प्राविधिक शिक्षा परिषद् उत्तर प्रदेश द्वारा स्वीकृत संशोधित
नवीनतम पाठ्यक्रमानुसार

सार्थक

वैद्युत उपयंत्र एवं मापन

(Electrical Instruments and Measurements)

तृतीय सेमेस्टर/द्वितीय वर्ष : विद्युत अभियन्त्रण डिप्लोमा विद्यार्थियों के लिये

नरेन्द्र कुमार
विभागाध्यक्ष (विद्युत अभियंत्रण)
डी. एन. पॉलीटेक्निक, मेरठ

पीयूष शाक्य
प्रधानाचार्य
राजकीय पॉलीटेक्निक, उन्नाव

प्रकाशक :

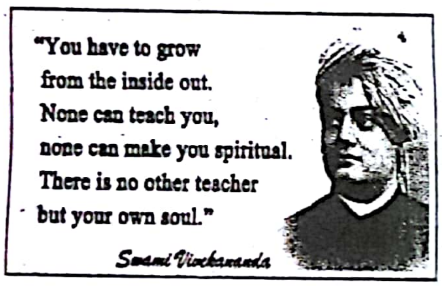
जय प्रकाश नाथ पब्लिकेशन्स
गाँधी आश्रम चौराहा
नौचन्दी रोड, मेरठ -250 002 (यू० पी०)

Scanned by CamScanner

विषय-सूची

क्र०सं०	अध्याय	पृष्ठ संख्या
1.	वैद्युत मापयन्त्रों का परिचय (Introduction of electrical measuring instruments)	1-27
2.	ऐमीटर तथा वोल्टमीटर (Ammeters and voltmeters)	28-49
3.	वाटमीटर (डायनेमोमीटर टाइप) [Wattmeters (Dynamometer type)]	50-55
4.	ऊर्जामापी (Energymeter)	56-79
5.	विविध मापन उपयन्त्र अर्थात् मापयन्त्र (Miscellaneous measuring instruments)	80-103
6.	इलेक्ट्रॉनिक उपयन्त्र (Electronic instruments)	104-116
7.	LCR मीटर (LCR meter)	117-119
8.	त्रिकला परिपथों में वैद्युत शक्ति का मापन (Measurements of power in 3-phase circuit)	120-136
9.	ट्रांसड्यूसर (Transducers)	137-167
10.	ताप का मापन (Measurement of temperature)	168-180
11.	स्मार्ट मीटर सिस्टम (Smart metering system)	181-187
12.	प्रयोगात्मक कार्य (Experimental work)	188-216

Scanned by CamScanner



1

वैद्युत मापयंत्रों का परिचय
(Introduction to Electrical Measuring Instruments)

1.1. मापन (Measurement)

विभिन्न भौतिक राशियों का मान जानने के लिए हमें मापन की आवश्यकता पड़ती है। मापन विज्ञान प्रौद्योगिकी का एक महत्वपूर्ण अंग है। इन्जीनियरिंग के विभिन्न क्षेत्रों में मापन का प्रयोग होता है। जैसे वैद्युत मापयन्त्र का प्रयोग विद्युत क्षेत्र के लिए, इलेक्ट्रॉनिक का प्रयोग इलेक्ट्रॉनिकी क्षेत्र में होता है। मापन, किसी भौतिक राशि की माप जानने की वह प्रक्रिया है जिसमें भौतिक राशि की माप किसी प्रेक्षक (Observer) का परिणामी प्रेक्षण (Result observation) होता है जिसकी परिशुद्धता (Accuracy) प्रेक्षक की परिशुद्धता पर निर्भर करती है।

1.2. मापन उपयंत्र (Measurement Instrument)

जिन युक्तियों द्वारा भौतिक राशियाँ मापी जाती हैं उसे मापन उपयंत्र कहा जाता है। जैसे धारा को मापने के लिये ऐमीटर वोल्टेज के लिये वोल्टमीटर, सक्रिय शक्ति को मापने के लिए वाटमीटर, ऊर्जा को मापने के लिए एनर्जीमीटर, शक्ति गुणक को मापने के लिए पॉवर फैक्टर मीटर आदि।

मापन से हमें कई प्रकार की सूचनाएँ मिलती हैं—

(i) प्रणाली के Performance सम्बन्धी ज्ञान।

(ii) मापन से प्राप्त आँकड़ों से किसी सिद्धान्त का प्रतिपादन करना आदि।

(iii) सत्यता, परिशुद्धता त्रुटि आदि का ज्ञान होना।

कार्य की प्रकृति के अनुसार उपयन्त्र निम्न दो प्रकार के होते हैं—

माप यन्त्र (Measuring Instrument) : वह यन्त्र जो राशि को मापने का कार्य करते हैं, मापयन्त्र कहलाता है।

नियन्त्रण यन्त्र (Controlling Instrument) : वह यन्त्र जो किसी राशि के नियन्त्रण का कार्य करता है, कन्ट्रोलिंग इंस्ट्रूमेन्ट कहलाता है।

1.3. मापन के मात्रक (Standard of Measurement)

भौतिक राशियों के Unit Measure को किसी भौतिक रूप में व्यक्त किया जाता है, जैसे—द्रव्यमान (Mass) का मात्रक किलोग्राम।

1. अन्तर्राष्ट्रीय मानक (International Standards) : अन्तर्राष्ट्रीय स्तर के मान्य मानक, अन्तर्राष्ट्रीय मानक कहलाते हैं।

Scanned by CamScanner

2. प्राथमिक मानक (Primary Standards) : ये मानक युक्तियाँ विभिन्न मौलिक एवं उत्भव (Derived) राशियों हेतु मानक माप प्रस्तुत करती है।

3. द्वितीयक मानक (Secondary Standards) : इस प्रकार के मापन के मानक औद्योगिक मापन प्रयोगशालाओं द्वारा मानक के रूप में रखे जाते हैं। ये मानक कार्यकारी मानक युक्तियों के अंशशोधन व त्रुटि मापन हेतु सामान्य रूप से उपलब्ध होते हैं।

वैद्युत मापयन्त्र : वैद्युत मापयन्त्र वह उपयन्त्र है जो कि वैद्युत राशियों; जैसे धारा, वोल्टता, शक्ति, ऊर्जा इत्यादि को मापने के लिए प्रयुक्त किए जाते है।

1.4. विद्युत राशियाँ एवं उनके मापन उपयंत्र (Electrical Quantities and their Measuring Instruments)

1. विद्युत धारा (Current) : इलेक्ट्रॉन के प्रवाह की दर को धारा कहते हैं। इसे धारामापी (Ammeter) द्वारा मापा जाता है। इसका मात्रक ऐम्पियर है। धारामापी कई प्रकार के होते हैं—ए०सी० ऐमीटर, डी०सी० ऐमीटर ए०सी०डी०सी०

$$\text{धारा } I = \frac{\text{आवेश } (q)}{\text{समय } (t)} \text{ एम्पियर।}$$

2. वोल्टता (Voltage) : यह एक वैद्युत दाब है जो इलेक्ट्रनों द्वारा उत्पन्न होता है, इसे वोल्टमीटर (Voltmeter) द्वारा मापा जाता है। इसका मात्रक वोल्ट है।

$$\text{वोल्टता } (V) = \frac{W}{q} = \frac{\text{कार्य}}{\text{आवेश}} \text{ volt}$$

3. प्रतिरोध (Resistance) : किसी चालक का विद्युत धारा के प्रवाह में अवरोध प्रस्तुत करने का गुण उसका प्रतिरोध कहलाता है। इसका मात्रक ओह्म (Ω) है। इसका मापन ओह्ममीटर द्वारा करते हैं।

$$\text{प्रतिरोध} = R = \frac{V}{I} = \frac{\text{वोल्टता}}{\text{ऐम्पियर}} \text{ or ओह्म } (\Omega)$$

4. आवृत्ति (Frequency) : प्रत्यावर्ती विद्युत राशि द्वारा प्रति सेकण्ड पूर्ण किए गए चक्रों की संख्या को आवृत्ति (f) कहा जाता है। इसका मात्रक हर्ट्स (Hz) है, इसे आवृत्तिमापी (Frequency meter) द्वारा मापा जाता है।

5. प्रेरकता (Inductance) : प्रेरकता, कुण्डली (Coil) का वह गुण होती है जो स्वयं से प्रति ऐम्पियर प्रति सेकेण्ड विद्युत धारा परिवर्तन की दर पर स्वयं में तथा दूसरी कुण्डली में निश्चित मान का वि० वा० बल (emf) प्रेरित कर सकता है।

$$L = \frac{N^2}{\text{Reluctance}} = \frac{(\text{Number of turns})^2}{\text{Reluctance}} = \frac{N\phi}{I} \text{ हेनरी}$$

इसका मात्रक हेनरी (H) है।

6. धारिता (Capacitance) : किसी संधारित्र की धारिता, उस पर आवेश (Q) तथा उसके across वोल्टता (V) का अनुपात होता है। इसका मात्रक फैराड है।

$$\text{धारिता } (C) = \frac{q}{V} = \frac{\text{कार्य}}{\text{आवेश}} \text{ फैरड}$$

7. शक्ति गुणक (Power Factor) : प्रत्यावर्ती परिपथों में परिपथ पर प्रयुक्त वोल्टता तथा उसकी विद्युत धारा में समय अन्तर होता है, जिसे समय कलान्तर (Time phase-difference) कहा जाता है। इसे Electrical angle ϕ से व्यक्त करते है तथा कला कोण (Phase Angle) कहते है। शक्ति गणक को cos ϕ से व्यक्त करते हैं।

$$\text{शक्ति गुणक (P.F.)} = \text{कला कोण की कोज्या (cosine)} = \cos\phi$$

इसे Power factor meter द्वारा मापते हैं।

8. विद्युत शक्ति (Electrical Power) : विद्युत शक्ति (P), वोल्टता (V) तथा धारा (I) का गुणनफल होता है। इसका मात्रक वॉट होता है।

$$P = VI \text{ watt for D.C.}$$

$$P = VI\cos\phi \text{ watt for A.C.}$$

जहाँ V = वोल्टता, I = धारा, $\cos\phi$ = शक्ति गुणक

9. विद्युत ऊर्जा (Electrical Energy) : विद्युत शक्ति तथा समय का गुणनफल विद्युत ऊर्जा होता है। इसे E से प्रदर्शित करते है। इसका मात्रक वॉट-सेकण्ड या जूल होता है। इसे उर्जामापी द्वारा मापते है।

$$E = P \times T$$

$$\text{उर्जा} = \text{विद्युत शक्ति} \times \text{समय वाट सेकण्ड}$$

$$E = VI\cos\phi \times t = \frac{VI\cos\phi \times t}{3600 \times 1000} \text{ किलोवाट घण्टा (kWh) or 1 unit}$$

यदि एक घण्टे में शक्ति व्यय एक किलोवाट होता है तो उसको 1 यूनिट (1 unit) कहते हैं।

मापन राशि की प्रकृति के अनुसार ऊर्जामापी निम्न प्रकार के होते हैं—

डी०सी० ऊर्जामापी, ए०सी० ऊर्जामापी तथा ए०सी / डी०सी० ऊर्जामापी।

विभिन्न विद्युत राशियाँ, मात्रक तथा उनके मापन हेतु विद्युत मापयन्त्र नीचे दी गई तालिका में प्रदर्शित किए गए है।

विद्युत राशि	मात्रक	दिष्टधारा	प्रत्यावर्ती धारा	मापयंत्र
1. धारा (Current)	ऐम्पियर (A)	$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R}$	$I_{ac} = \frac{V_{ac}}{Z}$	ऐमीटर या धारामापी
2. वोल्टता (Voltage)	वोल्ट (V)	$V_{ac} = I_{dc}R$	$V_{ac} = I_{ac}Z$	वोल्टमीटर या वोल्टतामापी
3. प्रतिरोध	ओह्म (Ω)	$R = \frac{V_{dc}}{I_{dc}}$	$Z = \frac{V_{ac}}{I_{ac}}$	ओह्ममीटर
उपरोक्त तीनों विद्युत राशियों का मापन एक ही उपयंत्र (मल्टीमीटर) द्वारा भी किया जा सकता है।				
4. शक्ति (Power)	वाट (W)	$P_{dc} = V_{dc}I_{dc}$	$P_{ac} = V_{ac}I_{ac}\cos\phi$	वाटमीटर
5. शक्ति गुणक	मात्रक रहित	p.f. = 1	p.f. = $\cos\phi$	शक्ति गुणक मीटर
6. ऊर्जा (Energy)	जूल या वाट × सेकण्ड	$E = V_{dc}I_{dc} \times \text{time}$	$E = VI\cos\phi \times t$	ऊर्जामापी
7. आवृत्ति	हर्ट्ज (Hz)	f = 0 (zero)	$f = \frac{N \times P}{120}$	आवृत्तिमापी
8. प्रेरकत्व	हेनरी (H)	L = 0	$L = \frac{X_L}{\omega}$	मैक्सवैल सेतु अथवा प्रेरकत्वमापी
9. धारिता	फैरड (F)	$C = \frac{Q}{V_{dc}}$	$C = \frac{1}{\omega X_c}$	शीरिंग सेतु
10. चुम्बकीय फलक्स	वेबर (Wb)	$\phi_{dc} = B \times A$	$\phi_{ac} = B \times A$	चुम्बकीय फ्लक्स मीटर

Scanned by CamScanner

1.5. व्याख्यात्मक शब्दावली (Terminology)

1. पैमाना (Scale) : सूचक उपयन्त्रों में वह अंकित युक्ति जिस पर सूचक मापन राशि के परिमाण अर्थात् मात्रा को सूचित करता है पैमाना कहलाता है।

2. पैमाना परास (Scale Range) : किसी मापयन्त्र का परास उसके पैमाने पर अंकित अधिकतम पाठ्यांक होता है अर्थात् पैमाने पर दर्शाया गया अधिकतम पाठ्यांक उस पैमाने का परास होता है।

3. पैमाना विस्तार (Scale Span) : अशांकित पैमाने पर अधिकतम पाठ्यांक तथा न्यूनतम पाठ्यांक के अन्तर को पैमाना विस्तार कहते हैं।

$$S.S. = X_{max} \text{ (अधिकतम पाठ्यांक)} - X_{min} \text{ (न्यूनतम पाठ्यांक)}$$

4. आदर्श मान (Ideal Value) : किसी राशि का वह मान जो परम सत्य होता है, आदर्श मान कहलाता है।

5. वास्तविक मान (Real Value) : किसी राशि का वह मानक मान जो उस राशि के आदर्श मान के प्रति अति निकट होता है, Real value, Accurate value, True value, Correct value, या Pure value कहलाता है।

6. मापित मान (Measured Value) : किसी राशि का वह मान जो किसी मापयन्त्र द्वारा प्राप्त होता है मापित मान कहलाता है। मापी जाने वाली राशि का यह मान मापयंत्र की यथार्थता पर निर्भर करता है।

7. विभेदन (Resolution) : मापयन्त्र का वह गुण, जो दो सूक्ष्म मानों में विभेद ज्ञात करता है उसे विभेदन कहते हैं। विभेदन की क्षमता वैद्युत उपयंत्रों की तुलना में इलैक्ट्रॉनिक उपयंत्रों मे अत्यधिक होती है।

8. अंशांकन (Calibration) : किसी मापयन्त्र के अंशांकन का तात्पर्य उस मापयन्त्र की किसी मानक मापयन्त्र से तुलना करना है। मापयन्त्र के निर्माण काल में पैमाने का अंशांकन किया जाता है, जिसे पैमाना अंशांकन (Scale calibration) कहते हैं। इसके बाद जो भी अंशांकन होता है व मापयंत्र में त्रुटि को ज्ञात करने के लिए होता है। उक्त दोनों अंशांकनों को क्रमश: प्राथमिक व द्वितीयक अंशांकन के नाम से भी जाना जाता है।

9. त्रुटि (Error) : मापित मान तथा वास्तविक मान के अन्तर को त्रुटि कहते हैं।

± त्रुटि = मापित मान – वास्तविक मान

मापित मान > वास्तविक मान = धनात्मक (+) त्रुटि,

मापित मान < वास्तविक मान = ऋणात्मक (–) त्रुटि

10. यथार्थता (Accuracy) : यह वास्तविक मान से मापित मान की समीपता है। अतः यथार्थता को मापित मान तथा वास्तविक मान के अन्तर से मापा जाता है। यह अन्तर जितना कम होगा, यथार्थता उतनी ही अधिक होगी। उक्त अन्तर को त्रुटि कहते हैं।

11. परिशुद्धता (Precision) : मापयन्त्र द्वारा किसी एक ही राशि के मापित मानों की पारस्परिक समीपता को परिशुद्धता कहते हैं।

12. पुनरावृत्ति-योग्यता (Repeatability) : मापयन्त्र द्वारा किसी एक ही राशि के मापित मानों की समानता को पुनरावृत्ति-योग्यता कहते हैं।

13. अल्पतमांक (Least Count) : किसी मापयन्त्र द्वारा मापित न्यूनतम मान को उस मापयन्त्र का अल्पतमांक या अल्पतम माप कहते हैं।

14. संवेदनशीलता (Sensitivity) : किसी मापयन्त्र द्वारा मापी जाने वाली चर राशि में परिवर्तन करने से मापयन्त्र के डायल पर जो विक्षेप प्राप्त होता है, वह उस मापयन्त्र की संवेदनशीलता है। इसको सुग्राहिता के नाम से भी जाना जाता है।

15. स्थायित्व (Stability) : मापयन्त्र में यह गुण सुग्राहिता के व्युतक्रम होता है।

स्थायित्व (Stability) –

1.6. यथार्थता तथा परिशुद्धता में अन्तर (Difference between Accuracy and Precision)

वास्तविक मान से मापित मानों की समीपता को यथार्थता कहते हैं।

$$\text{मापित मान} - \text{वास्तविक मान} = \text{त्रुटि} \propto \frac{1}{\text{यथार्थता}}$$

$$(\text{मापित मान})_1 - (\text{मापित मान})_2 = \text{परिशुद्धता}$$

1.6.1. पुनरावृत्ति-योग्यता तथा परिशुद्धता में अन्तर (Difference Between Repeatability and Precision)

मापित मानों की समानता को पुनरावृत्ति-योग्यता कहते हैं। इन समान सूचित मानों को परिशुद्ध मान व गुण को परिशुद्धता कहते हैं।

Classification of Errors in Measurement

- Systematic Errors
  1. Gross Errors
  2. Instrument Errors
  3. Environmental Errors
  4. Observation Errors
  5. Calibration Errors
  6. Experimental Errors
- Residual Errors or Accidental Errors
  1. Error of Judgement
  2. Error due to Variation in Condition
  3. Error due to Definition
  4. Non-controllable Errors
- Gross Errors or Fixed Errors
  1. Blunders
  2. Translation Errors
  3. Transmission Errors

1.7. मापन में त्रुटियों का वर्गीकरण (Classification of Errors in Measurement)

व्यवस्थित अथवा क्रमबद्ध त्रुटियाँ (Systematic Errors) : वे त्रुटियाँ जिन्हें सिद्धान्त रूप से संशोधित किया जा सकता है। मापन में ये त्रुटियाँ मापन उपयन्त्र की त्रुटियों अथवा मापन व्यवस्था की कमियों के कारण होती हैं। मापन उपयन्त्र के लिए उपयुक्त अंशोधन द्वारा यह त्रुटि अंशतः जानी जा सकती है।

आकस्मिक अथवा अनियमित त्रुटियाँ (Accidental or Random Errors) : ये त्रुटियाँ मापी जाने वाली व्यवस्था या मापन प्रणाली में हो जाने वाले किसी आकस्मिक परिवर्तन के कारण होती हैं। इसका पूर्वानुमान लगाना कठिन है। इन त्रुटियों के परिकलन के लिए सम्भावित सिद्धान्त (Theory of Probability) का प्रयोग किया जाता है।

इन त्रुटियों के उत्पन्न होने के निम्न कारण हैं—

(i) चालित अंगों में घर्षण

(ii) चालों में पिच्छट (Backlash in movement)

(iii) सूचक तथा पैमाने के बीच लम्बन (Parallax)

(iv) सीमित पैमाना

(v) अवस्था परिवर्तन

अनुचित त्रुटियाँ या समग्र त्रुटियाँ अथवा नियत त्रुटियाँ (Illegitimate Errors or Gross Errors or Fixed Errors) : ऐसी त्रुटियाँ जो उचित नहीं है अर्थात जिन्हें होना ही नहीं चाहिए, अनुचित त्रुटियाँ कहलाती हैं। इन्हें थोड़ी-सी

Scanned by CamScanner

शोरगुल में पाठ्यांक स्पष्ट न होना, सूक्ष्म मापों में ऐसा सामान्यतः हो जाया करता है अथवा मापन में थोड़-सा भी अनुमान लगाकर त्रुटि हो सकती है।

मापन में त्रुटि (Error in Measurement) : सूचित माप तथा वास्तविक मान के अन्तर को त्रुटि कहते हैं। त्रुटि धनात्मक या ऋणात्मक हो सकती है।

सूचित मान (Indicated value) – वास्तविक मान (Real value) = ± त्रुटि (Error)

त्रुटि विश्लेषण (Analysis of Errors) : मापन में कुछ न कुछ त्रुटि अवश्य होती है। अतः मापी गई माप की प्रामाणिकता जानना आवश्यक है, जो मापन उपयन्त्र की कमियों अथवा मापन व्यवस्था की कमियों का परिणाम होती है, संचयी होती है, को सावधानीपूर्ण कार्य करने पर कम भी किया जा सकता है। उसके प्रतिकारण (Compensation) की भी व्यवस्था हो सकती है तथा अंशशोधन (Calibration) द्वारा संशोधित भी किया जा सकता है।

सम्भावित त्रुटि (Probability of Errors) : यदि किसी माप हेतु सम्भावित त्रुटि ज्ञात कर ली जाए तो मापन की प्रामाणिकता का अनुमान हो सकता है। मापन युक्तियों द्वारा सम्भावित त्रुटि का विश्लेषण करने के लिए सांख्यिकीय विधि (Statistical method) का सम्भाव्यता (Probability) सिद्धान्त का प्रयोग किया जाता है।

त्रुटि की सम्भाव्यता के लिए 20 या उससे अधिक पाठ्यांक लिए जाते हैं।

यदि माप x के लिए $x_1, x_2, x_3, \ldots\ldots, x_n$ आदि प्रेक्षणों की संख्या n है।

मापन हेतु अंकगणितीय माध्य (Arithmetic mean)

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \ldots\ldots + x_n}{n}$$

यदि x के विभिन्न प्रेक्षणों में से $x1$ के $n1$ पाठ्यांक, $x2$ के $n2$ पाठ्यांक आदि हों तो $n1$ को $x1$ की प्रेक्षण की आवृत्ति (Frequency of observation) तथा इसी प्रकार $n2$ को $x2$ तथा $n3$ को $x3$ आदि के लिए भी प्रेक्षण संख्याओं की आवृत्ति कहा जा सकता है। प्रेक्षण संख्याओं को आवृत्ति तथा विचलन के बीच ग्राफ़ की माप को आवृत्ति वितरण वक्र (Frequency distribution curve) कहते हैं।

मापन हेतु विचलन माध्य (Deviation) $d = x - \bar{x}$

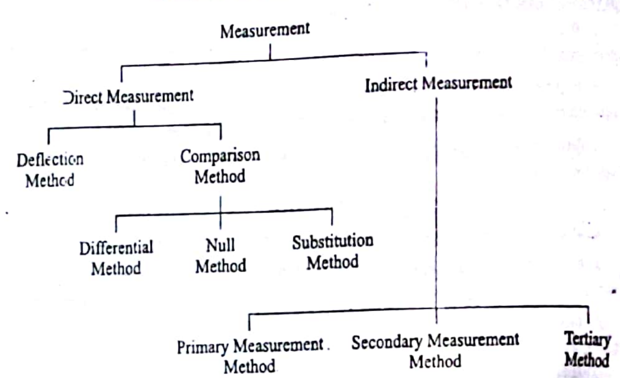
$d1 = x1 - \bar{x}$ $\quad d2 = x2 - \bar{x}$ $\quad d3 = x3 - \bar{x}$ $\quad dn = xn - \bar{x}$ ....

गाउसियन वितरण वक्र (Gaussian Distribution Curve) : लगभग सभी अनियमित प्रेक्षणों का सम्भाव्यता घनत्व वितरण (Probability density distribution) $P(x) = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 d^2}$ के रूप में होता है जो वास्तव में सामान्य वितरण (Normal distribution) रूप है, जिसे गाउसियन वितरण वक्र (Gaussian distribution curve) भी कहा जाता है, जहाँ d विचलन का मान, $P(x)$ किसी विचलन पर के प्रेक्षणों की संख्या, h सूक्ष्मता सूचकांक (Precision Index) है। त्रुटि की गणना हेतु गाउसियन वितरण वक्र की सहायता ली जाती है जिनके अनुसार 50% सम्भाव्यता (Probability) होती है कि विचलन ± 0·6745 σ के लगभग होता है, जहाँ σ माप का मानक विचलन (Standard deviation) है। विचलन का यही मान r = सम्भावित त्रुटि का मान होता है।

$$\left\{\begin{array}{l} \text{standard deviation } s = \frac{\Sigma d^2}{n} \\ \text{सम्भावित त्रुटि } = 0.6745\sigma \end{array}\right\} \text{ प्रेक्षणों की संख्या 20 से अधिक}$$

$$\left\{\begin{array}{l} \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} \\ r = 0.6745\sigma \end{array}\right\} \text{ प्रेक्षणों की संख्या 20 से कम}$$

मापन की मूल विधियाँ
Basic Methods of Measurements



वैद्युत मापक उपयन्त्र दो प्रकार के होते हैं—

1.7.1. प्राथमिक उपयन्त्र (Primary Instrument or Absolute Instruments)

वे उपयन्त्र, जो मापी जाने वाली राशि को उपयन्त्र के स्थिरांक (Contant of Instruments) तथा उसके विक्षेप में सूचित करते है। इन उपयन्त्रों को किसी अन्य उपयन्त्र से Calibaration या तुलना की आवश्कता नहीं पड़ती है। इन उपयन्त्रों का प्रयोग केवल Standardization (मानकीकरण) के लिए किया जाता है। उदाहरण, स्पर्शज्या (Tangent) गैलवैनोमीटर इसी प्रकार के उपयन्त्र का उदाहरण है जो धारा का मान, विक्षेपित कोण की स्पर्शज्या, प्रयोग की गई तार का अर्द्धव्यास व वर्तन तथा पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र के क्षैतिक घटक के रूप में मापता है।

1.7.2. द्वितीय उपयन्त्र (Secondary Instruments)

वे उपयन्त्र जो मापी जाने वाली राशि के परिमाण (Magnitude) को विक्षेप द्वारा सीधा मापा जाता है। इन उपयन्त्रों को प्रयोग करने से पहले इनका किसी निरपेक्ष उपयन्त्र (Absolute Instrument) द्वारा पूर्व Calibration किया जाता है। यह तीन प्रकार के होते हैं–

(i) सूचक उपयंत्र (Indicating Instrument)
(ii) अभिलेखन उपयंत्र (Recording Instrument)
(iii) समाकलन उपयंत्र (Integrating Instrument)

1.8. Classification of Secondary Instruments

(i) **सूचक उपयन्त्र (Indicating Instruments) :** वे उपयन्त्र जो मापी जाने वाली राशि को सूचक की सहायता से Calibrated स्केल पर सूचित कर देते है सूचक उपयंत्र कहलाते है, जैसे : ऐमीटर, वोल्टमीटर, वॉटमीटर, ओह्ममीटर (Ohmmeter) इत्यादि।

Scanned by CamScanner

(ii) अभिलेखन उपयन्त्र (Recording Instruments) : वे उपयन्त्र जो ग्राफ कागज पर स्याही द्वारा एक अमुक समय पर मापी गई राशि का अभिलेखन खीचते रहते है, अभिलेखन उपयंत्र कहलाते है। इनका प्रयोग शक्ति केन्द्रों व प्रयोगशालाओं में होता है; जैसे : ECG (Electro Cardio Graphs) का प्रयोग हृदय स्पंदन ज्ञात करने में किया जाता है।

(iii) समाकलन उपयन्त्र (Integrating Instruments) : वे उपयन्त्र जो किसी निश्चित अवधि तक दी गई सम्पूर्ण वैद्युत राशि का मान मापते है समाकलन उपयंत्र कहलाते है, जैसे : विद्युत ऊर्जामीटर (Energymeter)।

1.9. सूचक यन्त्रों की आधारभूत आवश्यकताएँ (Essentials of Indicating Instruments)

सूचक उपयन्त्र वास्तव में ऐसे यन्त्र है जो प्रयुक्त विद्युत को यान्त्रिक बल में परिवर्तित करते है और ये यान्त्रिक बल उपयन्त्र के सूचक में गति उत्पन्न कर किसी अंशांकित स्केल पर सूचक की सहायता से उस विद्युत राशि के मान की सूचना देते है।

यह निम्न तीन प्रकार के होते है—

1. विक्षेपण प्रणाली (Deflecting System)
2. नियन्त्रण प्रणाली (Controlling System)
3. अवमन्दन प्रणाली (Damping System)

1.10. विक्षेपण प्रणाली (Deflecting System)

उपयन्त्र में स्थित वह प्रणाली जो प्रयुक्त विद्युत धारा या वोल्टता को यन्त्रिक बल में परिवर्तित करती है जिससे गति यन्त्र में गति उत्पन्न होती है और उससे लगा सूचक विक्षेपित होता है विक्षेपण प्रणाली कहलाता है। वह बलघूर्ण (Torque) जो उपयन्त्र के चल-तन्त्र में गति उत्पन्न कर उससे लगे सूचक को उसकी शून्य स्थिति में विक्षेपित करता है विक्षेपण बल घूर्ण (Deflecting Torque) कहलाता है।

विक्षेपण बल घूर्ण निम्न भौतिक प्रभावों को प्रयोग करके उत्पन्न किया जा सकता है—

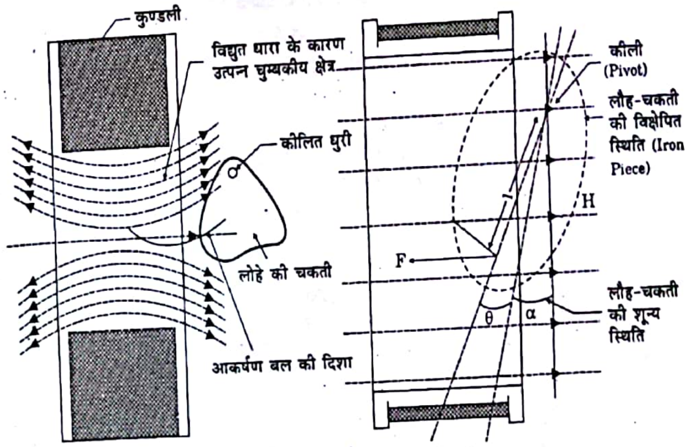
1.10.1. चुम्बकीय प्रभाव (Magnetic Effect)

जब किसी चुम्बकीय पदार्थ को चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है या किसी धारावाही कुण्डली को स्थायी चुम्बक के चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो चुम्बकीय प्रभाव के कारण उपयन्त्र के चल यन्त्र (Moving part) में विक्षेपण बलाघूर्ण उत्पन्न हो जाता है। यह प्रभाव ऐमीटर तथा वोल्टमीटर में होता है।

चुम्बकीय प्रभाव पर आधारित यह निम्न प्रकार का होता है—

(i) चुम्बकीय आकर्षण प्रभाव : इस सिद्धान्त के अनुसार प्रचालन बलाघूर्ण प्राप्त करने के लिए विशेष आकार के लोहे की चकती को चुम्बकीय क्षेत्र के निकट एक कीलित धुरी पर इस प्रकार लगाया जाता है कि चकती का स्वतन्त्र भाग चुम्बकीय क्षेत्र में प्रवेश कर सके।

विक्षेपण बलाघूर्ण (Deflecting Torque) : चित्र 1.1 के अनुसार कल्पना करें कि जब लोहे की चकती की अक्ष शून्य अवस्था में होती है तब यह अक्ष कुण्डली द्वारा उत्पन्न क्षेत्र (H) के लम्ब रूप दिशा में α कोण बनाती है। माना I धारा कुण्डली में प्रवाहित होने के कारण चकती का विक्षेप θ है। यह चुम्बकीय क्षेत्र (H) चकती को चुम्बकित करता है तथा इस



चित्र 1.1– आकर्षण प्रारूपी चल लौह उपयंत्र

चकती का ध्रुव सामर्थ्य

$$m \propto H\cos\{90° - (\alpha+\theta)\}$$
$$m \propto H\sin(\alpha+\theta)$$

चकती पर लगने वाला आकर्षण बल $F \propto mH$

$$F \propto H^2 \sin(\alpha+\theta) \qquad \text{चूँकि } m \propto H$$
$$F \propto I^2 \sin(\alpha+\theta) \qquad \text{चूँकि } H \propto I$$

यदि बल F चकती पर उसके Pivoted Point से l दूरी पर कार्य करता है, तो चल तन्त्र पर लगने वाला बल आघूर्ण

$$\tau d = Fl\cos(\alpha+\theta)$$
$$\Rightarrow \quad \tau d \propto I^2 \sin(\alpha+\theta)\cdot l\cos(\alpha+\theta)$$
$$\Rightarrow \quad \tau d \propto I^2 l \sin 2(\alpha+\theta)$$
$$\tau d = KI^2 l \sin 2(\alpha+\theta)$$

(ii) चुम्बकीय प्रतिकर्षण बल : इस सिद्धान्त के अनुसार जब दो समान चुम्बकीय ध्रुव पास-पास रखे होते है तो उनमें विकर्षण होता है। अगर इनमे से एक चुम्बक स्थिर तथा दूसरा स्वतन्त्र हो तो स्वतन्त्र चुम्बक दूर हटने का प्रयत्न करता है या हट जाता है। विकर्षण प्ररूपी उपयन्त्र में दो नरम लोहे के टुकड़े या छड़ रखी जाती हैं तथा इनको कुण्डली में प्रवाहित धारा से चुम्बकित किया जाता है। इस प्रकार दोनों लोहे की छड़ों पर समान ध्रुव बनते हैं और विकर्षण होता है।

विक्षेपण बलाघूर्ण :

$$m^1 = \text{स्थिर छड़ का ध्रुव सामर्थ्य}$$

Scanned by CamScanner

m^2 = चल छड़ का ध्रुव सामर्थ्य

H = चुम्बकीय क्षेत्र की सामर्थ्य

I = कुण्डली में प्रवाहित धारा

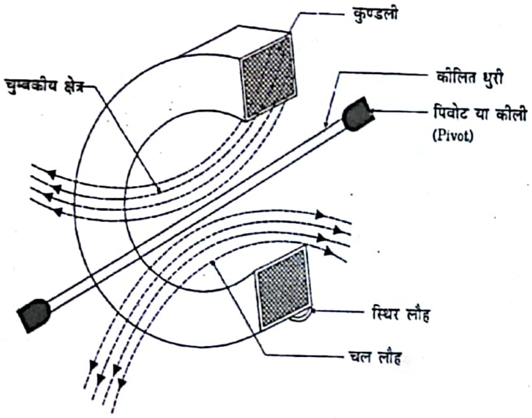
θ = संकेतक विक्षेपण कोण

$m_1 \propto H, \; m_2 \propto H$

$\therefore \qquad m_1 m_2 \propto H^2$

विक्षेपी बलाघूर्ण $\qquad T_d \propto H^2$

$$T_d \propto I^2 \qquad (\because H \propto I)$$

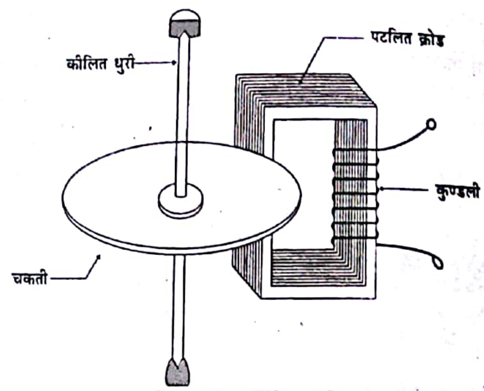


चित्र 1.2 – प्रतिकर्षण प्रारूपी उपयंत्र

1.10.2. विद्युत चुम्बकीय प्रेरण प्रभाव (Electromagnetic Induction Effect)

यह प्रभाव वोल्टमीटर, ऐमीटर, वाटमीटर, घण्टा मीटर में प्रयोग किया जाता है। इस सिद्धान्त के अनुसार विक्षेपक बलाघूर्ण प्राप्त करने के लिए सुचालक पदार्थ, ऐल्युमीनियम या तांबे की बनी एक हल्की चकती को विद्युत चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है जिससे चकती में भंवर धाराओं की उत्पत्ति होती है, जैसा कि चित्र 1.3 में प्रदर्शित किया गया है।

एक कुण्डली द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय फ्लक्स व चकती पर उसके द्वारा प्रेरित भंवर धारा चकती पर प्रचालन बलाघूर्ण उत्पन्न नहीं कर सकती है। इसलिए चकती को कम-से-कम दो फ्लक्सों, जो किसी कलान्तर पर होते है के चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है जिससे चकती पर बलाघूर्ण की उत्पत्ति हो जाने पर एक निश्चित दिशा में घूमने लगती है। इस प्रकार उत्पन्न बलाघूर्ण विक्षेपक बलाघूर्ण होता है।

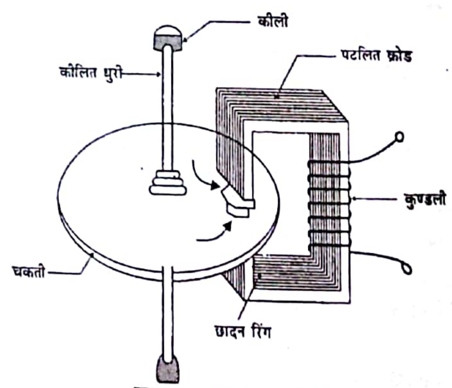


चित्र 1.3– प्रेरण प्रारूपी व्यवस्था

1.10.2. (a) छादन-ध्रुव प्रारूपी व्यवस्था (Shaded Pole Type Arrangement)

इस प्रकार की व्यवस्था में चकती या ड्रम को ऐसे चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित किया जाता है जिसके ऊपरी व निचले, दोनों ही ध्रुव नालों को दो भाग में बाँटकर उनमें से एक ही ओर के एक-एक भाग पर एक-एक छादन वलय (Shading Ring) लगा दी जाती है, जैसा कि चित्र 3.4 (a) में दिखाया गया है। इस प्रकार की व्यवस्था करने पर लगभग 50° के कलान्तर α पर स्थित दो फ्लक्सों ϕ_1 तथा ϕ_2 की प्राप्ति हो जाती है।

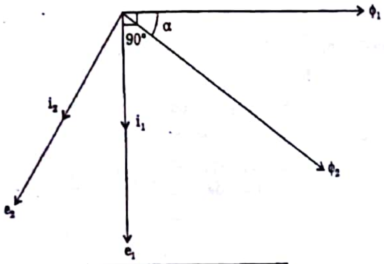
विक्षेपण बलाघूर्ण $\quad \tau_\delta \propto \phi_{1\mu}.\phi_{2\mu}.\sigma\iota\nu\alpha$



चित्र 1.4 (a) –छादन ध्रुव प्रारूपी

Scanned by CamScanner

Deflecting Torque : माना चकती, उन दो प्रत्यावर्ती ध्रुवों P_1 व P_2 के बीच स्थित है जो क्रमशः ϕ_1 और ϕ_2 फ्लक्स उत्पन्न करते हैं। फ्लक्स ϕ_1 के कारण चकती पर वि०वा० बल e_1 तथा फ्लक्स ϕ_2 के कारण वि०वा० बल e_2 प्रेरित होता है जिससे चकती पर क्रमशः i_1 तथा i_2 भंवर धाराएँ उत्पन्न होती हैं जैसा कि कालीय ओरख [चित्र 3.4 (b)] में दिखाया गया है।



चित्र 3.4 (b) : फेजर डायग्राम

चकती का वह भाग, जो फ्लक्स ϕ_1 के प्रभाव क्षेत्र में स्थित है और भंवर धारा i_2 वहन करता है एक यान्त्रिक बल F_1 का अनुभव करता है।

यान्त्रिक बल $F_1 = K\phi_1 i_2$

ठीक उसी प्रकार चकती का वह भाग जो ϕ_2 के प्रभाव क्षेत्र में स्थित है और भंवर धारा i_1 वहन करता है भी यान्त्रिक बल F_2 का अनुभव करता है।

यान्त्रिक बल $F_2 = K\phi_2 i_1$

यदि चकती का वह प्रभावी अर्द्धव्यास, जिस पर ये बल कार्य कर रहे हों r हो, तो

बल F_1 के कारण बलाघूर्ण $= T_1 = F_1 r = K\phi_1 i_2 r$

बल F_2 के कारण बलाघूर्ण $= T_2 = F_2 r = K\phi_2 i_1 r$

विक्षेपण आघूर्ण $T_d = T_1 - T_2 = Kr[\phi_1 i_2 - \phi_2 i_1]$

$$= K_1[\phi_1 i_2 - \phi_2 i_1] \quad \text{...(i)}$$

यदि $\phi_1 = \phi_{1m}\sin\omega t$, $\phi_2 = \phi_{2m}\sin(\omega t - \alpha)$,

प्रेरित वि०वा० बल $e_1 = \frac{d\phi_1}{dt} = \frac{d}{dt}[\phi_{1m}\sin\omega t]$

$$= \omega\phi_{1m}\cos\omega t$$

उत्पन्न भंवर धारा $i_1 = \frac{e_1}{Z} = \frac{\omega\phi_{1m}\cos\omega t}{R}$ [ऐल्युमीनियम की चकती के लिए $Z = R$]

$$e_2 = \omega\phi_{2m}\cdot\cos(\omega t - \alpha)$$

उपरोक्त सम्बन्ध से ϕ_1, ϕ_2 तथा i_1 और i_2 के मान समीकरण (i) में रखने पर

$$\tau_d = K_1\left[\phi_1\sin\omega t\cdot\frac{\omega\phi_{2m}}{R}\cos(\omega t-\alpha) - \phi_{2m}\sin(\omega t-\alpha)\frac{\omega\phi_{1m}}{R}\cos\omega t\right]$$

$$\tau_d = K_1\frac{\omega}{R}\phi_{1m}\phi_{2m}[\sin\omega t\cdot\cos(\omega t-\alpha) - \cos\omega t\cdot\sin(\omega t-\alpha)]$$

$$\tau_d = K_1\frac{\omega}{R}\phi_{1m}\phi_{2m}[\sin\{(\omega t-(\omega t-\alpha))\}]$$

$$\tau_d = K_1\frac{\omega}{R}\phi_{1m}\cdot\phi_{2m}\cdot\sin\alpha$$

$$\tau_d = K_2\omega\phi_{1m}\cdot\phi_{2m}\cdot\sin\alpha \qquad \left\{\frac{K_1}{R} = K_2\right\}$$

उपरोक्त सम्बन्ध से स्पष्ट है—

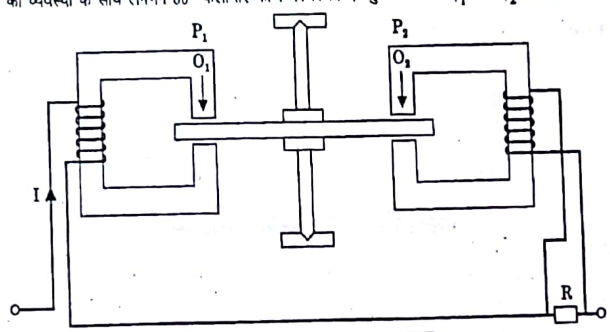
(i) $\alpha = 90°$, τ_d का मान अधिकतम होगा।

(ii) चकती की गति की दिशा अग्रगामी फ्लक्स उत्पन्न करने वाले ध्रुव से पश्चगामी फ्लक्स उत्पन्न करने वाले ध्रुव की ओर होती है।

(iii) $\tau_d \propto \frac{1}{R}$ अतः R के न्यूनतम मान पर τ_d अधिकतम होगा।

1.10.3. (b) विभक्त ध्रुव प्रारूपी व्यवस्था (Split Pole Type Arrangement)

इस प्रकार की व्यवस्था में चकती या ड्रम दो ऐसे क्षेत्रों की व्यवस्था की जाती है जिनके द्वारा उत्पादित फलक्स ϕ_1 तथा ϕ_2 कलान्तर कोण α रेडियन पर हों। इसके लिए सामान्यतः एक चुम्बक के समान्तर क्रम में एक प्रतिरोध R जोड़कर उसकी विद्युतधारा को कुल लाइन धारा के सापेक्ष पश्चगामी बना लिया जाता है, यह चित्र 3.5 में दिखाया गया है। इस प्रकार की व्यवस्था के साथ लगभग 60° कलान्तर कोण पर स्थित दो चुम्बकीय क्षेत्र ϕ_1 तथा ϕ_2 होते हैं।



चित्र 3.5 : विभक्त ध्रुव प्रारूपी व्यवस्था

यदि इस स्थिति में एक ध्रुव का फ्लक्स ϕ_1 तथा दूसरे ध्रुव का फ्लक्स ϕ_1 परस्पर α कलाकोण पर हों।

विक्षेपण बलघूर्ण $\tau \propto \phi_{1m}\cdot\phi_{2m}\sin\alpha$

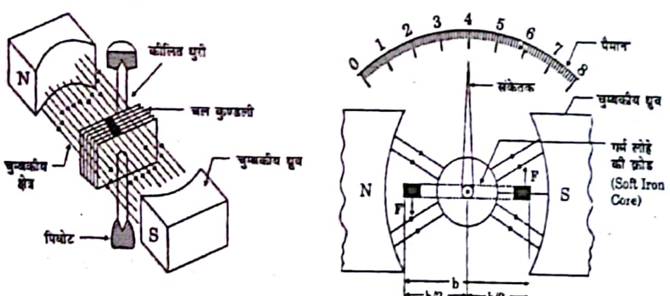
Scanned by CamScanner

1.10.4. विद्युत डायनेमो प्रभाव (Electro-dynamic Effect)

जब किसी धारावाही कुण्डली को स्थायी चुम्बकीय क्षेत्र अथवा विद्युत चुम्बक द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है, तो धारावाही कुण्डली एक बल का अनुभव करती है। इस बल के प्रभाव में कुण्डली मे बल आघूर्ण उत्पन्न होता है। उक्त प्रचालन सिद्धान्त निम्न प्रकार से है—

1. स्थायी चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित धारावही कुण्डली (Current Carrying Coil Placed in a Permanent Magnetic Field) : इस सिद्धान्त पर प्रचालन बल आघूर्ण प्राप्त करने के लिए एक चल कुण्डली को, कीलित धुरी (Pivoted Spindle) पर स्थित कर उसे स्थायी चुम्बक के चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है जैसा कि निम्न चित्र 3.6 में दर्शाया गया है। इस प्रकार को व्यवस्था स्थायी चुम्बन चल कुण्डल प्रारूपी (Permanent Magnet Moving Coil Arrangement) व्यवस्था कहलाती है।

कार्य प्रणाली (Working) : उपयंत्र को सप्लाई से जोड़ने पर कुण्डली में धारा प्रवाहित होती है जिसके कारण कुण्डली पर दोनों ओर विपरीत दिशा में यांत्रिक बल F कार्य करने लगता है, जैसा कि चित्र 3.6 (b) में दिखाया गया है जिसके प्रभाव में कुण्डली अपनी कीलित धुरी पर विक्षेपित होती है। विक्षेपित होने की दिशा फ्लेमिंग के बाँये हाथ के नियम (Fleming's Left Hand Rule) पर आधारित होती है। कीली पर एक संकेतक लगा होता है जो कि घूमकर अथवा विक्षेपित होकर धारा की सामर्थ्य तथा वोल्टता को अंशांकित पैमाने पर दर्शाता है। उपयंत्र का संकेतक स्प्रिंग द्वारा नियंत्रित होता है। अत: पैमाने पर प्राप्त विक्षेप (θ) चल कुण्डली में प्रवाहित धारा के समानुपाती होता है। इस व्यवस्था में चुम्बकीय परिपथ के रिलक्टैन्स को कम करने तथा चुम्बकीय फ्लक्स को समरूप तथा अर्धव्यासीय (Uniform and Radial) करने के लिये बेलनाकार ध्रुव सतह के बीच स्थित चल कुण्डली के बीच में मृदु लोहे का एक बेलनाकार क्रोड स्थित किया जाता है जैसा कि चित्र 3.6 (b) में दिखाया गया है।



(a) व्यवस्था (b) सिद्धान्त

चित्र 3.6 : स्थायी चुम्बक चल कुण्डली प्रारूपी उपयंत्र

विक्षेप बल आघूर्ण (Deflecting Torque) : माना कि N (turns) टर्न्स से निर्मित l मीटर लम्बी तथा b मीटर चौड़ी चल कुण्डली स्थायी चुम्बक के B वेबर/मी०^2 फ्लक्स घनत्व वाले चुम्बकीय क्षेत्र में रखी हो तथा कुण्डली में I ऐम्पियर की विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है, तो कुण्डली की प्रत्येक भुजा पर कार्य करने वाला बल

$$F = NBIl \text{ न्यूटन}$$

∵ विक्षेप बल आघूर्ण $T_d = F \times$ लम्बवत् दूरी

$$T_d = T_{d1} + T_{d2}$$

$$T_{d1} = T_{d2} = NBIl \times b/2$$

अत: कुल परिणमी बल आघूर्ण $T_d = 2 \times T_{d1} = 2 \times NBIl \times \frac{b}{2}$

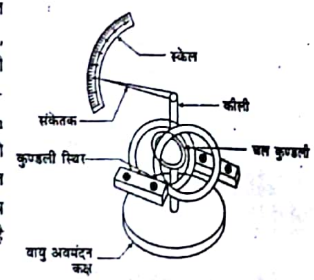
$$= NBIl \times b$$

$$= NBIA \text{ न्यूटन} \times \text{मीटर} \qquad (A = l \times b \text{ कुण्डली का क्षेत्रफल})$$

∵ कुण्डली का आकार (l, b) टर्न्स तथा चुम्बकीय क्षेत्र का सामर्थ्य B स्थिर है, इसलिए

विक्षेप बल आघूर्ण, $T_d \propto I$, विक्षेप बल आघूर्ण, धारा के समानुपाती होता है।

2. विद्युत चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित धारावाही कुण्डली (Current Carrying Coil Placed in Electro-magnetic Field) : इस सिद्धान्त पर प्रचालन बल आघूर्ण प्राप्त करने के लिए वायु-क्रोड (Air-cored Coil) युक्त कुण्डली को, जो कि चल कुण्डली (Moving Coil) कहलाती है, कीलित धुरी पर स्थित कर, एक स्थिर कुण्डली (Fixed Coil) के विद्युत-चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है। सम चुम्बकीय क्षेत्र (Unifrom Magnetic Field) प्राप्त करने के लिये स्थिर कुण्डली को दो समान अर्द्ध-भागो में बाँटकर परस्पर समान्तर कुछ दूरी पर स्थित कर दिया जाता है और इसी के द्वारा उत्पन्न विद्युत-चुम्बकीय क्षेत्र मे उक्त कीलित चल कुण्डली (Moving Coil) स्थित होती है जैसा कि चित्र 3.7 में दिखाया गया है।



चित्र 3.7 : डायनेमोमीटर टाइप

कार्य प्रणाली (Working) : जब स्थिर कुण्डली (Fixed Coil) में धारा प्रवाहित की जाती है तो वह विद्युत चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है एवं इस चल कुण्डली (Moving Coil) में भी विद्युत धारा प्रवाहित होती है तब यह चल कुण्डली ठीक उस धारावाही कुण्डली की भाँति होती है जिसे चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है (अर्थात्, जब किसी धारावाही कुण्डली को किसी चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो वह कुण्डली एक बल का अनुभव कती है जिसकी दिशा फ्लेमिंग के बाँये हाथ द्वारा ज्ञात की जा सकती है तब चल कुण्डली पर यांत्रिक बल कार्य करता है जिसके कारण कुण्डली विक्षेपित हो जाती है।

विक्षेप बल आघूर्ण (Deflecting Torque) : माना कि स्थिर कुण्डली से विद्युत धारा I_f तथा N वर्तनों की l लम्बाई तथा चौड़ाई b की चल कुण्डली से विद्युत धारा I_m प्रवाहित हो रही है तथा चल कुण्डली, स्थिर कुण्डली द्वारा उत्पादित सम चुम्बकीय क्षेत्र, जिसका फ्लक्स घनत्व B है, में स्थित है जैसा कि निम्न चित्र 3.8 में दिखाया गया है।

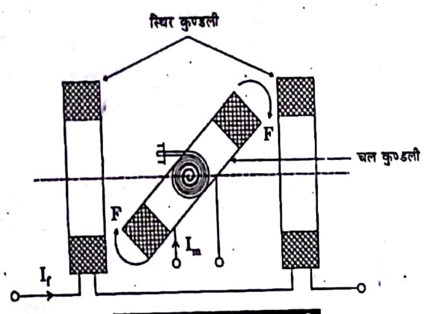
स्थिर कुण्डली द्वारा उत्पन्न विद्युत-चुम्बकीय फ्लक्स घनत्व

$$B \propto I_f$$

$$\Rightarrow \quad B = KI_f$$

तब चल कुण्डली पर लगने वाला यांत्रिक बल $F = BI_m lN$ न्यूटन तथा कुण्डली की प्रत्येक भुजा पर लगने वाला विक्षेप बल आघूर्ण

Scanned by CamScanner



चित्र 3.8 : डायनेमोमीटर प्रारूपी

$$T_{d1}=T_{d2}=BI_m l\times\frac{b}{2}\times N$$

इसलिए सम्पूर्ण विक्षेप बल आघूर्ण $T_d=2\times BI_m l\times\frac{b}{2}\times N$

$$T_d=BI_m(l\times b)N$$

$$T_d=NBI_mA \qquad (A=l\times b \text{ कुण्डली का क्षेत्रफल})$$

$$T_d=KNI_fI_mA$$

चूँकि उपयन्त्र में K, N, A स्थिर रहते हैं, अत:

∴ विक्षेप बल आघूर्ण $T_d\propto I_fI_m$

विक्षेप बल आघूर्ण, धारा के वर्ग के समानुपाती होती है।

1.10.5. स्थिर-विद्युत प्रभाव (Electrostatic Effect)

इस सिद्धान्त पर प्रचालन बलघूर्ण प्राप्त करने के लिए दो प्लेटों को परस्पर विद्युतरोधित रखते हुए दोनों के बीच वायु अन्तराल देकर एक-दूसरे के निकट रखा जाता है। जब दोनों के बीच विभान्तर प्रयुक्त होता है तो ये प्लेट परस्पर आवेश से आवेशित होती हैं। चूँकि विपरीत आवेशों के बीच परस्पर आकर्षण होता है अत: इस आकर्षण बल से प्रेरित होकर चल प्लेट स्थिर प्लेट की ओर आकर्षित होती है। यही आकर्षण बल इस प्रकार के उपयन्त्रों में विक्षेपण बलाघूर्ण उत्पन्न करता है।

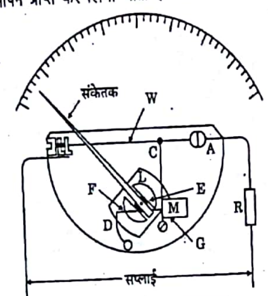
विक्षेपण बलाघूर्ण $\tau_d\propto V^2$

V = विभवान्तर

1.10.6. ऊष्मा प्रभाव (Thermal Effect)

यह वोल्टमीटर व ऐमीटर में प्रयोग किया जाता है। इस सिद्धान्त के अनुसार प्रचालन बलघूर्ण प्राप्त करने के लिए विद्युत धारा के ऊष्मीय प्रभाव का प्रयोग करते हैं। जब किसी चालक में विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है तो उसमें ऊष्मा उत्पन्न होती है जो कि प्रवाहित धारा तथा चालक के प्रतिरोध पर निर्भर करती है। यदि किसी चालक का प्रतिरोध = R तथा प्रवाहित धारा = I हो, तो

1. गर्म तार व्यवस्था (Hot Wire Arrangement) : इस व्यवस्था में विद्युत धारा के ऊष्मीय प्रभाव द्वारा उत्पन्न ऊष्मा से चालक गर्म होता है और गर्मी पाकर उसकी लम्बाई में वृद्धि होती है जो तार से प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा के वर्ग के समानुपाती होती है। विभिन्न विद्युत धारा मानों पर प्राप्त विभिन्न तापों पर चालक की लम्बाई में हुई वृद्धि को विद्युत राशि की इकाई में परिवर्तित कर मापन प्राप्त कर लिया जाता है जैसा कि चित्र 3.9 में दिखाया गया है।



चित्र 3.9 : गर्म तार उपयंत्र

2. ताप विद्युत वि० वा० बल व्यवस्था (Thermoelectic E.M.F. Arrangement) : इस प्रकार की व्यवस्था में विद्युत धारा के ऊष्मीय प्रभाव से प्राप्त ताप का उपयोग एक थर्मोकपल की ताप सन्धि को गर्म करने के लिए किया जाता है। थर्मोकपल से प्राप्त ताप वि०वा० बल, जो विद्युत धारा के विभिन्न मानों पर विभिन्न ऊष्मा मानों के उत्पन्न होने के कारण भिन्न होता है, का उपयोग विद्युत राशियों को मापने के लिये किया जाता है।

1.11. नियंत्रण प्रणाली (Controlling System)

विक्षेप बल आघूर्ण के प्रभाव में उपयंत्र का चल यंत्र (Moving System) तब तक विक्षेपित होता रहता है जब तक कि चल तन्त्र को नियंत्रित करने वाला कोई नियंत्रण नहीं होता है अर्थात् उपयंत्र में वह प्रणाली जो विक्षेप को नियंत्रित करती है नियन्त्रण प्रणाली कहलाती है तथा इस प्रणाली द्वारा उत्पन्न वह बल आघूर्ण जो विक्षेप बल आघूर्ण के बराबर तथा विपरीत दिशा में कार्य करता है, नियन्त्रण बल आघूर्ण (Controlling Torque) कहलाता है। किसी उपयंत्र का चल तंत्र उस स्थिति पर रुक जाता है जहाँ पर कि विक्षेप बल आघूर्ण (T_d), नियन्त्रण बल आघूर्ण (T_c) के बराबर हो जाता है। उपयंत्रों में नियंत्रण बल आघूर्ण निम्न दो विधियों द्वारा उत्पन्न किया जाता है।

1.11.1. स्प्रिंग नियन्त्रण (Spring Control)

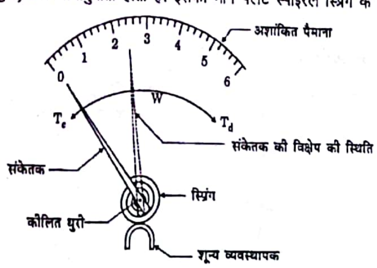
इस प्रकार के नियन्त्रण में फॉस्फर ब्रोंज (Phosphor Bronze) की बनी एक या दो स्प्रिंगें, जिनका एक सिरा चल तन्त्र तथा दूसरा सिरा एक ऐसे लीवर से संयोजित होता है जिसे घुमाकर संकेतक (Pointer) को शून्य स्थिति में व्यवस्थित किया जा सकता है, प्रयोग में लायी जाती है जैसा कि चित्र 3.10 में दर्शाया गया है।

लगभग सभी सूचक उपयन्त्रों में फॉस्फर ब्रोंज की फ्लैट स्पाइरल स्प्रिंग प्रयोग में लाई जाती है क्योकि इस प्रकार की स्प्रिंग किसी दूसरे प्रकार की स्प्रिंग से कम स्थान घेरती है। इस प्रकार की कन्ट्रोल स्प्रिंग को उपरोक्त में दर्शाया गया है।

जब उपयन्त्र को सप्लाई से जोड़ा जाता है तो विक्षेप बल आघूर्ण (T_d) उत्पन्न होता है। उसके प्रभाव में संकेतक विक्षेपित हो जाता है जैसा कि चित्र 3.10 में बिन्ददार रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किया गया है जब स्प्रिंग में ऐंठन (Twist) आ

Scanned by CamScanner

जाता है तथा स्प्रिंग अपनी पूर्ण अवस्था में आने का प्रयास करती है। अत: यह एक ऐसे बल आघूर्ण (T_c), जिसे नियन्त्रण बल आघूर्ण (Controlling Torque) कहते हैं, की उत्पत्ति करती है जो विक्षेप बल आघूर्ण (T_d) के विपरीत तथा विक्षेप कोण (Deflection Angle) θ के समानुपाती होती है। इसका मान फ्लैट स्पाइरल स्प्रिंग के लिये



चित्र 3.10 : स्प्रिंग नियन्त्रण

$$T_c = \frac{Ebt^3}{12l} \times \theta \text{ N-m होता है}$$

जहाँ E – यंग का प्रत्यास्थता गुणांक (स्प्रिंग पदार्थ का)

b – स्प्रिंग की चौड़ाई; मीटर में,

t – स्प्रिंग की मोटाई; मीटर में,

l – स्प्रिंग की लम्बाई, मीटर में,

θ – कोणीय विस्थापन; रेडियन में

किसी विशेष स्प्रिंग के लिये, E, b, t, l नियत रहते हैं, इसलिए

नियन्त्रण बल आघूर्ण, $T_c = k\theta$

$$k = \frac{Ebt^3}{12l} \text{ N/rad}$$

k = स्प्रिंग नियतांक या टॉरसन नियतांक या रीस्टोरिंग नियतांक

दोनों बल आघूर्णों (T_d, T_c) से प्रभावित संकेतक कैलीबरेटिड स्केल पर उस स्थिति मे स्थिर होता है जहाँ दोनों बल आघूर्ण एक-दूसरे के बराबर हो जाते है। ($T_d = T_c$) तथा वैद्युत राशि को पैमाने पर सूचित करते हैं।

यदि किसी उपयन्त्र में विद्युत धारा I प्रवाहित हो रही हो, तब

विक्षेप बल आघूर्ण $T_d \propto I$

तथा नियन्त्रण बल आघूर्ण $T_c \propto \theta$

∴ सन्तुलन की अवस्था में $T_d = T_c$

$$\theta \propto I$$

चूँकि स्प्रिंग नियन्त्रण प्रणाली में संकेतक का विक्षेप θ, विद्युत धारा I के सीधे समानुपाती होता है, इसलिये स्प्रिंग नियन्त्रण रखने वाले उपयन्त्रों का पैमाना समरूप (uniform) होता है।

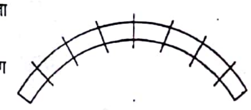
नियन्त्रण बल आघूर्ण (T_c), विक्षेप कोण (θ) के समानुपाती रहे, यह सुनिश्चित करने के लिये स्प्रिंग को अधिक वर्तन (Large Number of Turns) का बनाया जाता है जिससे पूर्ण विक्षेप (Full Scale Deflection) पर स्प्रिंग का कोणीय विरूपण प्रति इकाई लम्बाई कम हो, साथ ही स्प्रिंग के प्रतिबल (stress) को इतना सीमित रखते है कि वह अपने में पूर्ण स्थायीपन ही न उत्पन्न कर ले। तापमान के प्रभाव को निरस्त करने के लिये कभी-कभी दो स्प्रिंगों को जो एक-दूसरे से विपरीत दिशा में कुण्डलित होते हैं तथा एक-दूसरे के विपरीत कार्य करते हैं चल तन्त्र पर लगे रहते हैं। इस प्रकार तापमान प्रभाव दोनों स्प्रिंगों के कारण काउन्टर बैलेंस हो जाता है।

स्प्रिंग नियन्त्रण के लाभ (Advantages) :

(i) उपयंत्र को क्षैतिज अथवा ऊर्ध्वाधर किसी भी अवस्था में रखा जा सकता है।

(ii) चूँकि स्प्रिंग का भार बहुत की कम या नगण्य होने के कारण स्प्रिंग नियन्त्रण वाले उपयन्त्र का भार नहीं बढ़ता है।

(iii) स्प्रिंग नियन्त्रित स्थायी चुम्बक चल कुण्डल (PMMC) उपयन्त्र का पैमाना समरूप होता है। (क्योकि $T_d \propto I$) चित्र 3.11 में दर्शाया गया है।



चित्र 3.11 : समरूप पैमाना

हानियाँ (Advantages) :

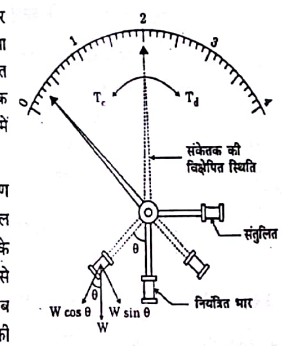
(i) स्प्रिंग की अच्छी डिजायन होने के बावजूद तापमान परिवर्तन के कारण स्प्रिंग को लम्बाई प्रभावित होती है जिसके कारण नियन्त्रण बल आघूर्ण (T_c) भी प्रभावित होता है।

(ii) समय के साथ श्रमदंड (Fatigue) होने के कारण स्प्रिंग का स्वरूप खराब (deteriorate) हो जाता है जिससे Accuracy खत्म हो जाती है।

1.11.2. गुरुत्व नियन्त्रण (Gravity Control)

इस प्रकार की नियन्त्रण व्यवस्था में एक छोटे समंजनीय भार (Adjustable Weight) W को चल तंत्र के एक भुजा पर लगा दिया जाता है तथा इस भार की स्थिति को आवश्यकतानुसार समंजित किया जा सकता है। यह चल भार (Moving Weight) आवश्यक नियन्त्रण बल आघूर्ण उत्पन्न करता है जैसा कि चित्र 3.12 में दर्शाया गया है।

संकेतक को विश्राम अवस्था अथवा शून्य अवस्था में, नियंत्रण भार W ऊर्ध्वाधर स्थिति में होता है जिसके कारण कोई नियंत्रण बल आघूर्ण उत्पन्न नहीं होता है। लेकिन विक्षेप बल आघूर्ण (T_d) के प्रतिक्रियास्वरूप जब संकेतक अपनी विश्राम अवस्था से θ कोण से विक्षेपित होता है जैसा कि चित्र 3.12 में दर्शाया गया है। जब संकेतक A से B की ओर घूमता है तब नियंत्रित भार W, C से D की ओर घूमता है, जैसा कि चित्र 3.13 में प्रदर्शित किया गया है, लेकिन गुरुत्व (Gravity) के कारण नियंत्रित भार वापस अपनी पूर्व



चित्र 3.12 : गुरुत्व नियन्त्रण

Scanned by CamScanner

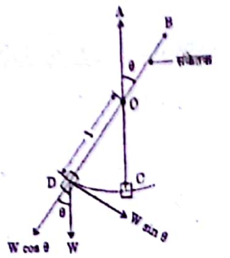
अवस्था में आने का प्रयास करता है तथा आवश्यक नियंत्रण बल आघूर्ण (T_c) उत्पन्न करेगा। जब नियंत्रण बल आघूर्ण (T_c), विक्षेप बल आघूर्ण (T_d) के बराबर हो जाता है तब संकेतक रुक जाता है तथा संकेतक नियंत्रण भार W, θ कोण से विक्षेपित हो जाते है। विक्षेपित नियंत्रण भार W के दो घटक (Components) $W\cos\theta$ तथा $W\sin\theta$ होंगे। लेकिन घटक $W\sin\theta$ ही नियंत्रण बल आघूर्ण प्रदान करता है तथा नियंत्रित भार (W) को वापस पूर्व ऊर्ध्वाधर अवस्था में लाता है, अर्थात् नियंत्रण बल आघूर्ण

$$T_c = W\sin\theta \times l = Wl\sin\theta$$

$$T_c = K_g \times \sin\theta$$

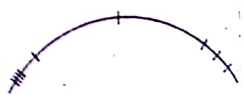
जहाँ $K_g = Wl$ = एक नियतांक है

$$\Rightarrow T_c = \sin\theta$$



चित्र 3.13 : गुरुत्व नियंत्रण का विश्लेषण

इस प्रकार गुरुत्व नियंत्रण, नियंत्रण भार (W) पर प्रभाव डालता है, जो कि विस्थापन कोण (θ) की ज्या (sine) के समानुपाती होता है। जैसे की θ, 90° पर पहुँचता है, तब दिये हुए कोण परिवर्तन पर AB में बहुत कम बढ़ोत्तरी होती है, अपेक्षाकृत जबकि कोण θ, शून्य से जैसे ही बढ़ता है। इसलिये जिन उपयंत्रों में गुरुत्व नियंत्रण होता है, उन उपयंत्रों का पैमाना समरूप नहीं होता है अर्थात् उपयंत्रों का पैमाना आरम्भ में सिकुड़ा (Cramped) तथा बाद में फैला (Expanded) हुआ होता है, जैसा कि चित्र 3.14 में प्रदर्शित किया गया है।


चित्र 3.14 : असमरूप पैमाना

गुरुत्व नियंत्रण के लाभ (Advantages) :

(i) यह उपयंत्र सरल और सस्ते होते हैं।

(ii) यह उपयंत्र तापमान परिवर्तन से प्रभावित नहीं होते हैं।

(iii) नियंत्रित भार को समंजित करके, नियंत्रण बल आघूर्ण को बदला जा सकता है।

(iv) इन्हें अधिक समय तक लगातार उपयोग में लाया जा सकता है।

गुरुत्व नियंत्रण की हानियाँ (Disadvantages) :

(i) इनका पैमाना समरूप नहीं होता है। पैमाने के प्रारम्भिक पाठ्यांक कम दूरी पर तथा बाद में अधिक दूरी पर होते हैं जैसा कि चित्र 3.14 में दर्शाया गया है।

(ii) इन उपयंत्रों को सदैव ऊर्ध्वाधर स्थिति में ही रखना पड़ता है। इसलिये यह उपयंत्र सुवाह्य (Portable) नहीं होते हैं। इनका प्रयोग Indoors के लिये ही सीमित है।

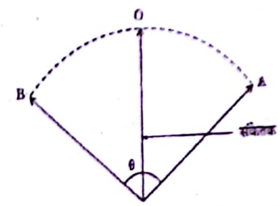
(iii) इन उपयंत्रों में कम पाठ्यांक पर अधिक त्रुटि होती है।

(iv) नियंत्रण भार के कारण उपयन्त्र का भार बढ़ जाता है जिसके कारण बल आघूर्ण तथा भार (Torque Weight Ratio) का अनुपात कम हो जाता है तथा उपयंत्र की संवेदनशीलता कम हो जाती है।

उपरोक्त कमियों की वजह से सूचक उपयंत्रों (Indicating Instruments) में गुरुत्व नियंत्रण लाभकारी नहीं है इसलिये यह प्रणाली लगभग अप्रचलित (Obsolete) हो गयी है।

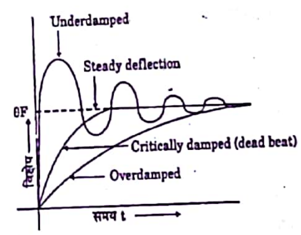
1.12. अवमंदन प्रणाली (Damping System)

जैसा कि पूर्व मे देखा गया है कि विक्षेप बल आघूर्ण (T_d) तथा नियंत्रण बल आघूर्ण (T_c) यांत्रिक प्रणालियों द्वारा उत्पन्न किया जाता है, इसलिये इसमें यांत्रिक जड़त्व (Mechanical Inertia) होता है साथ ही संकेतक का अपना भी कुछ जड़त्व होता है, जिसके कारण संकेतक अपनी अन्तिम विक्षेप की स्थिति के आस-पास दोलन (Oscillation) करने लगता है जैसा कि चित्र 3.15 मे दर्शाया गया है। अवमन्दन बल इस प्रकार के दोलनों पर ब्रेक का कार्य करता है जिससे संकेतक शीघ्र ही विराम अवस्था मे रुक जाये ताकि मापी जाने वाली राशि का पाठ्यांक शीघ्र लिया जा सके। वह प्रणाली, जो उपयंत्र के चल तंत्र को शीघ्रतापूर्वक उसकी अन्तिम विक्षेपित स्थिति या सन्तुलित स्थिति पर रोक दे, अवमन्दन प्रणाली (Damping System) कहलाती है तथा वह बल आघूर्ण जो यह कार्य करता है, अवमन्दन बल आघूर्ण (Damping Torque) कहलाता है। यह प्रणाली ऐसा बल आघूर्ण उत्पन्न करती है जो चल तंत्र की गति की हर दिशा में, उसके विपरीत दिशा में कार्य करता हुआ, उसको रोकने का प्रयास करता है।



चित्र 3.15 : संकेतक का स्केल पर दोलन करना

चित्र 3.16 में उपयंत्र के लिये विक्षेप θ तथा समय t में अवमन्दन वक्र को विभिन्न स्थितियों में प्राप्त वक्रों को दर्शाया गया है।



चित्र 3.16 : Damping Curve

1. **न्यून अवमंदन (Under-damped) :** इस स्थिति में संकेतक अपनी अंतिम विक्षेपित स्थिति के आस-पास दोलन करता है तथा स्थिर होने में कुछ समय लेता है।

2. **अति अवमंदन (Over-damped) :** इस स्थिति में संकेतक अपनी स्थिर स्थिति प्राप्त करने के लिये दोलन नहीं करता है लेकिन उसे स्थिर स्थिति तक आने में समय लगेगा।

3. **क्रांतिक अवमंदन (Critically Damped) :** इस स्थिति में संकेतक बिना दोलन किये तेजी के साथ बहुत कम समय में अपनी स्थिर स्थिति प्राप्त कर लेता है तथा इस स्थिति में उपयंत्र रुद्ध दोलन (Dead Beat) कहलाता है। उपयंत्रों में अवमन्दन बल आघूर्ण के लिये निम्नलिखित विधियाँ प्रयोग में लायी जाती है—

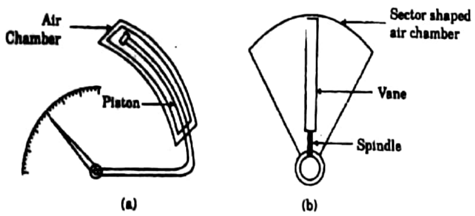
(i) वायु चालित / वायु घर्षण अवमंदन (Pneumatic / Air Friction Damping)

(ii) तरल घर्षण अवमंदन (Fluid Friction Damping)

Scanned by CamScanner

1.12.1. वायुचालित/वायु घर्षण अवमंदन (Pneumatic/Air Friction Damping)

इस विधि में, ऐल्युमिनियम का एक हल्का पिस्टन एक आयताकार या बेलनाकार वायु-कक्ष (Air Chamber), जो एक सिरे से बन्द रहता है, में गति करता है जैसा कि चित्र 3.17 (a) में दर्शाया गया है। वायु-चैम्बर में पिस्टन गति के लिए बहुत कम अन्तर छोड़ा जाता है।



चित्र 1.17 : Air Friction Damping

(i) जब संकेतक दक्षिणावर्त (Clockwise) दिशा में गति करता है तब पिस्टन वायु चैम्बर के बाहर की ओर गति करता है जिससे चैम्बर के अन्दर का वायु दाब, चैम्बर के बाहर के वायुमंडलीय दबाव से कम हो जाता है जिसके कारण वायु दाब पिस्टन तथा चल तंत्र की गति का विरोध करता है तथा संकेतक स्थिर विक्षेपित स्थिति पर शीघ्र रुक जाता है।

(ii) जब संकेतक वामावर्त (Anticlockwise) दिशा में गति करता है तब पिस्टन वायु चैम्बर के अन्दर की ओर गति करता है, जिससे चैम्बर के अन्दर का वायु दबाव, वायुमंडलीय दबाव (Atmospheric Pressure) से अधिक हो जाता है जिसके कारण वायु दाब पिस्टन तथा चल तंत्र की गति का विरोध करता है तथा संकेतक स्थिर विक्षेपित स्थिति पर शीघ्र रुक जाता है। इस प्रकार, चल तंत्र की गति दक्षिणावर्त (अथवा वामावर्त) दिशा मे रोक दी जाती है तथा संकेतक के दोलन भी अवमन्दित हो जाते हैं।

चित्र 3.17 (b) में एक दूसरी वायु घर्षण अवमन्दन व्यवस्था दर्शायी गई है। इस व्यवस्था में एक सेक्टर आकृति (Sector shaped) के वायु चैम्बर में एक ऐल्युमिनियम का पंखा (Vane) घूमता है जो कि चल तंत्र (Moving System) से जुड़ा रहता है तथा बहुत कम अन्तर में गति करने के लिये व्यवस्थित होता है।

वायु घर्षण अवमन्दन, डैम्पिंग को प्राप्त करने का बहुत ही सरल तथा सस्ती विधि है। लेकिन इसमें सावधानी रखनी चाहिए कि पिस्टन मुड़ी या झुकी न हो, अन्यथा पिस्टन वायु चैम्बर की दीवारों से टकरा जायेगी और इसके कारण बहुत ही गम्भीर त्रुटि (Serious Error) हो सकती है।

