3 ट्रांसड्यूसर
Transducers

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. ट्रांसड्यूसर क्या होता है?

उत्तर ट्रांसड्यूसर एक ऐसी युक्ति है जो ऊर्जा को एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित कर सकती है।

प्रश्न 2. LVDT का पूर्ण रूप लिखिए।

उत्तर Linear Variable Temperature Detector.

प्रश्न 3. क्या एक सुचालक सेल को विद्युत वाहक बल स्रोत के रूप में प्रयोग किया जा सकता है? स्पष्ट कीजिए।

उत्तर सुचालक सेल एक प्रकार का ट्रांसड्यूसर है, इसलिए इसे विद्युत वाहक बल स्रोत के रूप में प्रयोग नहीं किया जा सकता।

प्रश्न 4. धारिता परिवर्तित करने की विधि बताइए।

उत्तर समान्तर प्लेट संधारित्र की दोनों प्लेटों के बीच की दूरी को परिवर्तित करके धारिता परिवर्तित की जा सकती है।

प्रश्न 5. प्रेरित्रीय ट्रांसड्यूसर के निर्माण से सम्बन्धित तीन मौलिक सिद्धान्त क्या हैं?

उत्तर प्रेरित्रीय ट्रांसड्यूसर निम्नलिखित में से किसी एक सिद्धान्त पर आधारित होता है—

(i) स्व-प्रेरकत्व में परिवर्तन, (ii) सह-प्रेरकत्व में परिवर्तन, (iii) भँवर धाराओं का उत्पादन

प्रश्न 6. प्रेरणिक प्रेक्सिमिटी ट्रांसड्यूसर का उपयोग किसके लिए किया जाता है?

उत्तर मैटल डिटेक्टर, ट्रैफिक लाइट, कारों की धुलाई इत्यादि में।

प्रश्न 7. किन्हीं तीन सक्रिय ट्रांसड्यूसरों के नाम लिखिए।

उत्तर (i) थर्मोकपल या ताप वैद्युत युग्म ट्रांसड्यूसर, (ii) चल कुण्डली ट्रांसड्यूसर, (iii) फोटो-वोल्टेइक ट्रांसड्यूसर।

प्रश्न 8. LVDT पर उच्च तथा निम्न तापमान का क्या प्रभाव पड़ता है?

उत्तर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

प्रश्न 9. स्वचालित वाश-बेसिन में जल प्रवाह को नियन्त्रित करने के लिए एक ट्रांसड्यूसर प्रयोग किया जाता है। यह किस प्रकार का ट्रांसड्यूसर होता है?

उत्तर प्रकाश-सुग्राही ट्रांसड्यूसर (जैसेकि फोटो-डायोड) सोलेनॉयड वाल्व के साथ प्रयोग किया जाता है।

प्रश्न 10. LDR का पूर्ण रूप लिखिए।

उत्तर Light Dependent Resistor.

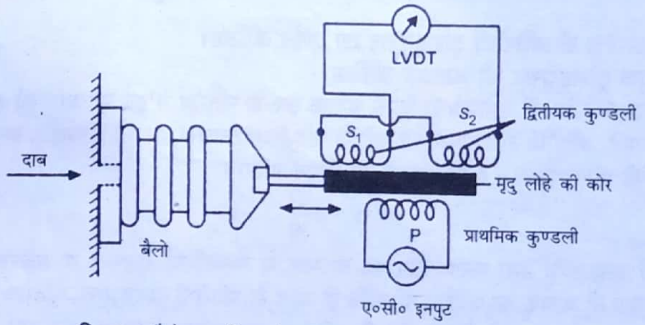
खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. ट्रांसड्यूसर की परिभाषा दीजिए। *(2016)*

उत्तर नापी जाने वाली राशि सर्वप्रथम इनपुट युक्ति के सम्पर्क में आती है। प्राप्त संवेदनाओं को इनपुट युक्ति समानुपाती विद्युत राशि में परिवर्तित कर देती है। सिग्नल कंडीशनर द्वारा विद्युत राशि को प्रवर्धित (amplified) किया जाता है। आउटपुट युक्ति द्वारा प्रवर्धित विद्युत राशि को पठनीय राशि में कर लिया जाता है। नापी जाने वाली राशि प्राय: अविद्युत होती है; जैसे— बल, दाब, तापमान, गति, विस्थापन, विकृति, इत्यादि। इन्हें नापने के लिए इनको विद्युत राशि में परिवर्तित किया जाता है। इस कार्य के लिए जिस युक्ति का प्रयोग किया जाता है, उसे ही 'ट्रांसड्यूसर' कहते हैं। अत: ट्रांसड्यूसर वह युक्ति है जिसकी सहायता से किसी अविद्युत राशि को विद्युत राशि में परिवर्तित किया जाता है। अत: ट्रांसड्यूसर किसी यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित कर देते हैं। ट्रांसड्यूसर न केवल यांत्रिक ऊर्जा बल्कि ऊष्मा, प्रकाश तीव्रता, द्रव तल, प्रवाह दर इत्यादि अन्य राशियों को भी विद्युत राशि में परिवर्तित कर सकते हैं।

प्रश्न 2. प्राथमिक एवं द्वितीयक ट्रांसड्यूसर में भेद कीजिए।

उत्तर बैलो दाब की संवेदना को ग्रहण करता है तथा दाब को मृदु लोहे की कोर के विस्थापन के रूप में दर्शाता है। अत: बैलो एक प्राथमिक ट्रांसड्यूसर है।



चित्र 3.1 बैलो : प्राथमिक ट्रांसड्यूसर तथा LVDT : द्वितीयक ट्रांसड्यूसर

मृदु लोहे की कोर के विस्थापन से दोनों द्वितीयक कुण्डली के वोल्टेज में विपरीत प्रकृति का परिवर्तन हो जाता है। दोनों द्वितीयक कुण्डली पर उत्पन्न वोल्टेज का अंतर LVDT (linear variable differential transformer) के आउटपुट के रूप में प्रदर्शित होता है। अत: LVDT एक द्वितीयक ट्रांसड्यूसर है। इस प्रकार बल, दाब, विस्थापन आदि संवेदनाओं को प्रथम चरण में स्पर्श करने वाली युक्तियाँ प्राथमिक ट्रांसड्यूसर कहलाती हैं। प्राथमिक ट्रांसड्यूसर का आउटपुट अन्य युक्ति द्वारा संगत विद्युत राशि में परिवर्तित किया जाता है जिसे द्वितीयक ट्रांसड्यूसर कहते है। अधिकतर यांत्रिक युक्तियाँ प्राथमिक ट्रांसड्यूसर तथा विद्युत युक्तियाँ द्वितीयक ट्रांसड्यूसर कहलाती हैं।

प्रश्न 3. ट्रांसड्यूसर के अभिलक्षणों का वर्णन कीजिए।

उत्तर एक अच्छे ट्रांसड्यूसर का चुनाव करते समय निम्न अभिलक्षणों को ध्यान रखना चाहिए—

1. **सिद्धांत** Principle ट्रांसड्यूसर के कार्य करने का सिद्धान्त; जैसे—प्रतिरोधी, प्रेरकत्व, धारितीय इत्यादि।
2. **परास** Range चयनित ट्रांसड्यूसर ऐसा होना चाहिए कि मापी जाने वाली राशि के पूर्ण परास (न्यूनतम से अधिकतम मान) में आउटपुट समान रूप से परिवर्तित हो सके।
3. **संवेदनशीलता** Sensitivity एक अच्छे ट्रांसड्यूसर को संवेदनशील होना चाहिए, अर्थात् मापी जाने वाली राशि में छोटे से परिवर्तन के भी संगत आउटपुट प्राप्त हो सके।
4. **यथार्थता या सटीकता** Accuracy एक अच्छा ट्रांसड्यूसर सदैव सटीक परिणाम देता है। शंका होने पर ट्रांसड्यूसर का कैलिब्रेशन कर लिया जाना चाहिए।
5. **लोडिंग प्रभाव** Loading Effect इनपुट यांत्रिक ऊर्जा का वह भाग, जो ट्रांसड्यूसर को क्रियाशील करने में खर्च हो जाता है, लोडिंग प्रभाव कहलाता है। अत: एक अच्छे ट्रांसड्यूसर का लोडिंग प्रभाव न्यूनतम होना चाहिए।
6. **वातावरणीय परिस्थितियाँ** Environmental Conditions ट्रांसड्यूसर को इनपुट-आउटपुट संबंध (input-output relation) वातावरणीय परिस्थितियों; जैसे— ताप, दाब नमी आदि के परिवर्तनों से अप्रभावित रहना चाहिए।

Scanned by CamScanner

7. **स्थायित्व व विश्वसनीयता** Stability and Reliability एक ट्रांसड्यूसर के आउटपुट में स्थायित्व तथा विश्वसनीयता बरकरार रहनी चाहिए।
8. **उपयोग में आसानी** Ease in Use एक अच्छे ट्रांसड्यूसर को आकार में छोटा, भार में कम तथा अनुप्रयोग में आसान होना चाहिए।
9. **विद्युत इकाइयाँ** Electrical Units ट्रांसड्यूसर को चुनाव करते समय संयोजन तारों (connecting leads) का प्रकार तथा उनकी लम्बाई का विशेष ध्यान रखना चाहिए।
10. **रेखीयता का गुण** Linear Characteristics ट्रांसड्यूसर के इनपुट सिगनल तथा आउटपुट सिगनल के मध्य रेखीय संबंध होना चाहिए अर्थात् दोनों का अनुपात स्थिर रहना चाहिए तथा $\left(\frac{E_o}{E_i} = k\right)$.

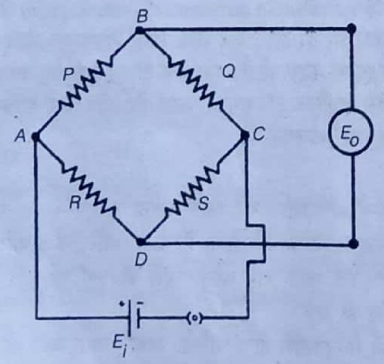
प्रश्न 4. स्वच्छ आरेख से प्रतिरोधी ट्रांसड्यूसर का वर्णन कीजिए। (2011, 13,14)

अथवा **प्रतिरोधक ट्रांसड्यूसर की व्याख्या कीजिए।** (2015)

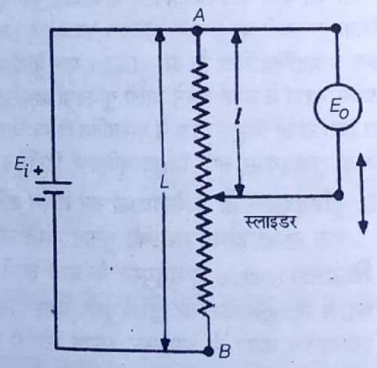
उत्तर वे ट्रांसड्यूसर, जिनकी सहायता से किसी चालक तार के प्रतिरोध में हुए परिवर्तन को ज्ञात कर किसी राशि का मापन किया जाता है, प्रतिरोधी ट्रांसड्यूसर कहलाते हैं। यदि किसी चालक तार की लम्बाई l, अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल A तथा पदार्थ की प्रतिरोधकता ρ है तो चालक का विद्युत प्रतिरोध,

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

अब यदि किसी बाह्य राशि द्वारा चालक तार का तापमान या लम्बाई या क्षेत्रफल या प्रतिरोधकता या फिर तीनों में परिवर्तन किया जाए तो चालक का प्रतिरोध परिवर्तित हो जाता है। प्रतिरोधी ट्रांसड्यूसर, प्रतिरोध में हुए परिवर्तन को नाप कर बाह्य राशि का मापन आसानी से कर लेते हैं। प्रतिरोधी ट्रांसड्यूसर ह्वीटस्टोन ब्रिज तथा विभवमापी सिद्धान्त पर आधारित होते हैं। इन सिद्धान्तों का उपयोग कर विभिन्न प्रकार की मापन प्रक्रियाएँ पूर्ण की जाती हैं।



चित्र 3.2 ह्वीटस्टोन ब्रिज (Wheatstone bridge)



चित्र 3.3 विभवमापी(Potentiometer)

चित्र 3.2 में दर्शाये गये ह्वीटस्टोन ब्रिज में जब तक ब्रिज संतुलित रहता है ($P/Q = R/S$), तब तक विकर्ण BD के मध्य आउटपुट वोल्टेज या धारा का मान शून्य रहता है। ब्रिज के असुंतलित होने पर विकर्ण BD पर आउटपुट प्राप्त होता है। चित्र 3.3 में दर्शाए गए विभवमापी तार AB की लम्बाई L है। यदि इसके सिरों पर विभवान्तर E_i है तो विभव प्रवणता का मान $= \frac{E_i}{L}$

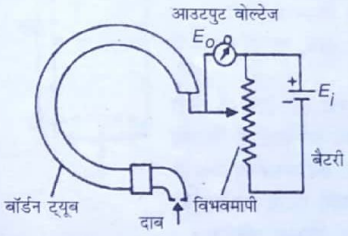
अब यदि स्लाइडर किसी क्षण बिन्दु A से l दूरी पर स्पर्श करता है तो आउटपुट वोल्टेज,

$$E_o = \left(\frac{E_i}{L}\right) l$$

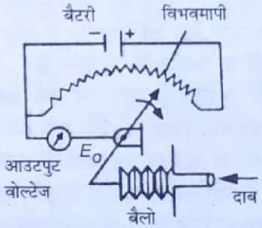
आउटपुट वोल्टेज ज्ञात कर विस्थापन l ज्ञात किया जा सकता है।

प्रश्न 5. विभवमापी ट्रांसड्यूसर का कार्य सिद्धान्त और संरचना समझाइए। उसकी लाभ और हानियों का वर्णन भी कीजिए। (2011,13)

उत्तर **कार्य सिद्धान्त** Working Principle विभवमापी ट्रांसड्यूसर (POT) द्वारा दाब मापन की दो विधियाँ चित्र 3.4 व 3.5 में प्रदर्शित की गयी हैं। चित्र 3.4 बॉर्डन ट्यूब का मुक्त सिरा वाइपर (या स्लाइडर) से जुड़ा है। इसी प्रकार चित्र 3.5 में बैलो की मुक्त सतह से लीवरनुमा वाइपर जुड़ा हुआ है। दाब के बढ़ने या घटने पर दोनों वाइपर विभवमापी प्रतिरोध तार पर सरककर आउटपुट दर्शाते हैं। आउटपुट वोल्टेज का मान वाइपर द्वारा विभवमापी तार पर चली गयी दूरी के समानुपाती होता है जो वास्तव में दाब की माप देता है।

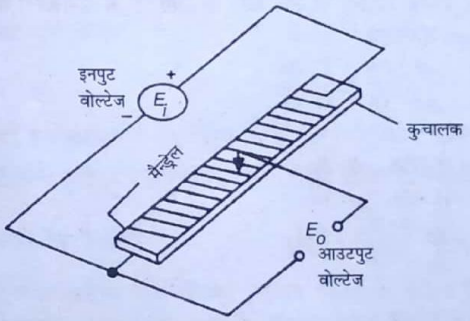


चित्र 3.4 बॉर्डन ट्यूब तथा पॉट (Bourdon tube and Pot)

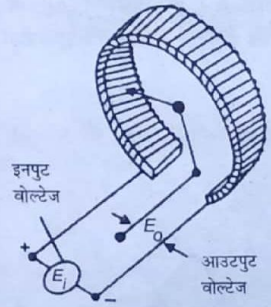


चित्र 3.5 बैलो तथा पॉट (Bellow and Pot)

संरचना Construction विभवमापी के ऊपर वाइपर के सरकने पर प्रतिरोध दर सतत् रूप से बढ़ता रहता है। इस उद्देश्य की पूर्ति के लिए प्रतिरोध तार को किसी बेलनाकार या चपटी वस्तु पर लपेटा जाता है। कोणीय विस्थापन वाले विभवमापी का बेलन वृत्ताकार कर दिया जाता है।



चित्र 3.6 रेखीय विस्थापन (Linear displacement)



चित्र 3.7 कोणीय विस्थापन (Angular displacement)

माना किसी विभवमापी की 50 mm लम्बाई पर प्रतिरोध तार के 1000 फेरे हैं तो इस अवस्था में एक फेरा विस्थापित होने पर वाइपर 0.05 mm (50 mm/1000) विस्थापित हो जायेगा।

लाभ Advantages इसके निम्नलिखित लाभ होते हैं—

1. ये सस्ते होते हैं।
2. ये प्रयोग में सुगम होते हैं।
3. ये बड़े विस्थापन तथा आयामों को ज्ञात करने में बेहद उपयोगी होते हैं।

Scanned by CamScanner

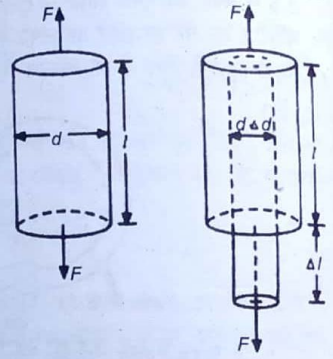
4. इनकी विद्युत दक्षता उच्च होती है।
5. इनकी संरचना मजबूत (rugged) होती है।

हानियाँ Disadvantages इनमें निम्नलिखित हानियाँ होती हैं—

1. वाइपर को विस्थापित करने के लिए अधिक बल की आवश्यकता पड़ती है; अत: निम्न दाब मापन में अनुपयोगी है।
2. वाइपर की सम्पर्क सतह घिस जाती है तथा सरकने पर आवाज उत्पन्न करती है।

