

ISBN 978-93-5212-530-2

राष्ट्रीय संगोष्ठी : मापिकी-2014

मापिकी एवं मापन मानकों का  
सामाजिक तथा औद्योगिक  
विकास में योगदान

8 - 9 दिसम्बर, 2014

शोधपत्र संकलन पुस्तिका



आयोजक

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला

मैट्रोलोजी सोसाइटी ऑफ इण्डिया

डा. के. एस. कृष्णन मार्ग, नई दिल्ली - 110012

इस शोधपत्र संकलन पुस्तिका में प्रकाशित मुद्रण सामग्री का प्रतिलिप्याधिकार (कॉपीराइट) प्रकाशको के पास सुरक्षित है । इस मुद्रित सामग्री का कोई भी भाग जैसेकि, टेक्सट, तालिका, छायाचित्र, डाटा-प्रतिनयन आदि को किसी भी रूप में (इलेक्ट्रॉनिक संचयन, प्रकाशन) प्रकाशको की पूर्व अनुमति के बिना पूर्ण या आंशिक रूप से प्रकाशित या प्रयोग नहीं किया जा सकता ।

ISBN : 978-93-5212-530-2

कॉपीराइट : सी.एस.आई.आर.-राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला  
मैट्रोलोजी सोसाइटी ऑफ इण्डिया  
डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली-110012

द्वारा सम्पादित : डॉ. वी.एन. ओझा  
डॉ. के.पी. चौधरी  
डॉ. संजय यादव  
डॉ. एस.के. सिंह  
डॉ. शंकर जी. अग्रवाल  
डॉ. सुधीर कुमार शर्मा

Printed at : ALPHA PRINTERS  
WZ-35/C, Naraina, Ring Road, New Delhi-110028.  
Mobile : 9810804196

राष्ट्रीय संगोष्ठी : मापिकी-2014

मापिकी एवं मापन मानकों का  
सामाजिक तथा औद्योगिक  
विकास में योगदान

8 - 9 दिसम्बर, 2014

शोधपत्र संकलन पुस्तिका



आयोजक

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला

मैट्रोलोजी सोसाइटी ऑफ इण्डिया

डा. के. एस. कृष्णन मार्ग, नई दिल्ली - 110012

## List of Govt. Sponsors



### **Council of Scientific and Industrial Research**

Anusandhan Bhavan, 2 Rafi Marg  
New Delhi-110001, India



### **CSIR-National Physical Laboratory**

Dr. K.S.Krishnan Marg  
New Delhi-110012



### **Metrology Socceity of India**

CSIR-National Physical Laboratory  
Dr. K.S.Krishnan Marg  
New Delhi-110012



### **Department of Science and Technology**

Technology Bhawan, New Mehrauli Road,  
New Delhi-110016.



### **National Accreditation Board for Testing and Calibration Laboratories Gurgaon**

NABL House ,Plot No. 45 Sector 44, Gurgaon-122002



### **Defence Research and Development Organization**

Ministry of Defence, DRDO Bhavan,  
Rajaji Marg, New Delhi



### **Bhabha Atomic Research Centre Trombay**

Mumbai-400085



### **Central Food Technological Research Institute**

Mysore-570020

## List of Private Sponsors

### PLATINUM SPONSORS



#### **AGMATEL INDIA PVT. LTD.**

E-366, IIInd Floor, Nirman Vihar, Vikas Marg,  
Delhi-110092 (India)

### GOLD SPONSOR



#### **COMSOL Multiphysics Pvt. Ltd.**

Unit No - 3E, 3rd Floor, Hansalaya Building,  
15, Barakhamba Road, New Delhi-110001

### SILVER SPONSOR



#### **RAVIKA INSTRUMENTS**

WH-69, Phase-1, Mayapuri Industrial Area  
New Delhi-110064

### CO-SPONSORS



#### **Mitutoyo South Asia Pvt. Ltd.**

C-122, Okhla Industrial Area, Phase-I,  
New Delhi-110020, (India)



#### **Springer (India) Private Limited**

7th Floor, Vijaya Building, 17, Barakhamba Road  
New Delhi - 110 001, India

### Other Aid Sponsors



#### **Budenberg Gauge Pvt. Ltd.**

99-300, IIInd Main Road, Nehru Nagar,  
Old Mahabalipuram Road (OMR)  
Chennai-600096, Tamilnadu