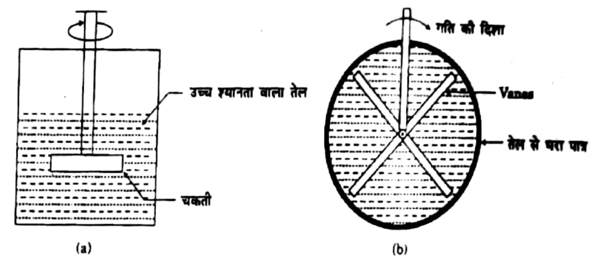
1.11.2. तरल घर्षण अवमंदन (Fluid Friction Damping)

यह अवमंदन विधि वायु घर्षण अवमंदन विधि के समान ही है। अन्तर केवल इतना है कि इस विधि में वायु के स्थान पर उच्च श्यानता (High Viscosity) का तेल प्रयोग किया जाता है।

इस विधि में एक गोल-चकती चित्र 3.18 (a) या एक से अधिक वेन्स (Vanes) उपयंत्र के चल-तंत्र से जुड़े होते हैं। जब चल तंत्र घूमता है, तो तेल से भरे पात्र में डूबी गोल चकती अथवा वेन्स भी तेल के अन्दर घूमते हैं जिससे एक घर्षण बल उत्पन्न होता है, जोकि चल तंत्र की गति की दिशा के विपरीत कार्य करता है तथा उसकी गति को रोक देता है। इस बल आघूर्ण को अवमन्दन बल आघूर्ण कहते हैं। इस अवमन्दन का प्रयोग वहाँ किया जाता है जहाँ बहुत ज्यादा अवमंदन बल की आवश्यकता होती है। अवमन्दन बल को बढ़ाने (Increase) के लिए—

(i) उच्च श्यान तेल का प्रयोग करके

(ii) एक से अधिक चकतियों अथवा वेन्स (Vanes) का प्रयोग करके।

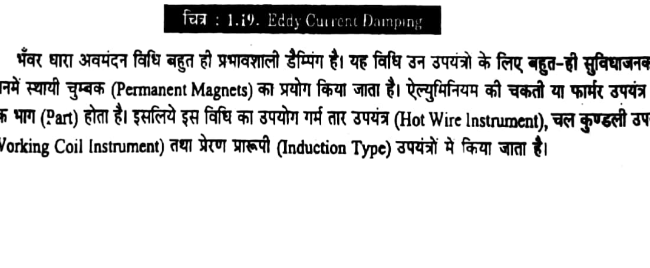


चित्र 1.18 : तरल घर्षण अवमंदन

1.113 भँवर धारा अवमन्दन (Eddy Current Sampling)

अवमंदन की यह विधि विद्युत-चुम्बकीय प्रेरण (Electromagnetic Induction) के सिद्धान्त पर कार्य करती है जिसमें जब कोई चालक किसी चुम्बकीय क्षेत्र में गति करता है, तो चालक में एक विद्युत वाहक बल (emf) उत्पन्न हो जाता है, फलस्वरूप एक धारा उत्पादित होती है। इस emf को eddy emf तथा विद्युत धारा को भँवर धारा (Eddy Current) कहते हैं। इसलिए अवमंदन की इस विधि को विद्युत-चुम्बकीय अवमंदन (Electromagnetic Damping) के नाम से भी जाना जाता है।

इस प्रणाली मे, एक एल्युमिनियम की चकती (Disc) या फार्मर (Former) जो चल तंत्र के साथ जुड़ी होती है, एक स्थायी चुम्बक के चुम्बकीय क्षेत्र में रखी जाती है। अब जब चल तंत्र दोलन गति करता है तो चकती या फार्मर भी दोलन गति करती है अर्थात्, चकती या फार्मर चुम्बकीय क्षेत्र में गति करती है इसलिये इसमे विद्युत वाहक बल के प्रेरित होने से भँवर धारा (Eddy Current) उत्पादित होती है। इन भँवर धाराओं तथा चुम्बकीय क्षेत्र की प्रतिक्रिया के फलस्वरूप चकती या फार्मर पर एक ऐसा बल कार्य करता है जो प्रेरित धारा होने के कारण सदैव ही चकती या फार्मर की गति का विरोध करता है (लैंज के नियमानुसार) इस प्रकार चकती या फार्मर की गति शीघ्र रुक जाती है जिससे चल तंत्र तथा चल तंत्र से जुड़े संकेतक की गति भी शीघ्र रुक जाती है जैसा कि निम्न चित्रों 3.19 (a) तथा चित्र 3.19 (b) में दर्शाया गया है।



चित्र : 1.19. Eddy Current Damping

भँवर धारा अवमंदन विधि बहुत ही प्रभावशाली डैम्पिंग है। यह विधि उन उपयंत्रो के लिए बहुत-ही सुविधाजनक है जिनमें स्थायी चुम्बक (Permanent Magnets) का प्रयोग किया जाता है। ऐल्युमिनियम की चकती या फार्मर उपयंत्र का एक भाग (Part) होता है। इसलिये इस विधि का उपयोग गर्म तार उपयंत्र (Hot Wire Instrument), चल कुण्डली उपयंत्र (Working Coil Instrument) तथा प्रेरण प्रारूपी (Induction Type) उपयंत्रों मे किया जाता है।

Scanned by CamScanner

1.12. Measurement of Dielectric Strength of Insulating Oil

सामान्यत: विद्युतरोधन तेल का उपयोग परिणमित्रों, परिपथ वियोजकों, प्रारम्भकों, केबिलों, संधारित्रों आदि में विद्युतरोधन, शीतलन, आर्क दमन आदि हेतु किया जाता है। सामान्यत उक्त में उपयोग में लाया जाने वाला यह विद्युतरोधन परावैद्युत तथा ताप विसर्जक पदार्थ होता है, तथापि यह नमी, ऑक्सीजन, अशुद्धियों व ताप से प्रभावित होकर खराब हो जाता है। यही कारण है कि समय-समय पर इसका परीक्षण व तदनुसार उसका शुद्धिकरण करने की आवश्यकता होती है।

यही विद्युतरोधन तेल, परिणमित्र तेल (Transformer Oil) कहलाता है। इसके विभिन्न गुण एवं दोषों का निश्चय करने के लिए विभिन्न परीक्षण किये जाते हैं। ये परीक्षण नये तथा उपयोग में लाये गये, दोनों ही प्रकार के तेलों पर किये जाते हैं। सामान्यत: किये जाने वाले ये परीक्षण निम्न प्रकार हैं—

1. क्रैकल परीक्षण (Crackle Test) : यह परीक्षण तेल में नमी की स्थिति जानने के लिए किया जाता है। इसके लिए एक बर्तन में तेल का नमूना लेकर उसमें 12.5 mm व्यास की रक्त तप्त धातु छड़ डाली जाती है। यदि यहाँ कड़कड़ाहट की आवाज आए तो जानना चाहिए कि तेल में नमी है अन्यथा नहीं।

2. अम्लीयता परीक्षण (Acidity Test) : विद्युतरोधक तेल ऑक्सीकृत होने पर एक जेली जैसा पदार्थ, जिसे स्लज (Sludge) कहते हैं, बनाता है तथा अम्लीय हो जाने के कारण वह विद्युततया एवं रासायनिक उपयोग योग्य नहीं रह जाता है। अत: इसकी अम्लीयता जानने के लिए KOH के साथ टाइट्रेशन किया जाता है। तेल में अम्लीयता 0.05 mg KOH/gram से अधिक नहीं होना चाहिए तथा तेल में स्लज की मात्रा 0.1% भार से अधिक नहीं होना चाहिए।

3. श्यानता परीक्षण (Viscosity Test) : विद्युतरोधक तेल की श्यानता उसके विद्युतरोधन एवं ताप विसर्जन गुणों को प्रभवित करते हैं। अत: उन कार्यों के प्रभावी सम्पादन के लिए इसकी श्यानात एक निश्चित सीमा से अधिक नहीं होनी चाहिए। विद्युतरोधन तेल के लिए यह मान 27° पर 27 centi स्टोक से अधिक होना चाहिए।

4. दमन बिन्दु परीक्षण (Flash Point Test) : तेल का तापमान बढ़ने पर उसमें आग लग सकती है, अत: उसे कम ताप पर ज्वाला से प्रभावित होने वाला नहीं होना चाहिए। विद्युत रोधन तेल के लिये वह अधिकतम ताप जिस पर वह ज्वाला सम्मुख लाने पर आग नहीं पकड़ता है उसका दमन बिन्दु कहलाता है। इस तेल के लिए यह ताप कम-से-कम 140°C होना चाहिए।

5. पोर बिन्दु परीक्षण (Pour Point Test) : तेल जब ठण्डा होता है तो वह जम सकता है तथा जमी हुई अवस्था में वह विसर्जन का कार्य करने में सक्षम नहीं होता है। ठण्डे स्थानों पर यदि तेल जम जाता है तो यही स्थिति उत्पन्न हो जाती है, वह न्यूनतम ताप जिस पर विद्युतरोधन तेल जमने नहीं पाता है, उसका पोर बिन्दु कहलाता है। विद्युतरोधन तेल के लिये यह ताप –10°C होता है।

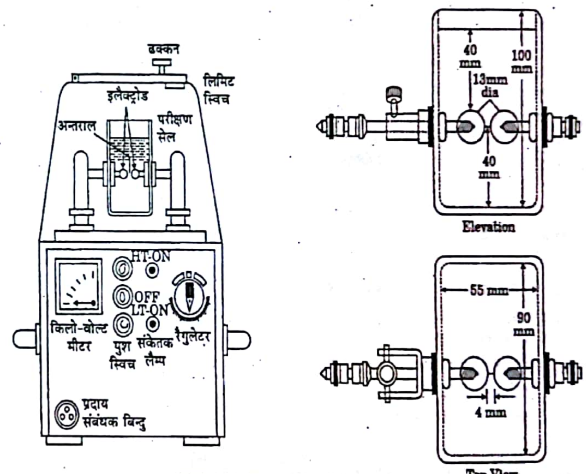
6. परावैद्युत सामार्थ्य (Dielectric Strength) : विद्युतरोधन तेल की प्रति मिमि० मोटी पर्त द्वारा बिना भंजित (Breakdown) हुए वहन कर ली जाने वाली उच्चतम वोल्टता उसकी परावैद्युत सामर्थ्य कहलाती है। इसका मान नये विद्युतरोधन तेल के लिये 7.5 kV/mm तथा शुद्धिकृत तेल हेतु 12.5 kV/mm से कम नहीं होना चाहिए।

1.13. परावैद्युत सामर्थ्य परीक्षण (Dielectric Strength Test)

इस परीक्षण से विद्युतरोधी तेल की परावैद्युत सामर्थ्य (Dielectric Strength) ज्ञात की जाती है। इस परीक्षण में तेल परीक्षण सेट, जैसा कि चित्र 3.20 में दर्शाया गया है, एक सेट परिवर्ती ऑटो ट्रांसफार्मर, एक उच्च वोल्टता ट्रांसफार्मर, ट्रिपिंग सर्किट व्यवस्था, मापन वोल्टमीटर, सूचक बल्ब तथा परीक्षण सैल से निर्मित होता है। इस परीक्षण सेट को जब AC सप्लाई से जोड़ा जाता है जिसकी तरंग (Wave) Sine Wave तथा आवृत्ति 25 से 10 Hz के मध्य होनी चाहिए। चित्र 3.20

तली से 40 mm ऊँचाई पर पॉलिश किए हुए दो ब्रास (पीतल) के गोले (इलैक्ट्रोड) जिनका व्यास 12.7 mm से 13.00 mm होता है, को अक्षीय चित्रानुसार व्यवस्थित किया जाता है। तेल परीक्षण करने हेतु ब्रास के गोलों के मध्य वायु अन्तराल (Air Gap) लगभग 4 ± 0.2 mm होना चाहिए। गोलों के मध्य अन्तराल को फिलर गेज से नापा जाता सकता है। तेल में डूबे हुए दोनों गोलों के सिरों पर वोल्टता धीरे-धीरे बढ़ाते हुए 40 kV की वोल्टता को लगाते हैं तथा यही वोल्टता (40 kV) को 1 मिनट तक स्थिर रखा जाता है। यदि इस परीक्षण वोल्टता पर तेल भंजित (Breakdown) नहीं होता है, जिसको इलैक्ट्रोड के मध्य उत्पन्न विद्युत चिंगारी (Electric Arc) से ज्ञात किया जाता है, तो इस तेल को परीक्षण में सफल या पास माना जाता है तथा इस प्रयुक्त वोल्टता (40 kV) को जिस पर तेल भंजित नहीं होता है, परावैद्युत सामार्थ्य वोल्टता कहते हैं। उपरोक्त परीक्षण तेल को ठण्डी अवस्था लगभग 15-20°C पर करना चाहिए। अन्यथा तेल की विद्युत सामर्थ्य ताप परिवर्तन के साथ परिवर्तित हो जाती है तथा ताप बढ़ने से भंजन वोल्टेज का मान बढ़ जाता है।

तापक्रम 0°C में	30	40	50	60	70	80
भंजन वोल्टेज kV में (BBV)	33	35	36	37	38	39



चित्र 3.20. विद्युतरोधी तेल परीक्षण सेट

1.14. परावैद्युत हानि

जब दो धातु चालकों के बीच कोई विद्युतरोधक पदार्थ स्थित होता है तो वहाँ संधारित्र का निर्माण होता है। विद्युतरोधक तेल भी इस प्रकार की स्थिति प्रदान करता है और जब यहाँ वोल्टता प्रयुक्त की जाती है तो संधारित्र की भाँति ही यहाँ भी आवेशन तथा विसर्जन की क्रिया होती है। यहाँ स्थित विद्युतरोधक तेल परावैद्युत (Dielectric) की भाँति व्यवहार करता हुआ उस पर प्रयुक्त वोल्टता V से 90° अग्रगामी (Leading) विद्युतधारा की स्थिति न प्रदान कर (90° – δ) से अग्रगामी

Scanned by CamScanner

धारा की स्थिति प्रदान करता है। यहाँ δ बहुत ही छोटा कोण होने के कारण $\sin\delta = \tan\delta$ होता है। यह स्थिति यहाँ परावैद्युत हानि का कारण होती है जिसमें निवेश ऊर्जा का अपव्यय होता है जो अन्तत: ऊष्मा ऊर्जा के रूप में विमर्जित होती है।

वोल्टता V तथा विद्युत धारा I पर उक्त परावैद्युत हानि

$$P = VI\cos(90° - \delta) \text{ watt}$$
$$= VI\sin\delta$$
$$P = VI\tan\delta$$

जहाँ δ हानि कोण (Loss Angle) तथा tan δ विसर्जन गणांक (Dissipation Factor) कहलाता है।

प्रश्नावली

1. क्या कारण है कि वैज्ञानिक तथा प्रौद्योगिकी का विकास मापन प्रणाली के विकास पर निर्भर करता है? संक्षेप में समझाइए।
2. मापन क्या है? इसकी क्यों आवश्यकता होती है?
3. मापन तथा उपयन्त्र के महत्व पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए।
4. मापन तथा उपयन्त्र से आपका क्या तात्पर्य है?
5. मापन तथा उपयन्त्र की अभिधारणा दीजिए।
6. वैद्युत मापयन्त्रों पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए।
7. विज्ञान तथा प्रौद्योगिकी में मापन का महत्व समझाइए।
8. अभियान्त्रिकी के सन्दर्भ में मापन का महत्व समझाइए।
9. मापन क्या-क्या सूचनाएँ प्रदान करता है?
10. मापन के अनुप्रयोग पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए।
11. मापन के लाभों पर संक्षेप में प्रकाश डालिए।
12. मापन के प्रमुख उद्देश्य क्या हैं?
13. अन्तर स्पष्ट कीजिए–
    (a) यथार्थता तथा परिशुद्धता
    (b) त्रुटि एवं यथार्थता
    (c) पुनरावृत्ति एवं परिशुद्धता
    (d) वास्तविक त्रुटि एवं मापित मान
    (e) सिस्टेमेटिक त्रुटि एवं रैण्डम एरर
    (f) कंट्रोलेबिल त्रुटि व Non-controllable एरर
    (g) डाइरेक्ट त्रुटि एवं इनडाइरेक्ट त्रुटि
    (h) सेंसिटिविटी व स्टेबिलिटी
    (i) स्केल रेंज एवं स्केल मापन
14. मापयन्त्रों में प्राय: पाए जाने वाले दोष कौन-से हैं और वे कैसे दूर किए जाते हैं?
15. मापन त्रुटियों के विभिन्न स्रोत अर्थात् पहलू क्या हैं?
16. मापन यन्त्रों की संभावित त्रुटियों के नाम दीजिए और उन्हें दूर करने की विधियों की विवेचना कीजिए।
17. परिमापन में त्रुटियों का वर्गीकरण करिए।
18. अभियान्त्रिकी में माप-विज्ञान का कार्य-क्षेत्र क्या है?
19. विद्युत मापन के सन्दर्भ में निम्न पदों को परिभाषित कीजिए–
    (a) शुद्धता

20. मापयन्त्र की तीन सामान्य वर्ग की त्रुटियों को समझाइए।
21. माप विज्ञान से आप क्या समझते हैं?
22. मापयन्त्रों में कितने प्रकार की क्रमिक त्रुटियाँ होती हैं?
23. मापन में यादृच्छिक त्रुटियाँ क्या हैं? ऐसी त्रुटियों का प्रसामान्य नियम क्या है? उन परिकल्पनाओं का उल्लेख कीजिए जिन पर प्रसामान्य नियम निर्भर करता है।
24. मापयन्त्रों के प्रयोग करते समय ली जाने वाली सामान्य सावधनियों को समझाइए।
25. व्याख्या कीजिए–
    (a) त्रुटि एवं अशुद्धि (b) रिजोलूशन (c) लीस्ट काउन्ट (d) बैकलैश त्रुटि
    (e) एक्चुअल वैल्यू (f) कैलिब्रेशन एरर (g) लोड अफैक्ट (h) स्केल स्पेन
26. अन्तर स्पष्ट कीजिए–
    (a) एब्सोलूट एण्ड सेकेण्डरी इन्सट्रूमेन्ट
    (b) इंडिकेटिंग एण्ड इंटीग्रेटिंग इन्सट्रूमेन्ट
    (c) इंटीग्रेटिंग एण्ड रिकॉर्डिंग इन्सट्रूमेन्ट
    (d) डिफ्लैटिंग एण्ड कंट्रोलिंग इन्सट्रूमेन्ट
    (e) कंट्रोलिंग एण्ड डेम्पिंग टॉर्क
    (f) इंडिकेटिंग, इंटीग्रेटिंग तथा इलेक्ट्रिकल मेजरिंग इन्सट्रूमेन्ट
    (g) डिफ्लैक्टिंग, कंट्रोलिंग एण्ड डेम्पिंग टार्क
    (h) स्प्रिंग कंट्रोल एण्ड ग्रेविटी कंट्रोल
    (i) एयर डेंपिंग एण्ड लिक्वड डेम्पिंग
    (j) लिक्विड डेम्पिंग एण्ड एडी करेंट डेम्पिंग
27. (a) प्राइमरी एवं सेकेण्डरी इलेक्ट्रिकल मेजरिंग इन्सट्रूमेन्ट
    (b) नियन्त्रण बलाघूर्ण उत्पादन की विधियाँ तथा गुण व दोष।
28. इलेक्ट्रिकल मेजरिंग इन्सट्रूमेन्ट में निम्नलिखित बलाघूर्ण के कार्यों की संक्षेप में व्याख्या करिए।
    (a) डिफ्लैक्टिंग टॉर्क अर्थात् ओपरेटिंग टार्क
    (b) कंट्रोलिंग टार्क अर्थात् नियन्त्रण बलाघूर्ण
    (c) डेम्पिंग टॉर्क अर्थात् अवमंदन बलाघूर्ण।
29. सूचक उपयन्त्रों की आधारभूत आवश्यकताओं का संक्षेप में वर्णन करिए।
30. वैद्युत उपयन्त्र में भंवर धारा अवमंदन प्रबन्धन का वर्णन करिए।
31. विक्षेपक, नियन्त्रण तथा अवमंदन बलों का वैद्युत उपयन्त्रों में क्या उपयोग है?
32. भंवर धारा अवमंदन से आप क्या समझते हैं?
33. वैद्युत सूचक उपयन्त्रों के आवश्यक अंगों के नाम बताइए।
34. कमानी नियन्त्रण तथा गुरुत्व नियन्त्रण प्रणालियों में परस्पर तुलना करिए।
35. मापयन्त्रों में प्रयोग होने वाली विभिन्न प्रकार की अवमन्दन युक्तियों की व्याख्या करिए।
36. सूचक प्ररूपी मापक यन्त्रों में विक्षेपक बलघूर्ण उत्पन्न करने की विभिन्न विधियों को समझाइए। उनके तुलनात्मक गुण-दोषों की विवेचना कीजिए।
37. व्याख्या कीजिए कि वैद्युत मापन यन्त्रों में प्राय: गुरुत्व नियन्त्रण का प्रयोग क्यों नहीं किया जाता है?
38. विक्षेपक बल, अवमंदन बल तथा नियन्त्रण बल का वैद्युत उपयन्त्रों में क्या उपयोग है?
39. एक संकेतक तन्त्र के लिए आवश्यक बलाघूर्ण क्या हैं? वे किस प्रकार उत्पन्न किए जाते हैं? समझाइए।
40. विद्युत संकेतक तन्त्र में प्रयुक्त विभिन्न नियन्त्रण विधियों का वर्णन कीजिए।

Scanned by CamScanner

2

ऐमीटर तथा वोल्टमीटर
(Ammeters and Voltmeters)

2.1. परिचय (Introduction)

धारा तथा वोल्टता दोनों ही विद्युत की दो महत्वपूर्ण राशियाँ हैं। इन राशियों के मापन की आवश्यकता विद्युत क्षेत्र में सर्वाधिक होती है। धारा को ऐमीटर द्वारा मापा जाता है जिसे धारामापी भी कहते हैं और वोल्टता को वोल्मीटर द्वारा मापा जाता है जिसे वोल्टमीटर भी कहते हैं।

ऐमीटर तथा वोल्टमीटर के कुछ अनुप्रयोग निम्न हैं—

(i) विद्युत-केन्द्र तथा उपकेन्द्र में कन्ट्रोल पेनल बोर्ड पर।
(ii) मोटर के निवेश की धारा तथा वोल्टता के मापन हेतु।
(iii) जनरेटर के निर्गत की धारा तथा वोल्टता के मापन हेतु।
(iv) भार धारा तथा भार वोल्टता के मापन हेतु।
(v) बैटरी चार्जर आदि जैसे महत्वपूर्ण उपकरणों हेतु।

2.2. ऐमीटर्स एवं वोल्मीटर्स की अभिव्यक्ति (Concept of Ammeters and Voltmeters)

एमीटर्स व वोल्टमीटर्स का वर्गीकरण इन दोनों के परिचालन से किया जा सकता है, क्योंकि इन दोनों का परिचालन धारा प्रवाह के परिणाम (मात्रा) पर निर्भर करता है। ऐमीटर में विक्षेपक बलाघूर्ण Td, उसमें से प्रवाहित होने वाली धारा पर निर्भर करता है, जबकि वोल्टमीटर में विक्षेपक बलाघूर्ण Td उसके एक्रॉस वोल्टता के समानुपाती धारा $V \propto I$ पर निर्भर करता है।

ऐमीटर तथा वोल्टमीटर में अन्तर
(Difference between Ammeter and Voltmeter)

	ऐमीटर	वोल्टमीटर
1.	इसका उपयोग धारा मापने के लिए होता है।	इसका उपयोग वोल्टता मापने के लिये होता है।
2.	इसका प्रतिरोध निम्न होता है।	इसका प्रतिरोध उच्च होता है।
3.	इसको परिपथ के साथ श्रेणी-क्रम में जोड़ते हैं।	इसको परिपथ के साथ समान्तर क्रम में जोड़ते हैं।

2.3. ऐमीटर तथा वोल्टमीटरों का वर्गीकरण (Classification of Ammeters and Voltmeters)

सामान्यतया प्रयोग में लाये जाने वाले ऐमीटरों तथा वोल्टमीटरों के कार्य सिद्धान्त के अनुसार इनको निम्न प्रकार वर्गीकृत किया जा सकता है।

ऐमीटर तथा वोल्टमीटरों का वर्गीकरण

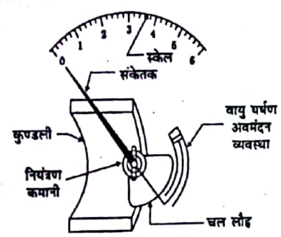
- चल लौह उपयंत्र (Moving Iron Type)
  - आकर्षण प्रारूपी चल लौह उपयन्त्र (Attraction Type) AC तथा DC दोनों पर प्रयोग किये जा सकते हैं।
  - विकर्षण प्रारूपी चल लौह उपयन्त्र (Repulsion Type) AC तथा DC दोनों पर प्रयोग किये जा सकते हैं।
- चल कुण्डली उपयंत्र (Moving Coils Type)
  - स्थायी चुम्बक चल कुण्डल प्रारूपी (PMMC Type) csSoy fn"V धारा (DC) हेतु
  - इलैक्ट्रोडायनेमोमीटर प्रारूपी (Electrodynamometer Type) AC तथा DC धारा पर प्रयोग किया जा सकते हैं।
- गर्म तार उपयन्त्र (Hot Wire Instrument) AC तथा DC धारा पर प्रयोग किये जा सकते हैं।
- ताप युग्म प्रारूपी (Thermocouple Type) AC तथा DC दोनों पर प्रयोग किये जा सकते हैं।
- प्रेरण प्रारूपी उपयन्त्र (Induction Type Instrument) केवल प्रत्यावर्ती धारा AC हेतु
- स्थिर वैद्युत उपयन्त्र (Electrostatic Type) केवल वोल्टमीटर के रूप AC तथा DC दोनों पर प्रयोग किये जा सकते हैं।

2.4. चल लौह उपयन्त्र (Moving Iron Instrument)

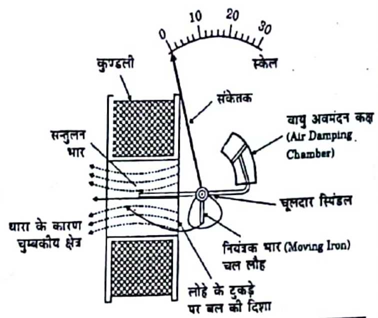
(I) आकर्षण प्रारूपी लोह उपयन्त्र (Attraction Type Moving Iron Instrument)

संरचना (Construction) : चित्र 2.1 (a) तथा (b) में इस उपयन्त्र में एक स्थिर कुण्डली होती है तथा एक अण्डाकार लोहे का टुकड़ा इस प्रकार कीलित (Pivoted) रहता है कि वह कुण्डली के भीतर या बाहर घूम सके। इस लोहे के टुकड़े के साथ एक संकेतक जुड़ा रहता है जो अण्डाकार लोहे के टुकड़े के साथ धारा की वोल्टता में अंशांकित पैमाने (Calibrated Scale) पर चलता है। इस उपयन्त्र में गुरुत्व नियन्त्रण, नियन्त्रक-भार द्वारा होता है। अवमन्दन वायु घर्षण ब्रेक द्वारा किया जाता है। उपयन्त्र दिष्ट तथा प्रत्यावर्ती धारा दोनों प्रणाली में कार्य करता है।

Scanned by CamScanner



चित्र 2.1 (a) : आकर्षण प्रारूपी उपयंत्र



चित्र 2.1 (b) : आकर्षण प्रारूपी चल लौह उपयन्त्र

कार्य सिद्धान्त : जब कोई मापी जाने वाली धारा या मापी जाने वाली वोल्टता के समानुपाती धारा कुण्डली में प्रवाहित होती है तो इसके अक्ष के साथ एक समान चुम्बकीय क्षेत्र पैदा होता है जो लोहे की चकती को चुम्बकित कर देता है। कुण्डली के चुम्बकीय प्रभाव के कारण केन्द्र विकेन्द्रित लोहे की चकती, कुण्डली की ओर आकर्षित होती है। लेकिन चकती पर यह खिंचाव बल, कुण्डली में प्रवाहित होने वाली धारा पर निर्भर करता है। अगर कुण्डली में धारा कम प्रवाहित होगी तो आकर्षण बल कम होगा तथा धारा अधिक होने पर अधिक आकर्षण बल लोहे की चकती पर कार्य करेगा। यह आकर्षण बल कुण्डली में बहने वाली धारा की दिशा पर निर्भर नहीं करेगा।

यदि उपयन्त्र की कुण्डली से (I amp) विद्युत धारा प्रवाहित हो रही हैं जो ऐमीटर के लिए परिपथ की विद्युत धारा तथा वोल्टमीटर के लिए वोल्टता के समानुपाती होगी और यदि θ विक्षेपित पर उपयन्त्र का चल लौह, कुण्डली के फ्लक्स की दिशा के लम्बवत् दिशा से $(\alpha + \theta)$ कोण बनता हो, तो

$$\text{विक्षेपण बलाघूर्ण } T_d = K_1 I^2 \sin 2(\alpha + \theta)$$

यदि उपयन्त्र की स्प्रिंग नियन्त्रित हो, तब नियन्त्रण बलाघूर्ण

$$T_c = K_2 \theta \qquad (K_1, K_2 = \text{स्थिरांक})$$

स्थायी दशा में

$$T_d = T_c$$

$$K_1 I^2 \sin 2(\alpha + \theta) = K_2 \theta$$

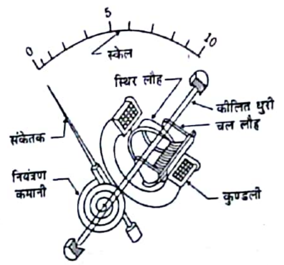
$$\theta \propto I^2$$

$$I = \text{rms मान}$$

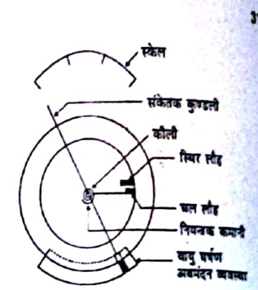
पैमाना चल लौह उपयन्त्र में समरूप (uniform) नहीं होगा।

(II) विकर्षण प्रारूपी लौह उपयन्त्र (Repulsion Type Moving Iron Instrument)

संरचना : इसकी विक्षेपण प्रणाली दो मृदु लोहे के टुकड़ों को एक ही कुण्डली के चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित करने में निर्मित होती है। एक लोहे का टुकड़ा, जिसे स्थिर लौह कहते हैं, कुण्डली के साथ स्थिर रहता है और दूसरा लोहे का टुकड़ा जिसे चल लौह कहते हैं एक कीलित धुरी से जुड़ा रहता है। दोनों ही लोहे के टुकड़े एक ही कुण्डली के चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित होते हैं। अंशांकित स्केल पर विद्युत राशि के मान को सूचित करने के लिए चलतन्त्र के साथ एक संकेतक लगा रहता है। विक्षेप को नियन्त्रित करने के लिए सामान्यत: कमानी नियन्त्रण प्रणाली तथा अवमंदन के लिए वायु घर्षण



चित्र 2.2 (a) : विकर्षण प्रारूपी उपयंत्र



चित्र 2.2 (b) : विकर्षण प्रारूपी उपयन्त्र

कार्यविधि : जब मीटर को परिपथ में जोड़ा जाता है तो कुण्डली से विद्युत धारा प्रवाहित होती है, जिससे इसमें चुम्बकीय क्षेत्र की उत्पत्ति होती है। चूँकि दोनों ही लोहे के टुकड़े इस एक ही कुण्डली के चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित है अतः चुम्बकीय प्रेरण के नियमानुसार दोनो ही ऐसे चुम्बक बनते हैं जिनकी सजातीयता होती है। अतः चुम्बकीय गुण के अनुसार एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करते हैं। चूँकि दोनों में से लोहे का टुकड़ा स्थिर है, अत: वह लोहे का टुकड़ा जो चलने के लिए स्वतन्त्र है दोनों के बीच कार्य कर रहे प्रतिकर्षण बल के कारण विक्षेपित होता है। इस प्रकार विक्षेपित चल तन्त्र के विक्षेप को उपयन्त्र की नियन्त्रण प्रणाली इसके विपरीत बलाघूर्ण उत्पन्न कर नियन्त्रित करती है और अवमन्दन प्रणाली के प्रभाव से वह दोनों बलों के सन्तुलन बिन्दु पर शीघ्र स्थिर हो जाती है। इस प्रकार चल तन्त्र के साथ लगा संकेतक अंशांकित scale पर विद्युत राशि के मान को सूचित करता है।

यदि उपयन्त्र की कुण्डली से i amp की विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है, जो ऐमीटर के लिए परिपथ की धारा तथा वोल्टमीटर के लिए परिपथ की वोल्टता के समानुपाती होगी।

$$\text{विक्षेपण बलाघूर्ण, } \tau_d = Ki^2$$

$$\text{नियन्त्रण बलाघूर्ण, } \tau_c = K\theta$$

$$\text{सन्तुलन स्थिति में } \tau d = \tau c$$

$$Ki2 = K'\theta$$

$$\theta \propto i2 \qquad [i = \text{rms value}]$$

यदि गुरुत्व प्रणाली हो, तो

$$\text{नियन्त्रण बलघूर्ण, } \tau_c = K_1 \sin\theta$$

$$\tau d = \tau c$$

$$Ki2 = K1 \sin\theta$$

$$\theta = \sin{-1}\, i2$$

नोट : इन उपयन्त्रों में विद्युत धारा किसी भी दिशा में प्रवाहित होने पर उसके अन्दर चुम्बकीय क्षेत्र की उत्पत्ति हर स्थिति में होती है। अत: इनमें धारा के प्रवाह की दिशा में परिवर्तन करने से उसमे उत्पन्न होने वाले आकर्षण या प्रतिकर्षण बल के सिद्धान्त पर कोई अन्तर नही पड़ता, इसलिए इन उपयन्त्रों को DC व AC दोनो के लिए प्रयोग किया जाता है।

अच्छाइयाँ (Advantages)

(i) ये उपयन्त्र सस्ते, मजबूत, विश्वास योग्य तथा निम्न आवृत्ति के उच्च शक्ति परिपथों के लिए उपयुक्त होते है।

(ii) इस उपयन्त्र को a.c. तथा d.c. दोनों के लिए प्रयुक्त करते हैं।

Scanned by CamScanner

(iii) इसका विक्षेपण बलाघूर्ण उच्च होता है।

(iv) ये उपयन्त्र कुछ क्षणों तक अतिभार भी सहन कर सकते है।

बुराइयाँ (Disadvantages)

(i) इन उपयन्त्रों का scale सम नहीं होता।

(ii) इनमें निम्न वोल्टता मानों पर शक्ति शोषण अधिक होता है।

(iii) आवृत्ति में परिवर्तन आने पर उपयन्त्र के पाठ्यांक में गम्भीर त्रुटि आ जाती है।

2.5. त्रुटि के स्रोत (Sources of Error)

इन उपयन्त्रों में पायी जाने वाली त्रुटियाँ मुख्यत: दो प्रकार की होती हैं—

1. A.C. व D.C. दोनों में त्रुटि :

(a) हिस्टेरीसिस के कारण (Due to Hysteresis) : उपयन्त्र के चल तन्त्र में उपयोग में लाए गए लौह भागों में होने वाली हिस्टेरीसिस हानि के कारण उतरते हुए मानों के पाठ्यांक, चढ़ते हुए मानों के पाठ्यांक की अपेक्षा उच्च होते हैं।

(b) विपथित क्षेत्र के कारण (Due to Stray Field) : विपथित क्षेत्र से प्रभावित होकर भी उपयन्त्र त्रुटिपूर्ण पाठ्यांक देते हैं। इस स्थिति में त्रुटि कितनी मात्रा में होगी, यह इस बात पर निर्भर करता है कि विपथित क्षेत्र उपयन्त्र के कार्यकारी क्षेत्र से कितना अधिक शक्तिशाली है। इससे बचने के लिए यह ढलवाँ लोहे (Cast Iron) का होता है।

2. केवल AC में त्रुटि : प्रत्यावर्ती धारा परिपथ पर उपयन्त्र में त्रुटि, आवृत्ति में परिवर्तन के कारण भी होती है जिससे—

(i) उपयन्त्र की कुण्डली की प्रतिबाधा परिवर्तित हो जाती है।

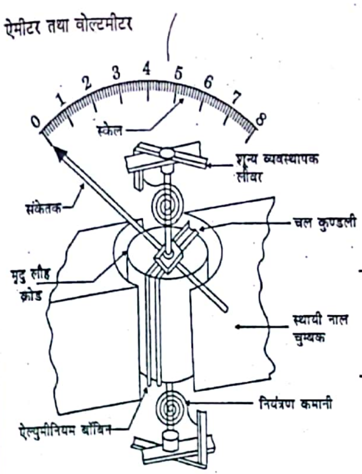
(ii) भंवर धाराओं का मान भी बढ़ जाता है।

आवृत्ति के बढ़ने के साथ उपयन्त्र के L के बढ़ने से बढ़ने वाली प्रतिबाधा का प्रभाव वोल्टमीटर के पाठ्यांक पर बहुत अधिक पड़ता है और इस त्रुटि को उपयन्त्र में ताप निष्प्रभावी प्रतिरोध (Swamp Resistance) अर्थात् गुणक के समान्तर क्रम में एक संधारित्र $\left(C = \frac{0.41L}{R^2}\right)$ लगाकर कम किया जाता है।

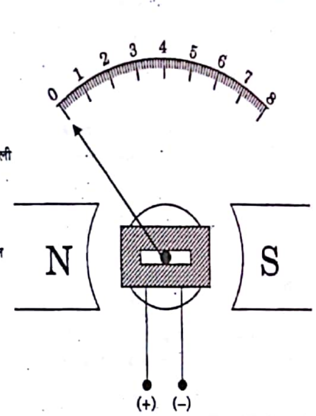
2.6. चल कुण्डल उपयन्त्र (Moving Coil Instrument)

2.6.1. स्थायी चुम्बक चल कुण्डल प्रारूपी (Permanent Magnet Moving Coil Type)

संरचना (Construction) : इस प्रकार के उपयन्त्र की विक्षेपण प्रणाली स्थायी नाल चुम्बक तथा लौह क्रोडयुक्त कीलित आयताकार कुण्डली से निर्मित होती है। विद्युतरोधक युक्त बारीक ताँबे के तार को, ऐल्युमीनियम की बॉबिन पर लपेटने से निर्मित यह कुण्डली एक कीलित धुरी पर स्थित होती है जो नाल चुम्बक के ध्रुवों के बीच रहती है और चल कुण्डली कहलाती है। चल कुण्डली में फ्लक्स प्रंथन बढ़ाने तथा Radial फ्लक्सं प्राप्त करने के लिए उपयोग में लाया गया मृदु लोहे का एक बेलानाकार क्रोड इस प्रकार स्थित रहता है कि चल कुण्डली, क्रोड तथा ध्रुवों के बीच स्थित वायु अन्तराल में गति कर सके। उपयन्त्र के चलयन्त्र के साथ दो कमानियाँ लगी होती हैं जो उपयन्त्र के लिए नियन्त्रण प्रणाली का निर्माण करने के साथ-साथ कुण्डली के लिए संयोजक तार का भी कार्य करती है। चल तन्त्र के साथ एक संकेतक लगा [illegible]



चित्र 4.3 (a) : स्थायी चुम्बक चल कुण्डल उपयंत्र



चित्र 4.3 (b) : स्थायी चुम्बक चल कुण्डल उपयंत्र

कार्यविधि : जब मीटर को परिपथ में जोड़ा जाता है तो उसकी कुण्डली से विद्युत धारा प्रवाहित होती है। चूँकि कुण्डली को स्थायी चुम्बक के चुम्बकीय क्षेत्र में रखा गया है और उसके चालकों से विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है अत: इसकी कुण्डली के दोनों ओर यान्त्रिक बलों के कार्य करने के कारण चल कुण्डली अपनी कीली पर विक्षेपित होती है। विक्षेपण बलाघूर्ण द्वारा विक्षेपित चल कुण्डली के विक्षेपित होने से उसके साथ लगी कमानियों में घुमाव आता है। अत: कमानी नियन्त्रण प्रणाली, विक्षेपण बलाघूर्ण उत्पन्न करती है। उपयन्त्र की भंवर धारा अवमन्दन प्रणाली इसके चल तन्त्र को उस स्थिति पर शीघ्रतापूर्वक रोक देती है जहाँ विक्षेपण व नियन्त्रण बलाघूर्ण सन्तुलित होते हैं।

यदि इस स्थिति में उपयन्त्र की चल कुण्डली से I विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है और चल तन्त्र का विक्षेपण D हो, तो

विक्षेपण बलाघूर्ण, $\tau_d = Ki^2$

नियन्त्रण बलाघूर्ण $\tau_c \propto \theta$

सन्तुलन स्थिति में $\tau_d = \tau_c$

$$\theta \propto I$$

यहाँ विक्षेप, कुण्डली की विद्युत धारा के समानुपाती है। अत: प्राप्त स्केल सम होता है।

अच्छाइयाँ (Advantages)

(i) इनमें लगभग 270° तक फैला हुआ सम Scale होता है।

(ii) इनमें विद्युत शक्ति का शोषण कम होता है।

(iii) इनका बलाघूर्ण व भार अनुपात उच्च होता है। ये उपयन्त्र सुग्राही होते हैं।

(iv) इनमें चल तन्त्र में लौह भाग न होने के कारण हिस्टेरीसिस हानि नहीं होती है।

Scanned by CamScanner

बुराइयाँ (Disadvantages)

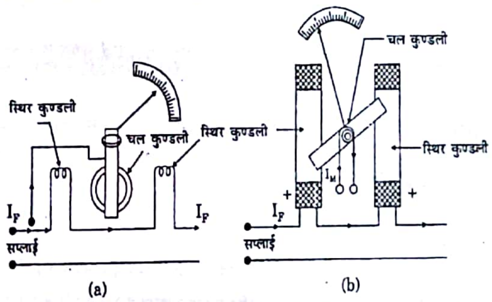
(i) चल लौह प्रारूपी उपयन्त्रों की अपेक्षा इनकी संरचना नाजुक व अपेक्षाकृत उलझनयुक्त होती है।

(ii) इन्हें केवल DC में ही उपयोग किया जाता है, AC परिपथों में नहीं।

(iii) नियन्त्रण कमानी के प्रभाव के धीरे-धीरे क्षीण हो जाने तथा स्थायी चुम्बकत्व के भी धीरे-धीरे क्षीण हो जाने के कारण इनके जीवन के बढ़ने के साथ-साथ परिशुद्धता कम होती जाती है।

2.6.2. डायनेमोमीटर प्रारूपी उपयंत्र (एमीटर तथा वोल्टमीटर) (Dynamometer Type Instruments)

संरचना : इस उपयंत्र में दो कुण्डलियाँ होती हैं—एक स्थिर कुण्डली जो कि मोटे विद्युतरोधित तार द्वारा तथा दूसरी चल कुण्डली, जिसको पतले विद्युत रोधित तार की ज्यादा वत्रन देकर बनाया जाता है इस उपयंत्र में चुम्बकीय क्षेत्र स्थिर कुण्डली के द्वारा उत्पन्न किया जाता है तथा चल कुण्डली को स्थिर कुण्डली द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है। इस स्थिर कुण्डली जो कि वायु क्रोडित (Air-cored) कुण्डली होती है को तोड़कर दो समान भागों में करके एक-दूसरे के समान्तर क्रम में रखा जाता है जैसा कि चित्र 2.4 (a) में दर्शाया गया है। चल कुण्डली की गति के परास में यथासम्भव एक समान चुम्बकीय क्षेत्र रखने के लिए स्थिर कुण्डली को दो अर्द्ध-भागों में विभाजित किया जाता है। चल कुण्डली एक स्प्रिंग से नियन्त्रित होती है तथा इसके साथ संकेतक भी जुड़ा रहता है जो कि अंशांकित पैमाने पर विक्षेपित होता है।



चित्र 4.4 : डायनेमोमीटर प्रारूपी उपयंत्र

कार्यविधि : जब उपयंत्र की स्थिर कुण्डली को सप्लाई से जोड़ा जाता है तो एक विद्युत-चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है तथा इस चुम्बकीय क्षेत्र में धारावाही चल कुण्डली रखी होती है जिसके कारण चल कुण्डली एक यांत्रिक बल का अनुभव करती है तथा चल कुण्डली विक्षेपित हो जाती है। इस विक्षेप को संकेतक की सहायता से अंशांकित पैमाने पर विद्युत राशि के मान को ज्ञात कर लिया जाता है। स्प्रिंग प्रणाली द्वारा नियंत्रण बल आघूर्ण (T_c) तथा भँवर धारा अवमन्दन से चल तंत्र को विक्षेपित स्थिति पर शीघ्र रोका जाता है जैसा कि चित्र 2.4 (b) में दर्शाया गया है। यदि स्थिर कुण्डली में प्रवाहित धारा I_f तथा चल कुण्डली में प्रवाहित धारा I_m है, तब

$$\text{विक्षेप बल आघूर्ण } T_d \propto I_f\, I_m$$

चूँकि उपयंत्र में स्प्रिंग प्रणाली प्रयोग की गई है, इसलिए

नियंत्रण बल आघूर्ण $T_c \propto \theta$

संकेतक की स्थिर अवस्था में, $T_d = T_c$

$$\Rightarrow \qquad \theta \propto I_f I_m$$

यह उपयंत्र ऐमीटर तथा वोल्टमीटर दोनों रूपों में प्रयोग किये जा सकते हैं परन्तु इन उपयंत्रों का पैमाना समरूप नहीं होता है तथा इनका पैमाना शून्य के पास संकुचित (Cramped) तथा बाद में फैलाव (Expansion) लिये होता है क्योंकि विक्षेप (θ), धारा (I) या वोल्टता (V) के वर्ग के समानुपाती होता है।

2.7. ऐमीटर तथा वोल्टमीटर में परास विस्तार व्यवस्था (Range Extension Arrangement in Ammeters and Voltmeters)

प्रायः वैद्युत उपयन्त्रों का परास एक सुरक्षित धारा तक ही सीमित होता है जिससे उपयन्त्रों की कुण्डली में बिना क्षति पहुँचाए प्रवाहित किया जा सके चाहे वह उपयन्त्र वोल्टमीटर, ऐमीटर, वाटमीटर या अन्य ही क्यों न हो।

चल कुण्डली तथा चल लौह उपयन्त्र की सुरक्षित धारा सीमा 25 mA तथा वोल्टता 50 mV होती है। इसलिए उच्च धारा, उच्च वोल्टता तथा शक्ति मापन में उपयन्त्रों के परास को बढ़ाना आवश्यक होता है।

उपयन्त्रों के परास को बढ़ाने की चार मुख्य विधियाँ हैं—

(1) शन्ट (Shunt)

(2) गुणक (Multipliers)

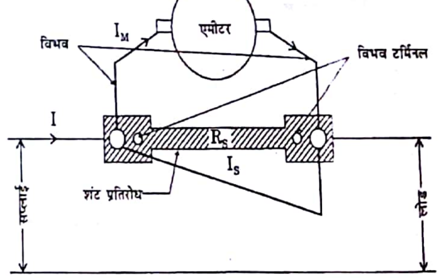
(3) धारा ट्रांसफार्मर (Current Transformer)

(4) विभव ट्रांसफार्मर (Potential Transformer)

2.7.1. पार्श्व या शंट विधि (Shunt Method)

शंट केवल एक निम्न प्रतिरोध (Low Resistance) होता है जिसे ऐमीटर के across या समान्तर में लगाया जाता है। अब इन दोनों को एक साथ मुख्य परिपथ की श्रेणी में जिसकी धारा को मापना होता है, लगा दिया जाता है, जैसा कि चित्र 2.5 में दिखाया गया है।

कई शंटों का प्रयोग करके, एक ऐमीटर में कई विभिन्न धारा परास प्राप्त किए जा सकते हैं, ऐसे ऐमीटरों को Multi-range ऐमीटर कहते हैं।



चित्र 4.5 : उच्च धारा मापन के लिए ऐमीटर के साथ शंट का प्रयोग

Scanned by CamScanner

कार्य सिद्धान्त : चित्र के अनुसार माना, मापी जाने वाली DC धारा I amp, शंट प्रतिरोध Rs तथा ऐमीटर का प्रतिरोध Rm है जिसमें शंट से ऐमीटर तक के विभिन्न तारों का प्रतिरोध भी सम्मिलित है।

$$I = Is + Im \qquad ...(i)$$

शंट के विभव सिरों में वोल्टता, शंट तथा ऐमीटर परिपथ दोनों के लिए समान है।

$$Im\, Rm = Is\, Rs$$

$$Rs = \frac{I_m R_m}{I_s} \qquad ...(ii)$$

समीकरण (i) से $Is = I - Im$ मान समीकरण (ii) में रखने पर,

$$Rs = \frac{I_m R_m}{I - I_m}$$

$$Rs = \frac{R_m}{(I/I_m) - 1}$$

परिपथ की मुख्य धारा तथा ऐमीटर धारा के अनुपात को शंट की गुणांक-शक्ति (Multiplying Factor) कहते हैं। इसे M से प्रदर्शित करते हैं।

$$\text{शंट प्रतिरोध, } Rs = \frac{R_m}{M - 1}.$$

2.7.1.1. शंट के गुण (Properties of Shunt)

(i) शंट का प्रतिरोध ताप गुणांक न्यूनतम होना चाहिए।

(ii) शंट में, बिना अधिक गर्म हुए, आवश्यक विद्युत धारा वहन करने की क्षमता होनी चाहिए।

(iii) शंट का प्रतिरोध उपयन्त्र के प्रयोग काल में अपरिवर्तनीय होना चाहिए।

(iv) शंट का ताप वि० वा० बल न्यूनतम होना चाहिए।

2.7.1.2. शंट के लाभ (Advantages of Shunts)

(i) इसकी सहायता से बहुत निम्न मान की विद्युत धारा वहन करने की क्षमता वाले उपयन्त्र को बहुत उच्च मान की विद्युत धारा वहन कर पाने की क्षमता वाले ऐमीटर में बदला जा सकता है।

(ii) अलग-अलग मान की शंट व्यवस्था के साथ एक ही उपयन्त्र को कई परासों की विद्युत धाराओं को मापने के लिए उपयोग में लाया जा सकता है।

उदाहरण 2.1. एक चल कुण्डल धारामापी की कुण्डली का प्रतिरोध 1 Ω है और 50 mA की विद्युत धारा पर वह पूर्ण विक्षेपित होता है। उसे 100 A की विद्युत धारा मापने के योग्य बनाने के लिए आवश्यक शंट प्रतिरोध की गणना कीजिए।

$Ra = 1\,\Omega$ (धारामापी की कुण्डली का प्रतिरोध)

$Ia = 50\text{ mA} = 0.05\text{ A}$ (धारामापी की सामान्य विद्युत धारा)

$I = 100\text{ A}$ (परिपथ की कुल धारा)

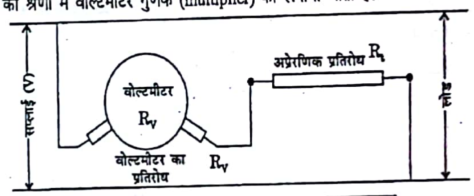
$$\text{गणन शक्ति } \frac{I}{—} = M = \frac{100}{—} = 2000$$

$$Rs = \frac{R_a}{M - 1}$$

$$= \frac{1}{2000 - 1} = \frac{1}{1999} = 0{\cdot}0005\,\Omega \qquad \text{उत्तर}$$

2.7.2. गुणक विधि (Multiplier Method)

वोल्टमीटर का परास बढ़ाने के लिए वोल्टमीटर की कुण्डली की श्रेणी में एक उच्च अप्रेरणिक प्रतिरोध (High non-inductive resistance) लगाया जाता है, इसे वोल्टमीटर गुणक कहते हैं। उच्च वोल्टता मापने के लिए एक उच्च अप्रेरणिक प्रतिरोध या वोल्टमीटर गुणक से श्रेणीबद्ध वोल्टमीटर का संयोजन चित्र में दिखाया गया है। इसमें वाटमीटर की वोल्टता कुण्डली की श्रेणी में वोल्टमीटर गुणक (multiplier) को लगाया जाता है।



चित्र 4.6. उच्च वोल्टता मापन हेतु गुणक व्यवस्था

कार्य सिद्धान्त :

RV = वोल्टमीटर का प्रतिरोध

I = वोल्टमीटर परिपथ से प्रवाहित धारा

Rr = श्रेणी प्रतिरोधक का प्रतिरोध

यदि V सप्लाई वोल्टता हो तो सप्लाई तारों के बीच वोल्टता = वोल्टमीटर के बीच वोल्टतापात + प्रतिरोध के बीच वोल्टतापात

$$V = IRV + IRr \qquad ...(i)$$

$$IRr = V - IRV$$

$$Rr = \frac{V - IR_V}{I} = \frac{V}{I} - RV \qquad ...(ii)$$

$$I = \frac{V_V}{R_V} \qquad ...(iii)$$

समीकरण (iii) से प्राप्त I के मान को समीकरण (ii) में रखने पर

$$Rr = \frac{V \cdot R_V}{V_V} - RV$$

$$Rr = RV\left[\frac{V}{V_V} - 1\right]$$

$$M = \text{Multiplying factor} = \frac{V}{V_V} = \frac{\text{पूरे परिपथ में वोल्टता}}{\text{उपयंत्र के across वोल्टता}}$$

$$Rr = RV(M - 1)$$

Scanned by CamScanner

वोल्टमीटर गुणक प्राय: DC पर प्रयोग किए जाते हैं, प्रत्यावर्ती धारा में प्राय: पोटेशियल ट्रांसफार्मर (PT) प्रयोग करके परास बढ़ाया जाता है।

2.7.2.1. DC पर प्रयोग करने के लिए वोल्टमीटर गुणकों में निम्न गुण होने चाहिएँ–

(i) अप्रेरणिक प्रतिरोध या वोल्टमीटर गुणकों का प्रतिरोध स्थिर होना चाहिए। दूसरे शब्दों में प्रतिरोध समय के साथ नहीं बदलना चाहिए।

(ii) इसके लिए इन्हें मैंगनिन, कान्सटैटन या नाइक्रोम की तारों से बनाना चाहिए। इन पदार्थों का प्रतिरोध ताप गुणांक बहुत न्यूनतम होता है।

(iii) चूँकि इस प्रकार के प्रतिरोधों या वोल्टमीटर गुणकों में लगभग 5 वाट तक की शक्ति खर्च होती है।

उदाहरण 2.2—एक चल कुण्डली उपयन्त्र का प्रतिरोध 10 Ω है तथा 50 mA पर यह पूरे पैमाने का विक्षेप देता है। प्रदर्शित कीजिए कि इस मीटर को 500 volt तक की वोल्टता तथा 10 amp तक की धारा मापने के लिए किस प्रकार प्रयुक्त किया जा सकता है?

(i) $RV = 10\ \Omega, I = 50\ \text{mA}, = 0{\cdot}05\ \text{Amp}$

$$V = 500\ \text{V}$$

$$VV = IRV = 0{\cdot}05 \times 10 = 0{\cdot}5\ \text{V}$$

$$Rr = RV\left(\frac{V}{V_V} - 1\right) = 10\left(\frac{500}{0{\cdot}5} - 1\right)$$

$$Rr = 9990\ \Omega$$

उत्तर

(ii) उपयन्त्र को ऐमीटर बनाने के लिए उसके पार्श्व में शंट लगाना होगा।

$Rm = 10\ \Omega, I = 10\ \text{A}, Im = 50\ \text{mA}, = 0{\cdot}05\ \text{A}$

$$Is = I - Im$$

$$= 10 - 0{\cdot}05 = 9{\cdot}95\ \text{amp}$$

$$Rs = \frac{I_m R_m}{I_s} = \frac{0{\cdot}05 \times 10}{9{\cdot}95}$$

$$Rs = 0{\cdot}05025\ \Omega$$

उत्तर

उदाहरण 2.3—एक चल कुण्डली उपयन्त्र का प्रतिरोध 10 Ω है तथा यह 50 mA धारा पर पूर्ण परास विक्षेप देता है। दिखाइए कि यह किस प्रकार किया जा सकता है ताकि 750 volt तथा 100 amp तक माप सके।

(i) वोल्टमीटर के रूप में : माना Rr प्रतिरोध चल कुण्डली उपयन्त्र की श्रेणी में जोड़ने पर उपयन्त्र 750 V तक माप सकता है।

$$RV = 10\ \Omega$$

उपयन्त्र की योग्य क्रम निर्धारित धारा 50 mA $= 0{\cdot}05$ A

उपयन्त्र के पार्श्व में voltage drop, $VV = I\,RV$

$$= 10 \times 0{\cdot}05$$

$$= 0{\cdot}5\ \text{V}$$

$$V = 750\text{V}$$

श्रेणी प्रतिरोध $Rr = RV\left(\frac{V}{V_{..}} - 1\right)$

$$= 10\left(\frac{750}{0{\cdot}5} - 1\right)$$

$$= 14990\ \Omega$$

उत्तर

(ii) ऐमीटर के रूप में : माना कि उपयन्त्र से 100 amp पढ़ने के लिए उसके पार्श्व में Rs में प्रतिरोध का शंट लगाना है।

$$Rm = 10\ \Omega\ (\text{उपयन्त्र का प्रतिरोध})$$

$$Im = 50\ \text{mA} = 0{\cdot}05\ \text{A}$$

मापी जाने वाली धारा $= 100$ A

शंट में प्रवाहित धारा $Is = I - Im$

$$= 100 - 0{\cdot}05$$

$$= 99{\cdot}95\ \text{bmp}$$

$$Im\,Rm = Is\,Rs$$

$$Rs = \frac{I_m R_m}{I_s} = \frac{0{\cdot}05 \times 10}{99{\cdot}95}$$

$$Rs = 0.005\ \Omega$$

उत्तर

उदाहरण 2.4—एक चल लोह वोल्ट मीटर 250 वोल्ट दि० धा० के साथ जुड़ने पर सही माप देते हैं। यदि इसे 250 वोल्ट, 50 Hz प्र० धारा के साथ जोड़ा जाये तो इसका पाठ्यांक क्या होगा? वोल्ट मीटर की कुण्डली का प्रतिरोध 500 ओह्म तथा प्रेरकत्व 1 हेनरी है। श्रेणी क्रम में जुड़ा अप्रेरकीय प्रतिरोध 2000 ओह्म है।

उत्तर—वोल्टमीटर परिपथ की प्रतिबाधा 50 Hz पर

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

$$= \sqrt{(2000 + 500)^2 + (2\pi \times 50 \times 1)^2}$$

$$= 2520\ \Omega$$

डी० सी० पर $Z = R + R_s = 2000 + 500$

$$= 2500\ \Omega$$

उपयन्त्र में त्रुटि A.C. पर प्रतिबाधा बढ़ने के कारण धारा में परिवर्तन के कारण होती है।

अत: 250 V तथा 50 Hz पर रीडिंग $= \frac{2500}{2520} \times 250$

$$= 248\ \text{V}$$

उदाहरण 2.5—यदि एक चल कुण्डली में वर्गाकार फॉर्मर पर लपेटी गई 150 वर्त है। जिसकी लम्बाई 4 सेमी तथा वायु गैप में फ्लक्स घनत्व 0.06 Tesla हो तो कुण्डली पर कार्यरत घुमाव बलाघूर्ण ज्ञात कीजिये जबकि इसमें 12 मिली ऐम्पियर की धारा प्रवाहित हो रही हो।

उत्तर— $N = 150$ वर्त, $l = 4$ सेमी, $b = 4$ सेमी, $B = 0.06\text{T} = 6 \times 10^{-2}\ \text{T}$.

$$I = 12 \times 10^{-3}\ \text{A}$$

$$T_d = NBIlb$$

$$= 150 \times 6 \times 10^{-2} \times 12 \times 10^{-3} \times 16 \times 10^{-4}$$

Scanned by CamScanner

$$=172800\times10^{-9}$$

$$T_d=1728\times10^{-7}\text{ N-m}$$

उदाहरण 2.6—एक चल कुण्डली उपयन्त्र पूर्ण पैमाना विक्षेप 15 mA देता है और इसका प्रतिरोध 5 ओह्म है तो ज्ञात कीजिये—

(i) उपयन्त्र के 1 A धारा पढ़ने के लिये समान्तर में संयोजित प्रतिरोध।

(ii) 100 V पढ़ने के लिये श्रेणी में संयोजित प्रतिरोध।

उत्तर— $R_m=5\,\Omega=R_v$

$$I_m=15\text{ mA}=15\times10^{-3}\text{ A}$$

(i) $I=1\text{A}$

माना समान्तर में लगाए गये शन्ट का प्रतिरोध $=R_s$

$$R_s=\frac{5}{\left(\frac{1}{15\times10^{-3}}-1\right)}=\frac{5}{\frac{10\times100}{15}-1}$$

$$=\frac{5\times15}{1000-15}=\frac{75}{985}=0.07614$$

$$R_s=7614\times10^{-3}\,\Omega$$

(ii) $V=100\text{V}$

$$V_v=I_mR_v$$

$$=15\times10^{-3}\times5$$

$$=75\times10^{-3}\text{ V}$$

माना श्रेणी में जोड़े गुणक का प्रतिरोध $=R_r$

$$R_r=5\left(\frac{100}{75\times10^{-3}}-1\right)=5\left(\frac{100\times1000}{75}-1\right)$$

$$=5\left(\frac{100000}{75}-1\right)=5\left(\frac{99925}{75}\right)$$

$$=\frac{99925}{15}=6661.66\,\Omega$$

उदाहरण 2.7—एक धारामापी का प्रतिरोध 1.8 Ω है। यह 50 mA धारा से पूरे पैमाने का विक्षेप देता है इस यन्त्र में क्या परिवर्तन कीजिएगा कि वह (i) 3A तक की धारा माप सके।

(ii) 300 V तक विभवान्तर माप सके।

उत्तर— $R_m=1.8\,\Omega,\ I=3\text{ A},\ I_m=50\text{ mA}=0.05\text{ A}$

(i) शंट में प्रवाहित धारा $\quad I_S=I-I_m$

$$=3-0.05$$

$$=2.95\text{A}$$

शंट प्रतिरोध $(R_s)=\frac{I_mR_m}{}$

$$=\frac{0.05\times1.8}{2.95}$$

$$=0.03\,\Omega$$

(ii) $R_v=1.8\,\Omega,\quad I=50\text{ mA}=0.05\text{ A},\ V=300\text{ V}$

$$V_v=IR_v=0.05\times1.8=0.09\text{ V}$$

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

$$=1.8\left(\frac{300}{0.09}-1\right)$$

$$=1.8\left(\frac{300-0.09}{0.09}\right)$$

$$=1.8\times\frac{2999}{0.09}$$

$$R_r=59982\,\Omega$$

उदाहरण 2.8—एक एमीटर जिसका प्रतिरोध 0.5 Ω है 5A धारा पर पूर्ण विक्षेप देता है। इसे 300 V के वोल्टमीटर में बदलना है ऐसा किस प्रकार करेंगे?

उत्तर— $\quad R_v=0.5\,\Omega,\ I=5\text{ A},\ V=300\text{ V}$

$$V_v=IR_v=5\times0.5=2.5\text{ V}$$

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

$$=0.5\left(\frac{300}{2.5}-1\right)$$

$$=0.5\left(\frac{300-2.5}{2.5}\right)$$

$$=0.5\left(\frac{297.5}{2.5}\right)$$

$$=59.5\,\Omega$$

उदाहरण 2.9— 5Ω प्रतिरोध का एक मिली ऐमीटर 100 mA तक पढ़ता है। इसको (i) 15 V तक की वोल्टता पढ़ने के लिये वोल्टमीटर तथा (ii) 20 A तक की धारा पढ़ने के लिये एमीटर बनाने हेतु कितना प्रतिरोध आवश्यक होगा?

उत्तर—$R_v=5\,\Omega,\ I=100\text{ mA}=0.1\text{A},\ V=15\text{V}$

(i) $V_v=IR_v=0.1\times5=0.5\text{V}$

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

$$=5\left(\frac{15}{0.5}-1\right)=5\times\frac{14.5}{0.5}$$

Scanned by CamScanner

(ii) $R_m = 5\,\Omega$, $I = 20\,A$, $I_m = 100\,mA$

$$= 20{,}000\,mA$$

$$I_s = I - I_m$$

$$= 20{,}000 - 100$$

$$= 19900\,mA$$

$$R_s = \frac{I_m R_m}{I_s} = \frac{100 \times 5}{19900} = 0.0251\,\Omega$$

उदाहरण 2.10—एक ऐम्पियर मापी का प्रतिरोध 5 Ω है। यह अधिकतम 1.5 A की धारा माप सकता है। गणना द्वारा बताइये कि इस यन्त्र को किस प्रकार बदला जा सकता है—

(i) 6A तक पढ़ने वाले ऐमीटर में, (ii) 150 V तक पढ़ने वाले वोल्टमीटर में।

उत्तर— $R_m = 5\,\Omega$, $I = 6\,A$, $I_m = 1.5\,A$

(i) $I_s = I - I_m = 6 - 1.5 = 4.5\,A$,

$$M = \frac{I}{I_m} = \frac{60}{15} = 4$$

$$R_{sr} = \frac{R_m}{M-1} = \frac{5}{4-1} = \frac{5}{3}\,\Omega$$

(ii) $R_v = 5\,\Omega$, $I = 1.5\,A$, $V = 150\,V$

$$V_v = IR_v = 1.5 \times 5 = 7.5\,V$$

$$R_r = R_v\left(\frac{V}{V_v} - 1\right) = 5\left(\frac{150}{7.5} - 1\right)$$

$$= 5\left(\frac{150 - 7.5}{7.5}\right) = \frac{5 \times 142.5}{7.5}$$

$$R_r = 95\,\Omega$$

उदाहरण 2.11—एक चल कुण्डली उपयन्त्र 1 A धारा पढ़ सकता है तथा इसका प्रतिरोध 0.02 Ω है। यह उपयन्त्र (i) 300 वोल्ट तथा (ii) 100 A तक धारा पढ़ने के लिये किस प्रकार प्रयोग किया जा सकता है?

उत्तर— $R_v = 0.02\,\Omega$, $I = 1\,A$, $V = 300\,V$

(i) $V_v = IR_v = 1 \times 0.02 = 0.02\,V$

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

$$= 0.02\left(\frac{300}{0.02} - 1\right) = 299.98\,\Omega$$

(ii) $R_m = 0.02\,\Omega$, $I = 100\,A$, $I_m = 1\,A$

$$I_s = I - I_m$$

$$= 100 - 1 = -99\,A$$

$$R_s = \frac{I_m R_m}{I_s} = \frac{1 \times 0.02}{99}$$

$$= \frac{2}{9900} = \frac{1}{4950}\,\Omega$$

उदाहरण 2.12—एक ऐम्पियर के किसी ऐमीटर की कुण्डली का प्रतिरोध 0.018 Ω है इसे 10 A तक ... ऐमीटर में कैसे परिवर्तित करेंगे?

उत्तर— $R_m = 0.018\,\Omega$, $I = 10\,A$, $I_m = 1\,A$

$$I_s = I - I_m = 10 - 1 = 9\,A$$

$$R_s = \frac{I_m R_m}{I_s} = \frac{1 \times 0.018}{9} = \frac{18}{9000}$$

$$R_s = 0.002\,\Omega$$

उदाहरण 2.13—एक चल लोह वोल्टमीटर की कुण्डली का प्रेरकत्व 0.75 H है। जब इस वोल्टमीटर को 150V की दिष्ट धारा सप्लाई से जोड़ा जाता है तो यह 0.05 A धारा लेता है। 500 Hz (आवृत्ति) वाली प्रत्यावर्ती ... यह उपयन्त्र कितना पाठ्यांक प्रदर्शित करेगा?

उत्तर—जब उपयन्त्र को दिष्ट धारा पर प्रयोग किया जाता है तब केवल ओह्म प्रतिरोध ही कार्य करता है।

$$\text{वोल्टमीटर का प्रतिरोध} = \frac{V}{I_m} = \frac{150}{0.05} = 3000\,\Omega$$

जब इसे प्रत्यावर्ती परिपथ में प्रयोग किया जाता है तब वोल्टमीटर की प्रतिबाधा (impedance) को लेना पड़ता है।

500 Hz (आवृत्ति) पर वोल्टमीटर की प्रतिबाधा

$$Z = \sqrt{R_v^2 + \omega^2 L_m^2}$$

जहाँ

$$L'_m = \text{वोल्टमीटर का प्रेरकत्व} = 0.75\,H$$

$$Z = \sqrt{(3000)^2 + (2\pi \times fL_m)^2}$$

$$= \sqrt{(3000)^2 + \left(2 \times \frac{22}{7} \times 500 \times 0.75\right)^2}$$

$$= 3815.28\,\Omega$$

$$150\,V\ 500\,Hz \text{ पर धारा} = \frac{V}{Z} = \frac{150}{3815.28}\,A$$

$$= 0.0393\,A$$

$$\text{उपयन्त्र का पाठ्यांक} = V \times \frac{0.0393}{0.05}$$

$$= 150 \times \frac{0.0393}{0.05}$$

$$= 117.9\,V$$

उदाहरण 2.14—एक धारामापी (0 से 10 mA) जिसका प्रतिरोध $R_m = 0.1$ है, इसको एक वि... 100 V) की तरह उपयोग करना है इस हेतु वांछित अतिरिक्त प्रतिरोध की गणना कीजिये।

उत्तर—$R_v = 0.1\,\Omega$, $I = 10\,mA = 0.01\,A$, $V = 100\,V$

Scanned by CamScanner

$$=0.01\times0.1$$
$$=0.001\,V$$
$$R_r=R_v\left(\frac{V}{V_v}-1\right)$$
$$=0.1\left(\frac{100}{0.001}-1\right)$$
$$=0.1\left(\frac{100-0.001}{0.001}\right)$$
$$=0.1\times\frac{99.999}{0.0010}$$
$$=9999.9\,\Omega$$

उदाहरण 2.15—एक धारामापी में प्रति mA धारा से एक विभाजन का विक्षेप होता है। धारामापी का प्रतिरोध 80 Ω है यदि धारामापी में 2.5 Ω का शन्ट लगा दिया जाये तथा धारामापी के पैमाने पर 50 विभाजन हो तो यह धारामापी अधिकतम कितनी धारा माप सकेंगे?

उत्तर—पैमाने का विभाजन = 50

एक विभाजन पर धारा = 1 mA

50 विभाजन पर धारा = 50 mA

$$I_m=50\times10^{-3}\text{ A}$$
$$R_v=R_m=80\,\Omega$$
$$R_s=2.5\,\Omega$$

माना धारामापी से अधिकतम बहने वाली धारा = I

$$R_s=\frac{R_m}{\left(\frac{I}{I_m}-1\right)}$$
$$2.5=\frac{800}{\left(\frac{I}{50\times10^{-3}}-1\right)}$$
$$\frac{I}{50\times10^{-3}}-1=8\times4$$
$$\frac{I}{50\times10^{-3}}=32+1$$
$$I=33\times5\times10^{-2}$$
$$I=1.65\text{ A}$$

उदाहरण 2.16—एक चल कुण्डली मापी जिसका प्रतिरोध 5 Ω है 10 मिली ऐम्पियर धारा पर पूर्ण विक्षेप प्रदर्शित करता है। दर्शाइये इसे निम्न माप लेने में कैसे उपयोग किया जा सकता है?

(अ) 10 ऐम्पियर तक धारा एवं

उत्तर— $R_m=5\,\Omega$, $I=10\text{ A}$, $I_m=10\text{ mA}=0.01\text{ A}$

1.
$$I_s=I-I_m=10-0.01$$
$$=9.99\text{ A}$$
$$R_s=\frac{I_mR_m}{I_s}$$
$$=\frac{0.01\times5}{9.99}=\frac{0.05}{9.99}$$
$$=0.005\,\Omega$$
$$R_v=5\,\Omega,\ I=10\text{ mA},\ V=200\text{ V}$$
$$=0.01\text{ A}$$
$$V_v=IR_v$$
$$=0.01\times5$$
$$=0.05\text{ V}$$
$$R_r=R_v\left(\frac{V}{V_v}-1\right)$$
$$=5\left(\frac{200-0.05}{0.05}\right)$$
$$=5\times\frac{199.95}{0.05}$$
$$R_r=19{,}995\,\Omega$$

उदाहरण 2.17—एक वोल्टमीटर 25 V तक माप सकता है और उसका प्रतिरोध 1 KΩ है आप 250 V तक मापने के लिये क्या करोगे?

उत्तर— $R_v=1\text{ K}\Omega,\ V=250\,\Omega,\ V_v=25\text{ V}$

$$R_r=R_v\left(\frac{V}{V_v}-1\right)$$
$$=1\left(\frac{250}{25}-1\right)$$
$$=\frac{250-25}{25}=\frac{225}{25}$$
$$R_r=9\text{ K}\Omega$$

उदाहरण 2.18—एक मिलीमीटर का प्रतिरोध 5 Ω है तथा यह 5 mA की धारा माप सकता है इस यन्त्र से (I) 25 mA तक (II) 100 V तक की माप किस प्रकार की जा सकती है?

