार्थता से मापने के लिए आपत धारा को एक मानक प्रतिरोध में प्रवाहित किया जाता है। मानक प्रतिरोध पर जो वोल्टतापात

होता है, इसे वोल्टता विभवमापी से मापा जाता है। इस वोल्टता के मान को मानक प्रतिरोध के मान से भाग देकर मापित धारा का मान परिकलित किया जाता है। विभवमापी पर पाठ्यांक V_s प्राप्त होते हैं।



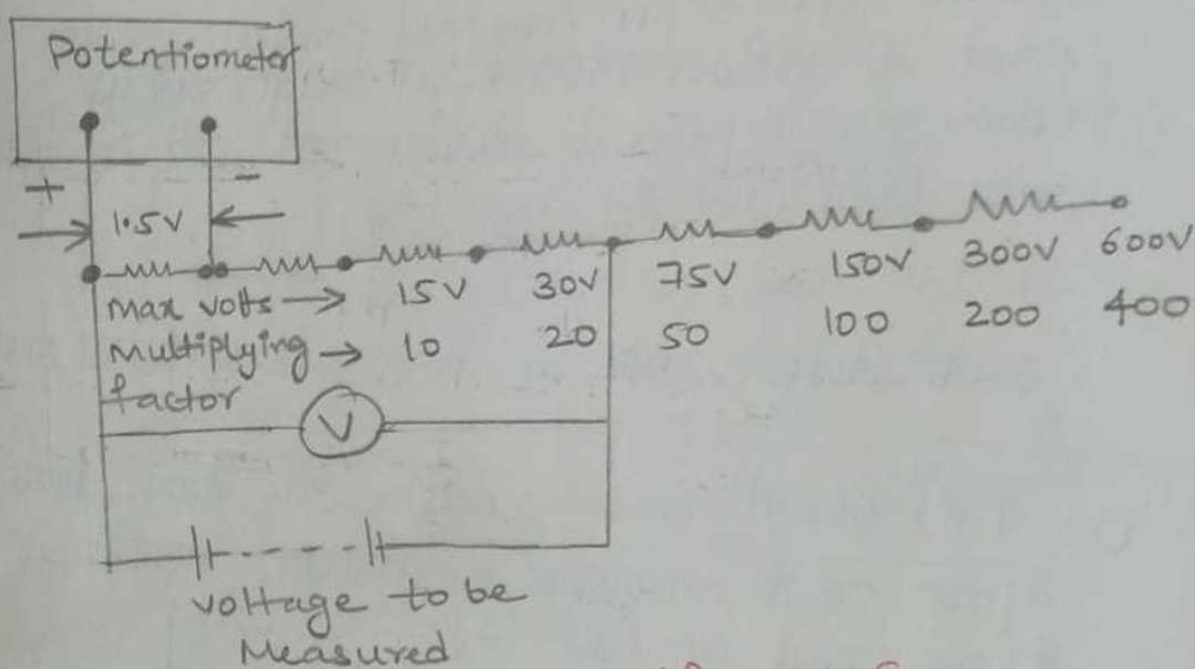
तब,

$$\text{अज्ञात धारा, } I = \frac{V_s}{R_s}$$

• वोल्टता मापन का सिद्धान्त :-

तकनीकी विकास के कारण शक्ति-संयंत्र की वोल्टता बढ़ती जा रही है। इसलिये वोल्टता-मापन आवश्यक हो गया है। विद्युत अक्षोधी पदार्थों का भंडन होना उस पर लगाई जाने वाली उच्चतम वोल्टता का मापन और भी आवश्यक हो गया है। यदि प्रदाय तंत्र का उच्चतम गुणांक ज्ञात हो तो इसे वर्ग-माध्य-मूल मान से गुणा करके उच्चतम वोल्टता-मान परिकलित किया जाता है। साधारणतया विभवमापी की परास 1.5 वोल्ट से 2 वोल्ट तक होती है। इससे वोल्टता

मापन के लिये वोल्ट बॉक्स की आवश्यकता पड़ती है। यह वोल्ट बॉक्स अनेक टैपिंग्स वाला साधारण विभव विभाजक होता है। वोल्ट बॉक्स पर ध्रुवां अंकित होती हैं और अधिकतम अनुमेय वोल्टता के लिये विभिन्न टैपिंग्स प्रदर्शित होती हैं।





के कारण कंपन करती है तो दर्पण से परावर्तित कड़ी प्रकाश के केंद्र से होकर जाती है।

अमीटर एवं वोल्टमीटर की परासवृद्धि :-

Range Extension of Ammeter & Voltmeter.