प्रश्न 6. एक स्वच्छ चित्र द्वारा विकृतिमापी का सिद्धान्त तथा कार्य प्रणाली का वर्णन कीजिए। (2011, 12)

उत्तर **विकृतिमापी का सिद्धान्त** जब किसी चालक को खींचा जाता है या संपीडित किया जाता है तो चालक की लम्बाई तथा व्यास में परिवर्तन आ जाता है परंतु इसके साथ-साथ चालक की प्रतिरोधकता में भी परिवर्तन होता है, इस घटना को पीजोरेसिस्टिव प्रभाव कहते है। इसलिए स्ट्रेन गेज को पीजोरेसिस्टिव गेज (piezoresistive gauge) भी कहते हैं। स्ट्रेन गेज प्रतिबल तथा विकृति मापन कार्य में प्रयुक्त किए जाते हैं। स्ट्रेन गेज की सहायता से बल आघूर्ण, दाब, तापमान, त्वरण इत्यादि राशियों का मापन किया जाता है।



चित्र 3.8 स्ट्रेन गेज तनाव में

कार्य प्रणाली वास्तव में स्ट्रेन गेज एक पतला चालक तार होता है जिसे तनाव में खींचने पर लम्बाई में वृद्धि तथा व्यास में कमी आ जाती है जिसके कारण स्ट्रेन गेज का प्रतिरोध बढ़ जाता है। तनाव विकृति को धनात्मक विकृति तथा संपीडन विकृति को ऋणात्मक विकृति कहते हैं। यदि किसी चालक की लम्बाई 'l', व्यास 'd' तथा पदार्थ की प्रतिरोधकता 'ρ' हो तो चालक प्रतिरोध,

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

माना चालक पर लगा तनाव बल उसकी लम्बाई Δl बढ़ा देता है तो चालक का व्यास Δd घट जाता है। इस कारण चालक के प्रतिरोध में ΔR की वृद्धि हो जाती है। माना तनाव बल के कारण बल चालक में उत्पन्न प्रतिबल का मान s है तो प्रतिरोध R में हुए परिवर्तन (ΔR) की निर्भरता विभिन्न भौतिक राशियों पर ज्ञात करने के लिए 'R' के समीकरण को s के सापेक्ष आंशिक अवकलन (partial differentiation) करने पर,

$$\frac{dR}{d\sigma} = \frac{\rho}{A}\cdot\frac{\partial l}{\partial s} - \frac{\rho l}{A^2}\cdot\frac{\partial A}{\partial s} + \frac{l}{A}\cdot\frac{\partial \rho}{\partial s} \quad \ldots(i)$$

उपरोक्त समीकरण (i) को $R = \rho l/A$ से भाग देने पर,

$$\frac{1}{ds}\cdot\frac{dR}{ds} = \frac{1}{l}\cdot\frac{\partial l}{\partial s} - \frac{1}{A}\cdot\frac{\partial A}{\partial s} + \frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial \rho}{\partial s} \quad \ldots(ii)$$

$\therefore A = \frac{\pi}{4}d^2 \therefore$ $\quad \frac{\partial A}{\partial s} = 2\cdot\frac{\pi}{4}\cdot d\cdot\frac{\partial d}{\partial s}$

या $\quad \frac{1}{A}\cdot\frac{\partial A}{\partial s} = \frac{2}{d}\cdot\frac{\partial d}{\partial s}$

उक्त मान समीकरण (ii) में रखने पर,

$$\frac{1}{R}\cdot\frac{dR}{ds} = \frac{1}{l}\cdot\frac{\partial l}{\partial s} - \frac{2}{d}\cdot\frac{\partial d}{\partial s} + \frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial \rho}{\partial s} \quad \ldots(iii)$$

चूँकि पॉयजन अनुपात (Poison ratio), $\frac{1}{m} = \mu = \frac{\text{अनुप्रस्थ विकृति}}{\text{अनुदैर्घ्य विकृति}}$

या $\quad \mu = \frac{-\partial d/d}{\partial l/l}$

या $\quad \frac{\partial d}{d} = -\mu\frac{\partial l}{l}$

अब उक्त मान समीकरण (iii) में रखने पर,

$$\frac{1}{R}\cdot\frac{dR}{d\sigma} = \frac{1}{l}\cdot\frac{\partial l}{\partial \sigma} + \frac{2\mu}{l}\cdot\frac{\partial l}{\partial \sigma} + \frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial \rho}{\partial \sigma}$$

सूक्ष्म परिवर्तनों के लिए उपरोक्त समीकरण निम्न रूप में लिखा जा सकता है—

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta l}{l} + 2\mu\frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta \rho}{\rho} \quad \ldots(iv)$$

चूँकि किसी चालक तार के प्रतिरोध के प्रति इकाई परिवर्तन तथा लम्बाई में हुए प्रति इकाई परिवर्तन को गेज फैक्टर (gauge factor) कहते हैं। इसलिए गेज फैक्टर,

$$G_f = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l}$$

या $\quad \frac{\Delta R}{R} = G_f \times \frac{\Delta l}{l}$

या $\quad \frac{\Delta R}{R} = G_f \times \epsilon$

जहाँ, $\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$, चालक तार की अनुदैर्घ्य विकृति है। अत: समीकरण (iv) को पुन: लिखने पर

$$G_f\,\epsilon = \frac{\Delta l}{l} + 2\mu\frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta \rho}{\rho}$$

या $\quad G_f\,\epsilon = \epsilon + 2\mu\,\epsilon + \frac{\Delta \rho}{\rho}$

अत: गेज फैक्टर, $\quad G_f = 1 + 2\mu + \frac{\Delta\rho/\rho}{\epsilon}$

या $\quad G_f = 1 + 2\mu + \frac{\Delta\rho/\rho}{\epsilon}$

जहाँ 1 = लम्बाई में हुए परिवर्तन के कारण प्रतिरोध परिवर्तन, 2μ = क्षेत्रफल में हुए परिवर्तन के कारण प्रतिरोध परिवर्तन तथा $\frac{\Delta\rho/\rho}{\epsilon}$ = प्रतिरोधकता में हुए परिवर्तन के कारण प्रतिरोध परिवर्तन

अत: गेज फैक्टर, $\quad G_f = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l} = 1 + 2\mu + \frac{\Delta\rho/\rho}{\Delta l/l}$

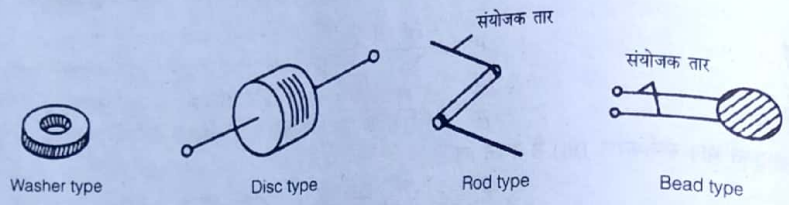
चूँकि धातुओं के लिए पॉयजन अनुपात का मान 0 से 0.5 के मध्य होता है, इसलिए धातुओं के गेज फैक्टर का मान सामान्यत: 2 के निकट रहता है। यदि स्ट्रेन गेज का पीजोरेसिस्टिव प्रभाव नगण्य माना जाए तो गेज फैक्टर,

$$G_f = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l} = 1 + 2\mu$$

प्रश्न 7. थर्मिस्टर को चित्र सहित समझाते हुए उसके उपयोग बताइए।

उत्तर 'थर्मिस्टर' शब्द थर्मल (thermal) तथा रेजिस्टर (resistor) से मिलकर बना है। ये ऊष्मा के प्रति अत्यंत संवेदनशील होते हैं। ऊष्मा के सम्पर्क में आने पर इनका प्रतिरोध घट जाता है। थर्मिस्टर अर्द्धचालक पदार्थों से बनाए जाते हैं। थर्मिस्टर मैंगनीज, निकिल तथा कोबाल्ट के ऑक्साइड से बनाए जाते हैं। विभिन्न प्रकार के थर्मिस्टर चित्र 3.9 में दर्शाए गए हैं।

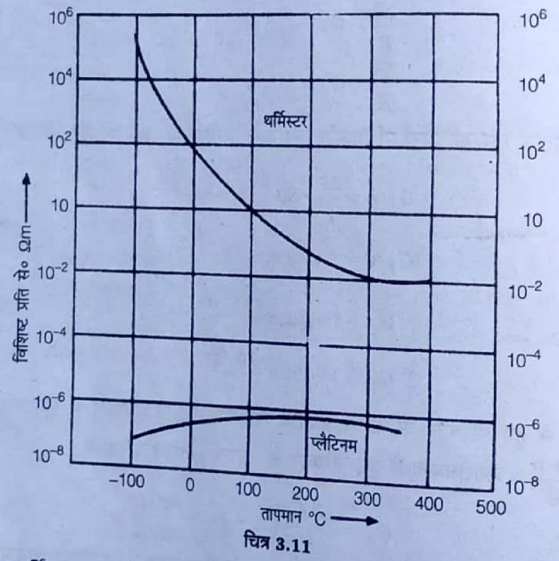
Scanned by CamScanner



चित्र 3.9 थर्मिस्टर (Thermistor)

थर्मिस्टर का प्रतिरोध ताप गुणांक उच्च तथा ऋणात्मक (– ve) होता है। इस कारण इनके द्वारा निम्न तापमान भी मापा जा सकता है। चित्र 3.11 में थर्मिस्टर तथा प्लैटिनम पर तापमाप के पड़ने वाले प्रभाव की तुलना की गयी है। लगभग 500° C तापमान वृद्धि करने पर (– 100° C से 400° C) एक ओर जहाँ प्लैटिनम की प्रतिरोधकता में लगभग दस गुना की वृद्धि होती है तो वहीं उतने ही तापमान वृद्धि पर थर्मिस्टर की प्रतिरोधकता में लगभग 10^7 गुना की कमी होती है। अत: स्पष्ट है कि तापमान मापन के लिए प्लैटिनम से कहीं अधिक सुग्राही थर्मिस्टर है। 'बीड' टाइप थर्मिस्टर का आकर सबसे छोटा होता है।

चित्र 3.10 थर्मिस्टर का संकेत



चित्र 3.11

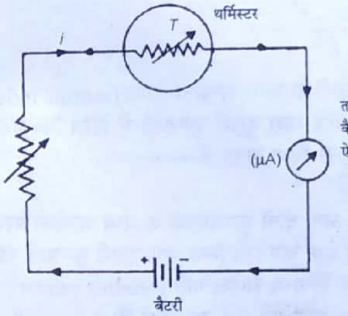
यदि $R_2 = T_2$ K पर थर्मिस्टर का प्रतिरोध, $R_1 = T_1$ K पर थर्मिस्टर का प्रतिरोध

थर्मिस्टर का प्रतिरोध, $R_2 = R_1 \cdot e\beta\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$

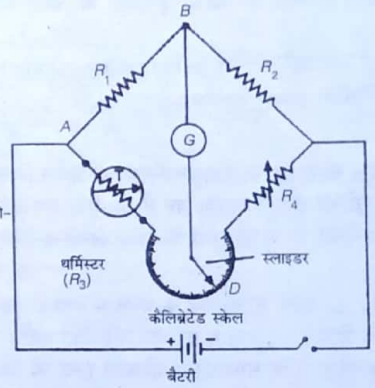
जहाँ β एक नियतांक है जिसका मान थर्मिस्टर के पदार्थ पर निर्भर करता है। सामान्यत: β का मान 3500 K से 4500 K के मध्य स्थित रहता है।

थर्मिस्टर के उपयोग Uses of Thermistor थर्मिस्टर का उपयोग तापमान मापन में किया जाता है। बहुत कम तापमान परिवर्तन होने पर भी थर्मिस्टर का प्रतिरोध बहुत अधिक परिवर्तित हो जाता है। दो तरह के परिपथ के द्वारा थर्मिस्टर का प्रयोग दर्शाया गया है।

अत्यधिक संवेदनशील होने के कारण थर्मिस्टर यथार्थ अधिक मान देते हैं। औद्योगिक थर्मिस्टर, जिसका प्रतिरोध 25°C ताप पर 2000 Ω होता है, मात्र 1°C ताप परिवर्तन होने पर प्रतिरोध में 78Ω का परिवर्तन (3.9% प्रति °C) हो जाता है। चित्र 3.12 में तापमान के लिए कैलिब्रेटेड एक माइक्रोमीटर दर्शाया गया है। तापमान बढ़ने पर थर्मिस्टर का प्रतिरोध बदल जाता है जिससे परिपथ में धारा बदल जाती है। धारा में हुए परिवर्तन का संगत तापमान कैलिब्रेटेड माइक्रोएमीटर (μA) पर पढ़ लिया जाता है।



चित्र 3.12 साधारण परिपथ (Simple circuit)



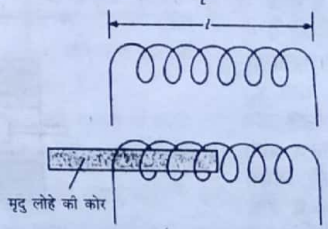
चित्र 3.13 ह्वीटस्टोन ब्रिज (Wheatstone bridge)

चित्र 3.13 में थर्मिस्टर एक ह्वीटस्टोन ब्रिज में लगा हुआ दिखाया गया है। सर्वप्रथम R_1, R_2, R_4 तथा थर्मिस्टर का प्रतिरोध R_3 इस प्रकार से समायोजित किए जाते हैं कि स्लाइडर आसानी से गैल्वेनोमीटर का शून्य विक्षेप प्राप्त कर लेता है। तापमान परिवर्तन थर्मिस्टर का प्रतिरोध बदल देता है जिससे ब्रिज असंतुलित ($R_1/R_2 \neq R_3/R_4$) होकर गैल्वेनोमीटर की विक्षेपित कर देता है। स्लाइडर को तापमान के लिए अंशांकित स्केल पर सरकाकर गैल्वेनोमीटर का विक्षेप पुन: शून्य कर लिया जाता है। स्केल पर स्लाइडर की नयी स्थिति तापमान प्रदर्शित करती है।

प्रश्न 8. एक प्रेरकीय ट्रांसड्यूसर की कार्यविधि समझाइए। **(2012)**

उत्तर माना किसी कुण्डली की लम्बाई L, अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल A तथा फेरों की संख्या N है तो कुण्डली का प्रेरकत्व निम्न सूत्र से दिया जाता है—

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l}$$



चित्र 3.14

जहाँ, μ_0 निर्वात् की चुम्बकशीलता है। यदि कुण्डली के भीतर मृदु लोहे की कोर रखी हो तो प्रेरकत्व μ_r गुना बढ़ जाता है,

$$L = \frac{\mu_r \mu_0 N^2 A}{l}$$

Scanned by CamScanner

जहाँ, μ_r पदार्थ की चुम्बकशीलता है। यदि मृदु लोहे की कोर कुण्डली की केवल आधी लम्बाई में समायी है तो प्रेरकत्व,

$$L = \frac{\mu_r \mu_0 N^2 A}{2l}$$

अत: हम देखते हैं कि कुण्डली के भीतर मृदु लोहे की छड़ की लम्बाई परिवर्तित होने पर कुण्डली का प्रेरकत्व भी परिवर्तित हो जाता है। किसी कुण्डली का प्रेरण प्रतिघात,

$$X_L = 2\pi fL$$

जहाँ, f प्रत्यावर्ती वोल्टेज (allternating voltage) की आवृत्ति है। यदि कुण्डली के तार का प्रतिरोध R हो तो कुण्डली की प्रतिबाधा (impedance),

$$E = \sqrt{X_L^2 + R^2}$$

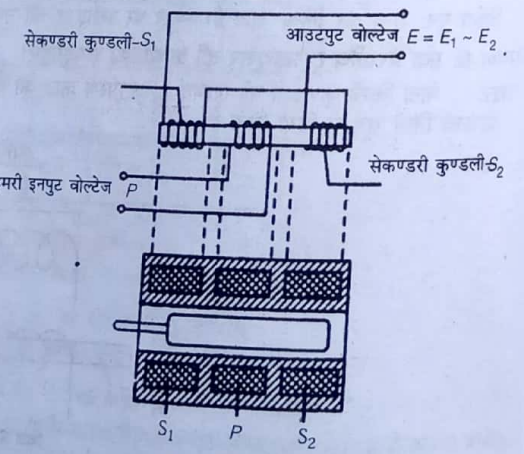
यदि एक के स्थान पर दो कुण्डलियों का प्रयोग किया जाए तो दोनों के मध्य अन्योन्य प्रेरण (mutual induction) की घटना घटेगी। इसका कारण यह है कि एक कुण्डली में बहने वाली धारा दूसरी कुण्डली में प्रेरित वि०वा०बा० उत्पन्न करने लगेगी। दो कुण्डलियों के मध्य अन्योन्य प्रेरण निम्न सूत्र से दिया जाता है—

$$M = K\sqrt{L_1 L_2}$$

जहाँ, L_1, L_2 दोनों कुण्डलियों के प्रेरकत्व तथा K एक गुणांक है। अत: दोनों कुण्डलियों के मध्य अन्योन्य प्रेरण परिवर्तित करने के लिए L_1, L_2 या K का मान परिवर्तित करना पड़ेगा। यदि एक कुण्डली स्थिर तथा दूसरी कुण्डली गतिमान है तो दोनों कुण्डलियों के मध्य प्रेरण परिवर्तन होगा जो कि कुण्डलियों के मध्य सापेक्ष गति (relative velocity) का सूचक है। अत: उपरोक्त गुणों का प्रयोग कर विभिन्न प्रकार की मापन प्रक्रियाएँ पूर्ण की जाती हैं।

