

Chapter-1

Measurement is the process to convert physical parameters into numerical values. For meaningful results the requirements are:

i) The standard adopted for comparison must be accurate and universally accepted.

ii) The instruments and mode of measurement

Measuring is basically used to monitor a process or operation, or as well as the controlling process. For example, thermometers, barometers, anemometers are used to indicate the environmental conditions.

The major problem encountered with any measuring instrument is the error. Therefore, it is obviously necessary to select the appropriate measuring instrument and measurement method which minimise error.

In the broadest sense, instruments may be divided into two categories:

i) Absolute Instruments

ii) Secondary Instruments.

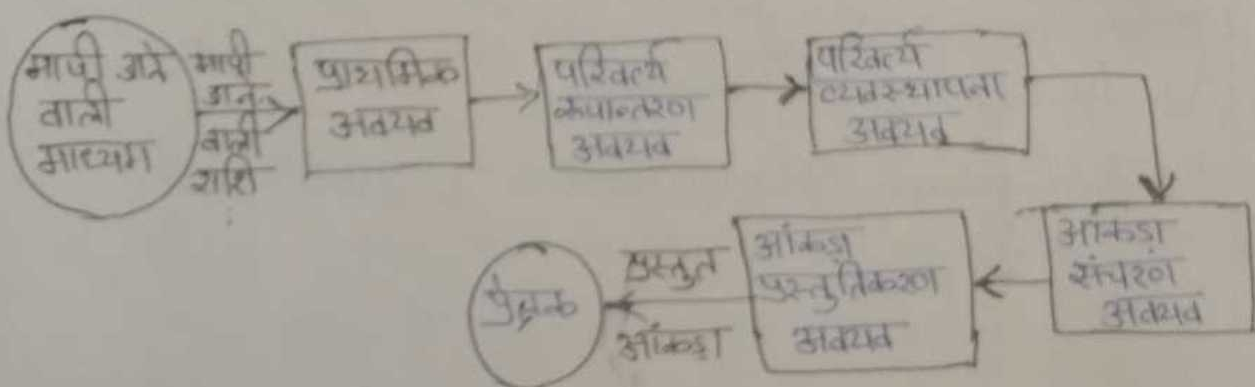
⇒ मापन क्या है ? समझाइये

मापन हिंदु गण अज्ञात राशि का एक स्कोर के रूप में ग्रहण किंग गण पूर्व निर्धारित मानक मान से तुलना करना है। किसी भी मापन का परिणाम एक स्थिर संख्या है जिसकी एक स्कोर होती है तथा इसका एक निश्चित नाम और संख्या होती है जो यह व्यक्त करता है कि मापे जाने वाली राशि में यह स्कोर कितने गुना समाहित है।

प्रक्रिया उद्योगों (Process industries) और औद्योगिक निर्माण में मापन का प्राथमिक उद्देश्य उत्पाद की गुणवत्ता में वृद्धि लक्ष्य औद्योगिक प्रणालियों की अर्थव्यवस्था को सुधारना और उत्पादन की क्षमता को बढ़ाना है। अतः इस उद्देश्य के लिए तथा उचित प्रणाली को बनाए रखने के लिए मापन बहुत महत्वपूर्ण है।

मापन प्रणाली के तत्व :- (Elements of Measuring System)

सभी प्रकार के उपकरणों के विभिन्न भाग होते हैं जो कुछ निर्धारित क्रियाओं करके परिवर्ती राशियों या दशाओं का उनके समतुल्य संकेतों में रूपान्तरित करते हैं। इस प्रकार किसी उपकरण के परिचालन को उपकरण प्रणाली के विभिन्न तत्वों या विभिन्न भागों के रूप में वर्णित या परिभाषित कर सकते हैं।





किसी उपकरण का प्राथमिक संवेदक अवयव (Primary Sensing Element) वह होता है जो मापित माध्यम में ऊर्जा (Energy) सर्वप्रथम प्राप्त करता है और मापित राशि के मान पर आधारित निर्गत (Output) देता है।

इस प्राथमिक संवेदक के निर्गत संकेत को उपकरण के अधिक अनुकूल भौतिक परिवर्ती राशि या दशा में रूपांतरण मुख्यतः एक परिवर्ती-रूपांतरक अवयव के द्वारा किया जाता है। सभी उपकरणों में इस अवयव की आवश्यकता नहीं रहती, कुछ विशेष उपकरणों में आवश्यकतानुसार इसे लगाया जाता है।

मापन यंत्रों का वर्गीकरण :-

समस्त वैद्युत मापक उपयंत्रों को मुख्य रूप से निम्नलिखित दो वर्गों में बाँटा जा सकता है —

- i) प्राथमिक या निरपेक्ष उपयंत्र (Primary Instrument) — प्राथमिक उपयंत्र मापी जाने वाली राशि को उपयंत्र के स्थिरांक (Constant of instruments) तथा उसके विक्षेप में सूचित करते हैं। इन उपयंत्रों को किसी अन्य उपयंत्र से अंशांकन (Calibration) या तुलना की आवश्यकता नहीं पड़ती। इस प्रकार उपयंत्रों का प्रयोग केवल मानकीकरण के लिए किया जाता है। स्पर्शज्या गैल्वेनोमीटर इसी प्रकार के उपयंत्र का उदाहरण है जो धारा का मान, विक्षेपित कोण की स्पर्शज्या, प्रयोग की गयी तार का अर्द्धव्यास और वर्तन तथा पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र के मैग्निट घटक के रूप में मापता है।

ii)

द्वितीयक उपयन्त्र (Secondary Instruments)

द्वितीयक उपयन्त्र द्वारा मापी जाने वाली राशि के परिमाण (magnitude) को विक्षेप द्वारा सीधा मापा जाता है। इन उपयन्त्रों के प्रयोग करते पहले, इनकी किसी निरपेक्ष उपयन्त्र (absolute instrument) द्वारा पूर्व अंशिकता (pre-calibration) होना आवश्यक है।
 प्रायः सभी वैद्युत मापन कार्यों में इस प्रकार के ही उपयन्त्र प्रयोग में लाये जाते हैं।

अमीटर, वोल्टमीटर, वाटमीटर, ऊर्जामापी, आवृत्ति मापी, मांगा सूचक शक्ति गुणक मापी (power factor) आदि इसके उदाहरण हैं।

द्वितीयक मापक उपयन्त्र (Secondary measuring Instruments) के तीन प्रकार निम्नलिखित हैं—

• सूचक उपयन्त्र (Indicating Instruments) —

यह उपयन्त्र प्रायः एक राशि का निर्देशन करते हैं तथा इनमें डायल (Dial) तथा सूचक (indicator) का प्रयोग किया जाता है। अमीटर, वोल्टमीटर, वाटमीटर, ओहममीटर (ohmmeter) तथा शक्ति गुणक मीटर (power factor meter) इस श्रेणी में आते हैं।

• अभिलेखी उपयन्त्र (Recording Instruments) —

ये उपयन्त्र मापी गई राशि का निरंतर अभिलेखी उपयन्त्र कहलाते हैं। इन उपयन्त्रों में ऐसी अवस्था होती है कि उपयन्त्र एक कमाज पर स्याही द्वारा एक निश्चित समय मापी गयी राशि का अभिलेख खींच देते हैं। इन उपयन्त्रों के शक्ति केन्द्रों तथा प्रयोगशाला में प्रयोग किया जाता है।

• समाकलन उपयन्त्र (Integrating Instruments) —

यह उपयन्त्र एक दिये गये समय के लिए ऊर्जा की कुल राशि को बताते हैं। इस श्रेणी के अन्तर्गत एम्पियर घण्टा मीटर (ampere hour meter) तथा वाट घण्टा