- Range Extension of Ammeter :- अमीटर के समानान्तर क्रम में निम्न प्रतिरोध के शॉट (shunt) को लगा देने से उसकी परास बढ़ जाती है। शॉट का प्रतिरोध का मान वांछित परास पर निर्भर करता है। परास बढ़ाने के बाद मीटर से पाठ्यांक लेते समय मूल पाठ्यांक को मीटर के 'डायल फैक्टर' (dial factor) से गुणा (multiply) करना पड़ता है।

$$\text{मीटर का डायल फैक्टर, } F = \frac{\text{नयी परास}}{\text{डायल पर अंशांकित मूल परास}}$$

उदाहरण के लिये, यदि 5 A के मीटर को, शॉट लगाकर 50 A परास वाला बनाया गया है तो मीटर का

$$F = \frac{50}{5} = 10 \text{ होगा।}$$

अतः, नयी परास = मूल परास $\times$ डायल फैक्टर

- वोल्टमीटर की परासवृद्धि :- वोल्टमीटर की परास (range) बढ़ाने के लिए उसके श्रेणीक्रम में उच्च प्रतिरोध, जिसे गुणक (multiplier) कहते हैं, को लगाया जाता है। नयी परास के लिये डायल फैक्टर,

$$F = \frac{\text{नयी परास}}{\text{मूल परास}}$$

यह उपयन्त्र को सदैव गुणक प्रतिरोध के श्रेणीक्रम में संयोजित किया जाता है और फिर इस श्रेणी संयोजन को परिपथ में उन बिन्दुओं, जिनके पार्श्व में वोल्टता मापनी होती है, से संयोजित कर दिया जाता है। मान लिया वोल्टमीटर परिपथ में धारा 'I' प्रसिद्ध है, उपयन्त्र का प्रतिरोध R_v है, और उसके श्रेणी प्रतिरोध का मान R_r ओह्म है। यदि हम पहले दिष्ट धारा परिपथ में मापन की अवस्थाओं पर विचार करें तो सर्कुलर लीन्स के बीच मापी जाने वाली वोल्टता V का मान उपयन्त्र के तथा श्रेणी प्रतिरोध के पार्श्व में हुए वोल्टताओं के योग के बराबर होगा। इस प्रकार,

$$V = IR_v + IR_r \quad \text{--- (i)}$$

$$\text{या, } IR_r = V - IR_v$$

$$R_r = \frac{V - IR_v}{I}$$

$$R_r = \frac{V}{I} - R_v \quad \text{--- (ii)}$$

अब अकेले उपयन्त्र की वोल्टता IR_v को V_v लिखते पर, $I = \frac{V_v}{R_v}$

$$R_g = \frac{V}{V_g} R_v - R_v$$

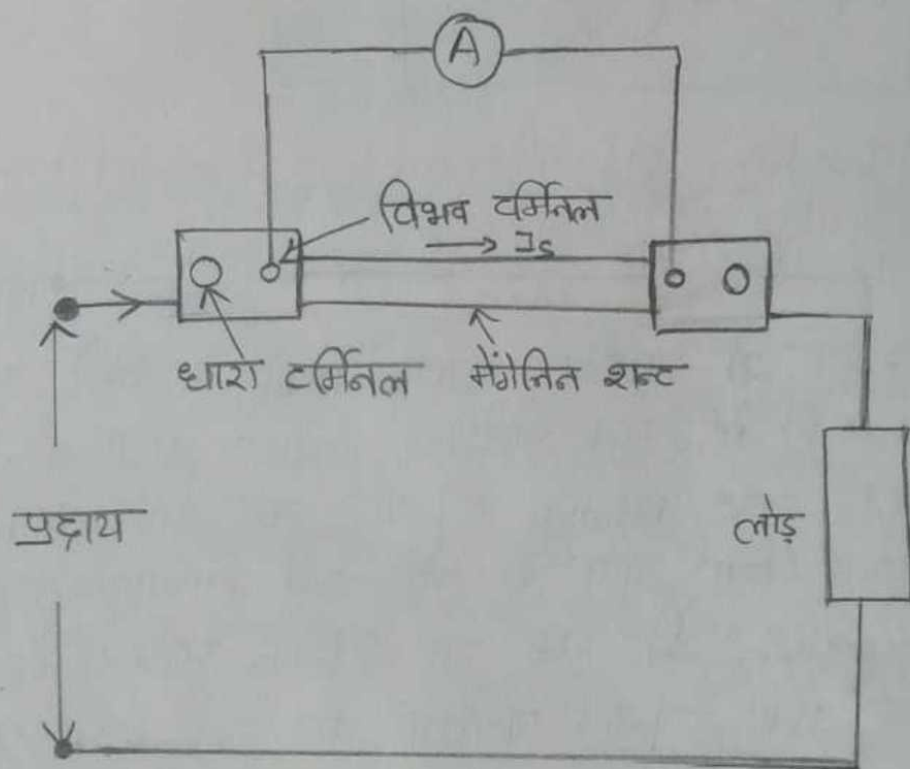
$$R_v = R_v \left(\frac{V}{V_g} - 1 \right)$$