उत्तर—$R_m=5\,\Omega$, $I=25\text{ mA}$, $I_m=5\text{ mA}$

$=0.025\text{ A}$ $=0.005\text{ A}$

(I) $I_s=I-I_m$

$$=0.025-0.005$$

Scanned by CamScanner

$$R_s = \frac{I_m R_m}{I_s}$$

$$= \frac{0.005 \times 5}{0.02}$$

$$= \frac{0.025}{0.02}$$

$$R_s = 1.25\,\Omega$$

(ii) $R_v = 5\,\Omega$, $I = 5\,mA$, $V = 100\,V$

$= 0.005\,A$ $V_v = IR_v$

$$= 0.005 \times 5$$

$$= 0.025\,V$$

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

$$= 5\left(\frac{100}{0.025} - 1\right)$$

$$= 5\left(\frac{100 - 0.025}{0.025}\right)$$

$$= 5 \times \frac{99.975}{0.025}$$

$$R_r = 19{,}995\,\Omega$$

प्रश्नावली

1. प्रदर्शित करो कि पार्श्व (Shunt) द्वारा किसी चल कुण्डली धारामापी का परास बढ़ाया जा सकता है। क्या यह सम्भव है?
2. स्वच्छ चित्र द्वारा एक चल कुण्डली प्रारूपी वोल्टमीटर की बनावट व कार्यविधि समझाइए।
3. पार्श्वों (Shunts) के प्रयोगों से D.C. ऐमीटरों की परासों को किस प्रकार बढ़ाया जा सकता है? उदाहरण दीजिए।
4. वोल्टमीटर में एक से अधिक पैमाने कैसे रखे जाते है?
5. ऐमीटरों व वोल्टमीटरों की परासों को कैसे बढ़ाया जाता है? चित्र की सहायता से स्पष्ट कीजिए।
6. धारामापी-पार्श्व तथा वोल्टतामापी गुणक में क्या अन्तर है? स्पष्ट कीजिए कि ऐमीटर अल्प प्रतिरोध का क्यों होना चाहिए?
7. एक गेल्वेनोमीटर को (i) ऐमीटर तथा (ii) वोल्टमीटर में किस प्रकार परिवर्तित किया जा सकता है? स्पष्ट कीजिए।
8. शंट क्या होता है? इसे प्रयोग करने का क्या लाभ है? यदि शंटयुक्त गेल्वेनोमीटर के परिपथ में पूर्ण धारा ठ ऐम्पियर हो तो सिद्ध करिए धारामापी में बहने वाली धारा $Is = \frac{S}{S+G}$ ऐम्पियर होगी जहाँ G व S क्रमशः धारामापी तथा शंट के प्रतिरोध हैं।
9. गेल्वेनोमीटर को ऐमीटर में बदलने के लिए क्या करते हैं?
10. मिलीमीटर को वोल्टमीटर में किस प्रकार बदलते है?
11. प्रत्यावर्ती धारा ऐमीटर तथा वोल्टमीटर विद्युत धारा या वोल्टता के किस प्रकार के मान दिखाते है?
12. चल लौह उपयन्त्र की कार्यप्रणाली चित्र सहित तथा कौन से दो रूप हैं?
13. ऐमीटर तथा वोल्टमीटरों में त्रुटियों के कारण बताओ।

14. एक चल कुण्डली ऐमीटर का प्रतिरोध 5 ओह्म है। वह 15 मिली ऐम्पियर की धारा पर पूर्ण परास विक्षेप देता है। इस ऐमीटर से 100 ऐम्पियर दिष्ट धारा मापने के लिये लगाये जाने वाले शन्ट का प्रतिरोध ज्ञात कीजिये।
    ($R_s = 0.00075\,\Omega$)
15. एक चल कुण्डली ऐमीटर का प्रतिरोध 4.2 ओह्म है। यदि एक 0.003 ओह्म का शन्ट इसके साथ लगाया जाये तो लाइन धारा 30 ऐम्पियर होने पर पूर्ण परास विक्षेप प्राप्त होता है। ऐमीटर की अनुमत धारा ज्ञात कीजिये।
    ($I_m = 21.41\,mA$)
16. एक चल कुण्डली उपयन्त्र का प्रतिरोध 10 ओह्म है तथा 50 mA पर यह पूरे पैमाने का विक्षेप देता है। प्रदर्शित कीजिये कि इस मीटर को 500 वोल्ट तक की वोल्टता तथा 10 ऐम्पियर तक की धारा मापने के लिये किस प्रकार प्रयुक्त किया जा सकता है?
    (i) 9990 Ω (ii) 0.05025 Ω
17. एक चल कुण्डली वोल्टमीटर का प्रतिरोध 100 Ω है तथा यह पूर्ण परास विक्षेप पर 1 वोल्ट पाठ्यांक देता है। वोल्टमीटर द्वारा 250 वोल्ट तक पढ़ने के लिये कितने ओह्म के वोल्टमीटर गुणक की आवश्यकता होगी?
    ($R_r = 24900\,\Omega$)
18. एक चल कुण्डली वोल्टमीटर जिसका प्रतिरोध 1000 ओह्म है, अधिकतम 1 वोल्ट तक पढ़ सकता है। वोल्टमीटर से 1000 वोल्ट तक पाठ्यांक पढ़ सकने के लिये कितने ओह्म के वोल्टमीटर गुणांक की आवश्यकता होगी?
    ($R_r = 999000\,\Omega$)
19. एक चल कुण्डली उपयन्त्र का प्रतिरोध 20 Ω है। इस पूरे विक्षेप के लिए 1000 mA की आवश्यकता पड़ती है। प्रदर्शित कीजिये कि इसे किस प्रकार (i) 20 ऐम्पियर परास के ऐमीटर तथा (ii) 300 V परास के वोल्टमीटर मे बदलेंगे?
    (i) $R_s = 0.1005\,\Omega$ (ii) 2980 Ω
20. एक वोल्टमीटर का प्रतिरोध 20,000 ओह्म है। यह मीटर एक प्रतिरोध के साथ श्रेणीबद्ध होकर 220 वोल्ट पर संयोजित होने पर 150 वोल्ट पढ़ता है। अज्ञात प्रतिरोध का मान ज्ञात करो।
    $R = 9333.3\,\Omega$
21. एक चल कुण्डली उपयन्त्र का प्रतिरोध 10 ओह्म है तथा यह 50 मिमी ऐम्पियर धारा पर पूर्ण परास विक्षेप देता है। दिखाइये कि यह किस प्रकार किया जा सकता है ताकि यह 750 वोल्ट तथा 100 ऐम्पियर तक माप सके।
    (i) 14990 Ω (ii) 0.005 Ω
22. 5 ओह्म प्रतिरोध का एक मिली मीटर, 100 मिली ऐम्पियर पढ़ता है। इसको (i) 15 वोल्ट तक की वोल्टता पढ़ने के लिए वोल्टमीटर तथा
    (ii) 20 ऐम्पियर तक की धारा पढ़ने के लिए ऐमीटर बनाने के लिये कितना प्रतिरोध आवश्यक होगा? प्रत्येक अवस्था में सम्बन्धित आरेख खींचिये।
    (i) $R_s = 0.0251\,\Omega$ (ii) 145 Ω
23. एक चल कुण्डली मापक यन्त्र की कुण्डली की लम्बाई 5 सेमी, चौड़ाई 4 सेमी तथा कुण्डली में 80 वर्तन है। हवा में फ्लक्स घनत्व $0.1\,wb/m^2$ है। नियन्त्रण बलघूर्ण 0.5×10^{-7} N-m/degree है। 60° का विक्षेप उत्पन्न करने के लिये कितनी धारा चाहिये?
    $I = 0.1876\,mA$
24. एक चल कुण्डली वोल्टमीटर की कुण्डली 4.5 सेमी लम्बी तथा 3.5 सेमी चौड़ी है तथा उसमें 100 वर्तन हैं। पैमाने के 100 भाग के विक्षेप पर, नियन्त्रण स्प्रिंग पर 2.45×10^{-4} N-m का बलघूर्ण कार्य करता है। यदि वायु अन्तराल में चुम्बकीय क्षेत्र का फ्लक्स घनत्व 1 वेबर/मीटर^2 हो, तो वोल्ट प्रति भाग विक्षेप देने के लिये कुण्डली के श्रेणीक्रम में कितना प्रतिरोध लगाना होगा? वोल्टमीटर का प्रतिरोध 10,000 ओह्म है।
    $R = 54308.68\,\Omega$
25. एक 1000 ओह्म के वोल्टमीटर को अज्ञात प्रतिरोध के पार्श्व में संयोजित करने पर वह 500 वोल्ट पाठ्यांक देता है। धारा मापने के लिये प्रयोग किया गया ऐमीटर अज्ञात प्रतिरोध तथा वोल्टमीटर द्वारा ली गई धारा 1 ऐम्पियर पढ़ता है तो प्रतिरोध का वास्तविक मान ज्ञात कीजिये।
    (1000 Ω)

Scanned by CamScanner

26. एक चल कुण्डली ऐमीटर को 100 ऐम्पियर तक पढ़ने योग्य बनाने के लिये आवश्यक शन्ट प्रतिरोध की गणना कीजिये, यदि 100 mA धारा पर पूर्ण पैमाना विक्षेप देता है तथा उसकी कुण्डली का प्रतिरोध 1 Ω है।

(1/999 Ω)

27. एक चल कुण्डली उपयन्त्र का प्रतिरोध 3 Ω है तथा यह 3 मिली ऐम्पियर पर विक्षेप देता है 1300 वोल्ट मापने के लिये यह किस प्रकार प्रयोग किया जाता है? प्रदर्शित कीजिए।

(99997 Ω)

28. एक चल कुण्डली उपयन्त्र का प्रतिरोध 10 Ω है तथा 50 मिली ऐम्पियर पर यह उपयन्त्र पूर्ण विक्षेप देता है। प्रदर्शित कीजिए कि इसको किस प्रकार (i) 750 वोल्ट तक वोल्टता तथा
(ii) 100 ऐम्पियर तक धारा मापने के लिये प्रयोग में लिया जा सकता है।

(i) 14990 Ω (ii) $\frac{1}{1999}$ Ω

29. जब एक धारामापी के साथ 4 Ω का शन्ट लगाया जाता है तो विक्षेप 1/5 रह जाती है। यदि प्रबन्ध के साथ 2 Ω प्रतिरोध का शन्ट और लगाया जाये तो विक्षेप कितना रह जायेगा?

$\left(\frac{1}{1.3}\right.$ भाग रह जायेगा। $\left.\right)$

30. एक धारामापी का प्रतिरोध 100 Ω है और इसमें 25 mA की धारा प्रवाहित हाने पर पूरे पैमाने का विक्षेप प्राप्त होता है। इस धारामापी की सहायता से 120 V का विभवान्तर नापने के लिये क्या परिवर्तन करना होगा?

4700 Ω का प्रतिरोध श्रेणीक्रम में लगाना होगा।

31. एक धारामापी की कुण्डली का प्रतिरोध 1 Ω है तथा इसमें 50 mA धारा से पूर्ण पैमाना विक्षेप प्राप्त होता है। इसे 2.5 V तक नापने वाले वोल्टमीटर में किस प्रकार बदला जा सकता है?

(49 Ω का प्रतिरोध श्रेणी में)

32. एक 100 V का वोल्टमीटर, जिसका अपना प्रतिरोध 20 kΩ है, एक बहुत बड़े प्रतिरोध R के श्रेणीक्रम में जोड़ा जाता है। जब इसे 110 V की लाइन में लगाया जाता है तो वह 5 V पढ़ता है। प्रतिरोध R का परिणाम क्या होगा?

(420 kΩ)

33. एक चल कुण्डली धारामापी का प्रतिरोध 10 Ω है तथा 50 mA पर यह पूरे पैमाने का विक्षेप देता है। प्रदर्शित कीजिये कि इस धारामापी से 500 V तक की वोल्टता तथा 10 V तक की धारा मापने के लिये किस प्रकार प्रयुक्त किया जा सकता है?

(i) 9990 Ω का गुणक
(ii) 0.05025 Ω का शन्ट

34. एक चल लोह वोल्टमीटर 250 V डी॰ सी॰ पर शुद्ध पाठ्यांक देता है, उसकी चुम्बकन कुण्डली का प्रतिरोध 500 Ω है और प्रेरकत्व 10 H है तथा इसके साथ श्रेणी में 200 Ω का बाह्य प्रतिरोध लगा है। 250 V, 50 Hz, ए॰ सी॰ पर उसका पाठ्यांक ज्ञात कीजिये। क्या इस प्रकार के उपयन्त्रों को प्रत्यावर्ती धारा एवं दिष्ट धारा दोनों में मापने हेतु प्रयोग किया जा सकता है?

1. A.C. पर पाठ्यांक 148 वोल्ट
2. चल लोह वोल्ट मीटर को A.C. तथा D.C. दोनों सप्लाई पर प्रयोग किया जाता है।

■ आंकिक प्रश्न

1. एक 1000 V के वोल्टमीटर को अज्ञात प्रतिरोध के पार्श्व में संयोजित करने पर वह 600 volt पाठ्यांक देता है। धारा मापने के लिए प्रयोग किया गया ऐमीटर का अज्ञात प्रतिरोध तथा वोल्टमीटर द्वारा ली गई धारा amp पढ़ता है तो अज्ञात प्रतिरोध का वास्तविक मान ज्ञात कीजिए।

2. एक चल कुण्डली उपयन्त्र का प्रतिरोध 3 Ω है तथा 3 मिली ऐम्पियर का विक्षेप देता है। 300 volt मापने के लिए यह किस प्रकार प्रयोग किया जा सकता है? प्रदर्शित कीजिए।

उत्तर : श्रेणी में 99,997 Ω का प्रतिरोध लगाकर प्रयोग कर सकते हैं।

3. एक चल कुण्डली उपयन्त्र, 1 ऐम्पियर धारा पढ़ सकता है तथा इसका प्रतिरोध 0.02 Ω है। यह उपयन्त्र (i) 300V, (ii) 100 ऐम्पियर तक धारा पढ़ने के लिए किस प्रकार प्रयोग किया जा सकता है।

उत्तर : (i) 299.98 श्रेणी में लगाकर
(ii) $\frac{1}{4950}$ Ω की शंट लगाकर

Scanned by CamScanner

3 वॉटमीटर (डायनेमोमीटर टाइप)

[Wattmeters (Dynamometer Type)]

3.1. परिचय (Introduction)

कार्य करने की दर को शक्ति कहते हैं। परन्तु वोल्टता (V), धारा (I) तथा शक्ति गुणक ($\cos\phi$) के गुणनफल को विद्युत शक्ति (P) कहते हैं।

$$P = VI\cos\phi$$

इस शक्ति का मापन वाटमीटर द्वारा किया जाता है जिसे शक्तिमापी भी कहते हैं। वाटमीटर निम्न तीन प्रकार के होते हैं–

(1) AC टाइप वाटमीटर

(2) DC टाइप वाटमीटर

(3) AC/DC टाइप वाटमीटर

3.2. वाटमीटरों के प्रारूप (Types of Wattmeters)

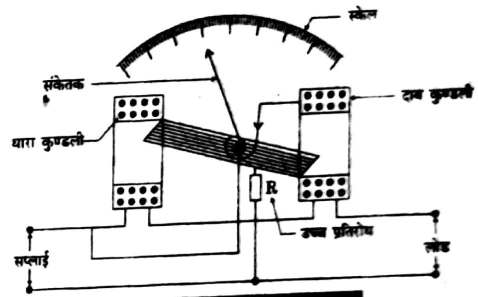
(1) डायनेमोमीटर टाइप वाटमीटर (D.T.W.M.)

(2) इण्डक्शन टाइप वाटमीटर (I.T.W.M.)

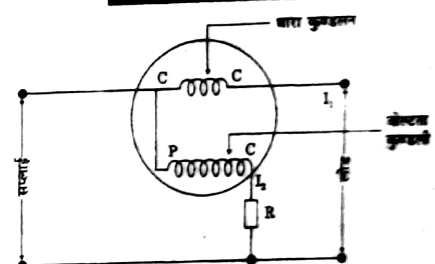
(3) इलेक्ट्रोस्टैटिक टाइप वाटमीटर (E.S.T.W.M.)

3.2.1. डायनेमोमीटर टाइप वाटमीटर (Dynamometer Type Wattmeter)

(a) संरचना (Construction) : जब डायनेमोमीटर प्रारूपी उपयन्त्रों को वाटमीटर के रूप में प्रयोग करना हो तो स्थिर कुण्डलियाँ (Fixed coils) को धारा कुण्डली के रूप में तथा चल कुण्डली (Moving coil) को वोल्टता या दाब कुण्डली (Pressure coil) के रूप में काम में लाया जाता है। चित्र में डायनेमोमीटर प्रारूपी वाटमीटर का एक रेखीय आरेख है। स्थिर कुण्डली करके परस्पर समान्तर स्थापित किया जाता है। समरूप चुम्बकीय क्षेत्र प्राप्त करने के लिए स्थिर कुण्डली के इन दो भागों की दूरी का समंजन (Adjustment) किया जा सकता है। चल कुण्डली को अधिक वर्तनों की पतली तार से कुण्डलित करके स्थिर कुण्डली के दो भागों के बीच स्थापित किया जाता है।



चित्र 5.1 : [illegible]



चित्र 5.2 : प्रतीकात्मक [illegible]

(b) कार्यविधि (Working Principle) : स्थिर कुण्डली लाइन के श्रेणीक्रम मे जुड़े होने के कारण लाइन धारा I_1 वहन करती है तथा चल कुण्डली सप्लाई के पार्श्व में जुड़े होने के कारण सप्लाई वोल्टता के समानुपाती धारा I_2 वहन करती है। स्थिर एवं चल कुण्डली के चुम्बकीय क्षेत्रों में परस्पर प्रतिक्रिया के फलस्वरूप विक्षेपक बलाघूर्ण उत्पन्न होता है जो कि कुण्डली को विक्षेपित करता है। चल कुण्डली का विक्षेप दो स्प्रिंगों द्वारा नियन्त्रित होता है। यह स्प्रिंग चल कुण्डली में धारा प्रवाहित कराने के लिए संयोजन का भी कार्य करते हैं। चित्र 5.2 में वाटमीटर के विद्युत परिपथ हैं। चल कुण्डली के साथ एक संकेतक जुड़ा रहता है जो कि स्प्रिंग से नियन्त्रित रहता है। चूँकि उपयन्त्रो में विक्षेपक बलाघूर्ण शक्ति के समानुपाती होता है इसलिए विक्षेप, शक्ति के समानुपाती होता है तथा पैमाना लगभग समरूप होता है।

(c) विक्षेपण बलाघूर्ण (Deflecting Torque) : इन उपयन्त्रों में कुण्डलियां वायु क्रोडित होती है इसलिए फ्लक्स घनत्व धारा I के सीधे समानुपाती होता है।

स्थिर कुण्डली में फ्लक्स घनत्व

$$B \propto I_1$$

$\Rightarrow$ $$B = K_1 I_1$$

धारा $$I_2 \propto V \Rightarrow I_2 = K_2 V$$

$$\tau_d \propto BI_2 \Rightarrow I_1 V$$

Scanned by CamScanner

$$\Rightarrow \quad \tau_d \propto K_1 K_2 V I_1 = K \text{ शक्ति} \qquad (K = K_1 K_2 = \text{नया स्थिरांक}$$
(तथा VI_1 = शक्ति)

$$\tau_d \propto VI$$

उपयन्त्र के स्प्रिंग नियन्त्रित होने के कारण $\tau_c \propto \theta$

संकेतक के विश्राम की स्थिति में

$$T_d = T_c$$
$$\theta \propto VI$$

(d) वाटमीटर का AC पर प्रयोग : AC में तात्क्षणिक बलाघूर्ण, शक्ति के समानुपाती होता है। यदि i = स्थिर कुण्डली में धारा का तात्क्षणिक मान तथा V = चल कुण्डली में वोल्टता का तात्क्षणिक मान हो, तब

तात्क्षणिक बलघूर्ण $\quad \tau \propto Vi = KVi$

औसत विक्षेपक बलाघूर्ण, $\tau_{md} \propto Vi$ का औसत मान

V_{max} = वोल्टता का अधिकतम मान

I_{max} = धारा का अधिकतम मान

ϕ = लोड का शक्ति गुणक

$$V = V_{max} \sin \omega t = V_{max} \sin \theta \qquad (\because \theta = \omega t)$$

$$i = I_{max} \sin(\omega t - \phi) = I_{max} \sin(\theta - \phi)$$

औसत विक्षेपक बलघूर्ण

$$\tau_{md} \propto \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} (V_{max}\sin\theta) \times (I_{max}\sin(\theta-\phi)\, d\theta$$

$$\Rightarrow \quad \tau_{md} \propto \frac{V_{max} I_{max}}{2\pi}\int_0^{2\pi} \sin\theta \cdot \sin(\theta-\phi) \times d\theta$$

$$\Rightarrow \quad \tau_{md} \propto \frac{V_{max} I_{max}}{2\pi}\int_0^{2\pi} \left[\frac{\cos\phi - \cos(2\theta-\phi)}{2}\right] d\theta$$

$$\propto \frac{V_{max} I_{max}}{2\pi}\left[\theta\cos\phi - \frac{\sin(2\theta-\phi)}{2}\right]_0^{2\pi}$$

$$\propto \frac{V_{max} I_{max}}{4\pi}[2\pi\cos\phi]$$

$$\propto \frac{V_{max} I_{max}}{2}\cos\phi$$

$$\propto \left(\frac{V_{max}}{\sqrt{2}}\right)\left(\frac{I_{max}}{\sqrt{2}}\right)\cdot\cos\phi$$

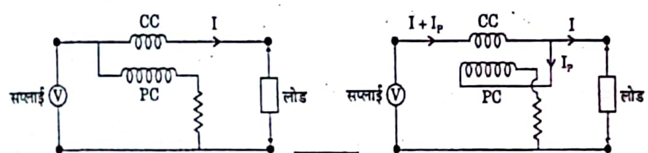
$$\boxed{\tau_{md} \propto VI\cos\phi} \quad \Rightarrow \text{वास्तविक शक्ति}$$

परन्तु उपयन्त्र स्प्रिंग नियन्त्रित होने के कारण $\tau_d \propto \theta$ तथा संकेतक की विश्राम अवस्था के लिए

$$\tau_c = \tau_d$$

3.3. वाटमीटर में त्रुटियाँ (Errors in Wattmeter)

1. विभिन्न सम्बन्धों के कारण : वाटमीटर का परिपथ में संयोजन दो तरह से किया जाता है। एक स्थिति में वाटमीटर की विभव कुण्डली के धारा कुण्डली से पूर्व होने के कारण, विभव कुण्डली से प्रवहित होने वाली विद्युत धारा, धारा कुण्डली से प्रवहित नहीं हो पाती और दूसरी स्थिति में विभव, धारा कुण्डली से बाद में सम्बन्धित होने के कारण विभव कुण्डली की धारा भी धारा कुण्डली से प्रवहित होती है। प्रथम स्थिति में वाटमीटर, परिपथ की शक्ति व धारा कुण्डली की शक्ति का मिला-जुला रूप तथा दूसरी स्थिति में वह परिपथ की शक्ति व धारा कुण्डली की शक्ति का मिला रूप है। अत: दोनों स्थितियों में पाठ्यांक त्रुटिपूर्ण है। परन्तु प्रथम विधि अपेक्षाकृत शुद्ध मानी जाती है। वाटमीटर के इस दोष को दूर करने के लिए धारा कुण्डली पर प्रतिकारिता कुण्डली की व्यवस्था कर दी जाती है जिसके लिए धारा कुण्डली पर कुछ अतिरिक्त वर्त कुण्डलित कर देते हैं जो दाब कुण्डली के श्रेणीक्रम से सम्बन्धित होते हैं और धारा कुण्डली की विद्युत धारा के विपरीत दिशा में दाब कुण्डली की विद्युत धारा वहन करते हैं जबकि विभव कुण्डली, धारा कुण्डली के बाद जुड़ी होती है।



चित्र 5.3

2. विभव कुण्डली के प्रेरकता के कारण : विभव कुण्डली की प्रेरकता के कारण पश्चगामी शक्ति गुणक पर उपयन्त्र वास्तविक मान से अधिक मान के पाठ्यांक तथा अग्रगामी शक्ति गुणक पर कम मान के पाठ्यांक देता है। न्यून शक्ति गुणकों पर यह प्रभाव काफी अधिक होने के कारण पाठ्यांकों में गम्भीर त्रुटि होती है।

3. विभव कुण्डली की संधारिता के कारण : विभव कुण्डली में कुछ मात्रा में संधारित्र भी होती है जो मुख्यत: उसके श्रेणी प्रतिरोधों के बीच होती है। इसके प्रभाव के कारण उस कुण्डली में प्रेरकता के कारण होने वाली त्रुटि कम हो जाती है। यही कारण है कि कुछ वाटमीटरों में विभव कुण्डली के श्रेणी प्रतिरोध के समान्तर क्रम में एक संधारित्र जोड़ देते हैं ताकि कुण्डली की प्रेरकता त्रुटि दूर हो सके।

4. विपथित क्षेत्र के कारण : उपयन्त्र का कार्यकारी क्षेत्र कमजोर होने के कारण यह उपयन्त्र विपथित क्षेत्र के प्रभाव से त्रुटिपूर्ण हो जाता है। अतः इसे विपथित क्षेत्र के प्रभाव से मुक्त होना आवश्यक है। इसे लोहे के आवरण के अन्दर रखने पर ऐसा सम्भव हो सकता है।

लाभ (Advantages)

(i) यह उपयन्त्र DC तथा AC धारा दोनों में प्रयोग किए जा सकते हैं।

(ii) इन उपयन्त्रों में चुम्बकीय मंदन (Hysteresis) तथा भंवर धारा (Eddy current) त्रुटियां नहीं होती हैं।

(iii) इनमें विक्षेप, शक्ति के समानुपाती होने के कारण, पैमाना समरूप होता है।

(iv) सावधानी से प्रयोग करके उच्च स्तर की परिशुद्धता प्राप्त की जा सकती है।

हानियाँ (Disadvantages)

(i) बलाघूर्ण तथा भार (Torque and weight) का अनुपात कम होने के कारण, इनमें घर्षण त्रुटियां होने की गम्भीर

Scanned by CamScanner

(ii) निम्न शक्ति गुणक पर वोल्टता कुण्डली के प्रेरकत्व के कारण गम्भीर त्रुटि आ सकती है।

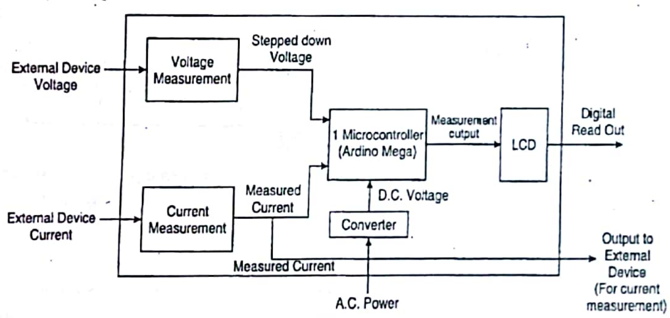
(iii) दूसरे उपयन्त्रों से महंगा होने के कारण इनको ऐमीटर तथा वोल्टमीटर के रूप में सूक्ष्म मापन के लिए ही प्रयोग किया जाता है।

(iv) इन उपयन्त्रों में लौह क्रोड न होने के कारण, क्षेत्र सामर्थ्य दुर्बल होती है। क्षेत्र सामर्थ्य को बढ़ाने के लिए स्थिर तथा चल कुण्डली में ऐम्पियर वर्तनों की संख्या बढ़ानी पड़ती है जिससे चल प्रणाली पर भार पड़ता है। यह कम संवेदनशील होता है।

(v) उपयन्त्र की चल कुण्डली पर कार्य करने वाले विपथित क्षेत्र के कारण पाठ्यांक पर प्रभाव पड़ सकता है। इस प्रभाव को कम करने के लिए उपयन्त्र को लोहे के बने बक्से में रखा जा सकता है।

3.4. Digital wattmeter

यह एक ऐसा उपयन्त्र है जिसके द्वारा विद्युत ऊर्जा या विद्युत पॉवर को वॉट में मापा जाता है। इसका ब्लॉक आरेख नीचे दिया गया है।



चित्र 3.1–डिजिटल वाटमीटर

इसमें दो कॉयल होती हैं, एक करंट कॉयल जोकि मोटे तार की तथा कम वर्तन (turns) की बनी होती है तथा जिसे लोड के श्रेणी में जोड़ा जाता है। दूसरी वोल्टेज कॉयल जोकि पतले तार की तथा अधिक वर्तन (turns) की बनाई जाती है तथा लोड के समान्तर में जोड़ा जाता है। जैसे कि ब्लाक आरेख में दिखाया गया है, इनपुट वोल्टेज को step down करके तथा धारा को microcontroller (andin-omega) पर लगाया जाता है। Microcontroller के द्वारा इनपुट वोल्टेज तथा इनपुट धारा को नियन्त्रित करके मापने वाले परिपथ को दिया जाता है, यह परिपथ इस मान को डिजिट के रूप में डिस्प्ले करता है तथा हम इसे डिजिट के रूप में पढ़ लेते हैं।

Microcontroller :

Microcontroller एक ऐसी युक्ति है जो परिपथ के अन्दर लगी रहती है। Microcontroller का कार्य इनपुट को प्राप्त कर कण्ट्रोल करना तथा कण्ट्रोल सिगनल को अलग-अलग परिपथों को भेजना होता है।

प्रश्नावली

1. डयनेमोमीटर टाइप वाटमीटर की बनावट तथा सिद्धान्त को एक साफ-सुथरे चित्र द्वारा स्पष्ट कीजिए।
2. एक इण्डक्शन टाइप वाटमीटर की बनावट तथा कार्य सिद्धान्त स्वच्छ चित्र द्वारा दीजिए।
3. डायनेमोमीटर टाइप के वाटमीटर की रचना एवं प्रचालन सिद्धान्त का वर्णन कीजिए। इसे D.C. तथा A.C. दोनों पर ठीक पाठ्यांक (Reading) देने के लिए किस प्रकार व्यवस्थित किया जा सकता है?
4. वाटमीटर तथा एनर्जीमीटर में क्या अन्तर है? आवश्यक सम्बन्धन आरेखों के साथ सिंगल फेज डायनेमोमीटर टाइप वाटमीटर की कार्यविधि को समझाइए। इस मापयंत्र का इण्डक्शन टाइप मापयंत्र से तुलना कीजिए।
5. संक्षेप में टिप्पणी लिखिए—
   (b) डायेमोमीटर टाइप वॉटमीटर
   (c) वाटमीटरों में त्रुटियों के स्रोत
   (d) डायनेमोमीटर टाइप वाटमीटर के गुण व दोष।
6. किसी एक प्रकार के वाटमीटर के परिचालन सिद्धान्त का वर्णन कीजिए।
7. डायनेमोमीटर प्रारूपी एकल कला शक्ति गुणक मीटर की बनावट का स्वच्छ चित्र सहित वर्णन कीजिए तथा कार्य सिद्धान्त समझाइए। इस यंत्र में क्या सुधार किया जा सकता है ताकि यह त्रिकला सन्तुलित भार की शक्ति गुणक पढ़ सके?
8. वाटमीटर एवं डायनेमोमीटर में क्या अन्तर है? आवश्यक सम्बन्धन आरेखों के साथ सिंगल फेज डायनेमोमीटर टाइप वाटमीटर की कार्यविधि को समझाइए। इस मापयंत्र की इण्डक्शन टाइप मापयन्त्र से तुलना कीजिए।

Scanned by CamScanner

4

ऊर्जामापी
(Energymeter)

4.1. परिचय (Introduction)

वैद्युत इन्जीनियरिंग में किसी निश्चित समय (t) में खर्च (Consumed) की गई वैद्युत शक्ति (Electrical power) P को वैद्युत ऊर्जा (Electrical energy) कहते हैं। इसको W संकेताक्षर से प्रदर्शित किया जाता है तथा सूत्र रूप में वैद्युत ऊर्जा को निम्न प्रकार लिखा जा सकता है–

$$W = P \times t \text{ वाट} \times \text{सेकण्ड}$$

$$W = V \times I \times \cos\phi \times t \text{ वाट} \times \text{सेकण्ड}$$

$$W = \int_0^t v \times i \, dt$$

जहाँ पर V = वोल्टता, I = वैद्युत धारा, $\cos\phi$ = शक्ति गुणक है। वैद्युत ऊर्जा की इकाई जूल या वाट × सैकण्ड होती है तथा उसकी बड़ी इकाई किलोवाट-घण्टा (kWh) होती है, जिसे एक यूनिट (unit) भी कहते हैं। वैद्युत ऊर्जा को ऊर्जा-मापी द्वारा मापा जाता है, जिसे एनर्जीमीटर (Energymeter) भी कहते हैं। वैद्युत ऊर्जा की प्रकृति के अनुसार ऊर्जामापी निम्न प्रकार के होते हैं–

1. प्रत्यावर्ती धारा ऊर्जामापी (A.C. Energymeter or Induction Type Energymeter) : ये ऊर्जामापी केवल प्रत्यावर्ती धारा स्रोत (A.C. Supply) पर ही प्रयोग किए जाते हैं।

2. दिष्टधारा ऊर्जामापी (D.C. Ampere Powermeter) : ये ऊर्जामापी केवल डी०सी० सप्लाई पर ही प्रयोग किए जाते हैं।

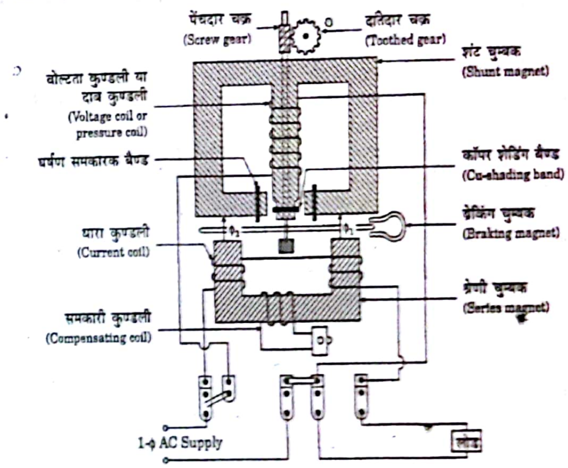
3. प्रत्यावर्ती धारा/दिष्ट धारा ऊर्जामापी (A.C./D.C. Energymeter) : ये ऊर्जामापी प्रत्यावर्ती धारा सप्लाई एवं डी०सी० सप्लाई दोनों पर समान रूप से कार्य करते हैं। इसका उदाहरण मरकरी मोटर ऊर्जामापी (Mercury Motor Energymeter) है।

4.2. प्रेरण प्रारूपी ऊर्जामापी (Induction Type Energymeter)

ये ऊर्जामापी प्रत्यावर्ती धारा पर कार्य करते हैं, इसलिए इनको प्रत्यावर्ती धारा ऊर्जामापी (A.C. Energymeter) भी कहते हैं। ये ऊर्जामापी वाट-घण्टा मीटर या किलोवाट घण्टा मीटर (kWh meter) होते हैं तथा आजकल इन्हें घरेल

लिए सामान्य रूप से उपयोग में लाया जाता है तथा ये एक-कलीय (Single phase) तथा बहुकलीय (Poly phase) दोनों प्रकार के होते हैं।

एक-कलीय प्रेरण प्रारूपी ऊर्जामापी (Single Phase Induction Type Energymeter) : चित्र 4.1 में एक-कलीय प्रेरण प्रारूपी ऊर्जामीटर की संरचना प्रदर्शित की गई है।



चित्र 4.1 : प्रेरण प्रारूपी ऊर्जामापी की संरचना

प्रेरण प्रारूपी ऊर्जामापी के संचालन तन्त्र (Operating mechanism) में चार मुख्य भाग होते हैं, जो कि निम्न हैं–

(I) चालन प्रणाली (Driving System)

(II) चल प्रणाली (Moving System)

(III) नियन्त्रण या ब्रेकिंग प्रणाली (Control or Breaking System)

(IV) पंजीकरण तन्त्र (Register Mechanism)

(I) चालन प्रणाली (Driving System)

ऊर्जामापी की चल प्रणाली (Moving system) को एक श्रेणी चुम्बक (Series magnet) तथा एक शंट चुम्बक (Shunt magnet) के चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित करने से निर्मित होती है। अतः ऊर्जामापी की चालन प्रणाली में श्रेणी चुम्बक को U-आकार के सिलिकॉन लोहे की पटलित पत्तियों (Laminated strips of silicon iron), जिस पर अपेक्षाकृत मोटे विद्युतरोधित ताँबे के तार के कुछ टर्नों (Turns) को कुण्डलित करके बनाया जाता है, इस श्रेणी कुण्डली को धारा कुण्डली भी कहते हैं। यह परिपथ की श्रेणीक्रम में जुड़ी होती है तथा दूसरा चुम्बक, शंट चुम्बक लगभग E-आकार के पटलित कोर से बनाया जाता है जिसके मध्य टाँग (Limb) पर महीन विद्युतरोधित ताँबे के तार के कई टर्नों को कुण्डलित करके बनाया

Scanned by CamScanner

जाता है। यह शंट कुण्डली वोल्टता कुण्डली या दाब कुण्डली कहलाती है। यह विद्युत परिपथ के समान्तर क्रम मे जुड़ी होती है। इस कुण्डली में प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा, कुण्डली पर प्रयुक्त वोल्टता के समानुपाती ($I \propto V$) होती है।

शंट चुम्बक को मध्य टाँग (Central limb) पर कॉपर शेडिंग बैण्ड लगे रहते है, जो मीटर के शक्ति गुणक (p.f.) को व्यवस्थित करते हैं तथा शंट चुम्बक की बाहरी दो टाँगों (Outer limbs) पर भी एक-एक शेडिंग बैण्ड लगे होते हैं जो कि घर्षण समकारक बैण्ड कहलाते है तथा श्रेणी चुम्बक पर एक समकारी कुण्डली लगी रहती है, जो कि कम प्रतिरोध वाले समंजनीय (Adjustable) शंट से सम्बन्धित रहती है। इसका उपयोग श्रेणी कुण्डली से प्रवाहित धारा तथा उसके फ्लक्स के बीच कलान्तर (Phase difference) को व्यवस्थित करने के लिए किया जाता है।

2. चल प्रणाली (Moving System)

चल प्रणाली में एक ऐल्युमीनियम चकती (Aluminium disc) एक हल्की मिश्र धातु (Light weight alloy) की शाफ्ट पर लगी होती है, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। चकती के अन्दर का भाग दोनों चुम्बकों के बीच वायु अन्तराल (Air gap) में घूमता है तथा बाहरी भाग ब्रेकिंग चुम्बक के ध्रुवों के बीच घूमता है। शाफ्ट का निचला सिरा ज्वैल बियरिंग (Jwel bearing) आधारित स्टील कीलक (Steel pivot) में घूमता है तथा शाफ्ट का ऊपरी सिरा पिन टाइप का होता है, पंजीकरण तन्त्र (Register mechanism) या परिक्रमण गुणक (Revolution counter) से जुड़ा रहता है।

3. नियन्त्रण या ब्रेकिंग प्रणाली (Control or Braking System)

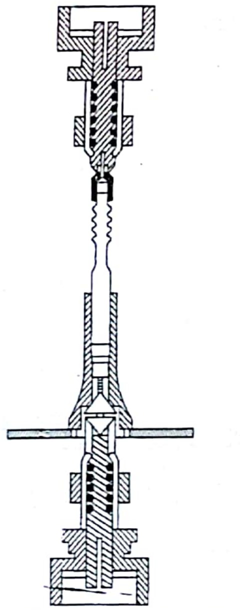
ऊर्जामापी की ब्रेकिंग प्रणाली एक C-आकार के स्थायी चुम्बक (Permanent magnet) को चित्र के अनुसार स्थित कर बनाई जाती है जिससे कि ऐल्युमीनियम चकती इस चुम्बक के चुम्बकीय क्षेत्र में भी स्थित हो जिससे भंवर धारा ब्रेकिंग (Eddy current braking) प्राप्त हो सके। इस ब्रेक चुम्बक को आगे-पीछे करके चकती की गति का समंजन किया जा सकता है। ब्रेक चुम्बक के ध्रुवों को अन्दर की ओर लाने पर चकती की गति धीमी हो जाती है।

4. पंजीकरण तन्त्र (Register Mechanism)

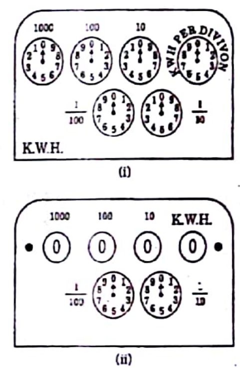
यह एक प्रकार की परिभ्रमण गुणक (Revolution counter) है, जिसका कार्य चकती (ऐल्युमीनियम) के परिक्रमणों को अंकित करना है। यह पंजीकरण तन्त्र दो प्रकार का होता है, एक संकेतक प्रारूपी (Pointed type) तथा दूसरा चक्रनुमा प्रारूपी (Cyclometer type) । ऊर्जामापी की यह चक्रनुमा अंक-प्रणाली (Cyclometer type number system), चलतन्त्र की शाफ्ट पर स्थित पेंचदार पहिया (Worm wheel) तथा कई अन्य दाँतेदार चक्रों (Toothed gears) द्वारा चलाई जाती है, जैसा कि चित्र 4.2 (b) के (i) तथा (ii) में दर्शाया गया है।

कार्य सिद्धान्त (Working Principle) : जैसा कि चित्र 4.1 में दिखाया गया है, इसमें दो विद्युत चुम्बक श्रेणी चुम्बक तथ शंट चुम्बक होते है। जब ऊर्जामापी को विद्युत सप्लाई से जोड़ा जाता है तो श्रेणी चुम्बक की कुण्डली में धारा प्रवाहित होने से फ्लक्स ϕ_s उत्पन्न होता है जो कि लाइन धारा के समानुपाती तथा उसी के फेज में होता है तथा दूसरा शंट चुम्बक की कुण्डली विद्युत सप्लाई के समान्तर में जुड़ी होती है तथा यह कुण्डली उच्च प्रेरकत्व वाली होती है अत: इस कुण्डली मे प्रवाहित समानुपाती धारा सप्लाई वोल्टेज (V) से लगभग 90° पश्चगामी होती है। अत: इस कुण्डली में प्रवाहित धारा से उत्पन्न फ्लक्स ϕ_p भी धारा के फेज में होता है जो कि सप्लाई वोल्टेज से लगभग 90° पश्चगामी होता है। इस फ्लक्स ϕ_p को सप्लाई वोल्टेज से ठीक 90° पश्चगामी करने के लिए शंट चुम्बक की मध्य भुजा (Central limb) पर कॉपर शेडिंग बैण्ड को व्यवस्थित करके प्राप्त किया जाता है।

फ्लक्स ϕ_s तथा ϕ_p ऐल्युमीनियम चकती में क्रमश: e_s तथा e_p वि०वा०ब० प्रेरित करते हैं। इन प्रेरित वि०वा०बलों e_s तथा e_p के द्वारा-ही चकती में भँवर धारायें I_{es} तथा I_{ep} उत्पन्न होती हैं। अत: चकती में उत्पन्न इन भँवर धाराओं I_{es} तथा I_{ep} और फ्लक्सों ϕ_s तथा ϕ_p की परस्पर प्रतिक्रिया के फलस्वरूप चालन बल आघूर्ण (Driving torque) T_d उत्पन्न होता है जो कि दो बल आघूर्णों का अन्तर होता है। अत: नेट बल आघूर्ण (Net driving torque)



चित्र 4.2. (a) प्रेरण प्ररूपी इनर्जी मीटर के चल भाग की एसेम्बली



चित्र 4.2. (b) रजिस्टर यंत्र की रचना (Register Mechanism)

$$T_d = T_1 - T_2$$
$$\propto (\phi_s I_{ep} - \phi_p I_{es})$$
$$\propto \omega \phi_s \phi_p \sin \alpha$$

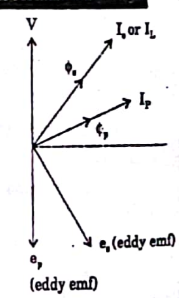
where $\phi_s \propto I_s \propto I_{es}$

and $\alpha = (90° - \phi)$

and $\phi_p \propto I_p \propto \frac{V}{\omega L}$

इसलिए चालन बल आघूर्ण

$$T_d \propto \omega \times I \times \frac{V}{\omega L} \sin (90° - \phi)$$
$$\propto VI \cos \phi$$
$$\propto P \text{ (Real power)}$$



चित्र 4.3

[∵ शंट कुण्डली का प्रेरकत्व L स्थिर है]

परन्तु ब्रेकिंग बल आघूर्ण (Breaking torque) T_B चकती की गति पर निर्भर करता है, अतः

$$T_B \propto N$$

जहाँ पर $N \rightarrow$ चकती की गति (Speed of Al-disc)

जब चकती अपनी स्थिर गति N पर गतिमान है तो दोनों बल आघूर्ण चालन बल आघूर्ण तथा ब्रेकिंग बल आघूर्ण बराबर होंगे। अतः

$$T_B = T_d$$

$$N \propto VI\cos\phi$$

चकती की गति ∝ वास्तविक शक्ति

अतः किसी निश्चित समय में चकती के कुल चक्करों की संख्या तथा व्यय ऊर्जा परस्पर एक-दूसरे के समानुपाती होंगे। अर्थात्

$$\int_0^t N\,dt \propto \int_0^t W\,dt$$

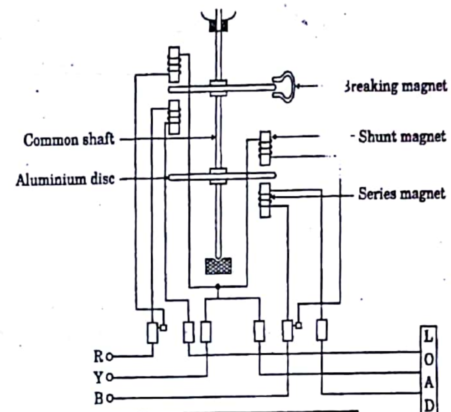
अतः चल तन्त्र (Moving system) या चकती के परिक्रमणों की संख्या चल तन्त्र के ऊपरी सिरे पर स्थापित पंजीकरण तन्त्र या गणना तन्त्र (Revolution counter) के द्वारा रिकार्ड की जाती है तथा निश्चित परिक्रमण प्रति kWh पर विद्युत ऊर्जा का मापन kWh या यूनिट में करता है।

4.3. बहुकलीय ऊर्जामापी (Polyphase Energymeter)

जिस प्रकार सिंगल फेज वैद्युत ऊर्जा को मापने के लिए सिंगल फेज ऊर्जामापी प्रयोग में लाया जाता है, उसी प्रकार तीन फेजों की ऊर्जा को मापने के लिए बहुकलीय ऊर्जामापी प्रयोग में लाए जाते हैं। जैसे तीन फेज विद्युत सप्लाई में तीन फेजी तीन तार प्रणाली एवं तीन फेज चार तार प्रणाली प्रचलन में हैं। अतः उपरोक्त दोनों तीन फेज विद्युत प्रणालियों की विद्युत ऊर्जा को मापने के लिए क्रमशः दो ऐलीमेन्ट प्रारूपी एवं तीन ऐलीमेन्ट प्रारूपी ऊर्जामापी प्रयोग में लाए जाते हैं जो कि निम्न प्रकार हैं—

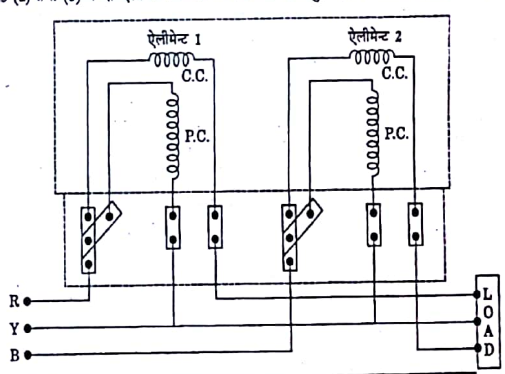
4.3.1. दो एलीमेन्ट प्रारूपी ऊर्जामीटर (Two Element Type Energymeter)

जिस प्रकार वैद्युत परिपथ में शक्ति का मापन दो वाटमीटरों के द्वारा किया जाता है चाहे लोड सन्तुलित अथवा असन्तुलित हो, उसी प्रकार से तीन तार तीन फेज प्रणाली में सन्तुलित एवं असन्तुलित दोनों ही प्रकार के परिपथों की विद्युत ऊर्जा को मापने के लिए दो एलीमेन्ट प्रारूपी ऊर्जामापी उपयोग में लाए जाते हैं अर्थात् यह विधि भी शक्ति मापन की दो वाटमीटर विधि के सिद्धान्त पर आधारित है। इस प्रकार के ऊर्जामापी में दो एक-कलीय ऊर्जामापियों को इस प्रकार एक साथ समबद्ध किया जाता है कि वे एक इकाई (Single unit) की भाँति कार्य करने लगते हैं। इसमें दो श्रेणी या धारा चुम्बकों पर धारा कुण्डलियाँ होती हैं तथा दो शंट चुम्बक पर वोल्टता कुण्डलियाँ लगी होती हैं जो कि सप्लाई के समान्तर क्रम में संयुक्त रहती हैं। इस प्रकार यह दो चल प्रणालियों (Moving systems) का निर्माण करती हैं। इन दो चल प्रणालियों की दो ऐल्युमीनियम चकतियों को एक उभयनिष्ठ (Common) स्पिन्डल पर स्थित किया जाता है, जो कि रजिस्टर तन्त्र को चलाता है। इस प्रकार दोनों एलीमेन्टों में कुल प्रभाव को एक पंजीकरण तन्त्र रचना पर अंकित (Record) कर लिया जाता है, साथ ही यह भी आवश्यक है कि दोनों ऐलीमेन्टों का चालन बल आघूर्ण समान शक्ति के लिए समान हो। इसमें ब्रेकिंग चुम्बक की व्यवस्था दोनों चकतियों में नहीं होती है, बल्कि एक ही चकती पर होती है तथा उसी की सहायता से ऊर्जामापी के चलतन्त्र की गति को व्यवस्थित किया जाता है। लेकिन प्रत्येक ऐलीमेन्ट में कॉपर शेडिंग बैण्ड अलग-अलग लगे रहते



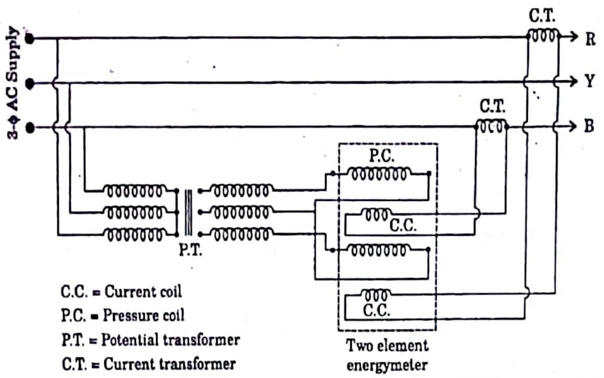
चित्र 4.4 : दो एलीमेन्ट प्रारूपी ऊर्जामापी

चित्र 4.5 (a) तथा (b) में दो एलीमेन्ट प्रारूपी ऊर्जामापियों के वैद्युत परिपथ आरेख दिखाये गये हैं—



चित्र 4.5 (a) तीन फेज तीन तार सप्लाई पर संयोजित दो ऐलीमेन्ट ऊर्जामापी

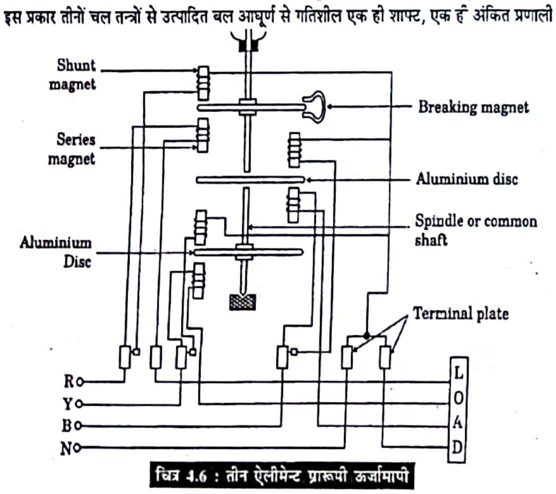
Scanned by CamScanner



चित्र 4.5 (b) : C.T. तथा P.T. के साथ तीन फेज तीन तार प्रणाली में दो ऐलीमेन्ट प्रारूपी ऊर्जामापी

4.3.2. तीन एलीमेन्ट प्रारूपी ऊर्जामापी (Three Element Type Energymeter)

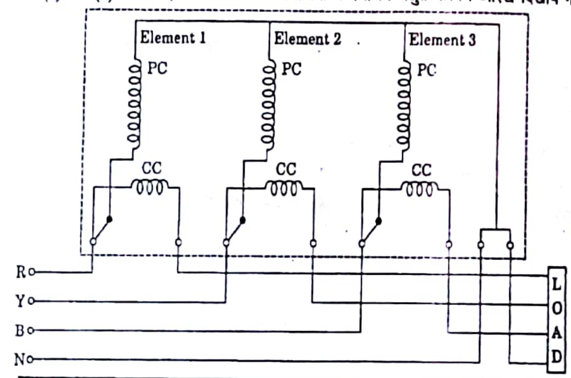
इस प्रकार के ऊर्जामापी तीन फेज, चार तार प्रणाली में सन्तुलित तथा असन्तुलित (Balance and unbalance) दोनों ही प्रकार के परिपथों की विद्युत ऊर्जा को मापने के लिए उपयोग किया जाता है। इस प्रकार के ऊर्जामापी में तीन, एक कलीय ऊर्जामापियों को इस प्रकार एक साथ सम्बद्ध किया जाता है कि वे एक इकाई की भाँति कार्य करें। इसमें तीन श्रेणी या धारा कुण्डलियाँ तथा तीन शंट या वोल्टता कुण्डलियाँ होती हैं, जो तीन चल प्रणालियों को निर्मित करती हैं। इसकी तीन चल प्रणालियाँ या तो एक ही शाफ्ट पर स्थित तीन चकतियों को घुमाती हैं या तीनों चालक चुम्बक एक ही चकती को घुमाते हैं। इस प्रकार तीनों चल तन्त्रों से उत्पादित बल आघूर्ण से गतिशील एक ही शाफ्ट, एक ही अंकित प्रणाली या गणना



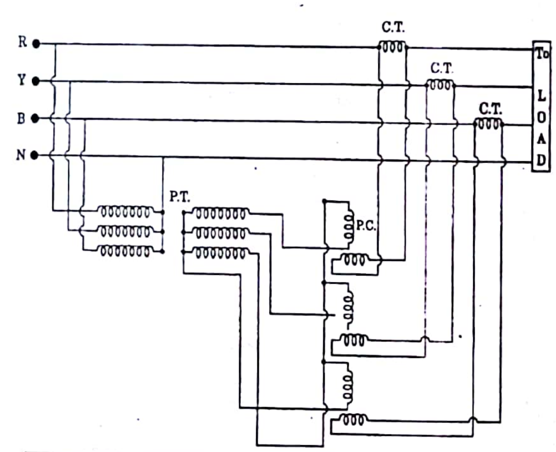
चित्र 4.6 : तीन ऐलीमेन्ट प्रारूपी ऊर्जामापी

प्रणाली से सम्बद्ध होती हैं, जो कि सम्पूर्ण परिपथ की विद्युत ऊर्जा की गणना करते है। इसमें ब्रेकिंग के लिए एक ही चकती पर एक ब्रेकिंग चुम्बक होता है जिसकी सहायता से ऊर्जामापी की गति को व्यवस्थित किया जाता है। इस प्रकार के ऊर्जामापी अर्थात् तीन एलीमेन्ट प्रारूपी ऊर्जामापी को चित्र 4.6 में दिखाया गया है।

चित्र 4.7 (a) तथा (b) में तीन एलीमेन्ट प्रारूपी ऊर्जामापियों के विभिन्न वैद्युत परिपथ आरेख दिखाये गये हैं–



चित्र 4.7 (a) : तीन फेज, चार तार प्रणाली से संयोजित तीन ऐलीमेन्ट प्रारूपी ऊर्जामापी



चित्र 4.7 (b) : धारा तथा विभव ट्रांसफॉरमरों के साथ तीन फेज चार तार प्रणाली पर संयोजित तीन ऐलीमेंट प्रारूपी ऊर्जामापी

Scanned by CamScanner

4.4. प्रेरण प्रारूपी ऊर्जामापियों में त्रुटियाँ एवं समाधान (Errors and Compensation in Induction Type Energymeters)

प्रेरण प्रारूपी ऊर्जामापियों में निम्नलिखित त्रुटियाँ पायी जाती है—

(1)घर्षण त्रुटि (Friction Error)

(2)कला त्रुटि (Phase Error)

(3)गति त्रुटि (Speed Error)

(4)तापमान परिवर्तन के कारण त्रुटि (Error due to Temperature Variation)

(5)आवृत्ति परिवर्तन के कारण त्रुटि (Error due to Frequency Variation)

(6)सरकन या विसर्पण त्रुटि (Creeping Error)

1. घर्षण त्रुटि (Friction Error) : मीटर के बेयरिंग (Bearing) तथा रजिस्टर यान्त्रिकत्व (Register mechanism) पर घर्षण बलाघूर्ण के कारण, चकती पर अनावश्यक ब्रेकिंग बलघूर्ण (Breaking torque) कार्य करता है। इस त्रुटि को शंट चुम्बक की बाहरी भुजाओं पर शेडिंग बैण्ड लगाकर दूर किया जा सकता है। यह शेडिंग बैण्ड इन भुजाओं के फ्लक्स को अपने में स्वीकार करते हैं, जिनके कारण उनमें भंवर धारा प्रेरित होती हैं। इन भंवर धाराओं के कारण मुख्य फ्लक्स तथा शेडिंग बैण्ड में उत्पन्न फ्लक्स में कलान्तर (Phase-difference) उत्पन्न हो जाता है। इसके परिणामस्वरूप वोल्टता कुण्डली के कारण चकती पर एक छोटा चालन बलाघूर्ण (Driving torque) कार्य करने लगता है, जोकि मुख्य चालन बलघूर्ण से पूर्णतया अलग होता है।

इस संशोधित बलघूर्ण का मान शेडिंग बैण्ड की स्थिति में परिवर्तित करके इस प्रकार समंजित कर लिया जाता है ताकि घर्षण दूर हो जाए। जब मीटर चकती भाररहित (At no load) दशा में केवल सप्लाई वोल्टता पर न घूमे, तब घर्षण त्रुटि पूर्ण रूप से दूर हो जाती है।

2. कला त्रुटि (Phase Error) : प्रेरण ऊर्जामापी शक्ति गुणकों पर शुद्ध, पाठ्यांक दे, इसके लिए यह आवश्यक है कि शंट चुम्बक का फ्लक्स, सप्लाई वोल्टता से ठीक 90° पर पश्चगामी हो। लेकिन सामान्य स्थितियों में कुण्डलियों के प्रतिरोध तथा मीटर में लोह हानियों के कारण यह फ्लक्स सप्लाई वोल्टता से 90° से कम कोण पर पश्चगामी होता है।

यह त्रुटि ऊर्जामापी को इकाई से कम शक्ति-गुणक के भार पर परीक्षण करते समय देखी जा सकती है। इस त्रुटि को दूर करने के लिए शंट चुम्बक की केन्द्रीय भुजा पर समंजनीय ताम्र शेडिंग बैण्ड (Adjustable copper shading band) लगाए जाते हैं। इन ताम्र शेडिंग बैण्ड का सही समंजन करके, इस त्रुटि को दूर किया जा सकता है। इन्हें शक्ति-गुणक क्षतिपूरक (Power factor compensator) भी कहते हैं।

3. गति त्रुटि (Speed Error) : एनर्जीमीटर को अप्रेरणिक भार (Non-inductive load) परीक्षण करते समय ब्रेक चुम्बक के सही समंजन (Adjustment) से गति त्रुटि को दूर किया जा सकता है। ब्रेक चुम्बक (Break magnet) को चकती के केन्द्र की ओर सरका कर मीटर की गति बढ़ाई जा सकती है, जबकि केन्द्र से दूर सरकाने से मीटर की गति को कम किया जा सकता है।

मीटर के नामपट्ट पर उसकी सप्लाई वोल्टता, पूर्ण भार धारा (Full load current) तथा किलोवाट घण्टा (kWh) में चकती के परिक्रमणों (Revolutions) संख्या अंकित रहती है, जिसकी सहायता से उसकी गति त्रुटि ज्ञात की जा सकती है।

4. तापमान में परिवर्तन के कारण त्रुटिपूर्ण (Error due to Temperature Variation) : तापमान में परिवर्तन के कारण त्रुटियाँ बहुत कम होती हैं, क्योंकि विभिन्न प्रभाव परस्पर एक-दूसरे को प्रभावहीन करते रहते हैं।

तापमान में वृद्धि के कारण चकती में भंवर धारा परिपथ का प्रतिरोध बढ़ जाता है जिससे ब्रेकिंग तथा चालन बलाघूर्ण

प्रवाहित होती है। वोल्टता कुण्डली में कम धारा प्रवाह के कारण शंट चुम्बक में कम फ्लक्स उत्पन्न होता है, जिससे कम चालन बलाघूर्ण उत्पन्न होता है, लेकिन साथ ही तापमान से ब्रेक का फ्लक्स भी कम होता है जिससे ब्रेकिंग बला । भी कम हो जाता है तथा परिणामस्वरूप दोनों प्रभाव एक-दूसरे को प्रभावहीन कर देते हैं।

5. सरकन या खिसकन अथवा विसर्पण त्रुटि (Creeping Error) : कभी-कभी मीटर निर्भार (no load) स्थिति में धीमा चलता रहता है, जबकि उसकी केवल वोल्टता कुण्डली ही उत्तेजित होती है। इस त्रुटि को सरकन त्रुटि कहते हैं। मीटरों में यह त्रुटि गलत घर्षण प्रतिक्रमण (Friction compensation), कम्पन (Vibration) विपथित चुम्बकीय क्षेत्र (Stray magnetic field) या सप्लाई वोल्टता के प्रसामान्य वोल्टता से अधिक होने पर होती है।

सरकन त्रुटि को दूर करने के लिए मीटर की चकती में स्पिंडल के दोनों ओर एक-दूसरे से विपरीत दिशा में 180° के दो छेद बनाए जाते हैं जब कोई एक छेद शंट मेग्नेट के नीचे आता है तो चकती लोडरहित स्थिति पर स्थिर हो जाती है।

विचार प्रश्न 4.1 : प्रेरण वाटमीटर तथा प्रेरण एनर्जीमीटर की संरचना में क्या अन्तर है?

उत्तर : प्रेरण वाटमीटर तथा प्रेरण एनर्जीमीटर में संरचना की दृष्टि कोई विशेष अन्तर नहीं है। यदि वाटमीटर में स्प्रिंग के स्थान पर ब्रेक चुम्बक तथा संकेत के स्थान पर रजिस्टर यन्त्र रचना (Register mechanism) लगा दी जाए जो वाटमीटर एनर्जीमीटर के समान कार्य करने लगेगा। एनर्जीमीटर में चकती लगातार घूमती रहती है, जबकि वाटमीटर में संकेत पैमाने के अंतिम भाग तक ही शक्ति के निश्चित परिणाम को दर्शाने के लिए गति करता है।

4.5. ऊर्जामापियों का परीक्षण (Testing of Energymeters)

ऊर्जामापियों को भी संस्थापन में लगाने से पहले यह अत्यन्त आवश्यक है कि उनका वैद्युत प्रयोगशाला में पूर्ण परीक्षण कर लिया जाए, जिससे यह सुनिश्चित हो जाए कि ऊर्जामापी में कोई त्रुटि नहीं है और यदि है तो वह अनुमत सीमा के अन्दर ही है। ऊर्जामापी को प्रयोग करने से पहले (पूर्व) निम्न मुख्य परीक्षण किए जाने चाहिएं—

(1) विर्सपण या सरकन परीक्षण (Creep test), (2) दीर्घ अवधि डायल परीक्षण (Long period dial test), (3) लघु अवधि परीक्षण (Short period test), (4) नियमित परीक्षण (Routine test), (5) आभासी या फर्जी लोड परीक्षण (Phantom of fictitious load test)।

परीक्षण नं० (2) तथा (3) को प्रत्यक्ष भार परीक्षण (Direct load test) भी कहते हैं।

1. विसर्पण या सरकन परीक्षण (Creep Test) : मोटर प्रारूपी वाट आवर मीटरों का सरकन (Creep) परीक्षण आवश्यक है। इस परीक्षण में मीटर पर अंकित वोल्टता मान का 110% मीटर की वोल्टता कुण्डली को दिया जाता है तथा धारा कुण्डली को खुला (Open) रहने दिया जाता है। इस स्थिति में मोटर की चकती एक चक्र से अधिक नहीं चलनी चाहिए।

2. दीर्घ अवधि डायल परीक्षण (Long Period Dial Test) : इस विधि में परीक्षण किए जाने वाले मीटर (Meter under test) को उपमानक (Substandard) मीटर के साथ संयोजित करके चलाया जाता है। इसमें दोनों मीटरों की धारा कुण्डलियों को परस्पर श्रेणी क्रम में संयोजित करके लोड के श्रेणी में संयोजित कर देते है तथा दोनों मीटरों की वोल्टता कुण्डलियों को समान्तर में संयोजित कर, सप्लाई लाइन के आर-पार (Across) संयोजित करते है, जैसा कि चित्र 4.8 में दिखाया गया है। दोनों मीटरों को एक साथ चला दिया जाता है तथा कुछ समय पश्चात् दोनों मीटरों द्वारा पंजीकृत पाठ्यांक, उनके डायल से पढ़ लेते हैं। यदि W_X परीक्षण हेतु ऊर्जा का पाठ्यांक तथा W_S उपमानक ऊर्जा मीटर का पाठ्यांक हो तो

[illegible] $W_X - W_S$ [illegible] से ज्ञात की जा सकती है।

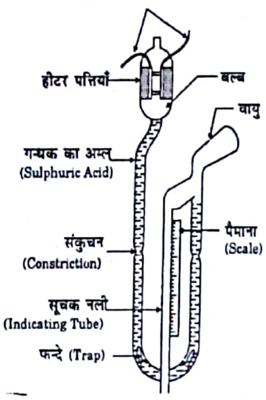
Scanned by CamScanner

अधिकतम माँग सूचक प्रायः निम्न दो प्रकार के होते है—

1. राइट अधिकतम माँग सूचक (Wright Maximum Demand Indicator)
2. मर्ज प्राइस अधिकतम माँग सूचक (Merz Price Maximum Demand Indicator)

4.7.1. Wright Maximum Demand Indicator

संरचना (Construction) : यह U-आकार की एक काँच की नली से निर्मित होता है। इस काँच की नली के दोनों ऊपरी सिरों पर समान धारिता के एक-एक वायु बल्ब बने रहते है। बायें ओर का बल्ब अन्दर से एक धातु की ऊष्मक पत्ती से घिरा रहता है जिसे संयोजक तारों की सहायता से मुख्य परिपथ के श्रेणीक्रम में जोड़ा जाता है। विद्युत धारा के ऊष्मीय प्रभाव से गर्म होकर यह पत्ती ऊष्मक (Heater) की भाँति व्यवहार करती है। इस प्रकार निर्मित यह ऊष्मक, बल्ब के अन्दर अपने चारो ओर की हवा को गर्म करता है। दाएँ बल्ब के नीचे एक पतले छिद्र वाली शीशे की नली U-नली के दायीं ओर की नली से जुड़ी रहती है। इस नली पर एक पैमाना लगा रहता है और इस व्यवस्था के साथ यह नली सूचक नली (Index Tabe) कहलाती है। U-नली के अन्दर एक निम्न ताप प्रसार गुणक वाला सूचक द्रव भरा रहता है। सामान्यतः इसके लिए गन्धक का मन्द अम्ल उपयोग में लाया जाता है। U-नली संकुचनों तथा फन्दो वाली होती है ताकि एक बल्ब की हवा दूसरे मे न जा सके। इस प्रकार का अधिकतम माँग सूचक चित्र 5.12 में दर्शाया गया है।



चित्र 4.11. राइट अधिकतम माँग सूचक

कार्यविधि (Working) : मीटर को स्थापित करते समय या पुनः व्यवस्थित करते समय इस बात को ध्यान में रखना चाहिए कि सूचक नली से सूचक द्रव शून्य चिह्न तक तथा दाएँ ओर की नली में सूचक नली के मुँह तक भरा होना चाहिए। अब जब ऊष्मक से विद्युत धारा प्रवाहित होती है और अपने नीचे स्थित द्रव पर दबाव डालती है तो गैस के फैलने से उत्पन्न दाब से द्रव पर पड़ने वाले प्रभाव के परिणामस्वरूप U-नली के दायीं ओर का द्रव सूचक नली में गिरता है। उपभोक्ता उतने ही अधिक गर्म होकर फैलने के कारण द्रव पर उतना ही अधिक वायुदाब पड़ता है। अतः उतनी ही अधिक मात्रा में द्रव सूचक नली में गिरता है। पुनः सूचक नली में द्रव तब तक नहीं गिरता जब तक कि उपभोक्ता पुनः उससे उच्च मान की विद्युत धारा ग्रहण न करे।

बुराइयाँ (Disadvantages)

(i)विद्युत धारा का ऊष्मीय प्रभाव उसके वर्ग के समानुपाती होने के कारण प्राप्त स्केल सम नहीं होता।

(ii)चूँकि यह उपयन्त्र केवल परिपथ की विद्युत धारा पर ही कार्य करता है, वोल्टता व शक्ति गुणक के प्रभाव से मुक्त होता। अतः इससे प्राप्त पाठ्यांक तभी तक सही होगा जब तक कि उक्त दोनों राशियाँ स्थिर रहें। परिपथ की वोल्टता व शक्ति गुणक मे भी परिवर्तन आने पर प्राप्त पाठ्यांक त्रुटिपूर्ण होगा।

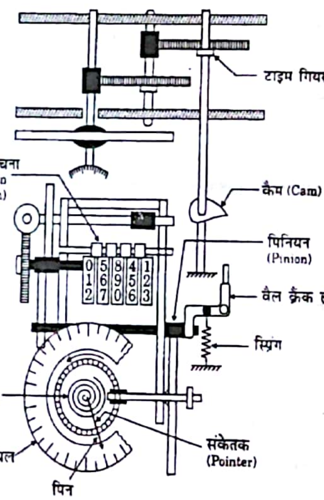
5.9.2. मर्ज प्राइस अधिकतम माँग सूचक (Merz-Price Maximum Demand Indicator)

इस प्रकार का अधिकतम माँग सूचक एक स्वतन्त्र इकाई नहीं होता है, बल्कि यह ऊर्जामापी के ही साथ लगा एक भाग होता है जो ऊर्जामापी की ही चल प्रणाली द्वारा चलाया जाता है और किसी निश्चित अवधि के अन्तर्गत उपभोक्ता के अधिकतम माँग की सूचना देता है। इसमें एक डायल पर दो संकेतक होते हैं, पहला वह संकेतक जिसे ऊर्जामापी के चल तन्त्र द्वारा रैचेट चक्र व कुंजिका पहियों की सहायता से चलाया जाता है जिसे चालक संकेतक कहते है तथा दूसरा वह

संकेतक जो चालक संकेतक द्वारा चलाया जाता है और अधिकतम माँग सूचक संकेतक कहलाता है। यह उपभोक्ता की तीन माह (या इससे अधिक) की आधे घण्टे के अधिकतम शक्ति व्यय को पंजीकृत करता है। यह सूचक उच्चतम शक्ति को वाट मात्रक में रिकार्ड करता है।

इस आधे घण्टे की अवधि के अन्त में एक टाइम स्विच, जो एक छोटी सिंक्रोनस मोटर द्वारा चलायी जाती है, एक कैम (Cam) तथा बैल, क्रैंक लीवर की सहायता से इसे हर 30 मिनट के समय अन्तराल के उपरान्त लगभग 20 सेकण्ड के लिये चल तंत्र के सम्पर्क से अलग कर देती है। चालक संकेतक के चल चक्र का सम्पर्क ऊर्जामापी के चल तंत्र से दूर जाने के कारण चालक संकेतक पुनः अपनी शून्य स्थिति पर आ जाता है। परन्तु अधिकतम माँग सूचक, शून्य स्थिति में नहीं आता है तथा स्थिर रखकर पिछले आधे घण्टे की अधिकतम शक्ति व्यय का रिकार्ड देता है अगले आधे घण्टे में चालक संकेतक पुनः आगे बढ़ता है लेकिन अधिकतम माँग संकेतक तब तक आगे नहीं बढ़ता, जब तक कि किसी क्षण ऊर्जा व्यय पिछले आधे घण्टे की अपेक्षा अधिक नहीं हो जाती है।

सामान्यतः एक माह के अन्तराल पर जब उपभोक्ता के मीटर का पाठयांक लिया जाता है, अधिकतम माँग के लिये पाठ्यांक लेने के बाद इस संकेतक को अगली अवधि के लिये पुनः शून्य (Zero) पर व्यवस्थित (Reset) कर दिया जाता है। मर्ज प्राइस अधिकतम माँग सूचक को चित्र 5.13 मे प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 4.12. मर्ज प्राइस प्रारूपी अधिकतम माँग सूचक

लाभ (Advantages)

(i)उपयंत्र का पैमाना समरूप होता है तथा अधिक परिशुद्ध पाठ्यांक देता है।

(ii)इसमें उच्च लोड काफी समय अर्थात् 30 मिनट तक अस्तित्व में रहता है तथा उच्च माँग को थोड़ी अवधि के लिये छोड़ा नहीं जाता है।

Scanned by CamScanner

हानियाँ (Disadvantages)

(i) इसकी संरचना जटिल होने के कारण अपेक्षाकृत महँगा है।

(ii) इसका प्रचालन ऊर्जामापी की चालन प्रणाली से जुड़ा रहता है। इसलिये इसको स्वतंत्र इकाई के रूप में प्रयुक्त नहीं किया जा सकता है।

साधित उदाहरण

उदाहरण 4.1—एक माप यन्त्र (मीटर) का स्थिरांक 500 चक्र/किलोवाट घण्टा है। 4.4 किलोवाट के पूर्ण लोड पर परीक्षण के समय मीटर 86 सेकण्ड में 50 चक्कर लगाता है, मीटर की प्रतिशत त्रुटि ज्ञात कीजिए।

हल : मीटर स्थिरांक, $K = 500$ चक्र प्रति kWh

पूर्ण भार (Full-load) पर ऊर्जा व्यय = 4.4 kW

∵ मीटर 1 kW लोड पर एक घण्टे में चक्कर लगाता है = 500

∴ इस मीटर को 4.4 kW पूर्ण लोड पर एक घण्टे में चक्कर लगाने चाहिएँ।

$$N_S = \frac{500 \times 4.4}{1} = 2200$$

चूँकि पूर्ण भार 4.4 kW पर मीटर 86 सेकण्ड में चक्कर लगता है

$$= 50$$

इसलिए मीटर पूर्ण भार 4.4 kW पर 1 घण्टे या 60 × 60 सेकण्ड में चक्कर लगायेगा।

$$N_X = \frac{50 \times 60 \times 60}{86} = 2093 \text{ चक्कर}$$

∴ प्रतिशत त्रुटि, $\frac{N_X - N_S}{N_S} \times 100 = \frac{2093 - 2200}{2200} \times 100 = -4{\cdot}86\%$

∴ त्रुटि ऋणात्मक है, इसलिए मीटर धीमा (slow) चल रहा है।

उदाहरण 4.2— एक 10 मिनट के परीक्षण में परीक्षण हेतु एनर्जीमीटर की चकती 100 चक्कर काटती है, जबकि उप-मानक एनर्जीमीटर इस समय में 80 चक्कर काटता है। यदि परीक्षण हेतु मीटर का स्थिरांक 2000 चक्कर प्रति kWh तथा उप-मानक मीटर का स्थिरांक 1500 चक्कर प्रति kWh हो तो मीटर में प्रतिशत त्रुटि ज्ञात करो।

हल : $N_X = 100, K_X = 2000, N_S = 80, K_S = 1500$

$$\text{प्रतिशत त्रुटि} = \left(\frac{N_X K_S}{N_S K_X} - 1\right) \times 100 \qquad \text{...(सूत्र)}$$

$$= \left(\frac{100 \times 1500}{80 \times 2000} - 1\right) \times 100$$

$$= \left(\frac{15}{16} - 1\right) \times 100$$

$$= -\frac{1}{16} \times 100 = -6{\cdot}25\% \text{ (slow)}$$

उदाहरण 4.3 –उप-मानक वाटमीटर व विराम घड़ी की सहायता से एक व्यावहारिक ऊर्जामापी का परीक्षण करने पर ज्ञात हुआ कि वाटमीटर के 1.2 kW स्थिर पाठ्यांक पर 5 मिनट में 1000 चक्कर प्रति kWh स्थिरांक वाले ऊर्जामापी की चकती 120 चक्कर लगाती है। ऊर्जामापी की प्रतिशत त्रुटि ज्ञात कीजिए।

हल : वाटमीटर का पाठ्यांक, $P = 1{\cdot}2$ kW

परीक्षण की अवधि, $t = 5 \text{ मिनट} = \frac{5}{60} \text{ घण्टा}$

कार्यभार द्वारा ली गई ऊर्जा, $E_s = 1{\cdot}2 \times \frac{5}{60} = 0{\cdot}1$ kWh

व्यावहारिक ऊर्जामापी का स्थिरांक, $K_t = 1000$ चक्कर/kWh

परीक्षण अवधि में चक्करों की संख्या, $N_t = 120$

ऊर्जामापी द्वारा मापी गई ऊर्जा, $E_t = \frac{120}{1000} = 1{\cdot}12$ kWh

$$\therefore \quad \% \text{ त्रुटि} = \frac{E_t - E_s}{E_s} \times 100$$

$$= \frac{0{\cdot}1 - 0{\cdot}12}{0{\cdot}12} \times 100$$

$$= \frac{0{\cdot}02}{0{\cdot}12} \times 100 = -\frac{2}{12} \times 100$$

$$= -16{\cdot}66\%$$

उत्तर

उदाहरण 4.4 —10 A, 230 V के एक ऊर्जामापी का स्थिरांक 1000 चक्कर प्रति kWh है। यदि पूर्ण कार्यभार व इकाई शक्ति गुणक पर उसकी चकती एक मिनट में 40 चक्कर पूरा करती है तो ऊर्जामापी का प्रतिशत त्रुटि ज्ञात कीजिए और बताइए कि मीटर सुस्त चल रहा है या तेज?