#### **Sartorius Weighing India Private Limited**

No.#69/2 & 69/3, Jakkasandra,  
Nelamangala, Bangalore-562123



#### **BHARTI AUTOMATION PRIVATE LIMITED**

Plot No. 354, Sector-7, IMT Manesar, Gurgaon-122051  
Haryana, India





### **Advance Technical Systems Pvt. Ltd.**

305, Pankaj Tower-III, L.S.C., Plot No. 6, Mayur Vihar  
Phase-1, New Delh-110091



### **Wika Instruments India Pvt. Ltd.**

Plot No. 40, Gate No. 94 & 100,  
High Cliff Industrial Estate Village Kesnand, Wagholi, Pune-412207



### **FLUKE TECHNOLOGIES Pvt. Ltd.**

Deodhar Center, #424,  
Marol Maroshi Road, Andheri (E),  
Mumbai-400059, India



### **J. RAGRAU INSTRUMENTS**

Flat No. 23B, Madhuban Enclave,  
Near Madipur Metro Station  
New Delhi-110063



### **WEIGH INDIA**

Plot No. 137, Functional Industrial Estate  
Patparganj, New Delhi



### **Weightronics**

172, Part-A, Modern Industrial Estate  
Bahadurgarh-124507, Distt.: Jhajjar, Haryana



### **Yantrika Instruments Pvt. Ltd.**

Plot No. 76, Udyog Vihar, Phase-6, Gurgaon,  
Haryana-122001



### **Micro Precision Products Pvt. Ltd.**

3, Link Road, Sector-29  
Faridabad, Haryana-121008



### **Rockwin Flowmeter India Pvt. Ltd.**

B-24, Site IV, Sahibabad Industrial Area  
Ghaziabad-201010



### **LCGC TRUCAL AND SERVICES LLP**

Plot No. : 57, Riad No. : 5, Aleap Industrial Estate,  
Near Pragathi Nagar, Kukatpally, Hyderabad-72

## संदेश



प्रयोगशाला में समय-समय पर विशिष्ट व्यक्तियों द्वारा व्याख्यान दिये जाने की व्यवस्था, संगोष्ठियों एवं अन्य कार्यक्रमों का आयोजन इस उद्देश्य के साथ किया जा रहा है कि प्रयोगशाला के वैज्ञानिक तथा अन्य कर्मचारी अपना ज्यादा से ज्यादा कार्य हिन्दी में कर सकें ।

उल्लेखनीय है कि वर्ष 2001 में प्रयोगशाला ने पहली बार राष्ट्रीय संगोष्ठी का आयोजन किया था । मापिकी एवं मापन मानकों पर राष्ट्रीय संगोष्ठी, सीएसआईआर-राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में आयोजित होने वाले/किये जाने वाले आयोजनों में से एक महत्वपूर्ण वैज्ञानिक आयोजन है जो प्रत्येक दो या तीन वर्ष में आयोजित किया जाता है, जिसमें मापन के चयनित क्षेत्रों में शोधपत्रों का प्रस्तुतिकरण एवं उन पर गहन विचार विमर्श किया जाता है।

इसी क्रम में, सीएसआईआर-राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली एवं मेट्रोलेजी सोसाइटी ऑफ इण्डिया, नई दिल्ली द्वारा संयुक्त रूप से दिसम्बर 8-9, 2014 को मापिकी पर आयोजित यह पाँचवी संगोष्ठी थी । इस राष्ट्रीय संगोष्ठी का मूल विषय : मापिकी एवं मापन का सामाजिक और औद्योगिक विकास में योगदान था । इस संगोष्ठी में सीएसआईआर-राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली सहित देश के विभिन्न शहरों जैसे कि दुर्गापुर, पटियाला, पालघाट, फरीदाबाद, सिरसा, कुरुक्षेत्र, मुरथल, गुड़गाँव, नोएडा आदि से विभिन्न राष्ट्रीय तकनीकी संस्थानों, विश्वविद्यालयों, औद्योगिक ईकाइयों तथा प्रयोगशालाओं के 200 से ज्यादा पंजीकृत प्रतिभागियों ने भाग लिया।