Calibration of Ammeter & voltmeter:-

अमीटर का अंशिकन

- Calibration of Ammeter:- अमीटर द्वारा उसकी स्वेय की धारा से अधिक धारा बहाने के लिये उसके पार्श्व (parallel) में न्यून प्रतिरोध लगाया जाता है, यह न्यून प्रतिरोध शण्ट कहलाता है। शण्ट का मान काफी शुद्धता से ज्ञात किया जाता है और इसे साधारणतया मंगानिन (manganin) की एक या अधिक पलियों (strips) से बनाया जाता है। इन पलियों के दोनों सिरों पर ताँबे के मोटे पिण्ड (heavy copper block) वेल्ड (weld) किये जाते हैं। इन पिण्डों का प्रतिरोध लगभग नगण्य होता है। प्रत्येक पिण्ड में दो टर्मिनल होते हैं जिनमें से बाहरी टर्मिनल धारा के लिये और अन्दर वाले वोल्टता के लिये होते हैं। ये चार टर्मिनल शण्ट धारा मापन की उच्च परिशुद्धता के लिये प्रयोग किये जाते हैं। वहाँ धारा मापन की अधिक परिशुद्धता की आवश्यकता न हो वहाँ दो टर्मिनल शण्ट भी प्रयोग किये जाते हैं। शण्ट का प्रतिरोध ज्ञात करते समय शण्ट के वोल्टता टर्मिनलों से अमीटर के

टर्मिनलों तक के संयोजन तारों के प्रतिरोध को भी ध्यान में रखना चाहिये। यह प्रतिरोध अमीटर के श्रेणीक्रम में आ जाता है। साधारणतया शण्ट से संयोजित करने के लिये अमीटर के साथ विरोध तारें (Leads) प्रदान की जाती हैं।



अमीटर के साथ शण्ट फिफ्ट धारा और प्रत्यावर्ती धारा मापन के लिये प्रयोग किया जा सकता है परन्तु साधारणतया शण्ट का प्रयोग फिफ्ट धारा मापन में ही किया जाता है और प्रत्यावर्ती धारा मापन में अमीटर के साथ धारा परिणामित्र का प्रयोग किया जाता है।

• Calibration of voltmeter (वोल्टमीटर का अंशांकन)

प्रत्यावर्ती धारा पर वोल्टमीटर की अधिक धारा पढ़ने के लिये साधारणतया विभव परिणामित्र प्रयोग किया जाता है परन्तु वोल्टता गुणकों द्वारा भी वोल्टमीटर की धारा बढ़ाई जा सकती है। प्रतिरोध की संपूर्ण प्रतिवधा सभी आवृत्तियों पर लगभग स्थिर होनी चाहिये। इस उद्देश्य के लिये श्रेणी

प्रतिरोध का प्रेरकत्व न्यूनतम होना चाहिए, ताकि संपूर्ण परिपथ का प्रेरकत्व बहुत कम हो। श्रेणी प्रतिरोध के प्रेरकत्व को न्यूनतम करने के लिये इसे आइका की चपटी पलियों पर लपेटा जाता है। प्रतिरोध को चपटी आइका की पलियों पर लपेटने से तारों के वर्तों द्वारा कम क्षेत्रफल घेरा जाता है। इस उद्देश्य के लिये कभी-कभी बुने हुये मोठ प्रतिरोध (woven gauge resistance) प्रयोग किये जाते हैं।