हल : ऊर्जामापी का स्थिरांक, $K_t = 1000$ चक्कर/kWh

प्रति घण्टा व्यय विद्युत ऊर्जा, $E_s = VI \cos\phi\, t$

$$= 230 \times 10 \times 1 \times 1 = 2300 \text{ Wh}$$

$$= \frac{2300}{1000} = 2{\cdot}3 \text{ kWh}$$

∵ एक मिनट में ऊर्जामापी के चक्कर = 40

∴ प्रति घण्टा ऊर्जामापी के चक्कर, $N_t = 40 \times 60 = 2400$

∴ ऊर्जामापी द्वारा प्रति घण्टा पंजीकृत ऊर्जा, $E_t = \frac{N_t}{K_t} = \frac{2400}{1000} = 2{\cdot}4$ kWh

$$\therefore \quad \% \text{ त्रुटि} = \frac{E_t - E_s}{E_s} \times 100 = \frac{2{\cdot}4 - 2{\cdot}3}{2{\cdot}3} \times 100$$

$$= \frac{0{\cdot}1 \times 100}{2{\cdot}3} = \frac{100}{23} = 4{\cdot}35\%$$

उत्तर

चूँकि त्रुटि धनात्मक है अतः स्पष्ट है कि मीटर तेज चल रहा है।

Scanned by CamScanner

उदाहरण 4.5—एक फर्जी कार्यभार परीक्षण में 1800 चक्कर/kWh वाले उपमानक ऊर्जामापी की चकती जितने समय में 60 चक्कर लगाती है, 1200/kWh वाले व्यावहारिक ऊर्जामापी की चकती उतनी ही अवधि में 50 चक्कर लगाती है। व्यावहारिक ऊर्जामापी की प्रतिशत त्रुटि ज्ञात कीजिए।

हल : उपमानक ऊर्जामापी का स्थिरांक, $K_s = 1800$ चक्कर/kWh

परीक्षण अवधि में चक्कर, $N_s = 60$

व्यावहारिक ऊर्जामापी का स्थिरांक, $K_t = 1200$ चक्कर/kWh

परीक्षण अवधि में चक्कर, $N_t = 50$

उपामानक ऊर्जामापी द्वारा पंजीकृत ऊर्जा, $E_s = \frac{60}{1800} = \frac{1}{30}$ kWh

व्यावहारिक ऊर्जामापी द्वारा पंजीकृत ऊर्जा, $E_t = \frac{50}{1200} = \frac{1}{24}$ kWh

$$\therefore \quad \% \text{ त्रुटि} = \frac{E_t - E_s}{E_s} \times 100 = \frac{\frac{1}{24} - \frac{1}{30}}{\frac{1}{30}} \times 100$$

$$= \frac{5-4}{120} \times 30 \times 100 = \frac{1}{120} \times 30 \times 100$$

$$= 25\%$$

उत्तर

प्रश्न 4.6—एक इनर्जी मीटर का स्थिरांक 100 है। इनर्जी मीटर को 20 ऐम्पियर 230 वोल्ट तथा 0.8 शक्ति-गुणाक के लोड पर संयोजित करने पर, इसकी चकती एक घण्टे में कितने चक्कर काटेगी? यदि वास्तव में 360 चक्कर काटती हो, तब प्रतिशत त्रुटि ज्ञात कीजिये तथा लिखिये कि मीटर सुस्त या तेज चलता है।

उत्तर—ऊर्जामापी का स्थिरांक $(k) = 100$

सप्लाई वोल्टता $(V) = 230$ volt

लोड धारा $(I_L) = 20$ amp

समय $(t) = 1$ hour

power factor $\cos\phi = 0.8$

$$\text{निविष्ट ऊर्जा } P = \frac{VI\cos\phi}{1000} \times t \text{ kWh}$$

$$= \frac{230 \times 20 \times 0.8}{1000} \times 1 \text{ kWh}$$

$$P = 3.68 \text{ kWh}$$

तब ऊर्जामापी द्वारा काटे गए चक्करों की संख्या ऊर्जा $(P) = \frac{N}{k}$ सूत्र से

$$N = 3.68 \times 100$$

$N = 368$ चक्कर

जबकि वास्तव में ऊर्जामापी द्वारा काटे गए चक्करों की संख्या $N' = 360$

$$\% \text{ error} = \left(\frac{N'-N}{N}\right) \times 100$$

$$= \left(\frac{360-368}{368}\right) \times 100$$

$$= -\left(\frac{8}{368}\right) \times 100$$

$$\boxed{\% \text{ Error} = -2.17\%}$$

$\therefore$ त्रुटि ऋणात्मक है अत: Energymeter slow चल रहा है।

प्रश्न 4.7—एक 10 मीटर के परीक्षण में परीक्षण हेतु मीटर की चकती 120 चक्कर काटती है, जबकि उपमानक मीटर इसी समय में 72 चक्कर पंजीकृत करता है। यदि परीक्षण हेतु मीटर का स्थिरांक 2400 चक्कर प्रति kWh हो तथा उपमानक मीटर का स्थिरांक 1500 चक्कर प्रति kWh हो तो मीटर में प्रतिशत त्रुटि ज्ञात कीजिये।

उत्तर—उपमानक ऊर्जामीटर का स्थिरांक $K_s = 1500$

उपमानक ऊर्जामीटर के चक्कर की संख्या $N_s = 72$

परीक्षण हेतु ऊर्जामीटर का स्थिरांक $K_x = 2400$

परीक्षण हेतु ऊर्जामापी के चक्करों की संख्या $N_x = 120$

$$\% \text{ Error} = \left[\frac{N \times K_s}{N_s K_x} - 1\right] \times 100$$

$$= \left[\frac{120 \times 1500}{2400 \times 72} - 1\right] \times 100$$

$$= \left[\frac{75-72}{72}\right] \times 100$$

$$= \frac{3}{72} \times 100$$

$$\% \text{ Error} = 4.16\%$$

प्रश्न 4.8—एक 230 V, एक फेज के ऊर्जा मीटर में से 4 Amp स्थिर धारा 5 घण्टे के लिये इकाई शक्ति-गुणाक पर प्रवाहित होती है और इस समय में यह 1104 चक्कर काटता है तब ऊर्जामीटर का स्थिरांक चक्कर प्रति kWh क्या होगा? यदि शक्ति गुणक 0.9 हो तो उपयुक्त समय में चकती कितने चक्कर काटेगी?

उत्तर—सप्लाई वोल्टता $V = 230$ volt

load current $I_L = 4$ Amp

$t = 5$ hour

$\cos\phi = 1$

$N = 1104$ rpm

$K = ?$

$$\text{निविष्ट ऊर्जा} = \frac{VI\cos\phi \times t}{1000} \text{ kWh}$$

$$= \frac{230 \times 4 \times 1 \times 5}{1000} \text{ kWh}$$

$P = 4.6$ kWh

Scanned by CamScanner

ऊर्जा $= \frac{N}{K}$ से

$$K = \frac{N}{P} = \frac{1104}{4.6} \text{ Rev/kWh}$$

$$K = 240 \text{ Rev/kWh}$$

$\therefore$ 0.9 शक्ति गुणक पर ली गई Power $= \frac{VI \cos\phi \times t}{1000}$

$$= \frac{230 \times 4 \times 0.9 \times 5}{1000}$$

$$= 4.14 \text{ kWh}$$

$\therefore$ 0.9 Power factor पर चक्करों की सं० $= 4.14 \times 240$

सं० = 993.6 चक्कर

प्रश्न 4.9—एक सही ढंग से समायोजित, एकल कला 230 V प्रेरण वाट-घण्टा मोटर का मीटर स्थिरांक 800 चक्कर/कि० वा० घण्टा है। 0.9 पश्चगामी शक्ति गुणक पर 5A की धारा के लिये चकती की चाल ज्ञात कीजिये।

उत्तर— $V = 230$ volt

$$K = 800 \text{ Rev/kWh}$$

$$\cos\phi = 0.9$$

$$I = 5 \text{ amp}$$

निविष्ट Power $(P) = \frac{230 \times 0.9 \times 5 \times 1}{1000}$

$$= 1.015 \text{ kWh}$$

0.9 Power factor पर disk की speed $= 1.015 \times 800$

= 828 चक्कर/घण्टा

प्रश्न 4.10—एक कलीय, 240 वोल्ट, 10 ऐम्पियर के ऊर्जामापी का माप स्थिरांक 550 है। पूर्ण भार पर परीक्षण करते हुए यह 55 सेकण्ड में 20 चक्कर घूमता है। जब शक्ति गुणक 0.8 अनुगामी है। प्रतिशत अशुद्धि ज्ञात कीजिये।

उत्तर— $V = 240$ volt

$$I = 10 \text{ Amp}$$

$$K = 550 \text{ rev/kWh}$$

$$t = 1 \text{ hour}$$

$$\cos\phi = 0.8$$

निविष्ट ऊर्जा $= \frac{240 \times 10 \times 0.8}{1000} \times 1$

$$= 1.92 \text{ kWh}$$

energymeter द्वारा लगाये गये चक्कर $= 1.92 \times 550$

$$N = 1056 \text{ rev}$$

प्रश्नानुसार, 55 sec में लगाये गये चक्कर $= 20$

1 घण्टे या 60×60sec में लगाये गये चक्कर $= \frac{20 \times 60 \times 60}{50}$

$$N' = 1309 \text{ चक्कर}$$

$$\% \text{ Error} = \left(\frac{N' - N}{N}\right) \times 100$$

$$= \left(\frac{1309 - 1056}{1056}\right) \times 100$$

$$\% \text{ Error} = 23.95\%$$

प्रश्नावली

ज्ञान प्रश्न (Knowledge Questions)

1. दो एलीमेंट ऊर्जामापी की संरचना का नामांकित चित्र देते हुए उसकी कार्यविधि समझाइए और बताइए कि इसकी क्या उपयोगिता है?
2. स्वच्छ नामांकित चित्र की सहायता से एक कलीय प्रेरण ऊर्जामापी की संरचना व कार्यविधि का वर्णन कीजिए।
3. ऊर्जामापी से क्या अर्थ है? प्रेरण प्रारूपी ऊर्जामापी क्या होता है?
4. प्रेरण प्रारूपी ऊर्जामापी में कौन-कौन सी त्रुटि होती है? समझाइए कि उक्त विभिन्न त्रुटियों का समाधान किस प्रकार हो सकता है?
5. तीन एलीमेंट ऊर्जामापी की संरचना का नामांकित चित्र देते हुए उसकी कार्यविधि समझाइए और बताइए कि इसकी क्या उपयोगिता है?

सामान्य प्रश्न

1. अभासी भार (फेन्टम लोडिंग) से ऊर्जामापक परीक्षण पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए।
2. एनर्जीमीटर में सरकन त्रुटि (क्रीपिंग एरर) से आपका क्या तात्पर्य है? इसे किस प्रकार दूर किया जा सकता है?
3. वाटमीटर एवं एनर्जीमीटर में मूल अन्तर स्पष्ट कीजिए।
4. एनर्जीमीटर तथा ऐम्पियर आवर मीटर में क्या अन्तर (भेद) है?
5. एक-कलीय ऊर्जामापी पर कौन-कौन से परीक्षण किए जाते हैं? संक्षेप में उल्लेख कीजिए।
6. एनर्जीमीटर कितने प्रकार के होते हैं? किसी एक प्रकार के एनर्जीमीटर का विस्तारपूर्वक वर्णन कीजिए।
7. प्रेरण ऊर्जामापी का प्रचालन सिद्धान्त चित्र सहित समझाइए।
8. वाटमीटर एवं एनर्जीमीटर में क्या अन्तर है? आवश्यक सम्बन्धन आरेखों के साथ सिंगल फेज डाइनेमोमीटर टाइप वाटमीटर की कार्यविधि को समझाइए। इस मापयन्त्र की इण्डक्शन टाइप मीजरिंग इंस्ट्रूमेन्ट से तुलना कीजिए।
9. वह कौन-से विभिन्न प्रकार के परीक्षण हैं, जिन्हें प्र० धा० ऊर्जामापियों के लिए किया जाता है? स्वच्छ चित्र की सहायता से एकल कला

Scanned by CamScanner

10. सिंगल फेज इण्डक्शन टाइप एनर्जीमीटर की कार्यविधि समझाइए। कॉपर शेडिंग बैण्ड का इसमें क्या उपयोग है? क्रीप एरर समझाइए तथा उपचार बताइए।
11. थ्री फेज एनर्जीमीटर का संयोजन चित्र खींचिए तथा इसकी कार्य-प्रणाली समझाइए। यदि वह तेज चल रहा है तो आप उसे किस प्रकार ठीक करेंगे?
12. एक कलीय प्रेरण ऊर्जामापी धीमे-धीमे चलता है जबकि उस पर कोई भार नहीं है। इस दोष का समंजन कैसे किया जाता है?
13. अधिकतम माँग संकेतन यंत्रों की क्या आवश्यकता है? अधिकतम माँग संकेतक की संरचना तथा कार्यप्रणाली का वर्णन कीजिए।
    (a) दोनों वाटमीटरों के पाठ्यांक एक समान हैं, परन्तु विपरीत हैं।
    (b) दोनों वाटमीटरों में से एक का पाठ्यांक शून्य है।
    (c) दोनों वाटमीटरों के पाठ्यांक एक समान हैं।
14. मैक्सिमम Demand Indicator का प्रचालन सिद्धान्त स्वच्छ चित्र सहित समझाइए।
15. संक्षेप में टिप्पणी लिखिए—
    (a) मैक्सिसम Demand Indicator
16. अधिकतम माँग संकेत यंत्रों की क्या आवश्यकता है? अधिकतम माँग संकेतक की संरचना तथा कार्यप्रणाली का वर्णन कीजिए।

■ गणनात्मक प्रश्न

1. एक एकल फेज ऊर्जामापी को निम्नलिखित कार्य स्थितियों में आधा घण्टा परीक्षण के लिए लगाया जाता है—
   प्रदाय वोल्टता = 230 वोल्ट, लोड धारा = 10 ऐम्पियर, शक्ति-गुणक = 0.8 (पश्च) मीटर, स्थिरांक = 1200 परि० यूनिट (kWh), आरम्भिक पाठ्यांक = 58.25 तथा अन्तिम पाठ्यांक = 59.15, आधा घण्टे में मीटर 890 परिक्रमण करता है। मीटर की प्रति यूनिट अशुद्धि प्रतिशत के रूप में ज्ञात कीजिए।
   [उत्तर : 2.17% प्रति यूनिट]
2. एक 230 वोल्ट, एक फेज के ऊर्जामीटर में से 4 ऐम्पियर स्थिर धारा 5 घण्टे के लिए इकाई शक्ति-गुणक पर प्रवाहित होती है और इस समय में यह 1104 चक्कर काटता है तब ऊर्जामीटर का स्थिरांक चक्कर प्रति kWh क्या होगा? यदि शक्ति गुणक 0.9 हो तो उपरोक्त समय में चकती कितने चक्कर काटेगी?
   [उत्तर : 240 चक्कर प्रति kWh, 993.6 चक्कर]
3. एक सही ढंग से समायोजित, एकल अथवा 230 वोल्ट इण्डक्शन वाट हावर मीटर का मापक स्थिरांक 800 चक्कर प्रति किलोवाट हावर है। 0.9 पश्चगामी शक्ति-गुणक पर, 5A की धारा के लिए चकती की चाल ज्ञात कीजिए।
   [उत्तर : 628 r.p.h. या 12.8 r.p.m.]
4. एक एनर्जीमीटर का स्थिरांक 100 है। एनर्जीमीटर को 20 ऐम्पियर 230 वोल्ट तथा 0.8 शक्ति-गुणक के लोड पर संयोजित करने पर, इसकी चकती एक घण्टे में कितने चक्कर काटेगी? यदि वास्तव में 360 चक्कर काटती हो, तब प्रतिशत त्रुटि ज्ञात कीजिए तथा लिखिए कि मीटर सुस्त या तेज चलता है।
   [उत्तर : 368 चक्कर, प्रतिशत त्रुटि 2.175%, मीटर धीमा चलता है]
5. एक कलीय, 240 वोल्ट, 10 ऐम्पियर के ऊर्जामापी का माप स्थिरांक 500 है। पूर्ण भार पर परीक्षण करते हुए वह 55 सेकण्ड में 20 चक्कर घूमता है जब शक्ति-गुणक 0.8 अनुगामी है। प्रतिशत अशुद्धि ज्ञात कीजिए।
   [उत्तर : +24%]
6. एक 230 वोल्ट सिंगल फेज इनर्जी मीटर में 4 ऐम्पियर की धारा 5 घण्टे के लिये इकाई शक्ति गुणक पर प्रवाहित होती है और इस समय में यह 1104 चक्कर काटता है, तो मीटर का स्थिरांक चक्कर प्रति kWh ज्ञात कीजिये। यदि शक्ति गुणक 0.8 हो तो उपरोक्त समय में चकती कितने चक्कर काटेगी?
   (883.2 rev)

7. 20 ऐम्पियर, 230 V का एक इनर्जी मीटर एक यूनिट बिजली लेने में 480 चक्कर लगता है। यदि सम्पूर्ण लोड की दिशा में डिस्क 40 चक्कर, 56 सेकण्ड में पूरा करती है तो मीटर की त्रुटि ज्ञात कीजिये। क्या मीटर तेज या सुस्त चल रहा है?
   (−1.18% slow)
8. एक 25 ऐम्पियर, 220 वोल्ट के ऊर्जा मीटर का स्थिरांक 500 चक्कर प्रति kWh है। 4400 वाट के पूर्ण भार पर चकती 84 सेकण्ड में 50 चक्कर काटती है। त्रुटि ज्ञात कीजिये।
   (−1.43% slow)

Scanned by CamScanner

5

विविध मापन उपयंत्र अर्थात् मापयंत्र

(Miscellaneous Measuring Instruments)

5.1. शक्ति गुणकमापी (Power Factor-meter)

प्राय: किसी परिपथ में वोल्टमीटर तथा ऐमीटर, वाटमीटर की सहायता से शक्ति गुणक की गणना की जा सकती है।

$$\text{p.f.} = \frac{\text{वास्तविक शक्ति (W)}}{\text{वोल्ट ऐम्पियर (V.A)}}$$

लेकिन बड़ी औद्योगिक इकाइयों को जहाँ प्रत्येक क्षण, भार बदलता रहता है, बार-बार शक्ति गुणक ज्ञात करना अनुविधाजनक तथा समय की बरबादी ही है। इसलिए ऐसे स्थानों पर शक्ति गुणक ज्ञात करने के लिए शक्ति गुणक मापियों का प्रयोग किया जाता है जो प्रत्येक क्षण, भार के शक्ति गुणक को सूचित करते रहते हैं।

इन शक्ति गुणक-मापियों में वाटमीटरों की भाँति ही, वोल्टता तथा धारा कुण्डलियाँ होती हैं। मुख्य रूप से दो प्रकार के विद्युत गतिक (Electrodyamic) शक्ति गुणक प्रयोग किए जाते हैं—

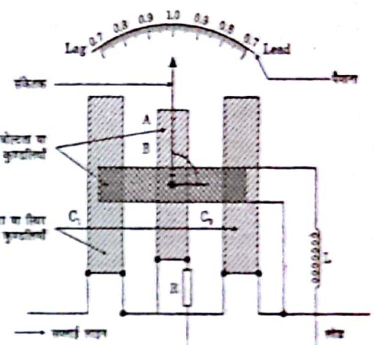
(1) डायनेमोमीटर (Dynamometer Type), (2) चल लौह प्रारूपी (Moving Iron Type)

उपरोक्त दोनों ही प्रकार के शक्ति गुणक मापी परिपथ में प्रवाहित वास्तविक शक्ति (W) तथा वोल्टमीटर ऐम्पियर के अनुपात मापते हैं, न कि उपयन्त्रों की तरह राशियों का परिणाम।

5.2. डायनेमोमीटर प्रारूपी शक्ति गुणक-मापी (Dynamometer Type Power Factormeter)

संरचना : चित्र 7.1 में एक फेज के डायनेमोमीटर प्रारूपी शक्ति गुणक-मापी की मौलिक रचना तथा परिपथ है। उपयन्त्र में पतली तार की दो समरूप कुण्डलियाँ एक ही स्पिण्डल पर कोलित तथा दूसरे से 90° पर रहती हैं। इन्हें वोल्टता या चल कुण्डलियाँ कहते हैं तथा दोनों संगठित रूप से उपयन्त्र चल तन्त्र है।

वोल्टता या चल कुण्डलियों के साथ एक संकेतक लगा रहता है जो अंशांकित पैमाने पर विक्षेप बतलाता है। पैमाने के मध्य इकाई शक्ति अंकित रहती है। चल कुण्डली अर्थात् वोल्टता कुण्डली A, एक श्रेणी अप्रेरणिक प्रतिरोध R के साथ B तथा चल कुण्डली अर्थात् वोल्टता कुण्डली B एक प्रेरणिक चोक कुण्डली L के साथ सप्लाई के एक्रॉस अर्थात् समान्तर में जुड़ी रहती है। अप्रेरक प्रतिरोध R, तथा प्रेरकत्व L का मान इस प्रकार चुना जाता है कि A तथा B कुण्डलियों में ऐम्पियर



चित्र 5.1 : एक फेजी डायनेमोमीटर प्रारूपी शक्ति गुणक-मापी

वोल्टता या चल कुण्डलियों के संयोजन, चाँदी या सोने के पतले लचकदार स्नायुओं द्वारा किए जाते हैं ताकि चल प्रणाली पर न्यूनतम नियन्त्रण प्रभाव पड़े, चूँकि उपयन्त्रों में कोई नियन्त्रण स्प्रिंग नहीं होती है।

वोल्टता कुण्डली के दोनों ओर पर्याप्त अन्तर पर दो अचल धारा कुण्डलियाँ C_1 तथा C_2 लगी रहती हैं जोकि मुख्य लाइन के साथ श्रेणीक्रम में रहती है। जब कभी इन उपयन्त्रों को उच्च वोल्टता प्रणाली पर या मानकीकरण के लिए प्रयोग किया जाता है तब इनकी वोल्टता तथा धारा कुण्डलियाँ Instrument transformer द्वारा लगाई जाती हैं।

कार्य सिद्धान्त (Working) : जब उपयन्त्र को सप्लाई लाइन से जोड़ा जाता है तथा धारा कुण्डलियों C_1, C_2 में एक चुम्बकीय क्षेत्र स्थापित होता है जोकि मुख्य परिपथ में प्रवाहित धारा के समानुपाती तथा समान कला में होता है। धारा कुण्डलियों C_1, C_2 में उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र के कारण वोल्टता या चल कुण्डलियों पर विक्षेपक बलाघूर्ण कार्य करता है। यह बलाघूर्ण इन्हें ऐसी स्थिति में घुमाता है जहाँ दोनों कुण्डलियों पर समान बलाघूर्ण कार्य करता है। उपयन्त्र इकाई, पश्चगामी तथा अग्रगामी शक्ति गुणक को सूचित करता है।

माना कि भार का शक्ति गुणक इकाई है। इस स्थिति में मुख्य परिपथ की धारा तथा वोल्टता फेज में होगी अर्थात् चल कुण्डली A में धारा, अचल धारा कुण्डलियों के फेज में होगी, क्योंकि इसके (A) श्रेणीक्रम में प्रतिरोध संयोजित है जिसके कारण धारा सप्लाई वोल्टता के फेज में होगी।

इसी समय कुण्डली B में, जिसके श्रेणीक्रम में प्रेरणिक चोक कुण्डली है, धारा अचल कुण्डलियों के 90° पश्चगामी होगी। इस प्रकार कुण्डली A पर कार्य करने वाला बलाघूर्ण इसे अचल कुण्डलियों (C_1, C_2) के अक्ष से समकोण घुमा देगा, जबकि कुण्डली B पर कार्य करने वाला बलाघूर्ण शून्य होगा तथा इस समय संकेतक पैमाने पर इकाई शक्ति गुणक को प्रदर्शित करेगा। यह स्थिति तब तक स्थापित रहेगी जब तक धारा वोल्टता के फेज में होगी।

इसी प्रकार जब मुख्य धारा वोल्टता 90° पश्चगामी होगी तब भार का शक्ति गुणक शून्य पश्चगामी होगा। इस स्थिति में अचल कुण्डलियों (C_1, C_2) का क्षेत्र, कुण्डली B के क्षेत्रफल के साथ क्रम से बदलना, तथा कुण्डली A से 90° आगे होगा। इस स्थिति में कुण्डलियाँ C_1, C_2 तथा B घूमेंगी, जब तक कि उसका क्षेत्र अचल कुण्डलियों C_1, C_2 के क्षेत्र दिशा में नहीं आ जाएगा। इस स्थिति में संकेतक शून्य पश्चगामी शक्ति गुणक प्रदर्शित करेगा।

Scanned by CamScanner

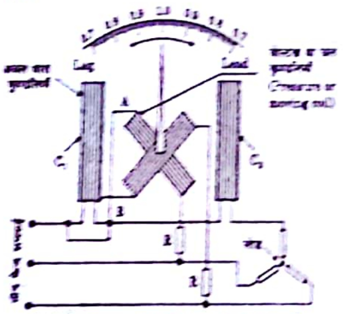
यदि परिपथ धारा शून्य मान के आगामी शक्ति गुणक रखती है तब अचल कुण्डलियों (C_1, C_2) का क्षेत्र तथा धारा वोल्टता से आगामी होगा तथा इस प्रकार कुण्डली A का क्षेत्र धारा से 90° तथा कुण्डली B का क्षेत्र धारा से 180° फेज अन्तर पर होगा। अचल कुण्डलियों (C_1, C_2) को पृथक रहने की अपेक्षा विपरीत हो जाएगी तथा इसलिए कुण्डली B पर कार्य करने वाला बलाघूर्ण रहने की अपेक्षा विपरीत दिशा में कार्य करेगा, जिसके कारण संकेतक पैमाने पर दूसरे आधे भाग में शून्य आगामी शक्ति गुणक प्रदर्शित करेगा।

शक्ति गुणक के प्रत्येक उस शून्य के बीच के मानों के लिए चल प्रणाली स्वयं ऐसी स्थिति में आ जाएगी ताकि कुण्डली A तथा B पर शून्य बलाघूर्ण शून्य हो। ऐसी स्थिति में संकेतक अचल कुण्डलियों (C_1, C_2) के अक्ष के साथ $(90° - \phi)$ का कोण बनाएगा, जहाँ ϕ फेज कोण है तथा $\cos \phi$ परिपथ के भार का शक्ति गुणक होगा।

5.2.2. त्रिकला सन्तुलित भार के लिए डायनेमोमीटर शक्ति गुणक-मापी (Dynamometer Type Power Factor Meter for Balanced Three Phase Load)

चित्र में सन्तुलित भार पर प्रयोग किए जाने वाले डायनेमोमीटर प्ररूपी शक्ति गुणक-मापी का संयोजन दिखाया गया है। इस मीटर में वोल्टता या चल कुण्डलियाँ A तथा B, 120° पर विस्थापित होती हैं जबकि 1φ डायनेमोमीटर शक्ति गुणक-मापी में कुण्डलियाँ A तथा B, 90° पर विस्थापित रहती हैं।

सन्तुलित भार पर दो अचल धारा कुण्डलियों (C_1, C_2) के साथ दो या तीन वोल्टता या चल कुण्डलियाँ प्रयोग की जाती हैं। दो अचल धारा कुण्डलियाँ (C_1, C_2) सन्तुलित लाइन के श्रेणीक्रम में संयोजित की जाती हैं जबकि वोल्टता या चल कुण्डलियाँ A तथा B उनमें अतिरिक्त लगाकर उन्हें दो अलग-अलग फेजों के मध्य में संयोजित कर दिया जाता है जैसा कि चित्र 5.2 में दिखाया गया है।

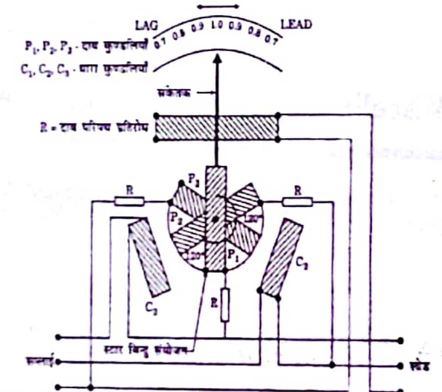


चित्र 5.2 : डायनेमोमीटर प्ररूपी-शक्ति गुणक-मापी त्रिकला सन्तुलित भार के लिए

इन उपकरणों में फेज को कृत्रिम रूप से विभक्त करने की आवश्यकता नहीं पड़ती है क्योंकि चल कुण्डलियाँ सप्लाई के दो फेजों के मध्य में संयोजित रहती हैं और न ही किसी एक चल कुण्डली के श्रेणी में प्रेरकत्व लगाने की आवश्यकता पड़ती है। यदि चल कुण्डली व वोल्टता कुण्डलियाँ एक-दूसरे से 120° पर लगी हों तब वह कोण जिस पर संकेतक सूचक शक्ति गुणक विस्थापित होगा, परिपथ फेज कोण के समान होगा।

5.3. असन्तुलित त्रिकला भार के लिए डायनेमोमीटर प्ररूपी शक्ति गुणक-मापी

असन्तुलित लोड के लिए उपयन्त्र में तीन चल या वोल्टता कुण्डलियाँ ($P_1 P_2 P_3$) होती हैं। जब तीन वोल्टता कुण्डलियाँ प्रयोग की जाती है, तब वह उच्च प्रेरणिक प्रतिरोधों द्वारा स्टार में संयोजित होती हैं तथा एक उभयनिष्ठ स्पिण्डल पर एक-दूसरे से 120° अंश कोण पर पृथक रहती है जैसा कि चित्र 5.3 में दिखाया गया है। अचल धारा कुण्डलियाँ भी एक-दूसरे से 120° अंश पर पृथक् होती है तथा प्रत्येक कुण्डली, मुख्य परिपथ के फेज के श्रेणी में जुड़ी रहती है। इस प्रकार दो भिन्न चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होते हैं, एक धारा कुण्डियो द्वारा तथा दूसरा वोल्टता कुण्डलियों द्वारा जो एक ही दिशा में घूमते हैं।



चित्र 5.3 : डायनेमोमीटर प्ररूपी शक्ति-गुणक मापी त्रिकला असन्तुलित भार के लिए

इन दो चुम्बकीय क्षेत्रों में परस्पर क्रिया से वोल्टता कुण्डलियों में बलाघूर्ण उत्पन्न होता है, जो उन्हें तब तक घुमाता रहता है जब तक कि उनकी धारा कुण्डलियों की अपेक्षा स्थिति ऐसी न हो जाए कि दोनों क्षेत्र एक ही रेखा में आ जाएँ। कुण्डलियों में और आगे गति के बिना तब दोनों क्षेत्र स्वयं साथ-साथ तुल्यकालिक गति से घूमते हैं तथा चल प्रणाली पर संकेतक की परिणामी स्थिति, धारा का वोल्टता पर पश्चता या अग्रता कोण सूचित करती है तथा इस प्रकार मुख्य परिपथ या लोड का शक्ति गुणक ज्ञात करते है।

5.4. चल लौह प्ररूपी शक्ति गुणक-मापी या मापक (Moving Iron Type Power Factor Meter)

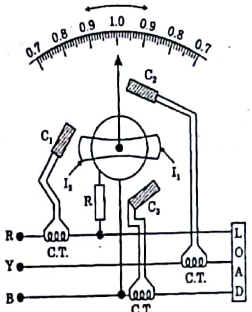
चल लौह प्ररूपी गुणक मीटर में डायनेमोमीटर, प्ररूपी उपयन्त्रों की अपेक्षा कई लाभ हैं। चल लौह शक्ति गुणक मीटर में विक्षेपक बलाघूर्ण डायनेमोमीटर शक्ति गुणक मीटर की अपेक्षा अधिक होता है। चल लौह शक्ति गुणक मीटर में सभी कुण्डलियाँ अचल होती है तथा इनमें किसी स्नायु की आवश्यकता नहीं होती है। इनके पैमाने की परास 0° से 360° तक रहती है। लौह भागों के कारण इन उपयन्त्रों में हानियाँ होती हैं जो कि लोड तथा आवृत्ति पर निर्भर करती हैं। इसी कारण यह डायनेमोमीटर शक्ति गुणक मीटर की अपेक्षा कम परिशुद्ध होते है। यह दो प्रकार के होते है–

(1) परिक्रमण क्षेत्र प्ररूपी, (2) प्रत्यावर्ती क्षेत्र प्ररूपी

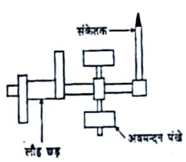
Scanned by CamScanner

5.4.1. परिभ्रमण क्षेत्र प्ररूपी (Rotating Field Type)

संरचना : चित्र मे उपयन्त्र दिखाया गया है। इसमें C_1, C_2 व C_3 तीन अचल धारा कुण्डलियाँ, एक-दूसरे से 120° पर लगी रहती हैं। यह धारा कुण्डलियाँ, धारा ट्रांसफार्मर की सहायता से अलग-अलग फेज में धारा लेती हैं। एक अचल कुण्डली B, इस प्रणाली के केन्द्र पर लगी रहती है जो कि श्रेणी प्रतिरोध R, सहित दो फेजों के across जुड़ी रहती हैं। कुण्डली B पर अन्दर एक छोटी कीलित लौह छड़ होती है जिसके सिरों पर क्षेत्रक आकार के दो लौह खण्ड I_1 तथा I_2 लगे रहते हैं। लौह छड़ के साथ स्पिण्डल पर अवनन्दन पंखे (Damping vane) तथा संकेतक भी लगा रहता है। चल लौह प्रणाली को चित्र में दिखाया गया है। इसे त्रिकला सन्तुलित भार पर व्यवस्थित किया जाता है।



चित्र 5.4 : रोटेटिंग फील्ड प्रारूपी उपयंत्र



चित्र 5.5

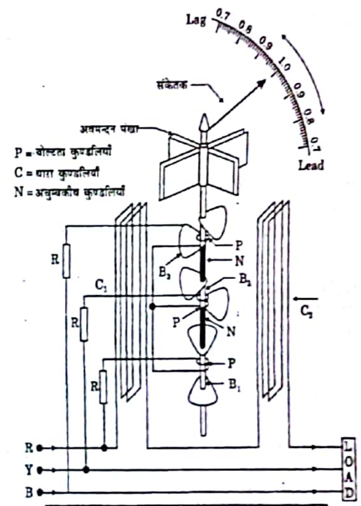
कार्यविधि : अचल धारा कुण्डलियों C_1, C_2, C_3 में प्रत्यावर्ती धारा के कारण घूर्णक फ्लक्स उत्पन्न होता है। चल लौह प्रणाली में प्रत्यावर्ती फ्लक्स, कुण्डली B के कारण उत्पन्न होता है। चल लौह प्रणाली निरन्तर घूम नहीं सकती, बल्कि एक निश्चित स्थिति से स्थिर हो जाती है। चल लौह छड़ की यह स्थिति, अचल कुण्डलियों C_1, C_2, C_3 तथा B की धारा के सापेक्ष फेज अन्तर पर निर्भर करती है। इस प्रकार चल लौह प्रणाली में विक्षेप, सप्लाई धारा तथा वोल्टता के फेज के लगभग बराबर होता है।

5.4.2. प्रत्यावर्ती क्षेत्र प्ररूपी (Alternating Field Type)

संरचना : संरचना चित्र 7.6 में दिखाया है। इनमें तीन चल लोहे के टुकड़े B_1, B_2, B_3 तथा एक अभयनिष्ठ स्पिण्डल पर एक के ऊपर एक चित्रानुसार लगे रहते हैं। इन्हें एक-दूसरे अचुम्बकीय टुकड़ों द्वारा पृथक् कर दिया जाता है। प्रत्येक लौह टुकड़ों के साथ क्षेत्रक प्ररूपी दो छोटी चकतियाँ लगी होती हैं। इस क्षेत्रक प्ररूपी चकतियों के जोड़े एक-दूसरे के 120° के कोण पर विस्थापित होते हैं। चल लौह टुकड़ों पर वोल्टता कुण्डलियाँ (P) कुण्डलित रहती हैं जो कि त्रिफेजी सप्लाई के साथ स्टार में संयोजित रहती हैं।

चल प्रणाली के दोनों ओर अचल धारा कुण्डलियाँ C_1 तथा C_2 एक-दूसरे से समान्तर में रहती हैं। चल प्रणाली के स्पिण्डल पर अवमन्दन पंखा तथा संकेतक भी लगा रहता है।

चित्र में यद्यपि त्रिफेज सन्तुलित लोड के लिए उपरोक्त उपयन्त्र के संयोजन दिखाए गए हैं लेकिन थोड़ा-सा सुधार



चित्र 5.6 : नाल्डर लिपमेन का शक्ति-गुणक-मापी

कार्यविधि : जब उपयन्त्र को 3ϕ सप्लाई में संयोजित किया जाता है तब चल प्रणाली ऐसी स्थिति प्राप्त कर लेती है कि किसी एक लौह टुकड़े पर बलाघूर्ण अन्य दो लौह टुकड़ों के बलाघूर्णों द्वारा प्रभावहीन हो जाता है तथा फलस्वरूप चल प्रणली परिणामी बलाघूर्ण शून्य हो जाता है। इस स्थिर स्थिति में लौह टुकड़े का विक्षेप जो उसी फेज धारा द्वारा चुम्बकित होता है तीन फेज सप्लाई की धारा तथा वोल्टता के मध्य फेज कोण के तुल्य होता है, जबकि लौह हानियाँ तथा वोल्टता कुण्डलियों का प्रेरकत्व नगण्य हो।

चूँकि तीनों वोल्टता कुण्डलियाँ, विभिन्न तलों पर होती हैं, इसलिए कोई भी परिणामी घूर्णक चुम्बकीय क्षेत्र स्थापित नहीं होता तथा इस प्रकार यह निरन्तर नहीं घूमता। उपयन्त्र के पाठ्यांक सप्लाई आवृत्ति, वोल्टता तथा तरंग रूप से प्रभावित नहीं होते हैं।

5.5. आवृत्तिमापी या मापक (Frequency Meter)

व्यावहारिक इकाइयों में सुवाह्य उपयन्त्र आवृति के लिए प्रयोग किए जाते हैं। यह आवृत्ति मीटर सीधे सप्लाई आवृत्ति को सूचित करते हैं। व्यावहारिक इकाइयों में आवृत्ति की परास 25 से 100 Hz के बीच होती है। यद्यपि आवृत्ति मीटरों द्वारा मापी गई आवृत्ति शुद्ध नहीं होती है फिर भी साधारण उपयोग के लिए ठीक ही होती है। मुख्य रूप में आवृत्ति मीटर निम्न प्रकार के होते हैं–

(i) वैद्युत अनुनाद प्ररूपी (Electrical Resonance Type)

(ii) कम्पनकारी यन्त्र प्ररूपी (Vibrating Reed Type)

Scanned by CamScanner

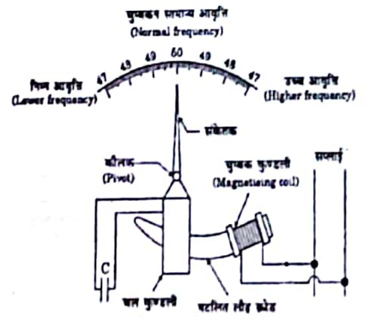
5.5.1. वैद्युत अनुनाद प्ररूपी आवृत्तिमापी (Electrical Resonance Type Frequency Meter)

इस आवृत्तिमापी की क्रिया वैद्युत अनुनाद पर निर्भर करती है।

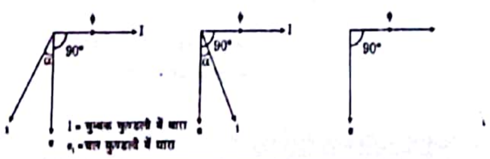
संरचना : चित्र मे सरचना दिखाई गई है। एक चुम्बकन, कुण्डली, पटलित क्रोड के सिरे पर कुण्डलित होती है। यह चुम्बकन कुण्डली, सप्लाई परिपथ के across जुड़ी रहती है जिसकी आवृत्ति ज्ञात करनी होती है। पटलित क्रोड के ऊपर एक चल कुण्डली लगी रहती है। इस चल कुण्डली के साथ संकेतक लगा रहता है। इस चल कुण्डली के दोनों सिरे एक उपयुक्त संधारित्र C के साथ संयोजित रहते हैं।

कार्य सिद्धान्त : चुम्बकीय कुण्डली को सप्लाई से संयोजित करने पर उसमें I amp धारा प्रवाहित होती है जिस्से लोह क्रोड में फ्लक्स ϕ उत्पन्न होता है जो कि धारा I के फेज में है।

इस फ्लक्स के कारण चल कुण्डली में *emfe* प्रेरित होता है जो प्रत्येक दिशा में फ्लक्स ϕ से 90° पश्चगामी होता है। परन्तु चल कुण्डली में प्रेरित धारा i का मान प्रेरित वि० *mfe* से पश्चगामी या अग्रगामी हो सकता है जो कि चल कुण्डली के परिपथ के अधिक प्रेरणिक या संधारित्र होने पर निर्भर करता है, जैसा चित्र में दर्शाया गया है। जब चल कुण्डली के परिपथ में प्रेरणिक प्रतिघात संधारित्र प्रतिघात के तुल्य होगा, तब चल कुण्डली में धारा प्रेरित *emfe* के फेज में होगा। (चित्र 5.7)



चित्र 5.7 (अ) वैद्युत अनुनाद आवृत्ति



चित्र 5.7 (ब, स, द) सदिश आरेख (Vector Diagram)

उपयन्त्र की चल कुण्डली का संधारित्र प्रतिघात $\frac{1}{2\pi fC}$ किसी दी हुई आवृत्ति के लिए स्थिर रहता है जबकि प्रेरणिक प्रतिघात $2\pi fL$, क्रोड पर कीलित चल कुण्डली पर निर्भर करता है। जब चल कुण्डली, चुम्बकन कुण्डली के निकट पहुँचती है तब उसका प्रेरकत्व भी बढ़ जाएगा। चल कुण्डली चुम्बकन कुण्डली की ओर तब तक खिंचती है जब तक

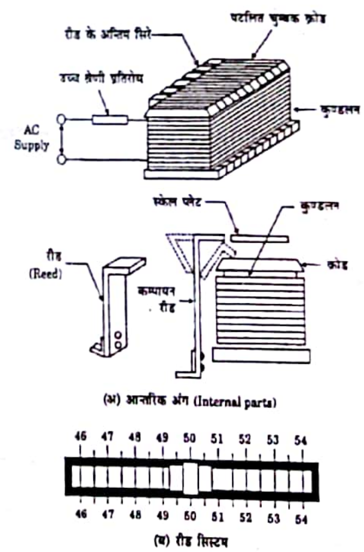
$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$ नहीं हो जाता है तथा इस स्थिति में जैसा कि ऊपर बताया जा चुका है चल कुण्डली पर बलाघूर्ण शून्य हो जाता है तथा यह स्थिति परिपथ की आवृत्ति का व्यक्त करती है।

संधारित्र C का मान इस प्रकार चुना जाता है ताकि चल कुण्डली, क्रोड पर प्रसामान्य सप्लाई आवृत्ति पर उपयुक्त स्थिति प्राप्त कर सके। जब आवृत्ति बढ़ती है संधारित्र प्रतिघात $\frac{1}{2\pi fC}$ घटता है तथा चल कुण्डली, क्रोड पर चुम्बकन कुण्डली से दूर हो जाती है ताकि $2\pi fL$ इतना घट जाए कि पुन: $\frac{1}{2\pi fC} = 2\pi fL$ होकर चल कुण्डली स्थिर अवस्था प्राप्त कर ले।

यदि आवृत्ति घटती है तब $\frac{1}{2\pi fC}$ का मान बढ़ता है जिसके संयोजन के लिए चल कुण्डली, चुम्बक कुण्डली की ओर अग्रसर होती है तथा $2\pi fL$ का मान इतना बढ़ जाता है कि पुन: $\frac{1}{2\pi fC} = 2\pi fL$ हो जाता है। इस प्रकार संशोधित पैमाने पर सप्लाई आवृत्ति का मान ज्ञात हो जाता है।

5.5.2. कम्पनकारी पत्र प्ररूपी आवृत्तिमापी (Vibrating Reed Type Frequency Meter)

यह आवृत्तिमापी यान्त्रिक अनुनाद सिद्धान्त पर कार्य करने वाला सरल लेकिन कम परिशुद्ध उपयन्त्र है। इसकी आन्तरिक संरचना चित्र 7.8 मे दिखाई है।



चित्र 5.8 : रीड सिस्टम

संरचना : इनमें कई पतली इस्पात की पत्तियाँ या रीड होती है जिनके अन्तिम सिरे सफेद होते है। यह पतली पत्तियों या रीड दो पत्तियों के साथ लगी रहती हैं। प्रत्येक रीड की यान्त्रिक कम्पन आवृत्ति भिन्न होती है। इन रीडों के समूह के पीछे एक विद्युत चुम्बक भी लगाया जाता है।

कार्य सिद्धान्त : जिसकी कुण्डली उस सप्लाई से उत्तेजित की जाती है, जिसकी आवृत्ति को मापना होता है। इस कुण्डली को एक उच्च श्रेणी प्रतिरोध के साथ, सप्लाई के समान्तर में संयोजित कर देते हैं ताकि यह कुण्डली, परिपथ में वोल्टमीटर जैसा कार्य करे। उपयन्त्र को सप्लाई से संयोजित करने पर वह पत्ती या रीड जिसकी अपनी आवृत्ति सप्लाई आवृत्ति के समान होगी, सबसे अधिक आयाम के साथ कम्पन करेगी। उन पत्तियों या रीडों में भी थोड़ा कम्पन होगा जिनकी आवृत्ति सप्लाई के सन्निकट होगी, लेकिन अन्य पत्तियों में कोई कम्पन नहीं होगा। इस प्रकार पैमाने पर सबसे अधिक आयाम के साथ कम्पन करने वाली पत्ती या रीड का पाठ्यांक नोट करके Supply आवृत्ति ज्ञात हो जाती है।

रीड के अध्रुवीय होने पर वे एक-दूसरे से समान रूप में या तो उत्तरी या दक्षिणी ध्रुव द्वारा आकर्षित होती है। इस कमी को दूर करने के लिए पत्तियों के बराबर ही एक स्थायी चुम्बक लगा दिया जाता है ताकि रीड ध्रुवीकृत रहे और इस प्रकार की विशेष यान्त्रिक आवृत्ति की रीड, समान विद्युत आवृत्ति के लिए उत्तरदायी होगी। रीड को इस प्रकार लगाते है ताकि प्रत्येक Half-cycle के लिए Reed हो।

5.6. तुल्यकालक दर्शक (Synchroscope)

जब दो प्रत्यावर्तकों को समान्तर में चलाया जाता है तथा उनको बस-बार (bus-bar) से जोड़ने से पहले यह सुनिश्चित कर लेना चाहिए कि दोनों प्रत्यावर्तकों की वोल्टता का परिमाण समान हो, फेज अनुक्रम समान तथा विपरीत फेज में हो। इसके साथ-साथ दोनों प्रत्यावर्तकों की आवृत्ति भी समान होनी चाहिए। जब यह शर्त परिपूर्ण हो जाती है तथा प्रत्यावर्तकों में समान्तर स्विच को बंद करके इन्हें तुल्यकालित किया जाता है।

अतः वह उपयन्त्र जो दो प्रत्यावर्ती वोल्टताओं की आवृत्ति तथा कला के अन्तर को प्रदर्शित करते हैं, तुल्यकालक दर्शक कहलाते हैं। इसके द्वारा उस स्थिति को आसानी से समझा जा सकता है जब दो वोल्टताएँ सिन्क्रोनाइज होती हैं। तुल्यकालक दो प्रकार के होते हैं–

(1) डायनेमोमीटर प्ररूपी

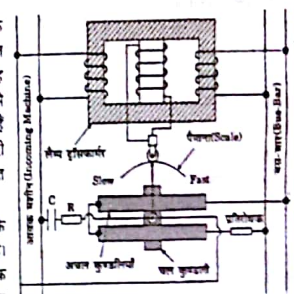
(2) चल लोह प्ररूपी

आजकल चल लौह प्ररूपी तुल्यकालक दर्शक ही अधिकतर प्रयोग किए जाते हैं क्योंकि इनका पैमाना 360° तक फैला होता है। वास्तव में दोनों प्रकार के तुल्यकालक दर्शक, शक्ति गुणक मापक का ही विशेष रूप है।

5.6.1. डायनेमोमीटर प्ररूपी तुल्यकालक दर्शक (Dynamometer Type Synchroscope)

संरचना : इसकी संरचना एक फेज डायनेमोमीटर प्ररूपी वाटमीटर के लगभग समान होती है। अन्तर केवल इतना होता है कि तुल्यकालक दर्शक की अचल तथा चल कुण्डली को कम धारा वहन करने के लिए डिजाइन की अचल कुण्डली की श्रेणी में एक प्रतिरोध लगाकर उसे बस-बार के पार्श्व में संयोजित किया जाता है तथा चल कुण्डली के श्रेणीक्रम में एक प्रतिरोध लगाकर तथा एक संधारित्र जोड़कर, उस प्रत्यावर्तक की सप्लाई के पार्श्व में संयोजित कर दिया जाता है जिसे समान्तर में जोड़ना होता है। अचल तथा चल कुण्डलियों की धारा को ठीक चतुर्थांश में रखने के लिए, अचल कुण्डली के श्रेणीक्रम में एक छोटा-सा प्रेरकत्व भी लगा दिया जाता है ताकि सही तुल्यकालत्व प्राप्त हो सके।

कार्यविधि (Working) : जब अचल व चल कुण्डली की धाराएँ चतुर्थांश अर्थात् 90° फेज अन्तर पर होती है तब चल प्रणाली पर कोई बलाघूर्ण कार्य नहीं करता है तथा उपयन्त्र का संकेतक तुल्यकालन अवस्था को प्रदर्शित करता है। जब दोनों प्रत्यावर्तकों के वि० वा० बल 180° पर अर्थात् विपरीत फेज में होंगे, तब अचल तथा चल कुण्डली की धाराएँ



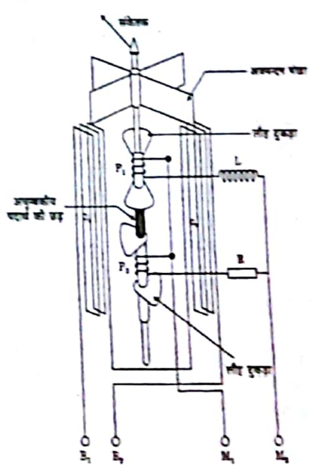
चित्र 5.9 : वेस्टन तुल्यकालक दर्शक

उपयन्त्र में लगाया जाता है जो तुल्यकालन प्राप्त होने पर अधिक प्रकाश देता है तथा यदि दो प्रत्यावर्तकों की सप्लाई 180° फेज अन्तर पर होती है तथा यह लैम्प बिल्कुल नहीं जलता है। यह तुल्यकालिक लैम्प एक विशेष लैम्प ट्रांसफार्मर की द्वितीयक से जुड़ा रहता है। ट्रांसफार्मर में दो प्राथमिक कुण्डलन होती हैं जिसमें से एक आवक प्रत्यावर्तक की सप्लाई से तथा दूसरी बस-बार से जिस पर मशीन को समान्तर में चलाना हो संयोजित होती है।

उपयन्त्र का पैमाना दूधिया कांच का बना होता है तथा इसके केन्द्र के एक ओर slow तथा दूसरी ओर fast लिखा रहता है। इस पैमाने के पीछे ही तुल्यकालिक लैम्प लगा रहता है ताकि तुल्यकालन अवस्था को स्पष्ट रूप से देखा जा सके। तुल्यकालत्व अवस्था में लैम्प पूरी रोशनी देगा तथा संकेतक पैमाने पर शून्य स्थिति के दोनों ओर न जाकर शून्य स्थिति में स्थिर हो जाएगा। यदि दोनों प्रत्यावर्तकों की आवृत्ति में अन्तर होगा तो संकेतक केन्द्र स्थिति के दोनों ओर दोलन करता रहेगा। जब दोनों प्रत्यावर्तकों की आवृत्ति समान होगी तब संकेतक पैमाने के मध्य शून्य स्थिति पर स्थिर हो जाएगा।

5.6.2. चल लोह प्ररूपी तुल्यकाल दर्शक (Moving Iron Type Synchroscope)

चित्र 7.10 में प्रयोग में आने वाले लिपमेन के चल लोह प्ररूपी तुल्यकालिक दर्शक की संरचना दिखाई गई है जो एक फेजी चल लौह शक्ति गुणक मापक के समान ही होती है।



संरचना (Construction) : इसमें दो लोहे के टुकड़े एक उभनिष्ठ स्पिण्डल पर एक-दूसरे के ऊपर चित्रानुसार लगे हैं। इन लोहे के टुकड़ों को एक-दूसरे से अचुम्बकीय पदार्थ से पृथक् किया जाता है। अचल कुण्डलियाँ C_1, C_2 जिन्हें धारा कुण्डलियाँ भी कहते हैं स्पिण्डल के दोनों ओर विपरीत दिशा में लगी रहती हैं। इन्हें श्रेणीक्रम में जोड़कर, इनकी श्रेणीक्रम में एक अप्रेरणिक प्रतिरोध लगाकर, बस-बार के पार्श्व में संयोजित कर दिया जाता है। दो वोल्टता कुण्डलियाँ $P_1 P_2$ लोहे के टुकड़ों पर कुण्डलित की जाती हैं। एक कुण्डली के श्रेणीक्रम में प्रतिरोध R तथा दूसरी के श्रेणीक्रम में एक प्रेरकत्व L लगा दिया जाता है। इन चल कुण्डलियों को आवक प्रत्यावर्तक के पार्श्व में संयोजित कर दिया जाता है।

कार्यविधि (Working) : जब दो प्रत्यावर्तकों की भिन्न आवृत्ति (f) वाली वोल्टताएँ प्रयुक्त की जाती हैं जो स्पिण्डल लगाकर घूमता रहता है तथा स्पिण्डल की यह गति, दोनों प्रत्यावर्तकों की आवृत्ति के प्रति सेकण्ड अन्तर के तुल्य होती है। संकेतक की घूर्णन दिशा आवक प्रत्यावर्तक की आवृत्ति के बस-बार की आवृत्ति से अधिक या कम होने पर निर्भर करती है। जब उपयन्त्र का संकेतक शून्य स्थिति में स्थिर हो जाता है तब दोनों मशीनें तुल्यकालक अवस्था को प्राप्त कर लेती हैं।

5.7. कला अनुक्रम सूचक (Phase Sequence Indicator)

वह उपयन्त्र जिसकी सहायता से त्रिकलीय परिपथ के कला अनुक्रम का ज्ञान होता है, कला अनुक्रम सूचक कहलाता है। कला अनुक्रम सूचक मुख्यत: दो प्रकार के होते हैं–

(1) बल्ब सूचक प्रारूपी (Lamp Indicator Type)

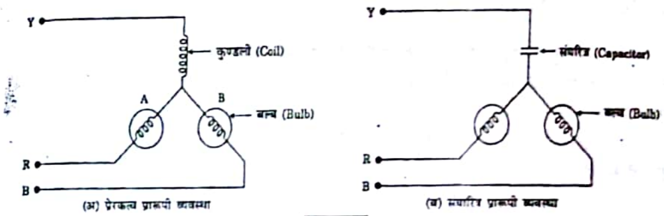
(2) परिभ्रमण चकती प्रारूपी (Rotating Disc Type)

5.7.1. बल्ब सूचक प्रारूपी (Lamp Indicator Type)

संरचना (Construction) : इस प्रकार के कला अनुक्रम सूचक में या तो दो बल्बों A व B तथा 3 व 5 हेनरी मान की एक चोक कुण्डली L या दो बल्बों, A and B तथा 2 μF से 4 μF तक मान के लिए एक संधारित्र C, तीनों को तारा सम्बन्धित करने से निर्मित होते हैं। इनमें RYB तीन कलाओं के लिए क्रमशः लाल (R), पीला (Y) तथा नीला (B), तीन संयोजक तार निकले होते हैं। इस प्रकार की व्यवस्थाएँ क्रमश चित्र 7.11 (अ) तथा (ब) में दिखाई गई हैं। मीटर के कवर पर दोनों बल्बों के ऊपर दो अलग-अलग रंग के काँच लगे होते हैं जिनमें बल्बों का प्रदीप्त होना दिखाई देता है। यह बात ध्यान में रखनी चाहिए कि प्रत्येक बल्ब पर लाइन वोल्टता हो, अतः इसका डिजाइन ऐसा होना चाहिए कि वह लाइन वोल्टता को सहन कर सके।

कार्यविधि (Working) : जब उपयन्त्र के संयोजक तारों को त्रिकलीय विद्युत स्रोत से जोड़ा जाता है तो प्रेरकता कुण्डली प्ररूपी व्यवस्था में चोक कुण्डली (L) की विद्युत धारा के अपनी वोल्टता के पश्चगामी होने के कारण चित्र (अ) की भाँति सम्बन्धित कला व्यवस्था पर बल्ब (B) पर कम वोल्टता प्राप्त होती है और वह धीमा प्रदीप्त होता है तथा बल्ब A पर वोल्टता अधिक होने पर तीव्र प्रदीप्त होता है तो इस स्थिति में कला अनुक्रम सूचक के लाल तार से जुड़ी कला R, पीले तार से सम्बन्धित कला Y तथा नीले तार से सम्बन्धित कला B है। यदि इन संयोजक तारों का सम्बन्धन ठीक कला अनुक्रम RYB में न होकर BYR में होगा तो लाल बल्ब (A) धीमा तथा नीला बल्ब (B) तीव्रतापूर्वक प्रदीप्त होगा, जो कला अनुक्रम के ठीक न होने का सूचक है। B व R को परस्पर बदल कर सही कला अनुक्रम प्राप्त हो जाएगा।

ठीक इसी प्रकार संधारित्र प्ररूपी व्यवस्था में संधारित्र (C) की विद्युत धारा के अपनी वोल्टता से अग्रगामी होने के कारण चित्र (ब) की भाँति सम्बन्धित कला व्यवस्था पर बल्ब B तीव्रता से प्रदीप्त होता है और बल्ब A धीमा प्रदीप्त होता है तो इस स्थिति में लाल तार से जुड़ी कला R, पीले तार से जुड़ी कला Y तथा नीले तार से जुड़ी कला B है। इस प्रकार कला अनुक्रम RYB में है। यदि किसी अन्य सम्बन्धन स्थिति में लाल बल्ब A तीव्रता से तथा नीला बल्ब B धीमा प्रदीप्त होता है तो इस स्थिति में कला अनुक्रम RYB न होकर BYR है, जो ठीक नहीं है। B व R परस्पर बदल कर सही स्थिति प्राप्त हो जाएगी।



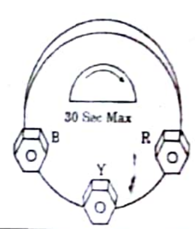
(अ) प्रेरकत्व प्रारूपी व्यवस्था (ब) संधारित्र प्रारूपी व्यवस्था

चित्र 7.11

इस प्रकार सूचक के आवरण पर लगे काँचों से बल्बों की प्रदीप्तता देखकर अनुमानित कला अनुक्रम ठीक है या नहीं यह ज्ञात किया जा सकता है। सामान्यत: इस सूचक के आवरण पर लाल व नीला काँच लगा होता है और इसके प्ररूप के अनुसार सही कला अनुक्रम हेतु तीव्र प्रदीप्त होने वाले बल्ब के काँच पर सही का चिह्न तथा धीमा प्रदीप्त होने वाले बल्ब पर गलत का चिह्न लगा होता है। यदि (✓) चिह्नांकित बल्ब तीव्रता से प्रदीप्त होता है तो समझना चाहिए कि अनुमानित कला से अनुक्रम सही है।

5.7.2. परिभ्रमण चकती प्रारूपी (Rotating Disc Type)

संरचना (Construction) : इस प्रकार के कला अनुक्रम सूचक में तीन छोटे से Y-संयोजित कुण्डलियों के ऊपर एक कीलित Al की चकती को स्थित किया जाता है। ये तीनों कला कुण्डलियाँ लोह क्रोडयुक्त होती हैं और चकती की कीलित धुरी से समान दूरी पर समत्रिबाहु त्रिभुज के शीर्ष की भाँति स्थित होती हैं जो कि 120° विद्युत अंश पर स्थित होती है। प्रत्येक कुण्डली से एक-एक संयोजक तार क्रमशः लाल, पीला व नीला बाह्य परिपथ के लिए निकले होते हैं जिनको त्रिकलीय स्रोत के टर्मिनलों से जोड़कर उसके कला अनुक्रम की सूचना प्राप्त की जाती है। इस उपयन्त्र में ऐल्युमीनियम की चकती पर तीर का चिह्न बना होता है जो उस दिशा की ओर संकेत करता है जिस दिशा की ओर की सही कला अनुक्रम पर सम्बन्धित इस कला अनुक्रम सूचक की चकती परिभ्रमण करेगी (इस प्रकार के कला अनुक्रम सूचक बाह्य चित्र 7.12 में प्रदर्शित है)।



चित्र 7.12–परिभ्रमण चकती कला अनुक्रम सूचक

कार्यविधि (Working) : जब इन उपयन्त्रों को त्रिकलीय प्रदाय Terminal में जोड़ा जाता है तो इसकी तारा सम्बन्धित तीनों कुण्डलियाँ एक घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र (Rotating magnetic field) उत्पन्न करती हैं। इस घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र के प्रभाव से ऐल्युमीनियम की चकती पर भंवर धाराएँ उत्पन्न होती हैं। घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र व भंवर धाराओं की परस्पर क्रिया के फलस्वरूप, ऐल्युमीनियम की चकती उसी दिशा में घूमने लगती है जिस दिशा में घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र परिभ्रमण कर रहा है। सम्बन्धन की उस स्थिति में, जबकि चकती उस पर बने तीर के चिह्न की दिशा में परिभ्रमण कर रही हो कला

Scanned by CamScanner

अनुक्रम RYB में होंगे। यदि तीर के चिह्न की दिशा विपरीत परिभ्रमण कर रही है तो कला अनुक्रम RYB न होकर BYR होगा जो कि सही नहीं है।

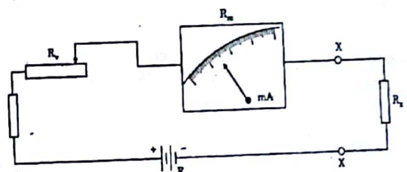
5.8. ओममीटर (Ohmmeter)

वे उपयन्त्र, जिनमें शुष्क सैल द्वारा वोल्टता रखकर, सीधा प्रतिरोध का पाठ्यांक प्राप्त होता है, ओममीटर कहलाते हैं। यह विभिन्न आकार तथा परास में मिलते हैं। यह दो प्रकार के होते हैं–

(i)स्थायी चुम्बक एक चल कुण्डली ओममीटर,

(ii)स्थायी चुम्बक दो चल कुण्डली ओममीटर।

कार्य सिद्धान्त (Working Principle) : चित्र 7.13 में एक सरल ओममीटर दिखाया गया है। इनमें दो टर्मिनल XX होते हैं जिसमें मापे जाने वाले अर्थात् प्रतिरोध R_x को जोड़ देते हैं। माना मिली ऐमीटर (mA) की कुण्डली का प्रतिरोध R_m है तथा शंट सैल की वोल्टता E वोल्ट है। यदि R_x का मान बहुत कम हो तो एक प्रतिरोधक R_1 को परिपथ में डाल देते हैं ताकि मिली ऐमीटर में सीमित धारा प्रवाहित हो। एक परिवर्ती प्रतिरोधक R_v का भी प्रयोग किया जाता है ताकि $R_x = 0$ होने पर संकेतक शून्य विक्षेप दे।



चित्र 5.13 – सरल ओममीटर

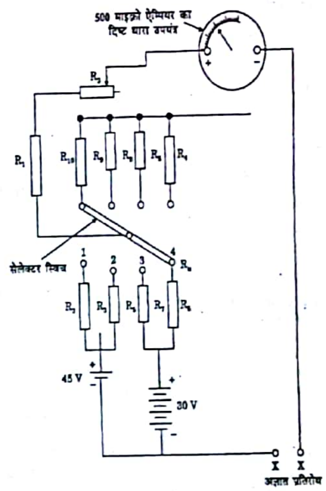
$$\text{मिली ऐमीटर पाठ्यांक} = \frac{E}{R_m + R_v + R_1 + R_x}$$

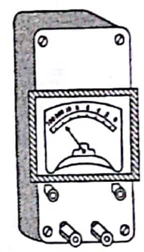
जब $R_x = 0$ होगा तब मीटर में अधिकतम धारा I_m प्रवाहित होगी तथा इसे अनुमत पूर्ण विशेष उपयन्त्र धारा द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

$$I_m = \frac{E}{R_v + R_1 + R_m}$$

$$\Rightarrow \quad R_1 = \frac{E}{I_m} - (R_m + R_v)$$

उपरोक्त सूत्र में R_1 का सही मान ज्ञात किया जा सकता है। इस प्रकार धारा (I) के पैमाने पर अधिकतम पाठ्यांक के साथ पैमाने पर प्रतिरोध का शून्य पाठ्यांक उस समय होगा जब $R_x = 0$ होगा। I का मान शून्य हो इसके लिए R_x का मान अनन्त होना चाहिए ताकि धारा (I) के पैमाने पर शून्य पाठ्यांक हो तथा प्रतिरोध (R_m) के पैमाने पर अनन्त (∞) पाठ्यांक मिले। इस प्रकार Ω-मीटर के पैमाने का परास 0 से ∞ होता है लेकिन इनका पैमाना समरूप नहीं होता।





(ब) चार परास के ओह्ममीटर का परिपथ आरेख (स) सरल ओह्ममीटर का बाह्य रूप

प्राय: सभी ओह्म मीटर में कई मेगा Ω तक प्रतिरोध मापने के लिए अकेली शुष्क बैट्री प्रयोग की जा सकती है। विभिन्न निम्न प्रतिरोध परासों पर उपयन्त्र के साथ विभिन्न शंट लगाकर वही बैट्री प्रयोग की जा सकती है। चित्र 7.14 (ब) में एक चार परास का ओममीटर परिपथ दिखाया गया है।

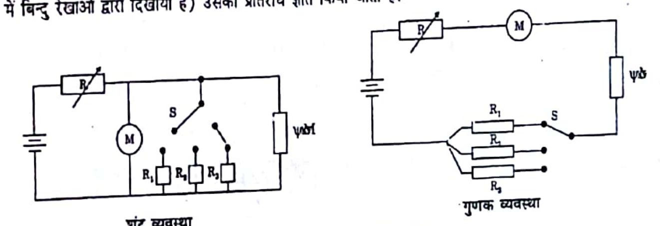
उपयन्त्र में एक प्रारम्भिक समंजन किया जाता है जैसे चित्र 7.14 (ब) में R_2 द्वारा दिखाया गया है ताकि यह सुनिश्चित हो जाए कि जब XX टर्मिनलों को लघुपथ किया जाए तो प्रतिरोध का पाठ्यांक शून्य हो। चित्र 7.14 (ब) के अनुसार यह ध्यान रखने योग्य बात है कि प्रतिरोधक $R_4, R_6, R_8, R_9, R_{10}$ उपयन्त्र के शंट के रूप में कार्य करते हैं। 1.5 V की बैट्री निम्न प्रतिरोध के लिये तथा 30 volt की बैटरी उच्च प्रतिरोध मापन में प्रयोग की जाती है।

5.8.1. एक कुण्डलीय ओममीटर (One Coil Ohmmeter)

इस प्रकार का मापन उपयन्त्र एक ऐसा स्थायी चुम्बक चल कुण्डल प्ररूपी होता है जिसका चलतन्त्र एक ही कीलित चल कुण्डली से निर्मित होता है और इस प्रकार की व्यवस्था आधुनिक व्यावहारिक Ω-मीटरों में सामान्य रूप से प्रयोग की जाती है।

संरचना (Construction) : Ω-मीटर मुख्यत: दो भागों से मिलकर बना होता है। मापन उपयन्त्र तथा दिष्टधारा स्रोत इसकी संरचना ठीक एक सामान्य स्थायी चुम्बक चल कुण्डल प्ररूपी अमीटर या वोल्टमीटर की भाँति होती है। ओह्म के लिए अंशांकित होता है। उपयन्त्र में दिष्टधारा स्रोत के रूप में शुष्क बैटरी उपयोग में लाई जाती है। उपयोग में लाई गयी शुष्क बैटरी का वोल्टतामान मापे जाने वाले प्रतिरोध के मान पर निर्भर होता है जो निम्न प्रतिरोध के लिए कम तथा उच्च

पृष्ठ पर लगी एक घुण्डी द्वारा व्यवस्थित किया जा सकता है। मीटर के टर्मिनलों को लघुपरिपथित करने के बाद इस परिवर्ती प्रतिरोध को व्यवस्थित कर मीटर की शून्य स्थिति व्यवस्थित की जाती है। Ω-मीटर एक परास वाले भी होते हैं; बहु परास वाले भी। इसके लिए एक परास स्विच S लगा होता है जिसे एक घुण्डी की सहायता से व्यवस्थित किया जा सकता है। मीटर पर अज्ञात प्रतिरोध को जोड़ने के लिए दो टर्मिनल बने होते हैं जिनके बीच अज्ञात प्रतिरोध जोड़कर (चित्र 7.15 में बिन्दु रेखाओं द्वारा दिखाया है) उसका प्रतिरोध ज्ञात किया जाता है।



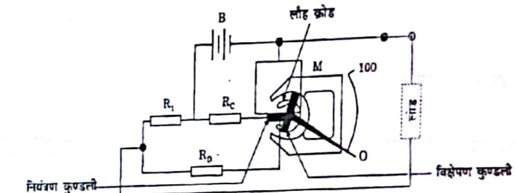
चित्र 7.15. ओह्ममीटर में परास व्यवस्था

कार्यविधि (Working) : इसके द्वारा किसी अज्ञात प्रतिरोध का मान ज्ञात करने के लिए पहले शून्य स्थिति के लिए परीक्षण किया जाता है। इसके लिए मीटर के दोनों टर्मिनलों को एक संयोजक तार की सहायता से परस्पर जोड़ दिया जाता है। वोल्टता स्रोत की दाब कुण्डली दबाने पर इस स्थिति में मीटर पाठ्यांक शून्य होना चाहिए। यदि ऐसा न हो तो शून्य व्यवस्था कारक घुण्डी की सहायता से, मीटर के श्रेणीक्रम में स्थित प्रतिवर्ती प्रतिरोध का मान बदल कर मीटर की शून्य स्थिति व्यवस्थित कर ली जाती है। पुन: अज्ञात प्रतिरोध के मान का अनुमान लगाकर परास स्विच को व्यवस्थित कर लिया जाता है। अब अज्ञात प्रतिरोध को मीटर टर्मिनलों के बीच जोड़कर और मीटर के वोल्टता स्रोत की दाब कुन्जी को दबाकर अज्ञात प्रतिरोध का मान मीटर के स्केल पर पढ़ लिया जाता है।

5.8.2. द्वि-कुण्डली Ω-मीटर (Two Coil Ohmmeter)

इस प्रकार के Ω-मीटर सामान्य स्थायी चुम्बक प्ररूपी उपयन्त्र की भाँति नही होता जिसमें कि विक्षेपक तथा नियन्त्रण के लिए एक ही कुण्डली की व्यवस्था होती है बल्कि एक ऐसा स्थायी चुम्बक चल कुण्डल प्ररूपी उपयन्त्र होता है जिसमें विक्षेपक तथा नियन्त्रण दोनों ही के लिए अलग-अलग चल कुण्डली होती है अर्थात् दो चल कुण्डलियाँ होती हैं।

संरचना (Construction) : यह उपयन्त्र दो मुख्य भागों से मिलकर बना होता है—मापन प्रणाली तथा DC supply स्रोत। इसकी संरचना ठीक स्थायी चुम्बक चल कुण्डल सूचक उपयन्त्र की भाँति होती है जिसमें दो कुण्डलियाँ P तथा Q होती हैं जो क्रमश: नियन्त्रण कुण्डली तथा विक्षेपक कुण्डली कहलाती हैं। ये दोनों कुण्डलियाँ एक ही धुरी पर परस्पर किसी कोण पर स्थित होती हैं और ये स्थायी नाल चुम्बकों के चुम्बकीय क्षेत्र में इस प्रकार कीलित होती हैं कि वे एक C आकार के लोह क्रोड तथा स्थायी चुम्बकों के ध्रुव नाल के बीच स्थित वायु अन्तराल में घूम सकें। चलतन्त्रों का सम्बन्ध स्थित तन्त्रों से करने के लिए बहुत ही पतले व लचीले लिगामैन्ट का प्रयोग किया जाता है ताकि चलतन्त्र की गति में अवरोध उत्पन्न न हो। ये कुण्डलियाँ परिपथ में इस प्रकार सम्बन्धित होती हैं कि इनके द्वारा उत्पादित बलाघूर्ण परस्पर विपरीत दिशा में कार्य करे, इस प्रकार की व्यवस्था चित्र 7.16 में दिखाई गई है। मीटर के लिए आवश्यक दिष्टधारा, निम्न प्रतिरोध मानों के लिए शुष्क बैटरी से तथा मध्यम प्रतिरोध मानों के लिए DC जनित्र प्राप्त की जाती है जो कि इसके साथ लगा होता है।



चित्र 5.16–मीटर की आन्तरिक संरचना

कार्यविधि (Working) : इसके द्वारा अज्ञात प्रतिरोध का मान ज्ञात करने के लिए उसे Ω-मीटर के टर्मिनलों के बीच जोड़ा जाता है वो दोनो ही कुण्डलियों से विद्युत धारा प्रवाहित होती है। इन विद्युतधाराओं एवं स्थायी चुम्बक के चुम्बकीय क्षेत्र की परस्पर क्रिया के फलस्वरूप दोनों कुण्डलियो पर बलाघूर्ण कार्य करने लगते हैं चूँकि दोनों कुण्डलियों से प्रवाहित होने वाली विद्युत धाराएँ परस्पर विपरीत दिशा में होती हैं, अत: इनके द्वारा उत्पादित बलाघूर्ण भी परस्पर विपरीत दिशाओं में होंगे। दोनों बलघूर्ण के परिणामी बलाघूर्ण के प्रभाव से मीटर का चलतन्त्र विक्षेपित होता है तथा ऐसी स्थिति पर स्थिर हो जाता है जहाँ विक्षेपक बलाघूर्ण व नियन्त्रण बलाघूर्ण परस्पर सन्तुलित हो जाते हैं चूँकि विक्षेपक कुण्डली से उसी विद्युत धारा के अनुपात में धारा प्रवाहित हो रही है जो कि अज्ञात प्रतिरोध से बह रही है तथा नियन्त्रण कुण्डली से प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा उस वोल्टता के समानुपाती होती है जोकि अज्ञात प्रतिरोध पर प्रयुक्त है।

अत: परिणामी बलाघूर्ण द्वारा प्राप्त विक्षेप भी उन दोनों विद्युत धाराओं I तथा V के अनुपात के समानुपाती होता है चूँकि $V/I = R$ अत: प्राप्त प्रतिरोध अज्ञात प्रतिरोध के समानुपाती होता है।

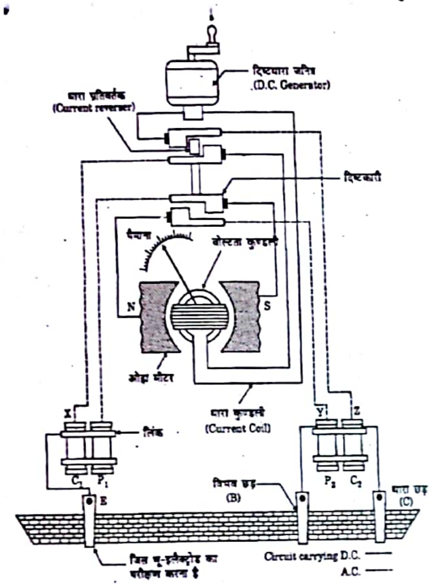
5.9. भू-परीक्षक (Earth Tester)

भू-परीक्षक भी एक प्रकार का Ω-मीटर ही है जो कि भू-प्रतिरोध मापने के लिए काम आता है। भू-परीक्षक द्वारा 0-50 Ω, 1500 Ω या 300 Ω तक तीन या चार परासों में प्रतिरोध को मापा जा सकता है। भू-परीक्षक विभवपात के सिद्धान्तों पर कार्य करता है।

संरचना (Construction) : चित्र 7.17 मे भू-परीक्षण की संरचना दिखाई गई है। इस उपयन्त्र में एक हस्तचलित D.C. Generator, एक धारा प्रतिवर्तक तथा दिष्टकारी एक ही शाफ्ट पर लगे रहते है। D.C. Generator Ω-मीटर की वोल्टता कुण्डलियों तथा धारा कुण्डलियों को D.C. धारा प्रदान करता है। धारा कुण्डली, परीक्षण परिपथ की धारा के समानुपाती धारा वहन करती है जबकि वोल्टता कुण्डली भू-प्रतिरोध में विभवपात के समानुपाती धारा वहन करती है जबकि वोल्टता कुण्डली भू-प्रतिरोध में विभवपात के समानुपाती धारा वहन करती है। इस प्रकार Ω-मीटर की वोल्टता कुण्डली वोल्टमीटर का तथा धारा कुण्डली, ऐमीटर का कार्य करती है। संकेतक में विक्षेप दोनों कुण्डलियों में धारा के समानुपाती होता है। इस प्रकार उपयन्त्र सीधे ही प्रतिरोध माप लेता है।

धारा परिवर्तक तथा दिष्टकारी दोनो से सरल दिक्परिवर्तक होता है जिसमें L आकार के खण्ड लगे रहते हैं तथा जिस शाफ्ट पर जनित्र लगा रहता है, उसी पर दोनों खण्ड लगे रहते हैं। इस प्रकार जनित्र के हैण्डल को घुमाने पर तीनों एक समान गति पर घूमते हैं। प्रत्येक दिक्परिवर्तक पर चार ब्रुश लगे रहते हैं। प्रत्येक सैट के प्रथम बुश जोड़े को इस प्रकार व्यवस्थित करते हैं कि वह बारी-बारी से पहले एक तथा फिर दूसरे खण्ड से सम्पर्क स्थापित कर सके जैसे-जैसे दिक्परिवर्तक घूमे। प्रत्येक सैट के दूसरे ब्रुश जोड़े को दिक्परिवर्तक पर इस प्रकार व्यवस्थित करते हैं कि एक खण्ड से उसका सम्पर्क निरन्तर रहे, चाहे दिक्परिवर्तक किसी भी स्थिति में क्यों न हो।

Scanned by CamScanner



चित्र 5.17 : भू-परीक्षक के संयोजन

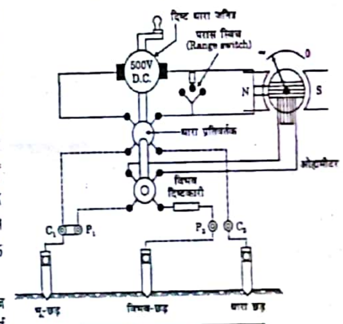
कार्यविधि (Working) : भू-परीक्षक का संयोजन चित्र के अनुसार करते है तथा जब जनित्र को चलाने पर प्रथम ब्रुश जोड़े को दिष्टधारा वाली वोल्टता प्रयुक्त की जाती है। इस प्रकार जनित्र शाफ्ट के घूमने से दिक्परिवर्तक का प्रत्येक खण्ड बारी-बारी से पहले धनात्मक ब्रुश से तथा फिर ऋणात्मक ब्रुश से संयोजित होगा। इस प्रकार जैसे ही दिक्परिवर्तक घूमेगा खण्डों पर वोल्टता विपरीत हो जाएगी जोकि ब्रुशों से दूसरे जोड़े पर आ जाएगी। इस प्रकार C_1, C_2 पर प्रत्यावर्ती वोल्टता प्राप्त होगी।