मीटर (volt hour meter) आते हैं।

इंडीकेटिंग यंत्रों में तीन अलग-अलग बल :-

सूचक उपयंत्र, विद्युत धारा या वोल्टता को यान्त्रिक बल में परिणित (convert) करने के लिए भौतिक प्रभावों का प्रयोग करते हैं। समस्त सूचक उपयंत्रों में यह आवश्यक है कि उनकी चल पुणाली (moving system) पर अलग-अलग तीन बल कार्य करेंगी, तभी वे संतुष्टजनक सूचक (indication) देंगे। ये तीन बल निम्नलिखित हैं -

i) विक्षेपण बल (Deflecting Force) - उपयंत्र का वह भाग जो विद्युत धारा को या वोल्टता को यान्त्रिक बल में परिणित कर देता है, विक्षेप पुणाली कहलाता है। इस बल को विक्षेपण बल या बल धूर्ण कहते हैं। यह उपयंत्र के अन्दर की चल पुणाली में गति उत्पन्न करता है और संकेत धारा, वोल्टता आदि की मात्रा को सूचित करता है। इस प्रकार से विक्षेपण या चल पुणाली, संकेतक और का प्रथम घटक (prime mover) है, जिसके कारण संकेतक पैमाने पर विक्षिप्त होता है।

ii) नियंत्रक बल (Controlling Force) - सूचक उपयंत्रों में यह एक इसी प्रकार आवश्यक भाग है जो संकेतक विक्षेपण को विभिन्न मानों की धाराओं के समानुपाती रखता है। नियंत्रक पुणाली में विक्षेपण पुणाली के विक्षेपण बल के बराबर तथा विपरीत दिशा में एक बल उत्पन्न हो जाता है। इस बल को नियंत्रक बल या बलधूर्ण कहते हैं। इस नियंत्रक बल के न होने पर विक्षेपण पुणाली का संकेतक किसी भी मान की

धारा या वोल्टता से विक्षेपण की अधिकतम सीमा तक विक्षिप्त हो जायेगा। यही नहीं बल्कि एक बार विक्षिप्त हुआ संकेतक, धारा या वोल्टता को हटा लेने पर पुनः शून्य नहीं लौटेगा।

ii) अवमन्दन बल (Damping force) — अवमन्दन पुणाली उपयन्त्र का एक तीसरा आवश्यक भाग है। इस पुणाली से उत्पन्न बल को अवमन्दन बल या बलघूर्ण कहते हैं। अवमन्दन बलघूर्ण या बल का कार्य, चल पुणाली तथा अर्थात् संकेतक की विक्षिप्तावस्था (deflected position) में उसे तुरन्त स्थिरावस्था में लाना होता है। अवमन्दन पुणाली के न होने पर संकेतक विक्षिप्त होने के बाद अपनी अन्तिम विक्षिप्तावस्था की माध्यमान स्थिति के दोनों ओर देर तक दोलन करता रहेगा, फिर उसके बाद स्थिर अवस्था में आयेगा जिससे पाठ्यांक लेने में व्यर्थ में समय नष्ट होगा। अवमन्दन पुणाली दोलन पर ब्रेक (break) का कार्य करती है जिसके कारण संकेतक बिना दोलन किये शीघ्रता से विक्षिप्त अवस्था में आकर स्थिर हो जाता है।

परिशुद्धता एवं शुद्धता में अंतर
परिशुद्धता (Precision) | शुद्धता (Accuracy)

i) <u>परिशुद्धता</u> सत्यता का वह स्तर है जिस स्तर तक उपकरण को कार्य निष्पादन हेतु अभिकल्पित किया गया है, अर्थात् अधिकतम परिशुद्ध कार्य करने के लिए उपकरणों को डिजाइन किया जाता है।	किसी यन्त्र या उपकरण पुणाली की वह क्षमता या योग्यता है जो किसी मापित परिवर्ती राशि के यथार्थ मान को किसी निर्दिष्ट दशा (reference condition) में बताता है।
--	---



परिशुद्धता

शुद्धता

- | | |
|--|---|
| i) यह दो अभिलक्षणों से युक्त होते हैं। | यह केवल एक अभिलक्षण से युक्त होता है। |
| ii) सार्थक संख्यायें मापने योग्य राशि की परिशुद्धता एवं परिमाण (magnitude) के विषय में सही जानकारी देते हैं। | सार्थक संख्यायें मापने योग्य राशि की यथार्थता के विषय में सही जानकारी देते हैं। |
| iv) जितनी सार्थक संख्यायें होंगी उतना ही अधिक परिशुद्ध होगा। | जितनी सार्थक संख्यायें होंगी उतना ही अधिक यथार्थ मापन होगा। |

त्रुटियों का वर्गीकरण (Classification of Errors):-

वैद्युत मापन में त्रुटियों को मुख्य रूप से तीन भागों में बाँटा गया है—

- i) सकल, समग्र या स्थल त्रुटियाँ (Gross Errors):- वह त्रुटियाँ जिन्हें सिद्धान्त: दूर किया जा सकता है में साधारणतया गलत पाठन (mis-reading) और गलत ऑफ़-सेट आलेखन (wrong recording) त्रुटियाँ आती हैं।
- ii) व्यवस्थित त्रुटियाँ (Systematic Errors):- वह त्रुटियाँ जिन्हें सिद्धान्त: दूर किया जा सकता है या सही (correct) किया जा सकता है, व्यवस्थित त्रुटियाँ कहलाती हैं।

व्यवस्थित त्रुटियाँ को निम्नलिखित तीन श्रेणियों में बाँटा जा सकता है -

- (अ) उपयन्त्र त्रुटियाँ (Instrument Error) :- वस्तुतः सभी उपयन्त्रों में कुछ अवशुद्धि स्वाभाविक है क्योंकि निर्माता (manufacturer) भी अंशोपाधन (calibration) के लिए कुछ गुंजाइश छोड़ देता है और साथ ही समय बीतने पर अयन्त्रों में कई, अनिश्चित त्रुटियाँ जनपते लगती हैं।
- (ब) पर्यावरण त्रुटियाँ (Environmental Error) :- इन त्रुटियों को बाह्य अवस्थाओं के कारण त्रुटियाँ (Error due to External Conditions) भी कहते हैं क्योंकि ये त्रुटियाँ उपयन्त्र के पार्श्व और अस्थिर वातावरण के कारण होती हैं।
- (स) प्रेक्षक त्रुटियाँ (Observational Error) :- ये त्रुटियाँ प्रेक्षक की आदतों के कारण होती हैं और इसका कारण प्रेक्षक का गलत अनुमान, अपूर्ण कार्य विधि और प्रेक्षक के प्रेक्षणों में कमी आदि है।

BASIC concepts of Electrical measuring Instrument (वैद्युत मापक यंत्रों की मूलभूत अवधारणाएँ)

बलघूर्ण उत्पन्न करने वाली प्रणाली:-

- विक्षेपक बलघूर्ण (Deflecting Torque)
- नियंत्रण बलघूर्ण (Controlling Torque)
- अवमंदन बलघूर्ण (Damping Torque)

सूचक उपयंत्रों में सारभूत रूप से एक संकेतक होता है जो कि अंशांकित पैमाने पर गति करता है और एक चल पद्धति से जुड़ा रहता है। यह चल पद्धति (jewel) बेयरिंग में फूत (pin) पर आधारित रहती है। इस चल पद्धति के लिए विभिन्न बलघूर्णों की आवश्यकता पड़ती है जो क्रमशः विक्षेपक घूर्ण, नियंत्रण बलघूर्ण तथा अवमंदन बलघूर्ण हैं।

- i) विक्षेपक बलघूर्ण चुम्बकीय प्रभाव, स्प्रिंग विद्युत प्रभाव और विद्युत चुम्बकीय प्रेरण आदि द्वारा उत्पन्न किया जा सकता है, परन्तु उपयंत्र में वास्तविक बलघूर्ण का उत्पादन उपयंत्र के प्रकार पर निर्भर करता है। वस्तुतः सूचक उपयंत्रों में विक्षेपक पद्धति विद्युत दृष्ट या विद्युत विभव (voltage) को यांत्रिक बल में बदलती है जिसके बलरूप संकेतक गतिमान होता है।
- ii) नियंत्रण बलघूर्ण चल पद्धति के विक्षेप को सीमित करता है और यह निश्चित करता है कि किसी भी हुई मात्रा के लिए संकेतक का विक्षेप सदैव समान रहता है। अतः नियंत्रक बलघूर्ण विक्षेपक बलघूर्ण का विरोध करता है।