प्रश्न 9. रेखीय वोल्टेज विभेदी ट्रांसफॉर्मर (LVDT) की कार्य पद्धति समझाइए।

उत्तर LVDT रेखीय विस्थापन को सिगनल में परिवर्तित करने के लिए सबसे अधिक प्रयोग किया जाने वाला प्रेरकीय ट्रांसड्यूसर है। LVDT की संरचना चित्र 3.15 में दर्शायी गयी है। LVDT में एक प्राइमरी कुण्डली (primary coil) 'P' तथा दो सेकण्डरी कुण्डलियाँ S_1 व S_2 एक बेलनाकार फॉर्मर के ऊपर लिपटी रहती हैं। दोनों सेकण्डरी कुण्डलियों के फेरों की संख्या तथा प्राइमरी कुण्डली से उनकी दूरी एकसमान रखी जाती है। प्राइमरी कुण्डली को प्रत्यावर्ती वोल्टेज स्रोत से जोड़ दिया जाता है। चल मृदु लोहे की कोर (movable soft iron core) फॉर्मर के अंदर रखी होती है।

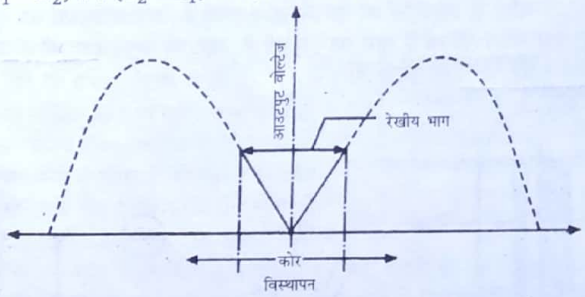


चित्र 3.15 LVDT

अब प्राइमरी में प्रत्यावर्ती धारा बहती है तो प्रेरण के सिद्धान्त से दोनों सेकण्डरी कुण्डलियों में भी प्रत्यावर्ती वोल्टेज उत्पन्न हो जाता है। माना S_1 कुण्डली का आउटपुट वोल्टेज E_1 तथा S_2 कुण्डली का आउटपुट वोल्टेज E_2 समान रहते हैं, परन्तु दोनों वोल्टेज से एक वोल्टेज प्राप्त करने के लिए दोनों सेकण्डरी कुण्डली आपस में विपरीत दिशा से श्रेणीक्रम (series) में जोड़ दी जाती हैं। इस प्रकार LVDT का आउटपुट वोल्टेज दोनों कुण्डलियों के आउटपुट का अन्तर (difference) बन जाता है। अत: LVDT का विभेदी आउटपुट वोल्टेज (differential output voltage),

$$E_O = E_1 - E_2$$

जब कोर मध्य में रहता है, तब दोनों कुण्डलियों के आउटपुट वोल्टेज E_1 तथा E_2 समान रहते हैं। इस अवस्था में विभेदी आउटपुट वोल्टेज शून्य (zero) रहता है। माना कोर बायीं ओर विस्थापित होती है। इस अवस्था में कुण्डली S_1 का वोल्टेज E_1 बढ़ जाता है, जबकि S_2 का वोल्टेज E_2 घट जाता है; अत: विभेदी वोल्टेज आउटपुट $(E_1 - E_2)$ प्राप्त होता है। जब कोर दायीं ओर आता है तो कुण्डली S_2 का वोल्टेज E_2 बढ़ने लगता है तथा कुण्डली S_2 का वोल्टेज E_1 घटने लगता है। इस प्रकार पुन: विभेदी वोल्टेज आउटपुट $(E_1 - E_2)$ प्राप्त होता है। दोनों परिस्थितियों में प्राप्त आउटपुट वोल्टज $(E_1 - E_2)$ तथा $(E_2 - E_1)$ की दिशा विपरीत होने के कारण कोर की स्थिति का भी ज्ञान हो जाता है।



चित्र 3.16 LVDT आउटपुट वोल्टेज अभिलाक्षणिक

प्रश्न 10. LVDT की लाभ तथा कमियाँ लिखिए।

उत्तर **LVDT के लाभ** इसके लाभ निम्नलिखित हैं—

1. LVDT एक प्राथमिक संवेदन युक्ति के रूप में कार्य करता है जो यांत्रिक विस्थापन को समानुपाती वोल्टेज में परिवर्तित कर देता है।
2. LVDT द्वारा नापे जाने वाले विस्थापन का परास (range) उच्च होता है।
3. LVDT स्वयं विस्थापन को समानुपाती वोल्टेज में परिवर्तित करने में सक्षम है, जबकि स्ट्रेन गेज के साथ किसी प्रत्यास्थ अवयव (elastic member) की भी आवश्यकता होती है।
4. LVDT की कोर का किसी दूसरे अवयव से कोई सम्पर्क (contact) नहीं होता है, इसलिए कोर पर घर्षण तथा इसके अधिक भार का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।
5. LVDT पर उच्च तथा निम्न तापमान का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।
6. LVDT का शैथिल्य (hysteresis) निम्न होता है, फलस्वरूप परिणाम की पुनरावृत्ति आसानी से की जा सकती है।
7. LVDT का वोल्टेज आउटपुट उच्च होता है, इसलिए वोल्टेज प्रवर्धन (voltage amplification) की आवश्यकता नहीं पड़ती है।
8. LVDT की कोर किसी स्प्रिंग से जुड़ी होने पर यह ट्रांसड्यूसर झटके तथा कंपन को आसानी से सहन कर सकता है।
9. LVDT के प्रचालन में कम ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

LVDT की कमियाँ इसकी कमियाँ निम्नलिखित हैं—

1. LVDT के कोर का द्रव्यमान स्ट्रेन गेज की तुलना में बहुत अधिक होता है।
2. LVDT बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र से प्रभावित हो सकता है।

प्रश्न 11. एक फोटोइलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर की कार्य पद्धति समझाइए।

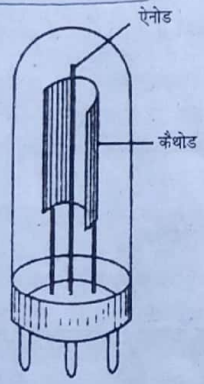
अथवा **फोटो इलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर से क्या तात्पर्य है? इंस्ट्रूमेन्टेशन में प्रयोग होने वाले इस ट्रांसड्यूसर की व्याख्या उचित उदाहरण की सहायता से कीजिए।** (2018)

उत्तर **फोटोइलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर** Photoelectric Transducer ऐसी युक्तियाँ जो प्रकाश के प्रति संवेदनशील हों तथा जिनकी प्रतिरोधकता एवं चालकता प्रकाश व प्रकाश की तीव्रता से प्रभावित होती हैं, उन्हें फोटोइलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर कहते हैं। फोटोइलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर को अग्र दो भागों में बाँटा जा सकता है—

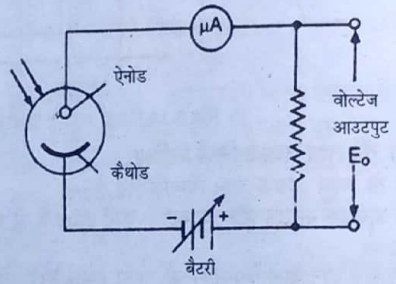
Scanned by CamScanner

1. **फोटो उत्सर्जक सेल** Photo Emissive Cell निर्वात फोटो उत्सर्जक सेल चित्र 3.17 में दर्शाया गया है। इसमें धातु की एक पतली वक्राकार चादर होती है जिसकी अवतल सतह पर फोटो उत्सर्जक पदार्थ का लेप लगा दिया जाता है। धातु की चादर को बैटरी के (–ve) सिरे से जोड़ देते हैं। चादर के वक्र के केन्द्र पर एक धात्विक रॉड लगी रहती है जिसे बैटरी के (+ve) सिरे से जोड़ देते हैं।

चित्र 3.18 में सेल का विद्युत परिपथ दर्शाया गया है। जब वक्राकार धात्विक चादर पर उपयुक्त आवृत्ति का प्रकाश आपतित होता है तो चादर से इलेक्ट्रॉनों का उत्सर्जन होने लगता है जिन्हें धनावेशित रॉड द्वारा आकर्षित कर लिया जाता है। इसके फलस्वरूप परिपथ में धारा बहने लगती है। धारा का मान प्रकाश की तीव्रता, प्रकाश की तरंगदैर्घ्य तथा ऐनोड वोल्टेज पर भी निर्भर करता है।



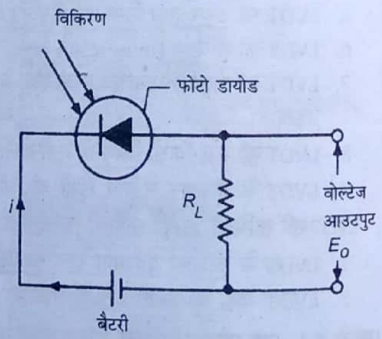
चित्र 3.17 फोटो उत्सर्जक सेल



चित्र 3.18 फोटो उत्सर्जक सेल द्वारा प्रकाश का मापन

2. **अर्द्धचालक फोटो इलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर** Semiconductor Photo Electric Transducer—

(i) **फोटो कन्डक्टिव सेल** Photo Conductive Cell अर्द्धचालक की संधि पर जब उपयुक्त आवृत्ति का प्रकाश पड़ता है, तब सह-संयोजक बंध टूटने के कारण इलेक्ट्रॉन-होल (electron-hole) युग्म की उत्पत्ति होती है जिसके फलस्वरूप प्रवाहित धारा में वृद्धि होती है। यदि अर्द्धचालक के सिरों पर लगाया गया वोल्टेज स्थिर रहे तथा प्रकाश की तीव्रता बढ़ाई जाए तो इलेक्ट्रॉन-होल युग्म उत्पादन बढ़ने लगता है, जिससे परिपथ में धारा बढ़ने लगती है। इसका अर्थ यह हुआ कि अर्द्धचालक का प्रतिरोध घटने लगता है। इसलिए इन अर्द्धचालकों को फोटो प्रतिरोध (photo resistor) या लाइट डिपेन्डेंट प्रतिरोध (light dependent risistor –LDR) भी कहते हैं। कैडमियम सल्फाइड : CdS (ऊर्जा अंतराल : 2.4 eV) तथा कैडमियम सैलेनाइड : CdSe (ऊर्जा अंतराल : 1.74 eV) का अधिक प्रयोग किया जाता है।

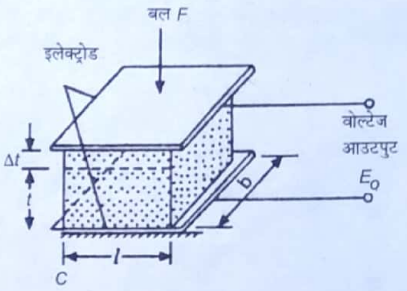


चित्र 3.19 फोटो डायोड

(ii) **फोटो डायोड** Photo Diode फोटो डायोड एक *P-N* संधि है जिसे उत्क्रम अभिनत (reverse biased) रखकर प्रकाश से प्रतिदीप्त किया जाता है (देखें चित्र 3.19)। जब संधि पर उपयुक्त आवृत्ति का प्रकाश गिरता है तो इलेक्ट्रॉन-होल युग्म का उत्पादन होता है जिसके फलस्वरूप उत्क्रम धारा में तेजी से वृद्धि होती है। धारा तथा प्रकाश तीव्रता के मध्य रेखीय संबंध बड़े परास में बना रहता है। फोटो डायोड छोटे होते हैं। इनका प्रतिक्रिया समय (response time) अत्यंत कम होता है। प्रकाश की तीव्रता मापन में ये बहुत उपयोगी होते हैं।

प्रश्न 12. एक पीजो-इलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर का कार्य सिद्धान्त समझाइए तथा अनुप्रयोग भी बताइए। (2016)
अथवा **पीजो-इलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर का वर्णन कीजिए।** (2017)

उत्तर **कार्य सिद्धान्त** Working Principle सभी क्रिस्टल अणु, परमाणु तथा आयन के नियमित तथा पुनरावृत्ति करने वाले पैटर्न के बने होते हैं। किसी परमाणु से इलेक्ट्रॉन के चले जाने पर या आ जाने पर 'आयन' का निर्माण होता है। आयन दो प्रकार के होते हैं। इलेक्ट्रॉन चले जाने पर (+ve) आयन तथा इलेक्ट्रॉन आ जाने पर (–ve) आयन बनता है।



चित्र 3.20 पीजो-इलेक्ट्रिक क्रिस्टल (Piezo-electric crystal)

जब किसी क्रिस्टल पर संपीडन या तनन बल लगाया जाता है, तब क्रिस्टल के आयन अपनी साम्य अवस्था से विस्थापित हो जाते हैं। जिसके परिणामस्वरूप क्रिस्टल की सतहों के मध्य विभवांतर उत्पन्न हो जाता है। इसलिए पीजो-इलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर सक्रिय ट्रांसड्यूसर (active transducer) श्रेणी में गिने जाते हैं; क्योंकि इन्हें बाह्य विद्युत ऊर्जा की आवश्यकता नहीं पड़ती है। इसके विपरीत यदि किसी क्रिस्टल की सतहों के मध्य प्रत्यावर्ती वोल्टेज (alternating voltage) लगाया जाये तो क्रिस्टल की सतह पर यांत्रिक कम्पन शुरू हो जाते हैं। क्रिस्टल के इस व्यवहार को पीजो-इलेक्ट्रिक प्रभाव (piezo-electic effect) कहते हैं।

क्वार्ट्ज (quartz), रोशेल साल्ट (rochelle salt), बेरियम टाइटेनेट, लीथियम फॉस्फेट, सिरेमिक इत्यादि पदार्थ के बने क्रिस्टल तनाव, संपीडन कर्तन तथा नमन विकृतियाँ ज्ञात करने के लिए प्रयोग किये जाते हैं। कोई भी क्रिस्टल पीजो-इलेक्ट्रिक प्रभाव स्वयं प्रकट नहीं करता है जब तक कि उसका 'ध्रुवण उपचार' (polarizing treatment) न कर दिया जाए। क्रिस्टल का ध्रुवण उपचार करने के लिए उसको क्यूरी ताप के ऊपर लगभग 120° ताप तक गर्म करते हैं। तत्पश्चात् क्रिस्टल की सतहों के मध्य 10^4 V/cm का डी०सी० वोल्टेज उत्पन्न करते हैं। अब डी०सी० वोल्टेज लगे रहते हुए क्रिस्टल को ठंडा कर देते हैं। तैयार क्रिस्टल पीजो-इलेक्ट्रिक प्रभाव प्रदर्शित करने में सक्षम हो जाता है। चित्र 3.20 में एक पीजो-इलेक्ट्रिक क्रिस्टल पर संपीडन बल लग रहा है। संपीडन के कारण क्रिस्टल की मोटाई (thickness) Δt कम हो जाती है जिसके फलस्वरूप सतहों पर आवेश आ जाता है। सतहों पर लगी इलेक्ट्रोड प्लेटों के मध्य संधारित्र बन जाता है। पीजो-इलेक्ट्रिक प्रभाव विरूपण बल की दिशा बदलने से भी प्रभावित होता है। उदाहरण के तौर पर संपीडन के स्थान पर तनाव बल की दिशा में क्रिस्टल की सतहों के मध्य वोल्टेज की दिशा भी बदल जाती है। यदि सतहों पर F बल लग रहा है तो सतह पर उत्पन्न आवेश,

$$Q = q \times F \quad \ldots(i)$$

जहाँ q क्रिस्टल की आवेश संवेदिता (charge sensitivity) है जिनका मान क्रिस्टल पर निर्भर करता है। यदि क्रिस्टल की सतह का क्षेत्रफल A, मोटाई t तथा मोटाई में Δt की कमी आती है तो क्रिस्टल का यंग प्रत्यास्थता गुणांक,

$$Y = \frac{\text{प्रतिबल}}{\text{विकृति}} = \frac{F/A}{\Delta t/t}$$

अत: बल,

$$F = \frac{AY}{t}.\Delta t \quad \ldots(ii)$$

समीकरण (i) व (ii) से आवेश,

$$Q = qAY\left(\frac{\Delta t}{t}\right)$$

इलेक्ट्रोड के मध्य दबे (pressed) क्रिस्टल की धारिता,

Scanned by CamScanner

$$C = \frac{A \epsilon_0 K}{t}$$

जहाँ, K क्रिस्टल का परावैद्युत स्थिरांक है। अब इलेक्ट्रोड के मध्य आउटपुट वोल्टेज,

$$E_o = \frac{Q}{C} = \frac{qAY(\Delta t/t)}{A \epsilon_0 K/t} = \frac{qY\Delta t}{\epsilon_0 K}$$

या

$$E_o = \frac{q\left(\frac{F/A}{\Delta t/t}\right)\Delta t}{\epsilon_0 K} = \frac{qt}{\epsilon_0 K} \cdot \frac{F}{A}$$

या

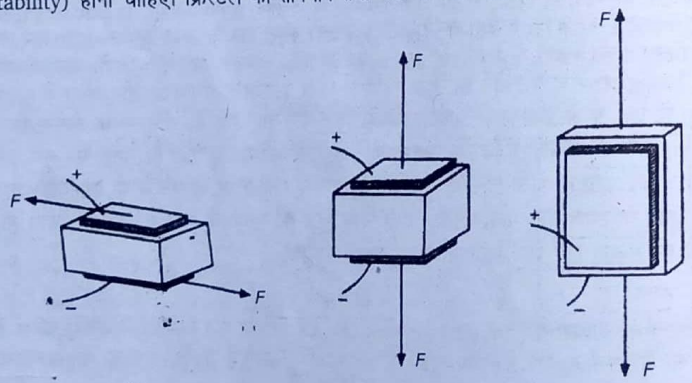
$$E_o = \frac{qt}{\epsilon_0 K} \cdot P \qquad \left(\because \frac{F}{A} = P = \text{प्रतिबल}\right)$$