दिष्टकारी दिक्परिवर्तक पर क्रिया उपरोक्त के विपरीत होगी जिसमें P_1 तथा P_2 के आर-पार प्रत्यावर्ती वोल्टता D.C. Current वाली वोल्टता में बदल जाएगी जोकि Ω-मीटर में संचालन के लिए प्रयुक्त होगी चूँकि दोनों दिक्परिवर्तक एक ही गति से घूमेंगे। इस प्रकार परिवर्तक तथा D.C. क्रिया, क्रम से होती रहेगी। उपरोक्त क्रिया के महत्व को नीचे और अधिक स्पष्ट किया गया है।

D.C. Generator, D.C. Current उत्पन्न करता है, लेकिन इस दिष्टधारा का भू में विश्लेषण हो जाता है। इसलिए इस D.C. धारा को भू में भेजने से पहले, धारा प्रतिवर्तक की सहायता से प्रत्यावर्ती धारा में बदल दिया जाता है। यह प्रत्यावर्ती धारा भू में प्रत्यावर्ती वोल्टतापात उत्पन्न करती है, लेकिन Ω-मीटर का प्रतिरोध मापने के लिए दिष्टधारा चाहिए। इसलिए भू-वोल्टतापात को दिष्टधारा में परिवर्तन करने के लिए दिष्टकारी का प्रयोग किया जाता है। भू-परीक्षक सीधे ही प्रतिरोध

कम या अधिक कर लेना चाहिए ताकि विपथित प्रत्यावर्ती धारा की आवृत्ति भू-परीक्षण द्वारा उत्पन्न आवृत्ति से कम या अधिक हो जाए तथा पाठ्यांक सही प्राप्त हो।

भू-परीक्षक का भू-प्रतिरोध मापने के लिए प्रयोग : भू-परीक्षक द्वारा भू-सम्पर्क इलेक्ट्रोड का प्रतिरोध ज्ञात करते हैं। चित्र 7.17 व 7.18 के अनुसार, भू-परीक्षक में चार Terminal P_2, C_2, P_1 व C_1 अंकित होते हैं। P_1 व C_1 के सिरे आपस में मिले रहते हैं। जब भू-इलेकट्रोड का परीक्षण करना होता है तब एक अस्थायी धारा छड़ को परीक्षक किए जाने वाले भू-इलेक्ट्रोड से 25 मीटर की दूरी पर पृथ्वी में गाड़ देते हैं तथा C_2 से इसे एक लोड द्वारा जोड़ देते हैं। इसी प्रकार अस्थायी विभव छड़ परीक्षण किए जाने वाले भू-इलेक्ट्रोड से 12.5 मीटर दूर भूमि में गाड़ देते हैं तथा इसे एक लोड द्वारा P_2 से मिला देते है। यदि भू-इलेक्ट्रोड अधिक बड़ा हो या उसमें बहुत से पाइप या भू-प्लेट लगी हो तो वह दूरी क्रमश: 46 मीटर तथा 23 मीटर की जा सकती है।



चित्र 5.18 : भू-परीक्षक संयोजन

भू-परीक्षक को किसी उचित स्थान पर क्षैतिज रूप में रखें। यह ध्यान रहे कि परीक्षक के पास कोई शक्तिशाली चुम्बकीय क्षेत्र न हो। अब परास स्विच से सही परास पर परीक्षक को रख कर हैण्डल को सही दिशा में एक ही चाल से घुमाएँ एवं परास स्विच के पैमाने पर मान पढ़ें।

5.10. मेगर (Megger)

मेगर एक हस्तचालित दिष्टधारा जनित्र है जिसके द्वारा किसी संस्थापन मोटर विद्युत मशीनों आदि का विद्युतरोधन प्रतिरोध मापा जाता है। विद्युतरोधन, प्रतिरोधन का मान मेगर पैमाने पर सीधा सूचित होता है। साधारण विद्युतरोधन परीक्षण के लिए 500 V तक का मेगर अधिक प्रचलित है, लेकिन अधिक ऊँचे विभव परीक्षण के लिए 1000 V, 2500 V तथा 5000 V तक के मेगर भी उपलब्ध हैं। दो प्रकार के मेगर प्रयोग में लाए जाते है–

(1) हस्तचालित मेगर (Hand Operated Megger)

(2) ट्रान्जिस्टेराइज्ड मेगर (Transistorized Megger)

5.10.1. हस्तचालित मेगर (Hand Operated Megger)

संरचना (Construction) : इसमें दो स्थायी चुम्बक छड़ें M लगी होती हैं। स्थायी चुम्बकों के एक तरफ लगे चुम्बक ध्रुव खण्डों के बीच जनित्र का आर्मेचर G होता है तथा स्थायी चुम्बकों के दूसरी ओर के चुम्बक ध्रुव खण्डों के बीच उपयन्त्र की क्रोड होती है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। जनित्र का आर्मेचर प्राय: हस्तचालित होता है जिसकी गति को गियरों द्वारा बढ़ाया जाता है। उपयन्त्र में दो कुण्डलियां P या C होती हैं जोकि एक ही चल प्रणाली पर लगी होती है। कुण्डली P दाब या वोल्टता कुण्डली तथा कुण्डली C_1 धारा कुण्डली कहलाती है। दाब या वोल्टता कुण्डली P केन्द्र S पर कीलित होती है तथा एक नियत क्रोड L पर घूर्णन कर सकती है। कुण्डली P के साथ, एक स्थिर की पर धारा कुण्डली C

Scanned by CamScanner

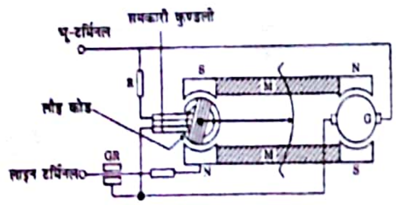
बहुत पतली तारों या पतले स्नायुओं द्वारा जोड़ा जाता है जिससे कि चल तन्त्र पर कोई प्रतिपादन बलाघूर्ण न पड़ने पाए। धारा कुण्डली का सिरा जनित्र के ऋणात्मक बुश से तथा धारा कुण्डली का दूसरा सिरा लाइन टर्मिनल के साथ प्रतिरोध R से श्रेणीबद्ध होता है। दाब कुण्डली P आर्मेचर बुश के पार्श्व में एक रक्षक प्रतिरोध B की श्रेणी में जुड़ी रहती है।

कार्यप्रणाली (Working) : जब जनित्र द्वारा दाब कुण्डली में धारा प्रवाहित होती है तो यह कुण्डली अपने को स्थायी चुम्बक के क्षेत्र में लम्बवत् दिशा में रखने का प्रयास करती है। जब मेगर के दोनों सिरे खुले होते हैं तो धारा कुण्डली में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती है तथा इस समय चल तन्त्र की गति कुण्डली पर पूर्णतः निर्भर करती है। इस समय मेगर का संकेतक अंशांकित पैमाने पर अनन्त (∞) की ओर चला जाता है।

जब मेगर के सिरों को आपस में लघुपथित कर देते हैं उस समय धारा कुण्डली का चलतन्त्र पर दक्षिणावर्ती बलाघूर्ण डालती है। इस समय बाह्य प्रतिरोध शून्य होता है। इसके कारण धारा कुण्डली में अधिकतम धारा प्रवाहित होती है जिसके कारण धारा कुण्डली का बलाघूर्ण, दाब कुण्डली द्वारा उत्पन्न बलघूर्ण को समाप्त कर देता है तथा संकेतक दक्षिण की ओर शून्य स्थिति में आ जाता है।

जिस समय कोई अज्ञात प्रतिरोध लाइन तथा भू-टर्मिनल के सिरों में जोड़ दिया जाता है उस समय दोनों कुण्डलियों में विरोधी बलाघूर्ण एक-दूसरे को सन्तुलित करके संकेतक को अंशांकित पैमाने पर किसी उचित बिन्दु पर स्थित कर देते हैं। मेगर का पैमाना मेगा Ω में अंशांकित होता है।

जब किसी अज्ञात प्रतिरोध को मेगर द्वारा मापना होता है तो मेगर के लाइन तथा भू-टर्मिनल के सिरों को जोड़ दिया जाता है। अब जनित्र के हत्थे को एक समान गति (150 rpm) से घुमाया जाता है। मेगर के हत्थे को तब तक घुमाते रहना चाहिए जब तक कि संकेतक पैमाने पर स्थित न हो जाए। जहाँ संकेतक स्थिर हो जाए वह पाठ्यांक ही प्रतिरोध का मान होगा।



चित्र 5.19 : मेगर (आन्तरिक संरचना)

5.10.2. ट्रान्जिस्टेराइज्ड मेगर (Transistorized Megger)

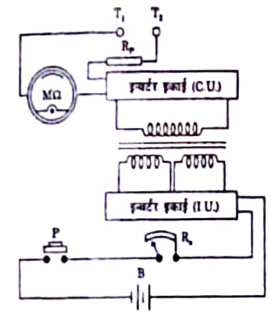
हस्तचालित मेगर की भाँति ही ट्रान्जिस्टेराइज्ड मेगर में भी मुख्य भाग होते हैं। दोनों में अन्तर केवल इतना ही है कि इस प्रकार के मेगर में आवश्यक DC वोल्टता (500 V या 1000 V) हस्तचालित DC Generator से प्राप्त की जाती है। परन्तु इस प्रकार के मेगर में 3 V से 6 V तक की शुष्क बैटरियाँ प्रयोग में लाई जाती हैं, साथ ही इस उपयन्त्र में उपयोग में लाया जाने वाला स्थायी चुम्बक चल कुण्डलन मापन उपयन्त्र एक कुण्डली प्ररूपी होता है। चूँकि वे उपयन्त्र उच्च प्रतिरोध, सामान्यतः विद्युतरोधी प्रतिरोध मापने के लिए उपयोग में लाए जाते हैं, अतः विद्युतरोधी परीक्षक भी कहलाते हैं।

संरचना (Construction) : ट्रान्जिस्टेराइज्ड मेगर की संरचना चित्र 7.20 में दिखाई गई है। इसके मुख्यतः दो भाग होते हैं। D.C. Source तथा प्रतिरोध मापन उपयन्त्र। उपयन्त्र में D.C. Source के रूप में प्रयुक्त 3 V से 6 V तक की शुष्क बैटरी B से 500 V या 1000V की DC Voltage प्राप्त करने के लिए इस उपयन्त्र में इलेक्ट्रॉनिक परिपथों की सहायता ली जाती है। इस कार्य के लिए उपयन्त्र में मुख्यतः तीन इकाइयों का प्रयोग किया जाता है।

(i) बैटरी B की दिष्ट धारा वोल्टता को A.C. वोल्टता में परिवर्तित करने वाली इकाई।

(ii) प्राप्त निम्न मान की A.C. Voltoge को उच्च मान की A.C. वोल्टता में परिवर्तित करने के लिए उच्चायी ट्रांसफॉर्मर।

(iii) इस प्रत्यावर्ती वोल्टता को D.C. वोल्टता में परिवर्तित करने वाली दिष्टकारी इकाई चूँकि इस उपयन्त्र में निम्न मान की दिष्टधारा वोल्टता को उच्च मान की दिष्टधारा वोल्टता में परिवर्तित करने के लिए इलेक्ट्रॉनिक परिपथ उपयोग में लाए जाते हैं। अतः यह उपयन्त्र ट्रान्जिस्टेराइज्ड मेगर या ट्रान्जिस्टेराइज्ड विद्युतरोधी परीक्षक कहलाता है।



चित्र 5.20 : ट्रान्जिस्टेराइज्ड मेगर, आन्तरिक संरचना

इसमें बैटरी B के श्रेणीक्रम में एक दाब कुंजी P तथा एक परिवर्ती प्रतिरोध R_s जुड़ा रहता है जिनका उपयोग क्रमशः वोल्टता स्रोत को परिपथ से जोड़ने तथा उपयन्त्र के संकेतक की शून्य स्थिति को व्यवस्थित करने के लिए किया जाता है। दाब कुंजी का ऊपरी भाग एक दाब बटन के रूप में ऊपर निकला रहता है जिसे शून्य व्यवस्थापक घुण्डी कहते हैं।

इस प्रकार के उपयन्त्र मेगा Ω (MΩ) तक के प्रयोग में लाए जाते हैं क्योंकि इसका स्केल शून्य से अपरिमित या अनन्त प्रतिरोध के लिए अंशांकित होता है। चूँकि उच्च प्रतिरोध पर परिपथ की विद्युतधारा का मान न्यूनतम तथा निम्न प्रतिरोध मान पर विद्युतधारा का मान अधिकतम होता है। अतः इस मीटर के अंशांकन के लिए सही सिद्धान्त उपयोग में लाया जाता है। उपयन्त्र की अविक्षेपित स्थिति पर अनन्त का चिह्न (∞) तथा पूर्व विक्षेप स्थिति पर शून्य का चिह्न (0) होता है। मापे जाने वाले अज्ञात प्रतिरोध को जोड़ने के लिए बने टर्मिनलों T_1 तथा T_2 के बीच निम्न मान का प्रतिरोध जोड़ने पर उच्च मान की विद्युत धारा के लिए प्राप्त होती है जिसके कारण होने वाली हानि से बचाने के लिए मीटर में श्रेणी क्रम में एक स्थिर मान का रक्षक प्रतिरोध R_p जोड़ दिया जाता है।

कार्यविधि (Working) : जब उपयन्त्र के टर्मिनलों T_1 तथा T_2 को एक कनैक्शन तार से परस्पर जोड़कर उसके दाब बटन को दबाया जाता है जो परिपथ में प्रतिरोध का मान शून्य होने के कारण अधिकतम विद्युत धारा प्रवाहित होती है। अतः उपयन्त्र में पूर्ण विक्षेप होता है जिससे उसका संकेतक शून्य के आस-पास तक विक्षेपित होता है। शून्य व्यवस्थापक घुण्डी की सहायता से प्रतिरोध (R_1) का मान इस प्रकार व्यवस्थित किया जाता है कि इस स्थिति में उपयन्त्र का संकेतक शून्य स्थिति में हो। अब दाब बटन को छोड़ देने व उसके दोनों टर्मिनलों के बीच जुड़े तार को खोल देने पर परिपथ के खुल जाने से उसका संकेतक अविक्षेपित स्थिति अर्थात् अनन्त के चिह्न पर आ जाता है। अब उस उच्च प्रतिरोध को जिसका कि मान इस चलयन्त्र से मापना है इसके टर्मिनलों T_1 और T_2 के बीच जोड़ दिया जाता है। दाब कुंजी को पुनः दबाने पर इसका चलतन्त्र परिपथ में विद्युत धारा मान के अनुसार विक्षेपित होता है जिसका मान परिपथ के प्रतिरोध पर निर्भर करता है। इसके चलतन्त्र के साथ लगा संकेतक इस प्रतिरोध को मेगा Ω के लिए अंशांकित स्केल पर सूचित करता है। इस प्रकार प्राप्त पाठ्यांक प्रतिरोध का मान है।

5.10.3. उपयन्त्र परिणमित्र (Instrument Transformer)

उपयन्त्र परिणमित्र धारा परिपथ में उच्च धारा तथा उच्च वोल्टेज को मापने के लिए प्रयोग किए जाते हैं। जिस उपयन्त्र परिणमित्र को उच्च धारा परिपथ में उच्च धारा मापने के लिए प्रयोग किया जाता है उसे धारा परिणमित्र (Current Transformer) कहते हैं तथा उच्च वोल्टेज मापने के लिए उच्च वोल्टता लाइन पर प्रयोग किया जाता है उसे विभव परिणमित्र (Potential transformer) कहते हैं।

Scanned by CamScanner

(i)न्यून परास (Low range) के एक ही मापन उपयन्त्र द्वारा उच्च मान तक की विद्युत राशि का मापन सम्भव होता है जिसके लिए सामान्यत: 0-5 amp का विद्युत धारा परास व 0-110 V का वोल्टता परास सामान्य उपयोग में है।

(ii)उपयन्त्रों का परास निम्न वोल्टता सीमा का होने के फलस्वरूप उच्च वोल्टता मापन पर भी उन्हें उच्च वोल्टता हेतु विद्युतरोधी करने की आवश्यकता नहीं होती।

(iii)शंट व गुणक में गणनीय शक्ति हानि होती है जबकि उपयन्त्र परिणमित्र में बहुत कम शक्ति-हानि होने के कारण यह नगण्य होती है।

(iv)उपयन्त्र के कुण्डलन की प्रेरकता के कारण AC परिपथ में उपयन्त्र विद्युत धारा व शंट विद्युतधारा में सरल रेखा सम्बन्ध नहीं होता, जबकि उपयन्त्र परिणमित्र में ऐसा होता है। यहाँ प्राथमिक विद्युत धारा, द्वितीयक विद्युत धारा के सदैव समानुपाती होती है। इसी प्रकार की स्थिति वोल्टता के लिए भी होती है।

उपरोक्त अच्छाइयों के साथ इन उपयन्त्र परिणमित्रों का उपयोग मापन उपयन्त्रों की विद्युतधारा व वोल्टता परास को बढ़ाने के लिए ऐमीटर, वोल्टमीटर, ऊर्जामापी आदि के साथ सामान्य रूप से किया जाता है।

5.10.4. धारा परिणमित्र (Current Transformer)

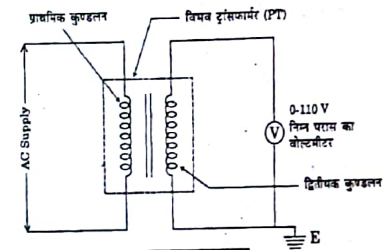
इन ट्रांसफार्मर की प्राथमिक कुण्डलन मोटे विद्युतरोधी चालक धारा 1 से 50 turns से बनाई जाती है तथा इसे मुख्य धारा परिपथ की श्रेणी में जोड़ दिया जाता है। द्वितीय कुण्डलन अधिक वर्तन देकर उपयुक्त विद्युतरोधी चालक द्वारा बनाई जाती है तथा 5 amp परास के ऐमीटर के माध्यम से लघुपथित कर दी जाती है, जैसा कि चित्र 4.7 में दिखाया गया है। ऐमीटर का पैमाना प्राथमिक धारा के निश्चित अनुपात में विभक्त होता है।

जब प्राथमिक परिपथ में धारा प्रवाहित हो रही हो तो ट्रांसफार्मर की द्वितीयक कुण्डलन को लघु पथित ही रखना चाहिए। यदि कुण्डलन को खुला (Open) रखा गया तो द्वितीयक कुण्डलन में उच्च वोल्टता उत्पन्न होगी जो वहाँ कार्य करने वाले व्यक्ति के लिए घातक हो सकती है। इसके साथ ट्रांसफार्मर का क्रोड भी अत्यधिक संतृप्त होकर अपना चुम्बकीय गुण सदैव के लिए नष्ट कर देगा।

यदि C.T. की द्वितीयक कुण्डली उपयोग के दौरान अचानक खुल गई हो और बेकार न हुई हो तो तब उसे पुन: उपयोग में लाने से पूर्व C.T. को अचुम्बकीय कर लेना अनिवार्य होता है, जिसके लिए उसके द्वितीयक टर्मिनलों के बीच उच्च मान का प्रतिरोध संयोजित कर प्राथमिक ओर से निर्धारित विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है और द्वितीयक प्रतिरोध का मान धीरे-धीरे शून्य तक कम कर C.T. को विचुम्बकित कर लिया जाता है।

5.10.5. विभव परिणमित्र (Current Transformer)

जब प्रत्यावर्ती विद्युत परिपथ की उच्च वोल्टता को निम्न परास के वोल्टमीटर से मापने की स्थिति होती है अथवा उच्च वोल्टता परिपथ पर निम्न परास की वोल्टता कुण्डली संयोजित कर मापने की स्थिति होती है तो मापन उपयन्त्र को एक ऐसे परिणमित्र द्वारा परिपथ से संयोजित किया जाता है जो उच्च मान की परिपथ वोल्टता को, उपयन्त्र से मापन हेतु समानुपातीय निम्न वोल्टता मान में प्रस्तुत कर सके। इस प्रकार उच्च मान की प्राथमिक वोल्टता को निम्न मान की द्वितीयक वोल्टता में रूपान्तरित करने वाला यह अपचायी परिणमित्र (Step down transformer) विभव परिणमित्र (P.T.) कहलाता है। जैसा कि चित्र 4.8 में दिखाया गया है। पटलित क्रोड पर उच्च प्राथमिक वर्तन संख्या व अल्प द्वितीय वर्तन संख्या वाली कुण्डलियों को स्थित करने से निर्मित यह अपचायी परिणमित्र प्राथमिक ओर से विद्युत परिपथ में उच्च वोल्टता टर्मिनलों से संयोजित होता है और इसके द्वितीयक और सामान्यत: 110 V परास का वोल्टमीटर जुड़ा होता है। यद्यपि पर वोल्टमीटर द्वितीय ओर ही वोल्टता का मापन करता है तथापि परिणमित्र के निश्चित विभव अनुपात (Potential ratio) जिसे P.T.



चित्र 5.22 : विभव परिणमित्र (PT)

सिलिकन इस्पात के शेल प्रारूणी (Shell type) पटलित क्रोड पर विद्युतरोधी ताँबे के तार से कुण्डलित इस परिणमित्र की संरचना ठीक एक कलीय सामान्य परिणमित्र की भाँति ही होती है। यह एक ऐसा अपचायी परिणमित्र है जिनकी प्राथमिक turns, द्वितीयक turns संख्या की तुलना में बहुत उच्च होते हैं तथा प्राथमिक कुण्डली उच्च वोल्टता के लिए विद्युतरोधी होते हैं। परिणमित्र का वोल्टता रूपान्तरण अनुपात काफी शुद्ध होता है।

5.11. (Tong Tester or Clamp Meter)

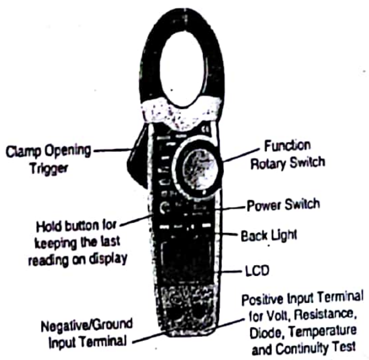
Tong tester या Clamp meter म्यूचुअल इंडक्शन के सिद्धान्त पर कार्य करता है; उसी सिद्धान्त पर जिस पर ट्रांसफॉर्मर कार्य करता है। मीटर के घूमने वाले हिस्से में एक चुम्बक होती है जो कि चुम्बकीय क्रोड का कार्य करती है, जैसे कि ट्रांसफॉर्मर में चुम्बक क्रोड के ऊपर एक कॉयल लिपटी रहती है जोकि द्वितीयक कुण्डली का कार्य करती है। कण्डक्टर तार प्राथमिक कुण्डली का तथा चुम्बक क्रोड के ऊपर लिपटी कुण्डली द्वितीयक कुण्डली का कार्य करती है। जब किसी तार में धारा प्रवाहित होती है तो उसके चारों तरफ एक चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है, Tong tester इस चुम्बकीय क्षेत्र के द्वारा धारा का मान ज्ञात करता है। जब कंडक्टर को क्लैंप के अन्दर से गुजारा जाता है तो इसके चुम्बकीय क्षेत्र को मेगनेट की क्रोड काटती है जिसके कारण मेगनेट क्रोड के अन्दर एक emf उत्पन्न होता जो कि कण्डक्टर में बढ़ने वाली धारा के समानुपाती होता है तथा द्वितीयक कुण्डली के द्वारा सेन्स कर लिया जाता है, जोकि मीटर के अन्दर मौजूद होती है। अत: इस प्रकार मीटर बहने वाली धारा के मान को पढ़ लेता है।

A.C./D.C. क्लैंप मीटर का मापन सिद्धान्त (Clamp meter principle)

सामान्यत: हाल तत्त्व (element) को डी० सी० करंट का पता लगाने के लिए सेंसर के रूप में उपयोग किया जाता है क्योंकि विद्युत चुम्बकीय प्रेरण विधि को लगाना सम्भव नहीं है; जैसे कि A.C. क्लैंपमीटर में होता है। जैसा कि चित्र 5.2 में बाईं तरक दिखाया गया है, एक हाल तत्व को ट्रांसफॉर्मर के जबड़े के हिस्से को काटकर बनाई गई जगह पर रखा जाता है, जब चुम्बकीय फ्लक्स जो कि प्राथमिक धारा के समानुपाती होता है, उत्पन्न होता है। ट्रांसफॉर्मर जबड़े में, तब यह हाल तत्व चुम्बकीय फ्लक्स का पता लगाकर आऊटपुट वोल्टेज के रूप में दर्शाता है।

हाल तत्व एक अर्धचालक है जो कि bias current तथा चुम्बकीय फ्लक्स के गुणनफल के समानुपाती आऊटपुट वोल्टेज उत्पन्न करता है जब bias current इनपुट टर्मिनल पर लगाई जाती है।

Scanned by CamScanner

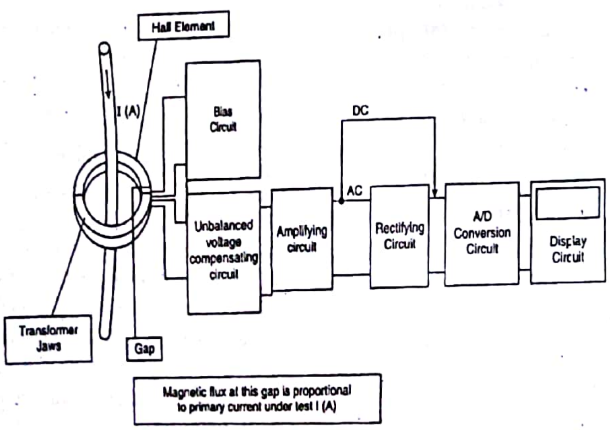


चित्र 5-23 : Parts of a clamp meter or tong tester

क्लैंप मीटर कैसे संचालित होता है

सामान्यत: A.C. क्लैंप मीटर धारा ट्रांसफॉर्मर (C.T.) के सिद्धान्त पर कार्य करता है, जिसका कार्य कण्डक्टर के अन्दर बहने वाली धारा के कारण उत्पन्न चुम्बकीय फ्लक्स को इकट्ठा करना है। माना कि कण्डक्टर के अन्दर बहने वाली धारा प्राथमिक धारा है तो हमें चुम्बकीय प्रेरण के द्वारा ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक कुण्डली में प्राथमिक धारा के समानुपाती धारा मिलेगी। ट्रांसफॉर्मर को मापित परिपथ में यन्त्र के रूप में जोड़ा गया है। अब इस धारा को डिजिटल डिस्प्ले पर देखा जा सकता है, जैसा कि ब्लॉक डायग्राम 5.3 में दिखाया गया है।

$$i = \frac{I}{N} (A)$$



प्रश्नावली

1. डायनेमोमीटर टाइप के पावर फेक्टर मीटर की संरचना एवं कार्य सिद्धान्त का वर्णन कीजिए।
2. ओह्ममीटर किसे कहते हैं? उसका कार्य सिद्धान्त समझाइए।
3. एक कुण्डली Ω-मीटर की सरचना एव कार्यविधि समझाइए।
4. दो कुण्डली ओह्ममीटर की संरचना व परिपथ बनाइए तथा उसकी कार्यविधि समझाइए।
5. मेगर किसे कहते हैं? उसके विभिन्न उपयोग समझाइए।
6. हस्तचालित मेगर की संरचना एवं कार्यविधि का वर्णन कीजिए।
7. ट्रांजिस्टेराइज्ड मेगर की संरचना का सचित्र वर्णन दीजिए तथा उसका उपयोग बताइए।
8. निम्न में अन्तर स्पष्ट कीजिए–
   (a) ओह्ममीटर व मेगर
   (b) मेगर एवं Earth Tester
   (c) वाटमीटर एवं पावर फेक्टर-मीटर
   (d) सिंगल फेज व 3ϕ-Power factor-meter
   (d) सिन्क्रोनोस्क्रोप व फेज सीक्वेंस इण्डीकेटर
9. निम्नलिखित पर टिप्पणी कीजिए–
   (a) पावर फेक्टर-मीटर
   (b) फ्रीक्वैंसी-मीटर
   (c) सिन्क्रोस्कोप
   (d) ओह्ममीटर
   (e) मेगर *(UP 2000)*
   (f) मल्टीमीटर
   (g) फेज सीक्वेंस इण्डिकेटर
   (h) अर्थमीटर टेस्टर
   (i) ट्राई वेक्टर-मीटर
10. संयोजन आरेख की सहायता से स्पष्ट कीजिए कि भू-परीक्षक से किस प्रकार भू-प्रतिरोध नापा जा सकता है।
11. आवृत्तिमापक कितने प्रकार के होते हैं?
12. शक्ति गुणक-मापी का कार्य सिद्धान्त समझाइए।
13. वैद्युत अनुनाद पर आधारित आवृत्तिमापी का वर्णन कीजिए।
14. तुल्यकालक दर्शक का आन्तरिक आरेख खींचिए और उसके कार्य व उपयोग का वर्णन कीजिए।
15. चल लौह प्रारूपी शक्ति गुणक-मापी कितने प्रकार के होते हैं? किसी एक की संरचना का नामांकित चित्र देते हुए उसकी कार्यविधि का वर्णन कीजिए।
16. कम्पन रीड प्रारूपी आवृत्तिमापी की संरचना व कार्यविधि का वर्णन कीजिए।
17. भू-परीक्षक की सहायता से भू-प्रतिरोध परीक्षण विधि की विवेचना कीजिए।
18. कला अनुक्रम सूचक का उपयोग कब, कहाँ और किस प्रकार किया जाता है? समझाइए।
19. परिभ्रमण चकती प्रारूपी कला अनुक्रम सूचक की चकती कब और क्यों चकती पर बने तीर के चिह्न की दिशा में घूमेगी?
20. शक्ति गुणक-मापी पर संक्षेप मे टिप्पणी लिखिए।
21. C.T. तथा P.T. के उपयोग पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए।
22. धारा परिणामित्र की कार्यविधि समझाइये तथा इसका उपयोग लिखिए।
23. Tong Tester या Clamp meter के सिद्धान्त को समझाइये।
24. Tong Tester या Clamp meter के द्वारा धारा मापन को समझाइये।

Scanned by CamScanner

6

इलेक्ट्रॉनिक उपयंत्र
(Electronic Instruments)

6.1. परिचय (Introduction)

वे उपयन्त्र जिनमें इलेक्ट्रॉनिक परिपथों का प्रयोग करके विद्युत राशियों को मापने के लिए प्रयोग किए जाते हैं, इलेक्ट्रॉनिकी उपयन्त्र कहलाते हैं। आजकल इन उपयन्त्रों का इन्जीनियरिंग में विशेष महत्व है, क्योंकि ये उपयन्त्र बहुत सुग्राही होते हैं।

उदाहरण : C.R.O., इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर, V.T.V.M. आदि।

6.2. कैथोड किरण दोलनलेखी (Cathode Ray Oscilloscope)

इस इलेक्ट्रॉनिक मापन उपयन्त्र में, उपयन्त्र के कैथोड से उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन पुंज एक प्रतिदीप्तिशील पर्दे पर विद्युत राशि का मान अभिलेख के रूप में व्यक्त करता है। अत: इसे कैथोड किरण दोलनलेखी (C.R.O.) कहते हैं।

संरचना (Construction) : C.R.O. मुख्यत: निम्न भागों से मिलकर निर्मित होता है–

(1) कैथोड किरण नली (Cathode Ray Tube or CRT)

(2) पावर सप्लाई (Power Supply)

(3) समय आधार परिपथ (Time Base Circuit)

(4) विक्षेपक प्रणाली (Deflecting System)

6.2.1. कैथोड किरण नली (Cathode Ray Tube or CRT)

C.R.T. की संरचना चित्र में दिखाई गई है। यह एक शीशे की विशेष आकृति की नली होती है जिसके अन्दर इसके विभिन्न अंग स्थित होते हैं तथा उनके विद्युत संयोजन हेतु नली पर ही विभिन्न पिनें स्थित होती हैं। यह C.R.O. का एक महत्वपूर्ण अंग है। C.R.T. के विभिन्न उपांग निम्न प्रकार हैं–

(i) **इलेक्ट्रॉन गन (Electron Gun) :** C.R.T. का यह अंग इलेक्ट्रॉन पुंज उत्सर्जित कर उसे उच्च गति पर त्वरित करता है तथा एक पतले इलेक्ट्रॉन पुंज में केन्द्रित करता है जिसके लिए इसमें ऑक्साइड पर्त, अप्रत्यक्ष तापित [illegible] होते हैं।

(ii) **विक्षेपण प्लेटें (Deflecting Plates) :** C.R.T. के अन्दर परस्पर समकोण पर स्थित दो विक्षेपण प्लेट जोड़ *XX* तथा *YY* होते हैं जो उक्त इलेक्ट्रॉन पुंज को इच्छित दिशा में विक्षेपित करते हैं। ये प्लेट-जोड़ परस्पर समान्तर स्थित दो प्लेटों से निर्मित होते हैं। *X*-प्लेट जोड़ा क्षैतिज विक्षेपण प्लेट तथा *Y*-प्लेट जोड़ा ऊर्ध्वाधर विक्षेपण प्लेट कहलाता है।

(iii) **प्रतिदीप्तिशील पर्दा (Fluorescent Screen) :** C.R.T. के सम्मुख पर्दे पर अन्दर की ओर से फॉस्फर लेपित पृष्ठ होता है जिस पर इलेक्ट्रॉनों के टकराने से प्रकाश प्रतिदीप्ति प्राप्त होती है। इसे प्रतिदीप्तिशील पर्दा कहते हैं। इसी पर्दे पर आरेख दर्शित होता है। पर्दे पर इलेक्ट्रानों के टकराने में द्वितीयक उत्सर्जन होता है। इन इलेक्ट्रॉनों को पावर सप्लाई में वापस करना अनिवार्य होता है जिसके लिए कैथोड किरण नली की भीतरी सतह पर सामान्यत: ग्रेफाइट की पर्त होती है जो द्वितीयक उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों को एकत्रित कर पावर सप्लाई में तो भेजती ही है, साथ ही यह बाह्य विद्युत क्षेत्र हेतु स्थिर विद्युत परिरक्षण भी प्रदान करती है।

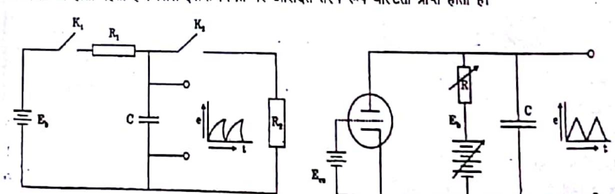
6.2.2. पावर सप्लाई (Power Supply)

एक पूर्ण इकाई के रूप में कार्य करने के लिए C.R.O. को उच्च वोल्टता स्रोत व निम्न वोल्टता स्रोत, दोनों की ही आवश्यकता होती है। इसके लिए इसमें दो Power supply इकाइयाँ होती हैं। उच्च वोल्टता पावर सप्लाई से C.R.T. को आवश्यकतानुसार 1000V D.C. तथा निम्न वोल्टता Power supply से 300V D.C. निर्गत प्राप्त होता है। C.R.O. में उच्च वोल्टता स्रोत के प्रचालन के लिए तथा निम्न वोल्टता स्रोत उसके अन्य परिपथों को आवश्यक वोल्टता प्रदान करने हेतु होता है।

6.2.3. समय आधार परिपथ (Time Base Circuit)

C.R.T. के प्रतिदीप्तिशील पर्दे पर तरंग रूप प्राप्त करने के लिए उसके *X*-प्लेट जोड़ को विभिन्न आयाम आवृत्ति की आरीदंत वोल्टता (Saw tooth voltage) देने की आवश्यकता होती है जिसके जनन हेतु C.R.O. से प्रसर्पी जनित्र (Sweep generator) होता है। इसके लिए इसमें एक समय आधार परिपथ होता है जो आधारत: एक R.C. परिपथ होता है। यह चित्र 6.1 (a) में दिखाया गया है।

जहाँ स्विच K_1 के ON होने व K_2 के OFF होने पर संधारित्र *C* आवेशित होता है तथा पुन: K_1 के OFF तथा K_2 के ON होने पर संधारित्र *C* विसर्जित होता है जिससे उसके टर्मिनलों के बीच आरीदंत तरंग रूप वोल्टता प्राप्त होती है। यहाँ C.R.O. में स्विच के स्थान पर एक थाइरेट्रान (Thyratron) उपयोग में लाया जाता है जो स्विच का कार्य करता है। इस प्रकार का परिपथ चित्र 6.1 (b) में प्रदर्शित है। यहाँ E_{cc} थाइरेट्रान की प्रचालन वोल्टता व E_b स्थिति में थाइरेट्रान ट्यूब अनन्त प्रतिरोध प्रस्तुत करती है। *C* के चार्ज हो जाने पर थाइरेट्रान की गैस आयनीकृत होती है और यह ट्यूब निम्न प्रतिरोध प्रस्तुत करती है जिससे संधारित्र इस ट्यूब के निम्न प्रतिरोध से विसर्जित हो जाता है। यही क्रिया एक निश्चित समय अन्तराल पर होती रहती है जिससे इसके निर्गत पर आरीदंत तरंग रूप वोल्टता प्राप्त होती है।



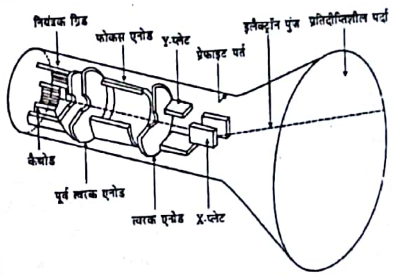
(a) R.C. परिपथ समय आधार परिपथ (b) प्रसर्पी जनित्र परिपथ

चित्र 6.1

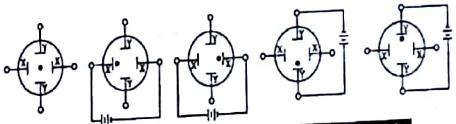
Scanned by CamScanner

6.2.4. विक्षेपक प्रणाली (Deflecting System)

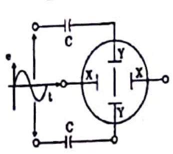
C.R.O. में इलेक्ट्रॉन पुंज में विक्षेपण लाने हेतु स्थिर विद्युत विक्षेपक प्रणाली होती है जिसके प्रभाव क्षेत्र में इलेक्ट्रॉन पुंज प्रतिदीप्तिशील पर्दे पर विभिन्न स्थिति ग्रहण करता है। इस विक्षेपक प्रणाली में क्षैतिज अक्ष में विक्षेपण हेतु *X*-प्लेट जोड़ी तथा ऊर्ध्वाधर अक्ष में विक्षेपण हेतु *Y*-प्लेट जोड़ी होती है। इलेक्ट्रॉन विद्युतया ऋणावेशित होने के कारण धन प्लेट की ओर आकर्षित होते हैं और विक्षेपण प्लेट जोड़ों पर वोल्टताओं पर पर्दे पर इलेक्ट्रॉन बीम की कुछ विशिष्ट स्थिति चित्र 6.2 (a), (b), (c), (d) तथा (e) में दिखायी गयी है। यदि *X* व *Y* दोनों प्लेट जोड़ों पर वोल्टता प्रयुक्त हों तो प्रतिदीप्तिशील पर्दे पर इलेक्ट्रॉन पुंज की स्थिति में दिखाई गई है।



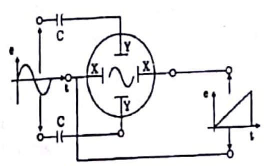
चित्र 6.2 (a) कैथोड किरण नली (C.R.T.)



चित्र 6.2 (b) : X व Y प्लेटों की पृथक ध्रुवीयता पर इलेक्ट्रॉन पुंज स्थिति



चित्र 6.2 (d) प्रत्यावर्ती वोल्टता पर इलेक्ट्रॉन पुंज स्थिति

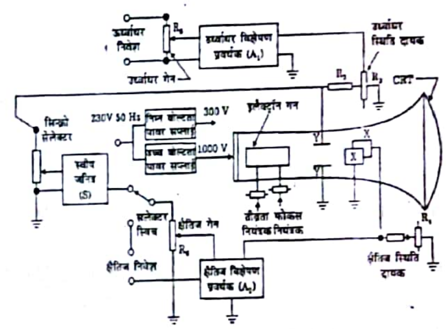


चित्र 6.2 (e) पर्दे पर आलेख की प्राप्ति

यदि *Y*-प्लेट जोड़े पर प्रत्यावर्ती वोल्टता प्रयुक्त की जाए तो पर्दे पर ऊर्ध्वावर रेखा प्राप्त होती होगी जैसा कि चित्र (a) में दर्शाया गया है। पर्दे पर आरेख प्राप्त करने के लिए ऊर्ध्वाधर प्लेटों (*YY*) के बीच परीक्षण वोल्टता तथा क्षैतिज प्लेटों के बीच समय आधार वोल्टता (Time base voltage) जो आरीदंत तरंग रूप की होती है, प्रयुक्त की जाती है। दोनों वोल्टताओं का संयुक्त प्रभाव इलेक्ट्रॉन पुंज को इस प्रकार विक्षेपित करता है कि प्रतिदीप्तिशील पर्दे पर तरंग आरेख की प्राप्ति दी जाती है। चित्र (b) में दिखाया गया है।

ऊर्ध्वाधर प्लेटों व क्षैतिज प्लेटों पर प्रयुक्त ये वोल्टताएँ माइक्रो volt, millivolt या volt श्रेणी की होती हैं जिन्हें C.R.T. के पर्दे के ग्राफ पर पूर्ण स्केल विक्षेपण के लिए सैकड़ों volt श्रेणी की श्रेणी की वोल्टताएँ आवश्यक होती हैं जिसके लिए क्रमश: ऊर्ध्वाधर विक्षेपण प्रवर्धक तथा क्षैतिक विक्षेपण प्रवर्धक होते हैं।

C.R.O. इन सभी उपांगों का एक संयुक्त संरचना होता है। सिग्नल वोल्टताओं के निवेश हेतु टर्मिनल व्यवस्था तथा विभिन्न Signal व प्रचालन वोल्टताओं के नियन्त्रण घुण्डी होती है। C.R.O. का block diagram चित्र 6.3 में प्रदर्शित है।



चित्र 5.3 : CRO का ब्लॉक डायग्राम

6.3. प्रचालन (Operation)

C.R.O. को उपयोग में लाने से पूर्व व मापन के दौरान उसमें अनेक समन्जन करने पड़ते हैं जिसके लिए विभिन्न नियन्त्रक उपलब्ध होते हैं। विभिन्न उत्पादकों के C.R.O. में इन नियन्त्रकों की स्थिति, प्रारूप आदि में अन्तर होता है। अत: प्रत्येक C.R.O. के साथ उसका प्रचालन मैनुवल भी होता है, जिससे उसका प्रचालन जाना जा सकता है तथापि C.R.O. के प्रचालन में सामान्यत: उपयोग में लाए जाने वाले कुछ विशिष्ट नियन्त्रकों का प्रचालन निम्न प्रकार है—

1. फोकस नियन्त्रण (Focus Control) : पर्दे पर प्रकाश रेखा के फैलाव को नियन्त्रित करने के लिए इस घुण्डी को घुमाया जाता है।

2. तीव्रता नियन्त्रण (Intensity Control) : पर्दे पर प्रकाश की रेखा के फैलाव की प्रकाश तीव्रता को कम या अधिक करने हेतु इस घुण्डी को घुमाया जाता है।

3. ऊर्ध्वाधर नियन्त्रण (Vertical Control) : इस घुण्डी को घुमा कर पर्दे पर प्राप्त आकृति को ऊपर या नीचे किया जा सकता है।

4. क्षैतिज नियन्त्रण (Horizontal Control) : इस घुण्डी को घुमा कर पर्दे पर प्राप्त आकृति को दायीं या बायीं ओर खिसकाया जा सकता है।

5. आवृत्ति नियन्त्रण (Frequency Control) : यह घुण्डी स्वीप जनित्र के समय आधार को नियन्त्रित करती है। इससे सूक्ष्म आवृत्ति व स्थूल आवृत्ति के समन्जन की व्यवस्था होती है। स्थूल आवृत्ति नियन्त्रक हेतु सामान्यत: छ: अवस्था वाला स्विच होता है जिसमें कुछ Hz से MHz तक आवृत्ति ब्लॉक होते हैं। सूक्ष्म आवृत्ति नियन्त्रक हेतु प्रस्तुत घुण्डी से स्थूल आवृत्ति नियन्त्रक की स्थिति में उसमें अगली ब्लॉक आवत्ति का कोई मान व्यवस्थित किया जा सकता है।

Scanned by CamScanner

6. तुल्यकालन नियन्त्रण (Synchronism Control) : पर्दे पर प्राप्त आवृत्ति की स्थिरता प्रदान करने के लिए इस नियन्त्रण का उपयोग किया जाता है परन्तु इस नियन्त्रण को उपयोग में लाने से पूर्व सूक्ष्म आवृत्ति नियन्त्रण से आवृत्ति में यथासम्भव स्थिरता आना अनिवार्य होता है।

7. लाभ नियन्त्रण (Gain Control) : कभी पर्दे पर प्राप्त आरेख की ऊंचाई व चौड़ाई भी नियन्त्रित करने की आवश्यकता होती है। ऊँचाई नियन्त्रण हेतु ऊर्ध्वाधर (Vertical gain) तथा चौड़ाई नियन्त्रण हेतु क्षैतिज गेन (Horizontal gain) नियन्त्रण होते है।

6.4. C.R.O. के उपयोग (Applications of C.R.O.)

C.R.O. का उपयोग विभिन्न विद्युत तरंग रूपों के दर्शन व विद्युत राशियों के मापन के लिए किया जाता है जिनमें से कुछ विवरण निम्न है–

6.4.1. वोल्टता मापन (Voltage Measurement)

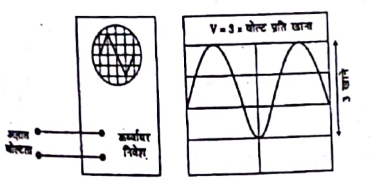
C.R.O. की सहायता से D.C. व A.C. दोनों ही वोल्टताओं का मापन किया जा सकता है। A.C. वोल्टता मापन में, जिस वोल्टता का मापन करना होता है उसे चित्र की भांति ऊर्ध्वाधर निवेश पर प्रयुक्त किया जाता है तथा प्रतिदीप्तिशील पर्दे पर निर्मित ग्राफ खानों की संख्या व नियन्त्रक के गुणक से वोल्ट प्रति खाने का मान ज्ञात कर दोनों के गुणनफल से A.C. वोल्टता का शीर्ष से शीर्ष का मान ज्ञात कर लिया जाता है अर्थात् अज्ञात वोल्टताग्राफ खानों की संख्या × वोल्ट प्रति खाना। तथा वक्र वोल्टता का R.M.S. मान इस शीर्ष से शीर्ष को $2\sqrt{2}$ से भाग करने पर प्राप्त होता है। ग्राफ के प्रति खाना वोल्टता के ज्ञात मान पर D.C. वोल्टता के मान की गणना ग्राफ व नियन्त्रक के गुणक के गुणा से की जा सकती है।

6.4.2. विद्युतधारा मापन (Current Measurement)

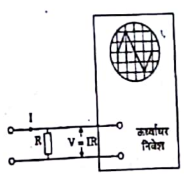
C.R.O. से D.C. व A.C. दोनों विद्युतधाराओं का मान भी ज्ञात किया जा सकता है। इसके लिए अज्ञात मान की विद्युतधारा I को एक ज्ञात मान के मानक प्रतिरोध R (1 Ω मापन) से गुजारा जाता है और इस प्रतिरोध पर के वोल्टतापात को लिया जाता है और अज्ञात विद्युतधारा का मान $I = V/R$ से प्राप्त हो जाता है। विद्युतधारा मान हेतु C.R.O. की परिपथ व्यवस्था चित्र 6.4 में प्रदर्शित है।

6.4.3. कलान्तर का मापन (Measurement of Phase Difference)

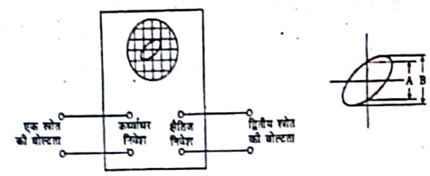
C.R.O. से दो स्रोत वोल्टताओं का कलान्तर भी ज्ञात किया जा सकता है। इसके लिए एक वोल्टता को ऊर्ध्वाधर निवेश (Vertical Input) पर तथा समान आयाम व आवृत्ति की द्वितीय वोल्टता को क्षैतिज निवेश (Horizontal Input) पर प्रयुक्त किया जाता है। इसे चित्र 6.5 में दर्शाया गया है। इस प्रकार प्रतिदीप्तिशील पर्दे पर एक इलिप्स आकृति की प्राप्ति होती है।



C.R.O. से वोल्टता मापन



C.R.O. से विद्युत धारा मापन

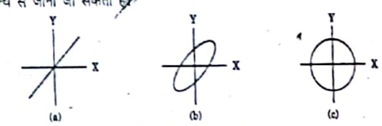


चित्र 6.5 : C.R.O. से कलान्तर का मापन

C.R.O. के पर्दे पर प्राप्त आकृति से A व B की लम्बाई ज्ञात कर कलान्तर ϕ का मान $\phi = \tan^{-1}(A/B)$ से प्राप्त किया जा सकता है।

6.4.4. आवृत्ति का मापन (Measurement of Frequency)

किसी अज्ञात वोल्टता स्रोत की आवृत्ति का मान C.R.O. से जानने के लिए अज्ञात आवृत्ति की यह वोल्टता ऊर्ध्वाधर निवेश पर तथा एक ज्ञात आवृत्ति की अन्य वोल्टता क्षैतिज निवेश पर प्रयुक्त की जाती है। चित्र 6.6 में दिखाया गया है। ज्ञात मानक आवृत्ति को व्यवस्थित कर C.R.O. के पर्दे पर कुछ विशिष्ट आवृत्तियाँ प्राप्त की जाती हैं जो Lirsajous Figure कहलाती है। इन आकृतियों की पाश संख्या (Number of loops) गिनकर ज्ञात मानक आवृत्ति f_x मान पर अज्ञात आवृत्ति f_y का मान निम्न सम्बन्ध से जाना जा सकता है।

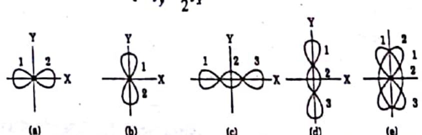


चित्र 6.6 : लिस्साजस चित्र जब $f_y = f_x$

$$\text{अज्ञात आवृत्ति } (f_y) = \frac{\text{ज्ञात मानक आवृत्ति } (f_x) \times \text{ ऊर्ध्वाधर पाशों की संख्या } (V_L)}{\text{क्षैतिज पाशों की संख्या } (H_L)} = (f_x)\left(\frac{V_L}{H_L}\right)$$

चित्र 6.7 (a) (b) (c) की भाँति क्रमशः सरल रेखा इलिप्स या वृत्त प्राप्त हो तो $H_L = 1$ व $V_L = 1$ अतः $f_y = f_x$.

चित्र (a) में $H_L = 2$ व $V_L = 1$ अतः $f_y = f_x/2$, चित्र (b) में $H_L = 1$ व $V_L = 2$ अतः $f_y = 2f_x$, इसी प्रकार चित्र (c) में $H_L = 3$ व $V_L = 1$ अतः $f_x/3$, चित्र (d) में $H_L = 1$ व $V_L = 3$ अतः $f_y = 3f_x$ यदि लिस्साजस आवृत्ति चित्र (e) की भाँति $H_L = 2$ व $V_L = 3$ की हो तो अज्ञात आवृत्ति $f_y = \frac{3}{2} f_x$ होगी।



दो पाश चित्र — तीन पाश चित्र — बहु पाश चित्र

Scanned by CamScanner

6.5. इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर्स (Electronic Multimeters)

विद्युत तथा इलेक्ट्रॉनिक परिपथों की वोल्टता, विद्युत धारा तथा प्रतिरोध के मापन हेतु सुग्राही व परिशुद्ध इलेक्ट्रॉनिक उपयन्त्र भी अब सामान्य उपयोग में है। इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर भी इस प्रकार का मापन उपयन्त्र है जिसकी सहायता से A.C. व D.C. वोल्टता, विद्युत धारा तथा प्रतिरोध का मापन इस एक ही मीटर द्वारा किया जा सकता है। इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर निम्न दो प्रारूपों में उपयोग में है।

6.5.1. एनालॉग मल्टीमीटर (Analog Multimeter)

यह इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर A.C. व D.C. वोल्टता, विद्युत धारा तथा प्रतिरोध का मापन करने में समर्थ होता है और इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर अथवा VOM कहलाता है।

(a) संरचना (Construction) : यद्यपि निर्माता की भिन्नता के साथ मीटर में इलेक्ट्रॉनिक परिपथ व्यवस्था में भिन्नता हो सकती है तथापि VOM मूलतः निम्न इकाइयों का संयुक्त इकाई रूप होता है।

(i) सन्तुलन सेतु दिष्टधारा प्रवर्धक (Balance Bridge D.C. Amplifier) तथा एनालॉग सूचक उपयन्त्र (Analog Indicating Meter) जो मीटर की मापन एवं सूचक व्यवस्था होती है।

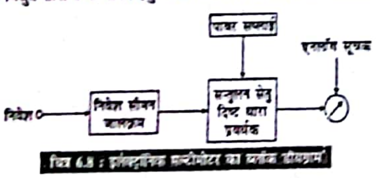
(ii) निवेश क्षीणकारी (I/P Attenuated) या परास स्विच (Range Switch) जिसकी सहायता से निवेश वोल्टता मान को अभीष्ट मान तक सीमित किया जा सके।

(iii) दिष्टकारी व्यवस्था (Rectifer Arrangement) जिसकी सहायता से प्रत्यावर्ती निवेश वोल्टता (A/C I/P Voltage) को समानुपातीय दिष्टधारा मान के रूप में प्राप्त किया जा सके।

(iv) आन्तरिक बैटरी तथा प्रतिरोध परास निर्धारण परिपथ जो मीटर को प्रतिरोध मापन योग्य बनाता है।

(v) फंक्शन स्विच व्यवस्था जो मीटर को विभिन्न विद्युत राशियों के मापन हेतु व्यवस्थित करने के लिए एक सेलैक्टर स्विच व्यवस्था होती है।

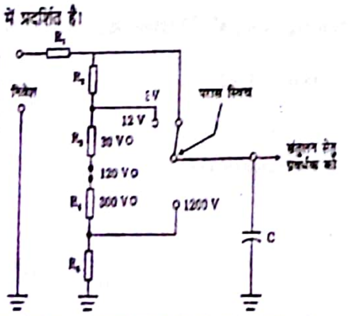
(vi) पावर सप्लाई जो मीटर के प्रचालन के लिए विद्युत स्रोत व्यवस्था होती है। A.C. प्रचालन हेतु सामान्यतः इसके लिए उसके अन्दर ही निर्मित पावर सप्लाई परिपथ व्यवस्था तथा सुवाह्य मीटर हेतु बैटरी उपयोग में लाई जाती है।



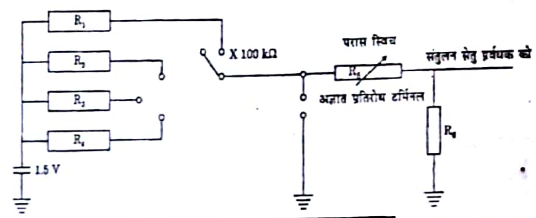
चित्र 6.8 : इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर का ब्लॉक डायग्राम

इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर का Block डायग्राम चित्र 6.8 में प्रदर्शित है।

मूलतः यह मीटर एक वोल्टतामापी होता है जिसकी सहायता से वोल्टता, विद्युतधारा तथा प्रतिरोध तीनों का ही मापन किया जाता है। विद्युत धारा तथा प्रतिरोध के मापन हेतु भी उन्हें समानुपाती D.C. वोल्टता में रूपान्तरित कर मापा जाता है। मीटर में बहु परास व्यवस्था होती है जिसके लिए वोल्टता तथा प्रतिरोध हेतु अलग-अलग निवेश सीमन जालक्रम व्यवस्था होती है जैसा क्रमशः चित्र 6.9 (a) व (b) में दिखाया गया है।

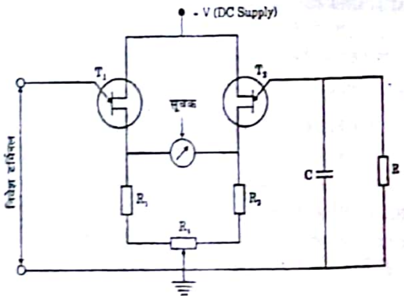


चित्र 6.9 (a) : [illegible]



चित्र 6.9 (b) : प्रतिरोध परास निर्धारण परिपथ

इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर हेतु मापन व्यवस्था के लिए सन्तुलन सेतु दिष्टधारा प्रवर्धक तथा मापी जाने वाली राशि को सूचित करने हेतु एक सूचक उपयन्त्र होता है। सन्तुलन सेतु दिष्टधारा प्रवर्धक की परिपथ व्यवस्था फील्ड इफैक्ट Transistor (FET) युक्त भी हो सकती है तथा सामान्य बाईपोलर Junction ट्रांजिस्टर (BJT) युक्त भी हो सकती है। इस प्रकार की FET को चित्र 6.10 में दिखाया गया है।



चित्र 6.10 : सूचक उपयंत्र सन्तुलन सेतु D.C. प्रवर्धक

उस स्थिति में जब परिपथ पर निवेश शून्य होता है तो वह सेतु सन्तुलित स्थिति में होना चाहिए, अतः सूचक उपयन्त्र का पाठ्यांक शून्य होना चाहिए जिसे शून्य व्यवस्थापक प्रतिरोध R_4 द्वारा व्यवस्थित किया जा सकता है। विद्युत राशि के मापन हेतु जब अज्ञात राशि के समतुल्य वोल्टता की धन ध्रुवीयता निवेश ट्रांजिस्टर T_1 के गेट पर निवेशित की जाती है तो परिपथ असन्तुलित हो जाता है और निवेश राशि के समतुल्य इस असन्तुलन वोल्टता को सूचक उपयन्त्र उक्त राशि के पदों में अंशांकित स्केल पर सूचित कर लेता है।

(b) प्रचालन (Operation) : निर्माता की भिन्नता के साथ मीटर के प्रचालन में भी भिन्नता हो सकती है, अतः प्रत्येक मीटर के साथ उसका प्रचालन मैनुवल भी उपलब्ध कराया जाता है जिससे मीटर के प्रारूप के अनुसार उसका प्रचालन जाना जा सकता है तथापि कुछ उभयनिष्ठ प्रचालन व्यवस्थाएँ निम्न प्रकार होती है–

1. शून्य समायोजन (Zero Adjustment) : मापन उपयन्त्र की शून्य व्यवस्था हेतु प्रतिरोध R_4 का शून्य व्यवस्थापक एक घुण्डी के रूप में मीटर के डायल पर स्थित होता है। मीटर को उपयोग में लाने पर इसकी सहायता से शून्य स्थिति व्यवस्थित की जाती है।

2. फंक्शन स्विच प्रचालन (Function Switch Operation) : मल्टीमीटर को मापी जाने वाली राशि के अनुरूप व्यवस्थित करने के लिए एक सलैक्टर स्विच व्यवस्था होती है जिसकी सहायता से V_{AC}, V_{DC} विद्युत धारा (A), प्रतिरोध (Ω) आदि के लिए मीटर को सैट किया जाता है। मीटर की यही सलैक्टर स्विच व्यवस्था फंक्शन स्विच होता है।

3. परास स्विच प्रचालन (Range Switch Operation) : मल्टीमीटर में मापी जाने वाली राशियों के मापन की बहु परास (Multi range) व्यवस्था होती है जिसके लिए अलग-अलग राशियों का अलग-अलग परास Switch होता है जिसकी सहायता से उपयुक्त परास का चयन किया जाता है।

(c) मापन (Measurement) : मल्टीमीटर को फंक्शन की सहायता से मापी जाने वाली राशि के अनुसार व्यवस्थित

Scanned by CamScanner

मीटर के निवेश टर्मिनल पर निवेश राशि को निवेशित कर, सूचक उपयन्त्र की उपयुक्त स्केल पर मापी जाने वाली राशि का पाठ्यांक प्राप्त कर लिया जाता है।

अच्छाइयाँ (Advantages) : इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर के अपेक्षाकृत लाभ निम्न प्रकार हैं–

(i) उच्च प्रभावी प्रतिरोध तथा वोल्टता मापन व्यवस्था होने के कारण मापन परिपथ की विद्युत धारा का मान नगण्य होता है तथा भारण प्रभाव नहीं होता है।

(ii) मापन परास अधिक होता है।

(iii) प्रवर्धन गुण के कारण उपयन्त्र की सुग्राहकता उत्तम होती है।

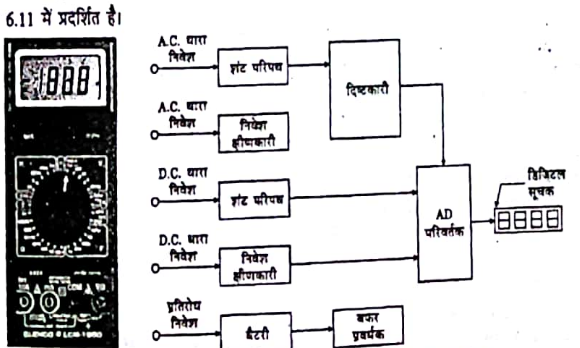
(iv) मीटर में तापक्रम के परिवर्तन का प्रभाव नगण्य होता है।

6.5.2. डिजिटल मल्टीमीटर (Digital Multimeter)

अंक सूचक प्रणाली (Digital display system) के प्रादुर्भाव के साथ ही अब ऐसी मापन इकाइयाँ उपलब्ध होने लगी हैं जिनमें पाठ्यांक की सूचना संकेतक-स्केल व्यवस्था के बजाय अंक प्रणाली द्वारा प्रस्तुत की जाती है। इस प्रकार के मापन उपयन्त्र डिजिटल मीटर कहलाते हैं जिनमें अंक प्रणाली हेतु LED (Light Emitting Diodes) अथवा LCD (Liquid Crystal Display) का उपयोग किया जाता है।

अब बाजार में मल्टीमीटर भी डिजिटल रूप में उपलब्ध है और डिजिटल मल्टीमीटर कहलाते हैं, डिजिटल मल्टीमीटर का Block चित्र में प्रदर्शित है। इनकी सहायता से सामान्य मल्टीमीटर की ही भाँति A.C. व D.C. वोल्टताएँ A.C. व D.C. विद्युत धारा तथा प्रतिरोध का मापन किया जा सकता है। एनालॉग की ही भाँति इस मीटर में भी शून्य समायोजन फंक्शन स्विच व परास की व्यवस्था होती है। परन्तु मीटर में पाठ्यांक की सूचना हेतु संकेतक स्केल व्यवस्था न होकर एक प्रदीप्त अंक व्यवस्था होती है जिसका पाठ्यांक की अज्ञात राशि का मान होता है।

इन मापन उपयन्त्रों में अंकित रूप में पाठ्यांक प्राप्त करने के लिए सतत् एनालॉग राशियों को डिजिटल रूप देने की आवश्यकता होती है जिसके लिए एनालॉग से डिजिटल परिवर्तन इकाइयाँ उपयोग में लाई जाती हैं। इन्टीग्रेड सरकेट इकाईयाँ उपयोग में लाई जाती हैं। मीटरों के साथ उनके प्रचालन मैनुअल भी उपलब्ध होते हैं जिनसे उनका प्रचालन जाना जाता है। मूलत: इन मीटरों की संरचना व प्रचालन एनालॉग मीटर की भाँति ही होता है। परन्तु यहाँ मापन व्यवस्था अंक प्रारूपी में होती है, जिनके लिए एनालॉग संकेत को Digital रूप देने के लिए कोई उपयुक्त एनालॉग से डिजिटल परिवर्तक व्यवस्था होती है जिसका होना अंक प्रणाली पाठ्यांक की सूचना सीधे अंकों में सूचित करती है। इस प्रकार के मल्टीमीटर का ब्लॉक चित्र 6.11 में प्रदर्शित है।



(a) डिजिटल मल्टीमीटर का बाह्य दर्शन (b) डिजिटल मल्टीमीटर का ब्लॉक डायग्राम

अच्छाइयाँ (Advantages) : इस प्रकार के मापन उपयन्त्र की निम्न अच्छाइयाँ होती हैं–

(i) इससे पाठ्यांक लेने में अनुमान द्वारा होने वाली त्रुटियाँ नहीं होती हैं।

(ii) समान्तरण त्रुटि (Parallax error) नहीं होती है।

(iii) पाठ्यांक लेने की गति बढ़ जाती है।

(iv) अंक प्रणाली में प्राप्त पाठ्यांक को रिकार्डिंग एवं अग्रिम क्रियाओं हेतु सीधा उपयोग में लाया जा सकता है।

(v) एनालॉग मल्टीमीटर के सभी गुण भी इस मीटर में उपलब्ध होते हैं।

6.6. निर्वात ट्यूब वोल्टमीटर (Vacuum Tube Voltmeter or VTVM)

हम जानते हैं कि किसी वाल्व दिष्टकारी में निर्गत दिष्टधारा उस पर लगाए गए प्रत्यावर्ती निवेश वोल्टेज के समानुपाती होती है। इसी सिद्धान्त पर आधारित वाल्व वोल्टमीटर सैकड़ों मैगा साइकिल प्रति सेकेण्ड आवृत्ति के प्रत्यावर्ती वोल्टेज को नापने के लिए प्रयुक्त किए जाते हैं। प्रत्यावर्ती वोल्टेज का दिष्टकरण करने का यह लाभ होता है कि इसे मापने के लिए D.C. चल कुण्डली वोल्टमीटर प्रयुक्त किये जा सकते हैं जोकि A.C. यंत्रों की अपेक्षा अधिक सुग्राही तथा सस्ते होते हैं। साथ ही V.T.V.M. द्वारा वोल्टेज नापने का सबसे प्रमुख यह लाभ है कि ये विचाराधीन प्रायोगिक परिपथ से बहुत ही क्षीण धारा लेती है। इस युक्ति में जिस वोल्टेज को नापना होता है उसे सीधा वोल्टमीटर में न लगाकर निर्वात नलिका के ग्रिड पर लगा देते हैं क्योंकि ग्रिड अपने कार्य कारण में कोई धारा नहीं लेती है और परिणामस्वरूप प्रायोगिक वोल्टेज Source से कोई धारा नहीं ली जाती है। V.T.V.M. में नलिका के द्वारा उत्पन्न प्रवर्धक के कारण सुग्राहिता भी बढ़ जाती है। व्यवहार में निर्वात ट्यूब वोल्टमीटर (V.T.V.M.) सर्किट निम्न वर्गों में विभाजित किए जाते सकते हैं–

(1) डायोड टाइप
(2) एकल ट्रायोड टाइप
(3) सन्तुलित ट्रायोड टाइप
(4) दिष्टकारी प्रवर्धक टाइप (Rectifier Amplifier Type)
(5) प्रवर्धक दिष्टकारी टाइप (Amplifier Rectifier Type)

6.6.1. ट्रायोड निर्वात नलिका वोल्टमीटर (Triode Vacuum Tube Voltmeter)

इस वोल्टमीटर की डायोड नलिका वोल्टमीटर की श्रेष्ठता का कारण इसका अनन्त निवेश प्रतिरोध तथा उच्च सुग्राहिता होती है। डायोड वाल्व वोल्टमीटर की ही तरह ट्रायोड वाल्व वोल्टमीटर भी आवश्यक रूप में संसूचक होता है क्योंकि ट्रायोड संसूचक अनेक प्रकार के (प्लेट संसूचक, ग्रिड संसूचक, रेखीय संसूचक आदि) होते है। अत: ट्रायोड वाल्व निर्वात वोल्टमीटर भी कई प्रकार के होते है। ट्रायोड निर्वात ट्यूब वोल्टमीटर के डायोड वोल्टमीटर की तुलना में निम्न गुण हैं–

(i) ट्रायोड पर I/P Grid के द्वारा लगाया जाता है जिससे ट्रायोड circuit की निवेश प्रतिबाधा काफी उच्च होती है।

(ii) ट्रायोड के प्रचालन के लिए आवश्यक पावर मापे जाने वाले सर्किट से नहीं ली जाती है, परन्तु यह एक द्वितीय स्रोत से ली जाती है।

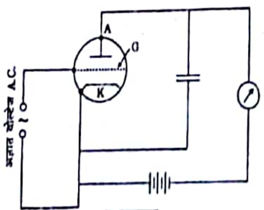
(iii) ट्रायोड एक प्रवर्धक की तरह कार्य करता है। अत: ट्रायोड के आन्तरिक गुणों से निम्न लेवल सिग्नल का प्रवर्धन करके मापन किया जा सकता है।

6.6.2. प्लेट संसूचक निर्वात नलिका वोल्टमीटर (Plate Detection Vacuum Tube Voltmeter)

ट्रायोड वोल्टमीटर की डायोड वोल्टमीटर से श्रेष्ठता का कारण इसका अनन्त निवेश प्रतिरोध तथा उच्च सुग्राहिता होती है। डायोड वाल्व वोल्टता की ही तरह ट्रायोड वाल्व वोल्टमीटर भी आवश्यक रूप से संसूचक होता है क्योंकि ट्रायोड संसूचक अनेक प्रकार का होता है। अत: ट्रायोड वाल्व निर्वात वोल्टमीटर भी कई प्रकार के होते हैं। यहाँ हम प्लेट संसूचक

Scanned by CamScanner

हम देख चुके हैं कि निर्वात नलिका वोल्टमीटर ट्रायोड के इस तथ्य पर निर्भर करता है कि जब ग्रिड पर आरोपित अज्ञात वोल्टेज धनात्मक आधे चक्र में धारा में जो परिवर्तन करता है वह आधे ऋणात्मक चक्र में धारा में कमी वाले परिवर्तनों से बहुत अधिक होते है जबकि नलिका को पारस्परिक अभिलक्षण के वक्र भाग पर प्रचालित किया जाता है। इसके परिणामस्वरूप प्लेट धारा में नेट वृद्धि होती है तथा यही प्लेट वृद्धि ग्रिड पर आरोपित अज्ञात वोल्टेज का मापन कर सकती है। इस प्रकार के वोल्टमीटर शिखर, अर्द्ध तरंग या पूर्ण तरंग प्रकार के होते है। ये तीनों प्रकार के होते हैं जबकि प्रचालित ग्रिड बायस Cut Off Voltage से क्रमशः अधिक, उसके बराबर या उससे कम होती है।



चित्र 6.12

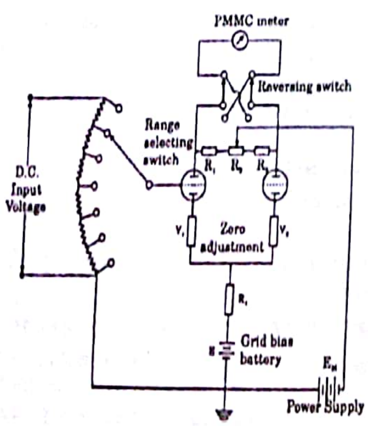
इस प्रकार के VTVM को चित्र 6.12 दिखाया गया है।

अर्द्ध तरंग तथा पूर्ण तरंग टाइप VTVM में प्लेट धारा, ग्रिड पर लगाए गए आरोपित अज्ञात वोल्टेज, वोल्टेज के वर्ग के समानुपाती होती है।

पूर्ण तरंग टाइप VTVM में ग्रिड पर आरोपित अज्ञात वोल्टेज के धनात्मक आधा चक्र तथा ऋणात्मक आधा चक्र दोनों ही पाठ्यांक में योगदान करते है। प्लेट धारा में वृद्धि इनपुट वोल्टेज के V_{rms} के समानुपाती होती है तथा यह तरंग रूप पर निर्भर करती है। शिखर प्लेट दिष्टकरण वोल्टमीटर में VTVM का पाठ्यांक इनपुट प्रत्यावर्ती voltage के शिखर मान के समानुपाती होता है।

6.6.3. सन्तुलित ब्रिज ट्रायोड निर्वात नलिका वोल्टमीटर
(Balanced Bridge Triode Vacuum Tube Voltmeter)

सन्तुलित ब्रिज ट्रायोड निर्वात वोल्टमीटर एक लोकप्रिय टाइप का मीटर होता है। इस यन्त्र में एकल ट्रायोड वोल्टमीटर के कुछ दोषों को दूर कर दिया जाता है। इस यन्त्र से A.C. व D.C. दोनों प्रकार के वोल्टेज नापे जा सकते हैं तथा एक अतिरिक्त सर्किट के लगाने पर इसके द्वारा प्रतिरोध भी नापा जा सकता है। अतः यह प्रयोगशाला में आमतौर पर प्रयुक्त किया जाता है।



चित्र 6.13 के अनुसार इसमें दो इसके समान ट्रायोड V_1 व V_2 होते है जिन्हें एक ही बर्तन में लगाया जा सकता है। R_1, R_2, R_3 प्रतिरोध वाले नेटवर्क के द्वारा दोनों ट्रायोड पर प्लेज वोल्टेज लगाया जाता है। प्रतिरोध R_2 परिवर्तनीय होता है। इसके मान का उपयुक्त समंजन करके दोनों ट्रायोड पर वोल्टेज समान किए जा सकते हैं। इस अवस्था में दोनों प्लेटों के बीच कोई विभवान्तर न होने पर उसके बीच जुड़े चल कुण्डल मिली ऐमीटर का पाठ्यांक शून्य होता है। अतः प्रतिरोध R_2 यन्त्र के शून्य पाठ को समजित करने की युक्ति होती है।

बायस बैटरी E दोनों ट्रायोडो के कैथोडो पर धनात्मक बायस बनाए रखती है। ट्रायोडों के कैथोडों पर धनात्मक बायस का अर्थ उनकी ग्रिड पर ऋणात्मक बायस बनाने के समतुल्य होता है। एक डी०सी० इनपुट वोल्टेज लगाने पर वाल्व V_1 की ग्रिड पर धनात्मक वोल्टेज लगता है तथा इस वाल्व मे प्रवाहित धारा बढ़ती है जिससे प्लेट वोल्टेज घट जाता है। यही धारा V_1 व V_2 में उभयनिष्ठ प्रतिरोध R_4 मे भी बहती है। R_4 में धारा वृद्धि होने पर इसके अनुदिश वोल्टेज पात बढ़ता है तथा V_2 ट्रायोड का कैथोड अधिक धनात्मक हो जाता है। इससे V_2 की ऋणात्मक ग्रिड बायस बढ़ जाती है तथा V_2 की प्लेट धारा घटने पर उसका प्लेट वोल्टेज बढ़ता है अर्थात् प्लेट अधिक धनात्मक हो जाती है।

अब दोनों ट्रायोडों की प्लेट एक ही विभव पर नहीं रहती जिससे मिली ऐमीटर मे धारा प्रवाहित होने लगती है। मीटर में प्रवाहित धारा इनपुट D.C. वोल्टेज के समानुपाती होती है तथा चल कुण्डली मिली ऐमीटर को केलीब्रेट करके सीधा इनपुट वोल्टेज नापा ज सकता है।

जब वाल्व V_1 की ग्रिड पर ऋणात्मक वोल्टेज लगतो है तो विपरीत क्रिया होती है तथा दोनों वाल्वो की प्लेटों के बीच विभवान्तर विपरीत दिशा मे होता है। इसी के अनुसार एक उत्क्रमण स्विच के द्वारा मीटर को उत्क्रमित किया जाता है। इस प्रकार इनपुट वोल्टेज की ध्रुवता पर निर्भर न करते हुए मीटर का पाठयांक ज्ञात किया जाता है। इस तन्त्र के साथ एक विभव विभाजक तथा रेंज सेलेक्टर स्विच लगाकर यन्त्र की रेंज को बदला जा सकता है। A.C. वोल्टेज को नापने के लिए उसका पहले दिष्टकरण किया जाता है तथा प्राप्त D.C. वोल्टेज को इनपुट Terminals के बीच लगा दिया जाता है।

गुण (Merits)—सन्तुलित ब्रिज ट्रायोडो, वोल्टमीटर निर्वात ट्रायोडो को वोल्टमीटर से निम्न प्रकार अच्छा माना जाता है–

(i) इन यन्त्रों मे नलिका के अभिलक्षणों में परिवर्तनों के प्रभाव को कम से कम कर दिया जाता है।