और विक्षेप वलधूर्ण को संतुलित करने के लिये विक्षेप वलधूर्ण को बढ़ने पर बढ़ता है। जब निष्क वलधूर्ण, विक्षेप वलधूर्ण के तुल्य होता है तो उपयन्त्र का संकेतक स्थिर हो जाता है।

- iii) यदि उपयन्त्र में अवमन्दन पुंख नही है तो उसका संकेतक चल पद्धति के जड़त्व के कारण समय अवस्था ही मध्यमान स्थिति के आस-पास स्थल आवृत्त गति से दोलायमान (oscillate) होता रहता है जिससे वह विग्राम अवस्था प्राप्त करने में काफी समय लेता है अतः समय पाठ्यांक लेने की प्रतीक्षा कस्ती पड़ती है। इसलिये यह अनिवार्य हो जाता है कि संकेतक को शीघ्र विग्राम अवस्था में लाने के लिये अवमन्दन वलधूर्ण लगाया जाये।

(विभिन्न प्रकार के अवमन्दन)

Types of Damping in a Measuring Instrument

माप यन्त्रों में अवमन्दन वलधूर्ण का महत्वपूर्ण कार्य है।

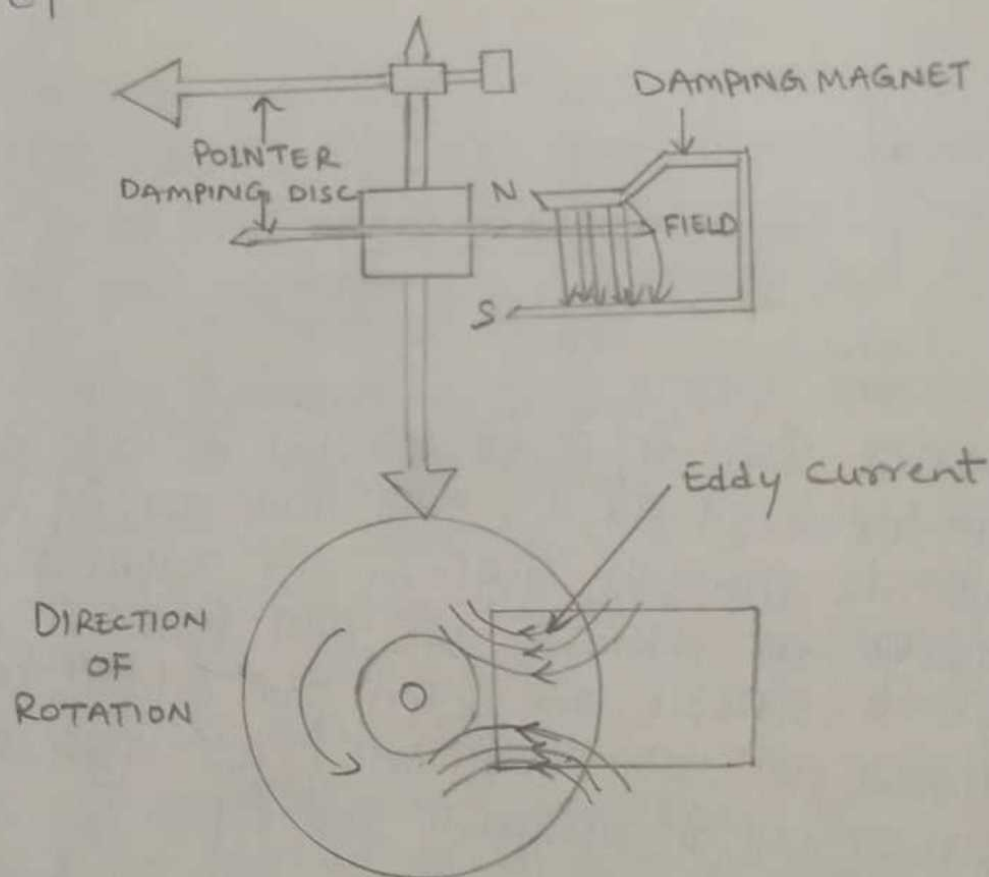
माप यन्त्रों में होने वाले विभिन्न प्रकार के अवमन्दन निम्नलिखित हैं—

- i) Air Friction Damping (वायु घर्षण अवमन्दन) :-

फुल्युमिनिग्राम के एक पिस्टन को चल पणाली के साथ जुड़ा हुआ दिखाया गया है। यह पिस्टन एक वायु-कक्ष (air chamber) जिसका एक शिख बन्द होता है, में गति करता है। वायु कक्ष की अनुप्रस्थ काट वृत्ताकार या आयताकार हो सकती है। चल पणाली में उत्पन्न होने वाले दोलनों का अवमन्दन पिस्टन की वायु-कक्ष में वायु पर सर्पील तथा शूषण (suction) क्रिया से होता है।

- ii) गुँवर धारा अवमन्दन (Eddy Current Damping) :- एक अचुम्बकीय धातु, प्रायः ताँबे-फुल्युमिनिग्राम की बनी एक पक्ती को स्पीडल पर चढ़ा दिया जाता है।

उपयंत्र का संकेतक (pointer) स्पिंडल से ही जुड़ा रहता है। चकती को ऐसी स्थिति में रखा जाता है कि उसकी कोर एक स्थायी चुम्बक के N तथा S ध्रुवों के बीच स्वतन्त्रापूर्वक घूम सके। चूंकि जब चकती घूमती है तो वह चुम्बकीय क्षेत्र को काटती है, जिससे उसमें आँकर धाराएँ उत्पन्न होती हैं। लेंज के नियमानुसार ये आँकर धाराएँ चकती के भ्रमण को उन्हें उत्पन्न करता है, का विरोध करती हैं। फलस्वरूप चकती की गति संपूर्ण चल पुलाती स्थिति मन्द हो जाती है। गर्म तारों उपकरणों में अवमन्दन के लिए इसी प्रकार की व्यवस्था की जाती है।

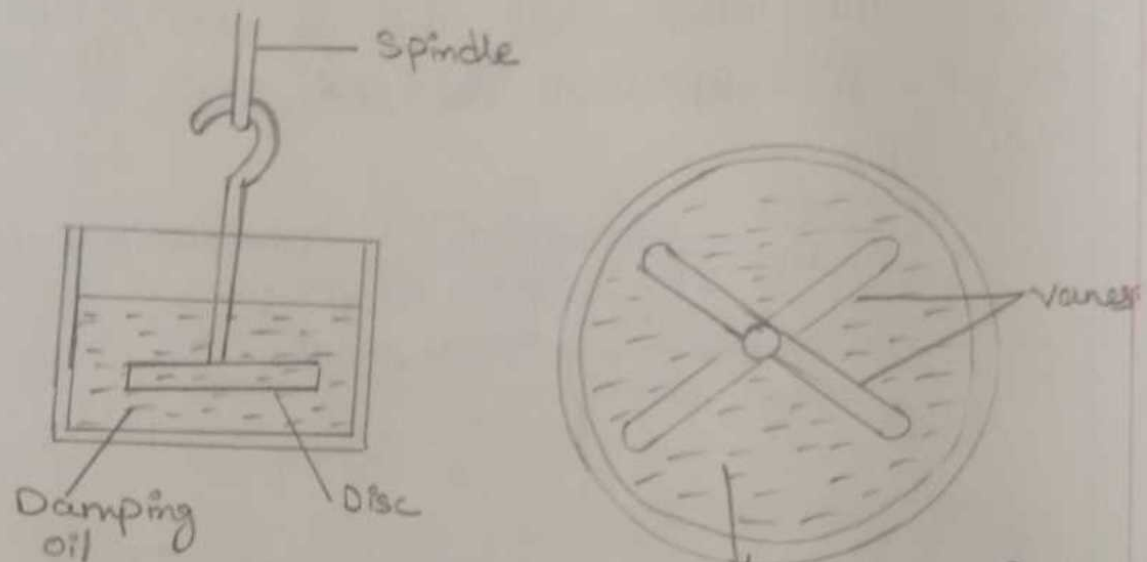


Eddy current Damping

मैंने धारा अवमन्दन की दूसरी विधि जिसमें ब्यापी फ्रिक्शन ब्याप अवमन्दन के परिचालित करने वाली प्लाती का एक अंग है। अवमन्दन का यह प्रमुख गुण एवं आदर्श अवमन्दन है।

iii) तेल घर्षण अवमन्दन (Fluid Friction Damping) :-

एक गोल चकती जो कि फलतन्त्र के स्पिन्दल से जुड़ी होती है, को एक बर्तन में, जिसमें तेल या अन्य तेल भरा होता है डुबा दिया जाता है। जब फलतन्त्र घूमता है, तब चकती भी तेल (fluid) में घूमेगी, जिससे कि चकती पर घर्षण कर्ष (frictional drag) अवमन्दन बल उत्पन्न करेगा।