इस संगोष्ठी में एक पूर्ण व्याख्यान, 28 आमंत्रित वार्ताओं के साथ कुल 69 शोधपत्रों को विभिन्न तकनीकी सत्रों में प्रस्तुत किया गया। संगोष्ठी में प्रस्तुत लेखकों द्वारा 38 पूर्ण शोधपत्रों के संकलन को प्रकाशन समिति के अथक प्रयासों द्वारा 'शोधपत्र संकलन पुस्तिका' के रूप में प्रस्तुत करते हुए मुझे अपार हर्ष हो रहा है । इस 'शोधपत्र संकलन पुस्तिका' के प्रकाशन के लिये संपादिक मंडल ने महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है जिसके लिए वे बधाई के पात्र हैं।

अंत में मैं उन सभी सरकारी संस्थाओं जैसे कि सीएसआईआर, डीएसटी, डीआरडीओ, एनएबीएल, बीआरएनएस एवं एसएसआई तथा अन्य सह प्रायोजकों के प्रति आभार प्रकट करता हूँ जिन्होंने इस संगोष्ठी के आयोजन एवं 'शोधपत्र संकलन पुस्तिका' के प्रकाशन के लिये प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष के रूप में आंशिक वित्तीय योगदान दिया है।

(ए. सेन गुप्ता)

कार्यकारी निदेशक, सीएसआईआर-राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली

उपाध्यक्ष, आयोजन समिति, राष्ट्रीय संगोष्ठी : मापिकी-2014

उपाध्यक्ष, मेट्रोलेजी सोसाइटी ऑफ इण्डिया, नई दिल्ली

## संदेश



मुझे अत्यन्त हर्ष है कि राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली एवं मैट्रोलोजी सोसाइटी ऑफ इण्डिया, नई दिल्ली के संयुक्त प्रायोजन में राष्ट्रीय संगोष्ठी : मापिकी 2014 का दिसम्बर 8-9, 2014 के दौरान सफलता पूर्वक आयोजन के क्रम में अब मापिकी 2014 की आयोजन समिति ने शोधपत्र संकलन पुस्तिका का प्रकाशन कर सराहनीय कार्य किया है। राष्ट्रीय संगोष्ठी : मापिकी 2014 की आयोजन समिति तथा मैट्रोलोजी सोसाइटी ऑफ इण्डिया का अध्यक्ष होने के नाते मुझे राजभाषा हिन्दी में इस उच्च कोटि के शोधपत्र संकलक के प्रकाशित होने से हर्ष एवं संतोष है। सामान्यतः राजभाषा हिन्दी में शोधपत्रों का उपलब्ध होना एक कठिन कार्य है। अतः आयोजन समिति तथा संपादक मंडल उनके इस कार्य के लिए बधाई के पात्र है। मुझे उम्मीद ही नहीं पूर्ण विश्वास है कि पाठकगण इस शोधपत्र संकलन से अवश्य लाभान्वित होंगे तथा अपने भविष्य के शोध को उचित मार्ग एवं दिशा दे सकेंगे।

धन्यवाद !

(रमेश चन्द्र बुधानी)

अध्यक्ष, आयोजन समिति, राष्ट्रीय संगोष्ठी मापिकी-2014

अध्यक्ष, मैट्रोलोजी सोसाइटी ऑफ इण्डिया, नई दिल्ली



## सम्पादकीय

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली तथा मेट्रोर्लॉजी सोसाइटी ऑफ इण्डिया, नई दिल्ली ने संयुक्त रूप से राष्ट्रीय संगोष्ठी मापिकी 2014 का “मापिकी एवं मापन मानकों का सामाजिक तथा औद्योगिक विकास में योगदान” विषय पर 8-9 दिसम्बर को बहुत ही सफल आयोजन किया था। इस संगोष्ठी के लिये 98 शोध सारांश पत्र प्राप्त हुये थे, जिनमें एक पूर्ण व्याख्यान, 28 आमंत्रित वार्ताओं के साथ कुल 69 पोस्टर शोधपत्र थे।

इस संगोष्ठी के पश्चात जैसा कि निश्चित किया गया था, हमें संगोष्ठी की इस “शोध पत्र संकलन पुस्तिका” के लिए 38 पत्र मापिकी के विभिन्न विषयों में प्राप्त हुए हैं जिन्हें कि पुस्तिका में सम्मिलित किया गया है।