(ii) पावर सप्लाई में परिवर्तन का मापक सर्किट पर कम प्रभाव पड़ता है।

(iii) मीटर के प्रचालन के दौरान मीटर शून्य के विस्थापन की प्रवृत्ति कम होती है।

प्रश्नवली

1. इलेक्ट्रॉनिक मापन यन्त्रों के महत्व को समझाइए।
2. V.T.V.M. से क्या तात्पर्य है? इसके अन्तर्गत और कितने प्रकार के वोल्टमापी आते है?
3. ट्रायोड से वोल्टेज मापन किस प्रकार किया जाता है? साधारण वोल्मीटर की तुलना मे इसके लाभ बताइए।
4. प्रत्यावर्ती धारा का वोल्टेज मापन का V.T.V.M. द्वारा कैसे मापन किया जाता है?
5. V.T.V.M. में वोल्टेज मापन मे कौन-सा मीटर प्रयुक्त होता है?
6. कैथोड किरण दोलनलेखी की संरचना चित्र का वर्णन कीजिए।
7. C.R.O. की कैथोड किरण ट्यूब (C.R.T.) की संरचना का सचित्र विवरण दीजिए।
8. C.R.O. का ब्लॉक डायग्राम बनाइए तथा उसे समझाइए।
9. C.R.O. के विभिन्न नियन्त्रणों का उल्लेख करते हुए C.R.O. में उनकी उपयोगिता क्रमशः बताइए।
10. C.R.O. के विभिन्न उपयोगों का विवरण दीजिए।
11. C.R.O. की सहायता से वोल्टेज व विद्युतधारा मापन समझाइए।
12. C.R.O. की सहायता से कलान्तर तथा आवृत्ति का मापन किस प्रकार किया जाता है? समझाइए।

Scanned by CamScanner

13. इलेक्ट्रॉनिकी मल्टीमीटर क्या होता है? इसका उपयोग किन-किन राशियों के मापन हेतु किया जाता है?
14. एनालॉग व डिजिटल मल्टीमीटरों में अन्तर स्पष्ट कीजिए।
15. ब्लॉक डायाग्राम की सहायता से इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर की संरचना एवं कार्यविधि समझाइए।
16. इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर की सन्तुलन सेतु दिष्टधारा प्रवर्धक संरचना का परिपथ चित्र समझाइए।
17. इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर में बहु-परास वोल्टता मापन तथा बहु-परास प्रतिरोध मापन व्यवस्था का सचित्र वर्णन कीजिए।
18. इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर के उपयोग बताइए तथा प्रतिरोध मापने हेतु उसके प्रचालन का वर्णन कीजिए।
19. सामान्य मल्टीमीटर व इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर मे अन्तर बताइए तथा इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर की अपेक्षाकृत अच्छाइयाँ बताइए।
20. डिजिटल मल्टीमीटर क्या है? इसके क्या-क्या उपयोग होते है? अन्य मल्टीमीटर की तुलना में इसकी अच्छाइयाँ बताइए।

7

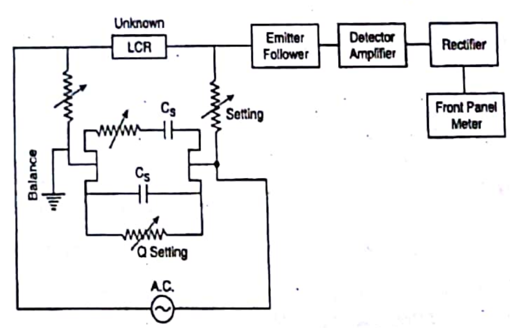
LCR मीटर (L.C.R. Meter)

7.1. L.C.R. मीटर का परिचय

LCR मीटर को एक मल्टीमीटर के रूप में समझा जा सकता है। ऐसा इसलिए क्योंकि यह आवश्यकता के अनुसार प्रतिरोध, प्रेरकत्व तथा धारिता को माप सकता है। इसलिए इसे LCR मीटर कहते हैं। इस मीटर में L प्रेरकत्व, C धारिता को तथा R प्रतिरोध को दर्शाता है।

LCR मीटर का महत्त्वपूर्ण घटक व्हीटस्टोन ब्रिज तथा *RC* अनुपात भुजा परिपथ है। जिस तत्त्व (element) का मान निकालना है, उसे ब्रिज की एक भुजा में जोड़ दिया जाता है। विभिन्न प्रकार के मापों के लिए अलग-अलग प्रावधान हैं। उदाहरण के लिए, यदि प्रतिरोध को मापना है तो व्हीटस्टोन ब्रिज के द्वारा मापा जाता है तथा अगर प्रेरकत्व या धारिता को मापना है तो मानक संधारित्र से तुलना करके, जोकि *RC* अनुपात भुजा परिपथ में लगा हुआ है, मापा जाता है।

नीचे दिखाया गया ब्लॉक आरेख स्पष्ट रूप से *LCR* मीटर के कनेक्शन आरेख को दर्शाता है। D.C. quantity को मापने के लिए ब्रिज परिपथ को डी० सी० वोल्टेज के साथ उत्तेजित किया जाता है तथा A.C. quantity को मापने के लिए ब्रिज परिपथ को A.C. वोल्टेज के साथ उत्तेजित किया जाता है।



चित्र 7.1 : Block diagram of LCR meter

A.C. उत्तेजना उत्पन्न करने के लिये परिपथ में oscillator का उपयोग किया जाता है। यह 1 KHZ की आवृत्ति उत्पन्न करता है।

LCR मीटर की कार्य प्रणाली—ब्रिज को पूरी तरह से संतुलित करने के लिये इसे शून्य स्थिति पर समायोजित किया जाता है। इसके अलावा ब्रिज के संतुलन के साथ-साथ मीटर की संवेदनशीलता को भी समायोजित किया जाना चाहिए। ब्रिज की आउटपुट को अनुवर्ती सर्किट (emitter follower circuit) पर लगाया जाता है। Emitter follower परिपथ को आउटपुट के डिटेक्टर एम्प्लीफायर पर लगाया जाता है।

डिटेक्टर एम्प्लीफायर के महत्व को इस तथ्य से समझा जा सकता है कि अगर मापित सिग्नल परिमाण में कम है, तब यह PMMC मीटर के सूचक को घुमाने में असमर्थ है।

इस प्रकार स्थायी संकेत प्राप्त करने के लिये इसे एक उच्च परिमाण मापने के संकेत की आवश्यकता होती है। लेकिन अक्सर यह देखा जाता है कि मापन प्रक्रिया में देरी के कारण मापित सिग्नल का परिमाण कम हो जाता है जिसका कारण क्षणित कारक (attenuation factor) होता है। इस समस्या को दूर करने के लिए एम्प्लीफायर का उपयोग किया जाता है।

ए० सी० सिग्नल को डी० सी० सिग्नल में बदलने के लिए रेक्टिफायर का उपयोग किया जाता है। जब ब्रिज को A.C. द्वारा उत्तेजित किया जाता है तो ब्रिज के आउटपुट एण्ड (end) पर ए० सी० सिग्नल को डी० सी० सिग्नल में परिवर्तित करने की आवश्यकता होती है।

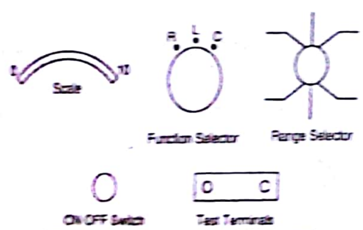
LCR मीटर का फ्रंट पैनल

जिस तत्त्व (element) को माप जाना है, उसे LCR मीटर के परीक्षण टर्मिनलों पर लगाया जाता है, जिसके बाद तत्त्व (element) के प्रकार के अनुसार माप किया जाता है। LCR मीटर को समझने के लिये फ्रंट पैनल पर उपलब्ध नियन्त्रणों को समझने की आवश्यकता है।

1. On/Off Switch : LCR मीटर को चालू या बंद करने के लिये ON/OFF स्विच का उपयोग किया जाता है। जब स्विच को ON स्थिति पर रखा जाता है तो मुख्य सप्लाई LCR मीटर से जुड़ी रहती है, इसके बाद 15 मिनट के लिये मीटर को छोड़ना महत्त्वपूर्ण है ताकि यह रीडिंग लेने के लिए तैयार हो जाये तथा LCR मीटर ऑन है यह दिखाने के लिये फ्रंट पैनल पर संकेतक जलने लगता है।

2. Test terminals : फ्रंट पैनल पर दो बिन्दु टेस्ट टर्मिनल का कार्य करते हैं तथा जिस तत्त्व का मान ज्ञात करना होता है, उसे टेस्ट टर्मिनल के बीच में जोड़ा जाता है।

3. Function selector : Function selector का उपयोग तब किया जाता है जब हमें LCR मीटर से L, R तथा C के मान को मापना होता है। यदि हमें मीटर से प्रतिरोध को मापना है तो प्रतिरोध मोड को चुनना पड़ेगा, यदि हमें प्रेरकत्व को मापना है तो प्रेरकत्व मोड को चुनना होगा। इसी प्रकार C को मापने के लिए हमें धारिता मोड को चुनना पड़ेगा।



चित्र [illegible] : Controls [illegible] of LCR meter

4. Range selection : LCR मीटर के द्वारा L, C, R को मापने के लिये हमें रेंज चुननी पड़ेगी, अन्यथा गलत रीडिंग मिलेगी। जैसे कि यदि हमें प्रतिरोध का मापन मेगा ओम में मापना है तो रेंज सलेक्टर के द्वारा हमें मेगा ओम चुनना पड़ेगा।

सर्किट में गुणक का उपयोग करके उपयन्त्र की सीमा को बढ़ाया जा सकता है। गुणक एक उच्च परिशुद्ध प्रतिरोध होता है जोकि धातु फिल्म से बना होता है। इसके अलावा इसका तापमान स्थिर होना चाहिए।

5. Scale : LCR मीटर का पैमाना कैलिब्रेटेड होता है तथा यही पैमाना अन्तिम मापन को दर्शाता है। मापित मान को दिखाने के लिये इण्डीकेटर कैलिब्रेटेड पैमाने के अनुसार जलता है।

LCR मीटर के उपयोग—LCR मीटर के द्वारा हम L, C तथा R के मान को माप सकते हैं। जब भी हमें कोई मान को मापना है तो हमें उच्च रेंज चुननी चाहिए, क्योंकि हमें मापने वाले तत्त्व (element) का मान मालूम नहीं होता है। अगर उच्च रेंज पर शून्य दिखाता है तो हमें रेंज को कम करके मान को मापना चाहिए।

LCR मीटर की सुरक्षा—LCR मीटर के ब्रिज को उत्तेजित करते समय हमें सावधान रहना चाहिए। ऐसा इसलिये क्योंकि अगर अधिक वोल्टेज लग दी तो परिपथ जल सकता है। इस प्रकार LCR मीटर की सुरक्षा के लिए हम LCR मीटर के सर्किट के अंत में डायोड का उपयोग करके वोल्टेज को सीमित कर सकते हैं। यह डायोड LCR मीटर को अधिवोल्टता से बचायेगा।

LCR मीटर दो तरीके के होते हैं (Type of LCR meter)

1. Bench top (बैंच के ऊपर लगने वाले)
2. Handheld (हाथ में लेकर उपयोग करने वाले)

1. Bench top—इस प्रकार के मीटर को बैंच के ऊपर लगाकर फिक्स कर दिया जाता है। इनके अन्दर एक अलग से फीचर होता है जैसे कि Programmable Frequency Setting. इनकी यथार्थता (accuracy) अधिक होती है तथा इनके द्वारा D.C. bias current, voltage, sweep आदि को मापा जा सकता है। इनके द्वारा L, C तथा R को अंशांकित (calibrated) किया जाता है तथा इनको 100 Hz, 120 Hz, 1 KHz एवं 10 KHz आवृत्ति पर भी उपयोग किया जा सकता है।

2. Handheld—हाथ में लेकर उपयोग करने वाले LCR मीटर छोटे होते हैं तथा इनको एक जगह से दूसरी जगह ले जाया जा सकता है। ये हल्के तथा बैटरी से चलने वाले होते हैं। इनमें एक USB port होता है जिसके द्वारा डाटा को Laptop या P.C. पर भेजा जा सकता है। इनके द्वारा प्रेरकत्व तथा A.C. प्रतिरोध को मापा जाता है। इनके मापने की यथार्थता (Accuracy) 0.1% से 0.2% के बीच में होती है।

प्रश्नावली

1. LCR मीटर किस सिद्धान्त पर कार्य करता है।
2. LCR मीटर की कार्य प्रणाली समझाइये।
3. LCR मीटर को चित्र सहित समझाइये।
4. LCR मीटर के प्रकारों को बताइये।
5. LCR मीटर के फ्रन्ट पैनल को समझाइये।

Scanned by CamScanner

8

त्रिकला परिपथों में वैद्युत शक्ति का मापन

(Measurement of Power in 3-phase Circuit)

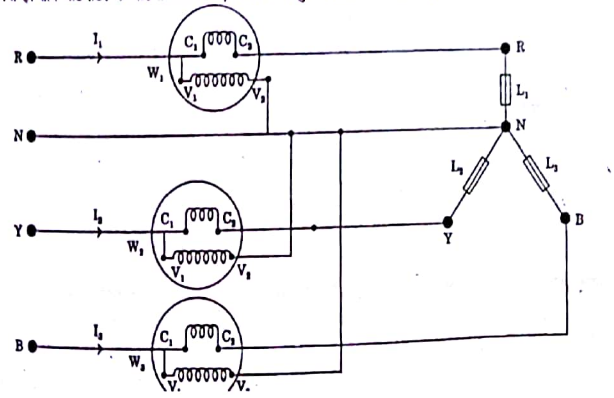
8.1. परिचय (Introduction)

त्रिकला परिपथों में शक्ति को मापने के लिए वाटमीटरों का प्रयोग किया जाता है। 3ϕ में शक्ति मापने की तीन विधियाँ है–

(1) तीन वाटमीटर विधि, (2) दो वाटमीटर विधि, (3) एक वाटमीटर विधि

8.1.1. तीन वाटमीटर विधि द्वारा शक्ति मापन (Three Wattmeter Method)

इस विधि में तीन वाटमीटर प्रयोग किए जाते हैं। इस विधि में प्रत्येक फेज में एक वाटमीटर को चित्र 5.4 में दिखाया गया है। तीन वाटमीटर के पाठ्यांकों का जोड़ परिपथों में कुछ शक्ति व्यय दर्शाता है।



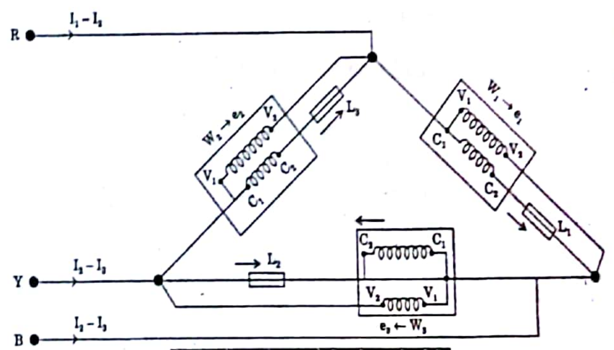
प्रत्येक वाटमीटर एक फेज की शक्ति पढ़ता है। प्रत्येक वाटमीटर की धारा कुण्डली में एक ही फेज की धारा प्रवाहित होती है तथा वोल्टता कुण्डली इसी फेज की फेज वोल्टता को मापती है। इस प्रकार प्रत्येक वाटमीटर एक ही फेज शक्ति को मापता है।

इस प्रकार तीनों वाटमीटरों के पाठ्यांकों का बीजगणितीय योग त्रिकला भार की कुल शक्ति को मापता है।

$$P = (W_1 + W_2 + W_3) \text{ वाट}$$

तीन वाटमीटर विधि केवल तीन फेज, चार तार प्रणाली में शक्ति मापन के लिए उपयोग होती है।

$$\cos\phi = \frac{P}{\sqrt{3}V_L I_L}$$



चित्र 8.2–डेल्टा संयोजन भार के लिए तीन वाटमीटर विधि

8.1.2. दो वाटमीटर विधि (Two Wattmeter Method)

यह विधि त्रिकलीय तीन तार प्रणाली में सन्तुलित तथा असन्तुलित, दोनों प्रकार के कार्यभारों की शक्ति मापने के लिए उपयोगी होती है। इस विधि से शक्ति मापने के लिए प्रत्येक वाटमीटर की धारा कुण्डलियाँ अलग-अलग दो लाइनों के श्रेणी क्रम में तथा वोल्टता कुण्डलियाँ क्रमश: उन्हीं लाइनों तथा तीसरी लाइन के बीच जोड़ी जाती हैं।

इस प्रकार जुड़े वाटमीटर, परिपथ की विद्युत शक्ति का मान, औसत मान (Average value) के रूप से मापते हैं।

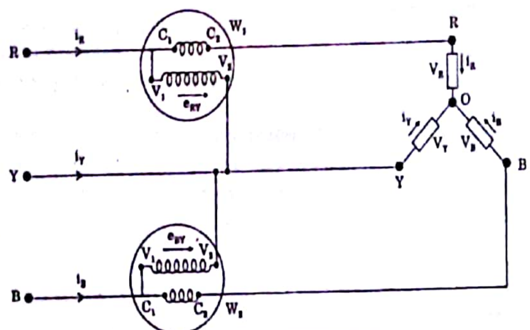
$$\text{कुल शक्ति } P = (W_1 + W_2) \text{ वाट}$$

त्रिकील परिपथ में शक्ति मापने के लिए यही विधि सामान्यत: उपयोग में लाई जाती है, क्योंकि इससे सन्तुलित तथा असन्तुलित दोनों ही परिपथों की शक्ति मापते है।

8.1.2.1. स्टार संयोजित भार में दो वाटमीटरों द्वारा वैद्युत शक्ति मापन

माना तीन भार L_1, L_2 तथा L_3 चित्र 5.6 के अनुसार जुड़े है। दोनों वाटमीटरों को धारा कुण्डलियों की किन्हीं दो लाइनों में जोड़ा जा सकता है। यहाँ धारा कुण्डलियों को R तथा B लाइन में जोड़ा गया है तथा वोल्टता कुण्डलियों को क्रमश: अपनी धारा कण्डली तथा तीसरी लाइन के साथ जोडा गया है।

Scanned by CamScanner



चित्र 8.3–स्टार संयोजित दो वाटमीटर विधि

माना वाटमीटर W_1 में तात्क्षणिक धारा $= i_R$

वाटमीटर W_1 में तात्क्षणिक वोल्टता $= e_{RY} = (e_R - e_Y)$

∴ वाटमीटर W_1 द्वारा प्रदर्शित तात्क्षणिक शक्ति $= i_R (e_R - e_Y)$

इसी प्रकार वाटमीटर W_2 में तात्क्षणिक धारा $= i_B$

वाटमीटर W_2 में तात्क्षणिक वोल्टता $= e_{BY} = (e_B - e_Y)$

वाटमीटर W_2 द्वारा प्रदर्शित तात्क्षणिक शक्ति $= i_B (e_B - e_Y)$

अत: कुल शक्ति $= W_1 + W_2$

$$= i_R (e_R - e_Y) + i_B (e_B - e_Y)$$

$$= i_R e_R - (i_R + i_B) e_Y + i_B e_B$$

किरचॉफ के प्रथम नियमानुसार प्रदर्शित चित्र में बिन्दु O पर

$$i_R + i_Y + i_B = 0$$

⇒ $$i_Y = -(i_R + i_B)$$

अत: कुल शक्ति $$P = i_R \cdot e_R + i_Y \cdot e_Y + i_B \cdot e_B$$

$$= p_R + p_Y + p_B$$

$$= 3\text{-}\phi \text{ शक्ति}$$

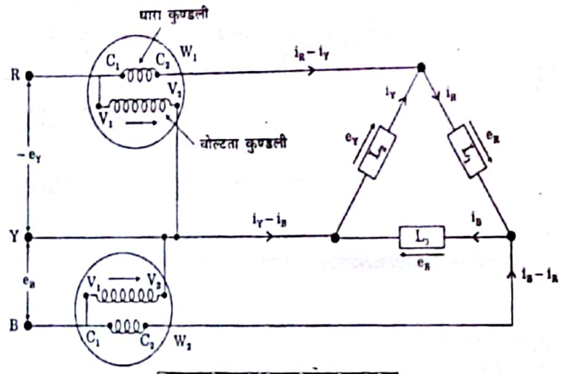
जहाँ पर p_1, L_1 मान द्वारा व्यय शक्ति,

p_2, भार L_2 द्वारा व्यय शक्ति

p_3, भार L_3 द्वारा व्यय शक्ति है।

8.2.2.2. डेल्टा संयोजित भार में दो वाटमीटरों द्वारा वैद्युत शक्ति मापन–

माना e_R, e_Y, e_B तथा i_R, i_Y, i_B क्रमश: तीनों फेजों की तात्क्षणिक वोल्टताएँ एवं विद्युत धाराएँ हैं जैसा कि चित्र 5.7 में दर्शाया गया है।



चित्र 8.3–डेल्टा संयोजित दो वाटमीटर विधि

वाटमीटर W_1 का तात्क्षणिक पाठ्यांक

$$W_1 = -e_Y (i_R - i_Y)$$

वाटमीटर W_2 का तात्क्षणिक पाठ्यांक

$$W_2 = e_B (i_B - i_R)$$

∴ दोनों वाटमीटरों के तात्क्षणिक पाठ्यांकों का योग

$$W_1 + W_2 = -e_Y (i_R - i_Y) + e_B (i_B - i_R)$$

$$= -e_Y \cdot i_R + e_Y \cdot i_Y + e_B \cdot i_B - e_B \cdot i_R$$

$$= -(e_Y + e_B) \cdot i_R + e_Y \cdot i_Y + e_B \cdot i_B$$

किरचॉफ के द्वितीय नियमानुसार

$$e_R + e_Y + e_B = 0$$

⇒ $$e_Y + e_B = -e_R$$

अत: $$W_1 + W_2 = e_R \cdot i_R + e_Y \cdot i_Y + e_B \cdot i_B$$

$$= p_R + p_Y + p_B$$

$$= 3\text{-}\phi \text{ शक्ति}$$

अर्थात्, दोनो वाटमीटरों के पाठ्यांकों का योग दोनों फेजों से संयोजित लोड के द्वारा व्यय की गई शक्ति के बराबर है।

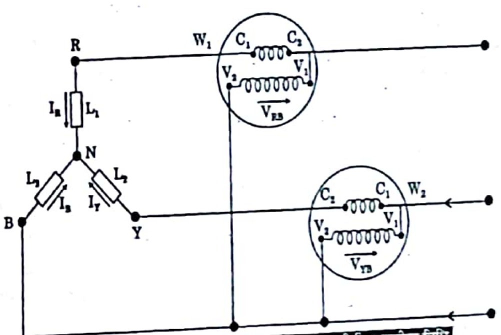
इस विधि के द्वारा हम सन्तुलित अथवा असन्तुलित दोनों प्रकार के भारों के लिए स्टार अथवा डेल्टा सम्बन्ध में शक्ति मापन कर सकते हैं।

Scanned by CamScanner

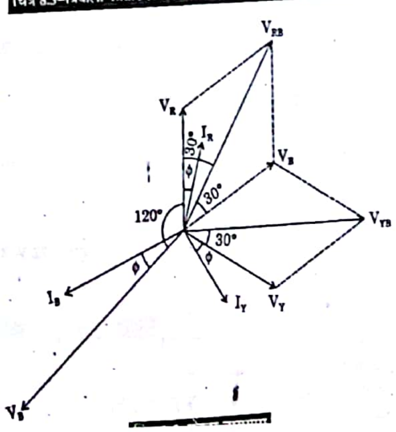
8.2.2.3. दो वाटमीटर विधि (सन्तुलित भार के लिए)

यदि भार सन्तुलित हो, तब भार का शक्ति गुणक दो वाटमीटर के पाठ्यांकों द्वारा ज्ञात किया जा सकता है। चित्र 5.8 में स्टार संयोजित भार दर्शाया गया है। इस प्रकार के सन्तुलित स्टार संयोजित भार के लिए सदिश आरेख दिखाया गया है। हम इस प्रमेय में तात्क्षणिक मानों के स्थान पर वर्ग-माध्य मूल मानों को लेंगे।

माना V_R, V_Y तथा V_B त्रिकलीय वोल्टता के वर्ग माध्य मूल मान (RMS values) हैं तथा I_R, I_Y तथा I_B धाराओं के वर्ग माध्य मूल मानों को लेंगे। चूँकि यह वोल्टताएँ तथा धाराएँ ज्यावक्रीय (Sinusoidal) मानी गई हैं, इसलिए इन्हें सदिशों द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है। प्रत्येक धारा, अपनी फेज वोल्टता से ϕ कोण पश्चगामी है।



चित्र 8.3–त्रिकला-त्रितार स्टार प्रणाली में शक्ति मापन की द्वि-वाटमीटर विधि



वाटमीटर W_1 से प्रवाहित धारा $= I_R$

W_1 की वोल्टता कुण्डली के आर-पार विभवान्तर (P.D.)

$$V_{RB} = V_R - V_B$$

इस प्रकार V_R तथा V_B को विपरीत दिशा में लेकर जोड़ने से V_{RB} प्राप्त करते हैं जैसा कि चित्र में प्रदर्शित है। V_{RB} तथा I_R में फेज अन्तर $= (30° - \phi)$ है।

वाटमीटर W_1 का पाठ्यांक $= I_R \cdot V_{RB} \cos(30° - \phi)$

वाटमीटर W_2 द्वारा प्रवाहित धारा $= I_Y$ तथा W_2 की वोल्टता कुण्डली के आर-पार विभवान्तर $= V_{YB} = V_Y - V_B$

पुन: V_Y तथा V_B को विपरीत दिशा में जोड़ने पर V_{YB} प्राप्त कर सकते हैं। V_{YB} तथा I_Y के मध्य फेज अन्तर $= (30° - \phi)$ है।

वाटमीटर W_2 पाठ्यांक $= I_Y \cdot V_{YB} \cdot \cos(30° + \phi)$, क्योंकि भार सन्तुलित है।

$$V_{RB} = V_{YB} = V_L = \text{लाइन वोल्टेज}$$

$$I_R = I_Y = I_L = \text{लाइन धारा}$$

$$W_1 = V_L I_L \cos(30° - \phi)$$

$$W_2 = V_L I_L \cos(30° + \phi)$$

$$W_1 + W_2 = V_L I_L \cos(30° - \phi) + V_L I_L \cos(30° + \phi)$$

$$= V_L I_L [\cos 30° \cdot \cos\phi - \sin 30° \cdot \sin\phi]$$

$$= V_L I_L [2 \cos 30° \cdot \cos\phi]$$

$$W_1 + W_2 = \sqrt{3} V_L I_L \cos\phi = \text{त्रिकला भार में कुल शक्ति}$$

इस प्रकार दो वाटमीटर का पाठ्यांक (दोनों का जोड़) 3ϕ भार का कुल शक्ति व्यय देता है। यहाँ यह ध्यान देने योग्य है कि ऊपर फेज अनुक्रम *RYB* मान गया है। यदि फेज अनुक्रम विपरीत हो जाए तो दोनों वाटमीटरों के पाठ्यांक भी बदल जायेंगे।

8.3. त्रिकलीय सन्तुलित परिपथों में शक्ति गुणक का परिकलन (Calculation of Power Factor in Balanced Three Phase Circuit)

यदि भार सन्तुलित हो तब पश्चगामी शक्ति गुणक को निम्न रूप में ज्ञात करते हैं–

$$W_1 + W_2 = V_L I_L \cos(30° - \phi) + V_L I_L \cos(30° + \phi)$$

$$= \sqrt{3} V_L I_L \cos\phi \qquad \text{...(i)}$$

$$W_1 - W_2 = V_L I_L \cos(30° - \phi) - V_L I_L \cos(30° + \phi)$$

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

$$W_1 - W_2 = V_L I_L \sin\phi \qquad \text{...(ii)}$$

समीकरण (ii) ÷ समीकरण (i)

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

Scanned by CamScanner

$$\frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2} = \frac{1}{\sqrt{3}}(\tan\phi)$$

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

अग्रगामी शक्ति गुणक के लिए यह समीकरण

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

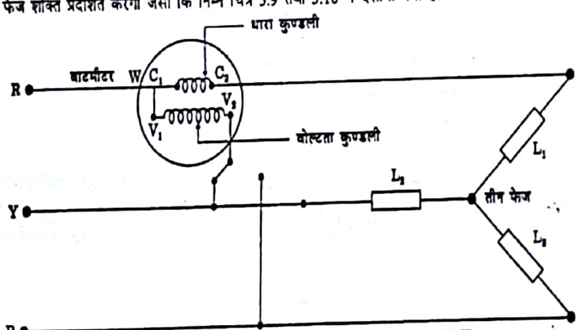
W_2 वाटमीटर का पाठ्यांक उसकी वोल्टता कुण्डली की दिशा विपरीत करने पर लिया जाए तो W_2 का पाठ्यांक होगा

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

$$\cos\phi = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2\theta}}$$

8.4. एक वाट मीटर विधि (One Wattmeter Method)

एक वाटमीटर द्वारा तीन फेज, चार तार प्रणाली के स्टार संयोजित सन्तुलित भार का शक्ति मापन किया जा सकता है। यदि किसी एक वाट की धारा कुण्डली को एक लाइन तथा न्यूट्रल बिंदु के मध्य चित्र के अनुसार जोड़ दें तब वाटमीटर प्रति फेज शक्ति प्रदर्शित करेगा जैसा कि निम्न चित्र 5.9 तथा 5.10 में दर्शाया गया है।



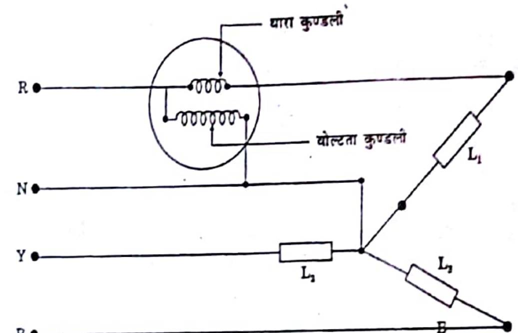
चित्र 8.4–त्रिकला-त्रितार स्टार प्रणाली के सन्तुलित भार में एक वाटमीटर

कुल शक्ति (तीनों फेजों में) = 3 × वाटमीटर का पाठ्यांक

यह विधि केवल सन्तुलित स्टार संयोजित, न्यूट्रल बिंदु सहित लोड के लिए ही उपयुक्त है।

यदि भार डेल्टा संयोजित, न्यूट्रल बिन्दु सहित लोड के लिये हो उपयुक्त नहीं होता तब भी एक वाटमीटर प्रति फेज शक्ति प्रदर्शित करेगा।

कुल शक्ति (तीनों फेजों में) = 3 × वाटमीटर का पाठ्यांक



चित्र 8.6–त्रिकला चार प्रणाली में सन्तुलित भार पर एक वाटमीटर की सहायता

यदि भार डेल्टा संयोजित है या स्टार संयोजित है लेकिन उसमें न्यूट्रल बिन्दु उपलब्ध नहीं है तब भी एक वाटमीटर द्वारा शक्ति मापन किया जा सकता है। लेकिन इसके लिए भी सन्तुलित भार आवश्यक है। इस विधि में वाटमीटर की धारा कुण्डली को एक लाइन तथा वोल्टता कुण्डली को उसी लाइन तथा क्रम से दूसरी शेष दोनों लाइनों में चित्र: के अनुसार जोड़ा जाता है। इस प्रकार प्राप्त दो पाठ्यांकों का योग कुल शक्ति को प्रदर्शित करेगा।

8.4. दो वाटमीटर विधि में वाटमीटर के पाठ्यांकों पर शक्ति गुणक परिवर्तन का प्रभाव (Effect of Variation of Power Factor on Wattmeter Readings in two Wattmeter Method)

पश्चगामी शक्ति गुणक से

$$W_1 = V_L I_L \cos(30° - \phi)$$
$$W_2 = V_L I_L \cos(30° + \phi)$$

उपरोक्त से स्पष्ट है कि वाटमीटरों के अपने पाठ्यांक केवल भार पर ही नहीं बल्कि शक्ति गुणक पर निर्भर करते हैं। निम्न स्थितियों की विवेचना करने पर–

(अ) जब $\phi = 0$, अथवा शक्ति गुणक इकाई है (अर्थात् प्रतिरोधी भार)

तब $\quad W_1 = W_2 = V_L I_L \cos 30°$

इस स्थिति में दोनों वाटमीटर समान तथा धनात्मक पाठ्यांक प्रदर्शित करेंगे अर्थात् up-scale reading

(ब) जब $\phi = 60°$ अर्थात् $P.f. = 0{\cdot}5$ (पश्चगामी)

$$W_2 = V_L I_L \cos(30° + 60°) = 0 \quad [\because \cos 90° = 0]$$

इस प्रकार शक्ति केवल वाटमीटर (W_1) द्वारा मापी जाएगी। वाटमीटर (W_2) शून्य पाठ्यांक देगा।

(स) जब $\phi < 90°$ (अर्थात् ϕ छोटा है 90° से)

$\phi > 60°$ (अर्थात् ϕ बड़ा है 60° से)

अर्थात् क्रमशः शक्ति गुणक > 0, > 0·5 से, तब भी वाटमीटर W_1 का पाठ्यांक धनात्मक होगा। लेकिन W_2 का पाठ्यांक प्रतिवर्ती (Reve:sed) या ऋणात्मक हो जाएगा क्योंकि धारा तथा वोल्टता के मध्य फेज कोण 90° से अधिक है।

Scanned by CamScanner

इस स्थिति में वाटमीटर W_2 ऋणात्मक या डाउन स्केल reading कहलाएगा। इस प्रकार W_2 का पाठ्यांक प्राप्त करने के लिए इस वाटमीटर की वोल्टता कुण्डली या धारा कुण्डली के संयोजन विपरीत करें।

(द) जब $\phi = 90°$ अर्थात् शुद्ध प्रेरकीय या शुद्ध संधारित्रीय वैद्युत भार की स्थिति में

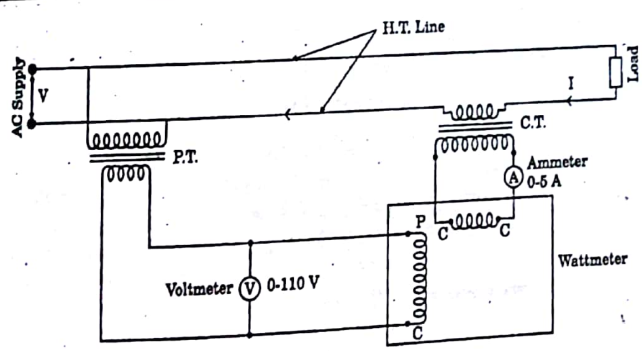
$$W_1 = V_L I_L \cos(30° - 90°) = V_L I_L \sin 30°$$
$$W_2 = V_L I_L \cos(30° + 90°) = -V_L I_L \sin 30°$$

इस स्थिति में दोनों वाटमीटर समान पाठ्यांक देंगे लेकिन दोनों विपरीत चिह्न अर्थात् एक धनात्मक तथा दूसरा ऋणात्मक पाठ्यांक देगा।

ϕ	0°	60°	90°
$\cos\phi$	1	0·5	0
W_1	+ve	+ve	0
W_2	+ve	0	+ve
	$(W_1 = W_2)$		(–ve)
[illegible]			$(W_1 = -W_2)$

अग्रगामी शक्ति गुणक के लिए इसका विपरीत होगा। इस स्थिति में W_1 ऋणात्मक पाठ्यांक देगा।

8.5. उपयन्त्र ट्रांसफार्मर की सहायता से शक्ति मापन (Measurement of Power Using Instrument Transformer)



चित्र 8.7

साधित उदाहरण

उदाहरण 8.1–एक त्रिकला तीन भार सन्तुलित भार प्रणाली में प्रयुक्त शक्ति को दो वाटमीटर विधि द्वारा नापा जाता है। यदि वाटमीटर के पाठ्यांक क्रमशः 4 kW तथा – 1 kW हों जिसमें बाद में लिया गया पाठ्यांक वाटमीटर ... निकालिए।

$$\tan\phi = \sqrt{3}\left[\frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2}\right]$$
$$= \sqrt{3}\left[\frac{4+1}{4-1}\right]$$
$$\tan\phi = 2{\cdot}887$$
$$\cos\phi = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\phi}} = \frac{1}{\sqrt{1+8{\cdot}34}}$$
$$\cos\phi = 0{\cdot}327$$

उदाहरण 8.2—दो वाटमीटर विधि से एक त्रिफेजी व तीन तार सन्तुलित लोड प्रणाली में प्रवाहित शक्ति को मापा गया है। एक वाटमीटर 5000 W तथा दूसरा 1000 W (टर्मिनलों को प्रतिवर्तित करने पर पढ़ता है) तब (अ) लोड का शक्ति गुणक क्या होगा? (ब) यदि शक्ति गुणक इकाई हो, तब दोनों वाटमीटरों का पाठ्यांक क्या होगा?

हल : (अ) दिया है $W_1 = 5000$ W, $W_2 = -1000$ W

$$\tan\phi = \sqrt{3}\left[\frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2}\right]$$
$$= \sqrt{3}\left[\frac{5000+1000}{5000-1000}\right]$$
$$= 2{\cdot}598$$
$$\phi = \tan^{-1}[2{\cdot}598] = 68{\cdot}95°$$
$$\cos\phi = 0{\cdot}3592$$

(ब) परिपथ की सम्पूर्ण शक्ति $= W_1 + W_2$

$$= 5000 - 1000 = 4000 \text{ W}$$

जब शक्ति गुणक इकाई है अर्थात् $\phi = 0$ है तब दोनों वाटमीटर के पाठ्यांक तुल्य होंगे। प्रत्येक वाटमीटर का पाठ्यांक $= \frac{4000}{2} = 2000$ W.

उदाहरण 8.3—एक 50 अश्व शक्ति, 400 V 3ϕ प्रेरण मोटर अपने पूर्ण लोड पर चल रही है। इसकी Input Power मापने के लिए दो वाटमीटर लगाए गए हैं जो क्रमशः 28 kW तथा 12 kW पाठ्यांक देते हैं। मोटर की दक्षता शक्ति गुणक तथा लाइन धारा ज्ञात कीजिए।

हल : मोटर की अश्व शक्ति $= 50 \times 735{\cdot}5$

$$= 36775 \text{ W}$$
$$W_1 = 28 \times 1000 = 28000 \text{ W}$$
$$W_2 = 12 \times 1000 = 12000 \text{ W}$$

$\cos\phi = ?$, $\eta = ?$ (दक्षता), धारा लाइन $I_L = ?$

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

$$= \sqrt{3}\left[\frac{28000-12000}{28000+12000}\right] = \sqrt{3}\left[\frac{16}{40}\right] = 0{\cdot}6928$$

$$\phi = \tan^{-1}[0{\cdot}6928] = 34{\cdot}7^\circ$$

$$\cos\phi = 0{\cdot}822$$

मोटर की O/P Power = 50 H.P.

$= 50 \times 735{\cdot}5 = 36775$ W

मोटर की निविष्ट Power (I/P) = 28000 + 12000

= 40,000 W

$$\text{मोटर की दक्षता} = \frac{\text{Output Power}}{\text{Input Power}}$$

$$\eta = \frac{36775}{40000}\times 100$$

$$\eta = 91{\cdot}94\,\%$$

मोटर की निविष्ट शक्ति $P = \sqrt{3}\, V_L\, I_L \cos\phi$

$$40000 = \sqrt{3}\times 440 \times I_L \times 0{\cdot}822$$

$$I_L = \frac{40000}{\sqrt{3}\times 440 \times 0{\cdot}822} = 63{\cdot}85 \text{ amp.}$$

उदाहरण 8.4—तीन प्रतिबाधें जिनमें प्रत्येक 6 Ω प्रतिरोध तथा 8 Ω प्रेरणिक प्रतिघात की है, डेल्टा में संयोजित है तथा इन्हें 200 V 50 Hz three phase सप्लाई से जोड़ा गया है। यदि लोड में प्रवाहित शक्ति को मापने के लिये दो 1-phase वाट मीटरों का प्रयोग किया जाये तब उनके पाठ्यांक क्या होगें तथा लोड द्वारा सम्पूर्ण शक्ति व्यय क्या होगी?

उत्तर—प्रतिरोध प्रतिफेज $R_{ph} = 6\Omega$ तथा प्रेरणिक प्रतिघात प्रतिफेज $X_{ph} = 8\Omega$

डेल्टा में सप्लाई वोल्टता = लाइन वोल्टता = फेज वोल्टता = 200 V

प्रतिबाधा प्रतिफेज $= Z_{ph} = \sqrt{R_{ph}^2 + X_{ph}^2}$

$$= \sqrt{(6^2 + 8^2)} = 10\Omega$$

फेज धारा $I_{ph} = \dfrac{V_{ph}}{Z_{ph}} = \dfrac{200}{10} = 20$ A

लोड में व्यय शक्ति $= 3I_{ph}^2 . R_{ph}$

$$= 3\times(20)^2\times 6$$

$$= 7200 \text{ W}$$

लोड का शक्ति गुणक $\cos\phi = \dfrac{R_{ph}}{Z_{ph}} = \dfrac{6}{10} = 0.6$

$$\phi = 53.1^\circ$$

$$\tan\phi = 1.33$$

तथा $W_1 + W_2 = 7200$ W

$$\tan\phi = \sqrt{3}\,\frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2}$$

$$1.33 = \sqrt{3}\,\frac{W_1 - W_2}{7200}$$

$$W_1 - W_2 = \frac{7200\times 1.33}{\sqrt{3}} = 5528.7 \text{ W}$$

$W_1 + W_2 = 7200\,W$ —(i)

$W_1 - W_2 = 5528.7\,W$ —(ii)

दोनों समीकरणों को जोड़ने पर

$$2W_1 = 12728.7 \quad \therefore \quad W_1 = \frac{12728.7}{2} = 6364.35 \text{ W}$$

$$W_2 = 7200 - W_1 = 7200 - 6364.35 = 835.65$$

अत: $W_1 = 6364.35$ W

$W_2 = 835.65$ W

उदाहरण 8.5—तीन कुण्डलियाँ, प्रत्येक का प्रतिरोध 6 Ω है तथा प्रेरणिक प्रतिघात 8 Ω है। डेल्टा में सम्बद्ध है तथा त्रिकला 400 V, 50 Hz प्रदाय से सम्बद्ध है। लाइन तथा फेज धारा तथा शक्ति व्यय की गणना कीजिये।

उत्तर—प्रतिरोध प्रतिफेज $R_{ph} = 6\,\Omega$

डेल्टा मे सप्लाइ प्रेरणिक प्रतिघात प्रतिफेज = 8 Ω वोल्टता = लाइन वोल्टता = फेज वोल्टता

= 400 V

प्रतिबाधा प्रति फेज $Z_{ph} = \sqrt{(R_{ph}^2 + X_{ph}^2)}$

$$= \sqrt{6^2 + 8^2} = 10\Omega$$

फेज धारा $I_{ph} = \dfrac{V_{ph}}{Z_{ph}} = \dfrac{400}{10} = 40$ A

लाइन धारा $I_L = \sqrt{3}\, I_{ph}$

$$= \sqrt{3}\times 40$$

$$= 69.28 \text{ A}$$

लोड़ में शक्ति व्यय $= 3I_{ph}^2 \times R_{ph}$

$$= 3\times(40)^2\times 6$$

$$= 28{,}800 \text{ W}$$

$$= 28.8 \text{ kW}$$

उदाहरण 8.6—शक्ति मापन की तीन ऐमीटर विधि में पाठ्यांक निम्न है–

(I) सप्लाई के श्रेणी में लगे ऐमीटर का पाठ्यांक = 5.6 A

(II) अप्रेरणिक प्रतिरोध में लगे ऐमीटर का पाठयांक = 4 A

Scanned by CamScanner

(iii) कोणिक भार में लगे ऐमीटर का पाठ्यांक = 2.5 A

यदि ज्ञात प्रतिरोध का मान 300 ohm हो तो भार द्वारा व्यय-शक्ति तथा शक्ति गुणक ज्ञात करो।

उत्तर—सप्लाई के श्रेणी में लगे ऐमीटर का पाठ्यांक

$$I_3 = 5.6\text{ A}$$

प्रेरणिक भार में लगे ऐमीटर का पाठ्यांक

$$I_1 = 2.5\text{ A}$$

कोणिक भार में लगे ऐमीटर का पाठ्यांक

$$I_2 = 4\text{ A} \quad \text{ज्ञात प्रतिरोध } (R) = 300\,\Omega$$

भार द्वारा व्यय शक्ति

$$P = \frac{R}{2}[I_3^2 - I_2^2 - I_1^2]$$

$$= \frac{300}{2}[(5.6)^2 - (4)^2 - (2.5)^2]$$

$$= 150[31.36 - 16 - 6.25]$$

$$= 150(9.11)$$

$$= 1366.5\text{ W}$$

शक्ति गुणक

$$\cos\phi = \frac{I_3^2 - I_2^2 - I_1^2}{2I_1 I_2}$$

$$= \frac{31.36 - 16 - 6.25}{2 \times 4 \times 6.25}$$

$$= \frac{9.11}{20}$$

$$\cos\phi = 0.455$$

उदाहरण 8.7—एक त्रिकला सन्तुलित भार को पश्चगामी शक्ति गुणक पर सप्लाई प्रदान की गई है और उसमें दो वाटमीटर द्वारा शक्ति मापी गई है। जब लाइनों के बीच वोल्टता 200 V तब वाट मीटर के पाठ्यांक + 1350 W तथा – 150 W प्राप्त होते हैं भार का शक्ति गुणक और लाइन धारा की गणना।

उत्तर—लाइन वोल्टता = 200 V

$$P_1 = 1350\text{ W}$$

$$P_2 = -150\text{ W}$$

शक्ति गुणक

$$\cos\phi = \cos\left[\tan^{-1}\left(\sqrt{3}\frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2}\right)\right]$$

$$= \cos\left[\tan^{-1}\left(\sqrt{3}\frac{1350 - (-150)}{1350 - 150}\right)\right]$$

$$= \cos\left[\tan^{-1}\left(\sqrt{3} \times \frac{1500}{\ldots}\right)\right]$$

$$= \cos\left[\tan^{-1}\sqrt{3} \times \frac{5}{4}\right]$$

$$\cos\phi = 0.4193$$

$$P = \sqrt{3}V_L I_L \cos\phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 200 \times I_L \; 0.4193$$

$$P = P_1 + P_2 = 1350 - 150$$

$$= 1200$$

तो

$$1200 = \sqrt{3} \times 200 \times I_L \times 0.4193$$

$$I_L = \frac{1200}{\sqrt{3} \times 200 \times 0.4193} = \frac{12}{\sqrt{3} \times 2 \times 0.4193}$$

$$= \frac{12}{\sqrt{3} \times 0.8386} = \frac{12}{1.45} = 8.27\text{ A}$$

उदाहरण 8.10—एक त्रिकला पद्धति में शक्ति मापन की दो वाटमीटर विधि में दो वाटमीटरों के पाठ्यांक क्रमशः 15 kW तथा 5 kW है। परिपथ की शक्ति तथा शक्ति गुणक ज्ञात कीजिये।

उत्तर—$P_1 = 15\text{ kW}$

$$P_2 = 5\text{ kW}$$

परिपथ की शक्ति

$$P = P_1 + P_2$$

$$= 15 + 5$$

$$P = 20\text{ kW}$$

शक्ति गुणक $\cos\phi = \cos\left\{\tan^{-1}\left(\sqrt{3}\frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2}\right)\right\}$

$$= \cos\left\{\tan^{-1}\left(\sqrt{3}\frac{15 - 5}{15 + 5}\right)\right\}$$

$$= \cos\left\{\tan^{-1}\left(\sqrt{3} \times \frac{10}{20}\right)\right\}$$

$$\cos\phi = \cos\left[\tan^{-1}\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\right]$$

$$\cos\phi = 0.7559$$

प्रश्नावली

1. सिद्ध कीजिए कि थ्री-बैलेन्स्ड सिस्टम में दो सिंगल फेज वाटमीटरों द्वारा शक्ति मापी जा सकती है। वह स्थिति भी बताइए जिसमें एक वाटमीटर विपरीत दिशा में विक्षेप देगा।
2. दो वाटमीटर विधि द्वारा स्टार एण्ड डेल्टा में जुड़े हुए थ्री फेज बैलेन्स्ड भार सर्किट में शक्ति के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। दो वाटमीटर विधि में बैलेन्स्ड थ्री-फेज पॉवर मापन में निम्नलिखित क्या सूचित करते हैं?
3. त्रिकला परिपथ में दो वाटमीटरों द्वारा किस प्रकार शक्ति मापी जाती है? ऐसे मापन संयोजन का रेखाचित्र बनाइए।

Scanned by CamScanner

■ आंकित प्रश्न

1. एक त्रिकलीय असन्तुलित परिपथ की शक्ति एवं शक्ति गुणक का मान ज्ञात करने के लिए दो वाटमीटर विधि का उपयोग किया जाता है। 2 गुणांक वाले वाटमीटरों के पाठ्यांक क्रमश: 8 kW तथा 1.5 kW पाये गये। परिपथ की शक्ति तथा शक्ति गुणांक का मान ज्ञात कीजिए। जबकि (i) दोनों वाटमीटरो के पाठ्यांक धनात्मक है। (ii) दूसरे वाटमीटर का पाठ्यांक उसकी धारा कुण्डली के टर्मिनलों को परस्पर बदलने के बाद लिया गया है।

   उत्तर : (i) 19 kW, 0.6457

   (ii) 13 kW, 0.3676

2. एक त्रिकला सन्तुलित भार को पश्चगामी शक्ति गुणक पर सप्लाई प्रदान की गई है और उसमें दो वाटमीटर द्वारा शक्ति मापी गई है। जब लाइनों के बीच वोल्टता 200 V तब वाटमीटर के पाठ्यांक + 1350 W तथा – 150 W प्राप्त होते है, भार का शक्ति गुणक और लाइन धारा की गणना कीजिए।

   उत्तर : 0.4193 तथा 10.380 amp

3. एक सन्तुलित त्रिकला परिपथ में निवेश शक्ति के मापन हेतु दो वाटमीटर क्रमश: 2000 watt एवं 500 watt दर्शाया है। परिपथ का शक्ति गुणक ज्ञात कीजिए। उपयोग किए गए व्यंजक की व्युत्पत्ति कीजिए।

   उत्तर : 0.6934

4. एक सन्तुलित त्रिकलीय परिपथ शक्ति मापने के लिए दो वाटमीटर के पाठ्यांक का अनुपात 2 : 1 है। परिपथ का शक्ति गुणक ज्ञात कीजिए।

   उत्तर : 0.866

5. उस त्रिकलीय परिपथ में शक्ति मापन हेतु संयोजित दो वाटमीटरों के पृथक-पृथक पाठ्यांक क्या होंगे, जिस पर 0.8 (पश्च) शक्ति गुणक का 50 kW का भार है।

   उत्तर : W_1 = 50 kW, W_2 = 0

6. 0.4 शक्ति गुणक, 60 kW भार वाले तीन कलीय परिपथ पर शक्ति मापन हेतु संयोजित दो वाटमीटरों के पृथक-पृथक पाठ्यांक ज्ञात कीजिए।

   उत्तर : W_1 = 69686.6 W, W_2 = –9686.6 W

7. एक असन्तुलित लोड की शक्ति दो वाटमीटर से मालूम किये जाने पर पहला वाटमीटर 6kW तथा दूसरा वाटमीटर 10kW पढ़ता है। लोड की शक्ति तथा शक्ति गुणक ज्ञात कीजिए।

   उत्तर—(16 kW, 0.91767)

8. एक त्रिकलीय परिपथ मे शक्ति मापने के लिये दो वाटमीटर जोड़े गये है जिसमें से प्रथम वाटमीटर का पाठ्यांक 1500 वाट है जबकि दूसरे वाटमीटर का पाठ्यांक ऋणात्मक है। दूसरे वाटमीटर की धारा कुण्डली का संयोजन बदलने पर यह 500 वाट का पाठ्यांक देता है तब परिपथ की सम्पूर्ण शक्ति तथा शक्ति गुणक की गणना कीजिये।

   उत्तर—(1000 W, $\cos\phi$ = 02774)

9. एक 10 अश्व शक्ति (मैट्रिक), त्रिकला प्रेरण मोटर की दक्षता 90% तथा शक्ति गुणक 0.836 है। यह मोटर 430 वोल्ट, 50 Hz (चक्र प्रति सेकण्ड) की सप्लाई से जुड़ी है। जब मोटर पूरे लोड पर चल रही है, तब इसको निविष्ट मापने के लिये लगे दो वाटमीटरों का पाठ्यांक ज्ञात करो।

   उत्तर—W_1 = 5320.86 W, W_2 = 285136 W

10. एक स्टार संयोजित लोड एक 3 फेज 416 वोल्ट 50 Hz (चक्र प्रति सेकण्ड) आवृत्ति की सन्तुलित सप्लाई लाइन वोल्टता से जुड़ा है। लोड के प्रत्येक फेज में एक प्रतिरोध तथा एक संधारित्र श्रेणी में जुड़े है तथा शक्ति नापन के लिये दो वाटमीटर क्रमश: 2000 वाट एवं 8000 वाट (दोनों धनात्मक) पाठ्यांक देते है। गणना कीजिये।

    (i) परिपथ का शक्ति गुणक

    (ii) लाइन धारा

    (iii) प्रत्येक प्रतिरोध का मान तथा संधारित्र की धारिता

    उत्तर—(i) $\cos\phi = 0.80296$ (lead)

    (ii) $I_L = 4.84$ A

    (iii) R = 39.84 Ω, C = 107.57 μF

11. एक 40) वोल्ट त्रिकला प्रेरण मोटर, जोकि पूर्ण लोड पर चल रही है, का निवेश (input) दो वाटमीटरों से नापा जाता है, जो क्रमश: 300 kW तथा 100 kW के पाठ्यांक देते है।

    (i) निवेश

    (ii) लाइन धारा

    (iii) शक्ति गुणक

    (iv) निर्गत ज्ञात करो, यदि मोटर की दक्षता 92% है।

    उत्तर—:i) W = 400 kW

    (ii) I_L = 763.8 A

    (iii) $\cos\phi$ = 0.7559

    (iv) Output = 500.34 N.P

12. एक त्रिकला सन्तुलित भार परिपथ, जो कि 0.85 पश्चगामी शक्ति गुणक पर 20 kW शक्ति ले रहा है, में दो वाटमीटर विधि से शक्ति मापी जा रही है। दो वाटमीटरों के पाठ्यांक क्या होंगे?

    उत्तर—W_1 = 13.58 kW, W_2 = 6.42 kW

13. एक त्रिकला प्रेरण मोटर की निवेश शक्ति दो वाटमीटरो से मापी जाती है। वाटमीटरो के पाठ्यांक क्रमश: 800 वाट तथा 400 वाट है। मोटर की

    (i) निवेश शक्ति

    (ii) शक्ति गुणक ज्ञात कीजिये।

    उत्तर—(.) 1200 W (ii) $\cos\phi$ = 0.866

14. दो वाटमीटर विधि से त्रिकला परिपथ मे शक्ति मापने की विधि में यदि कुल शक्ति 200 वाट हो तथा शक्ति गुणक 0.8 पश्चगामी हो तो दोनों वाटमीटरो पर क्या पाठ्यांक होंगे?

    उत्तर—W_1 = 143.30 W, W_2 = 56.60 W

15. एक फ्लक्स मीटर, एक 500 वर्तनों वाली शोध कुण्डली से संयोजित है, इस शोध कुण्डली का औसत क्षेत्र 3 वर्ग सेमी है। यह शोध कुण्डली एक मीटर लम्बे तथा 1000 वर्तनो वाले वायु-क्रोडित परिनालिका के केन्द्र पर रखी है। जब 5 ऐम्पियर की धारा परिवर्तित की जाती है, तब फ्लक्स मीटर के पैमाने पर 15 भाग तक विक्षेप होता है। पैमाने के प्रति भाग का वेबर प्रति वर्तन में अंशांकन कीजिये।

    उत्तर—उपयन्त्र का अंशांकन = 1.2566×10^{-4} वेबर वर्तन प्रति भाग

16. एक 100Ω प्रतिरोध चल कुण्डली गैल्वनोमीटर 75 भाग पर प्रेक्षप देता है; जब इससे संयोजित शोध कुण्डली का फ्लक्स परिवर्तित किया जाता है। फ्लक्स घनत्व की गणना कीजिये गैल्वेनोमीटर का स्थिरांक 100μc प्रति पैमाने के भाग का हो तथा शोध कुण्डली में वर्तन हो, औसत क्षेत्र 40 वर्ग सेमी० तथा प्रतिरोध 20Ω हो।

    उत्तर—B = 0.1125 वेबर

17. एक फ्लक्समापी को 500 फेरो (turns) तथा 5 वर्ग सेमी क्षेत्र वाली शोध कुण्डली के साथ जोड़ा जाता है। शोध कुण्डली को 800 फेरे (turns) तथा 1 मीटर लम्बे परिनालिका के केन्द्र में रखा गया है। 5 ऐम्पियर की धारा को परिनालिका मे विपरीत करने में फ्लक्समापी 25 स्केल का विक्षेप पैदा करता है फ्लक्समापी का अंशाकन ज्ञात करो।

    उत्तर—उपयन्त्र का अंशाकन = 1.0056×10^{-4} वेबर प्रति भाग

18. एक फेज में शक्ति मापन की तीन वोल्टमीटर विधि से निम्न पाठ्यांक प्राप्त हुए–

    (i) सप्लाई के एक्रोस वोल्टता = 180 वोल्ट

Scanned by CamScanner

(ii) अप्रेरणिक प्रतिरोध के एक्रोस वोल्टता = 88 वोल्ट

(iii) प्रेरणिक भार के एक्रोस वोल्टता = 106 वोल्ट

उत्तर—(762.5 W, $\cos\phi = 0.72$)

19. किसी छड़ प्रतिरूप B-H वक्र ज्ञात करने की विधि का वर्णन करो। एक लोह छल्ला, जिसका अनुप्रस्थ काट क्षेत्र 3.5 वर्ग सेमी है तथा औसत लम्बाई 100 सेमी है, इस छल्ले पर चुम्बकन कुण्डलन के 100 वर्तन दिये गये हैं। इसी छल्ले पर शोध कुण्डली, जिसमें कि 200 वर्तन दिये गये हैं। प्राक्षेपिक गैल्वनोमीटर से संयोजित है। इस प्राक्षेपिक गैल्वनोमीटर का स्थिरांक 1 माइक्रोकूलम्ब प्रति पैमाना भाग है। शोध कुण्डली सहित द्वितीयक क्षेत्र का प्रतिरोध 2000 ओह्म है। चुम्बकन कुण्डलन में 10 ऐम्पियर की धारा प्रतिवर्ती करने पर गैल्वनोमीटर 100 पैमाने के भाग का प्रक्षेप देता है। लोह छल्ले में फ्लक्स घनत्व का मान ज्ञात करो तथा इस फ्लक्स घनत्व पर आपेक्षिक चुम्बकशीलता का मान ज्ञात करो।

9

ट्रांसड्यूसर (Transducers)

9.1. ट्रांसड्यूसर (Transducers)

ट्रांसड्यूसर वह युक्ति होती है जो एक स्वरूप की ऊर्जा को दूसरे स्वरूप में रूपान्तरित करती है। एक वैद्युत हीटर तथा लाऊडस्पीकर ट्रांसड्यूसर के सरल उदाहरण है। वैद्युत हीटर वैद्युत ऊर्जा को ऊष्मीय ऊर्जा में रूपान्तरित करता है जबकि लाऊडस्पीकर वैद्युत ऊर्जा को ध्वनि ऊर्जा में रूपान्तरित करता है। ट्रांसड्यूसरों के अन्य उदाहरण हैं—माइक्रोफोन, फोटोसेल, वैद्युत थर्मामीटर आदि।

यद्यपि सामान्य रूप से ट्रांसड्यूसर किसी भी प्रकार की ऊर्जा को किसी अन्य प्रकार की ऊर्जा में रूपान्तरित करने वाली युक्ति होती है परन्तु प्रस्तुत विवेचन में हम केवल उन्हीं ट्रांसड्यूसरों का अध्ययन करेंगे जो वैद्युतीय मापन (instrumentation) में प्रयुक्त होते हैं जिससे किसी भी राशि के मापन के लिये उस राशि को ट्रांसड्यूसर द्वारा वैद्युत सिग्नल (वैद्युत ऊर्जा) में रूपान्तरित किया जाता है। अतः **वैद्युत मापन की दृष्टि से ट्रांसड्यूसर वह युक्ति होती है जो किसी भी मापे जाने वाली भौतिक राशि (या भौतिक अवस्था) को वैद्युतीय सिगनल में रूपान्तरित करती है।** मापन पद्धति में ट्रांसड्यूसर को पिक-अप (pick-up) कहा जाता है।

किसी राशि (विद्युतीय या अविद्युतीय राशि) के मापन के लिये प्रयुक्त पद्धति में मापे जाने वाली राशि को measured कहते हैं। यह मापे जाने वाली राशि एक संसूचक (detector) के द्वारा मापन पद्धति से सम्बन्ध रखती है। मापे जाने वाली राशि को संसूचक द्वारा तब समतुल्य स्वरूप में बदला जाता है। मापे जाने वाले इनपुट सिगनल को सूचना (information) कहते हैं जिसे मापन पद्धति के इनपुट के रूप में फीड किया जाता है। यह इनपुट या सूचना किसी भौतिक घटना या वैद्युत सिगनल के रूप में होती है। संसूचक का कार्य सूचना या इनपुट को सेन्स (sense) करना तथा इसे मापन पद्धति को फीड करने के लिये उपयुक्त स्वरूप में बदलना होता है।

9.2. नोन वैद्युत राशियों का मापन (Measurement of non-electrical quantities)

वैद्युत इलेक्ट्रॉनिक यन्त्रों का उपयोग करके जब किसी नोन वैद्युत राशि का मापन या नियन्त्रण करना होता है तो यह मापन निम्न स्टेपों में किया जाता है।

1. मापे जाने वाली प्रायोगिक राशि ए० सी० वोल्टेज, धारा चुम्बकीय फ्लक्स, आवृत्ति या फेज कोण की वृद्धि के रूप में या फिर वोल्टेज, प्रतिरोध, धारिता या प्रेरकत्व के रूप में रूपान्तरित की जाती है। यह कार्य जिस उपयुक्त प्रणाली या

Scanned by CamScanner

में जब कोई नोन वैद्युत राशि प्रदान की जाती है तो वह उस राशि को वैद्युत राशि के परिवर्तन (वैद्युत सिगनल) में रूपान्तरित कर देता है तथा उससे प्राप्त आऊटपुट वैद्युतीय प्रकृति का होता है।

2. प्रायोगिक राशि के संगत वैद्युत राशि की वृद्धि को सामान्य वैद्युत मापन की विधियों द्वारा मापा जाता है। इस वैद्युत यन्त्र की माप से प्रायोगिक राशि का मापन हो जाता है।

इस प्रकार एक उपयुक्त ट्रांसड्यूसर का चयन तथा वैद्युत राशियों के मापन के लिये प्रयुक्त विधियों के द्वारा हम प्रायोगिक नोन वैद्युत राशियों का मापन कर सकते हैं। इस प्रकार की व्यवस्था से हम प्रकाश तीव्रता (light intensity), दाब, वेग, त्वरण, ध्वनि तीव्रता (sound intensity), प्रसार (elongation), बल आघूर्ण (Torque), ताप (temperature), समय अन्तराल, प्रति सेकण्ड घटने वाली घटनाओं की संख्या, रेडियो ऐक्टिव विकिरण, मोटाई, कठोरता, आर्द्रता, नमी की मात्रा आदि नोन वैद्युत राशियों का मापन कर सकते हैं।

9.3. मापन पद्धति (Measuring system)

किसी मापन पद्धति में जिस राशि का मापन करना होता है, वह एक संसूचक (detector) के द्वारा निकाय से सम्पर्क करती है। विचाराधीन राशि डिटेक्टर द्वारा समतुल्य स्वरूप में रूपान्तरित की जाती है। मापी जाने वाली राशि (इनपुट सिगनल) को मापन पद्धति के लिये सूचना (information) कहते हैं। यह सूचना एक भौतिक अभिघटना या विद्युत सिगनल के रूप में होती है। डिटेक्टर इस सूचना को अभिग्रहण करके इसे सुविधाजनक स्वरूप में बदल देता है जोकि मापन पद्धति की आगे की स्टेज द्वारा ग्रहण किया जाता है। इनपुट सिगनल (सूचना) संसूचन तथा एक स्वरूप से दूसरे स्वरूप में रूपान्तरण के लिये ऊर्जा की आवश्यकता होती है। यह ऊर्जा सिगनल से ही प्राप्त की जाती है जिससे सिगनल पर लोडिंग प्रभाव उत्पन्न हो जाता है। अतः यदि सिगनल से ऊर्जा का अवशोषण किया जाता है, तो डिटेक्टर के बाद इसका वफादारी से पुनरोत्पादन नहीं किया जा सकता है जिसके परिणामस्वरूप मापन में त्रुटि उत्पन्न हो जाती है।

वास्तव में डिटेक्टर में रूपान्तरण के लिये आवश्यक ऊर्जा को बाहरी रूप से सप्लाई करने का प्रयास किया जाता है, जिससे इनपुट सिगनल को उपयोग में लाये जाने योग्य आऊटपुट में बिना इनपुट से ऊर्जा लिये बदला जा सकता है। एक डिटेक्टर में आदर्श रूपान्तरण के लिये इनपुट सिगनल से कोई भी ऊर्जा नहीं ली जानी चाहिये जिससे सिगनल का विरूपण न हो तथा डिटेक्टर का समतुल्य आउटपुट उसके इनपुट का वफादार प्रदर्शन हो। जिस युक्ति से एक स्वरूप की ऊर्जा को दूसरे स्वरूप में रूपान्तरित किया जाता है, उसे **ट्रांसड्यूसर** कहते हैं। प्राय: अविद्युतीय राशियों को संगत विद्युतीय राशियों में ट्रांसड्यूसरों द्वारा रूपान्तरित किया जाता है। किसी विद्युतीय यन्त्रों द्वारा अविद्युतीय राशियों का मापन व नियन्त्रण निम्न चरणों में किया जाता है—

1. जिस अविद्युतीय राशि (जैसे दाब, ताप, आर्द्रता, बल, बल आघूर्ण आदि) का मापन करना होता है उसे सबसे पहले विद्युतीय राशि जैसे वोल्टेज वृद्धि, धारा वृद्धि, चुम्बकीय फ्लक्स वृद्धि, ए० सी० वोल्टेज, प्रतिरोध, धारिता या प्रेरकत्व में बदला जाता है। यह कार्य एक उपयुक्त प्रकार के ट्रांसड्यूसर द्वारा किया जाता है।

2. इस प्रकार उत्पन्न वृद्धि को विद्युतीय राशियों को मापन के लिये प्रयुक्त परम्परागत विधियों द्वारा नापा जाता है। इस प्रकार उचित अंशशोधित (calibrated) स्केल पर प्राप्त माप ही विचाराधीन अविद्युतीय राशि की माप को प्रदर्शित करती है।

उपयुक्त ट्रांसड्यूसर तथा विद्युतीय राशियों के मापन के लिये परम्परागत विधियों द्वारा हम विभिन्न अविद्युतीय राशियों जैसे प्रकाश तीव्रता, दाब, वेग, त्वरण, ध्वनि तीव्रता, खिचाव, बल आघूर्ण, ताप, रेडियो-ऐक्टिव विकिरण, मोटाई, कड़ापन, आर्द्रता, नमी की मात्रा आदि का मापन कर सकते हैं। इन सभी मापनों में एक ऐसी युक्ति की आवश्यकता होती है जो प्रायोगिक विचाराधीन राशि को किसी संगत विद्युतीय राशि में रूपान्तरित करती है तथा जिसे "ट्रांसड्यूसर" कहते हैं।

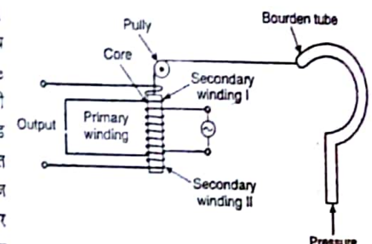
9.4. ट्रांसड्यूसरों के प्रकार (Types of Transducers)

हम जानते हैं कि किसी मापन पद्धति में ट्रांसड्यूसर एक महत्त्वपूर्ण तत्त्व होता है जो प्राय: ऊर्जा स्वरूपों के परस्पर रूपान्तरण तथा संसूचक का कार्य करते हैं। ट्रांसड्यूसर के दो मुख्य प्रकार होते हैं—

1. **प्राइमरी ट्रांसड्यूसर** (Primary transducers)—ये वे ट्रांसड्यूसर होते हैं जो डिटेक्टर के रूप में काम में लाये जाते हैं अर्थात् ये ट्रांसड्यूसर विचाराधीन मापे जाने वाली राशि को अभिग्रहण के लिये संसूचित किये जाते हैं। इन्हें डिटेक्टर भी कहते हैं। ये किसी भौतिक घटना को सेन्स (sense) करते हैं। प्राइमरी ट्रांसड्यूसरों का उदाहरण ताप वैद्युत युग्म (Thermo couple) है, जो विकिरण ऊर्जा को सेन्स करता है तथा इसे सीधा वैद्युत आऊटपुट में (ताप वि० वा० बल के रूप में) रूपान्तरित करता है।

2. **सेकन्डरी ट्रांसड्यूसर** (Secondary transducers)—प्राइमरी ट्रांसड्यूसर के आऊटपुट सिगनल को जिस युक्ति द्वारा उपयोग किये जाने वाले आऊटपुट में रूपान्तरित किया जाता है, उसे **सेकन्ड्री ट्रांसड्यूसर** कहते हैं। सेकन्ड्री ट्रांसड्यूसर मापे जाने वाली राशि के तुल्य आऊटपुट (जो प्राइमरी ट्रांसड्यूसर से उत्पन्न हुआ है) को वैद्युत सिगनल में बदलते हैं।

बोर्डन गेज की अवस्था में बोर्डन नली प्राइमरी डिटेक्टर ट्रांसड्यूसर की तरह कार्य करती है जोकि दाब का अभिग्रहण करती है। बोर्डन ट्यूब का आऊटपुट विस्थापन के रूप में होता है तथा इसे सीधा यान्त्रिक लीकेज को चालित करने के लिये प्रयुक्त किया जाता है। इस प्रकार इस विधि में प्राइमरी सिगनल को सेकन्ड्री सिगनल में बदलने की आवश्यकता नहीं होती है।



चित्र 9.1

इसी प्रकार हम दाब मापन के लिये प्रयुक्त चित्र 9.1 में प्रदर्शित बोर्डन ट्यूब पर विचार करते हैं। बोर्डन ट्यूब का बन्द सिरा एक LVDT (Linear Variable Differential Transformer) से जुड़ा होता है। जब नली के दूसरे सिरे पर कोई दाब नहीं लगाया जाता है तो क्रोड केन्द्र पर होती है तथा दोनों सेकन्ड्री लपेटों में प्रेरित वोल्टेज बराबर होते हैं तथा कोई डिफरेंशल वोल्टेज आऊटपुट नहीं होता है। इसके विपरीत बोर्डन ट्यूब पर जब दाब लगाया जाता है तो यह विस्थापन में रूपान्तरित हो जाता है। यान्त्रिक विस्थापन के कारण LVDT का क्रोड गति करता है जिसके कारण एक डिफरेंशल आऊटपुट वोल्टेज प्राप्त होता है।

इस प्रकार इस अवस्था में सिगनल रूपान्तरण की निम्न दो अवस्थायें होती है—

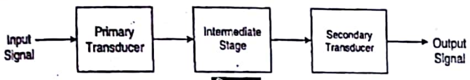
1. पहली अवस्था में बोर्डन ट्यूब द्वारा दाब का रूपान्तरण विस्थापन में किया जाता है। अतः **बोर्डन एक डिटेक्टरी या प्राइमरी ट्रांसड्यूसर** का कार्य करती है।

2. दूसरी अवस्था में दाब द्वारा, उत्पन्न यान्त्रिक विस्थापन द्वारा LVDT को क्रोड में गति होने के कारण उपयोग में लाये जाने योग्य विद्युतीय आऊटपुट वोल्टेज प्राप्त होता है। अतः यहाँ LVDT एक **सेकन्ड्री ट्रांसड्यूसर** का कार्य करता है।

किसी मापन पद्धति का ब्लॉक प्लान चित्र 9.2 में दिखाया गया है। इस पद्धति में माध्यमिक स्टेज में प्राइमरी आऊटपुट से प्राप्त सिगनल का अवस्थाकरण (conditioning) किया जाता है जिससे प्राइमरी सिगनल का प्रवर्धन, मॉडुलेशन आदि होता है।

Scanned by CamScanner

इस प्लान चित्र 9.2 से स्पष्ट है कि मापे जाने वाली राशि के संगत तुल्य सिगनल प्राप्त करके उसे प्राइमरी ट्रांसड्यूसर (डिटेक्टर) के इनपुट के रूप में सप्लाई किया जाता है। यह प्राइमरी ट्रांसड्यूसर उस इनपुट को सेन्स करता है अर्थात् इसे किसी उपयुक्त स्वरूप में बदल देता है। प्राइमरी ट्रांसड्यूसर के आऊटपुट को माध्यमिक स्टेज में प्रक्रियाकरण (प्रवर्धन आदि) किया जाता है तथा इस स्टेज के आऊटपुट को सेकन्ड्री ट्रांसड्यूसर को फीड किया जाता है जिससे प्राप्त आऊटपुट सिगनल के द्वारा विचाराधीन राशि का मापन किया जाता है।



चित्र 9.2

9.5. सक्रिय व निष्क्रिय ट्रांसड्यूसर (Active and Passive Transducers)

ट्रांसड्यूसर के स्वयं वोल्टेज या धारा उत्पादन या फिर बाहरी वोल्टेज या धारा सप्लाई करने के अनुसार उन्हें निम्न दो श्रेणियों में विभक्त किया जाता है—

1. सक्रिय ट्रांसड्यूसर (Active transducers)—ये ट्रांसड्यूसर सक्रिय इसलिये कहलाते हैं क्योंकि ये स्वयं उत्पादन टाइप (self generating type) होते हैं। ये ट्रांसड्यूसर अपना स्वयं का वोल्टेज या धारा उत्पन्न करते हैं। इन ट्रांसड्यूसरों में आऊटपुट सिगनल को उत्पन्न करने के लिये आवश्यक ऊर्जा उसी भौतिक घटना या राशि से ली जाती है जिसे मापा जाता है।

इस प्रकार के ट्रांसड्यूसरों का उदाहरण पियाजो वैद्युत ट्रांसड्यूसर (Piezo electric transducers) है।

2. निष्क्रिय ट्रांसड्यूसर (Passive transducers)—इस प्रकार के ट्रांसड्यूसर स्वयं अपना वोल्टेज या धारा उत्पन्न नहीं करते हैं। इन्हें चलाने (ऊर्जा रूपान्तरण) के लिये बाहरी स्रोत से पॉवर दी जाती है। इस प्रकार के ट्रांसड्यूसर का उदाहरण विभवमापी है।

9.6. संसूचकों के प्रकार (Types of Detectors)

अधिकतर मापनों में यांत्रिक युक्तियाँ संसूचक या प्राइमरी ट्रांसड्यूसर का कार्य करती हैं तथा वैद्युत युक्तियाँ सेकन्ड्री ट्रांसड्यूसर का कार्य करती है। इसमें यांत्रिक विस्थापन मध्यमान स्टेज का कार्य करती है। प्राइमरी ट्रांसड्यूसर या डिटेक्टर को प्राय: **सेन्सिंग तत्त्व** (sensing element) कहा जाता है जबकि सेकन्ड्री ट्रांसड्यूसर को विशेष कर वैद्युत ट्रांसड्यूसर के लिये **ट्रांसडक्शन तत्त्व** (Transduction element) कहा जाता है।

इसके अतिरिक्त दाब संसूचकों, ताप संसूचकों, हाइड्रोपन्यूमेटिक संसूचक (Hydrophneumatic detectors) आदि भी प्राइमरी ट्रांसड्यूसर की तरह कार्य करते हैं।

9.7. ट्रांसड्यूसरों के वर्गीकरण (Classification of transducers)

ट्रांसड्यूसरों का वर्गीकरण उनके अनुप्रयोगों, ऊर्जा रूपान्तरण की विधि, विद्युतीय मापन के सिद्धान्त, आऊटपुट सिगनल की प्रकृति आदि के अनुसार किया जाता है।

व्यापक रूप में ट्रांसड्यूसरों को निम्न दो वर्गों में विभाजित किया जाता है—

• ... इन ट्रांसड्यूसरों के लिये बाहरी पॉवर सप्लाई की आवश्यकता

2. स्वत: जनित्र ट्रांसड्यूसर (Self generating transducers)—इनमें किसी बाहरी पॉवर स्रोत की आवश्यकता नहीं होती है। ऊर्जा के किसी स्वरूप के अभिग्रहण से विद्युतीय आऊटपुट उत्पन्न करते हैं।

विभिन्न प्रकार के ट्रांसड्यूसरों के वर्गीकरण का संक्षिप्त विवरण निम्न होता है—

1. यांत्रिक (Mechanical) **ट्रांसड्यूसर**—स्ट्रेन गेज टाइप जोकि बल, बल आघूर्ण तथा दाब आदि मापने के लिये प्रयुक्त होता है।