या

$$E_o = \frac{q}{\epsilon_0 K} \cdot tP$$

अत: स्पष्ट है कि क्रिस्टल की सतहों के मध्य उत्पन्न विभवांतर क्रिस्टल के पदार्थ पर निर्भर करता है तथा साथ ही प्रतिबल P के समानुपाती होता है।

पीजो-इलेक्ट्रिक क्रिस्टल के अनुप्रयोग Applications of Piezo-electric Crystals सभी क्रिस्टलों में क्वार्ट्ज सर्वाधिक स्थायी क्रिस्टल है, परन्तु इसका आउटपुट अत्यंत कम होता है। शैल साल्ट का आउटपुट उच्च होता है, परंतु इन्हें नमी से बचाना पड़ता है व ये 46°C से अधिक ताप पर प्रयोग नहीं किए जा सकते हैं। अत: एक अच्छे क्रिस्टल में स्थायित्व (stability) होना चाहिए। क्रिस्टल को तापमान तथा नमी के प्रति असंवेदनशील होना चाहिए।



चित्र 3.21 मुख्य पीजो-इलेक्ट्रिक क्रिस्टल

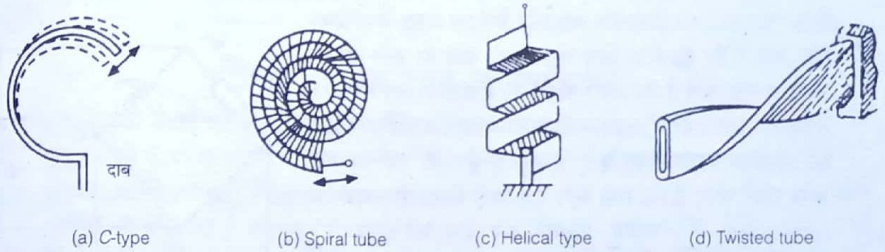
पीजो-इलेक्ट्रिक विभिन्न प्रकार से प्रयोग किए जा सकते हैं। क्रिस्टल के विभिन्न प्रकार के अनुप्रयोग चित्र 3.21 में दर्शाए गए हैं। पीजो-इलेक्ट्रिक क्रिस्टल का प्रयोग रूक्षता मापन, त्वरण मापन तथा कम्पन मापन में किया जाता है। ध्यान रखें कि पीजो-इलेक्ट्रिक क्रिस्टल बल लगाकर रोक लेने पर उत्पन्न वोल्टेज समाप्त हो जाता है। पीजो-इलेक्ट्रिक क्रिस्टल केवल गतिशील बल (dynamic force) लगने पर ही वोल्टेज आउटपुट देते हैं।

प्रश्न 13. बॉर्डन ट्यूब का वर्णन कीजिए।

उत्तर बॉर्डन ट्यूब चार प्रकार की होती हैं—(i) C-टाइप, (ii) स्पाइरल ट्यूब, (iii) हेलिकल टाइप तथा (iv) ट्विस्टेड ट्यूब।

सभी प्रकार की बॉर्डन चित्र 3.22 में दर्शायी गयी हैं।

बॉर्डन ट्यूब की अनुप्रस्थ काट (cross-section) दीर्घवृत्ताकार (elliptical) होती है। इन ट्यूब का एक सिरा स्थिर तथा दूसरा सिरा स्वतंत्र होता है। स्थिर सिरा खुला रहता है तथा यहाँ से वह द्रव (fluid) प्रवेश करता है जिसका दाब ज्ञात करना है। ट्यूब का बंद सिरा स्वतंत्र (free) रखा जाता है। दाब के बढ़ने तथा घटने पर इस सिरे पर समानुपाती विस्थापन होता है। यह विस्थापन यांत्रिक विधि से आवर्धित कर लिया जाता है। बॉर्डन ट्यूब की दीर्घवृत्ताकार काट (cross-section) इसको दाब के प्रति संवेदनशील बनाती है। बॉर्डन ट्यूब बनाने के लिए पीतल, फॉस्फर ब्रॉज या स्टील का प्रयोग किया जाता है।

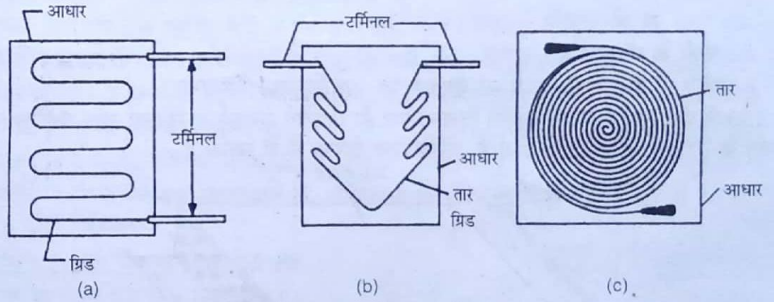


चित्र 3.22 बॉर्डन-ट्यूब

प्रश्न 14. निम्न पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए–

(i) बाण्डेड वायर स्ट्रेन गेज (ii) अनबाण्डेड वायर स्ट्रेन गेज।

उत्तर (i) **बाण्डेड वायर स्ट्रेन गेज** Bonded Wire Strain Gauge प्रतिबल तथा विकृति का विश्लेषण करने के लिए बाण्डेड वायर स्ट्रेन गेज प्रयोग किया जाता है। प्रतिबल लगाने पर बाण्डेड वायर स्ट्रेन गेज का विद्युत प्रतिरोध परिवर्तित हो जाता है। स्ट्रेन गेज वास्तव में लगभग 25 माइक्रॉन (0.025 mm) व्यास के तारों की ग्रिड (grid) नुमा संरचना होती है जो किसी बैकेलाइट (bakelite), कागज या टेफ्लॉन की दो पतली शीट के मध्य चिपकी रहती है। इस शीट को आधार (base) या कैरियर (carrier) कहते हैं।



चित्र 3.23 बाण्डेड वायर स्ट्रेन गेज

स्ट्रेन गेज को कैरियर की सहयता से उस अवयव पर चिपका दिया जाता है जिसका प्रतिबल (या विकृति) ज्ञात करनी होती है। चित्र 3.23 में एक कैंटिलीवर छड़ दिखायी गयी है। बल के लगने पर कैंटिलीवर में विकृति उत्पन्न होती है। स्ट्रेन गेज कैंटिलीवर के ऊपर लगा है, इसलिए इस गेज में तनाव उत्पन्न होगा जिससे इसका प्रतिरोध बढ़ जाता है।

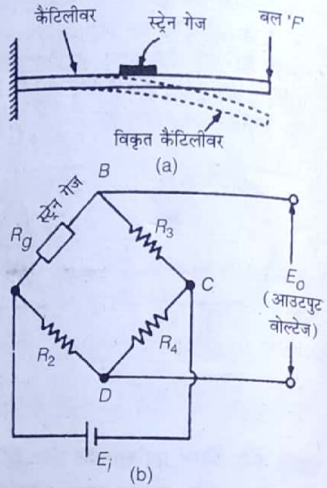
स्ट्रेन गेज को संयोजक तारों की सहायता से एक ह्वीटस्टोन ब्रिज से जोड़ दिया जाता है। आरंभ में ब्रिज के अन्य तीनों प्रतिरोध स्ट्रेन गेज के प्रतिरोध के साथ संतुलन बनाकर रखते हैं। जब बल लगाया जाता है तो कैंटिलीवर में विकृति उत्पन्न होती है जिसके फलस्वरूप स्ट्रेन गेज में भी विकृति उत्पन्न हो जाती है। इस कारण ब्रिज असंतुलित हो जाता है। इस दशा में विकर्ण BD के सिरों पर विभवांतर उत्पन्न हो जाता है। आउटपुट वोल्टेज का मान विकृति के समानुपाती होता है, इसलिए

$$E_o = \frac{G_f . \epsilon . E_i}{4}$$

Scanned by CamScanner

जहाँ, ϵ उत्पन्न विकृति, E_i इनपुट वोल्टेज तथा G_f स्ट्रेन गेज का गेज फैक्टर है।

(ii) **अनबाण्डेड वायर स्ट्रेन गेज** Unbonded Wire Strain Gauge अनबाण्डेड वायर वे स्ट्रेन गेज होते हैं जो किसी अवयव पर चिपकाये नहीं जाते हैं, वरन् ये किन्हीं दो बिन्दुओं के मध्य खींचकर बाँध दिए जाते हैं। इनका प्रयोग दाब तथा त्वरण इत्यादि के मापन में किया जाता है। इसमें सामान्यत: चार स्ट्रेन गेज इस प्रकार समायोजित किए जाते हैं कि ह्वीटस्टोन ब्रिज संतुलित हो जाता है। चारों को इस प्रकार लगाया जाता है कि अगल-बगल की भुजाओं में लगे स्ट्रेन गेज में विपरीत प्रकृति का स्ट्रेन उत्पन्न हो सके। असंतुलित ह्वीटस्टोन ब्रिज का आउटपुट वोल्टेज विकृति के समानुपाती होता है। यहाँ यह बात ध्यान रखने योग्य है कि सभी स्ट्रेन गेज पहले से ही कुछ तनाव में (preloaded) होने चाहिए, अन्यथा कम दाब लगने पर ब्रिज असंतुलित नहीं हो पायेगा व आउटपुट वोल्टेज नहीं प्राप्त हो सकेगी।



चित्र 3.24

प्रश्न 15. कैपेसिटिव ट्रांसड्यूसर की व्याख्या कीजिए। (2015)

अथवा **कैपेसिटिव ट्रांसड्यूसर का वर्णन कीजिए।** (2016)

उत्तर **कैपेसिटिव ट्रांसड्यूसर** Capacitive Transducer इस प्रकार के ट्रांसड्यूसरों के कार्य करने का सिद्धान्त समान्तर प्लेट संधारित्र (capacitors) की धारिता (capacitance) का निम्न सूत्र होता है—

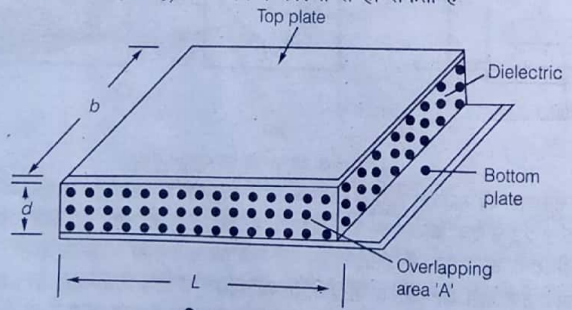
$$C = \frac{\varepsilon A}{d}$$

जहाँ A = प्लेटों का ओवरलैपिंग क्षेत्रफल (मीटर^2)

d = प्लेटों के बीच की दूरी (मीटर)

ε = प्लेटों के बीच स्थित पदार्थ की वैद्युतशीलता (परावैद्युतांक) फैरड/मीटर

चित्र 3.25 में एक समान्तर प्लेट संधारित्र दिखाया गया है। धारितीय ट्रांसड्यूसर समान्तर प्लेट संधारित्र की धारिता में परिवर्तन के सिद्धान्त पर आधारित होता है, जोकि निम्न कारणों से हो सकता है—



चित्र 3.25 समान्तर प्लेट संधारित्र

1. ओवरलैपिंग क्षेत्रफल A में परिवर्तन।
2. प्लेटों के बीच की दूरी d में परिवर्तन।
3. प्लेटों के बीच के पदार्थ के परावैद्युतांक में परिवर्तन।

4 तुलनित्र
Comparators

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. तुलनित्र की ऊँचाई का सूक्ष्म समायोजन किसकी सहायता से किया जाता है?

उत्तर तुलनित्र की ऊँचाई का सूक्ष्म समायोजन फाइन एडजस्टमेंट स्क्रू की सहायता से किया जाता है।

प्रश्न 2. तुलनित्र को कितने वर्गों में वर्गीकृत किया गया है?

उत्तर तुलनित्र को पाँच वर्गों में वर्गीकृत किया गया है—

(i) यान्त्रिक तुलनित्र, (ii) प्रकाशीय तुलनित्र, (iii) विद्युत इलेक्ट्रॉनिक तुलनित्र,
(iv) द्रव विस्थापन तुलनित्र, (v) वायवीय तुलनित्र।

प्रश्न 3. डायल गेज का कार्य सिद्धान्त समझाइए।

उत्तर डायल गेज इस सिद्धान्त पर कार्य करते हैं कि सम्पर्क बिन्दु पर प्राप्त सूक्ष्म विस्थापन प्लंजर के माध्यम से सम्बद्ध संयुक्त गियर यन्त्रावली द्वारा इस प्रकार आवर्धित किया जाता है कि डायल के फेस पर सूचक विस्थापित हो जाता है।

प्रश्न 4. डालय गेज का अल्पतमांक कितना होता है?

उत्तर डायल गेज का अल्पतमांक 0.01 mm होता है।

प्रश्न 5. डायल गेज फेस कितने भागों में बँटा होता है?

उत्तर डायल गेज फेस 100 बराबर भागों में बँटा होता है।

प्रश्न 6. विभिन्न प्रकार के मापन कार्य करने के लिए किसकी आवश्यकता होती है?

उत्तर विभिन्न प्रकार के मापन कार्य करने के लिए भिन्न-भिन्न सम्पर्क बिन्दुओं की आवश्यकता होती है।

प्रश्न 7. सम्पर्क बिन्दु किसके बनाए जाते हैं?

उत्तर सम्पर्क बिन्दु कठोर स्टील के बनाए जाते हैं।

प्रश्न 8. कार्यखण्ड पर लगने वाले मापन बल का अधिकतम मान कितना होता है?

उत्तर 1.8 N

प्रश्न 9. स्टेम का व्यास कितना रखा जाता है?

उत्तर स्टेम का व्यास 8.0 mm रखा जाता है।

प्रश्न10. कभी-कभी कोनों या ऐसी विमा का मापन जहाँ डायल पहुँचाना मुश्किल हो, उसके लिए किसका प्रयोग किया जाता है?

उत्तर लीवर का।

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. तुलनित्र से आप क्या समझते हैं?

उत्तर तुलनित्र वे सूक्ष्म यन्त्र हैं जो किसी अवयव की विमा की तुलना करने के काम आते हैं। तुलना करने के लिए मानक की आवश्यकता होती है जो सामान्यत: स्लिप गेज होते हैं। तुलनित्र इंजीनियरिंग मापनिकी के लिए मूल (fundamental) का कार्य करते हैं। तुलनित्र का अपना कोई 'मानक' नहीं होता है वरन् ये स्लिप गेज की सहायता से किसी माप पर सेट (set) कर देने के बाद किसी अवयव की मापी जाने वाली विमा का 'सेट मान' (set value) के

Scanned by CamScanner

अन्तर प्रदर्शित करते हैं। इस प्रकार के अल्प मान के अन्तर को प्रदर्शित करने के लिए मापन-यन्त्र अत्यंत सुग्राही होना चाहिए। इस कारण तुलनित्र बहुत ही उपयोगी साबित होते हैं। ये सुग्राही होने के साथ-साथ संवेदन को आवर्धित भी करते हैं। मापन-यन्त्र की तरह तुलनित्र को बार-बार अंशांकित करने की आवश्यकता नहीं पड़ती है। तुलनित्र शून्य त्रुटि से स्वतंत्र होते हैं अपितु तुलनित्र अत्यंत सूक्ष्म मान के लिए प्रयोग किए जाते हैं, फिर भी इन्हें प्रयोग करने के लिए किसी विशेष योग्यता की अवश्यकता नहीं होती है। इनके द्वारा शीघ्रतापूर्वक तथा पूर्ण विश्वसनीयता के मापन किया जा सकता है तथा आवश्यकता अनुभव किए जाने पर स्लिप गेज से सेटिंग (setting) जाँची जा सकती है।

प्रश्न 2. तुलनित्र के उपयोग बताइए। **(2013)**

उत्तर इंजीनियरिंग मापनिकी में तुलनित्र का व्यापक वृहद् रूप से विभिन्न क्षेत्रों में उपयोग किया जाता है—

1. तुलनित्र को मापनिकी लैब (metrology lab) के मानक के रूप में प्रयोग किया जाता है जिनकी सहायता से कार्यकारी मापन यन्त्र तथा गेज का कैलिब्रेट किया जाता है।
2. किसी मापन प्रक्रिया के लिए गेज या मापन यन्त्र उपलब्ध न होने की दशा में तुलनित्र कार्यकारी गेज (working gauge) के रूप में कार्य करते हैं।
3. नए गेज को जाँचने में इनका उपयोग किया जाता है।
4. वृहद् उत्पादन (mass production) में मापन कार्य तुलनित्र की सहयता से शीघ्रतापूर्वक किया जा सकता है।
5. चयनित ऐसेम्बली (selective assembly) में अवयव की विमा की जाँच करने के लिए तुलनित्र प्रयोग किए जाते हैं।

प्रश्न 3. तुलनित्रों के अभिलक्षणों को बताइए। **(2017)**

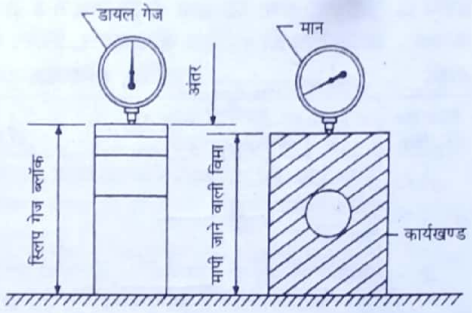
उत्तर किसी अच्छे तुलनित्र में निम्नलिखित गुण या अभिलक्षण होने चाहिए—