अध्वक्षिप पंखों को, जो कि चल तन्त्र से जुड़े होते हैं तथा तेल में डूबे होते हैं, प्रयोग किया जाता है। तेल में पंखों के घूमने से अवमन्दन बल उत्पन्न होता है। इस प्रकार का अवमन्दन वहाँ प्रयोग किया जाता है जहाँ बहुत बड़े अवमन्दन बल उत्पन्न होता है। इस प्रकार का अवमन्दन वहाँ प्रयोग किया जाता है वहाँ बहुत बड़े अवमन्दन बल की आवश्यकता होती है।



PMMC Instrument (पी. डी. डी. सी)

स्थायी चुम्बक ग्राही चल कुण्डली (Permanent Magnet Moving Coil Instrument)

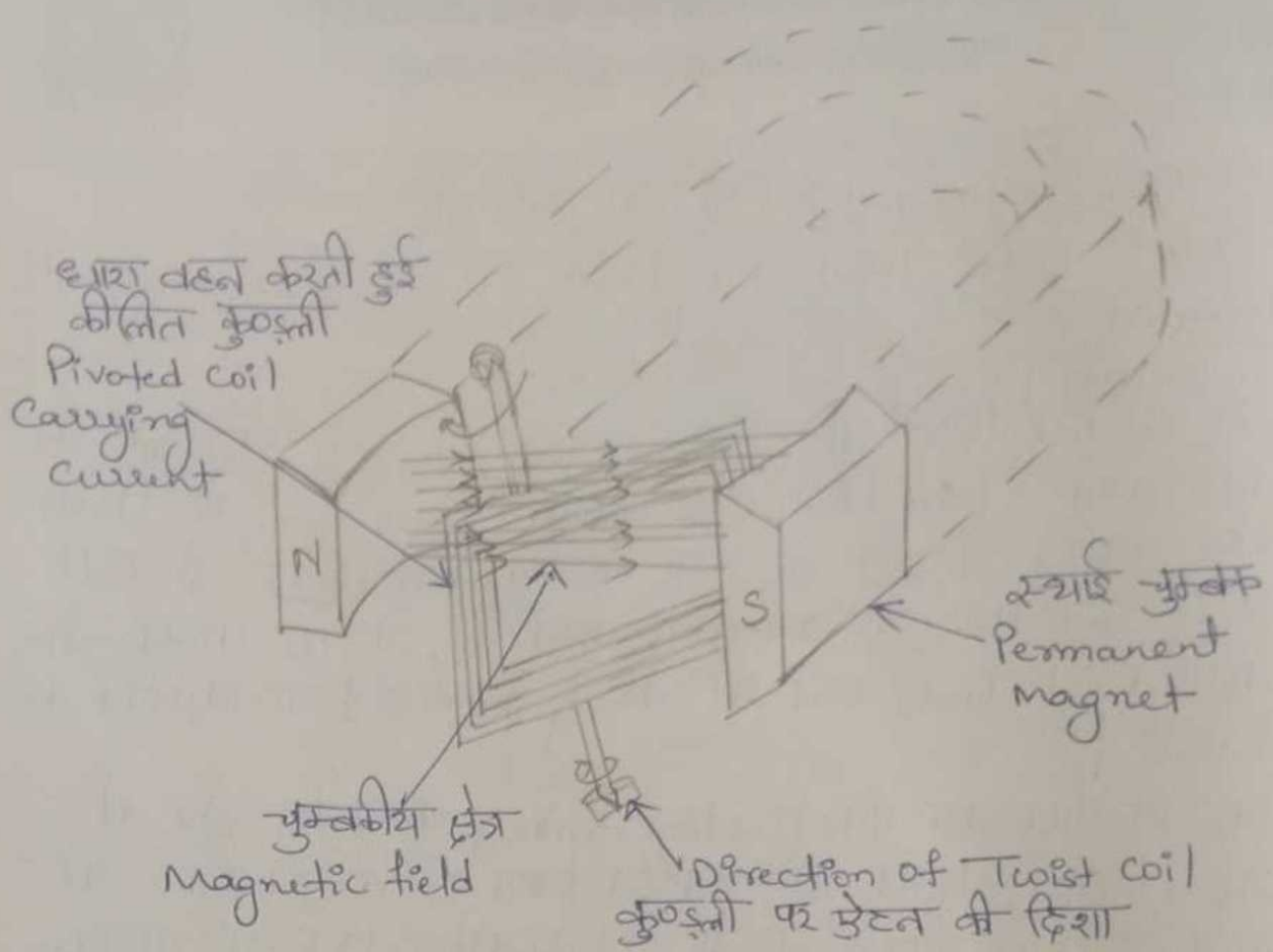
Working Principle :-

यह उपयन्त्र विद्युत धारा मोटर (D.C. motor) के सिद्धान्त पर कार्य करते हैं। जब किसी ऐसे चालक (conductor) को जिसमें धारा प्रवाहित हो रही हो, तथा वह चुम्बकीय क्षेत्र में रखा हो, तो उस पर एक बल कार्य करता है, जो कि चालक को विक्षेपित (deflect) करने की चेष्टा करता है या विक्षेपित कर देता है।

यह विक्षेपित बल (deflection force), चुम्बकीय क्षेत्र की सामर्थ्य (B), चालक में प्रवाहित धारा I तथा चालक की लम्बाई (L) पर निर्भर करता है। चुम्बकीय क्षेत्र में चालक पर लगाया गया यह $\boxed{\text{बल} = BIL}$ न्यूटन होता है।

Construction (संरचना) :- इसमें मुख्यतः एक स्थायी छोड़े के नाल के आकार का चुम्बक होता है जो कि चालक के लिए चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करता है। इस स्थायी चुम्बक के आगे दो ध्रुव खण्ड (pole-pieces) लगे रहते हैं तथा उनके बीच बेलनाकार छिद्र होता है जिसका कार्य कुण्डली के लिये चुम्बकीय क्षेत्र को समरूप बनाना है।