यदि

R_v = वोल्टमीटर का प्रतिरोध

L = वोल्टमीटर का प्रेरकत्व

R = श्रेणी प्रतिरोध

i = पूर्ण स्केल विक्षेपण के लिये वोल्टमीटर में से

प्रवाहित होने वाली धारा

श्रेणी प्रतिरोध का प्रेरकत्व नगण्य माना जाये तो परिपथ की संपूर्ण प्रतिबाधा

$$Z = \sqrt{(R + R_v)^2 + \omega^2 L^2}$$

पूर्ण विक्षेप के लिये वोल्टमीटर में से धारा

$$i = \frac{V}{\sqrt{(R + R_v)^2 + \omega^2 L^2}}$$

वोल्टमीटर की स्वयं की प्रतिबाधा = $\sqrt{R_v^2 + \omega^2 L^2}$

अतः वोल्टमीटर के पार्श्व में वोल्टतापात

$$V = i \sqrt{R_v^2 + \omega^2 L^2}$$

$$= \frac{V}{\sqrt{(R+R_v)^2 + \omega^2 L^2}} \times \sqrt{R_v^2 + \omega^2 L^2}$$

गुणात्मक अनुपात, $\frac{V}{V} = \frac{V \times \sqrt{(R+R_v)^2 + \omega^2 L^2}}{V \times \sqrt{R_v^2 + \omega^2 L^2}}$

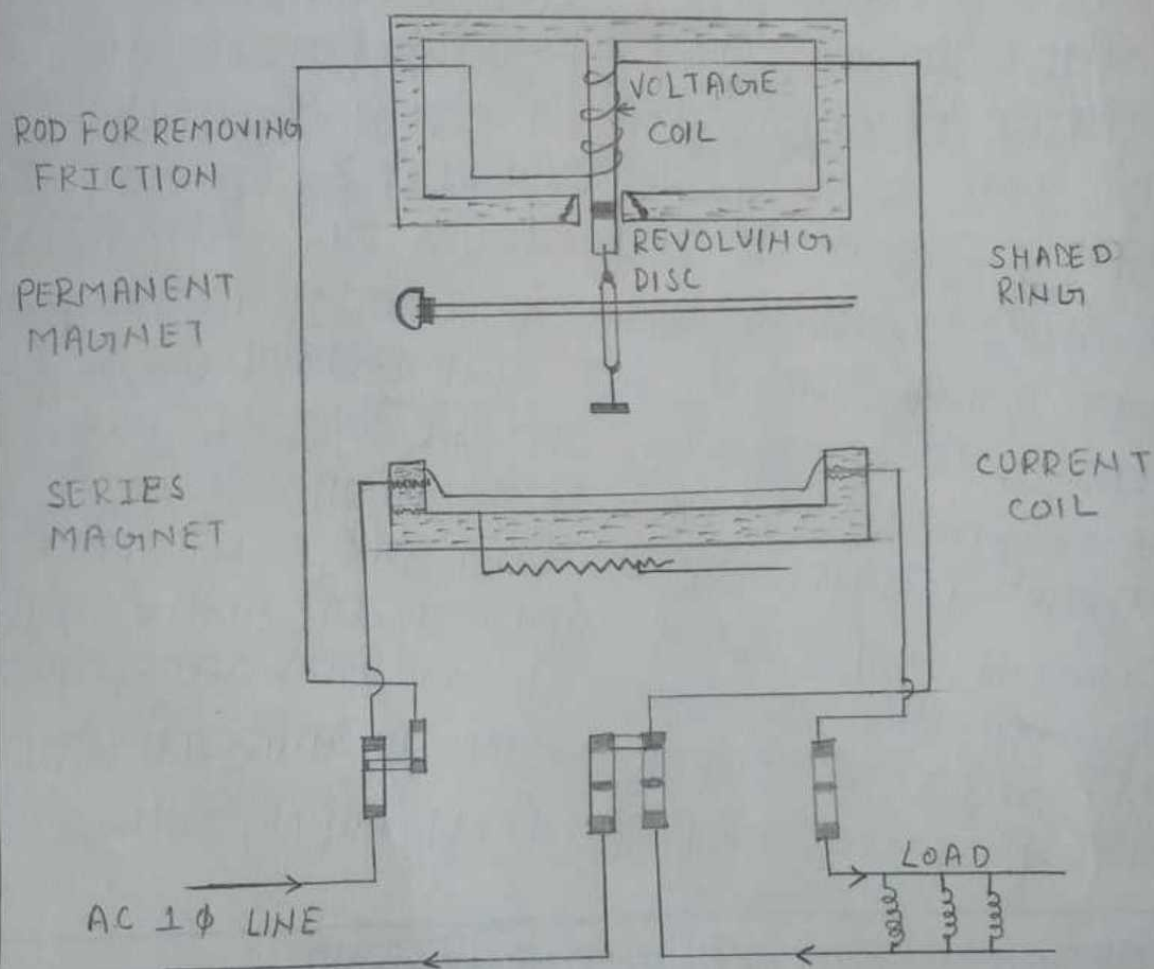
$$= \frac{\sqrt{(R+R_v)^2 + \omega^2 L^2}}{\sqrt{R_v^2 + \omega^2 L^2}}$$