1. **मजबूत डिजाइन तथा निर्माण** Robust Design and Construction तुलनित्र का डिजाइन तथा निर्माण इतना मजबूत तथा टिकाऊ होना चाहिए कि सामान्य प्रयोग में इसकी यथार्थता प्रभावित न हो।
2. **रेखीय स्केल** Linear Scale मापन स्केल रेखीय तथा एकसमान होना चाहिए।
3. **उच्च आवर्धन** High Magnification तुलनित्र का आवर्धन उच्च होना चाहिए जिससे कि सूक्ष्म-से-सूक्ष्म विचलन भी पढ़ा जा सके।
4. **शीघ्र परिमाण** Quick in Result तुलनित्र के द्वारा मापी गई विमा की सूचना शीघ्रता से प्राप्त होनी चाहिए।
5. **सम्पर्क बिन्दु का न्यूनतम घिसाव** Minimum Wear of Contact Point मापन प्लंजर कठोर स्टील (hard steel) या हीरे (diamond) का होना चाहिए जिससे कि घिसाव कम-से-कम हो तथा प्लंजर अधिक आयु तक कार्य कर सके।
6. **तापमान से निष्प्रभावी** Unaffected from Temperature तापमान परिवर्तन से तुलनित्र की यथार्थता प्रभावित नहीं होनी चाहिए।
7. **व्यापकता** Versality तुलनित्र इस प्रकार का डिजाइन होना चाहिए कि इसका परास (range) बड़ा हो।
8. **कम्पन मुक्त** Free from Vibration मापन के पश्चात् तुलनित्र का सूचक (pointer) शीघ्रता से 'शून्य' पर वापस आ जाना चाहिए।
9. **निम्न मापन दाब** Low Measuring Pressure तुलनित्र के सम्पर्क बिन्दु पर मापन दाब कम होना चाहिए; अत: एक अच्छे तुलनित्र में उपरोक्त सभी गुण होने चाहिए। इसके अतिरिक्त तुलनित्र का आकार छोटा तथा भार कम होना चाहिए जिससे कि इन्हें उठाने-रखने में आसानी हो।

प्रश्न 4. एक स्वच्छ चित्र बनाकर तुलनित्र प्रयोग का सिद्धान्त लिखिए।
अथवा **तुल्यक की संरचना के सामान्य सिद्धान्त का वर्णन कीजिए।** **(2013, 14)**

उत्तर सर्वप्रथम किसी दी गई माप के स्लिप गेज ब्लॉक की सहायता से तुलनित्र के सूचक को शून्य पर सेट किया जाता है। स्लिप गेज ब्लॉक का माप मापी जाने वाली विमा के समान ही होता है। अब कार्यखण्ड की जिस विमा के लिए सेटिंग की गयी है, इसे तुलनित्र के प्लंजर के नीचे लाया जाता है। तुलनित्र का सूचक सेटिंग माप से जितना अन्तर है, उसकी सूचना कैलिब्रेटेड स्केल पर दे देता है। यदि मापी गयी कार्यखण्ड की विमा सेटिंग के समान है तो सूचक पुन: शून्य पर

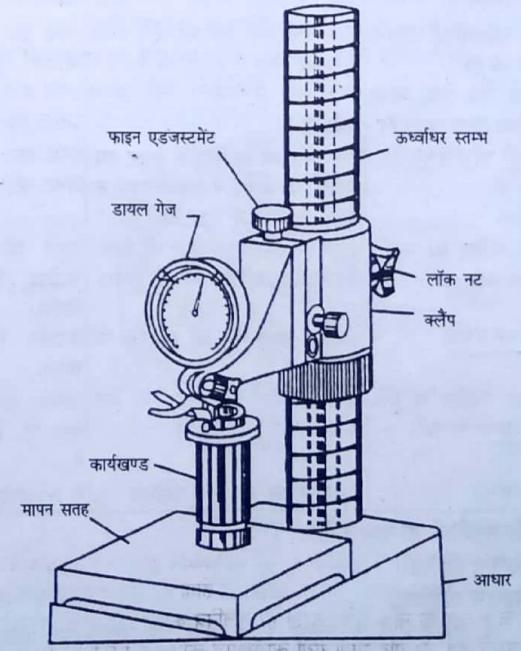
आ जाती है। यदि विमा का मान सेटिंग से अधिक है तो सूचक दायीं ओर घूम जाता है। यदि विमा का मान सेटिंग से कम है तो सूचक बायीं ओर घूम जाता है, जैसा कि चित्र 4.1 में दिखाया गया है। इस प्रकार एक तुलनित्र सेटिंग मान से कार्यखण्ड विमा का अन्तर बताता है। अत: एक तुलनित्र विमा की वास्तविक माप नहीं बताता है। अत: विमा का वास्तविक मान ज्ञात करने के लिए प्राप्त अन्तर को स्लिप गेज ब्लॉक की माप के साथ समायोजित किया जाता है।



चित्र 4.1 तुलनित्र का प्रयोग (Operation of Comparator)

तुलनित्र स्टैण्ड Comparator Stand तुलनित्र को पकड़कर जाँच कार्य मे प्रयोग करने के लिए एक मजबूत तथा दृढ़ आधार की आवश्यकता होती है। इसके ब्रैकेट में तुलनित्र को बाँध दिया जाता है। तत्पश्चात् मापन सतह (measuring table) पर स्लिप गेज रखकर ऊर्ध्वाधर कॉलम पर तुलनित्र की ऊँचाई समायोजित कर ली जाती है। तुलनित्र की ऊँचाई का सूक्ष्म समायोजन फाइन एडजस्टमेंट स्क्रू की सहायता से कर लिया जाता है।

नट व ब्रैकेट के मध्य स्थित थ्रस्ट बियरिंग ब्रैकेट के ऊपर-नीचे विस्थापन के समय घर्षण में कमी करती है। लीवर की सहायता से मापन प्लंजर को उठाया जाता है जिससे कि उसके नीचे कार्यखण्ड या आवश्यकता पड़ने पर स्लिप गेज ब्लॉक लगाया जा सके। आजकल आने वाले तुलनित्र स्टैण्ड की मापन सतह पर खाँचे कटे रहते हैं जो कार्यखण्ड या स्लिप गेज को उससे चिपकने से बचाता है। इसके अतिरिक्त ग्रेनाइट (granite) की मापन सतह वाले तुलनित्र स्टैण्ड भी प्रयोग किए जाने लगे हैं।



चित्र 4.2 तुलनित्र स्टैण्ड (Comparator Stand)

Scanned by CamScanner

प्रश्न 5. तुलनित्र, सीमा गेज तथा मापन-यन्त्र में अन्तर स्पष्ट कीजिए।
अथवा **स्वच्छ चित्र की सहायता से कम्परेटर, लिमिट गेज एवं मापन उपकरणों के अंतर को समझाइए।** (2018)

उत्तर

तुलनित्र, सीमा गेज तथा मापन-यंत्र में अन्तर

क्र० सं० (S. No.)	तुलनित्र (Comparator)	सीमा गेज (Limit Gauge)	मापन-यन्त्र (Measuring Instrument)
1.	इनके द्वारा नापी जाने वाली विमा की तुलना किसी निर्धारित मानक से की जाती है।	इनके द्वारा यह ज्ञात होता है कि कोई साइज अपनी उच्च और निम्न सीमा में है या नहीं।	इनके द्वारा साइज की सही माप ज्ञात कर ली जाती है।
2.	अवयव की माप का वास्तविक साइज ज्ञात किया जा सकता है, परन्तु इसके लिए गणना करनी पड़ती है।	अवयव की माप का वास्तविक साइज नहीं ज्ञात हो पाता है।	ये वास्तविक साइज ही बताते हैं।
3.	मापन प्रक्रिया में बहुत कम समय लगता है।	मापन प्रक्रिया में कम समय लगता है।	मापन प्रक्रिया में अधिक समय लगता है।
4.	वृहद् उत्पादन (mass production) में बहुत उपयोगी होते हैं।	वृहद् उत्पादन में इनके द्वारा शीघ्रता से मापन किया जाता है।	वृहद् उत्पादन के लिए उपयोगी नहीं हैं।
5.	मशीन पर अवयव का साइज सेट करने में उपयोगी होते हैं।	मशीन सेट करने में उपयोग नहीं होते हैं।	मशीन सेट करते समय अत्यंत उपयोगी होते हैं।
6.	रीडिंग को उपयुक्त विधि द्वारा आवर्धित किया जा सकता है।	आवर्धन संभव नहीं।	आवर्धन संभव नहीं।
7.	इनके द्वारा अवयवों की ज्यामितीय त्रुटि ज्ञात की जा सकती है।	ज्यामितीय त्रुटि ज्ञात करना संभव नहीं।	ज्यामितीय त्रुटि ज्ञात नहीं की जा सकती है।
8.	इनके द्वारा किसी अवयव की विभिन्न मापों की जाँच संभव है।	इनके द्वारा उन्हीं माप की जाँच संभव है जिनके लिए ये बनाए गए हैं।	इनके द्वारा विभिन्न प्रकार के मापन प्रक्रियाएँ की जा सकती हैं।
9.	इनके द्वारा सीमा गेज तथा मापन यन्त्रों का कैलिब्रेशन किया जाता है।	इनके द्वारा कैलिब्रेशन कार्य संभव नहीं।	इनके द्वारा कैलिब्रेशन नहीं किया जा सकता है।
10.	विशेष प्रोफाइल की जाँच संभव है।	जिन प्रोफाइल के लिए ये बनाए गए, हैं उन्हीं के मापन में प्रयुक्त किए जा सकते हैं, अन्य के लिए नहीं।	इनके द्वारा विशेष प्रोफाइल की जाँच संभव नहीं।
11.	मापन की शुद्धता व्यक्ति की कार्य-कुशलता पर निर्भर नहीं।	मापन की शुद्धता कारीगर की कार्य-कुशलता पर आंशिक रूप से निर्भर।	मापन की शुद्धता पूरी तरह से कारीगर की कार्य-कुशलता पर निर्भर।
12.	अधिक यथार्थ मापन संभव।	यथार्थता सीमा गेज की युथार्थता पर निर्भर।	यथार्थता निश्चित सीमा तक ही संभव।
13.	अधिक समय तक उपयोग के बाद भी शून्य त्रुटि की संभावना नहीं।	अधिक समय तक प्रयोग के बाद घिसकर बेकार हो जाते हैं।	अधिक समय तक प्रयोग के बाद शून्य त्रुटि ज्ञात होना आवश्यक होता है।
14.	ये मूहँगे होते हैं।	ये अपेक्षाकृत कम महँगे होते हैं।	ये अपेक्षाकृत सस्ते होते हैं।

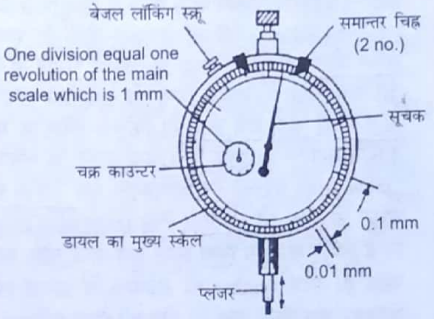
प्रश्न 6. विभिन्न प्रकार के तुलनित्रों के नाम दीजिए। (2011, 12)
अथवा **तुलनित्र का वर्गीकरण दीजिए।**
अथवा **तुलनित्रों का वर्गीकरण कीजिए।** (2016)

उत्तर प्रयोग के आधार पर, मापन शीर्ष के आधार पर, संवेदिता के आधार पर, आवर्धन के आधार पर तथा कार्य-प्रणाली के सिद्धान्त के आधार पर तुलनित्रों को अग्र रूप में वर्गीकृत किया जाता है—

1. यांत्रिक तुलनित्र (Mechanical comparator),
2. प्रकाशीय तुलनित्र (Optical comparator),
3. विद्युत-इलेक्ट्रॉनिक तुलनित्र (Electrical-electronic comparator),
4. द्रव विस्थापन तुलनित्र (Fluid displacement comparator) तथा
5. वायवीय तुलनित्र (Pneumatic comparator)।

प्रश्न 7. यांत्रिक तुलनित्र क्या है? किसी एक यांत्रिक तुलनित्र का वर्णन कीजिए।

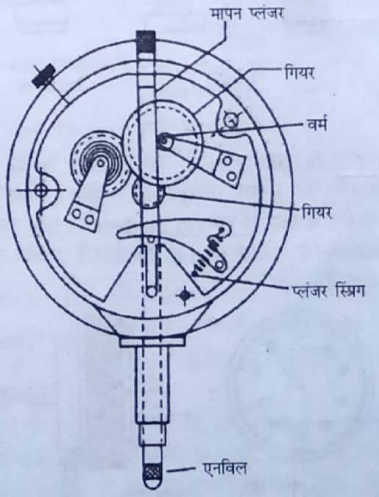
उत्तर जिस तुलनित्र में यांत्रिकी सिद्धान्त प्रयोग कर प्लंजर के सूक्ष्म विस्थापन को आवर्धित कर विक्षेप प्राप्त किया जाता है, वह तुलनित्र यांत्रिक तुलनित्र कहलाता है। 'डायल गेज तुलनित्र' सर्वाधिक प्रयोग में आने वाला यांत्रिक तुलनित्र है।



चित्र 4.3 डायल गेज (Dial gauge)

डायल गेज Dial Gauge डायल गेज इस सिद्धान्त पर कार्य करते हैं कि सम्पर्क बिन्दु पर प्राप्त सूक्ष्म विस्थापन प्लंजर के माध्यम से सम्बद्ध संयुक्त गियर यंत्रावली (compound gear mechanism) द्वारा इस प्रकार आवर्धित किया जाता है कि डायल के फेस पर सूचक विस्थापित हो जाता है। डायल गेज बड़ी ही शीघ्रता से परिणाम देते हैं। इन्हें बड़ी ही सुगमतापूर्वक तुलनित्र स्टैण्ड पर लगाया जा सकता है।

सामान्यत: डायल गेज का अल्पतमांक 0.01 mm होता है, अर्थात् मुख्य स्केल पर सूचक का एक भाग के बराबर विस्थापन सम्पर्क बिन्दु का उतना ही विस्थापन दर्शाता है। डायल गेज फेस 100 बराबर भागों में बँटा होता है। सम्पर्क बिन्दु का 1 mm विस्थापन होने पर, सूचक एक चक्र पूर्ण कर लेता है। इसके अतिरिक्त चक्करों की संख्या गिनने के लिए इस पर 'चक्र काउन्टर' (revolution counter) लगा होता है। बहुत अधिक सूक्ष्म मापन कार्य करने के लिए आजकल 0.001 mm (one micron) यथार्थता वाले डायल गेज भी उपलब्ध हैं। डायल गेज के भीतर की यंत्रावली चित्र 4.4 में प्रदर्शित की गयी है।



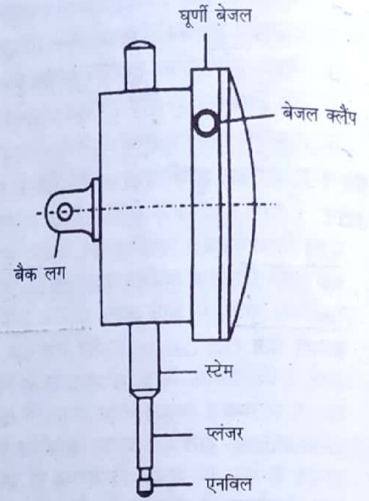
चित्र 4.4 संयुक्त गियर यंत्रावली (Compound gear mechanism)

Scanned by CamScanner

डायल गेज के विभिन्न भाग Various Parts of Dial Gauge एक डायल गेज को चित्र 4.5 मे दर्शाया गया है। सभी प्रकार के डायल गेज में एक घूर्णी बेजल (rotable bezel) लगा होता है जिसकी सहायता से सूचक (pointer) की किसी भी स्थिति में शून्य सेट किया जा सकता है। बेजल घुमाने के बाद उसे बेजेल क्लैंप से कस दिया जाता है जिससे बेजल अपनी जगह स्थिर हो जाता है।

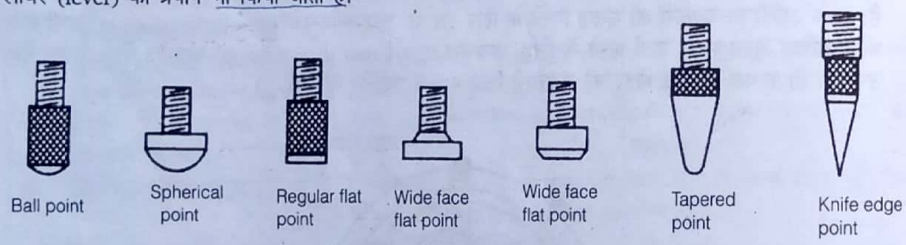
विभिन्न प्रकार का मापन कार्य करने के लिए भिन्न-भिन्न सम्पर्क बिन्दु (control points) की आवश्यकता होती है। सम्पर्क बिन्दु कठोर स्टील के बनाए जाते हैं तथा खुरचने से बचाने के लिए इन्हें पॉलिश कर दिया जाता है। सम्पर्क बिन्दु को डायल पर लगाने के लिए इन पर M 2.5 की चूड़ी बनी होती है। विभिन्न प्रकार के सम्पर्क बिन्दु चित्र 4.6 में प्रदर्शित हैं। इनके द्वारा कार्य खण्ड पर लगने वाले मापन बल (measuring force) का अधिकतम मान 1.8 N होता है।