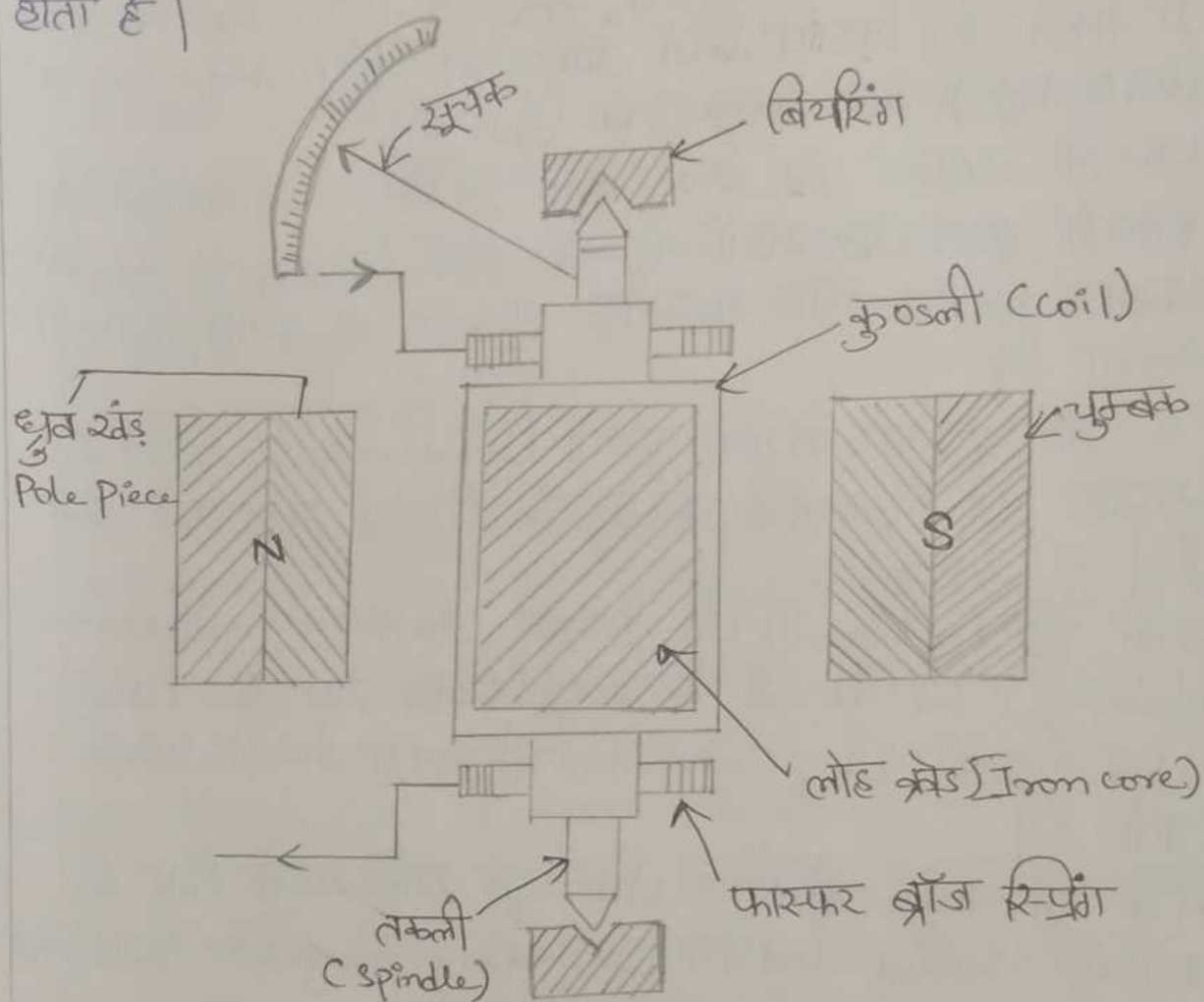
इन ध्रुव खण्डों के बीच एक आयताकार कुण्डली होती है। इस कुण्डली पर ताँबे के तार के बहुत से वलन (turns) होते हैं तथा यह ऐल्यूमिनियम या ताँबे के फ्रेम (frame) पर लिपटी होती है।



WORKING:- जब इस कुण्डली में धारा प्रवाहित की जाती है तो चुम्बकीय क्षेत्र में रथे रहने के कारण इस पर विक्षेपक बलघूर्ण (deflection torque) कार्य करता है, जो कि इस कुण्डली को गति प्रदान करता है। कुण्डली की गति को दो फॉस्फर ब्रॉज स्प्रिंग (Phosphor bronze spring) द्वारा नियंत्रित किया जाता है जो कि एक ऊपर तथा एक कुण्डली के नीचे लगा रहता है लेकिन ताप प्रभाव को निरस्त करने के लिए इन्हें विपरीत दिशा में लपेटा जाता है। फॉस्फर ब्रॉज स्प्रिंग के द्वारा विद्युत धारा कुण्डली में पहुँचती है तथा बाहर निकलती है। स्प्रिंग का मुख्य कार्य नियंत्रण बलघूर्ण उपन्न करना है। कुण्डली की तस्कली (Spindle) पर संकेतक (Pointer) लगा रहता है। इसी अक्षा पर



दो फॉस्फर-ब्रॉज स्क्रिप्स लगे होते हैं। अंशांकित पैमाने (calibrated scale) पर संकेतक घाश या वोल्टता का मान दर्शाता है। बियरिंग (bearing), तक्ली (spindle) के आधार पर पढ़ान करता है तथा यह एक बाजुक हीरे (jewel) का होता है।



स्थायी चुम्बक प्राप्ति यल कुण्डली उपयन्त्र

PMMC instrument के लाभ निम्नलिखित हैं -

- i) पल कुण्डली को परिचालित करने के लिए थोड़ी-सी शक्ति की आवश्यकता पड़ती है।
- ii) इन उपयन्त्रों में घूर्णन भार (torque/weight) अनुपात उच्च होता है।
- iii) पैमाने पर बने भाग (division) मुकसार (uniform) होते हैं और इनके पैमाने लम्बे, उदाहरण - 270° तक के बनाये जा सकते हैं, यद्यपि इनमें अधिकतम विक्षेप लम्बे (max^m deflection) 90° से 90° तक होता है।
- iv) एक ही उपयन्त्र को 'शॉट' तथा 'प्रतिरोध' के प्रयोग से धाराओं तथा वोल्टताओं की कई परासों (ranges) के लिए क्रमशः एमीटर तथा वोल्टमीटर के रूप में प्रयोग किया जा सकता है।
- v) ये उपयन्त्र हिस्टेरिसिस त्रुटियों (hysteresis error) से स्वतन्त्र होते हैं, क्योंकि इनमें हिस्टेरिसिस हानि नहीं होती है।
- vi) इनमें द्रव्य (efficiency) एवं प्रभावी अवमर्दन (effective damping) पल कुण्डली के मूलभूमिनिष्ठा प्रेरण में उपन्न भौंवर धाराओं (eddy currents) की मात्रा से ही प्राप्त होता है।
- vii) चूँकि परिचालक चुम्बकीय क्षेत्र बहुत शक्तिशाली होता है, इसलिये अवांछित चुम्बकीय क्षेत्र (stray magnetic field) का प्रभाव नगण्य होता है।
- viii) परिचालन पूर्णतया कंपनरहित होता है।
- ix) ये उपयन्त्र केवल D.C मापन तक ही सीमित हैं, परन्तु इस क्षेत्र में ये सबसे उत्तम होते हैं।
- x) इन उपयन्त्रों में उच्च दर्जे की परिशुद्धता होती है।
- xi) इसमें आरोही तथा अवरोही (ascending & descending) पैमानांक समान होते हैं।