राष्ट्रीय संगोष्ठी : मापिकी 2014 विज्ञान के क्षेत्र में राजभाषा को बढ़ावा देने के लिये प्रत्येक वर्ष राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में आयोजित की जाने वाली हिन्दी संगोष्ठी के क्रम में एक और सफल कदम था। जैसा कि आप जानते हैं कि, इस संगोष्ठी का मुख्य उद्देश्य मापिकी विज्ञान सम्बन्धी विभिन्न विषयों में किये जाने वाले शोध, देश में उपलब्ध अंशाकन और परीक्षण सुविधाये, इनके प्रयोग की आवश्यकता तथा लाभ, सम्बंधित विचारों का आदान प्रदान आम जनता की भाषा में करना था।

इस कड़ी में यह पुस्तिका सम्बंधित ज्ञान और जानकारीयों का राजभाषा में सुचीबद्ध संकलन है। हम आशा करते हैं कि सम्मिलित जानकारीयाँ आम भाषा में होने की वजह से यह पुस्तिका मापिकी 2014 संगोष्ठी के मूल उद्देश्य को और सफल करने में सहायक होगी।

हम निदेशक राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली तथा अध्यक्ष, मेट्रोर्लॉजी सोसाइटी और इण्डिया, नई दिल्ली के विशेष आभारी हैं जिन्होंने इस पुस्तिका के प्रकाशन में हमारा निरन्तर मार्ग दर्शन किया। हम इस पुस्तिका में शामिल शोध पत्रों के सभी लेखकों का विशेष धन्यवाद करते हैं जिनकी सहायता से हम यह पुस्तिका संपादित कर पाये। हम उन सभी लोगों का आभार व्यक्त करते हैं जिन्होंने इस पुस्तिका के प्रकाशन में हमारी प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से मदद की है।

अन्त में हम आशा करते हैं कि यह पुस्तिका प्रत्येक दृष्टि से पाठकों के लिए उपयोगी साबित होगी।  
धन्यवाद !

वी.एन. ओझा  
के.पी. चौधरी  
संजय यादव  
एस.के. सिंह  
शंकर जी. अग्रवाल  
सुधीर कुमार शर्मा  
(द्वारा सम्पादित)

# सूची

1. दाब मापिकी के मुख्य अनुप्रयोगों का वर्तमान परिदृश्य, चुनौतियाँ, विकास गतिविधियाँ एवं भविष्य की रूपरेखा संजय यादव	1
2. मापन में गुणवत्ता और गुणवत्ता में मापन संजय शर्मा	8
3. बल प्रमाणन उपकरणों के अंशांकन के लिए नए मानक के निहितार्थ राजेश कुमार एवं राकेश खन्ना	11
4. मल्टीफंक्शन कैलीब्रेटर फ्लूक 5720A और रिफरेन्स मल्टीमीटर फ्लूक 8508A के डीसी अंशांकन के लिए स्वचालन प्रोग्राम पूनम सेठी बिष्ट, एकता मलिक, हरीश कुमार, उषा किरण, थॉमस जॉन एवं ए.के. सक्सेना	14
5. राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला (भारत) में निम्न आवृत्ति वोल्टेज और करंट पैरामीटर की अनुमार्गणीयता की वर्तमान स्थिति सुनिधि लूथरा, बिजैन्दर पाल, पी.एस. नेगी एवं वी.एन. ओझा	18
6. आकार नियंत्रित सिलिका नैनोकणों का संश्लेषण तथा लक्षण-वर्णन गिरिजा मूना, रीना शर्मा, वी.एन. ओझा एवं निधि सिंधु	23
7. उच्च वोल्टता प्रतिरोधक विभाजक की अनिश्चितता पर वोल्टेज का प्रभाव कुलभूषण रावत	27
8. इलेक्ट्रॉनिक गेज ब्लॉक तुलनित्र द्वारा सिलिकॉन गोले के व्यास के लिए माप में उच्च सटीक मापन मुकेश कुमार एवं अनिल कुमार	32
9. बॉटो की मापिकी अनिल कुमार, गौतम मंडल, दिनेश चन्द्र शर्मा	37
10. राष्ट्रीय मानकों की अनुमार्गणीयता के साथ पीको एम्पेयर से कम स्वचालित प्रेसिजन विद्युत धारा मापन एकता मलिक, उषा किरण, थॉमस जॉन एवं ए.के. सक्सेना	41
11. माइक्रोवेव पावर अंशांकन के लिये कुमेलन अनिश्चितता (Mismatch Uncertainty) की गणना अर्चना साहू, सऊद अहमद, पी.एस. नेगी एवं वी. एन ओझा	47
12. हाईड्रोमीटर महार्थ बरन दास, सुरेन्द्र सिंह यादव एवं अनिल कुमार	51
13. एक किलोहर्ट्ज रेडियो आवृत्ति स्थिर अनुपात मापक का स्थापित मानक प्रेरक वोल्टेज विभाजक की सहायता से अनुगमन ज्योति चौहान एवं नैना नारंग	54