बेजल के ऊपर दो सीमान्तर चिह्न (tolerance marks) बने होते हैं जिन्हें किसी मापन में निम्न सीमा तथा उच्च सीमा पर स्थिर कर लिया जाता है। स्टेम (stem) की सहायता से डायल को बुश के भीतर डालकर कस लिया जाता है। स्टेम का व्यास 8.0 mm रखा जाता है।



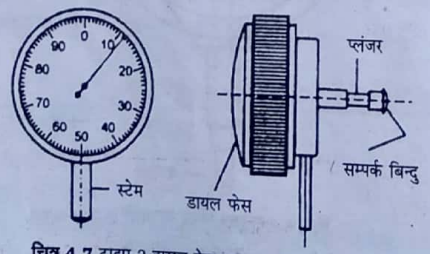
चित्र 4.5 टाइप-1 डायल गेज (Type-1 dial gauge)

डायल गेज का डिजाइन इस प्रकार किया जाता है कि वह झटकों (shocks) को सह सके। इसके लिए प्लंजर पर विशेष प्रकार के अटैचमेंट लगाए जाते हैं। कभी-कभी कोनों या ऐसी विमा का मापन, जहाँ डायल पहुँचाना मुश्किल हो, के लिए लीवर (lever) का प्रयोग भी किया जाता है।



चित्र 4.6 सम्पर्क बिन्दु (Contact Points)

भारतीय मानक (IS : 2092-1962) के अनुसार डायल गेज दो प्रकार के होते हैं—टाइप-1 तथा टाइप-2, जिसमें से टाइप-1 का प्लंजर विस्थापन डायल के फेस के समान्तर (parallel) होता है, जैसा कि चित्र 4.5 में दर्शाया गया है। टाइप-2 डायल गेज का प्लंजर विस्थापन डायल के फेस के लम्बवत् (perpendicular) होता है, जैसा चित्र 4.7 में दिखाया गया है। टाइप-1 डायल गेज का प्लंजर विस्थापन 3, 5 तथा 10 mm तक होता है, जबकि टाइप-2 डायल गेज का प्लंजर विस्थापन 1, 2, 3, 5 तथा 10 mm तक होता है।



चित्र 4.7 टाइप-2 डायल गेज (Type-2 Dial Gauge)

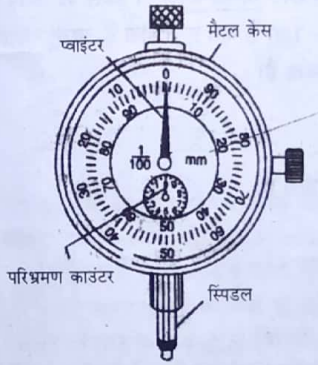
प्रश्न 8. यान्त्रिक मापनों में प्रयोग होने वाले कम्परेटर से आप क्या समझते हैं? डायल इंडिकेटर की कार्य प्रणाली को स्वच्छ चित्र की सहायता से समझाइए। (2016, 18)

अथवा **डायल-इंडिकेटर की कार्यविधि का वर्णन कीजिए।** (2016)

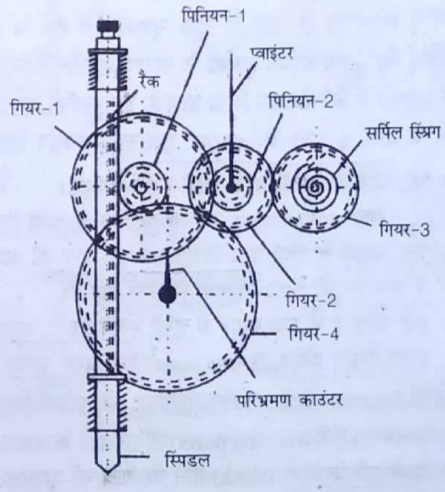
उत्तर **यान्त्रिक कम्परेटर/यान्त्रिक तुलनित्र** यान्त्रिक कम्परेटर के लिए प्रश्न संख्या 7 देखें।

डायल इंडिकेटर/डायल सूचक डायल-सूचक का उपयोग मशीनित सतहों की यथार्थता (accuracy) की जाँच करने के लिए किया जाता है; जैसे—चौरस सतहों के चपटेपन (flatness) की जाँच करना, वृत्ताकार सतहों की गोलीयता (circularity) की जाँच करना आदि।

रचना Construction चित्र 4.8 (a) के अनुसार, डायल-सूचक में एक **मैटल केस** (metal case) होता है जिसमें अंशांकित डायल सूचक की चालन यन्त्रावली (drive mechanism) लगी होती है। चालन यन्त्रावली से, रैक तथा पिनियन व्यवस्था द्वारा सम्बन्धित एक **रैक-स्पिंडल** (rack spindle) होता है जिसका एक सिरा मैटल केस से बाहर निकला रहता है। रैक स्पिंडल प्रत्येक दशा में एक स्प्रिंग द्वारा नियन्त्रित होता है। क्रिया के अन्तर्गत रैक स्पिंडल जब ऊर्ध्वाधर ऊपर उठता है तो डायल पर लगा प्वाइंटर (pointer) घूमता है। डायल की परिधि पर बराबर मान के 100 विभाजन होते हैं। प्रत्येक विभाजक स्पिंडल-चाल का 1/100 मिमी भाग दर्शाता है। इस प्रकार स्पिंडल जब 1 मिमी ऊर्ध्वाधर चलता है तो प्वाइंटर-डायल का एक पूर्ण चक्र लगा लेता है। डायल पर एक अन्य छोटा प्वाइंटर भी होता है, जो बड़े प्वाइंटर के चक्करों की संख्या बताता है। इसे परिभ्रमण काउन्टर (revolution counter) कहते हैं।



चित्र 4.8 (a) डायल-सूचक



चित्र 4.8 (b) डायल-सूचक की क्रियाविधि

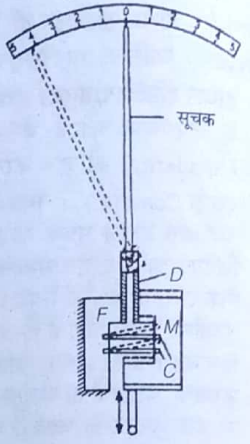
क्रियाविधि Working principle डायल-सूचक की क्रियाविधि चित्र 4.8 (b) में प्रदर्शित की गयी है। इसके अनुसार, स्पिंडल पर कटी हुई रैक पिनियन (pinion)-1 के साथ मिली रहती है और स्पिंडल की ऊर्ध्वाधर चाल से अपने अक्ष पर घूमती है। पिनियन एक ही शाफ्ट पर लगे गियर-1 को घुमाती है। यह गियर पिनियन-2 से मिला होता है जो अपने अक्ष पर लगे प्वाइंटर को घुमाता है।

प्वाइंटर तथा गियर-2 एक ही शाफ्ट पर घूमते हैं। यह गियर एक अन्य गियर-3 से मिला रहता है जो सर्पिल स्प्रिंग (spiral spring) की क्रिया से नियन्त्रित होता है। इस स्प्रिंग का मुख्य कार्य स्पिंडल को मापने वाली सतह पर बलपूर्वक टिकाए रखना है जिससे सतह की जाँच करते समय स्पिंडल सम्पर्क बिन्दु पर टिका रह सके। स्प्रिंग द्वारा लगाया गया यह बल 0.1 से 0.25 किग्रा तक होता है। परिभ्रमण काउन्टर, जो स्पिंडल-चाल को मिलीमीटर के पूर्ण अंकों में दर्शाता है, गियर-4 के साथ घूमता है। यह गियर पिनियन-1 में मिला रहता है और उससे गति प्राप्त करता है।

Scanned by CamScanner

प्रश्न 9. एक स्वच्छ चित्र बनाकर रीड प्रकार के यांत्रिक तुलनित्र की कार्य-प्रणाली का वर्णन कीजिए। (2012)

उत्तर रीड टाइप यांत्रिक तुलनित्र का मापन शीर्ष (measuring head) उच्च गुणवत्ता का बेहद सुग्राही डायल होता है जो किसी मजबूत स्तम्भ (column) पर टिका होता है। यह स्पिंडल के बहुत कम विस्थापन को आवर्धित करने वाली घर्षणहीन युक्ति होती है। इसमें एक स्थिर ब्लॉक (fixed block) 'F' होता है जो मापन शीर्ष के आवरण के साथ बद्ध रहता है। एक दूसरा चल ब्लॉक (moving block) 'M' होता है जिस पर स्पिंडल लगा होता है। यह दोनों ही ब्लॉक क्षैतिज रीड 'C' (horizontal reeds 'C') के द्वारा एक-दूसरे से निरुद्ध रहते हैं। दोनों ब्लॉक के ऊपर ऊर्ध्वाधर रीड 'D' (vertical reeds 'D') लगी होती है जो ऊपर से आपस में जुड़ी रहती हैं। इस जोड़ से ऊपर की ओर सूचक (pointer) लगा रहता है।



चित्र 4.9 रीड टाइप यांत्रिक तुलनित्र

स्पिंडल का ऊर्ध्व विस्थापन चल ब्लॉक को ऊपर की ओर विस्थापित करता है जिसके कारण चल ब्लॉक के ऊपर लगी हुई रीड स्थिर ब्लॉक के ऊपर लगी हुई रीड से आगे बढ़ने की चेष्टा करती है। चूँकि दोनों ही रीड ऊपर एक-दूसरे से जुड़ी होती हैं, इसलिए एक रीड दूसरी रीड के ऊपर फिसलने के विरुद्ध दोनों एक साथ वृत्ताकार चाप में विस्थापित हो जाती हैं। चूँकि सूचक दोनों रीड के शीर्ष से जुड़ा रहता है, इसलिए वह अपनी अधिक लम्बाई के कारण आवर्धित होकर बड़े चाप में विस्थापन प्रदर्शित करता है। स्केल को स्लिप गेज की सहायता से कैलिब्रेट कर लिया जाता है। इस तुलनित्र का यांत्रिक आवर्धन × 100 से कम प्राप्त होता है, परन्तु प्रकाशीय लेंस के द्वारा × 500 से × 1000 गुना तक आवर्धन प्राप्त किया जा सकता है।

प्रश्न 10. यांत्रिक तुलनित्र के लाभ-हानि बताइए।

उत्तर **लाभ** Advantages यांत्रिक तुलनित्र के लाभ निम्नलिखित हैं—

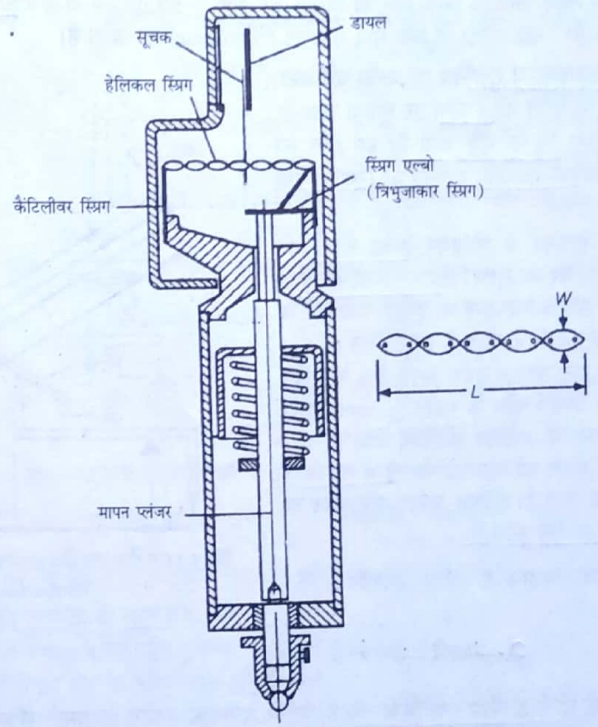
1. इन्हें चलाने के लिए बाह्य विद्युत ऊर्जा या वायु की आवश्यकता नहीं होती है।
2. ये आवर्धन की अन्य युक्तियों से सस्ते होते हैं।
3. इन्हें आसानी से एक स्थान से दूसरे स्थान पर ले जाया जा सकता है—
4. इनका रेखीय स्केल (linear scale) इन्हें सुगम बनाता है।

हानियाँ Disadvantages यांत्रिक तुलनित्र की हानियाँ निम्नलिखित हैं

1. चलायमान पुर्जे (moving parts) अधिक होने के कारण घर्षण की अधिकता इनकी यथार्थता को प्रभावित करती है।
2. किसी पुर्जे के ढीले (slack) होने पर यन्त्र की गुणवत्ता प्रभावित करती है।
3. जड़त्व अधिक होने के कारण यह यन्त्र कम्पनों के प्रति अधिक संवेदनशील होते हैं।
4. इन यन्त्रों का परास सीमित होता है।
5. लम्बन त्रुटि की संभावना बनी रहती है।

प्रश्न 11. एक स्वच्छ चित्र की सहायता से माइक्रोकेटर की कार्य-प्रणाली का वर्णन कीजिए।

उत्तर यह तुलनित्र सी०एफ० जोहनसन लि० द्वारा बनाया गया है, इसलिए इसका यह नाम पड़ा। चित्र 4.10 में यह तुलनित्र दर्शाया गया है। इस तुलनित्र में एक ऐंठी हुई पत्ती (twisted strip) के द्वारा आवर्धन (magnification) प्राप्त करने का सिद्धान्त प्रयोग किया जाता है, इसलिए इसे twisted strip comparator भी कहते हैं। प्लंजर पर प्राप्त रेखीय विस्थापन को ऐंठी हुई पत्ती की सहायता से सूचक पर घूर्णन विस्थापन प्राप्त किया जाता है।



चित्र 4.10 जोहनसन माइक्रोकेटर तुलनित्र

ऐंठी हुई पत्ती के केन्द्र पर एक काँच का बारीक हल्का (thin light glass) सूचक लगा होता है। पत्ती का एक सिरा समायोज्य कैंटिलीवर (adjustable lever) पर लगा होता है, जबकि पत्ती का दूसरा सिरा स्प्रिंग एल्बो (spring elbow) पर बँधा होता है जिसकी नीचे वाली भुजा से प्लंजर लगा रहता है।

इस प्रकार मापन प्लंजर के ऊपर या नीचे विस्थापित होने पर त्रिभुजाकार स्प्रिंग एक बेल क्रैंक लीवर (bell crank lever) की तरह कार्य करती है जिसकी सहायता से पत्ती की लम्बाई परिवर्तित होती है। पत्ती की लम्बाई में होने वाला परिवर्तन उसकी ऐंठन (twist) को और ऐंठता है या फिर खोलता है। इस यन्त्र का आवर्धन सूचक के कोणीय विस्थापन तथा पत्ती की लम्बाई में हुए परिवर्तन के अनुपात के बराबर होता है, अर्थात् $\frac{d\theta}{dL}$, अत: जोहनसन माइक्रोकेटर तुलनित्र का

आवर्धन,

$$\frac{d\theta}{dL} \propto \frac{L}{w^2 n}$$

जहाँ, $d\theta$ = सिरे के सापेक्ष पत्ती के मध्य बिन्दु की ऐंठन,

dL = पत्ती की लम्बाई में परिवर्तन, L = पत्ती की उदासीन अक्ष पर लम्बाई,

w = पत्ती की चौड़ाई तथा n = पत्ती के ऐंठनों की संख्या

इसलिए यन्त्र का आवर्धन बढ़ाने के लिए पत्ती की चौड़ाई कम रखी जाती है। इसके अतिरिक्त पत्ती के मध्य बिन्दु पर प्रतिबलों के कम रखने के लिए पत्ती की छिद्रयुक्त (perforated) बनाया जाता है। शून्य सेटिंग को ठीक करने के लिए तुलनित्र के स्केल को कुछ घुमाया जा सकता है। एक झिर्रीदार वाशर (slit washer) प्लंजर को नीचे की ओर से सपोर्ट

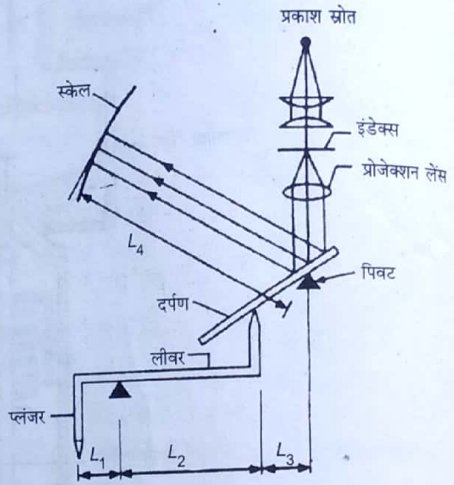
Scanned by CamScanner

देने के लिए प्रयोग किया जाता है। इससे यन्त्र का घिसाव कम होता है। इस तुलनित्र के द्वारा 5000 गुना आवर्धन प्राप्त किया जा सकता है। इसके स्केल के एक भाग का मान 0.0002 mm तक होता है।

प्रश्न 12. यांत्रिक-प्रकाशीय तुलनित्र का वर्णन कीजिए।

उत्तर जब किसी दर्पण को θ कोण पर घुमाया जाता है, तब परावर्तित किरण 2θ पर घूम जाती है। इस तथ्य का प्रयोग करते हुए यांत्रिक-प्रकाशीय तुलनित्र का निर्माण किया गया है।