स्थायी चुम्बक प्राकृपी चल कुण्डली उपयन्त्रों की हानियाँ निम्नलिखित हैं—

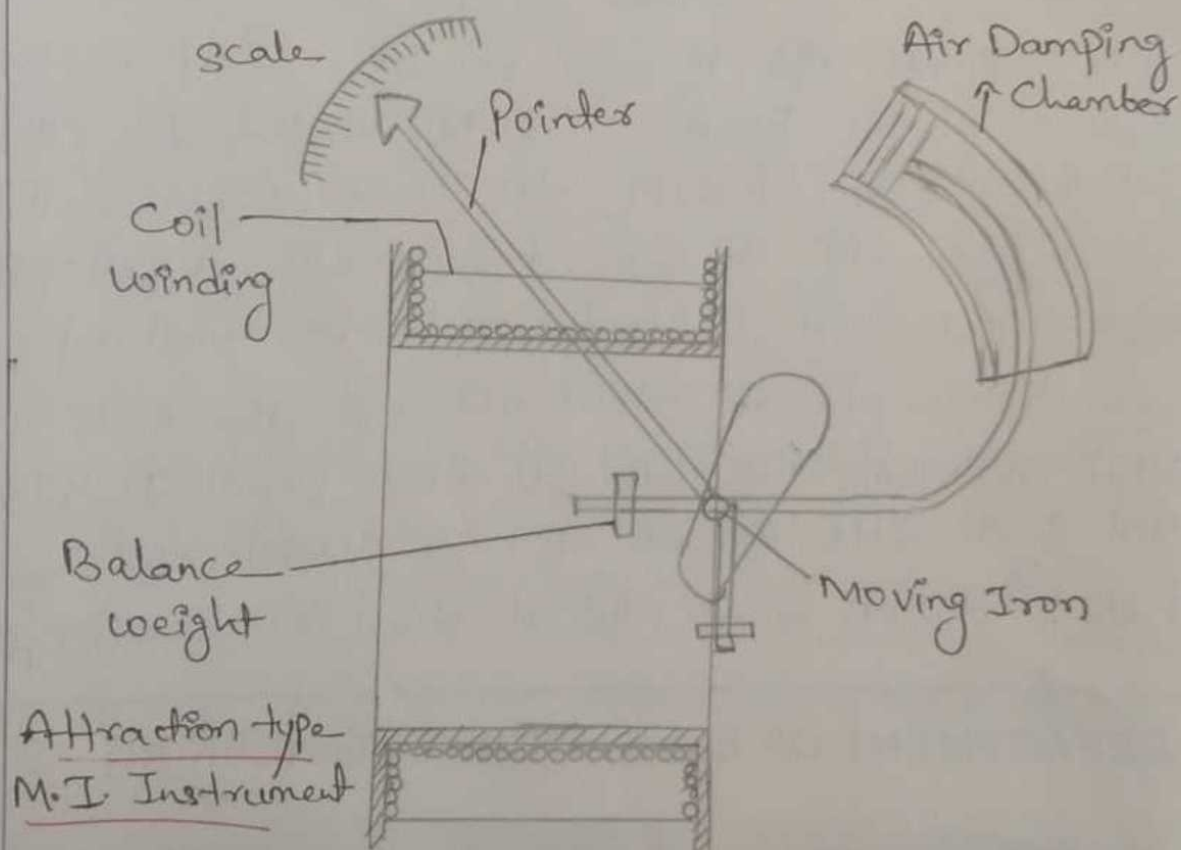
- i) इनका मूल्य अधिक होता है।
- ii) इनको केवल डिष्ट धारा (D.C.) में ही प्रयोग में लाया जा सकता है, प्रत्यावर्ती धारा (A.C.) में नहीं।
- iii) स्थायी चुम्बकों तथा नियन्त्रण क्मानियों के पुराने होने पर इनमें त्रुटियाँ उत्पन्न हो सकती हैं।
- iv) शॉट (Shunt) लगाने से उपयन्त्र की परिशुद्धता घट जाती है, क्योंकि बसको लगाने से ताप से उत्पन्न होने वाली संभावनाएँ हो जाती हैं।

MOVING IRON INSTRUMENT :-

a) Attraction type moving iron instrument.
Construction :- इस उपयन्त्र में एक 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 चू बुड़ा रहता है, जो अण्डाकार लोहे के टुकड़े के साथ धारा तथा वोल्टता में अंशांकित पैमाने (Calibrated scale) पर चलता है।

Operation :- जब कोई मापी जाने वाली वोल्टता के या मापी जाने वाली धारा समानुपाती धारा कुण्डली में प्रवाहित होती है तो इसके अक्ष के साथ एक चुम्बकीय क्षेत्र (magnetic field) पैदा होता है जो लोहे की पत्तियों को चुम्बकीय कर

कर देता है। कुण्डली के चुम्बकीय प्रभाव के कारण केन्द्र भ्रष्ट (eccentric) लोह 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 अगर धारा अधिक प्रवाहित होगी तो अधिक आकर्षण बल लोहे के टुकड़े पर कार्य करेगा। यह आकर्षण बल (attraction force) कुण्डली में बहने वाली धारा की दिशा पर निर्भर नहीं करेगा। दूसरे शब्दों में धारा की दिशा कोई भी हो सकती है, आकर्षण बल कार्य करता रहेगा। केन्द्र भ्रष्ट लोह चकती के साथ संकेतक का सम्बन्ध रहता है तथा चकती के स्थानान्तर से संकेतक अंशांकित पैमाने (Calibrated scale) पर विक्षेप बताता है। इस उपयंत्र में गुरुत्व नियंत्रण नियंत्रक भार द्वारा होता है। अवमंदन (damping) वायु घर्षण ब्रेक द्वारा किया जाता है। आकर्षण प्रासंगी चल लोह उपयन्त्र फैराडे के विद्युत-चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धांत पर कार्य करता है।

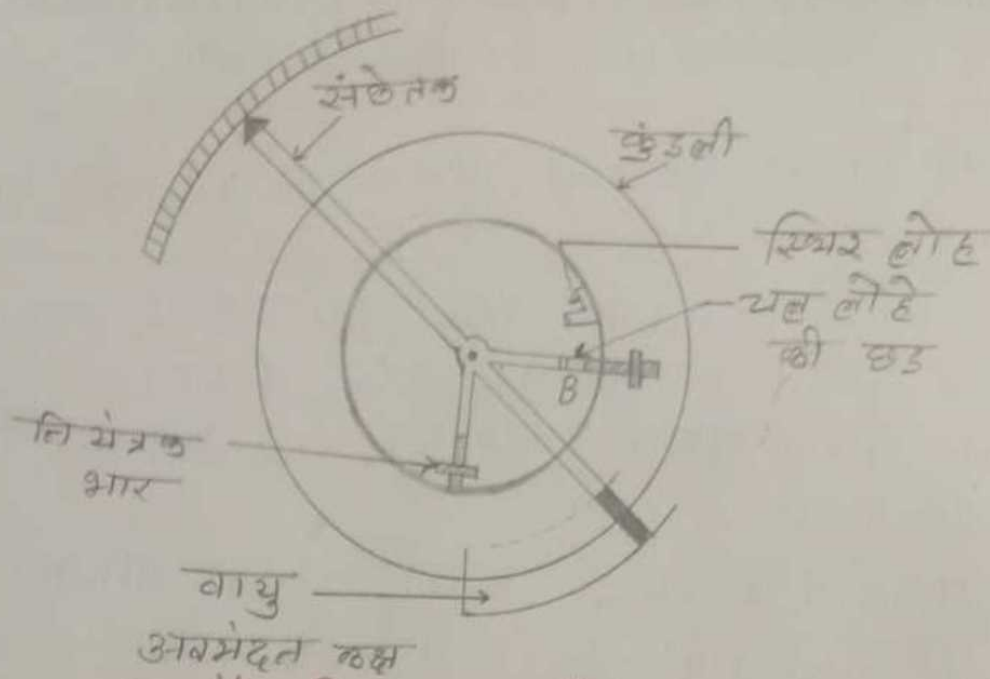


(ii) विकर्षण प्रारूपी चल लोहे उपयन्त्र (Repulsion Type Moving-iron Instrument):-

प्रायः आकर्षक आकर्षण प्रारूपी उपयन्त्रों के स्थान पर विकर्षण प्रारूपी उपयन्त्रों का अधिक प्रचलन है। विकर्षण प्रारूपी उपयन्त्र अधिक परिशुद्ध (accurate) तथा टिकाऊ (durable) होते हैं।