Single Phase Energy Meter (सिंगल फेज एनर्जीमीटर)

कार्य सिद्धांत (Working Principle):- सिंगल फेज एनर्जीमीटर को एकल फेज वाट आवर मीटर भी कहते हैं। इनका कार्य सिद्धांत पेशवाट मीटर के सिद्धांत के समान है। सिंगल फेज वाटमीटर में दो विद्युत चुम्बक प्रयोग किये जाते हैं। एक विद्युत चुम्बक के ऊपर बारीक insulated तार अधिक turns लिपटे होते हैं। वास्तव में यह दाब कॉइल है एक दूसरे चुम्बक पर मोटे insulated तार के कम turns लिपटे होते हैं। इसे Current coil कहते हैं। Current coil सफाई लोडिंग की सीरीज से लगी होती है। दाब coil सफाई लोडिंग के पैरेलल में लगायी जाती है। इन दो विद्युत चुम्बकों द्वारा दो प्रकार के magnetic field बनते हैं। यह दोनों चुम्बकीय क्षेत्र एक दूसरे के perpendicular होते हैं। सिंगल फेज एनर्जीमीटर A.C. के प्रवाह के कारण प्रत्यावर्ती चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है और दोनों चुम्बकीय क्षेत्र के flux एक दूसरे से ठीक 90° पर होते हैं। Single Phase Energy Meter की Aluminium की गोल Disc के लम्बवत चुम्बकीय क्षेत्र के कारण गति उत्पन्न होती है। Current coil लोडिंग के सीरीज में लगी होती है इसलिए Energy Meter के Current coil द्वारा बना चुम्बकीय क्षेत्र लोडिंग की सफाई द्वारा के समानुपाती होता है तथा Pressure coil की field supply voltage के

समानुपाती होता है।

दोनों विद्युत युग्मकों के बीच बल रेखाओं को ठीक 90° पर बनाये रखने तथा power factor को सुधारने के लिए Shaded ring लगायी जाती है। Aluminium की वृत्ताकार पतली Disc, गियर द्वारा गुणक (counter) से संबद्धित रहती है। गुणक के Dial पर लय की गयी अंकों अपने आप ही अंकों के रूप में प्रकट होती रहती है। Energy meter की धर्पण कम करने के लिए एक छोड़ लमाई जाती है जिसे friction compensating Bay कहते हैं। लोड के बढ़ने पर चक्की तेजी से घूमने लगती है तथा लोड के कम होने पर चक्की धीरे धीरे घूमती है। नो लोड की स्थिति में चक्की रुकी रहती है।