यांत्रिक-प्रकाशीय तुलनित्र में सर्वप्रथम पिवट लीवर की सहायता से मापन प्लंजर का सूक्ष्म विस्थापन आवर्धित किया जाता है। आवर्धित यांत्रिक विस्थापन को प्रकाशीय प्रणाली के द्वारा पुन: आवर्धित कर लिया जाता है (देखें चित्र 4.11)। यांत्रिक प्रणाली के द्वारा समतल दर्पण अपने अक्ष के सापेक्ष तिरछा हो जाता है। चिकने काँच के स्क्रीन (ground glass screen) परा इंडेक्स का प्रक्षेपित प्रतिबिम्ब प्राप्त हो जाता है। स्क्रीन पर बने स्केल की सहायता से प्लंजर का ऊर्ध्व विस्थापन पढ़ लिया जाता है। यांत्रिक-प्रकाशीय तुलनित्र का आवर्धन दो चरणों में पूर्ण होता है।



चित्र 4.11 यांत्रिक-प्रकाशीय तुलनित्र (Mehanical-Optical Comparator)

1. लीवर सिद्धान्त से यांत्रिक आवर्धन $= \frac{L_2}{L_1}$

2. प्रकाशीय आवर्धन $= \frac{L_4}{L_3} \times 2$

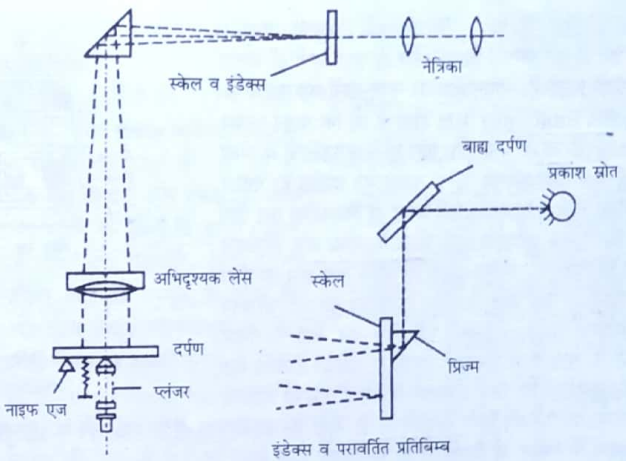
प्रकाशीय आवर्धन को दो से इसलिए गुणा किया गया है; क्योंकि दर्पण को θ कोण पर घुमाने पर परावर्तित किरण 2θ पर घूम जाती है।

अत: तुलनित्र का समग्र आवर्धन $= 2 \times \left(\frac{L_2}{L_1}\right) \times \left(\frac{L_4}{L_3}\right)$

उपरोक्त से स्पष्ट है कि प्रकाशीय तुलनित्र उच्च यथार्थता प्रकट करते हैं। इसके अतिरिक्त चल पुर्जे (moving parts) कम होने के कारण उच्च आवर्धन के साथ परिशुद्ध माप भी प्रदान करते हैं, परन्तु यह ध्यान रखा जाना चाहिए कि दर्पण front reflecting type होना चाहिए, अन्यथा back reflecting type दर्पण होने की दशा में द्वि-परावर्तन होगा जिसके कारण तीक्ष्ण प्रतिबिम्ब नहीं दिखायी पड़ेगा।

प्रश्न 13. जीस ऑप्टोटेस्ट तुलनित्र की क्रिया विधि समझाइए।

उत्तर इस तुलनित्र में एक प्लंजर, तिरछा दर्पण (tilted mirror), अभिदृश्यक लेंस (objective lens), प्रिज्म तथा एक नेत्रिका (eye piece) होती है जिनकी सहायता से उच्च आवर्धन प्राप्त किया जाता है। चित्र 4.12 में दर्शाया गया है कि दर्पण को एक नाइफ एज (knife edge) पर टिका रहता है जो प्लंजर के उर्ध्व विस्थापन के कारण तिरछा हो जाता है। एक स्प्रिंग द्वारा दर्पण को पूर्व अवस्था में लाया जाता है। दर्पण के ऊपर अभिदृश्यक लेंस तथा प्रिज्म् लगे रहते हैं। प्रिज्म पूर्ण आंतरिक परावर्तन के सिद्धान्त पर कार्य करता है। नेत्रिका के फोकल तल (focal plane) पर एक इंडेक्स स्केल लगा रहता है। लेंसों की व्यवस्था इस प्रकार रहती है कि दर्पण से परावर्तन के पश्चात् प्रतिबिम्ब फोकल तल में ही बने। जब दर्पण क्षैतिज अवस्था में रहता है, तब प्रतिबिम्ब पैमाने की संदर्भ रेखा पर बनता है। प्लंजर के ऊर्ध्व विस्थापन से दर्पण एक ओर झुक जाएगा तथा प्रतिबिम्ब संदर्भ रेखा से हटकर बनेगा। पैमाने पर संदर्भ रेखा से प्रतिबिम्ब की प्लंजर का विस्थापन दर्शाती है। इस तुलनित्र का आवर्धन अग्र सूत्र से दिया जाता है—



चित्र 4.12 जीस ऑप्टोटेस्ट तुलनित्र (Zeiss Optotest Comparator)

तुलनित्र का आवर्धन $= \frac{2f}{d} \times$ नेत्रिका का आवर्धन

जहाँ 'f' लेंस की फोकस दूरी तथा 'd' नाइफ एज तथा प्लंजर के मध्य की दूरी है।

प्रश्न 14. प्रकाशीय तुलनित्र के लाभ तथा हानि बताइए।

उत्तर **लाभ** Advantages प्रकाशीय तुलनित्र के लाभ निम्नलिखित हैं—

1. चल पुर्जों की संख्या होने के कारण उच्च यथार्थता।
2. इनमें लम्बन त्रुटि की संभावना नहीं होती है।
3. इनके प्रकाशीय लीवर भारहीन होते हैं।
4. उच्च आवर्धन के कारण परिशुद्ध मापन में अत्यंत उपयोगी होते हैं।
5. चूँकि स्केल प्रकाश से प्रतिदीप्त (illuminated) रहता है, इसलिए प्रेक्षण लेने के लिए कमरे के प्रकाश पर निर्भरता नहीं रहती है।

हानियाँ Disadvantages प्रकाशीय तुलनित्र की हानियाँ निम्नलिखित हैं—

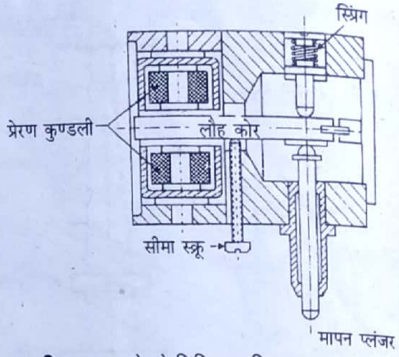
1. इस यन्त्र की आवर्धन क्षमता अधिक होती है, इसलिए बल्ब की ऊष्मा, ट्रांसफॉर्मर की ऊष्मा या अन्य कारण सेटिंग को विचलित कर सकते हैं।
2. झटके इत्यादि के कारण यन्त्र अपनी यथार्थता खो सकता है।
3. विद्युत ऊर्जा की आवश्यकता होती है।
4. यह तुलनित्र बड़ा तथा महँगा होता है।
5. यदि प्रकाश प्रक्षेपण किसी स्क्रीन पर किया जा रहा है, तब कमरे में अँधेरा रखना पड़ता है।
6. लगातार नेत्रिका के द्वारा प्रतिबिम्ब देखना कष्टदायी होता है।

प्रश्न 15. इलेक्ट्रो-लिमिट तुलनित्र के सिद्धान्त का उल्लेख कीजिए।

उत्तर इलेक्ट्रो-लिमिट तुलनित्र 'ह्वीटस्टोन ब्रिज' सिद्धान्त पर कार्य करता है। इस तुलनित्र में एक विद्युत मापन शीर्ष, मापन प्लंजर, ए०सी० विद्युत ऊर्जा स्रोत, माइक्रोमीटर तथा चार प्रेरण कुण्डलियाँ लगी होती हैं। इन कुण्डलियों से ही ए०सी० ह्वीटस्टोन ब्रिज का निर्माण होता है।

Scanned by CamScanner

इलेक्ट्रो-लिमिट तुलनित्र के क्रिया सिद्धान्त के अनुसार ए०सी० ह्वीटस्टोन ब्रिज की दो कुण्डलियाँ विद्युत स्रोत से तथा अन्य दो विद्युत मापन शीर्ष से जुड़ी रहती हैं। मापन शीर्ष से जुड़ी दोनों कुण्डलियों के मध्य एक लौह कोर (iron core) स्थित होता है जो कि मापन प्लंजर पर टिका (resting) रहता है। जब लौह कोर दोनों कुण्डलियों के मध्य में स्थिर रहता है, तब ब्रिज परिपथ 'शून्य' आउटपुट दर्शाता है। प्लंजर का ऊर्ध्व विस्थापन लौह कोर को अपनी जगह से विस्थापित कर देता है। इस कारण किसी एक कुण्डली तथा क्रोड के मध्य वायु अन्तराल (air gap) कम हो जाता है, जबकि दूसरी कुण्डली तथा कोर के मध्य वायु अन्तराल उतना ही बढ़ जाता है। वायु अन्तराल का यह परिवर्तन कुण्डली का प्रेरकत्व (inductance) परिवर्तित कर देता है। जिस कुण्डली का कोर के साथ वायु अन्तराल बढ़ता है, उसका प्रेरकत्व घट जाता है तथा जिस कुण्डली का वायु अन्तराल घटता है, उसका प्रेरकत्व बढ़ जाता है जिसके फलस्वरूप ब्रिज असंतुलित हो जाता है। माइक्रोमीटर में से असंतुलन के समानुपाती धारा का प्रवाह होने लगता है जो वास्तव मे प्लंजर के विस्थापन के समानुपाती होता है।



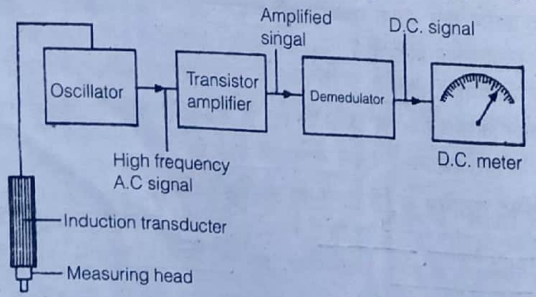
चित्र 4.13 इलेक्ट्रो-लिमिट तुलनित्र (Electro-limit Comparator)

इस तुलनित्र की सुग्राहिता पूरी तरह से कुण्डली तथा लौह कोर मध्य वायु अन्तराल पर निर्भर करती है। तुलनित्र के स्केल का मान 0.001 mm है। यह तुलनित्र विद्युत आवर्धन को 1,000 से 20,000 के मध्य परिवर्तित कर सकता है। आवर्धन का अलग-अलग परास अलग-अलग स्विच द्वारा प्राप्त किया जाता है।

प्रश्न 16. इलेक्ट्रॉनिक्स तुलनित्र के मुख्य अंग बाताते हुए उसकी कार्य-विधि समझाइए।

उत्तर इलेक्ट्रॉनिक्स तुलनित्र के द्वारा अत्यंत सूक्ष्म मापन प्रक्रिया पूर्ण यथार्थता के साथ सम्पन्न की जा सकती है। इसमें एक मापन शीर्ष, प्रेरक ट्रांसड्यूसर (inductive transducer), ऑसिलेटर (oscillator), एम्प्लीफायर (amplifier), डिमॉडुलेटर (demodulator) तथा डी०सी० सूचक युक्ति (D.C. indicating device) का प्रयोग किया जाता है। विभिन्न प्रक्रियाओं को क्रमबद्ध तरीके से चित्र 4.14 में दर्शाया गया है। मापन संवेदना को ग्रहण करने वाले स्टाइलस को प्रोब (probe) कहते हैं। प्रोब वास्तव में एक प्रेरक ट्रांसड्यूसर होता है जो सिरे (tip) पर प्राप्त विस्थापन को डी०सी० सिगनल में परिवर्तित कर देता है। डी०सी० सिगनल एक उच्च आवृत्ति के ए०सी० ऑसिलेटर में भेजा जाता है, जहाँ दोनों सिगनल का अध्यारोपण (superimposition) हो जाता है।

अध्यारोपित सिगनल समान आवृत्ति का ए०सी० सिगनल ही होता है जिसका मान डी०सी० सिगनल के अनुसार घटता-बढ़ता रहता है। अध्यारोपित सिगनल एक ट्रांजिस्टर एम्प्लीफायर में भेजा जाता है, जहाँ सिगनल की क्षमता में वृद्धि होती है। यह एम्प्लीफाइड सिगनल डिमॉडुलेटर में भेजा जाता है, जहाँ ए०सी० सिगनल को फिल्टर कर हटा दिया जाता है तथा हमें एम्प्लीफाइड डी०सी० सिगनल प्राप्त होता है। डी०सी० सिगनल अब किसी डी०सी० सूचक युक्ति को चलाने के लिए सक्षम है। अत: मापन शीर्ष पर प्राप्त विस्थापन सूचक युक्ति पर प्रदर्शित होता है।

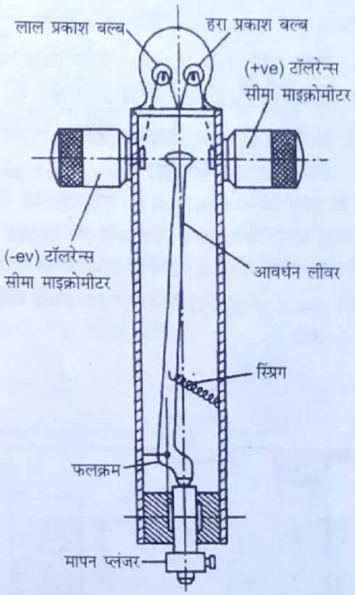


चित्र 4.14 इलेक्ट्रॉनिक्स तुलनित्र (Electronics Comparator)

प्रश्न 17. इलेक्ट्रो-मैकेनिकल टाइप कम्परेटर से क्या तात्पर्य है? इसके संरचनात्मक लक्षणों को स्वच्छ चित्र की सहायता से समझाइए।

अथवा **इलेक्ट्रो-मैकेनिकल तुलनित्र को चित्र बनाकर समझाइए।**

उत्तर इस कम्परेटर में मापन प्लंजर यान्त्रिक विधि से सम्पर्की (contacts) को उठाता-गिराता है और इन दो विद्युत परिपथों में से एक जुड़ जाता है और दूसरा टूट जाता है। इस तुलनित्र में मापन प्लंजर का ऊर्ध्व विस्थापन (ऊपर अथवा नीचे) आवर्धन लीवर द्वारा आवर्धित होकर किसी एक माइक्रोमीटर एनविल के साथ सम्पर्क में आता है। सम्पर्क होने पर उस ओर वाला विद्युत परिपथ पूर्ण हो जाता है और बल्ब जल उठता है। अत: इस तुलनित्र में विद्युत परिपथ 'बनता और टूटता' (make and break) रहता है। एक ओर लाल तथा दूसरी ओर हरा बल्ब लगा होता है। अत: बल्ब के रंगीन प्रकाश की सहायता से किसी मापन की उच्च सीमा (upper limit) तथा निम्न सीमा (lower limit) ज्ञात हो जाती है। माइक्रोमीटर की सहायता से यथार्थ मान भी ज्ञात किया जा सकता है।



चित्र 4.15 इलेक्ट्रो-मैकेनिकल तुलनित्र (Electro-Mechanical Comparator)

बैटरी का (–ve) इलेक्ट्रोड आवर्धन लीवर से जुड़ा रहता है, जबकि बैटरी का (+ve) सिरा लाल तथा हरे बल्ब के साथ दोनों माइक्रोमीटर की एनविल से जुड़ा रहता है। जब प्लंजर तथा आवर्धन लीवर अपनी मध्य स्थिति में रहते हैं, तब दोनों माइक्रोमीटर की नापी जाने वाली माप की सीमाओं के अनुसार पीछे कर व्यवस्थित कर लेते हैं। बाएँ माइक्रोमीटर को धनात्मक टॉलरेंस (+ve tolerance) अर्थात् मापन की उच्च सीमा (upper limit) के लिए तथा दाएँ माइक्रोमीटर को ऋणात्मक टॉलरेंस (–ve tolerance) अर्थात् मापन की निम्न सीमा (lower limit) के लिए सेट कर लिया जाता है। जब आवर्धन लीवर दाएँ एनविल को स्पर्श करता है, तब हरा बल्ब जल उठता है जो मापन के over size होने का सूचक है। इसी प्रकार जब आवर्धन लीवर बाएँ एनविल को स्पर्श करता है, तब लाल बल्ब जल उठता है जो माप के under size होने का सूचक है। अत: यदि माप टॉलरेंस के भीतर है तो कोई भी बल्ब नहीं जलेगा। माइक्रोमीटर का एक भाग प्लंजर का 0.001 mm विस्थापन प्रदर्शित करता है। माइक्रोमीटर का परास ±0.3 mm होता है।

प्रश्न 18. इलेक्ट्रिकल-इलेक्ट्रॉनिक्स तुलनित्र के लाभ व हानि बताइए।

उत्तर **लाभ** Advantages इलेक्ट्रिकल-इलेक्ट्रॉनिक्स तुलनित्र के लाभ निम्नलिखित हैं—