संरचना (Construction):- इसकी संरचना आकर्षण प्रारूपी चल लोहे उपयन्त्र फैरेडे के विद्युत-चुम्बकीय प्रेरण के समान ही है। उपयन्त्र में चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करने के लिए कुण्डली में विद्युत द्वारा प्रवाहित की जाती है। कुण्डली में वर्तनों की संख्या कुण्डली में प्रवाहित होने वाली धारा की मात्रा पर निर्भर करती है। कुण्डली के अन्दर नरम लोहे की छड़ें होती हैं जिनमें से एक स्थिर (fixed) होती है तथा दूसरी कुण्डली के केन्द्र से गुजरने वाली घूर्णित अक्ष से जुड़ी रहती है जिसे चल छड़ कहते हैं। चल छड़ जीभ के आकार की होती है। कुण्डली में प्रवाहित होने वाली धारा D.C or A.C छड़ों पर समान होती है। और समान प्रवृत्ति के ध्रुव उत्पन्न करती है जिसके कारण चल लोहे की छड़ अपने स्थान से विस्थापित हो जाती है। इस चल लोहे की छड़ के साथ संकेतक जुड़ा रहता है जो कि चल लोहे की गति के साथ अंशान्वित पैमाने (calibrated scale) पर विक्षेप देता है। विकर्षण बल, कुण्डली में से प्रवाहित धारा के वर्ग के लगभग समानुपाती होती है। कुण्डलियों में धारा की दिशा चाहे कुछ भी हो, दोनों छड़ें या लोहे के छड़ें समानता से चुम्बकित होते हैं तथा एक-दूसरे को विकर्षित करते हैं। विकर्षण प्रारूपी चल लोहे उपयन्त्र भी फैरेडे के

(विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धांत पर कार्य करता है।)



घूर्णन लोह विकर्षण प्रारूपी उपयन्त्र

लाभ:-

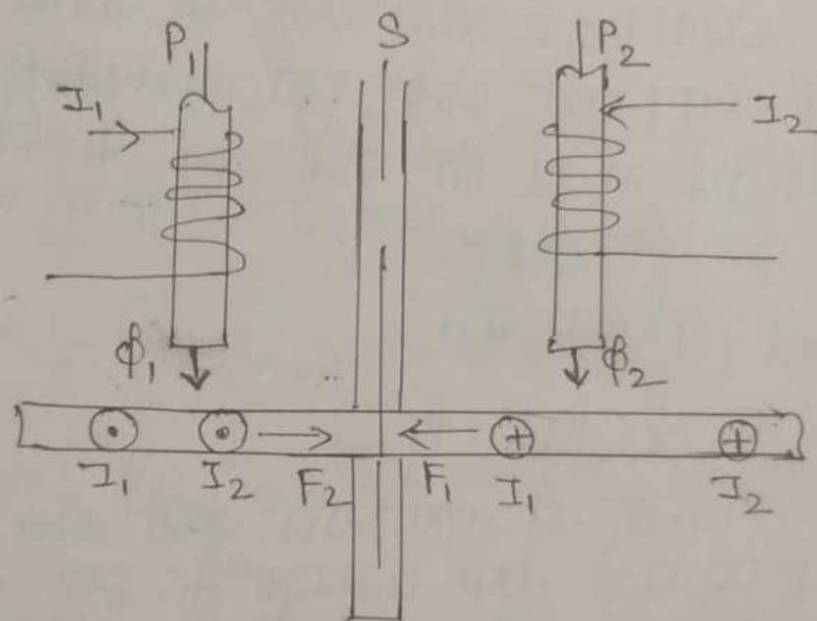
- i) ये उपयंत्र कीमत में सस्ते होते हैं।
- ii) इनकी संरचना हल्का (light) होती है।
- iii) सामान्य कार्यों में यही उपयंत्र प्रयोग किये जाते हैं।
- iv) ये A.C तथा D.C दोनों के लिए उपयुक्त होते हैं।
- v) इनकी कुण्डली को किसी वांछित धारा या वोल्टता के लिए सरलतापूर्वक बनाया जा सकता है।
- vi) ये निम्न आवृत्ति और उच्च शक्ति के परिपथ के लिए अति उपयोगी होते हैं।

हानियाँ:-

- i) इन उपयंत्रों का संकेतक पूर्णतया कमपन रहित नहीं हो पाता है।
- ii) अंतिम सिरे पर पैमाने के आभा बने होते हैं जिसके कारण पैमाने पर इस क्षेत्र में परिशुद्ध प्रेक्षाओं को लेना कठिन होता है।
- iii) निम्न-परास (Low range) वाले लोह उपयंत्र संतोषजनक नहीं होते हैं।
- iv) साफ़्टी की आवृत्ति बढ़ाने से इन उपयंत्रों में गंभीर त्रुटियाँ होती हैं। क्योंकि इनका अभिकल्पन एक निश्चित आवृत्ति के लिए किया जाता है।

प्रेरण प्रकार उपकरण (Induction type Instrument)

प्रेरण प्रकार के उपकरण केवल A.C. (प्रत्यावर्ती धारा) परिपथों में ही मापन कार्य कर सकते हैं। जब मापयन्त्र की प्राथमिक कुण्डली में प्रत्यावर्ती धारा प्रवाहित होती है तो मापयन्त्र में A.C. flux उत्पन्न होती है। यह प्रत्यावर्ती फ्लक्स मापयन्त्र की चक्रिका में प्रेरित धारा उत्पन्न करती है तो चक्रिका में विद्युत् बल अक्षुण्ण उत्पन्न होता है।



इसमें एक aluminium की चक्रिका होती है। इसके ऊपर P₁ और P₂ दो पटलित लौह ध्रुव होते हैं, जो चक्रिका में A.C. flux Φ₁ तथा Φ₂ उत्पन्न करते हैं। यह दोनों flux चक्रिका के बीच में खंकर गुजरते हैं। इस

इस प्रकार P_1 ध्रुव के आस-पास पट्टिका का एक गोलक भाग ϕ_1 ग्रंथन करता है। इस ϕ_1 ग्रंथन से पट्टिका में प्रत्यावर्ती विद्युत वाहक बल उत्पन्न होता है। चूंकि परिपथ संवृत है, इसलिए धारा प्रवाहित होती है। मान लो कि ϕ_1 फलक्स में P_2 ध्रुव के नीचे I_1 मान की धारा प्रवाहित होती है। इसी प्रकार P_2 ध्रुव के कारण होगी।

जब प्रवाहित धारा I_2 फलक्स ϕ_1 से प्रतिक्रिया करेगी तो उसमें बल

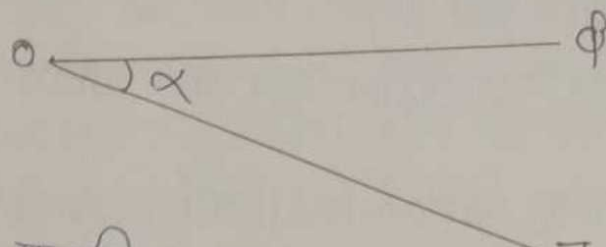
$F_1 \propto \phi_1 I_2$ उत्पन्न होगा। इसी प्रकार प्रवाहित

I_2 फलक्स ϕ_2 से प्रतिक्रिया करके बल $F_2 \propto \phi_2 I_1$ उत्पन्न करेगा। इन दोनों बलों का प्रभाव विपरीत दिशा में होगा। यदि दोनों ध्रुव पट्टिका पर एक वही परिस्थिति में हों तो दोनों बलों के लिए अनुपाती स्थिरांक एक ही होगा।

जिससे उत्पन्न परिणाम बल

$$F \propto (\phi_{21} - \phi_{12})$$

प्रेषण उपयन्त्र में सापी जमाने वाली धारा या वोल्टता से उत्पन्न फलक्स तथा फलक्स के द्वारा धातु चकती या ड्रम में प्रेरित ऑवर धाराओं की प्रतिक्रिया से बलधूर्ण (torque) उत्पन्न होता है। ऑवर धाराओं का परिमाण सापी जमाने वाली धारा या वोल्टता पर निर्भर करता है। चकती पर लगने वाला ताल्पत्रिक बल (tangential torque) सापी जमाने वाली धारा या वोल्टता के वर्ग के समानुपाती होता है और औसत बलधूर्ण धारा या वोल्टता के वर्गमानों के औसत (mean square value) के समानुपाती होता है।



माना कि,

flux का तात्त्विक मान, $\phi = \phi_m \sin \theta$

flux एवं अँवर धारा के बीच कोण (phase angle) = α

अँवर धारा का तात्त्विक मान, $i = I_m \sin(\theta - \alpha)$

तात्त्विक बलधूर्ण, तात्त्विक धारा तथा तात्त्विक फलक्स के गुणनफल के समानुपाती होता है।