2. ऊष्मीय (Thermal) **ट्रांसड्यूसर**—इस वर्ग में थर्मिस्टर व थर्मोकपिल होते हैं।

3. प्रकाशीय (Optical) **ट्रांसड्यूसर**—इस वर्ग में फोटो चालन, फोटो उत्सर्जक व फोटो वोल्टिक (सोलर) सेल प्रमुख हैं।

4. ध्वनिक (Acoustical) **ट्रांसड्यूसर**—इस वर्ग में प्राय: माइक्रोफोन प्रमुख हैं।

5. चुम्बकीय (Magnetic) **ट्रांसड्यूसर**—इस वर्ग में *LVDT* प्रमुख हैं।

6. रासायनिक (Chemical) **ट्रांसड्यूसर**—इस श्रेणी में pH मीटर तथा चालकता सेल आते हैं।

7. नाभिकीय (Nuclear) **ट्रांसड्यूसर**—इस श्रेणी के प्रमुख ट्रांसड्यूसर गाइगर मुलर नलिका व आयन चेम्बर हैं।

8. बाइलोजिकल ट्रांसड्यूसर—इसमें *ECG* इलेक्ट्रो कार्डियोग्राफ तथा *EEG* इलेक्ट्रो ऐनसेफलो ग्राफ प्रमुख हैं।

9.8. विद्युतीय सिद्धान्त पर आधारित वर्गीकरण (Classification based on electrical principle)

ट्रांसड्यूसरों के वर्गीकरण की एक उपयुक्त व सरल विधि उनके द्वारा किसी भौतिकी राशि व उनके परिवर्तनों को संगत विद्युतीय राशि या परिवर्तन में रूपान्तरण के बाद विद्युतीय मापन में प्रयुक्त सिद्धान्तों पर आधारित होती है।

इस आधार पर ट्रांसड्यूसर निम्न प्रकार के होते हैं—

1. परिवर्ती प्रतिरोध टाइप (Variable resistance type)—**इस वर्ग में निम्न ट्रांसड्यूसर प्रमुख हैं—**

(i) स्टेन व दाब गेज।

(ii) थर्मिस्टर तथा प्रतिरोध थर्मामीटर।

(iii) फोटो चालन सेल।

(iv) रासायनिक चालन मीटर।

(v) सम्पर्क मोटाई गेज आदि।

2. परिवर्ती प्रेरकत्वीय टाइप (Variable inductive type)—

(i) रेखीय परिवर्ती डिफरेंशल ट्रांसफॉर्मर (LVDT)।

(ii) रिलेक्टेन्स पिकअप।

(iii) भंवर धारा गेज (Eddy current gauge)।

3. परिवर्ती धारित्र टाइप (Variable capacitance types)

(i) धारित्र माइक्रोफोन।

(ii) परावैद्युत गेज।

(iii) दाब गेज।

4. वोल्टेज विभाजक टाइप

(i) विभवमापी स्थिति सेन्सर

Scanned by CamScanner

(ii) दाब उत्तेजक वोल्टेज विभाजक

5. वोल्टेज उत्पादक टाइप

(i) पिजो इलेक्ट्रिक पिकअप

(ii) थर्मोकपिल

(iii) फोटो वोल्टिक सेल/सोलर सेल

(iv) घूर्णन मोटर टेकोमीटर

9.9. डिटेक्टर ट्रांसड्यूसर स्टेज (प्राइमरी ट्रांसड्यूसरों) का वर्गीकरण (Classification of detector transducer stage devices)

उपर्युक्त उदाहरणों से पता चलता है कि **डिटेक्टर ट्रांसड्यूसर स्टेज** में प्रयुक्त युक्तियों को, जोकि किसी भी मापन पद्धति की प्रथम स्टेज होती है उनके द्वारा किये गये कार्यों के अनुसार निम्न तीन श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है—

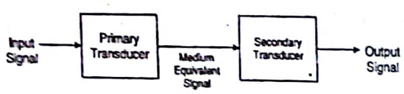
1. प्रथम वर्ग—इस श्रेणी में प्रथम स्टेज युक्ति आती है जोकि केवल डिटेक्टर की तरह कार्य करती है।

2. द्वितीय वर्ग—इसमें प्रथम स्टेज युक्तियाँ आती हैं जोकि डिटेक्टर एवं एकल ट्रांसड्यूसर के रूप में प्रयुक्त की जाती है।

3. तृतीय वर्ग—इसमें प्रथम स्टेज युक्तियाँ होती हैं जो डिटेक्टर तथा द्विस्टेज ट्रांसड्यूसर का कार्य करती हैं।

चित्र 9.3 में किसी मापन पद्धति की डिटेक्टर ट्रांसड्यूसर स्टेज का ब्लॉक चित्र प्रदर्शित किया गया है।

किसी मापन पद्धति की डिटेक्टर ट्रांसड्यूसर स्टेज के मूल कार्य निम्न होते हैं—



चित्र 9.3

(i) विचाराधीन गुण या राशि का अभिग्रहण करना।

(ii) मापन पद्धति की माध्यमि स्टेजों (सिगनल अवस्था स्टेज) के द्वारा स्वीकार करने योग्य गुण या राशि में बदलना।

यान्त्रिक (Mechanical)—ट्रांसड्यूसरों की तालिका-1

	ट्रांसड्यूसरों के प्रकार	प्रचालन
1.	सम्पर्क सुई, पिन, अंगुली	विस्थापन से विस्थापन
2.	प्रत्यास्थ (Elastic)	
	(i) रिंग	बल से विस्थापन
	(ii) बोर्डन ट्यूब	दाब से विस्थापन
	(iii) डाइफ्रॉम	दाब से विस्थापन
		— से

3.	द्रव्यमान (Mass)	
	(i) सिसमिक द्रव्यमान	बल फंक्शन से विस्थापन
	(ii) पेन्डुलम स्केल	बल से विस्थापन
	(iii) मेनोमीटर	बल से विस्थापन
9.	ऊष्मीय (Thermal)	
	(i) थर्मोकपिल	ताप से विद्युतधारा
	(ii) बाई मैटिएल	ताप से विस्थापन
	(iii) ताप स्टिक	ताप से फेज
5.	हाइड्रोप्न्यूमेटिक	
	(i) स्थैतिक	
	(a) हाइड्रोमीटर	विशिष्ट घनत्व से विस्थापन
	(ii) गतिज	
	(a) छिद्र	वेग से दाब
	(b) वेन्चुरी	वेग से दाब
	(c) वेन्स	वेग बल
	(d) टरबाइन	रेखीय वेग से कोणीय वेग

वैद्युत (Electrical)—ट्रांसड्यूसरों की तालिका-2

	ट्रांसड्यूसरों के प्रकार	प्रचालन
1.	प्रतिरोधीय (Resistive)	
	(i) सम्पर्क	विस्थापन से प्रतिरोध परिवर्तन
	(ii) परिवर्ती लम्बाई चालक	विस्थापन से प्रतिरोध परिवर्तन
	(iii) परिवर्ती क्षेत्रफल चालक	विस्थापन से प्रतिरोध परिवर्तन
	(iv) चालक की परिवर्ती विमायें	विकृति से प्रतिरोध परिवर्तन
	(v) चालक की परिवर्ती प्रतिरोधकता	(i) वायु वेग से प्रतिरोध परिवर्तन (ii) ताप से प्रतिरोध परिवर्तन
2.	प्रेरकत्वीय (Inductive)	

Scanned by CamScanner

	(i) परिवर्ती कुण्डली विमायें	विस्थापन से प्रेरकत्वीय परिवर्तन
	(ii) परिवर्ती वायु गैप	विस्थापन से प्रेरकत्वीय परिवर्तन
	(iii) क्रोड पदार्थ में परिवर्तन	विस्थापन से प्रेरकत्व परिवर्तन
	(iv) कुण्डली की अवस्था में परिवर्तन	विस्थापन से प्रेरकत्व परिवर्तन
	(v) क्रोड की अवस्था में परिवर्तन	विस्थापन से प्रेरकत्व परिजर्तन
	(vi) कुण्डली की गति	वेग से प्रेरकत्व परिवर्तन
	(vii) स्थायी चुम्बक की गति	वेग से प्रेरकत्व परिवर्तन
	(viii) क्रोड की गति	वेग से प्रेरकत्व परिवर्तन
3.	धारितीय (Capacitive)	
	(i) वायु गैप में परिवर्तन	विस्थापन से धारिता परिवर्तन
	(ii) प्लेट क्षेत्रफल में परिवर्तन	विस्थापन से धारिता परिवर्तन
	(iii) परावैद्युत परिवर्तन	विस्थापन से धारिता परिवर्तन
9.	इलेक्ट्रॉनिक	विस्थापन से धारा या वोल्टेज
5.	पिआजो विद्युत	विस्थापन से वोल्टेज
6.	फोटो इलेक्ट्रिक	प्रकाश तीव्रता से वोल्टेज

अधिकतर मापन पद्धतियों में एक उपयुक्त कार्यकारण संयोग प्रयुक्त किया जाता है। जिसमें प्राय: यांत्रिक युक्ति एक प्राइमरी डिटेक्शन ट्रांसड्यूसर की तरह तथा विद्युत युक्ति एक सेकन्ड्री ट्रांसड्यूसर की तरह कार्य करती है जबकि यांत्रिक विस्थापन को माध्यमिक सिगनल की तरह काम में लाया जा सकता है।

9.10. यांत्रिक युक्तियां प्राइमरी डिटेक्टरों की तरह (Mechanical Devices as Primary Detectors)

उपर्युक्त तालिका में प्रदर्शित अनेक भौतिक राशियों (जैसे बल, दाब, विस्थापन, प्रवाह दर, ताप आदि) के रूपान्तरण तथा डिटेक्टशन के लिये यांत्रिक युक्तियाँ प्रयुक्त की जाती हैं। इनमें केन्टीलीवर स्प्रिंग, हैलीकल स्प्रिंग, स्पाइरल स्प्रिंग, स्ट्रेन गेज आदि प्रमुख होती हैं।

किसी आरोपित बल को विस्थापन में बदलने की मूल अभिधारणा ही अनेक प्रकार के ट्रांसड्यूसरों का आधार होता है। प्राय: वे यांत्रिक तत्व जो बल को विस्थापन में बदलते हैं, प्रत्यास्थ होते हैं। ये प्रत्यास्थ पदार्थ अनेक प्रकार के होते हैं। इन्हें तीन श्रेणियों में विभाजित किया जाता है—

1. प्रत्यक्ष तनाव या संकुचन टाइप।
2. बेंकन टाइप।
3. प्रोब टाइप।

9.11. दाब सुग्राहक प्राइमरी युक्तियाँ (Pressure Sensitive Primary Devices)

अधिकतर दाब मापक युक्तियों में प्राइमरी स्टेज में दाब के अभिग्रहण के लिये प्रत्यास्थ सदस्य होते हैं। ये प्रत्यास्थ सदस्य विभिन्न प्रकार के होते हैं तथा ये दाब को विस्थापन में रूपान्तरित करते हैं।

ये निम्न प्रकार के होते हैं--

1. बोर्डन ट्यूब।
2. डायफ्रॉम।
3. बेलोज।

9.12. विद्युतीय ट्रांसड्यूसर (Electrical transducers)

विद्युतीय ट्रांसड्यूसर वे युक्तियाँ हैं जोकि किसी भौतिक राशि को विद्युतीय सिगनल में रूपान्तरित करती हैं। किसी अविद्युतीय राशि के मापन के लिये एक डिटेक्टर का उपयोग किया जाता है जोकि विचाराधीन राशि को विस्थापन में बदल देता है। यह विस्थापन एक विद्युतीय ट्रांसड्यूसर को चलाता है, जोकि एक सेकण्ड्री ट्रांसड्यूसर की तरह कार्य करता है तथा उससे एक विद्युतीय आऊटपुट सिगनल प्राप्त होता है, जिसे विद्युतीय मापन के लिये प्रयुक्त सिद्धान्तों के आधार पर नापा जा सकता है। विद्युतीय आऊटपुट विचाराधीन राशि के परिमाण को माप सकता है।

विद्युतीय ट्रांसड्यूसर के लाभ (Advantages of electrical transducers)

विद्युतीय ट्रांसड्यूसर अनेक मौलिक राशियों को विद्युतीय सिगनल में रूपान्तरित करते हैं। किसी मौलिक राशि की भौतिक घटना को विद्युतीय सिगनल में रूपान्तरित करने के अनेक कारण होते हैं। किसी भौतिक राशि को समतुल्य विद्युत राशियों में बदलने के निम्न लाभ होते हैं—

1. विद्युतीय प्रवर्धन को आसानी से किया जाता है।
2. द्रव्यमान-जड़त्व प्रभावों का कम से कम किया जा सकता है।
3. घर्षण के प्रभाव कम होते हैं।
4. विद्युतीय या इलेक्ट्रॉनिक पद्धतियों का नियन्त्रण एक सूक्ष्म पॉवर लेविल द्वारा किया जा सकता है।
5. विद्युतीय आऊटपुट को आसानी से उपयोग में लाया जा सकता है, प्रेषित किया जा सकता है तथा मापन के लिये प्रोसेस (processed) किया जा सकता है।

9.13. ट्रांसड्यूसरों में प्रयुक्त विद्युतीय घटनायें (Electrical phenomena used in transducers)

विद्युतीय ट्रांसड्यूसरों में उपयोग में लाये जाने वाली विभिन्न वैद्युत घटनायें होती हैं—

1. प्रतिरोधीय
2. प्रेरकत्वीय
3. धारितीय
4. विद्युत-चुम्बकीय
5. पिआजो विद्युत
6. आयोनाइजेशन
7. फोटो-इलेक्ट्रिक या फोटो [illegible]

Scanned by CamScanner

8. फोटो चालन या फोटो-प्रतिरोधीय
9. फोटो वोल्टिक
10. विभवमापीय
11. थर्मो-इलेक्ट्रिक या थर्मो-वोल्टिक
12. इलेक्ट्रो-गतिक।

प्रतिरोधीय ट्रांसड्यूसरों में प्रतिरोध के परिवर्तन को मापना होता है तथा ये बहुत ही व्यापक उपयोग में लाये जाते हैं क्योंकि दिष्ट व प्रत्यावर्ती दोनों प्रकार की धारा व वोल्टेज, प्रतिरोध मापन के लिये प्रयुक्त किये जाते हैं।

किसी धातु के चालक का प्रतिरोध निम्न सूत्र से प्राप्त होती है—

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

जहां कि R चालक का ओह्म में प्रतिरोध, L चालक की मीटर में लम्बाई तथा ρ चालक के पदार्थ की ओह्म-मीटर में चालकता है।

उपर्युक्त सूत्र में किसी भी राशि के परिवर्तन में विद्युतीय ट्रांसड्यूसर आधारित होता है।

9.14. प्रतिरोधीय निष्क्रिय ट्रांसड्यूसर (Resistive Passive Transducer)

1. विभवमापी युक्तियाँ (Potentiometer Devices)

(i) सिद्धान्त—इसमें बाहरी बल द्वारा स्लाइडर को चलाकर विभवमापी या ब्रिज सर्किट का प्रतिरोध बदला जाता है।

(ii) अनुप्रयोग—दाब व विस्थापन।

2. प्रतिरोध स्ट्रेन गेज (Resistance strain gauge)

(i) सिद्धान्त—किसी चालक या अर्द्धचालक के बाहरी बल द्वारा प्रसार व संकुचन से उसके प्रतिरोध में परिवर्तन।

(ii) अनुप्रयोग—बल, बल आघूर्ण व विस्थापन।

3. पिरानी गेज या गर्म तार मीटर—

(i) सिद्धान्त—गैस की धारा से ठण्डे होने पर किसी तप्त तत्त्व के प्रतिरोध में परिवर्तन।

(ii) अनुप्रयोग—गैस प्रवाह, गैस दाब।

4. प्रतिरोध तापमापी—

(i) सिद्धान्त—धनात्मक प्रतिरोध तथा ताप गुणांक की शुद्ध धातु के प्रतिरोध में ताप के साथ परिवर्तन।

(ii) अनुप्रयोग—ताप-विकिरण ऊष्मा।

5. थर्मामीटर—

(i) सिद्धान्त—ऋणात्मक प्रतिरोध ताप गुणांक के धातु ऑक्साइड के प्रतिरोध का ताप के साथ परिवर्तन।

(ii) अनुप्रयोग—ताप, प्रवाह।

6. प्रतिरोध हाइग्रोमीटर—

(i) सिद्धान्त—चालक पत्ती के प्रतिरोध का नमी के साथ परिवर्तन।

(ii) अनुप्रयोग—अपेक्षिक आर्द्रता।

7. फोटो चालक सेल—

(i) सिद्धान्त—प्रकाश तीव्रता के अनुसार सेल के प्रतिरोध का परिवर्तन।

9.15. धारितीय निष्क्रिय ट्रांसड्यूसर (Capacitive passive transducer)

1. परिवर्ती धारितीय दाब गेज

(i) सिद्धान्त—बाहरी आरोपित बल के द्वारा धारित्र की दोनों प्लेटों के बीच दूरी का परिवर्तन।

(ii) अनुप्रयोग—विस्थापन दाब।

2. धारितीय माइक्रोफोन (Capacitor Microphone)

(i) सिद्धान्त—स्थिर प्लेट तथा परिवर्ती डायफ्रॉम के बीच ध्वनि दाब का परिवर्तन।

(ii) अनुप्रयोग—स्पीच, संगीत तथा शोर।

3. डाईइलेक्ट्रिक गेज—

(i) सिद्धान्त—परावैद्युत के परिवर्तन से धारिता में परिवर्तन।

(ii) अनुप्रयोग—द्रव तल, मोटाई।

9.16. प्रेरकत्वीय निष्क्रिय ट्रांसड्यूसर (Inductive passive transducer)

1. चुम्बकीय सर्किट ट्रांसड्यूसर—

(i) सिद्धान्त—ए० सी० द्वारा उत्तेजित कुण्डली का स्व: या पारस्परिक प्रेरकत्व का चुम्बकीय सर्किट में परिवर्तन के कारण परिवर्तन।

(ii) अनुप्रयोग—दाब, विस्थापन।

2. रिलेक्टेन्स पिकअप—

(i) सिद्धान्त—किसी कुण्डली के लौह क्रोड की स्थिति में परिवर्तन से चुम्बकीय सर्किट की रिलेक्टेन्स का परिवर्तन।

(ii) अनुप्रयोग—दाब, विस्थापन, कम्पन स्थिति।

3. डिफरेंशल ट्रांसफॉर्मर—

(i) सिद्धान्त—ट्रांसफॉर्मर की दो सेकन्ड्री लपेटों का डिफरेंशल वोल्टेज चुम्बकीय क्रोड की स्थिति के अनुसार परिवर्तन।

(ii) अनुप्रयोग—दाब, बल, विस्थापन, स्थिति।

4. भंवर धारा गेज—

(i) सिद्धान्त—भंवर धारा प्लेट की उपस्थिति के कारण किसी कुण्डली के प्रेरकत्व में परिवर्तन।

(ii) अनुप्रयोग—विस्थापन, मोटाई।

5. मैग्नेटोस्ट्रिक्शन गेज—

(i) सिद्धान्त—दाब व प्रतिबल के साथ चुम्बकीय गुणों में परिवर्तन।

(ii) अनुप्रयोग—बल, दाब व ध्वनि।

9.17. वोल्टेज व धारा निष्क्रिय ट्रांसड्यूसर (Voltage and current passive transducer)

1. हॉल प्रभाव पिकअप—

(i) सिद्धान्त—आरोपित धारा पर चुम्बकीय फ्लक्स की अभिक्रिया में अर्द्ध-चालक प्लेट के अनुदिश विभवान्तर का उत्पन्न होना।

Scanned by CamScanner

(ii) अनुप्रयोग—चुम्बकीय फ्लक्स धारा।

2. आयनन चेम्बर—

(i) सिद्धान्त—रेडियो धर्मी विकिरण के कारण गैस के आयनन द्वारा इलेक्ट्रॉन प्रवाह।

(ii) अनुप्रयोग—कणों की गणना, विकिरण।

3. फोटो उत्सर्जक सेल—

(i) सिद्धान्त—आपतित विकिरण के कारण इलेक्ट्रॉन उत्सर्जन।

(ii) अनुप्रयोग—प्रकाश एवं विकिरण।

9.18. स्वतः चलने वाले सक्रिय ट्रांसड्यूसर (Self acting active transducers)

1. थर्मोकपिल एवं थर्मोपाइल—

(i) सिद्धान्त—दो विभिन्न धातुओं के जंक्शनों के बीच तापान्तर के कारण विद्युत वाहक बल का उत्पन्न होना।

(ii) अनुप्रयोग—ताप, ऊष्मा, प्रवाह, विकिरण।

2. चल कुण्डल जेनरेटर—

(i) सिद्धान्त—किसी कुण्डली को चुम्बकीय क्षेत्र में गति के कारण वोल्टेज उत्पन्न होना।

(ii) अनुप्रयोग—वेग, कम्पन।

3. पिआजो इलेक्ट्रिक पिकअप—

(i) सिद्धान्त—किसी क्रिस्टलाइन पदार्थ (जैसे क्वार्ट्ज) पर बाहरी बल लगाने पर वि० वा० बल का उत्पन्न होना।

(ii) अनुप्रयोग—ध्वनि, कम्पन, त्वरण, दाब परिवर्तन।

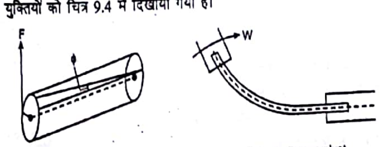
4. फोटो वोल्टिक (Photo voltic)

(i) सिद्धान्त—किसी अर्द्ध-चालक जंक्शन युक्ति में वोल्टेज का उत्पन्न होता जबकि विकिरण ऊर्जा सेल द्वारा ग्रहण की जाती है।

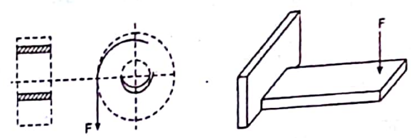
(ii) अनुप्रयोग—प्रकाश मीटर, सोलर सेल।

9.19. यांत्रिक डिटेक्टर (Mechanical Detector)

हम जानते हैं कि अनेक भौतिक राशियाँ जैसे, बल, दाब, विस्थापन, प्रवाह दर, ताप इत्यादि ऐसी हैं जिनके मापन के लिये डिटेक्टर या प्राइमरी ट्रांसड्यूसरों की आवश्यकता होती है। अनेक प्रकार के प्राइमरी ट्रांसड्यूसरों में आरोपित बल को विस्थापन में रूपान्तरित करने की अभिधारणा का उपयोग किया जाता है। वे यांत्रिक तत्त्व जो आरोपित बल को विस्थापन में रूपान्तरित करने के लिये प्रयुक्त किये जाते हैं 'प्रत्यास्थ पदार्थ' होते हैं। ये प्रत्यास्थ सदस्य विभिन्न प्रकार के होते हैं। इनमें से प्रमुख प्रकार की युक्तियों को चित्र 9.4 में दिखाया गया है।



(a) Torsion bar or shaft (b) Spring flexure pivot



(c) Spiral spring (a) Cantilever

चित्र 9.4

9.20. यांत्रिक स्पिरिंग (Mechanical springs)

अधिकतर यांत्रिक मापनों में किसी न किसी प्रकार के स्पिरिंग प्रयुक्त किये जाते हैं। इन स्पिरिंगों में विस्थापन बहुत कम होते हैं। अनेक प्रकार के स्पिरिंग (जैसे केन्टीलीवर हेलीकल तथा इस्पाईरल स्पिरिंग, मरोड़ बार, प्रोविंग रिंग तथा स्पिरिंग फ्लेक्जर पिवट आदि।

1. फ्लेट स्पाईरल स्पिरिंग (Flat spiral spring)—ये ऐनोलोग टाइप यन्त्रों में कन्ट्रोलिंग आघूर्ण उत्पन्न करने के काम आते हैं।

2. मरोड़ बार (Torsion bar)—ये आघूर्ण सेन्स करने वाले तत्त्व होते हैं तथा आघूर्ण मीटर होते हैं। छड़ का विक्षेप मरोड़ आरोपित आघूर्ण के बराबर होता है तथा विरुपण की आघूर्ण की माप को लिया जाता है। इसे चित्र 9.4 (a) में दिखाया गया है।

कुछ आघूर्ण मीटरों को इस प्रकार डिजाइन किया जाता है कि छड़ को मरोड़ के कारण कोणीय विस्थापन-विस्थापन ट्रांसड्यूसर से नापा जाता है।

कुछ अन्य आघूर्ण मीटरों में छड़ की सतह पर विकृति, जोकि आघूर्ण के समानुपाती है, स्ट्रेन गेज से नापी जाती है। अपरुपण विकृति आघूर्ण को निम्न सूत्र से नापती है—

$$T = \frac{\pi G d^3}{16} \phi$$

जहाँ G = छड़ का अपरुपण गुणांक (shear modulus) (mN/m^2)

d = छड़ का व्यास (मीटर)

ϕ = मरोड़ कोण (रेडियन)

3. प्रूविंग स्पिरिंग या रिंग (Proving rings)—ये बल, भार या लोड के मापन के लिये प्रयुक्त की जाती हैं। आरोपित बल विक्षेप उत्पन्न करता है, जिसे वैद्युतीय ट्रांसड्यूसर से नापा जाता है। विस्थापन ट्रांसड्यूसर प्रूविंग स्पिरिंग की चोटी व तली के बीच जोड़ा जाता है।

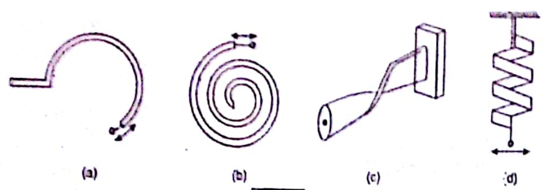
4. स्पिरिंग फ्लेक्जर पिवट (Spring flexure pivot)—फंक्शन रहित डिटेक्टर है। इसीलिये इसे मापन के लिये आमतौर पर काम में लाया जाता है।

9.21. दाब सुग्राही डिटेक्टर (Pressure Sensitive Detectors)

सभी दाब मापक युक्तियों में प्रत्यास्थ तत्त्व डिटेक्टर के रूप में प्रयुक्त होते हैं। कई प्रकार के प्रत्यास्थ तत्त्व दाब को विस्थापन में रूपान्तरित कर सकते हैं। निम्न विवेचन में हम केवल तीन आमतौर पर प्रयुक्त दाब सुग्राही डिटेक्टर का वर्णन कर रहे हैं—

1. बोर्डन नलिकायें (Bourden tubes)—ये दीर्घवृत्तीय परिच्छेद की फ्लेटन (flatened) ट्यूब होती है जिन्हें चित्र

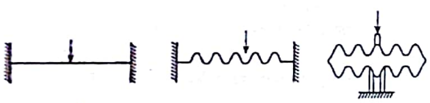
Scanned by CamScanner



चित्र 9.5

जब यह तरल जिसका दाब नापना होता है, नली में प्रवेश कराया जाता है तो तरल के दाब के कारण सीधा होना चाहती है। इससे नली के मुक्त सिरे में गति होती है इस विस्थापन जोकि दाब के संगत होता है। बोर्डन नोलकायें प्राय: दाब का गेज करती हैं। पीतल फॉस्फर, ब्रान्ज बेरिलियम कॉपर तथा स्टील आदि पदार्थों की बोर्डन नलिका बनाई जाती हैं।

2. डायाफ्रॉम (Diaphragms)—हम जानते हैं कि दाब द्वारा गति की अभिधारणा से दाब से नापन एक सबसे सरल विधि होती है। मापे जाने वाले दाब को डायफ्रॉम के एक ओर लगाते हैं। क्योंकि डायाफ्रॉम की कोर दृढ़ता से क्लैम्प होती है अत: दाब के कारण डायाफ्रॉम में विक्षेप होता है जोकि उस पर आरोपित दाब के समानुपाती होती है। अत: डायाफ्रॉम का विक्षेप नापकर प्रायोगिक दाब को नापा जा सकता है। चित्र 9.6 के अनुसार डायाफ्रॉम तीन प्रकार के होते हैं।



चित्र 9.6

डायाफ्रॉम मेमब्रेन (membrane) भी हो सकता है। पतली गोलीय प्लेट ही प्राय: डायाफ्रॉम के रूप में प्रयुक्त की जाती है।

ये प्लेट या तो दो ठोस रिंगों के बीच अपनी परिधि के चारों ओर क्लैम्प की जाती है या फिर एक ठोस धातु के टुकड़े से काटी जाती है।

जब P दाब एक प्लेट डायाफ्रॉम पर लगाया जाता है तो उसका बड़ा स्वरूप चित्र 9.7 में दिखाया गया है।

तब
$$P = \frac{256 Y t^3 d_c}{3(1-\mu^2) D^4} \text{ N/m}^2$$

जहाँ Y = डायाफ्रॉम के पदार्थ का यंग मापांक (N/m²)

t = डायाफ्रॉम की मोटाई (m)

D = डायाफ्रॉम का व्यास (m)

μ = डायाफ्रॉम के पदार्थ की पायसन निष्पति = $\left(\frac{\text{अनुप्रस्थ विकृति}}{\text{अनुदैर्ध्य विकृति}}\right)$

d_c = केन्द्र पर (विक्षेप) या विस्थापन,

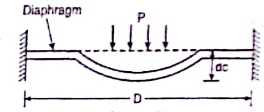
डायाफ्रॉम की परिधि पर अधिकतम प्रतिबल

$$S_m = \frac{3D^2 P}{16t^2} \text{ N/m}^2$$

वायु या गैसीय माध्यम की निम्नतम स्वाभाविक आवृत्ति

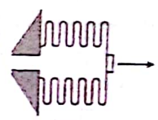
$$f_n = \frac{10t}{\pi D^2}\sqrt{\frac{Y}{3\rho(1-\mu^2)}} \text{ हर्ट्ज}$$

जहाँ ρ = डायाफ्रॉम के पदार्थ का घनत्व (kg/m³)



चित्र 9.7

चित्र 9.6 (b) में प्रदर्शित कोरुगेटिड (corrugated) डायाफ्रॉम में अपेक्षाकृत अधिक विस्थापन उत्पन्न करते हैं और अधिक विस्थापन प्राप्त करने के लिये दो कोरुगेटिड डायाफ्रॉम को वेल्ड या सोल्डर करके केप्सूल (Capsule) बनाया जाता है जो चित्र 9.6 (c) में दिखाया गया है। डायाफ्रॉम के लिये गर्म स्टील प्रयुक्त की जाती है।

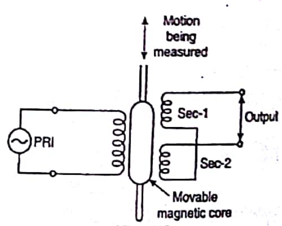

चित्र 9.8

3. बेलोज (Bellows)—चित्र 9.8 के अनुसार यह एक पतली दीवारों वाली (0.1 मिमी मोटी) ट्यूब होती है जिसकी आकृति कोरुगेटिड होती है। यह उत्तेजित पीतल या स्टेनलेस स्टील की बनी होती है। वास्तव में बेलो एक दाब स्पिरिंग होता है, जिसका दाब बेलो के प्रकार तथा प्रयुक्त पदार्थ की मोटाई पर निर्भर करता है।

उपर्युक्त तीनों प्रकार के यांत्रिक डिटेक्टरों की कार्य प्रणाली दाब द्वारा उत्पन्न विरूपण पर आधारित होती है। विरूपण, जोकि यांत्रिक विस्थापन होता है, बहुत ही कम होता है। अत: वांछित आऊटपुट प्राप्त करने के लिये सेकन्डरी ट्रांसड्यूसर प्रयुक्त किये जाते हैं।

9.22. रेखीय परिवर्ती डिफरेंशल ट्रांसफॉर्मर (Linear Variable Differential Transformer LVDT)

यह बहुत ही प्रचलित प्रेरकत्वीय ट्रांसड्यूसर है। इसके द्वारा रेखीय गति का वैद्युत सिगनल में रूपान्तरण होता है। इसमें तीन कुण्डलियाँ एक ही बेलनाकार फॉर्मर पर लिपटी होती हैं। इनमें से बीच की कुण्डली प्राइमरी का काम करती है जो अपने दोनों ओर की सेकन्डरी कुण्डली में वि० वा० बल प्रेरित करती है। इसके व्यवस्था को चित्र 9.9 में दिखाया गया है।



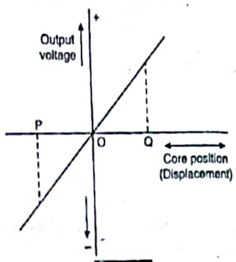
चित्र 9.9

जिस दाब या विस्थापन को नापा जाना होता है उसे यांत्रिक रूप से चुम्बकीय क्रोड से युग्मित किया जाता है तथा कुण्डली संयोग के अन्दर उनकी अक्ष के अनुदिश गति करने के लिये मुक्त होती है।

Scanned by CamScanner

1. सिद्धान्त (Theory)—जब प्राइमरी का ऊर्जा दी जाती है, तो सेकन्डरी में ए० सी० वोल्टेज प्रेरित हो जाते हैं। सेकन्डरी कुण्डलियाँ विपरीत फेज में जुड़ी होती है जिससे दोनों सेकन्डरी कुण्डलियों में प्रेरित वि० वा० बल विपरीत कला में होते हैं। अतः ट्रांसफॉर्मर का आऊटपुट दोनों कुण्डलियों में प्रेरित वि० वा० बल के अन्तर के बराबर होता है। प्रारम्भ में जब क्रोड पर कोई भी बल नहीं लगता है तो यह केन्द्रीय स्थिति में रहती है जिससे सेकन्डरी सर्किट में उत्पन्न नेट वोल्टेज शून्य होगा। यह सन्तुलन या अविक्षेप बिन्दु है।

बल लगाने पर क्रोड गति करती है तथा उससे सेकन्डरी कुण्डली में जिसकी ओर क्रोड चलती है, प्रेरित वि० वा० बल बढ़ जाता है। इससे ट्रांसफॉर्मर से डिफरेंशल आऊटपुट उत्पन्न होता है। क्रोड की विपरीत दिशा में गति से सूक्ष्म वोल्टेज उत्पन्न होता है परन्तु विपरीत कला का। इस ट्रांसड्यूसर को चित्र 9.9 में दिखाया गया है।



चित्र 9.10

L.V.D.T. का आऊटपुट वोल्टेज सीमित रेंज में विस्थापन का रेखीय फंक्शन होता है। चित्र 9.10 में आऊटपुट वोल्टेज का क्रोड के विस्थापन के साथ परिवर्तन प्रदर्शित किया गया है। सूक्ष्म विस्थापनों के लिए वक्र लगभग सरल रेखा है।

2. गुण (Merits)—(i) L.V.D.T. का आऊटपुट सूक्ष्म विस्थापनों (5 मिमी तक) लगभग रेखीय होता है।

(ii) इसकी सुग्राहिता बहुत ही उच्च 40 V/mm होती है।

(iii) इस ट्रांसफॉर्मर का शैथिल्य क्षय बहुत कम होता है।

(iv) इसका पुनरावृत्ति गुण बुहत अच्छा होता है।

(v) इसमें काफी शॉक (shock) सहन करने की शक्ति होती है।

(vi) 1×10^{-3} मिमी तक विभेदन के L.V.D.T. बनाना सम्भव है।

(vii) इसमें ताप का प्रभाव नगण्य होता है।

(viii) इनकी सुग्राहिता बहुत उच्च होने के कारण स्ट्रेन गेज की तुलना में सूक्ष्म विस्थापन मापन के लिये ये बहुत ही उपयुक्त होते हैं।

3. दोष (Demerits)—

(i) ये स्ट्रे चुम्बकीय क्षेत्रों के प्रति बड़े संवेदनशील होते हैं। अतः इनको शील्ड करना आवश्यक है।

(ii) काफी डिफरेंशल आऊटपुट प्राप्त करने के लिये अपेक्षाकृत अधिक विस्थापन आवश्यक होते हैं।

(iii) कम्पनों से इस ट्रांसड्यूसरों के कार्य कारण पर प्रभाव पड़ता है।

(iv) ए० सी० सिगनल चालन की अवस्था में एक अभिग्राही यन्त्र की आवश्यकता होती है। डी० सी० आऊटपुट के लिये एक डिमॉडुलेटर नेटवर्क की आवश्यकता होती है।

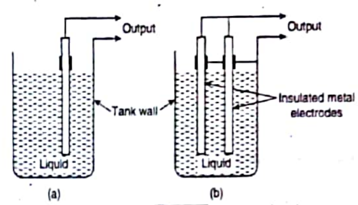
4. अनुप्रयोग (Applications)—L.V.D.T. के प्रमुख अनुप्रयोग निम्न होते हैं—

(i) L.V.D.T. का प्रयोग उन सभी अनुप्रयोगों में किया जा सकता है जिनमें कुछ मिमी से कुछ संमी तक के विस्थापन नापने होते हैं।

(ii) ट्रांसड्यूसर के रूप में इसके बल, भार, दाब आदि का मापन किया जा सकता है। बल के मापन के लिये सेल को

9.23. द्रवतल के मापन के लिये परावैद्युतांक में परिवर्तन के आधार पर बनाये गये धारितीय ट्रांसड्यूसर (Capacitive Transducer Using Variation of Dielectric Constant for Measurement of Liquid Level)

द्रव तल के मापन के लिये प्रयुक्त धारितीय ट्रांसड्यूसर में चित्र 9.11 (a) के अनुसार एक इन्सुलेटिड धातु का इलेक्ट्रोड होता है जो एक टेंक की धातु की दीवार के समान्तर दृढ़ता से स्थिर होता है। यदि द्रव अचालक है तो इलेक्ट्रोड व टेंक की दीवार एक समान्तर प्लेट संधारित्र की दो प्लेटें बनाते है जिनके बीच भरा द्रव परावैद्युतांक का काम करता है। यदि द्रव चालक है तो छड़ तथा द्रव संधारित्र की प्लेटों का कार्य करते हैं तथा उनके बीच का इन्सूलेशन परावैद्युतांक का कार्य करता है।



चित्र 9.11

इस संधारित्र की धारिता अन्य फेक्टरों पर निर्भर करती है, जैसे प्लेट्रों के बीच परावैद्युतांक की ऊँचाई। ऊँचाई अधिक होने पर धारिता अधिक होती है तथा ऊँचाई कम होने पर धारिता कम हो जाती है। अतः संधारित्र की धारिता द्रव की टैंक में ऊँचाई के समानुपाती होती है। जहाँ टैंक धातु का नहीं होता है तो दो समान्तर इन्सुलेटिड छड़ों (इलेक्ट्रॉड) को एक स्थिर दूरी पर रखा जाता है जैसाकि चित्र 9.11 (b) में दिखाया गया है। दोनों छड़ें संधारित्र की प्लेटों का कार्य करती हैं। द्रव का तल ऊँचा होने पर धारिता अधिक होती है।

$$C = 2\frac{h_1\varepsilon_1 + h_2\varepsilon_2}{\log_e\left(1 - \frac{a}{r}\right)} F$$

h_1 = height of liquid, h_2 = height of cylinder above liquid surface

ε_1 = permittivity of the liquid, ε_2 = permittivity of gas above liquid

r = outer radius of inner cylinders, θ = distance between inner and outer cylinder

$$h >> r_2 \quad \text{and} \quad r >> r_2 - r_1$$

उपर्युक्त अवस्थाओं में धारिता का मापन करके द्रवतल का मापन किया जा सकता है।

गुण (Merits)—

(i) धारितीय ट्रांसड्यूसरों के चालन के लिये बहुत कम बल की आवश्यकता होती है, अतः ये बहुत ही सूक्ष्म आकार के हो सकते हैं।

(ii) ये बहुत हीं सुग्राही होते है तथा इनकी आवृत्ति अनुक्रिया 54 KHz तक बहुत अच्छी होती है। अतः इन्हें स्थैतिक व गतिज दोनों प्रकार के परिवर्तनों के लिये कार्य में लाया जा सकता है।

(iii) इनकी इनपुट प्रतिबाधा बहत उच्च होती है। इनका विभेदन 2.5×10^{-2} मिमी० के क्रम का हो सकता है।

Scanned by CamScanner

दोष (Demerits)—

(i) इनके कार्य कारण पर धूल आदि का बड़ा ही दुष्प्रभाव पड़ता है क्योंकि इससे परावैद्युतांक बदल जाता है।

(ii) इनकी सुग्राहिता पर ताप परिवर्तन का बहुत अधिक दुष्प्रभाव पड़ता है।

(iii) धारित्र के धातुविक भाग एक-दूसरे से इन्सूलेट होने चाहियें।

(iv) ऐज प्रभाव (किनारों पर वैद्युत क्षेत्र समान न होने पर) को दूर करने के लिये गार्ड रिंग का उपयोग करना होता है। स्ट्रे धारिता को भी कम करने के लिये गार्ड रिंग का उपयोग आवश्यक होता है।

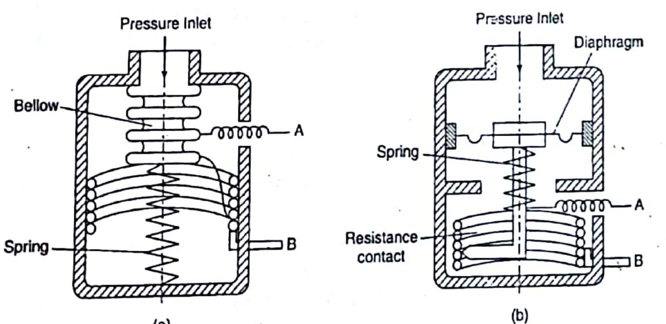
9.24. प्रतिरोधीय दाब ट्रांसड्यूसर (Resistive Pressure Transducer)

किसी प्रतिरोधीय ट्रांसड्यूसर से दाब का मापन इस तथ्य पर निर्भर करता है कि दाब परिवर्तन से सेन्सिंग तत्त्व के प्रतिरोध में परिवर्तन होता है। इस प्रतिरोध परिवर्तन को अविक्षेप विधि से सरलता से नापा जा सकता है अर्थात् इस सेन्सिंग तत्त्व का ब्रिज सर्किट का एक भाग लेकर परिवर्तन को ए० सी० या डी० सी० आऊटपुट के रूप में प्राप्त करके दाब का मापन किया जा सकता है।

सेन्सिंग तत्त्व की आकृति व स्वरूप दाब के लगने के यांत्रिक प्रबन्ध पर निर्भर करता है। चित्र 9.12 में वे दो सामान्य प्रबन्ध दिखाये गये हैं जिनमें दाब प्रतिरोधीय तत्त्वों पर कार्य करता है।

इन तत्त्वों को क्रमशः (i) बेलों टाइप (Bellow type) तथा (ii) डायाफ्रॉम टाइप कहते है।

बेलो टाइप में प्रायोगिक दाब पर निर्भर करते हुए बेलो प्रसारित व संकुचित होते हैं जिसके कारण प्रतिरोध सम्पर्क ऊपर या नीचे चलता है और परिणामस्वरूप दो बाहरी लोड A व B के बीच प्रभावी प्रतिरोध (जो कि ब्रिज सर्किट का एक भाग) परिवर्तित होता है।



चित्र 9. 12

इसी प्रकार डायाफ्रॉम टाइप में दाब लगाने पर डायाफ्रॉम गति करता है जिसके कारण तत्त्व के प्रतिरोध में परिवर्तन होता है।

9.25. प्रवाह का मापन

प्रवाह मीटर वह युक्ति है जिससे प्रवाह दर को मापा जाता है। प्रवाह को मापने वाली युक्ति को चार भागों में बाँटा गया है—

1. **मैकेनिकल टाइप प्रवाह मीटर** (Mechanical type flow meters)—नियत अवरोध वाले परिवर्तित हैड टाइप प्रवाह मीटर विभिन्न प्रकार के संवेदन जैसे आरिफिस प्लेट, वेन्चरी ट्यूब, प्रवाह नॉजल पिट्राट ट्यूब, डल ट्यूब, भार प्रवाह मीटर इत्यादि इस कैटेगरी में आते हैं।
2. **इनफिरेन्सियल टाइप प्रवाह मीटर** (Inferential type flow meters)—परिवर्ती क्षेत्रफल प्रवाह मीटर जैसे रोटा मीटर, टरबाइन प्रवाह मीटर आदि।
3. **वैद्युत टाइप प्रवाह मीटर** (Electrical type flow meters)—वैद्युत चुम्बकीय प्रवाह मीटर, अल्ट्रासोनिक प्रवाह मीटर, लेजर डोपलर एनिमोमीटर इत्यादि इस समूह में आते हैं।
4. **अन्य प्रवाह मीटर** (Other flow meters)—ठोस को मापने का प्रवाह मीटर, क्रास-कोरिलेशन प्रवाह मीटर, प्रवाह स्विच आदि।

9.26. मैकेनिकल प्रवाह मीटर (Mechanical flow meters)

परिवर्ती हैड टाइप प्रवाह मीटर में, पाइपलाइन में एक अवरोध लगाया जाता है जिसकी माप पता होती है। इन अवरोधों पर वेग वृद्धि के साथ हैड ह्रास (head loss) या दाब ड्रॉप होता है। इस दाब ड्रॉप को माप कर प्रवाह दर ज्ञात की जाती है।

T = तापमान, A = क्षेत्रफल, ρ = घनत्व, V = वेग, P = दाब

Z = केन्द्र लाइन एलिवेशन (Central line elevation)

यदि यह एलिवेशन बहुत कम है तो $Z_2 - Z_1$ के अन्तर को नगण्य मान लेते हैं।

बरनौली प्रमेय के अनुसार

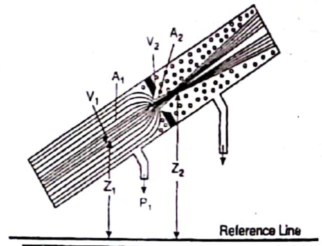
$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2g}$$

जहाँ g = गुरुत्व के कारण त्वरण

$$\frac{P_1}{\rho} - \frac{P_2}{\rho} = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}$$

$$P_1 - P_2 = \frac{\rho}{2g}[V_2^2 - V_1^2]$$

$$P - P_2 = \frac{V_2^2 P}{2g}[1 - (V_1/V_2)^2] \quad ...(1)$$



चित्र 9.13 : Schematic representation of a one-dimensional flow system with a restriction

इस प्रकार के प्रवाह की निरन्तरता समीकरण (Continuity equatino)

$$Q = A_2V_2 = A_1V_1 \quad ...(2)$$

Q = आयतन प्रवाह दर, m^3/sec में

समीकरण (1) और (2) से

$$Q = A_2V_2 = \frac{A_2}{\sqrt{(1-(A_2/A_1)^2}}\left[\sqrt{\frac{2g(P_1 - P_2)}{\rho}}\right]$$

Scanned by CamScanner

$$= A_2 M_{V_e} \sqrt{2gh}$$

$$M_{V_e} = \frac{1}{\sqrt{1-(A_2/A_1)^2}} = \text{एक स्थिरांक है}$$

$$h = \frac{P_1 - P_2}{\rho} = \text{डिफ्रेन्शियल हैड}$$

यह समीकरण आइडल आयतन प्रवाह दर के लिये है।

β अनुपात (β-Ratio)—अधिकतर परिवर्ती हैड मीटर प्रवाह रास्ते में अवरोध पर निर्भर करता है जो वेग में बदलाव उत्पन्न करता है। गोलीय पाइप के लिए, अवरोध के व्यास तथा पाइप के आन्तरिक व्यास के अनुपात को β अनुपात कहते है।

$$\beta = d/D$$

जहाँ d = अवरोध का व्यास

D = पाइप का आन्तरिक व्यास

रिनाल्ड्स संख्या (Reynold's number)

सर आसबोर्न रिनोल्ड्स ने एक विमारहित अनुपात दिया जिसको रिनोल्ड्स संख्या कहते हैं। इसको R_e से व्यक्त करते है—

$$R_e = \frac{\rho VD}{\mu}$$

जहाँ V = वेग

D = पाइपलाइन का व्यास

ρ = घनत्व

μ = निरपेक्ष श्यानता

रिनोल्ड्स संख्या आन्तरिक बल और श्यान बल के अनुपात को व्यक्त करता है। कम रिनोल्ड्स संख्या पर, श्यान बल अधिक प्रभाव और आन्तरिक बल का कम प्रभाव होता है। अधिक रिनोल्ड्स संख्या पर, आन्तरिक बल का प्रभाव अधिक और श्यान बल का कम प्रभाव होता है।

डिस्चार्ज गुणांक (Discharge coefficient) (C_d)

डिस्चार्ज गुणांक C_d को इस प्रकार परिभाषित कर सकते है—यह वास्तविक आयतनिक प्रवाह दर और आइडियल आयतनिक प्रवाह दर के अनुपात को कहते हैं।

$$C_d = \frac{q_{actual}}{q_{ideal}}$$

जहाँ

q_{actual} = वास्तविक आयतनिक प्रवाह दर (actual volumetric flow rate)

q_{ideal} = आइडियल आयतनिक प्रवाह दर (ideal volumetric flow rate)

विभिन्न प्रकार के प्रवाह मीटर (Different types of flowmeter)—प्रवाह को मापने में प्रयोग होने वाले यंत्र निम्न प्रकार है—

[illegible] flowmeter (based on differential pressure measurement)]

3. मैकेनिकल प्रवाह मीटर [Mechanical flowmeters (Turbine Flowmeter)]
4. वैद्युत चुम्बकीय प्रवाह मीटर (Electro magnetic flowmeter)
5. ऐनीमोमीटर (Anemometer)
6. अल्ट्रासोनिक प्रवाह मीटर (Ultrasonic flowmeter)
7. वर्टेक्स प्रवाह मीटर (Vertex flowmeter)

9.27. हैड टाइप प्रवाह मीटर (Head type flowmeter)

इस प्रकार के प्रवाह मीटरों में पाइपों में जिनमें द्रव प्रवाह कर रहा है, उनमें कुछ युक्ति डाली (Insert) जाती है और यह द्रव के प्रवाह में अवरोध पैदा करता है, जिससे युक्ति के दोनों तरफ दाब अन्तर उत्पन्न हो जाता है।

कुछ मुख्य युक्तियाँ इस प्रकार है—

1. आरिफिस प्लेट (Orifice plate)
2. वेन्चुरी प्रवाह मीटर (Venturi flow meter)
3. पिटॉट्-नली प्रवाह मीटर (Pitot tube flow meter)
4. टरबाइन प्रवाह-मीटर (Turbine flow meter)
5. रोटा प्रवाह मीटर (Rotameter)
6. वैद्युत-चुम्बकीय प्रवाह मीटर (Electro-magnetic flowmeter)

आरिफिस प्लेट (Orifice plate flow meter)

इस प्रकार के मीटर का सिद्धान्त भी वेन्चुरी मीटर के समान ही है। इसका प्रयोग उन स्थानों पर करते है, जहाँ प्रवाह मापने के लिए मुख्य पाइप लाइन में कम जगह उपलब्ध रहती है क्योंकि वेन्चुरी ट्यूब की अपेक्षा इसकी लम्बाई कम होती है, अथवा/और जहाँ मापित प्रवाह-दर में कम यथार्थता (accuracy) की आवश्यकता होती है क्योंकि इसकी कीमत कम होती है।

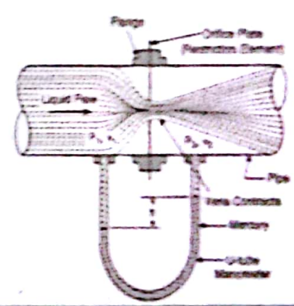
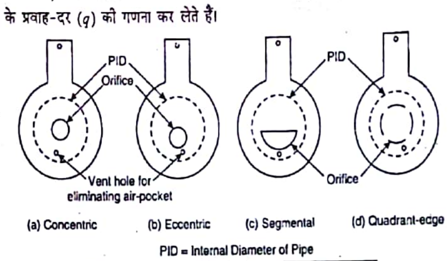


FIG 9.14 : Pressure-different Measurement in orifice-plate and Flowmeter

ऑरिफिस मीटर के योजनाबद्ध आरेख को चित्र-9.14 में प्रदर्शित किया गया है। इसमें दो फ्लैंजों (Flanges) के मध्य मे धातु की एक गोल पतली प्लेट लगाई जाती है, जिसमें एक छेद होता है। इस छेद के क्षेत्र को ऑरिफिस (Orifice) तथा इस प्लेट को ऑरिफिस प्लेट कहते हैं। सामान्यत: उपयोग को जाने वाली ऑरिफिस-प्लेटों की विभिन्न संरचनाओं को चित्र-9.3 में प्रदर्शित किया गया है। ऑरीफिस (छेद) का व्यास, पाइप के व्यास (D) का 0.4 से 0.85 तक हो सकता है। परन्तु सामान्यत: 0.5 D आकार की ऑरिफिस वाली ऑरिफिस प्लेटो का प्रयोग किया जाता है। ऑरिफिस प्लेट को द्रव प्रवेश की ओर लगभग 1.5 D से 2D तक की दूरी पर तथा निकास की ओर लगभग 0.5 D दूरी पर लगाया जाता है। दाबमापी (Manometer) द्वारा ऑरिफिस प्लेट के एक्रास दबाव परिवर्तन ($P_1 - P_2 = h$) को मान कर समीकरण (3) एवं (4) द्वारा द्रव के प्रवाह-दर (q) की गणना कर लेते हैं।



चित्र 9.3 : Different Orifice Plates for Using in Fig. 9.2

$$V_2 = K\sqrt{\frac{2g}{\rho}(P_1 - P_2)} \quad ...(3)$$

$$1\text{ (rate of flow)} = KA_2\sqrt{\frac{2g}{\rho}(P_1 - P_2)} \quad ...(4)$$

यहाँ $$K = \frac{c}{\sqrt{(1-\beta^4)}}$$

लाभ (Advantages)

इस प्रकार के प्रवाह मीटरों के कुछ प्रमुख लाभ निम्नलिखित हैं—

(i) इसकी कीमत (cost) अपेक्षाकृत कम है।

(ii) ये पाइप साइज की बहुत रैन्ज (0.3175 cm से 18.2118 metre तक व्यास) तक के लिए उपलब्ध हैं।

(iii) इनका उपयोग, आन्तरिक दबाव युक्तियों (Differential Pressure Devices) की भाँति किया जाता है।

(iv) ये कई प्रकार के पदार्थों (जैसे कि Steel, Nickel, Monel, Phosphor Bronze आदि) में उपलब्ध है।

हानियाँ (Disadvantages)

इनके कुछ अवगुण निम्नलिखित हैं—

(i) ये द्रव के स्थायी दबाव में अपेक्षाकृत अधिक परिवर्तन उत्पन्न करते हैं।

(ii) इनका झुकाव, द्रव के प्रवाह में बाधा (clog) उत्पन्न करने का होता है, अत: इनका प्रयोग गारे द्रवों (slurry liquids) के प्रवाह मापन में बहुत कम किया जाता है।

9.28. वैन्चुरी प्रवाह मीटर (Venturi Flow Meter)

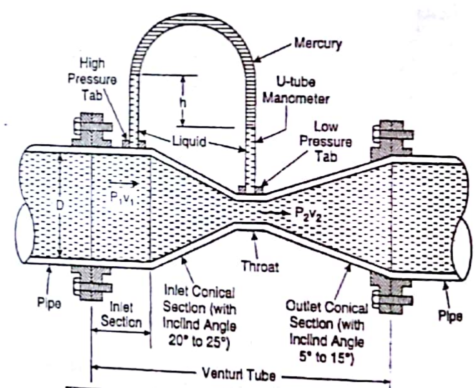
यह भी एक यांत्रिक प्रकार का प्रवाह मीटर है। यांत्रिक प्रकार के प्रवाह मीटरों का प्रचालन इस सिद्धान्त पर आधारित है कि यदि किसी द्रव के प्रवाह के पथ मे एक अवरोध लगाया जाए तो द्रव के दबाव (fluid pressure) में परिवर्तन उत्पन्न होता है जोकि प्रवाह की दर (rate of flow) पर आधारित होता है। अत: अवरोध (obstruction) के पहले द्रव के दाब (P_1) एवं अवरोध के बाद द्रव के दाब (P_2) के अन्तर ($P_1 - P_2$) को अन्तर दाब संवेदक (Differential pressure sensor) से माप कर, प्रवाह की दर (F_t) को ज्ञात किया जा सकता है क्योंकि F_t एव ($P_1 - P_2$) में निम्नलिखित सम्बन्ध होता है—

$$F_t = K_0\sqrt{(P_1 - P_2)} \quad ...(5)$$

जहाँ; K_0 = प्रवाह मीटर तथा प्रवाहित द्रव का संयुक्त स्थिरांक है।

वेन्चुरी प्रवाह मीटर, अधिक यथार्थ (most accurate) होते हैं, परन्तु बहुत कीमती (most expensive) होते है, अत: इनका उपयोग वहाँ किया जाता है जहाँ उच्च चिपचिपे द्रवों (High Viscous Fluids) के प्रवाह मापन में उच्च यथार्थता की आवश्यकता हो। वेन्चुरी प्रवाह मीटर में एक वेन्चुरी नली (Venturi Tube) का प्रयोग किया जाता है, जिसके योजनाबद्ध-आरेख को U-tube manometer, जिसके द्वारा अवरोध तत्व के एक्रास अन्तर-दाब $P_1 - P_2 = h$ (सिरों पर दाब में अन्तर अर्थात् पारे की ऊँचाइयों में अन्तर (h) का मापन किया जाता है, सहित चित्र-9.15 में प्रदर्शित किया गया है। इस वेन्चुरी नली में निम्नलिखित भाग (parts) होते हैं—

- जिस पाइप में द्रव की प्रवाह-दर को मापना हो, उसी के समान व्यास (same diameter) का वेन्चुरी नली में एक सीधा प्रवेशिका भाग (straight intel section) होता है।
- प्रवेशिका भाग में एक उच्च दाब टोंटी (High pressure tap) निर्मित रहती है।
- एक परिवर्तनीय शांकवीय प्रवेशिका भाग (Converging conical intel section) जिससे बहाव (stream) का अनुप्रस्थ-काट (cross-section) घटता है। इससे द्रव के वेग में वृद्धि होती है, जबकि द्रव के दाब में कमी आती है।



चित्र 9.15 : Cut-section Diagram of Venturi Flow-meter

Scanned by CamScanner

- इसमें मध्य में (अर्थात् शांकवीय प्रवेशिका भाग के अन्त में एक निम्न दाब टैप (Low Pressure Tap) निर्मित रहता है।
- वेन्चुरी नली के अन्त में निर्गत शांकवीय भाग होता है, जिसका व्यास, (Throat) से दूरी के अनुसार बढ़ता है। इससे द्रव के वेग में कमी आती है, जबकि द्रव के दाब में वृद्धि होती है। वेन्चुरी नली के निर्गमन पर द्रव का दाब, वेन्चुरी नली की प्रवेशिका पर द्रव के दाब के बराबर हो जाता है।

चित्र-9.15 में प्रदर्शित venturi flowmeter के साथ, संयोजित U-ट्यूब मैनोमीटर में पारे के सिरों में अन्तर 'h', जो कि $P_1 - P_2$ के समानुपाती होता है, के पाठ्यांक (reading) को ज्ञात करके समीकरणों (1) एवं (2) द्वारा द्रव के प्रवाह के मान को ज्ञात किया जा सकता है।

$$V_2 = K\sqrt{\frac{2g}{\rho}(P_1 - P_2)} \qquad ...(6)$$

$$1 = KA_2\sqrt{\frac{2g(P_1 - P_2)}{\rho}} \qquad ...(7)$$

यदि वेन्चुरी नली की दबाव टैपें (Pressure Tap), प्रवाहित द्रव द्वारा प्लग होने (plugging) से सुरक्षित हो तो वेन्चुरी प्रवाह मीटर द्वारा गारे तथा गंदे द्रवों (slurry and dirty liquids) का भी प्रवाह दबाव ज्ञात किया जा सकता है।

सभी व्यास अनुपातों के लिए 0.984 प्रवाह गुणांक (Flow coefficient; C) मान तथा 0.3 से 0.75 बीटा-अनुपात ($\beta = d/B$) वाली 10 cm से 81.5 cm लम्बाई वाली वेन्चुरी ट्यूबें उपलब्ध हैं। इनकी यथार्थता सीमा (accuracy range) ± 0.25 से ±3% तक होती है। वेन्चुरी गुणांक (Venturi Coefficient), रिनोल्ड्स संख्या (Reynolds Number; R_D) में कमी होने पर कम प्रभावी होता है।

लाभ (Advantages)

वेन्चुरी फ्लोमीटर के प्रमुख लाभ निम्नलिखित हैं—

(i) यह द्रव के स्थायी दबाव में बहुत कम परिवर्तन उत्पन्न करता है।

(ii) द्रवों के उच्च प्रवाह दर (high flow rate) को नापने में इसका अधिकतम प्रयोग किया जाता है।

(iii) पाइप के बहुत अधिक व्यास के आकार के वेन्चुरी-ट्यूबें उपलब्ध हैं।

(iv) इसके अभिलक्षण अच्छी तरह ज्ञात हैं।

(v) Orifice plates या Nozzles या Pilot Tubes द्वारा मापित प्रवाह-दर (flow rate) की अपेक्षाकृत वेन्चुरी मीटर से मापित प्रवाह-डाटा, बहुत बड़ी रैन्ज तक अधिक यथार्थ (more accurate) प्राप्त होता है।

(vi) वेंचुरी प्रवाह मीटरों का उपयोग, उच्च तथा कम बीटा अनुपात (β) के लिए किया जा सकता है।

हानियाँ (Disadvantages)

वेन्चुरी ट्यूब के उपयोग के निम्नलिखित कुछ अवगुण हैं—

(i) इनकी कीमत (cost), अन्य मीटरों की अपेक्षाकृत अधिक होती है।

(ii) सामान्यत: इनका प्रयोग 7.62 cm. व्यास से कम आकार के पाइप के साथ करना लाभदायक नहीं होता है।

(iii) इसकी संरचना के कारण इसका निरीक्षण करना बहुत कठिन होता है।

9.29. पिटॉट्-नली प्रवाह मीटर (Pitot Tube Flow Meter)

पिटॉट् ट्यूब एक प्राथमिक प्रवाह तत्त्व (Primary flow element) है, जिसका प्रयोग अन्तरीय दबाव (differential

नली या नली में बह रहे द्रव के वेग को मापने के लिए भी किया जा सकता है। यह एक काँच की 90° पर मुड़ी हुई L-आकार की साधारण नली होती है, जिसके एक तरफ के सिरे पर कम व्यास युक्त खुला क्षेत्र होता है जिसे संघट्ट खुला (Impact opening) सिरा कहते हैं। पिटॉट्-ट्यूब इस छोटे छेद वाले सिरे को द्रव के अन्दर रखते हैं, जबकि इस ट्यूब का दूसरा सिरा, दाबमापी (manometer) के साथ जोड़ते हैं, जैसाकि चित्र-9.16 में प्रदर्शित किया गया है। पिटॉट्-ट्यूब की छोटी भुजा (जिसका सिरा कम व्यास का होता है) को द्रव की प्रवाह की दिशा के विपरीत और समानान्तर रखते हैं।

जब द्रव, पिटॉट्-ट्यूब के छोटे छिद्र पर सम्पर्क करता है तो उस समय ट्यूब के अन्दर द्रव का वेग शून्य होता है, जबकि दबाव अधिकतम होता है। यह छोटा बिन्दु (small hole or impact opening), अन्तरीय दबाव मापन के लिए अधिक दबाव उत्पन्न करता है। इस प्रकार पिटॉट्-ट्यूब का द्रव के अन्दर वाला सिरा उच्च दबाव में होता है जबकि दूसरा सिरा कम दाब (वायुमण्डलीय दाब) में होता है। इसके फलस्वरूप नली में एक ऊँचाई तक द्रव चढ़ता जाता है जब तक कि द्रव पूर्ण गतिज ऊर्जा (Kinetic energy) का रूपान्तरण स्थैतिक ऊर्जा (potential energy) में नहीं हो जाता है। वास्तव में पिटॉट् ट्यूब, प्रवाहित द्रव के वेग (velocity) का मापन करती है, न कि प्रवाह की दर (rate of flow) का। चूँकि पिटॉट्-ट्यूब के Impact opening पर, $V = 0$ होता है,

अत: ऊर्जा समीकरण (Energy equation), को इस प्रकार लिख सकते हैं—

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1}{2g} = \frac{P_2}{\rho} \qquad ...(8)$$

जहाँ; P_1 = द्रव का दबाव (Pressure)

ρ = द्रव का घनत्व (Density)

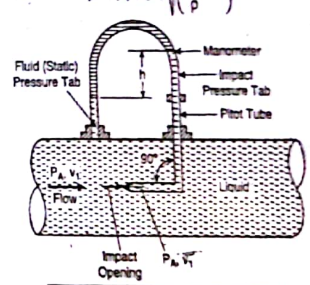
v_1 = द्रव का प्रवाह-वेग (Velocity)

तथा P_2 = संघट्ट दाब (Impact pressure)

अत: $$v_1 = \sqrt{\left[\frac{2g}{\rho}(P_2 - P_1)\right]} = \sqrt{2gh} \qquad ...(9)$$

दाबमापी (Manometer) तथा वेग-गुणांक (Velocity coefficient; c_v) के कारण समीकरण (9) में निम्न प्रकार से संशोधन किया जा सकता है—

$$v_1 = c_v\sqrt{(2gh)}\sqrt{\left(\frac{\rho_m}{\rho} - 1\right)} \qquad ...(10)$$



Scanned by CamScanner

जहाँ; ρ_m = दाबमापी (Manometer) में प्रयुक्त द्रव (सामान्यत: पारा) का घनत्व है

द्रव के वेग (v_1) से, द्रव के प्रवाह की दर को निम्नलिखित सूत्र द्वारा ज्ञात किया जा सकता है—

$q = KAv_1$ ...(11)

जहाँ; q = द्रव के प्रवाह की दर (Flow-rate)

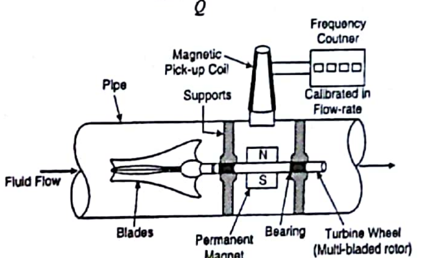
K = पिटॉट् ट्यूब का प्रवाह-गुणाक (Flow-coefficient of pitot tube)

A = पाइप (जिसमें द्रव प्रवाह कर रहा है) के अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल (Area of flow cross-section)

9.30. टरबाइन प्रवाह मीटर (Turbine Flowmeter)

इसके द्वारा पाइप में प्रवाहित द्रव अथवा गैस की बहुत कम प्रवाह दर (very low flow-rate of liquid or gas) तथा आयतन की मात्रा को उच्च शुद्धता सहित मापा जा सकता है। टरबाइन प्रवाह मीटर के योजनाबद्ध-आरेख को चित्र-9.17 में प्रदर्शित किया गया है। यह टरबाइन के बेसिक सिद्धान्त पर कार्य करता है। इसके रोटर में टरबाइन व्हील (Turbine-wheel) की भाँति, अक्ष के 90° पर कई ब्लेड लगे रहते हैं। इसमें रोटर, एक पाइप के अन्दर अक्षीय रूपसे बियरिंग के सैट के साथ माउन्ट रहता है जब कोई द्रव पाइप में प्रवाहित होता है, तो रोटर पर लगे प्रोपेलर ब्लेडों के कारण रोटर घूमने लगता है। प्रोपेलर ब्लेडों/रोटर की स्पीड, पाइप में प्रवाहित द्रव की प्रवाह-दर के समानुपाती होती है। रोटर पर एक सूक्ष्म स्थायी चुम्बक लगा होता है। जब द्रव प्रवाह के कारण रोटर घूमता है, तो उससे जुड़ा चुम्बक भी घूर्णन करने लगता है, जिसके फलस्वरूप, कुण्डली (Pickup coil) पर परिवर्तनीय चुम्बकीय-क्षेत्र उत्पन्न होता है। इसके कारण कुण्डली में AC धारा प्रवाहित होती है, जिसकी आवृत्ति (Frequency) तथा आयाम (amplitude) का मान, प्रवाह की दर के समानुपाती होता है। कुछ अन्य परिपथों के प्रयोग द्वारा कुण्डली के इस आउटपुट को सीधे प्रवाह की मात्रा के रूप में भी प्रदर्शित कर सकते हैं। इस टरबाइन फ्लोमीटर द्वारा एक गैलन/प्रति मिनट (gpm) द्रव प्रवाह से उत्पन्न पल्सों की संख्या (K = स्थिरांक; Factor) कितनी होनी चाहिए, इसको निम्न सूत्र से ज्ञात कर सकते है—

$$K = \frac{T_c f}{Q} \quad ...(12)$$



चित्र 9.17 : Schematic-Diagram of Turbine Flowmeter

जहाँ; K = एक इकाई आयतन द्वारा उत्पन्न पल्सों की संख्या

T_c = एक समय-स्थिरांक (Time-constant), min में

Q = आयतनीय प्रवाह-दर (a Volumetric flow-rate in gallon per min; gpm)

f = पल्सों की आवृत्ति, Hz में,

टरबाइन फ्लोमीटर, एक बहुत बड़ी रैन्ज तक अति शुद्ध प्रवाह मापन प्रदान करता है।

शुद्धता की रैन्ज (accuracy range) ± 0.25% से ± 0.5% तक तथा द्रव प्रवाह-दर, 0.1 gpm से बहुत अधिक लगभग 50,000 gpm तक जबकि गैस प्रवाह दर 0.57 से 285 m^3/min तक होती है।

लाभ (Advantages)

(i) इसकी यथार्थता (accuracy) उत्तम है।

(ii) यह द्रव-गैस के बहाव में कम अवरोध उत्पन्न करता है।

(iii) यह उच्च ताप एवं दाब अवस्था में भी कार्य कर सकता है।

(iv) इसे सरलता से माउन्ट किया जा सकता है तथा देखभाल (maintain) भी सरलता से की जा सकती है।

(v) यह द्रव की श्यानता (viscosity) परिवर्तनों को प्रतिकारित (compensate) कर सकता है।

हानियाँ (Disadvantages)

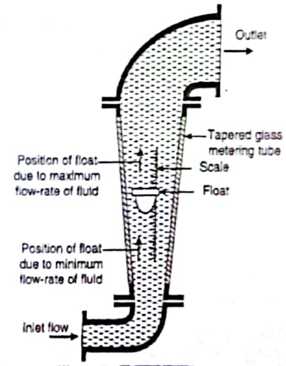
इसके कुछ अवगुण निम्नलिखित है—

(i) इसकी कीमत अधिक होती है।

(ii) गारे घोलों की प्रवाह-दर मापन में इसका प्रयोग सीमित (limited) होता है।

9.31. रोटामीटर (Rotameter)

यह एक प्रकार का परिवर्ती-क्षेत्रफल प्रवाहमीटर (Variable area flowmeter) है। अभी तक वर्णन किये गये प्रवाह-मीटरों (venturi, orifice plate एवं pitot-tube प्रकार के) में एक निश्चित आकार के अवरोध तत्त्व (Restriction element) को प्रवाह के पथ में संयोजित करके अन्तरीय दबाव निर्मित किया जाता है, जिसे दाबमापी (Manometer) द्वारा माप कर, द्रव के वेग (velocity), प्रवाह की दर (rate of flow) तथा आयतन आदि को ज्ञात किया जाता है; परन्तु परिवर्ती-क्षेत्रफल प्रवाहमीटरों में, अवरोध के आकार को इस प्रकार परिवर्तित किया जाता है कि उसमें द्रव के दबाव के अन्तर (pressure difference) स्थिर रहे, जबकि प्रवाह-दर (flow-rate) में परिवर्तन उत्पन्न हो, अतः अवरोध के आकार में प्रवाह-दर के समानुपाती परिवर्तन होना चाहिए।



परिवर्ती-क्षेत्रफल प्रवाहमीटर, प्रमुख रूप से निम्न दो प्रकार के होते है—रोटामीटर (Rotameters) तथा बेलन एवं पिस्टन प्रकार के प्रवाहमीटर (Cylinder and Piston type flowmeters)। इनमें से भी रोटामीटर, सबसे अधिक प्रयोग किया जाने वाला प्रवाह मीटर है।

रोटामीटर में एक ऊर्ध्वाधर परिवर्ती अनुप्रस्थ-काट वाली काँच की नली (vertical tapered-tube) होती है, जिसमें एक प्लव (float; तैरने वाली युक्ति) विद्यमान रहता है, जो कि ऊपर तथा नीचे स्वतन्त्रतापूर्वक गति कर सकता है, जैसाकि चित्र-9.18 में प्रदर्शित किया गया है। यह काँच की ट्यूब, इस प्रकार तिरछी (tapered) होती है कि ट्यूब में द्रव की प्रवाह-दर (flow-rate) तथा फ्लोट की स्थिति (position of float) में एक रेखीय सम्बन्ध बना रहे। ट्यूब को ऊर्ध्वाधर इस प्रकार माउन्ट किया जाता है कि ट्यूब का छोटा सिरा नीचे (bottom पर) रहे, जिसमें मापे जाने वाले द्रव को प्रवेश कराया जाता है तथा द्रव नीचे से ऊपर की ओर बढ़ता है तथा ऊपरी टेप (Outlet) से बाहर निकलता है। चूँकि ट्यूब तथा फ्लेट के मध्य परिवर्ती-ऑरीफिस निर्मित होता है, अत: इसे Variable orifice type flowmeter भी कहते हैं। प्रारम्भ में रोटामीटर के फ्लोट को इस प्रकार बनाया जाता था कि मापन के समय वह नलिका के cross-section के ठीक मध्य में रहने के लिए घूमता रहे। इसके लिए फ्लोट के ऊपरी हिस्से में कुछ खाँचे काटे जाते थे। फ्लोट के इस घूमने के कारण ही इस प्रवाह-मीटर का नाम रोटा-मीटर रखा गया था। आधुनिक रोटा मीटर में यद्यपि फ्लोट खाँचे रहित है तथा घूमता भी नहीं है, परन्तु अभी भी वही पुराना नाम "रोटामीटर" इस उपकरण के लिए प्रयोग किया जाता है।

जब रोटामीटर में कोई द्रव प्रवाहित नहीं होता है, तो मापनी-ट्यूब (Metering-tube) की तली (bottom) में फ्लोट विद्यमान रहता है, जहाँ फ्लोट का अधिकतम् व्यास, ट्यूब के व्यास के लगभग बराबर होता है। जब द्रव, ट्यूब में प्रवेश करता है, तो फ्लोट ऊपर की तरफ उठता है, जिससे प्रवाह-क्षेत्र के वलयाकार ऑरीफिस (flow-area of Annular Orifice, ट्यूब की दीवार तथा फ्लोट के मध्य का क्षेत्रफल) में वृद्धि होती है। इस वलयाकार ऑरीफिस के एक्रास दबाव-अन्तर (Pressure Difference) का मान, प्रवाह-क्षेत्र के वर्ग के तथा प्रवाह-दर के वर्ग के समानुपाती होता है। फ्लोट तब तक ऊपर उठता है, जब तक कि फ्लोट के एक्रास उत्पन्न दबाव-अन्तर के कारण उत्पन्न फ्लोट को ऊपर उठाने वाले बल (force) का मान, फ्लोट के भार के बराबर नहीं पहुँच पाता है। यदि द्रव की प्रवाह-दर में वृद्धि होती है, तो उसी के समानुपाती फ्लोट के एक्रास दबाव-अन्तर में वृद्धि होती है, जिसके फलस्वरूप प्रवाह-दर के समानुपाती, फ्लोट पर ऊपर की ओर लगने वाले बल में वृद्धि होती है जिससे फ्लोट ऊपर की ओर खिसक जाता है, तथा उस स्थान पर स्थिर हो जाता है जहाँ पर फ्लोट के एक्रास दाब-अन्तर का मान, फ्लोट के भार के बराबर हो जाता है। ट्यूब पर एक अंशांकित (calibrated) स्केल अंकित (printed) रहता है, जोकि द्रव की प्रवाह-दर (flow-rate) को संकेत करता है।

रोटामीटर द्वारा द्रव की प्रवाह दर सीधे 4000 gpm (gallon per minute = 920 liter/hr.) तक को मापित किया जा सकता है। रोटामीटर की यथार्थता पूर्ण स्केली की $\pm 0.5\%$ से $\pm 10\%$ तक होती है, जोकि ट्यूब के आकार (size), उसके प्रकार तथा अंशाकन (calibration) पर आधारित होती है।

द्रव की प्रवाह-दर मापन के अतिरिक्त रोटामीटर को अन्य अतिरिक्त फंक्शनों, जैसे कि अलार्म (Alarm), ध्वनि या वैद्युत संचरण रिकार्डिंग (pneumatic or electric transmission recording), प्रवाह के नियन्त्रण (controlling) आदि में भी प्रयोग किया जा सकता है।

लाभ (Advantages)

रोटा मीटर के कुछ मुख्य लाभ निम्नलिखित हैं—

(i) इसकी अपेक्षाकृत कीमत कम होती है।

(ii) इनका प्रयोग कुछ हल्के चिपचिपे द्रवों (some light slurry liquids) की प्रवाह-दर मापन में भी किया जा सकता है।