1. इनमें चल पुर्जों (moving parts) की संख्या कम होती है।
2. इनका सूचक छोटा तथा हल्का होता है।
3. इनकी सहायता से अत्यंत उच्च आवर्धन प्राप्त किया जा सकता है।
4. एक ही यन्त्र के कई आवर्धन हो सकते हैं, इसलिए इस यन्त्र का परास कई गुना बढ़ाया जा सकता है।
5. ए०सी० विद्युत स्रोत पर आधारित होने के कारण घर्षण त्रुटियाँ कम हो जाती हैं।
6. मापन-यन्त्र बहुत छोटा बनाया जा सकता है।
7. सूचक युक्ति (indicating device) मापन शीर्ष से दूर भी स्थित की जा सकती है।

Scanned by CamScanner

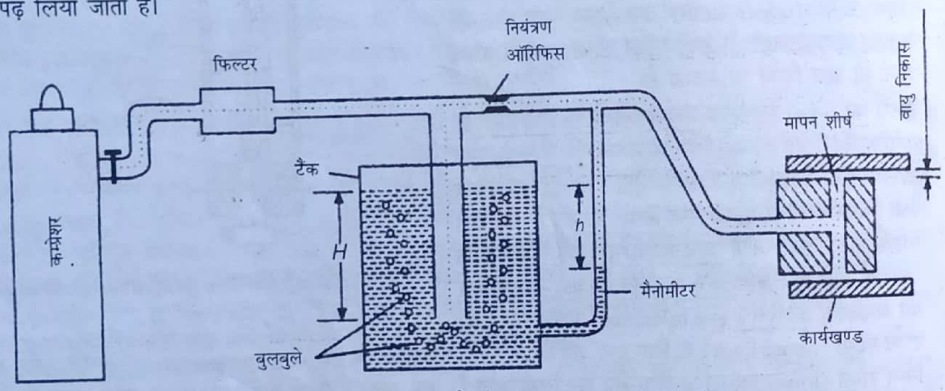
8. सूचक पर कम्पनों का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

हानियाँ Disadvantages इलेक्ट्रिकल-इलेक्ट्रॉनिक्स तुलनित्र की हानियाँ निम्नलिखित हैं—

1. यह तुलनित्र ए०सी० स्रोत पर आधारित होते हैं, इसलिए वोल्टेज या आवृत्ति का परिवर्तन परिणाम को प्रभावित कर सकता है।
2. प्रोब में लगी कुण्डली गर्म होने पर यन्त्र का कैलिब्रेशन प्रभावित कर देती है।
3. यदि स्थिर स्केल (fixed scale) प्रयोग किया जा रहा है तो आवर्धन बढ़ाने पर परास कम हो जाता है।
4. यह यांत्रिक तुलनित्रों की अपेक्षा महँगे होते हैं।

प्रश्न 19. सोलेक्स वायवीय गेज का चित्र बनाकर विवरण दीजिए तथा इसके लाभ और हानियाँ भी बताइए।

उत्तर **सोलेक्स वायवीय गेज** Solex Pneumatic Gauge यह वायवीय मापन-यन्त्र सोलेक्स एयर गेज लिमिटेड कम्पनी के द्वारा निर्मित किया गया है। यह आंतरिक व्यास मापन के लिए उपयुक्त है, परन्तु उचित मापन शीर्ष लगाकर बाहरी व्यास मापन भी संभव है। यह यन्त्र इस सिद्धान्त पर कार्य करता है कि जब संपीडित वायु किसी सतह पर पड़ती है तो सतह तथा मापन शीर्ष जो वास्तव में एक-दूसरे के सम्पर्क में नहीं हैं, उनके मध्य का वायु अन्तराल घटने पर वायु का पश्च दाब (back pressure) बढ़ता है। इस प्रकार पश्च दाब का मान मापी गई विमा है जिसे किसी कैलिब्रेटेड स्केल पर पढ़ लिया जाता है।



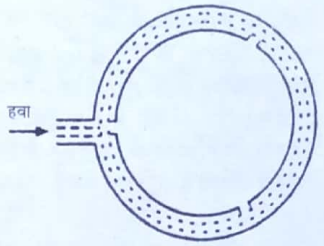
चित्र 4.16 सोलेक्स वायवीय गेज (Solex Pneumatic Gauge)

सोलेक्स वायवीय गेज (या सोलेक्स एयर गेज) में फिल्टर के माध्यम से नियत दाब पर संपीडित वायु भेजी जाती है। एक टैंक में पानी भर लिया जाता है जिसमें एक नली निश्चित गहराई तक डुबो दी जाती है। नली की गहराई उतनी रखी जाती है जितने दाब पर वायु को नियंत्रण ऑरिफिस (control orifice) में प्रवेश करना होता है। चित्र में उसे '*H*' से दर्शाया गया है। चूँकि नली में भेजी जाने वाली वायु का दाब '*H*' से भी अधिक होता है तो अतिरिक्त वायु बुलबुलों (bubbles) के रूप में पानी से बाहर आ जाती है। इस प्रकार नियंत्रण ऑरिफिस में वायु '*H*' के नियत दाब पर प्रवेश करती है।

नियंत्रण ऑरिफिस से '*H*' दाब की वायु नम्य नली (flexible tube) से होती हुई मापन शीर्ष (measuring head) पर पहुँचती है जहाँ वायु मापन ऑरिफिस तथा नापे जा रहे कार्यखण्ड के मध्य से बाहर निकलती है। वायु का पश्च दाब मैनोमीटर ट्यूब पर प्रदर्शित हो जाता है जिसका एक सिरा टैंक की तली से जुड़ा होता है तथा दूसरा सिरा नियंत्रण ऑरिफिस के ठीक पीछे स्थित होता है। मैनोमीटर मापन हेतु कार्यखण्ड के साइज के अनुसार कैलिब्रेटेड रहती है जिससे कार्यखण्ड का आंतरिक व्यास ज्ञात हो जाता है।

मापन शीर्ष को स्थिर रखकर कार्यखण्ड को घुमाने पर कार्यखण्ड की गोलीयता (roundness) ज्ञात हो सकती है। इसी प्रकार कार्यखण्ड को अक्ष के अनुदिश आगे-पीछे बढ़ाने पर छिद्र का टेपर ज्ञात किया जा सकता है। मापन शीर्ष को बदलकर बाहरी

व्यास का मापन भी किया जा सकता है। इस मापन शीर्ष में समान दूरी पर तीन ऑरिफिस बने होते हैं जिन्हें चित्र 4.17 में प्रदर्शित किया गया है। सोलेक्स वायवीय गेज का आवर्धन बढ़ाने के लिए कार्यकारी दाब बढ़ाने की सलाह नहीं दी जाती है। बल्कि मापन शीर्ष व कार्यखण्ड के मध्य वायु अन्तराल घटाने से अधिक आवर्धन प्राप्त किया जा सकता है। संपीडित वायु का दाब 2 से 5 kg/cm^2 के मध्य रखा जाता है।



चित्र 4.17 बाहरी व्यास का मापन शीर्ष (Measuring Head of Outside

लाभ Advantages इसके लाभ निम्नलिखित हैं—

1. मापन शीर्ष कार्यखण्ड के साथ स्पर्श नहीं करता है, इसलिए इसका घिसाव कम होता है।
2. चल पुर्जों की संख्या कम होने के कारण या न होने के कारण उच्च यथार्थ मान प्राप्त होते हैं।
3. संपीडित वायु जेट के रूप में बाहर निकलती है जिससे कार्यखण्ड पर उपस्थित धूल इत्यादि स्वत: हट जाती है।
4. मापन शीर्ष तथा मापन स्केल एक-दूसरे से दूर रह सकते हैं।
5. छिद्रों की गोलीयता (roundness) तथा टेपर ज्ञात करने के लिए उत्तम विधि है।
6. उच्च आवर्धन प्राप्त किया जा सकता है।
7. छोटे छिद्रों के मापन के लिए बहुत उपयुक्त है।

हानियाँ Disadvantages इसकी हानियाँ निम्नलिखित हैं—

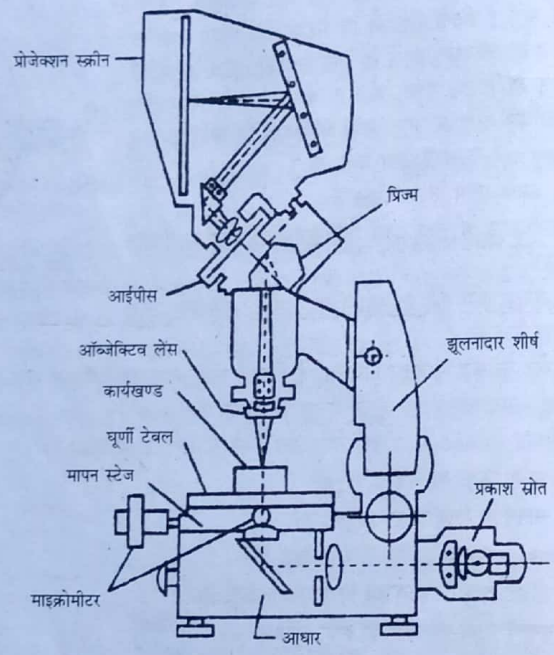
1. इसके लिए संपीडित वायु के स्रोत की आवश्यकता होती है।
2. दाब रेगुलेटर यथार्थ उच्च गुणवत्ता का होना चाहिए।
3. मापन परास छोटा होता है।
4. विद्युत तुलनित्रों की तुलना में इनका प्रत्युत्तर (response) देर में आता है।
5. इनका स्केल सामान्यत: एकसमान नहीं होता है।
6. यदि मापन काँच की नली पर पढ़ना हो तो आवर्धन अधिक रहना चाहिए अन्यथा पृष्ठ तनाव के कारण द्रव की सतह त्रुटि उत्पन्न कर सकती है।
7. इन्हें एक स्थान से दूसरे स्थान पर आसानी से ले जाना आसान नहीं है; क्योंकि दूसरे स्थान पर भी संपीडित वायु फिल्टर की आवश्यकता होती है।
8. विभिन्न प्रकार की मापन प्रक्रिया के लिए भिन्न-भिन्न मापन शीर्ष की आवश्यकता होती है।

प्रश्न 20. एक स्वच्छ चित्र की सहायता से टूल मेकर्स माइक्रोस्कोप की कार्य-विधि तथा उपयोग लिखिए। (2012)

अथवा **टूल मेकर माइक्रोस्कोप की व्याख्या कीजिए।** (2015, 17)

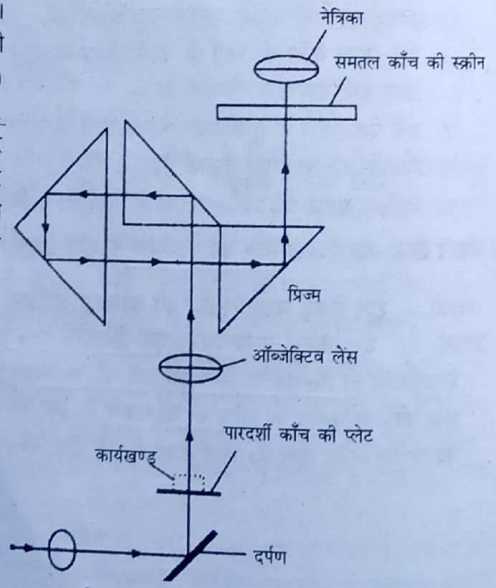
उत्तर टूल मेकर्स माइक्रोस्कोप एक प्रकाशीय यन्त्र है जो प्रकाश के सिद्धान्तों पर कार्य करता है। इस यन्त्र की सहायता से दो बिन्दुओं के मध्य दूरी ज्ञात की जा सकती है, स्क्रू या बोल्ट की प्रोफाइल (profile) जाँची जा सकती है तथा कोण व वक्रता की जाँच की जा सकती है, इसलिए माइक्रोस्कोप के साथ विभिन्न मापन संलग्नी (attachment) का प्रयोग किया जाता है। चित्र 4.18 में एक टूल मेकर्स माइक्रोस्कोप दर्शाया गया है।

Scanned by CamScanner



चित्र 4.18 टूल मेकर्स माइक्रोस्कोप (Tool Makers Microscope)

इस यन्त्र में एक भारी, दृढ़ व खोखला आधार होता है। इस पर पारदर्शी काँच की कार्य टेबल (work table) लगी रहती है जिसे मापन स्टेज (measuring stage) कहते हैं। मापन स्टेज बॉल बियरिंग (ball bearing) पर टिकी होती है जो दो माइक्रोमीटर शीर्ष (micrometer head) द्वारा संचालित होती है। माइक्रोमीटर की शुद्धता 0.001 mm तथा परास 2.5 mm होती है। मापन स्टेज के ऊपर एक घूर्णी टेबल (rotary table) लगी होती है जिस पर कार्यखण्ड को 360° घुमाया जा सकता है। कोणीय विस्थापन वर्नियर प्रोट्रैक्टर (vernier protractor) द्वारा 3 मिनट तक की शुद्धता तक पढ़ा जा सकता है। ऑप्टिकल शीर्ष एक ऊर्ध्वाधर स्तम्भ पर लगा होता है जिसे ऊपर-नीचे करके कार्यखण्ड पर फोकस प्राप्त किया जाता है। ऑप्टिकल शीर्ष को किसी स्थिति में स्थिर रखने के लिए स्लाइड लॉक का प्रयोग किया जाता है। आधार के पीछे स्थित बल्ब के प्रकाश को कोलिमेटिंग लेंस द्वारा क्षैतिज प्रकाश पुंज के रूप में परिवर्तित किया जाता है। यह प्रकाश पुंज 45° के कोण पर झुके दर्पण के द्वारा परावर्तन के पश्चात् 90° पर मोड़ दिया जाता है।



चित्र 4.19 प्रकाश किरण पथ (Light Ray Path)

यह प्रकाश पुंज पारदर्शी काँच की प्लेट पर रखे हुए कार्यखण्ड को नीचे से प्रतिदिप्त करता है। कार्यखण्ड के बाहरी आकार का छाया प्रतिबिम्ब (shadow image) अभिदृश्यक (objective) से होता हुआ तीन प्रिज्मों द्वारा एक समतल स्क्रीन पर प्रक्षेपित कर दिया जाता है जहाँ नेत्रिका द्वारा चित्र का प्रेक्षण कर लिया जाता है। टूल मेकर्स माइकोस्कोप में कार्यखण्ड पर ऊपर से प्रकाशित करने की अलग से व्यवस्था होती है। अभिदृश्य कई आवर्धन, जैसे— 1 X, 1.5 X, 3 X, तथा 5 X में उपलब्ध रहते हैं। यदि नेत्रिका (eye piece) का आवर्धन 10 X हो तो टूल मेकर माइक्रोस्कोप का आवर्धन 10 X, 15 X, 30 X तथा 50 X तक प्राप्त किया जा सकता है। नेत्रिका पर एक गोलीय पैमाना बना होता है जिससे 1 मिनट तक की शुद्धता का कोण नापा जा सकता है।

मुख्य उपयोग Main Applications इसके मुख्य उपयोग निम्नलिखित हैं—

1. टूल मेकर्स माइक्रोस्कोप का प्रयोग अत्यंत जटिल आकृति वाले अवयव की जाँच के लिए किया जाता है।
2. इसके द्वारा क्रॉस वायर (cross-wire) पर कार्यखण्ड के किसी एक बिन्दु पर पहुँचकर माइक्रोमीटर रीडिंग नोट कर ली जाती है, तत्पश्चात् दूसरे बिन्दु पर पहुँचकर कर पुन: माइक्रोमीटर रीडिंग नोट कर ली जाती है। दो रीडिंग का अन्तर उन बिन्दुओं के मध्य की दूरी होती है।
3. नेत्रिका पर बने मानक प्रोफाइल (standard profile) से मिलान कर चूड़ी का प्रोफाइल, गियर की प्रोफाइल इत्यादि की जाँच की जा सकती है।
4. दो छिद्रों के मध्य की दूरी ज्ञात की जा सकती है।
5. चूड़ी का पिच व्यास नापा जा सकता है।

प्रश्न 21. यांत्रिक व विद्युत तुलनित्रों की तुलना कीजिए।

उत्तर

यांत्रिक व विद्युत तुलनित्रों की तुलना

क्र० सं०	यांत्रिक तुलनित्र (Mechanical Comparator)	विद्युत तुलनित्र (Electrical Comparator)
1.	इनमें चल पुर्जे (moving parts) की संख्या अधिक होती है।	इनमें चल पुर्जों की संख्या कम होती है।
2.	इनमें घर्षण व घिसाव अधिक होने के कारण यथार्थता कम होती है।	इनमें घर्षण व घिसाव कम होने के कारण अधिक यथार्थता होती है।
3.	इन्हें विद्युत ऊर्जा की अवश्यकता नहीं होती है, इसलिए ये वोल्टेज, आवृत्ति के परिवर्तन से अप्रभावित रहते हैं।	ये विद्युत ऊर्जा के द्वारा ही संचालित होते हैं, इसलिए वोल्टेज, आवृत्ति के परिवर्तन से प्रभावित हो जाते हैं।
4.	ये यन्त्र हल्के, उठाने में आसान तथा सस्ते होते हैं। इन्हें आसानी से एक स्थान से दूसरे स्थान पर ले जाया जा सकता है। ये सस्ते होते हैं।	चूँकि ये यन्त्र विद्युत ऊर्जा से कार्य करते हैं, इसलिए इन्हें एक स्थान से दूसरे स्थान पर ले जाना आसान नहीं होता है। ये अपेक्षाकृत महँगे होते हैं।
5.	जड़त्व के कारण ये यन्त्र कम्पनों के प्रति संवेदनशील होते हैं।	सूचक के हल्के होने के कारण कम्पनों के प्रति असंवेदनशील।
6.	स्थिर स्केल के कारण परास अपरिवर्तित रहता है।	इनका परास बड़ा होता है।

Scanned by CamScanner