Single Phase Energy meter



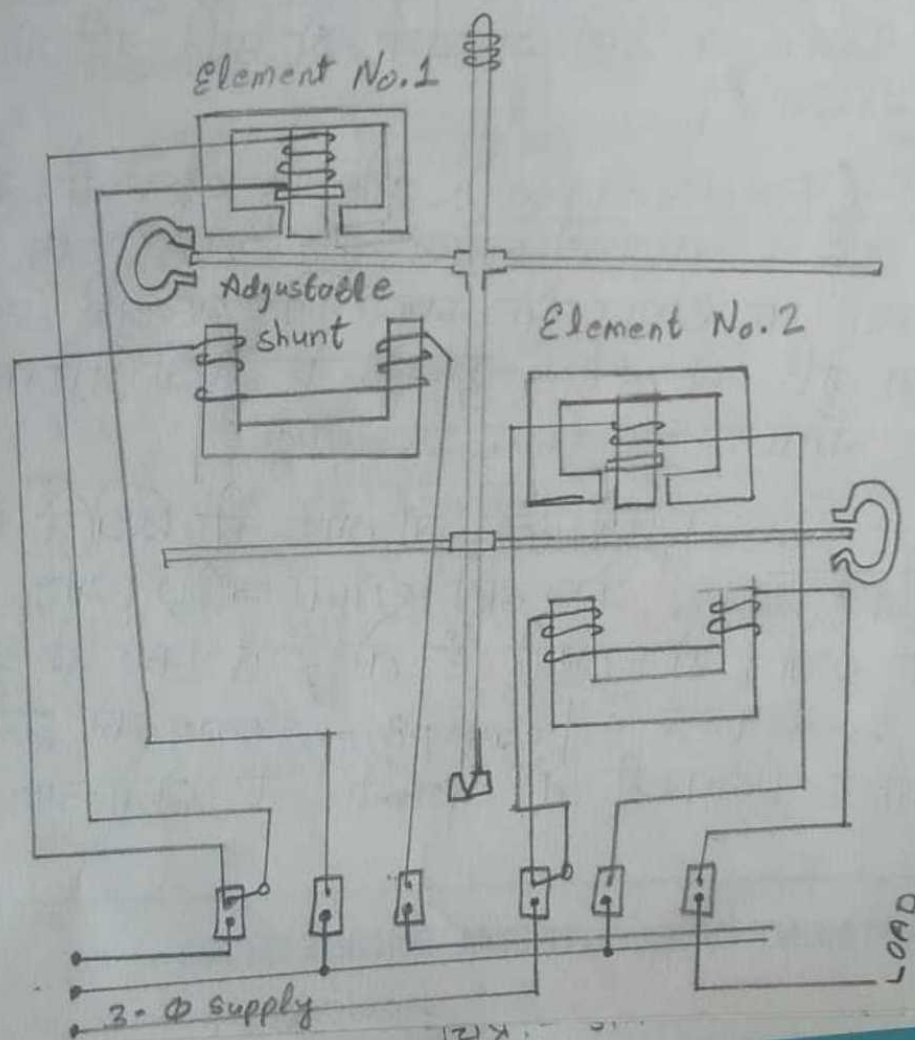
Single phase Energy meter के निम्नलिखित पाँच प्रकार की त्रुटियाँ होती हैं —

- i) कला त्रुटि (Phase Error) :- कला त्रुटि विद्युत चुम्बकीय क्षेत्रों के एक लंबत न होने के कारण ही उत्पन्न होती है। इस त्रुटि को दूर करने के लिए शॉट चुम्बक की केन्द्रीय भुजा पर समंजसीय ताम्र shading Band लगाये जाते हैं। इस ताम्र शैडिंग बैंडों का सही समंजन करके, इस त्रुटि को दूर किया जाता है।
- ii) गति त्रुटि (Speed Error) :- यदि Aluminium की डिस्क प्रतिरोध तबले भार के अनुसार न घूमकर अधिक तेजी या धीरे धीरे घूमती है तो यह गति त्रुटि कहलाती है। एक निश्चित लोड पर डिस्क को निर्धारित गति पर घूमना चाहिए। इस त्रुटि को दूर करने के लिए ब्रेक चुम्बक के सही समंजन से गति त्रुटि को दूर किया जा सकता है।
- iii) दायवर्ण त्रुटि (Friction Error) :- मीटर के शेल्ड की बीयरिंगों के स्पर्श होने के कारण ही दायवर्ण त्रुटि उत्पन्न होती है। गुणक प्रबन्ध के दायवर्ण के कारण भी यह त्रुटि उत्पन्न होती है। इस त्रुटि को शॉट चुम्बक की बाहरी भुजाओं पर शैडिंग बैंड लगाकर दूर किया जा सकता है।
- iv) Creeping Error :- पुनर्जीमीटर नो लोड की स्थिति में होने पर Aluminium disc को नहीं घूमना चाहिए। यदि Disc नो लोड की स्थिति में घूमती है तो इस प्रकार की त्रुटि को Creeping Error कहते हैं। Creeping Error को दूर करने के लिए मीटर की चकती में spindle के दोनों ओर एक