14. स्वयं विकसित लैब.व्यू (LabVIEW) सॉफ्टवेयर पर आधारित स्वचालन प्रोग्राम के द्वारा जेनर वोल्टेज मानक का अंशांकन एवम् इसकी अनिश्चितता का मूल्यांकन अनिष भार्गव, संध्या पटेल एवं वी.एन. ओझा	59
15. विभिन्न खनन क्षेत्रों के एक मामले के अध्ययन में मिट्टी में भारी तत्वों का मूल्यांकन निरंजन सिंह, ए.के. सरकार एवं प्रभात कुमार गुप्ता	64
16. घरेलू जल मापक मीटरों को जाँचने की प्रक्रियाएँ आई. एस. टाक, एस. के. जायसवाल एवं चतर सिंह	67
17. अंतर (डीफरेंशियल) दाब मापन द्वारा ई-द्रव्यमान के निर्धारण की दिशा में एक नवीन दृष्टिकोण ए. के. बंधोपाध्याय	72
18. सूक्ष्म विद्युत निर्वहन मशीनिंग द्वारा बल्क धत्विक कांच (BMG) और टाइटेनियम में उच्च पहलू अनुपात सूक्ष्म छेदों की ज्यामिति, आयामी और सतह गुणवत्ता की जांच एस. बर्मन, विजय, आर.पी. शर्मा एवं नागाहनुमयया	74
19. दिल्ली में ओजोन के अग्रदूत का धरातलीय ओजोन की मात्रा पर प्रभाव आशिमा शर्मा, रोहताश, सुधीर कुमार शर्मा एवं तुहिन कुमार मंडल	80
20. समाक्षीय एयर लाइनों का उपयोग कर उच्च आवृत्ति प्रतिबाधा मानक की मापन अनुमार्गणीयता के लिए एक दृष्टिकोण सचिन कुमार, सतीश, ए.के. गोयल एवं ए.के. सक्सेना	84
21. एक डिजिटल दाब अंशशोधक (डी.पी.सी.) का मापिकीय प्रदर्शन जसवीर सिंह, नीता दिलावर शर्मा एवं अशोक कुमार	89
22. पराश्रव्य मापिकी में चुनौतियाँ और नवीनतम उपलब्धियाँ अशोक कुमार	93
23. कला-अपूर्वता का नैनो मापिकी के क्षेत्र में अनुप्रयोग भरत कुमार यादव एवं हेम चन्द्र काण्डपाल	97
24. प्रवाह मापन और मानक : औद्योगिक विकास का एक स्रोत ए. एस. मुरली	101
25. एल.ई.डी. के ल्यूमिनस फ्लक्स का गोनिओफोटोमीटर के द्वारा मापन सुदामा एवं भरत कुमार यादव	106
26. एल.ई.डी. के रंग तापमान एवम् रंग निर्देशकों का मापन रजत कुमार मुखर्जी, सुदामा, नवल मंचलवार एवं भरत कुमार यादव	110
27. राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में गैस प्रवाह अंशांकन मानक की स्थापना चतर सिंह, ईश्वर सिंह टाक एवं शिव कुमार जायसवाल	115
28. भारत में प्राकृतिक गैस का भविष्य, मांग पूर्वानुमान - एक केस अध्ययन कुलदीप कुमार त्यागी	121