(iii) रोटामीटर, काफी अधिक रैन्जों में उपलब्ध है।

(v) इसके अलार्म स्विचों तथा संचरण युक्तियों (transmitting devices) के साथ सरलता से संयोजित किया जा सकता है।

(vi) इसके प्रयोग से द्रव के प्रवाह में क्षय (loss) बहुत कम होता है।

(vii) रोटामीटरों में श्यानता प्रतिरक्षक फ्लोट (viscosity-immune floats) उपलब्ध हैं।

(viii) बहुत से क्षयकारी द्रवों (corrosive-liquids) की प्रवाह-दर मापन में भी रोटामीटरों का उपयोग किया जा सकता है।

हानियाँ (Disadvantages)

रोटामीटर के कुछ अवगुण निम्नलिखित हैं—

(i) ग्लास-ट्यूब जरा सी असावधानी से कभी भी टूट सकती है।

(ii) इसे केवल ऊर्ध्वाधर (vertically) ही माउन्ट किया जाता है।

(iii) द्रव की धारा (liquid-steam) की दिशा बदलने पर इसके सिरों की माउन्टिंग को भी बदलना पड़ता है।

(iv) इनका उपयोग अपेक्षाकृत कम ताप वाले द्रवों में किया जा सकता है।

9.32. विद्युत-चुम्बकीय प्रवाह मीटर (Electro-magnetic flow meter)

वैद्युत के चालक द्रवों (Conducting liquids) के प्रवाह-दर अथवा और आयतन/मात्रा दर मापन में वैद्युत-चुम्बकीय प्रवाह-मीटरों का उपयोग किया जाता है। विशेषकर, गारे (slurry), अवमल (sludge) आदि जैसे चालक द्रवों के प्रवाह मापन के लिए यह एक उपयुक्त प्रवाह मापी है। वैद्युत चुम्बकीय/फ्लोमीटर के योजनाबद्ध आरेख को चित्र-9.19 में प्रदर्शित किया गया है। ये मीटर वैद्युत-चुम्बकीय प्रेरण के फैराडे नियम (Farady's Law of electromagnetic induction) पर कार्य करता है। इसके अनुसार, जब कोई चालक एक निश्चित चुम्बकीय क्षेत्र में गति करता है अर्थात् चुम्बकीय-क्षेत्र को काटता है तो चालक में वैद्युत वाहक बल (electromotive force; EMF) अर्थात् विभव (voltage; E) उत्पन्न होता है जिसका मान, चालक एवं चुम्बकीय क्षेत्र के मध्य सापेक्ष-वेग (relative velocity; v) के समानुपाती होता है। वैद्युत चुम्बकीय फ्लोमीटर में वैद्युत-चालकीय प्रवाहित द्रव (Electrically conduct flowing liquid) एक चालक की भाँति कार्य करता है। अत: उत्पन्न वोल्टेज (E) का मान—

$$E = Blv = Bdv \qquad ...(13)$$

जहाँ; B = चुम्बकीय क्षेत्र घनत्व (Magnetic field density); Weber/sq. metre (Wb/m^2)

L = चालक (द्रव की लम्बाई) = यहाँ पाइप का व्यास (Diameter of pipe; d); metre (m) में

v = चालक (द्रव) का वेग (velocity of condcutor (fluid); m/sec में

अर्थात्
$$v = \frac{E}{Bd} \qquad ...(14)$$

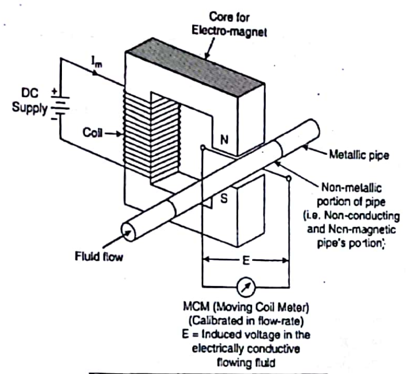
अत: द्रव के आयतनीय प्रवाह-दर (Voltametric flow-rate of the fluid) को अग्रसूत्र द्वारा प्रदर्शित कर सकते हैं—

$$q = vA \qquad ...(15)$$

अर्थात्
$$q = \frac{AE}{Bd} \qquad ...(16)$$

चूँकि इस मीटर में चुम्बकीय क्षेत्र (B) स्थिर रहता है, अत: इसे "चुम्बकीय प्रवाह-मीटर (Magnetic flowmeter)" भी कहते हैं तथा चालक (fluid) के एक्रास उत्पन्न विभव (E) का मान चालक के वेग (velocity; v) के

Scanned by CamScanner



चित्र 9.19 : Electro-Magnetic Flowmeter

चुम्बकीय क्षेत्र में अचालक (non-conducting) पाइप का प्रयोग किया जाता है।

क्योकि धातु का पाइप, उत्पन्न आउटपुट वोल्टेज (E) को लघुपथ (short-circuit) कर देगा। यह तभी सत्य है यदि कम चालकता (low conductivity) वाले द्रव का प्रवाह मापन किया जाए। किन्तु यदि उच्च चालकता वाले द्रव के प्रवाह का मापन करना हो, तो Stainless-steel पाइपों का प्रयोग किया जा सकता है तथा उस स्थिति में लघु-पथ कोई प्रभाव नहीं रखता है। चूँकि द्रव की कम प्रवाह-दर के कारण उत्पन्न विभव (E) का मान कम होता है, अत: इसे मापने से पहले उच्च लाभ वाले प्रवर्धक (High Gain Amplifier) के घ्रो विभव को संकेतक मीटर (Indicator meter) को प्रदान करते हैं, जोकि सीधे प्रवाह दर अथवा/और आयतनीय प्रवाह-दर में अंशाकित (calibrated) रहता है।

लाभ (Advantages)

(i) इसके द्वार गारे (slurry) तथा ग्रीसी द्रवों की भी प्रवाह की दर ज्ञात की जा सकती है।

(ii) इसके द्वारा क्षयकारी द्रवों (corrosive fluids) का भी प्रवाह-दर ज्ञात कर सकते हैं।

(iii) इसमें द्रव के प्रवाह में कोई अवरोध (obstruction) का न प्रयोग करने के कारण, प्रवाह में कोई क्षय (loss) नहीं होता है।

(iv) इसमें आउटपुट (उत्पन्न विभव; E), इनपुट (fluid flow-rate) के साथ रेखीय सम्बन्धित (linearly related) होता है।

(v) ये उच्च पाइप-साइज तथा क्षमता वाले उपलब्ध है।

(vi) इन प्रवाहमीटरों को द्वि-दिशीय (bi-direction) मीटर की भाँति प्रयोग किया जा सकता है।

(vii) इन मीटरों द्वारा मापन, श्यानता (viscosity), घनत्व (density), ताप (temperature) एवं दाब (pressure) आदि से अप्रभावित रहते हैं।

हानियाँ (Disadvantages)

(i) ये अपेक्षाकृत कीमती (expensive) होते हैं।

(ii) इस प्रकार के प्रवाह मीटरों का प्रयोग केवल वैद्युत-चालक द्रवों की प्रवाह- दर मापन में किया जाता है।

(iii) ये अपेक्षाकृत भारी तथा आकार में बड़े होते हैं।

प्रश्नवली

1. ट्रांसड्यूसर किसे कहते हैं? एक्टिव तथा पैसिव ट्रांसड्यूसर में अन्तर बताइए।
2. दाब को सेन्स करने की विभिन्न युक्तियों को समझाइये।
3. विस्थापन को ट्रांसड्यूसर के द्वारा मापने की विधि को समझाइये।
4. द्रव-तल मापन को संधारित्र ट्रांसड्यूसर व्यवस्था व मापन विधि को समझाइये।
5. एक्टिव ट्रांसड्यूसर किसे कहते हैं? उसके विभिन्न प्रारूपों का विवरण दीजिए।
6. बहाव माप्न के लिए वैन्चुरी मीटर का वर्णन कीजिये।
7. विद्युत चुम्बकीय बहाव मापी के कार्य-सिद्धान्त का वर्णन कीजिये।
8. रोटामीटर के सिद्धान्त और कार्य विधि का वर्णन कीजिये।
9. ओरफिस प्रकार का बहाव मापक को समझाइये।
10. डिफरेन्शियल दबाव कैसे मापा जाता है? समझाइये।

Scanned by CamScanner

10

ताप का मापन

10.1. तापमापन (Temperature Measurement)

अधिकतर औद्योगिक प्रणालियों तथा कुछ घरेलु उपकरणों के प्रयोग में तापक्रम (temperature) का मापन अत्यन्त आवश्यक तथा महत्त्वपूर्ण है। तापक्रम के मापन के लिए अनेक प्रकार की युक्तियों का प्रयोग किया जाता है, जिनमें से प्रमुख ताप मापक अर्थात् ताप संवेदन (sense) युक्तियाँ निम्न हैं—

प्रतिरोधी थर्मामीटर (resistive thermometers), थार्मिस्टर (thermistors), थर्मोकपल (thermocouples), अर्द्ध-चालक PN संधियाँ (semi-conductor P-N junctions), पीजो इलेक्ट्रिक क्रिस्टल (pizo-electrical crystals) इत्यादि। डिजिटल ताप मापकों में ताप सेन्स की लिया प्राय: पीजो इलेक्ट्रिक क्रिस्टलों का ही प्रयोग किया जाता है।

10.1.1. प्रतिरोध तापमापी अथवा प्रतिरोध ताप संसूचक (Resistance thermometers or resistance temperature detectors; RTDs)

ताप में परिवर्तन होने पर पदार्थों के वैद्युत प्रतिरोध (resistance) में भी परिवर्न्तन होता है। ताप बढ़ने के साथ-साथ कुछ पदार्थों का प्रतिरोध बढ़ता है, जिन्हें धनात्मक तापीय गुणांक (positive temperature coefficient) वाले पदार्थ कहते हैं। परन्तु कुछ पदार्थों का ताप बढ़ने के साथ-साथ प्रतिरोध का मान कम होता है, ऐसे पदार्थों का ऋणात्मक ताप गुणांक (negative temperature coefficient) वाले पदार्थ कहते हैं प्राय: प्रतिरोध थर्मामीटरों में धनात्मक प्रतिरोध तापीय गुणांक वाले वैद्युत चालक प्लेटीनम् (platinum), निकल (nickel) अथवा कॉपर (copper) प्रयुक्त किये जाते हैं क्योंकि ये धातुएँ सरलता से उपलब्ध हैं तथा दृढ़ (rigged) एवं उच्च ताप गुणांक युक्त है परन्तु इन धातुओं के प्रतिरोध (R)—ताप (t) अभिलक्षण, पूर्णतया रेखीय (linear) नहीं है। इन धातुओं को संवेदक (sensor) के रूप में प्रयुक्त थर्मामीटर के प्रतिरोध का, ताप के साथ परिवर्तन को निम्न सूत्र द्वारा व्यक्त किया जा सकता है—

$$R_t = R_0(1 + \alpha t + \beta t^2) \quad ...(10.2.1)$$

जहाँ; R_t = चालक का t°C ताप पर प्रतिरोध; Ohms में

R_0 = चालक का 0°C ताप पर प्रतिरोध, Ohms में

α = 0°C पर चालक का ताप गुणांक, (Temp. coefficient); Ohms/°C (अर्थात् Ohms per degree celcius) में β = धातु का एक अन्य नियतांक (constant) है।

तथा t = थर्मामीटर का ताप, °C में

सेन्सर के रूप में प्रतिरोध थर्मामीटर में अधिकतर प्रयोग की जाने वाली प्लेटीनम धातु के $\alpha = 3908 \times 10^{-3}\ \Omega/°C$ होता है।

समीकरण (10.2.1) को निम्न प्रकार से भी लिखा जा सकता है—

$$R_{t_1} - R_0 = \alpha t_1 + \beta t_1^2 \quad ...(10.2.2)$$

तथा

$$R_{t_2} - R_0 = \alpha t_2 + \beta t_2^2 \quad ...(10.2.3)$$

जहाँ; R_{t_1} = चालक का प्रतिरोध मान t_1°C पर, Ohms में

R_{t_2} = चालक का प्रतिरोध मान t_2°C पर, Ohms में

अत: समीकरण (10.2.3) से समीकरण (10.2.2) को घटाने पर,

$$R_{t_2} - R_{t_1} = \alpha(t_2 - t_1) + \beta(t_2^2 - t_1^2) \quad ...(10.2.4)$$

यदि थर्मामीटर में ताप सेन्सर के रूप में, platinum धातु के तन्तु (Element) को थर्मामीटर में प्रयोग किया जाए तो $\beta(t_2^2 - t_1^2)$ को नगण्य माना जा सकता है क्योंकि Platinum में α की अपेक्षा β का मान बहुत ही कम लगभग नगण्य होता है। अत: समीकरण (10.2.4) को निम्न पर लिख सकते हैं—

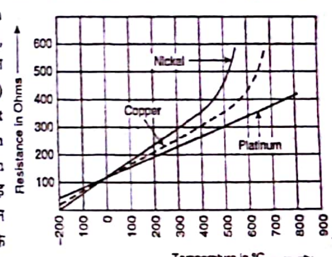
$$\delta R = \alpha . \delta t \quad ...(10.2.5)$$

जहाँ; δR = चालक के ताप में δt°C परिवर्तन होने पर, चालक के प्रतिरोध में होने वाला परिवर्तन; Ohms में है।

प्रतिरोधी तापमीटरों में प्रयुक्त चालक की अवस्था (state of conductor) के आधार पर प्रतिरोधी ताप मीटरों को निम्न दो वर्गों में विभाजित करते हैं—

1. तार कुण्डली प्रकार के प्रतिरोध तापमापी (wire wound type RTDs)
2. फील्म प्रकार के प्रतिरोध तापनापी (film type RTDs)

प्राय: प्लेटिनम, निकल, ताँबा तथा टंगस्टन धातुओं के wire wound RTDs बाजार में उपलब्ध हैं, परन्तु film RTDs केवल प्लेटिनम धातु के ही उपलब्ध हैं। Platinum Film Elements प्रयुक्त thermometer सस्ते, छोटे आकार, उच्च प्रतिरोध (up 200.0 Ω) तथा उच्च अनुक्रिया (response) वाले होते हैं परन्तु स्थिरता (stability) कम होती है। Platinum keaer thin film element बनाने के लिए Thin film vapor deposition techniques का प्रयोग करते हैं। इससे एक platinum की पर्त (layer of platinum) को सिरेमिक छड़ (ceramic subtrate) पर जमाते (deposite) हैं। विभिन्न ताप पर Platinum, Copper तथा Nickel धातुओं के ताप प्रतिरोध अभिलक्षण को चित्र 10.2.1 में प्रदर्शित किया गया है। इनमें से Platinum अच्छा और प्राय: अधिक RTDs में प्रयुक्त किया जाता है क्योंकि Nickel तथा Copper चालकों की अपेक्षा Platinum चालक के प्रतिरोध का ताप के साथ सम्बन्ध ताप की अधिकतम रेंज तक स्थायी (stable), रेखीय (linear) तथा शुद्ध (accurate) होता है। Platinum प्रयुक्त RTDs प्राय: निम्न दो नामों द्वारा पुकारे जाते हैं।

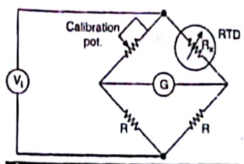


चित्र 10.1–Temperature Verrsus Resistance Characteristics Curves of Common Metal used Elements in (Resistance at 0°C = 100 Ohms)

1. Platinum resistance temperature detector (platinum RTD or PRTD)

Scanned by CamScanner

चित्र 10.2 के अनुसार, Wheatstone Bridge द्वारा अथवा अन्य किसी विधि द्वारा RTD में हुए प्रतिरोध परिवर्तन (δ_R) को नाप कर समीकरण (3.2.23) द्वारा तापान्तर (δt) को ज्ञात किया जा सकता है अथवा Galvanometer को Bridge में Connect करके रखते हुए विभिन्न ताप मानों पर Calibration pot. को सैट करते हुए, ब्रिज की संतुलित (balance) अवस्था में, standard थर्मामीटर पर अंकित तापान्तर को Calibration pot. की उस स्थिति पर अशांकित करते है। इस प्रकार व्हीट स्टोन ब्रिज में संयोजित थर्मामीटर को calibrate किया जा सकता है, जो RTD के ताप को सीधे ही show करेगा।



चित्र 10.2–Measuring Temperature with RTD witch connected in Wheat Stone Bridge Configuration (wire wound)

चित्र 10.3 में एक वायर वाउण्ड (wire wound) RTD की संरचना को प्रदर्शित किया गया है। इसमें Temp. Sensoning Element कुण्डली के रूप में होता है जो कि Platinum, Copper या Nickel की तार को प्रायः Mica Insulator पर लपेट कर बनाया जाता है। इस ताप सेनसिंग कुण्डली को यांत्रिक दबाव तथा वातावरण प्रभाव से बचाने के लिए एवं Mounting को आधार प्रदान करने के लिए तथा औद्योगिक कार्यों में शुबाने आदि के लिए बाहरी नली द्वारा सुरक्षित किया जाता है। इस प्रकार के उपलब्ध Platinum RTDs–180°C ताप से 650°C तक ताप सीमा में प्रयुक्त किये जा सकते हैं। प्रतिरोध तापमापियों में प्रायः प्रयुक्त किये जाने वाले धातुओं के मुख्य गुणों के सारणी 10.2.1 में दिया गया है।

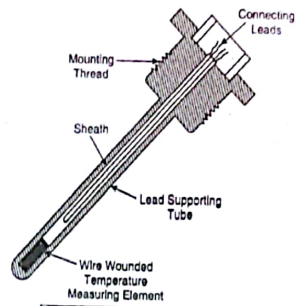
तालिका 10.2.1 : RTDs में ताप सेन्सर करने के लिए प्रयुक्त धातु के तन्तुओं (Elements) के अभिलक्षण

Metal name of element	Temp-coefficient of resistance (α) at 0°C, in Ω/°C	About resistance at 100°C in ohms	Working temp. range		Melting Point (गलनांक) in °C
			(Min) in °C	(Max) in °C	
Platinum	3.908×10^{-3}	100	−260	1100	1773
Platinum Film	3.908×10^{-3}	100	−260	600	
Copper	4.30×10^{-3}	100	0	180	1083
Nickel	6.81×10^{-3}	100	−60	300	1455

तापमापी के अनुप्रयोग (Application of RTDs)

प्रतिरोध तापमापीओं का मुख्य प्रयोग निम्नलिखित क्षेत्रों में ताप मापने के लिए किया जाता है—

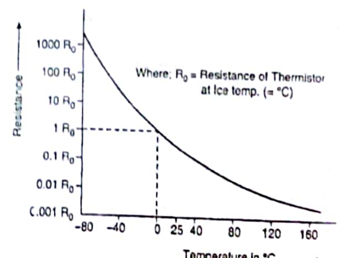
1. औद्योगों में वस्तु उत्पादन की विभिन्न प्रक्रियाओं में,
2. ताप चूल्हों में,
3. ताप भट्टियों में,
4. प्रयोगशालों में,
5. ट्रांसफॉर्मरों का ताप मापने में,
6. रेफ्रिजरेशन एवं वातानुकूलन में,



चित्र 10.3–Construction of Typical RTD

10.2.2. थर्मिस्टर (Thermistors)

Thermistor (THERM + ISTOR) शब्द दो शब्द THERMAL एवं RESISTOR के संयोग से बना है। ये उच्च ऋणात्मक प्रतिरोध ताप गुणांक (Negative temperature coefficient of resistance: NTCR) एवं उच्च प्रतिरोधकता (High Resistivities) वाले अर्द्ध चालकों (Semiconductors) द्वारा निर्मित किये जाते है, अर्थात् थर्मिस्टर की तापवृद्धि के साथ-साथ थर्मिस्टर का प्रतिरोध बहुत अधिक तेजी से घटता है तथा इसके विपरीत ताप के घटने पर प्रतिरोध बहुत अधिक बढ़ता है, अतः इस उच्च सुग्राहिता एवं प्रतिरोध (High Sensitivity and Resistance) के कारण संयोजक तारो (Connecting leads) के प्रतिरोध मे उत्पन्न होने वाली त्रुटियां नगण्य (negligible) होती है। अधिकतर प्रयुक्त किये जाने वाले थर्मिस्टर की ताप सीमा −180°C से +150°C तक है तथा −80°C पर थर्मिस्टर प्रतिरोध 10 kΩ से 20 kΩ के मध्य होता है जबकि 150 ⊃ C पर केवल 1Ω (लगभग) होता है। आजकल −100°C से 400°C तक के थर्मिस्टर बाजार में उपलब्ध है।



चित्र 10.4–Typical resistance versus Temperature Curve of a Thermistor

एक थर्मिस्टर के Typical resistance versus temperature अभिलक्षणों को चित्र 10.4 में प्रदर्शित किया गया। थर्मिस्टर के प्रतिरोध को निम्न सूत्र द्वारा प्रकट किया जा सकता है—

$$R_t = R_0 \beta[(1/T) - (1/T_0)] \quad ...(6)$$

जहाँ; R_t = तापक्रम T°K पर थर्मिस्टर का प्रतिरोध, Ohms में

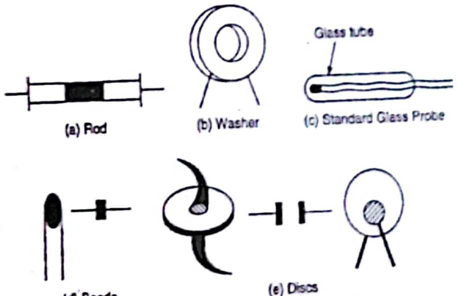
R_0 = तापक्रम T_0°K पर थर्मिस्टर का प्रतिरोधक, Ohms में

नोट—T_0°K तापक्रम (degree kelvin) (°K), सन्दर्भ (Reference) तापमान है जोकि कमरे (Room) के सामान्य ताप 25°C (अर्थात् 25 + 273.15 = 298.15°K) अथवा बर्फ के तापमान 0°C (अर्थात् 273.15°C) को प्राय: लिया जाता है।

β = थर्मिस्टर में ताप सेन्स के लिए प्रयुक्त अर्द्ध-चालक का नियतांक (constant) है जोकि अंशांकित (calibration) द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

e = Base of the natural logarithms

किसी थर्मिस्टर के तापक्रम को 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक शक्ति (Power) को उस थर्मिस्टर का उपव्यय गुणांक (dissipation factor) कहते हैं, जोकि प्राय: 1 से 10 mW/°C तक होता है। थर्मिस्टर का प्रतिरोध अनुपात (R_1 / R_0) का मान लगभग 3 से 60 के मध्य होता है, जहाँ; R_t = थर्मिस्टर का प्रतिरोध मान 25°C पर तथा R_0 = थर्मिस्टर का प्रतिरोध मान 125°C पर लिया जाता है।



चित्र 10.5– (b) Various Shapes of Thermistors

संरचना (Construction)

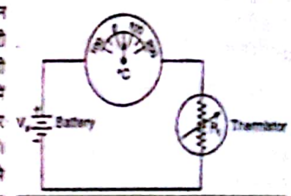
विभिन्न धातुओं जैसे—कॉपर, निकिल, मैगनीज, कोबाल्ट, आयरन एवं यूरेनियम आदि के ऑक्साइडों के पाउडर को मिलाकर उसको आवश्यकता अनुसार आकृति में ढालने (molding) के पश्चात् उनकी सिन्टरिंग (sintering—दाब के साथ 1000°C से अधिकताप पर गर्म करना) की जाती है।

इस प्रकार ऑक्साइडों से सिरेमिक (Ceramic like semiconductors) तत्वों का निर्माण होता है, जिनका प्रतिरोध ताप के साथ बहुत अधिक बदलता है।

इस सिरेमिक अर्द्ध-चालकों (ceramic semiconductors) द्वारा थर्मिस्टरों का निर्माण किया जाता है। जिनका प्रतिरोध, ताप के मान पर आधारित 0.5 Ω से 100 MΩ के मध्य में होता है। चित्र 10.5(b) से विभिन्न प्रयोजनों के लिए

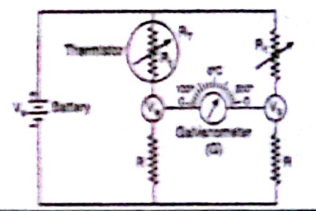
थर्मिस्टर द्वारा ताप मापन (Temperature Measurement by Thermistor)

चित्र 10.6 में एक साधारण तरह से थर्मिस्टर द्वारा ताप मापन परिपथ को दिखाया गया है। इसी परिपथ में यही थर्मिस्टर तथा बैटरी प्रयुक्त करते हुए इसमें प्रयुक्त Micro-Ammeter को पहले से ही निश्चित विभिन्न तापमानों पर Calibrate करके ताप को °C स्केल में कर लेते हैं। अब जिस स्थान अथवा वस्तु का ताप नापना हो थर्मिस्टर को परिपथ में लगे हुए ही उस स्थान अथवा वस्तु पर रखते हैं। जैसे-जैसे थर्मिस्टर के ताप में परिवर्तन होगा, उसी अनुपात से Micro-Ammeter की Reading में भी परिवर्तन होगा परन्तु Micro-Ammeter का पहले से ही तापमानों में Calibrated होने के कारण, सीधे ही तापमान को पढ़ सकते हैं।



चित्र 10.6—Illustrated a King of Temperature Measurement by Thermistor

यथार्थता (precision) कार्यों में जहाँ परिशुद्धता (Accuracy) की अधिक आवश्यकता होती है, वहाँ चित्र 10.6. दिये गये ताप मापन के परिपथ को न प्रयोग करके थर्मिस्टर को Wheatstone Bridge में प्रयुक्त करते हैं, जैसा कि चित्र 10.7 में प्रदर्शित किया गया है। इसका कारण यह है, कि समय के साथ-साथ बैटरी के voltage में परिवर्तन आ जाता है जिससे पहले से calibrate किया हुआ micro-ammeter के तापमानों में अशुद्धि (errors) आ जाती है। परन्तु Battery के voltage में परिवर्तन होने पर भी Wheatstone Bridge में प्रयुक्त, विभिन्न तापमानों पर calibrated galvanometer सही तापमान को बताता है क्योंकि बैटरी के विभव में परिवर्तन होने पर, दोनों बिन्दुओं V_a तथा V_b पर voltage में परिवर्तन समान होता है। V_a तथा V_b voltages निम्न समीकरणों द्वारा प्रकट किये जा सकते हैं—



चित्र 10.7—Temperature Measurement by a Thermistor Connected in a Wheat Stone Bridge Configuration

$$V_a = \frac{RV_s}{R + R_t} \quad ...(1)$$

तथा

$$V_b = \frac{RV_s}{R + R_3} \quad ...(2)$$

थर्मिस्टरों के अनुप्रयोग (Applications of Thermistors)

थर्मिस्टरों के कुछ प्रमुख अनुप्रयोग निम्न हैं—

1. थर्मिस्टरों का मुख्य प्रयोग तो ताप मापन है परन्तु ताप के मान के आधार पर process को Automatic नियन्त्रण (Control) करने में थर्मिस्टर का अनुप्रयोग किया जाता है, जैसे—Refrigerator के compressor को स्वतः ON तथा OFF करने में,
2. मँहगे (costly) उपकरणों को अधिक ताप के कारण नष्ट होने से बचाने के लिए उपकरणों को अनुकूल शीतल सप्लाई, कट-ऑफ करने में,
3. वस्तुओं की तापीय चालकता को मापने में,

Scanned by CamScanner

5. उच्च आवृति पर शक्ति मापने में,

6. वैद्युत परिपथ के surge protection में,

7. द्रवों का दाब, प्रवाह तथा सतह मापन इत्यादि में,

इसके अतिरिक्त और भी विभिन्न अनुप्रयोगों में थर्मिस्टर प्रयुक्त किये जाते हैं।

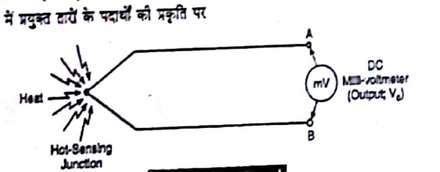
10.2.3. थर्मो-कपिल (Thermo-couples)

ताप संवेदक (temperature sensors) के रूप में थर्मो-कपल ट्रांसड्यूसर को सर्वा अधिक प्रयोग किया जाता है। यह एक सक्रिय (active) ट्रांसड्यूसर है क्योंकि तापक्रम के समानुपाती थर्मो-कपल द्वारा विभव (v_0) उत्पन्न होता है। थर्मो-इलैक्ट्रिसिटी (Thermo-electricity) के सिद्धान्त पर थर्मो-कपिल कार्य करते हैं

इसकी संरचना में दो असमान चालक धातुओं के एक-एक सिरे को परस्पर जोड़कर संधि (Junction) निर्मित की जाती है जिसे थर्मो-कपल का गर्म अथवा सेंसिंग सिरा कहते हैं। तथा थर्मो-कपल के अन्य दो खुले (open) सिरों को ठण्डा या सन्दर्भ सिरा कहते है। क्योंकि इन्हें एक निश्चित निम्न (Low) ताप पर रखा जाता है। थर्मो-कपल की संरचना को चित्र 10.8 में प्रदर्शित किया गया है जब सेंसिंग सिरे अर्थात् जंक्शन को गर्म किया जाता है तो ठण्डे सिरों A एवं B के मध्य मिली वोल्ट क्रम में एक थर्मो विद्युत वाहक बल (Electromotive Force EMF) उत्पन्न होता है तथा उत्पन्न EMF का मान निम्न बातों पर निर्भर करता है।

गर्म (J) एवं ठण्डे (A/B) जंक्शनों के बीच तापान्तर पर

थर्मो-कपल में प्रयुक्त तारों के पदार्थों की प्रकृति पर



चित्र 10.8-Thermo-couple

चूंकि ठण्डे सिरों (A तथा B) को एक नियत ताप (प्राय: कमरे के ताप) पर रखा जाता है अत: टर्मिनल A एवं B के मध्य प्राप्त विभव (आउटपुट विभव) का आयाम थर्मो-कपल के गर्म जंक्शन के ताप पर निर्भर करता है। जिस वस्तु के ताप का मापन करना होता है। थर्मो-कपल ताप संसिंग जंक्शन को उस वस्तु के सम्पर्क में रखते हैं। इस थर्मो कपल के खुले सिरों (A तथा B) के मध्य एक DC मिली वोल्टमीटर को संयोजित करता है। जिसमे प्राप्त होने वाले mV रिंडिग का आयाम (v_0) थर्मो-कपल के सेंसिंग जंक्शन के ताप (T) के समानुपाती ($v_0 \int T$) होता है। यदि एक वोल्टमीटर को ताप के पदों में अशांकित (calibrated) कर लिया जाए तो वस्तु के ताप का सीधा मापन किया जा सकता है।

कुछ धातुओं के संयोग, जिनको व्यापक रूप में थर्म-कपल में उपयोग किया जाता है, उनके संसिंग जंक्शन एवं ठण्डे सिरों (A/B सिरों) के मध्य प्रति 100°C तापान्तर के लिये उत्पन्न होने वाले EMF का लगभग मान निम्न होता है—

निकिल (Nickle) एवं निकिल-आयरन ⇒ 2 mV

आयरन-कॉनस्टेनटन (Constanton) ⇒ 5.7 mV

क्रोमल (Cromal) कॉनस्टेन्टन ⇒ 7.4 mV

क्रोमल-एल्यूमेल ⇒ 4 mV

थर्मो-कपलों को लगभग – 250°C से + 2600°C तक के तापमानों को मापन के लिए प्रयोग किया जाता है। परन्तु अन्तर्राष्ट्रीय मान्यता के अनुसार 630°C से 1063°C ताप तक का थर्मो-कपल द्वारा मापन, सर्वाधिक शुद्ध प्राप्त होता है।

जब दो य दो अधिक थर्मो-कपलों की श्रेणी/समानान्तर में संयोजित कर प्रयोग किया जाता है, उन्हें थर्मो-पाइल कहते हैं।

एक थर्मो-कपल, जितने समय में वस्तु के ताप का 70.7% ताप प्रदर्शित करता है, उस समय को उस थर्मो-कपल का अनुक्रिया-समय (Response time) कहते है। सामान्यतया मापे जाने वाले ताप को प्राप्त करने के लिये, प्रयुक्त थर्मोकपल के अनुक्रिया समय से लगभग 5 गुने समय की आवश्यकता होती है।

10.2.4. उत्तापमापी (Pyrometers)

उपरोक्त वर्णन किये गये सभी प्रकार के तापमापी (thermo-meter) द्वारा किसी वस्तु का ताप मापन के लिए आवश्यक होता है कि थर्मामीटर को मापे जाने वाली वस्तु के साथ भौतिक सम्पर्क (physical conact) में रखा जाए। कुछ अवस्थाओं में जैसे कि क्षयकारी वाष्प (corrosive vapours) या द्रव (liquids). थर्मोकपलों (thermo-couples), प्रतिरोध तापमापियों (resistance thermometers) तथा थर्मिस्टरों (thermistors) को खराब कर सकते हैं, वहाँ पायरोमीटर का उपयोग किया जाता है। इसके अतिरिक्त वस्तु के उच्च ताप (1200°C से अधिक) होने पर भी सामान्य थर्मामीटर को उस वस्तु के सम्पर्क में रखने पर वह सदैव के लिए खराब (गल, melt) हो सकता है, अत: इस समस्या के समाधान हेतु ऐसे ताप संवेदन (temp. sensing) विधियों का प्रयोग किया जाता है कि वस्तु को बिना सम्पर्क किये ही उस वस्तु के उच्च ताप को मापा जा सके। इसके लिए पायरोमीटरों (pyrometers) का उपयोग किया जाता है जोकि उच्च ताप वाली वस्तु का ताप, उसे बिना-सम्पर्क (without contact) के भी माप सकते हैं। इस अतिरिक्त पायरामीटर द्वारा गतिशील वस्तुओं (moving bodies) का ताप भी मापा जा सकता है।

सिद्धान्त (Principle)

उत्तापभिति (pyrometry), एक प्रकार की तकनीक है, जिसमें किसी वस्तु का ताप बिना उसे सम्पर्क किये ज्ञात कर सकते हैं। यह तकनीक, गर्म वस्तु के तापमान तथा उससे उत्सर्जित विद्युत-चुम्बकीय विकिरण ऊर्जा (emitted electromagnetic radiation energy) की मात्रा के मध्य स्थित सम्बन्ध पर आधारित रहती है। एक काली वस्तु (A black body) या एक काली सतह, ऊष्मा विकिरण (heat radiation) की एक बहुत अच्छी अवशोषक (very good absorber) तथा एक बहुत अच्छी उत्सर्जक (very good emitter) होती है।

स्टीफन बोल्टजमेन नियम (Steafan Boltzmann law) अनुसार, किसी तप्त वस्तु की सतह के प्रति एकांक क्षेत्रफल से विकिरण ऊष्मा ऊर्जा उत्सर्जन की मात्रा के मान को निम्न सूत्र द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है—

$$E \cong 5.72 \times 10^{-8}\, \sigma\, (T_b^4 - T_s^4) \text{ Watt per square metre (Watt/m}^2\text{)} \quad \text{...(5)}$$

जहाँ; T_b = विकिरणकारी तप्त वस्तु का परम-ताप (absolute temp. of the radiating hot body)

T_s = वातावरण का परम-ताप (absolute temp. of surroundings)

σ = वस्तु के उत्सर्जन का नियतांक/स्टीफेन नियतांक (co-efficient of emission)

तथा पूर्ण काली वस्तुओं (perfect block bodies) के लिए, $\sigma = 1$ होता है, अत: पूर्ण काली वस्तु में विकिरण ऊष्मा ऊर्जा को निम्न सूत्र द्वारा प्रदर्शित कर सकते हैं—

$$E \cong 5.72 \times 10^{-8}\, (T_b^4 - T_s^4) \text{ Watt/m}^2 \quad \text{...(6)}$$

उत्तापमापी (Pyrometers) में प्रयोग की जाने वाली उत्तापभिति (Pyrometry) एक तकनीक है, जिसमें एक तप्त वस्तु के वैद्युत-चुम्बकीय विकिरण (electromagnetic radiation) को माप कर उस वस्तु के ताप को ज्ञात किया जाता है। निम्न दो प्रकार के पायरोमीटर, प्राय: औद्योगिक क्षेत्र में उपयोग किये जाते हैं—

Scanned by CamScanner

विकिरण उत्तापमापी (Radiation Pyrometers)

प्रकाशीय उत्तापमापी (Optical Pyrometers)

10.2.4.1. विकिरण उत्तापमापी (Radiation Pyrometers)—विकिरण उत्तापमापी का प्रचालन, तप्त वस्तु द्वारा उत्सर्जित विकरत ऊर्जा (Emitted Radiant Energy) के मापन पर आधारित होता है।

विकिरण उत्तापमापी द्वारा किसी तत्त्व वस्तु के ताप मापन विधि के योजनबद्ध-आरेख को चित्र 10.2.8 में प्रदर्शित किया गया है। इसमें तप्त वस्तु द्वारा ऊष्मा विकिरण को विकिरण संसूचक (Radiation detector) पर फोकस किया जाता है। यह विकिरण संसूचक अर्थात् विकिरण ग्राही तत्त्व (Radiation receiving element) के विभिन्न रूपों में से कोई एक रूप जैसे कि एक प्रतिरोध थर्मामीटर या एक थर्मोकपल या एक थर्मोपाइल (Thermopile) हो सकता है। एक थर्मोपाइल में कई थर्मोकाइल, श्रेणी में संयोजित रहते हैं। ताप के मान को प्रदर्शित करने के लिए विकिरण डिटेक्टर के आउटपुट पर एक ताप संकेतक (tem. indicator), एक रिकॉर्डर (recorder) या एक नियन्त्रक (controller) संयोजित रहता है।

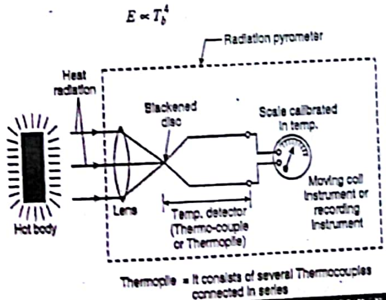
जिस तप्त वस्तु का ताप मापन करना हो, उस वस्तु द्वारा पूर्ण विकिरण ऊर्जा का जो अंश पायरोमीटर में प्रवेश करता है, उसे लेन्स द्वारा काली हुई डिस्क (Blacked disk) पर फोकस किया जाता है। यह कालीकृत डिस्क एक काली वस्तु के समान होती है, जोकि लगभग पूर्ण उस ऊष्मा विकिरण से अवशोषित (absorb) कर लेती है जो उस पर पड़ती है। थर्मोपील (thermopile या कोई अन्य temp. detector) की मापन सांधा (measure junction) को Blackened disk के साथ संलग्न (attach) करते हैं। विकिरण डिटेक्टर द्वारा अवशोषित ऊष्मा का मान (E)—

$$E \cong 5.72 \times 10^{-8} (T_b^4 - T_s^4) \text{ Watt/m}^2$$

यदि डिटेक्टर का ताप, तप्त वस्तु के ताप की अपेक्षाकृत बहुत कम $(T_s < T_b)$ हो तो उपरोक्त सूत्र में T_s को नगण्य मान सकते हैं—

अतः $$E \cong 5.72 \times 10^{-8} T_b^4 \text{ Watt/m}^2$$

अर्थात् $$E \propto T_b^4$$



चित्र 10.9–Schematic Diagram for Temperature Measurement of Hot Body with Radiation Pyrometer

अतः विकिरण डिटेक्टर द्वारा प्राप्त की गई ऊष्मा अर्थात् डिटेक्टर का ताप (तप्त वस्तु के परम-ताप (absolute temperature; T_b) के चार-गुणा (fourth power) के समानुपाती होती है; अतः इस प्रकार के संकेतक मापन-यंत्र (indicating instrument) का स्केल, एकसमान नहीं (non-uniform) होता है।

गुण/लाभ (Merits/Advantages)

विकिरण पायरोमीटरों के कुछ मुख्य लाभ निम्नलिखित हैं—

(i) इस प्रकार के उत्तापमापियों द्वारा बहुत अधिक ताप (लगभग 4000⊃C तक) का मापन किया जा सकता है।

(ii) इनका पाठ्यांक (Reading), तप्त वस्तु की उत्तापमापी की दूरी से स्वतन्त्र होता है।

(iii) उत्तापमापी द्वारा कुछ दूरी पर गतिशील वस्तु (moving body) का ताप भी ज्ञात किया जा सकता है।

(iv) चूँकि तप्त वस्तु से उत्तापमापी को बिना सम्पर्क कराये ही तप्त वस्तु का ताप ज्ञात किया जाता है, अतः विकिरण उत्तापमापी का प्रयोग, उच्च ताप वाली भट्टियों (furnaces) आदि के ताप में प्रयोग करना अति लाभकारी है।

(v) क्षयकारी (corrosive) द्रवों एवं गैसों के ताप मापन में, जहाँ अन्य तापमापी युक्तियों का उपयोग नहीं किया जा सकता है, वहाँ विकिरण उत्तापमापी का प्रयोग अधिक लाभकारी है।

(vi) इस प्रकार के सभी यंत्रों के लिए, उच्च तापों की प्रत्येक सीमाओं में एक ही सूत्र लागू होता है।

(vii) इस प्रकार के यन्त्र तेजी से अनुक्रिया (response) प्रदान करते हैं।

दोष/हानियाँ (Demerits/Disadvantages)

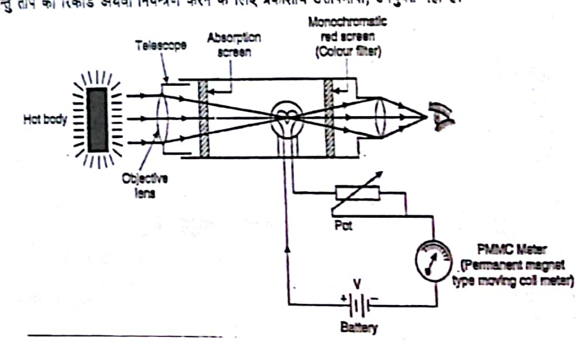
(i) विकिरण उत्तापमापी द्वारा ताप मापन करने से पहले उसका अंशाकन (calibration), उस वस्तु से करना होता है, जिसका ताप हमें ज्ञात हो।

(ii) इस प्रकार के उत्तापमापी की एक व्यावहारिक निम्न सीमा होती है, जोकि लगभग 600℃ होती है, इस ताप से कम ताप पर विकिरण उत्तापमापी, सुग्राही (sensitive) नहीं होते हैं क्योंकि इस ताप से नीचे, वस्तुओं से विकिरण ऊर्जा बहुत कम होती है, जिसे यथार्थता से विकिरण उत्तापमापी द्वारा मापना सम्भव नहीं है।

(iii) इस प्रकार के यंत्रों का स्केल, Non-linear (अर्थात् Non-uniform) होता है।

(iv) तप्त वस्तु के पदार्थ की उत्सर्जकता (emissivity), मापन पर प्रभाव डालती है।

10.2.4.2. प्रकाशीय उत्तापमापी (Optical Pyrometers)—प्रकाशीय उत्तापमापी, 600°C से 3500°C तक ताप मापन की एक यथार्थ विधि प्रदान करते हैं। इससे अतिरिक्त विकिरण उत्तापमापियों का अंशाकन तथा उसे चैक करने के लिए (calibrating and its checking of radiation pyrometers), प्रकाशीय उत्तापमापी अति लाभकारी युक्तियाँ हैं। परन्तु ताप को रिकॉर्ड अथवा नियन्त्रण करने के लिए प्रकाशीय उत्तापमापी, उपयुक्त नहीं है।



उच्च ताप युक्त तप्त वस्तु द्वारा उत्सर्जित विकिरण, वैद्युत चुम्बकीय स्पैक्ट्रम (Electromagnetic spectrum) की दृष्टिगोचर सीमा (visible region; wavelength, $\lambda = 0.38\,\mu m$ to $0.75\,\mu m$) में होता है। इस दृष्टिगोचर सीमा में एक निश्चित तरंग दैर्ध्य (wavelength; λ) वाली तरंग का एक निश्चित रंग तथा उसकी निश्चित विकिरण ऊर्जा होती है, जोकि तीव्रता (intensity) या चमक (Brightness) को प्रतिपादित करती है। अत: यदि हम तप्त वस्तु द्वारा उत्सर्जित एक रंग के प्रकाश की चमक (अर्थात् तीव्रता) का मान ज्ञात कर ले, तो हम तापमान के संकेत को प्राप्त कर सकते हैं। इसी सिद्धान्त पर एक प्रकाशीय उत्तापमापी कार्य करता है।

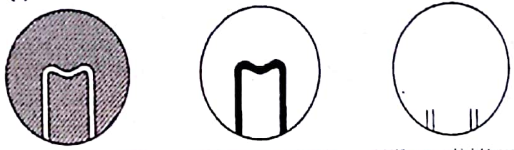
प्रकाशीय उत्तापमापी किस रंग के विकिरण स्वीकार करें, जिससे उसमें एक विशेष रंग फिल्टर (colour filter) के प्रयोग द्वारा निर्धारित किया जा सकता है। चूँकि लाल रंग सबसे अधिक चमक प्रदान करता है, अत: प्रकाशीय उत्तापमपियों में प्राय: लाल रंग का फिल्टर ही प्रयोग किया जाता है। विकिरण के एक विशेष रंग (सामान्यत: लाल) की चमक को एक मानक लैम्प (standard lamp) के उसी रंग (लाल रंग) की चमक से तुलना करके विकिरण के उस रग की चमक का मापन करते हैं।

अदृश्य तन्तु प्रकाशीय उत्तापमापी (Disappearing filament optical pyrometer)

अधिकतर प्रयोग किये जाने वाला प्रकाशीय उत्तापमापी, "अदृश्य फिलामैन्ट प्रकार का प्रकाशीय उत्तापमापी" ही है। एक अदृश्य फिलमैन्ट प्रकाशीय उत्तापमापी के योजनाबद्ध आरेख को चित्र 10.10 में प्रदर्शित किया गया है।

इसमें एक लैम्प (Objective lens) द्वारा तप्त वस्तु की विकिरण ऊर्जा (radiant energy) को एक अवशोषण पर्दे (absorption screen) पर फोकस किया जाता है। इस पर्दे पर बने वस्तु के प्रतिबिम्ब की चमक (brigh:ness) को तुलना वैद्युत-लैम्प के तन्तु (filament) की चमक से करते हैं। उस वस्तु-लैम्प के फिलामैन्ट मे प्रवाहित होने वाली धारा (I) को पोटैन्शियोमीटर (Pot) द्वारा निर्धारित किया जा सकता है, जिसके फलस्वरूप लैम्प की तीव्रता (Brightness) का समंजन (adjustment) होता है। लैम्प के फिलामैन्ट को रंग-फिल्टर तथा आँख-अंश (Eye piece) के द्वारा देखते हैं। फिलमेन्ट में धारा (I) का तब तक समंजन करते हैं, जब तक कि फिलामैन्ट तथा तप्त वस्तु के प्रतिबिम्ब (image) दोनों की चमक समान नहीं हो जात है।

जब तप्त वस्तु की प्रतिबिम्ब द्वारा उत्पन्न चमक (Brightness) तथा लैम्प के फिलामेन्ट द्वारा उत्पन्न चमक बराबर होती है तो फिलामैन्ट का चमक उत्पन्न करने वाला भाग अदृश्य हो जाता है, जैसा कि चित्र-10.11 (c) में प्रदर्शित किया गया है। परन्तु यदि तप्त वस्तु की अपेक्षाकृत फिलामैन्ट का ताप (अर्थात् चमक; Brightness) अधिक हो तो फिलामैन्ट अधिक चमकदार दिखाई देता है, जैसा कि चित्र-10.11 (a) में दर्शाया गया है। इसके विपरीत, यदि प्रतिबिम्ब का अपेक्षाकृत फिलामेन्ट का ताप (अर्थात् चमक) कम हो, तो फिलामैन्ट, अन्धकार पूर्ण (dark) दिखाई देता है, जैसा कि चित्र 10.11 (b) में दर्शाया गया है।



(a) When filament too-bright w.r.t. radiation | (b) When filament too-dark w.r.t. radiation | (c) When equal-brightness or filament and radiation

चित्र 10.11–Field View of the Disappearing Filament of the Pyrometer

चूँकि किसी तरंग-दैर्ध्य (Wavelength; λ) वाले प्रकाश की चमक, विकिरत वस्तु (Radiating body) के ताप पर आधारित होती है जबकि लैम्प के फिलामेंट की चमक, उसमें प्रवाहित धारा (I) पर आधारित होती है; अत: फिलामैन्ट में ... में मापक-यंत्र को सीधे ताप में अंशाकन (calibration) किया जा सकता है। इसके

अतिरिक्त, हम जानते है कि फिलामैन्ट में प्रवाहित धारा (I) का मान, फिलामैन्ट के प्रतिरोध पर आधारित ($I = V/R$) होता है अत: आधुनिक प्रकाशीय उत्तापमापियों (Modern otical pyrometers) का ताप अंशाकन, फिलामैन्ट के परिपथ में संयुक्त प्रतिरोध के टर्मों में किया रहता है।

चूँकि लैम्प के फिलामेन्ट को 1400°C तक ही गर्म किया जा सकता है; अत: इस प्रकार के साधारण प्रकाशीय उत्तापमापी की ताप रैन्ज अधिकतम 1400°C तक ही होती है परन्तु object के पास स्थित absorption screen को अवशोषण प्रकार (absorption type) का प्रयोग करके, इस प्रकार के प्रकाशीय उत्तापमापी की रैन्ज को 3500°C तक बढ़ाया जा सकता है। इस प्रकार, तप्त वस्तु से उत्सर्जित विकिरण का एक अंश ही पर्दे (screen) से पास होकर उत्तापमापी में प्रवेश करता है।

लाभ (Advantages)

प्रकाशीय उत्तापमापी के कुछ मुख्य लाभ निम्नलिखित हैं—

(i) यह भार में हल्का (light in weight) होता है।

(ii) इसके द्वारा चलनशील वस्तुओं तथा दूर वाली वस्तुओं के ताप को सरलता से मापा जा सकता है।

(iii) यह मापन-यंत्र प्रयोग करने में सरल है तथा एक स्थान से दूसरे स्थान तक सरलता से ले जाया जा सकता है।

(iv) यह उच्च ताप वाली वस्तुओं का ताप मापने में लाभदायक है तथा इस यंत्र को तप्त वस्तु के सम्पर्क में रखने की भी आवश्यकता नहीं होती है।

(v) इस यंत्र की मापन-यथार्थता (accuracy) अच्छी है।

हानियाँ (Disadvantages)

प्रकाशीय उत्तापमापी की कुछ मुख्य हानियाँ निम्नलिखित हैं—

(i) विकिरण उत्तापमापी के अपेक्षाकृत प्रकाशीय उत्तापमापी कीमती (expensive) होते हैं।

(ii) प्रकाशीय उत्तापमापी द्वारा जलती हुई गैसों (buring gases) का ताप मापन नहीं किया जा सकता है क्योंकि उससे उत्पन्न विकिरण में दृष्टिगोचर ऊर्जा (visible energy) नहीं होती है।

(iii) इसके मापन में विकिरण त्रुटियाँ (emission errors) होने की सम्भावना होती है।

■ थर्मल इमेजिंग कैमरा

एक थर्मल इमेजिंग कैमरा एक प्रकार का थर्मोग्राफिक कैमरा है जिसका उपयोग अग्निशमन (आग बुझाने के लिये) में किया जाता है। दृश्य प्रकाश के रूप में अवरक्त विकिरण (infrared radiation) का प्रतिपादन करके, ऐसे कैमरे अग्निशामक (आग बुझाने वाला) को धुएँ, अंधेरे में, गर्मी के द्वारा बाधाओं के होने के बावजूद आग लगने वाली जगह को देखने में मदद प्रदान करते हैं। थर्मल इमेजिंग कैमरे हाथों मे उपयोग करने वाले होते है परन्तु हेल्मेट में भी लगे हो सकते हैं। इनको आग व जलरोधी बनाया जाता है तथा आग का इन पर कोई असर नहीं होता है। थर्मल इमेजिंग कैमरा मनुष्य के शरीर की गर्मी को पकड़ लेता है इसलिए इनको ऐसी जगह उपयोग करते हैं जैसे मनुष्य कहीं जमीन में दब गया हो या ऐसी जगह जहाँ पर पहुँचना सम्भव ना हो।

संरचना (Construction)—थर्मल इमेजिंग कैमरा पाँच घटकों से मिलकर बना है।

1. आप्टिक तन्त्र (Optic system)
2. डिटेक्टर (Detector)
3. एम्प्लीफायर (Amplifier)
4. सिग्नल प्रोसेसिंग (Signal processing)
5. डिस्प्ले (Display)

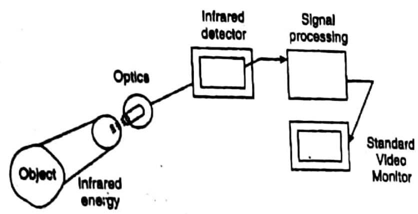
थर्मल इमेजिंग कैमरा की कार्यविधि (Working of thermal imaging camera)

1. एक स्पेशल लेन्स object से निकलने वाले infrared लाइट का फोकस करता है।
2. फोकस लाइट को एक infrared detector element द्वारा स्केन (scan) किया जाता है, यह डिटेक्टर तापमान के द्वारा एक थर्मोग्राम (thermogram) बनाता है तथा यह डिटेक्टर ...

Scanned by CamScanner

सम्बन्धित सूचना थर्मोग्राम को देता है। डिटेक्टर अलग-अलग तापमान का एक पैटर्न (pattern) बनाता है जिसे थर्मोग्राम (thermogram) कहते हैं।

3. Detector element द्वारा उत्पन्न थर्मोग्राम को विद्युत पल्स (electric pulse) में बदलकर एम्प्लीफायर द्वारा विद्युत पल्स को एम्प्लिफाई किया जाता है।
4. इस विद्युत पल्स को सिगनल प्रोसेसिंग यूनिट (जो कि एक सर्किट के रूप में होता है) पर लगाया जाता है तथा यह सिग्नल प्रोसेसिंग यूनिट विद्युत पल्स को ऐसे डाटा में बदलती है जिसे एक स्क्रीन पर देखा जा सके।
5. सिग्नल प्रोसेसिंग यूनिट सूचना display monitor को देता है जो कि वहाँ विभिन्न रंगों के रूप में दिखाई देता है तथा infrared emission की तीव्रता पर निर्भर करता है। सभी elements से उत्पन्न पल्स का मिला-जुला रूप एक चित्र बनता है।



चित्र 10.12

थर्मल इमेजिंग कैमरे के उपयोग

1. आग बुझाने के लिए
2. मिलिटरी में
3. कानून लागु करने तथा आतंकवादियों के खिलाफ
4. मोटर वाहन में उपयोग
5. रात में देखने के लिए
6. मेडिकल क्षेत्र में
7. पुलिस को टारगेट ढूढने में

प्रश्नावली

1. तापमान के लिए प्रयुक्त किसी एक पाइरोमीटर के सिद्धान्त का वर्णन कीजिये।
2. प्रतिरोध तापमापी की रचना का वर्णन कीजिये।
3. थर्मोकपल क्या है? इसके द्वारा तापमान कैसे मापा जाता है? समझाइये।
4. थर्मोकपल की रचना दीजिये एवं ताप मापन के लिये इसके उपयोग को समझाइये।
5. थर्मोकपल में प्रयुक्त विभिन्न धातु संयोग क्या है? इनकी ताप परास दीजिये।
6. पायरोमीटर का चित्र खींचिये एवं कार्य-विधि समझाइये।
7. एक प्रतिरोध तापमापी की रचना का वर्णन कीजिये।
8. निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये—

   (i) थर्मोकपल (ii) पायरोमीटर।
9. थर्मल इमेजिंग कैमरा की कार्यविधि को समझाओं।

11

स्मार्ट मीटर सिस्टम
(Smart Metering System)

AMI (Advance Metering infrastructure)

उन्नत मीटरिंग इंफ्रास्ट्रक्चर प्रणाली स्मार्ट मीटर (smart meters) दूरभाष नेटवर्क (communication networks) तथा डॉटा मैनेजमेन्ट (data management) का मिला हुआ एक सिस्टम है, जोकि उपयोगिता तथा उपभोक्ता के बीच दो तरह से दूरभाषा का कार्य करता है।

1. **उन्नत मीटरिंग इंफ्रास्ट्रक्चर के कार्य** (Functions of AMI)—उन्नत मीटरिंग इंफ्राइस्ट्रक्चर (प्रणाली) संसाधन तथा व्यवसाय प्रक्रिया की उपयोगिता के लिये प्रबंधन करने में मदद करती है। AMI प्रणाली निम्न कार्यों का समर्थन करती है—

1. दूरस्थ मीटर डॉटा की एक अन्तराल पर रीडिंग लेना।
2. एक दिन की या एक घण्टे की रीडिंग लेना।
3. पूर्व भुगतान की कार्यक्षमता
4. नेट के द्वारा रीडिंग तथा बिलिंग
5. अलार्म/घटना का पता लगाना, अधिसूचना (notification) तथा रिपोर्टिंग
6. दूरस्थ पर लोड को लिमिट करना या आवश्यकता पड़ने पर लोड को हटाना या जोड़ना।
7. दूरस्थ पर पुराने software को बदलना या अपग्रेड करना।
8. आईवीआरएस (IVRS), बिलिंग तथा संग्रह सॉफ्टवेयर, जीआईएस मैपिंग, उपभोक्ता इंडेक्स, नये कनेक्शन (जोड़ना तथा तोड़ना), विश्लेषण सॉफ्टवेयर, आउटेज प्रबन्धन प्रणाली आदि का एकीकरण।
9. स्मार्ट मीटर तथा मीटर डेटा सहित AMI तक अनाधिकृत डेटा को रोकने के लिये सुरक्षा सुविधाएँ तथा AMI तत्वों (element) का तृतीय पक्ष के द्वारा प्रमाणीकरण सुनिश्चित करना।

AMI सिस्टम के मुख्य भाग—

1. स्मार्ट मीटर (Smart meter)
2. दूरभाष प्रणाली (Communication infrastructure)
3. हेड एंड सिस्टम (HES) (Head end system)
4. मीटर डाटा प्रबन्धन प्रणाली (MDM) (Meter data management system)
5. उपभोक्ताओं के अपडेट किए गए ऑनलाइन डेटा के साथ वेब एप्लीकेशन आदि।

Scanned by CamScanner

2. मोबाइल ऐप (Mobile App)—AMI कार्यान्वयन एजेंसी (AIA) के माध्यम से एक मोबाइल ऐप प्रदान करेगा जिसके माध्यम से उपभोक्ता लॉग-इन कर अपनी ऊर्जा की खपत से संबंधित जानकारी देख लेगा। ऐप पीक लोड प्रबन्धन कार्यक्षमता, मौजूदा टैरिफ, तथा प्रोत्साहन दरों के कार्यान्वयन के लिए मंच प्रदान करता है। मोबाइल ऐप पूरी प्रणाली का हिस्सा होगा और इसके लिए अतिरिक्त पैसा नहीं देना होना।

नेटवर्क सुरक्षा (Network security)

नेटवर्क के पास पर्याप्त साइबर सुरक्षा होनी चाहिए। यह सुरक्षा नीचे बताए गये उपायों तक ही सीमित नहीं होनी चाहिए। नेटवर्क सुरक्षा को सभी इंटरफेस (interface) नेटवर्क तक बढ़ाया जाना चाहिए।

1. सुरक्षित फीड (इनपुट) प्रणाली (Secured access control)—इस प्रणाली को सुरक्षित बनाने के लिये पासवर्ड की व्यवस्था की जानी चाहिए।

2. अधिकृत कंट्रोल (Authorized control)—विभिन्न कार्यों के लिये लोगों को अलग-अलग अधिकृत करना पड़ेगा।

3. लॉगिंग (Logging)—लॉगिंग के सफल व असफल प्रयास को नोट करना चाहिए। पासवर्ड बदलना, जैसे अधिकार अधिकृत कंट्रोल के पास नहीं होना चाहिए क्योंकि इससे नेटवर्क सुरक्षा प्रभावित होगी।

4. हार्डनिंग (Hardening)—सभी अनावश्यक पैकेजों को सिस्टम से हटाया जाना चाहिए तथा सभी अप्रयुक्त ऑपरेटिंग सिस्टम व अप्रयुक्त नेटवर्किंग पोर्ट को अवरुद्ध होने से भी रोका जाना चाहिए। केवल सुरक्षित रखरखाव का उपयोग किया जाना चाहिए।

5. खराब सॉफ्टवेयर की रोकथाम (Malicious software prevention)—एंटी वायरस सॉफ्टवेयर का उपयोग करना चाहिए तथा अन्य उपकरण को भी खराब सॉफ्टवेयर की रोकथाम के लिये एप्लिकेशन, सर्वर तथा डेटा बेस की सहायता करनी चाहिए।

6. नेटवर्क सुरक्षा (Network security)—HES (Head End System) के नेटवर्क को बनाते समय एक fire proof layer होनी चाहिए। सिस्टम को सुरक्षा की एक अतिरिक्त परत के रूप में फायरवॉल कान्फिगर किया जाना चाहिए; अगर फायरवॉल नेटवर्क फेल हो जाता है।

स्मार्ट मीटर के फायदे (Advantages of smart meter)

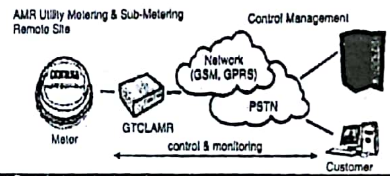
1. रीडिंग लेने में आसानी होती है तथा स्मार्ट मीटर द्वारा अपने आप उपभोक्ता को रीडिंग भेज दी जाती है।
2. स्मार्ट मीटर के द्वारा बिजली की खपत पर लगाम लगती है।
3. तार रहित डिस्प्ले (wireless display) होने के कारण हम अपनी बिजली की खपत को घर में कहीं से भी देख सकते हैं।
4. स्मार्ट मीटर संस्थापन प्रक्रम के द्वारा विद्युत विभव सीगनल तथा घर के चारो तरफ गैस रखरखाव में सहायता मिलती है।
5. स्मार्ट मीटर के द्वारा ऊर्जा को क्षय (waste) होने से बचाया जाता है।
6. स्मार्ट मीटर के द्वारा खपत को कम किया जाता है।
7. स्मार्ट मीटर के द्वारा टैरिफ तथा ऊर्जा पूर्ति को चुनने की अधिक आजादी है।

AMI के फायदे (Advantages of AMI)

1. AMI के द्वारा ऊर्जा दक्षता (energy efficiency) बढ़ाने के लिये जरूरी सूचना प्राप्त की जा सकती है।
2. AMI के द्वारा उपयोगिता उपभोक्ता सर्विस तथा मूल्य को निर्धारित करने में सहायता मिलती है।
3. AMI के द्वारा प्राकृतिक स्रोतो से प्राप्त विभिन्न प्रक्रम (process) के द्वारा ऊर्जा को मैनेज करने में सुधार किया

स्वचालित मीटर रीडिंग (Automatic Meter Reading) (AMR)

AMR एक ऐसी टेक्नोलोजी है जिसके द्वारा आटोमेटिकली खपत, निदान तथा मीटर रीडिंग (मीटर डाटा) को इकट्ठा किया जाता है तथा इस डाटा को मुख्य डाटा कार्यालय को भेजकर बिलिंग, फाल्ट को दूर करना तथा विश्लेषण किया जाता है। इस टेक्नोलोजी का पहला लाभ यह है कि हम आने-जाने से बच जाते हैं तथा दूसरा फायदा हमारे मीटर की बिलिंग एक निश्चित समय में की गई खपत की जाती है, ना कि पुरानी खपत के आधार पर या आगे होने वाली सम्भावित खपत के आधार पर।



चित्र 11-1 : Automatic Meter system for building and utility Sector

स्वचालित मीटर रीडिंग सिस्टम को तीन मुख्य भागों में बाँटा जाता है—

1. मीटर इटरफेस मॉड्यूल (Meter interface module)—स्मार्ट मीटरिंग में मुख्यत: मीटर इंटरफेस मॉड्यूल पॉवर सप्लाई के साथ, बैटरी बैकअप तथा आवश्यक नियन्त्रण मॉड्यूल एवम् संचार इटरफेस जो डेटा को रिमोट से केन्द्रीय स्थान पर प्रसारित करने की अनुमति देता है। कई बार यह संचार इटरफेस द्वि-दिशात्मक (Bi-directional) होता है तथा दूरस्थ इकाई केन्द्रीय कार्यालय के संकेतों को प्राप्त करती है। प्रत्येक विद्युत मीटर के लिए इस तरह की एक इंटरफेस इकाई होती है। स्मार्ट मीटरिंग युक्ति के मुख्य भागों को एक से अधिक मीटर के साथ साझा किया जा सकता है।

2. संचार प्रणाली (Communication system)—इस प्रणाली के द्वारा नियंत्रित डाटा को मीटर इंटरफेस इकाई तथा केन्द्रीय कार्यालय के बीच प्रसारण के लिये उपयोग किया जाता है। ज्यादातर ऐसे प्रसारण को टेलीफोन, रेडियो फ्रीक्वेंसी (R.F.), GSM, तथा ओवरहेड केबिल के द्वारा किया जाता है। प्रसारण सिस्टम मे लगे विभिन्न घटकों का उपयोग संचार मीडिया पर निर्भर करता है।

3. केन्द्रीय कार्यालय या मास्टर स्थान निगरानी प्रणाली (Central office or master location monitoring system)—इस सिस्टम में संचार मोडेम शामिल है जोकि ट्रान्सीवर कम्प्यूटर के रूप में कार्य करता है। कई बार हम अपने फायदे के लिये इलेक्ट्रॉनिक मीटर को लेकर फोन के द्वारा केन्द्रीय कार्यालय को सूचित कर देते हैं। उपभोक्ता के द्वारा ली गई इलेक्ट्रॉनिक मीटर रीडिंग तथा स्वचालित मीटर रीडिंग सिस्टम मे काफी समानता है।

AMR के लाभ

1. मीटर की रीडिंग लेने के लिये कम खर्च होता है। (Lower cost to read the meters)
2. पूरी तथा सही रीडिंग मिलती है। (More accurate and complete reads)
3. प्रत्येक मीटर के बीच में दो तरह से कम्यूनिकेशन हो सकता है। (Working as a two-way communication with each other)
4. बिजली चोरी की रोकथाम होती है। (Theft of service detection and prevention)
5. मेधावी बिल्डिंग उपयोग (Intelligent building application)

Scanned by CamScanner

Meter Reading Instrument (MRI)

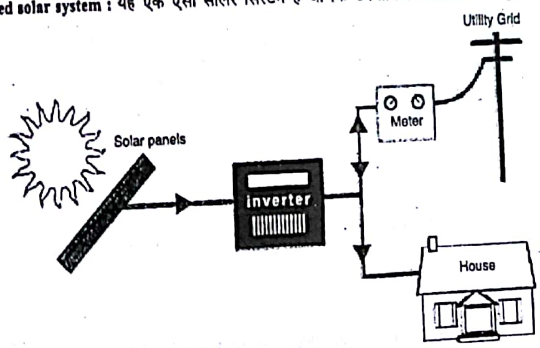
Common Meter Reading Instrument (CMRI) एक हाथ में पकड़कर चलाने वाला कम्प्यूटर है जिसके द्वारा इलेक्ट्रॉनिक मीटर से डाटा डाऊनलोड किया जाता है।

चित्र 11.2 : Common meter reading instrument

इसके मुख्य भाग निम्न है—

1. Supports IEC/ANSI/PACT Protocol.
2. Universal probe for multiple probe.
3. Zero powered probes.
4. Suited for AMR applications.
5. USB type probe (USB2)
6. 2 inch paper width.
7. High speed printing.
8. Long ribbon life.
9. Bluetooth interface.

Gried-Tied solar system : यह एक ऐसा सोलर सिस्टम है जो कि उपयोगिता पॉवर ग्रिड से जुड़ा हुआ है।



चित्र 11.3

Grid-Tied Solar Systems के मुख्य भाग

1. Grid-Tie Inverter (GTI) or Micro Inverter
2. पॉवर मीटर

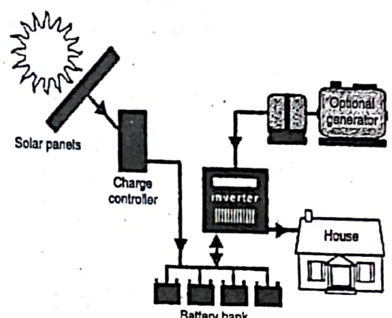
1. Grid-Tie inverter का मुख्य कार्य धारा के फेज तथा आवृत्ति की उपयोगिता ग्रिड के साथ मिलाना है। आऊटपुट वोल्टेज को ग्रिड वोल्टेज से अधिक रखा जाता है ताकि विद्युत की अधिकता होने पर ग्रिड की तरफ को बहने लगें।

Micro-Inverter : Micro-inverter प्रत्येक सोलर पेनल के पीछे लगा रहता है तथा central inverter का विरोध करता है जोकि सारे सोलर पैनल से जुड़ा होता है। Micro-Inverter मूल्य में अधिक होता है, परन्तु कई बार अधिक दक्षता उत्पन्न करता है।

Power meter : इस युक्ति को नेट मीटर या दो-दिशा मीटर कहते हैं जोकि दोनों दिशा में पॉवर को मापता है; जैसे कि पॉवर बह रही है ग्रिड से घर की तरफ या इसका उल्टा।

Grid-Tied system के लाभ

1. नेट मीटर के साथ अधिक धन की बचत करता है क्योंकि इसका संस्थापन सरल व सस्ता है।
2. उपयोगिता ग्रिड वास्तव में एक बैटरी है जिसे अनुरक्षण तथा बदलने की आवश्यकता नहीं होती है।



चित्र 11.4.

Off-Grid solar systems : Off-Grid solar system में बिजली को हर समय बनाये रखने के लिये बैटरी स्टोरेज तथा जनरेटर की आवश्यकता पड़ती है।

Off-Grid solar systems के मुख्य भाग निम्न हैं—

1. Solar charge controller
2. Battery bank
3. D.C. disconnect (additional)
4. Off-Grid inverter
5. Backup generator

1. Solar charge controller : सोलर चार्ज कंट्रोलर को चार्ज रेगुलेटर या बैटरी रेगुलेटर भी कहते हैं। सोलर बैटरी चार्जर का कार्य बैटरी बैंक को दी जाने वाली धारा के मान की दर को कण्ट्रोल करता है तथा बैटरी को ओवरचार्जिंग से बचाता है।

2. Battery bank : बैटरी बैंक विभिन्न बैटरियों का एक समूह होता है।

Scanned by CamScanner

3. DC Disconnect switch : A.C. तथा D.C. को सफलता से तोड़ने के लिये सभी सोलर सिस्टम में इसकी आवश्यकता होती है। Off-Grid solar system में एक अलग से D.C. disconnect को बैटरी बैंक तथा Off-Grid inverter के बीच में लगाया जाता है। इसका कार्य धारा को बन्द करना है। इसका उपयोग अनुरक्षण दोष दूर करते समय तथा विद्युत आग लगने पर भी किया जाता है।

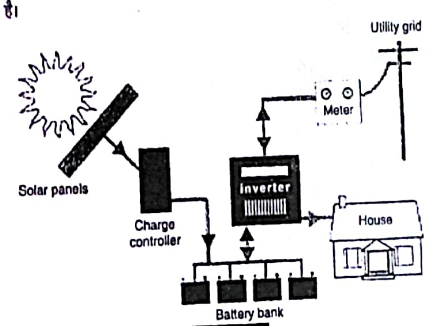
4. Off-Grid Inverter : इसका कार्य धारा को A.C. में बदलना है।

5. Back up generator : अधिक बैटरी लगाने से बैटरी बैंक की कीमत बढ़ेगी तथा बैटरी कभी भी अपने पूरे विभव पर कार्य नहीं करती है, कीमत को कम करने के लिए Back up generator की अवश्यकता पड़ती है।

Off-Grid solar system के लाभ

1. उपयोगिता ग्रिड की कोई आवश्यकता नहीं पड़ती है।
2. स्वयं ऊर्जा उत्पन्न करता है।

Hybrid solar system : Hybrid solar system grid-tied तथा off-grid solar system का मिला-जुला रूप है इसको off-grid solar with utility back up power के रूप में या grid tied sola: with extra battery storage के रूप में समझाया जा सकता है।



चित्र 11.5

Hybrid solar system के मुख्य उपयन्त्र

1. Charge controller
2. Battery bank
3. DC disconnect (additional)
4. Battery-based grid-tie inverter
5. Power meter

Battery-based grid-tie Inverter : इस युक्ति का कार्य बैटरी बैंक से विद्युत पॉवर लेना तथा उसे उपयोगिता ग्रिड के साथ सिन्क्रोनाइज करना है।

लाभ

1. Off-grid solar system से कम खर्चीला।

... होगी तथा इसका उपयोग अधिक होगा।

प्रश्नवली

1. उन्नत मीटरिंग इंफ्रास्ट्रक्चर (AMI) क्या है?
2. AMI का क्या कार्य होता है?
3. AMR को समझाइये।
4. MRI को समझाइये।
5. Smart metering system के लाभ बताइये।
6. AMR को विस्तार से समझाइये।
7. Gried-Tied Solar system को समझाइये।
8. Off-Grid solar system को समझाइये।
9. Off-Grid solar system के मुख्य भागो को समझाइये।
10. Hybrid solar system को समझाइये।

ODD SEMESTER EXAMINATION (U.P.), DECEMBER–2019

इलैक्ट्रिकल इन्स्ट्रयूमैन्ट्स एण्ड मैज़रमेन्ट

(Electrical Instruments and Measurement)

Code : 2176

Third Semester

Time : 2.30 Hours] [Maximum Marks : 50

Notes :

(i) Attempt all questions.

(ii) Students are advised to specially check the Numerical Data of question paper in both versions. If there is any difference in Hindi translation of any question, the students should answer the question according to the English version.

(iii) Use of Pager and Mobile Phone by the students is not allowed.

नोट—सभी प्रश्नों को हल कीजिए।

1. निम्न में से दो भागों के उत्तर दीजिए— [2 × 4 = 8]

(अ) माप यन्त्रों के सन्दर्भ में त्रुटियाँ, यथार्थता तथा परिशुद्धता की परिभाषा दीजिए।

(ब) वोल्टमीटर एवं एमीटर में अन्तर स्पष्ट कीजिए।

(स) विभिन्न प्रकार के विद्युत माप यन्त्र लिखिए।

2. निम्न में से दो भागों के उत्तर दीजिए— [2 × 5 = 10]

(अ) मूविंग कोइल माप यन्त्रों की संरचना तथा कार्य सिद्धान्त का वर्णन कीजिए।

(ब) डिजिटल वॉटमीटर की संरचना तथा कार्य सिद्धान्त का वर्णन कीजिए।

(स) विद्युत मापन प्रणाली में C.T. एवं P.T. के प्रयोगों का संक्षेप में वर्णन कीजिए।

3. निम्न में से तीन भागों के उत्तर दीजिए— [3 × 4 = 12]

(अ) चित्र की सहायता से डिजिटल ऊर्जा मीटर की संरचना का वर्णन कीजिए। इसके प्रयोग दीजिए।

(ब) एक फेज ऊर्ज़ा मीटर की चक्री 220V, 5A युनिटी p.f. के लोड पर 5 मिनट में 50 चक्र लगाती है। यदि मीटर पर अंकित 600 चक्र प्रति KWH हैं तो मीटर की प्रतिशत ऐरर ज्ञात कीजिए।

(स) प्रेरण टाइप ऊर्जा मीटर में विभिन्न त्रुटियाँ बताइये। तथा इनका उपचार कैसे किया जा सकता है।

(द) डीजिटल टाइप मैगर तथा अर्थ टैस्टर के कार्य सिद्धान्त तथा प्रयोगों का वर्णन कीजिए।

4. निम्न में से दो भागों के उत्तर दीजिए— [2 × 4 = 8]

(अ) विद्युतीय डायनमोमीटर पावर फैक्टर मीटर की संरचना तथा कार्य सिद्धान्त का वर्णन कीजिए।

(ब) उपयन्त्र ट्राँसफार्मर से क्या अभिप्राय है? इनकी संरचना, कार्य तथा अनुप्रयोग दीजिए।

(स) CRO क्या है? इसके विभिन्न नियन्त्रणों तथा अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए।

5. निम्न में से तीन भागों के उत्तर दीजिए— [3 × 4 = 12]

(अ) स्मार्ट मीटरिंग सिस्टम से क्या अभिप्राय है? स्मार्ट मीटर तकनीक का वर्णन कीजिए।

(ब) ट्रान्सड्यूसर क्या है? इसके अनुप्रयोग दीजिए।

(स) ताप मापन के लिए किसी एक इलैक्ट्रॉनिक थर्मामीटर का वर्णन कीजिए।

(द) LCR मीटरों से क्या अभिप्राय है? इसके अनुप्रयोग दीजिए।

O

Scanned by CamScanner