एक दूसरे से विपरीत दिशा में दो हेड बनये जाते हैं। जब कोई एक हेड शाफ्ट पुम्बक के नीचे आता है तो चकती नो-लोड स्थिति पर आ जाता है।

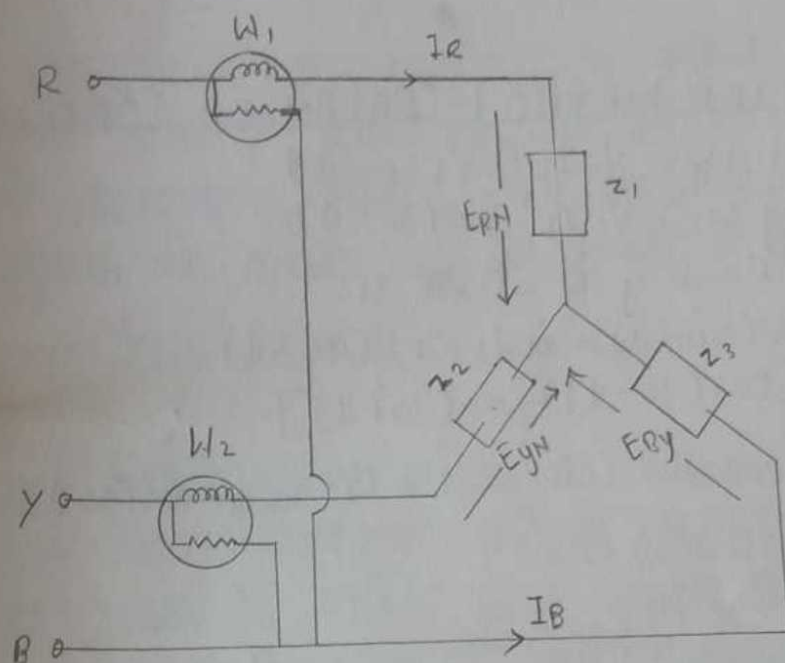
- v) तापमान त्रुटि (Temperature Error): - विद्युत मीटर Supply उनकी क्षमता के अनुसार ही लिया जाता है। क्षमता से अधिक supply लेने पर अधिक धारा प्रवाह से प्रतियोगों का मान बढ़ जाता है और मीटर आसजसने लभता है। मीटर की क्षमता से अधिक धारा लेने से ये त्रुटि मीटर में उपनत होती है। इस त्रुटि को दूर करने के लिए तापमान में परिवर्तन के कारण प्रतियाँ बहुत कम होती हैं क्योंकि विभिन्न प्रभाव एक दूसरे को प्रभावित करते रहते हैं।

Three phase Energymeter :-



#	Wattmeter (शक्तिमापी)	Energy meter (ऊर्जामापी)
i)	यह वाट में विद्युत शक्ति को मापता है।	यह किलोवाट (घण्टा) में विद्युत ऊर्जा को मापता है।
ii)	यह परिपथ में किसी विशेष भूगण पर उपभुक्त शक्ति को बताता है।	यह विद्युत परिपथ में किसी दिने समय में स्वर्ण हुई ऊर्जा को अभिलेखित करता है।
iii)	यह संकेतन विद्युत उपयन्त्र है।	यह समाकलन करने वाले विद्युत उपयन्त्र है।
iv)	इसमें संकेतक होता है जो शक्ति का संकेत देता है।	इसमें संकेतक के स्थान पर मुक्त पकती होती है।
v)	संकेतक एक एक के कुछ अंश में ही विक्षिप्त होता है।	पकती लगातार घूमती रहती है।
vi)	नियंत्रक घूर्णन एक स्प्रिंग द्वारा प्राप्त होता है।	नियंत्रक घूर्णन एक स्थायी पुम्बक द्वारा पकती में भ्रमर द्वारा उत्पन्न करके प्राप्त किया जाता है।
vii)	शक्ति का संकेतन पैमाने पर संकेतक द्वारा मिलता है।	ऊर्जा का अभिलेख (recording) एक गियर बॉक्स द्वारा प्राप्त होता है। गियर बॉक्स का परिचालन मीटर के स्पिंडल द्वारा होता है।
viii)	सप्लाइ हटा देने से संकेतक शून्य पर वापस आ जाता है।	सप्लाइ हटा देने पर पेनशॉट शून्य नहीं होता है बल्कि वहीं रहता है जो सप्लाइ हटाने से पहले रहता है।