29.	रूबिडियम आवृत्ति मानक के लिए रूबिडियम अवशोषण सेल का विकास आशीष अग्रवाल, जयेंता एस. थांगजम एवं ए. सेन गुप्ता	126
30.	निर्वात मापकों का अंशांकन हरीश कुमार एवं अशोक कुमार	129
31.	अमृतसर में बच्चों के श्वसन गतिविधि पर हवा में पार्टिकुलेट मैटरस का प्रभाव सचिन गुप्ता, गुरप्रीत सग्गू, सुशील मित्तल, रविंदर अग्रवाल एवं अवनीश कुमार	134
32.	100 और 200 मेगापास्कल की दाब परास में द्रवचालित डिजिटल दाब मानकों की स्थापना रमन कुमार शर्मा, ललित कुमार एवं संजय यादव	141
33.	स्केलर/वेक्टर नेटवर्क एनेलाइजर द्वारा मुड़ित फिल्टरों के पैरामीटर का मापन जगदीश शिवहरे	147
34.	वायुमंडलीय दाब से 1.0 गीगापास्कल तक द्रव-चालित राष्ट्रीय दाब मानक एवं उनकी अनुमार्गणीयता संजय यादव, ललित कुमार एवं रमन कुमार शर्मा	150
35.	विद्युतीय (AC) माप-पद्धति में जोसेफसन प्रभाव आधारित क्वांटम मानक पर परिपेक्ष्य संध्या एम. पटेल, अनिश एम. भार्गव, पी.एस. नेगी एवं वी.एन. ओझा	158
36.	सी.एस.आई.आर. - एन.पी.एल. में बल, बलआघूर्ण तथा कठोरता मापन की स्थिति एस. एस. के. टाइटस एवं एस. के. जैन	166
37.	माइक्रो प्रेसिजन प्राइवेट लि० में भार विधि पर आधारित नए जल प्रवाह अंशांकन सुविधा की स्थापना अहमद अजब एवं बट्टल सिंह	169
38.	परिवेशी हवा में पार्टिकुलेट मैटरस के संपर्क का दुनियाभर में बच्चों के स्वास्थ्य पर प्रभाव रविंदर अग्रवाल और सुशील मित्तल	175

# दाब मापिकी के मुख्य अनुप्रयोगों का वर्तमान परिदृश्य, चुनौतियाँ, विकास गतिविधियाँ एवं भविष्य की रूपरेखा

संजय यादव

सी.एस.आई.आर.-राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली-110 012

(e-mail : syadav@mail.npl.india.org)

## सारांश

परिशुद्ध एवं यथार्थ दाब मापन की वैधता व्यापार, दक्षता, गुणवत्ता और सुरक्षा में आवश्यक है। दाब मापन की भूमिका अब अच्छी तरह से कई उद्योगों में स्थापित है। इस लेख में दाबमापिकी के वर्तमान विभिन्न औद्योगिक एवं वैज्ञानिक अनुप्रयोगों का संक्षिप्त परिदृश्य प्रस्तुत किया गया है। BIPM की द्रव्यमान संबंधित क्वांटीटीज की सलाहकार समिति (CCM) के कार्यदल (WG) [1] तथा EURAMET की द्रव्यमान संबंधित क्वांटीटीज की तकनीकी समिति (TCM) [2] द्वारा सन् 2012 में दिये गये सुझावों एवं सिफारिशों के आधार पर चल रही विभिन्न विकास गतिविधियों एवं चुनौतियों और आने वाले वर्षों में होने वाले संभावित शोध की रूपरेखा का ब्यौरा भी प्रस्तुत है। साथ ही साथ इस दिशा में एनपीएल में हाल ही में संपन्न विकास गतिविधियों एवं निकट भविष्य में किये जाने वाले शोध कार्यों का संक्षिप्त विवरण भी शामिल है।

## 1. पृष्ठभूमि और मुख्य अनुप्रयोग

वर्तमान में दाब मापिकी में दाब मापन का रियलाइज्ड पैमाना  $10^{-9}$  पास्कल (Pa) से  $10^9$  पास्कल (Pa) तक 18 डिकेड्स में शामिल किया जा सकता है (चित्र 1) [3]। दाब मापन के प्रौद्योगिकी अनुप्रयोग कई क्षेत्रों



चित्र 1 : दाब मापिकी में मुख्य यंत्रों और उपकरणों का दाब स्पेक्ट्रम और दाब परासें

में हैं। निम्नतम दाब मापन की, उच्चऊर्जा त्वरक या एक्स-रे लेजर, उच्च निर्वात माइक्रो इलेक्ट्रॉनिक और कोटिंग उद्योग में, चुंबकीय डिस्क भंडारण, ग्लासिस, लेंस, वास्तुकला ग्लास, उपकरण की हार्ड कोटिंग्स, पन्नी धातुरूप आदि के रूप में बड़ी अनुसंधान सुविधाओं में जरूरत है। मध्यम और रफ निर्वात धातु विज्ञान और खाद्य उद्योग के लिए आवश्यक है। वायुमंडलीय दाब के आसपास का दाब मापन मुख्य रूप से मौसम विज्ञान, हवाई परिवहन और वातानुकूलन में, एमपीए रेंज का दाब मापन ऊर्जा आपूर्ति, हाइड्रोलिक और रासायनिक उद्योग में तथा उच्चतम दाब इंजन के विकास और हीरे के संश्लेषण के लिए उपयोग में लाया जाता है।