$\therefore$ तात्त्विक बलधूर्ण, $T_{inst} \propto \phi i$

औसत बलधूर्ण, $T_m \propto \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \phi i d\theta$

$$T_m \propto \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \phi_m i_m \sin \theta \sin(\theta - \alpha) d\theta$$

$$\propto \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \phi_m i_m \left[\frac{\cos \alpha \cos(2\theta - \alpha)}{2} \right] d\theta$$

$$\propto \frac{\phi_m i_m}{2\pi} \left[\theta \cos \alpha - \frac{\sin(2\theta - \alpha)}{2} \right]_0^\pi$$

$$\propto \frac{\phi_m i_m}{2\pi} (\pi \cos \alpha)$$

$$\boxed{T_m \propto \phi I \cos \alpha}$$

जहाँ ϕ और I क्रमशः
flux और current के
r.m.s value हैं।

Induction type instrument (यन्त्र) के लाभ व हानियाँ
इन्डक्शन टाइप यन्त्र के लाभ निम्नलिखित हैं—

- i) इनकी स्केल लगभग 300° तक की पास की हो सकती है।
- ii) इनमें अंतर धारा अवसंयोजन (eddy current damping) का बहुत ज्यादा उपयोग होता है।
- iii) बाहरी चुम्बकीय क्षेत्र का प्रभाव इन पर नगण्य (negligible) होता है।

इन्डक्शन टाइप यन्त्र की हानियाँ निम्नलिखित हैं—

- i) इन्हें केवल A.C पर ही प्रयोग किया जा सकता है।
- ii) इनकी कीमत ज्यादा होती है।
- iii) इनमें शक्ति व्यय (power consumption) अधिक होता है।
- iv) जब तक संशोधन न किये जायें, इनमें तापक्रम व आवृत्ति परिवर्तन का गंभीर प्रभाव पड़ता है।
- v) इनकी परिशुद्धता, अंकित आवृत्ति तथा तापमान पर औद्योगिक श्रेणी के उपयन्त्रों से अधिक नहीं होती।

Dynamometer Type Instrument

(डायनेमोमीटर टाइप उपयन्त्र)

Construction (संरचना):— यह एक प्रकार का चल कुण्डल उपयन्त्र (moving coil instrument) है। इसमें चुम्बकीय क्षेत्र स्थायी चुम्बकों से न बनाकर, स्थिर कुण्डलियाँ (fixed coil) द्वारा उत्पन्न किया जाता है। इस उपयन्त्र में पतले तार की एक चल कुण्डली (movable coil) होती है जो दूसरी दो स्थिर कुण्डलियों द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र में रखी होती है।

Working (कार्यविधि):— डायनेमोमीटर चल कुण्डल उपयन्त्रों में स्थायी चुम्बक के स्थान पर एक या दो स्थिर कुण्डलियों का प्रयोग किया जाता है। मापी जाने वाली धारा इन कुण्डलियों से प्रवाहित होती है।



स्थिर कुण्डली को कभी-कभी दो भागों में लपेटा जाता है। दोनों भागों को उपयन्त्र के अन्दर इस प्रकार रखा जाता है कि वे एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करती रहें।

जब उपयन्त्र को अमीटर की भांति प्रयोग करना होता है तो चल कुण्डल (moving coil) को निम्न धारा के लिये स्थिर कुण्डलियों से ग्रही क्रम में संयोजित किया जाता है और जब उपयन्त्र को उच्च धारा के लिए प्रयोग करना होता है तो स्थिर कुण्डलियों को मोटे तार से बनाया जाता है और चल कुण्डल के भांति समानान्तर क्रम में संयोजित किया जाता है।

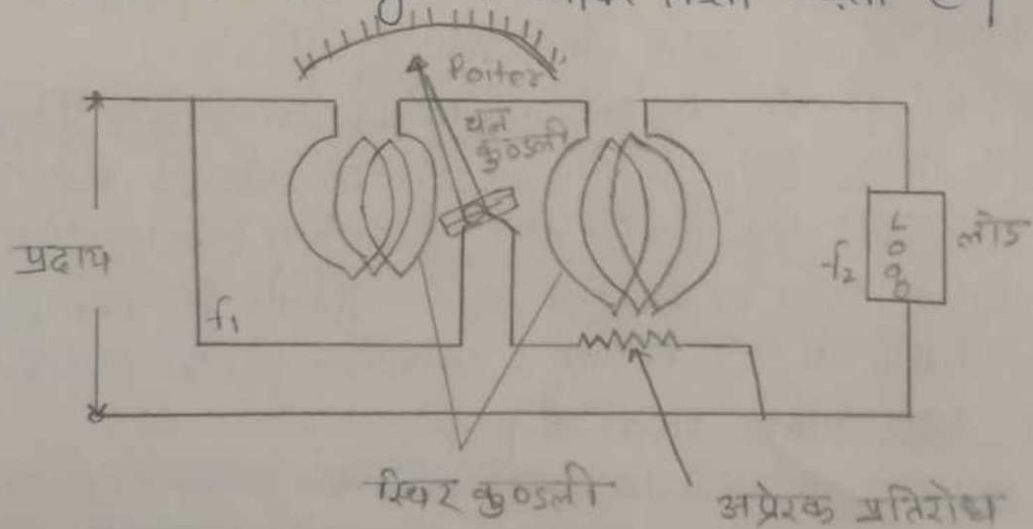
स्टेब्रो-डायनेमोमीटर टाइप उपकरणों के लाभ एवं हानियाँ-
डायनेमोमीटर टाइप उपकरण के लाभ निम्नलिखित हैं—

- i) ये उपयन्त्र A.C तथा D.C दोनों के लिए उपयुक्त हैं।
- ii) इनकी परिशुद्धता काफी उच्च होती है।
- iii) इनमें कंपन रहित अवमन्दन, संकेतक के निचले भाग में केवल ऐल्युमिनियम के एक हल्के पिस्टन, जो वायु चक्र में चलता है, से प्राप्त किया जाता है।
- iv) उपयन्त्र में लोह क्रोड की अनुपस्थिति होने से इसमें डिस्टेरिसिस तथा भँवर धारा हानियाँ (losses) नहीं होते हैं तथा उपयन्त्र भँवर धारा एवं डिस्टेरिसिस ब्रुटियों से स्वतंत्र होता है।
- v) आवृत्ति परिवर्तन से होने वाली ब्रुटियों को कम करने के लिए कुण्डलियों की प्रतिकार्यता (reactance) को उपयन्त्र के प्रतिरोध से कम करना पड़ता है।

v) सूक्ष्म (Precision) मापन के लिए वोल्टमीटर तथा अमीटर के रूप में इन उपयंत्रों का प्रयोग किया जाता है।

इलेक्ट्रो-डायनेमोमीटर दृश्य उपकरणों की हानियाँ निम्नलिखित हैं—

- i) लोड स्क्रैड न होने के कारण इन उपयंत्रों में प्राप्त चुम्बकीय क्षेत्र कमजोर होता है। इन उपयंत्रों में धूर्ण/भार अनुपात कम होता है जिसके कारण आन्तरिक तापन त्रुटियों के साथ साथ गंभीर धारण त्रुटियों की संभावना होती है।
- ii) विक्षेपण धूर्ण में परिवर्तन लगभग लगभग धारा के वर्ग के समानुपाती होता है, इसलिए पैमाना uniform (एक समान) नहीं होता है।
- iii) स्थायी चुम्बक चला कुण्डल तथा चल लोह उपयंत्रों की तुलना में ये उपयंत्र बहुमूल्य (Expensive) होते हैं। ये सामान्य औद्योगिक कार्य के लिए मंजूर पड़ते हैं।
- iv) धूर्ण/भार अनुपात कम होने के कारण ये उपयंत्र सुग्राही नहीं होते हैं।
- v) ये बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र से प्रभावित होते हैं। इसलिए इनमें बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र से सुरक्षित करने के लिए समुचित शील्डिंग (Shielding) की आवश्यकता पड़ती है।



चित्र:- डायनेमोमीटर