TWO WATTMETR METHOD FOR POWER MEASUREMENT



Consider Star Connection :-

चित्र के अनुसार Two wattmeter को star Connection में जोड़ा गया है

Instantaneous current through current coil of $W_1 = I_R$

W_1 के ~~Potential~~ ^{Current} coil में instantaneous current = I_R

W_1 के Potential coil में instantaneous voltage = $E_{RN} - E_{BN}$

अतः W_1 में instantaneous power = $I_R(E_{RN} - E_{BN})$

W_2 के current coil में instantaneous current = I_Y

W_2 के potential coil में instantaneous voltage = $E_{YN} - E_{BN}$

अतः W_2 में instantaneous power = $I_Y(E_{YN} - E_{BN})$

$$\therefore W_1 + W_2 = I_R(E_{RN} - E_{BN}) + I_Y(E_{YN} - E_{BN})$$

$$= I_R \cdot E_{RN} - I_R \cdot E_{BN} + I_Y \cdot E_{YN} - I_Y \cdot E_{BN}$$

$$= I_R \cdot E_{RN} + I_Y \cdot E_{YN} - E_{BN} (I_R + I_Y) \quad \therefore (I_R + I_Y + I_B = 0)$$

$$= I_R \cdot E_{RN} + I_Y \cdot E_{YN} - E_{BN} (-I_B) = 0$$

$$= I_R \cdot E_{RN} + I_Y \cdot E_{YN} + I_B \cdot E_{BN}$$

= Total power absorbed by three load

$$W_1 + W_2 = P$$

TWO WATT METER METHOD (BALANCED LOAD) :-

$$\text{Wattmeter Reading } W_1 = V_L I_L \cos(30^\circ - \phi)$$

$$\text{Wattmeter Reading } W_2 = V_L I_L \cos(30^\circ + \phi)$$

दोनों Wattmeter Reading को जोड़ने पर

$$\begin{aligned} W_1 + W_2 &= V_L I_L \cos(30^\circ - \phi) + V_L I_L \cos(30^\circ + \phi) \\ &= V_L I_L [\cos(30^\circ - \phi) + \cos(30^\circ + \phi)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_1 + W_2 &= V_L I_L [\cos 30^\circ \cos \phi + \sin 30^\circ \sin \phi + \cos 30^\circ \cos \phi - \sin 30^\circ \sin \phi] \\ &= V_L I_L [2 \cos 30^\circ \cos \phi] \\ &= V_L I_L \left[2 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \phi \right] \end{aligned}$$

$$W_1 + W_2 = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi \quad \text{--- (1)}$$

$W_1 + W_2 = P$ (Total power absorbed by 3 ϕ balanced load)

$$\text{या } W_1 + W_2 = V_L I_L (\cos(30^\circ - \phi) - \cos(30^\circ + \phi))$$

$$= V_L I_L [\cos(30^\circ - \phi) - \cos(30^\circ + \phi)]$$

$$= V_L I_L [\cos 30^\circ \cos \phi + \sin 30^\circ \sin \phi - \cos 30^\circ \cos \phi - \sin 30^\circ \sin \phi]$$

$$= V_L I_L [2 \sin 30^\circ \sin \phi]$$

$$= V_L I_L \left[2 \times \frac{1}{2} \sin \phi \right]$$

$$W_1 + W_2 = V_L I_L \sin \phi \quad \text{--- (2)}$$

समी ② को समी. ① से भाग देने पर

$$\frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2} = \frac{V_L I_L \sin \phi}{\sqrt{3} V_L I_L \cos \phi}$$

$$\sqrt{3} \left(\frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2} \right) = \tan \phi$$

$$\boxed{\tan \phi = \sqrt{3} \left(\frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2} \right)}$$