दाब मापिकी, दाब संबंधित अत्यंत व्यापक औद्योगिक अनुप्रयोगों के कारण, उद्योग, अनुसंधान और समाज के लिए बहुत महत्वपूर्ण है। दाब मापन की अनुमार्गणीयता ऊर्जा दक्षता और बचत में सुधार के लिए महत्वपूर्ण है। यह निम्नलिखित क्षेत्रों में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है [1-5]:

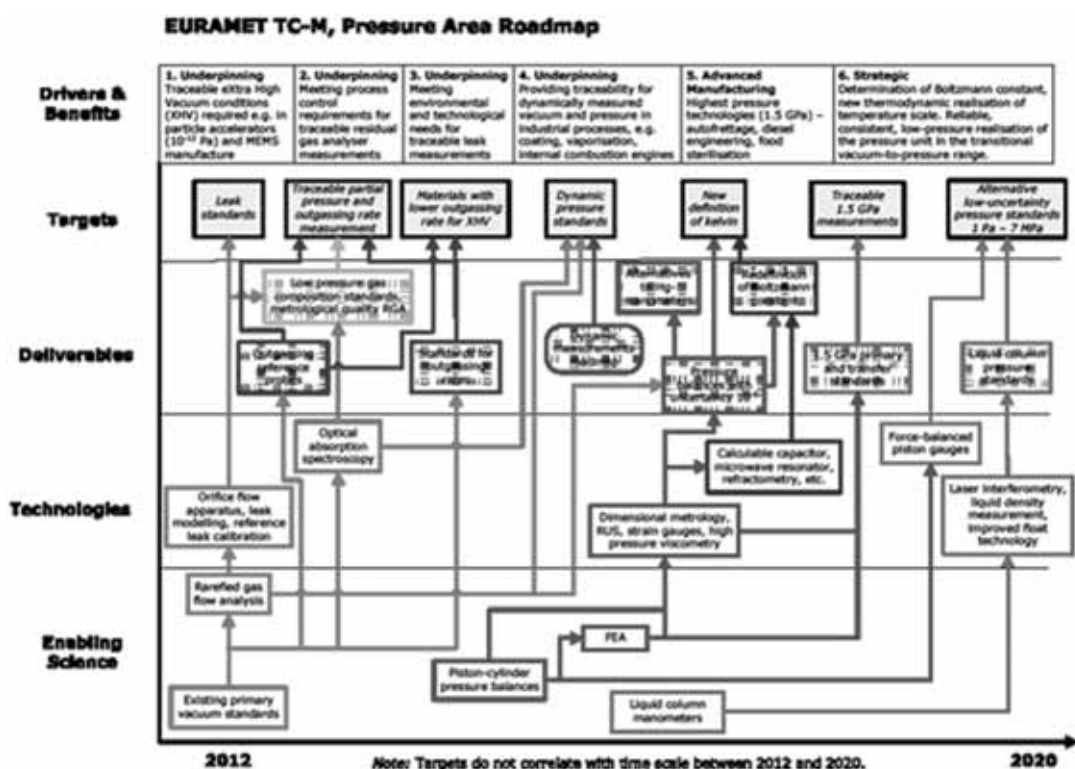
- i. औद्योगिक प्रक्रियाओं की दक्षता और सुरक्षा को परिभाषित करने के लिए एक नियंत्रण पैरामीटर के रूप में जैसे कि इंजीनियरिंग में, पेट्रोकेमिकल और दवा उद्योगों में, पोत उत्पादन, माइक्रो और नैनो-तकनीकियों आदि में।
- ii. बिजली संयंत्रों में ऊर्जा उत्पादन प्रक्रियाओं, गैस और तेल के परिवहन और भंडारण, ओफ -शोर उद्योगों आदि में गेज और अंतर दाब के मापन की आवश्यकता होती है।
- iii. मानव शरीर के निदान और उपचार के मापदण्ड के रूप में चिकित्सा क्षेत्र में।
- iv. पर्यावरण निगरानी और सुरक्षा में जैसेकि बैरोमीटर दाब का मापन मौसम के पूर्वानुमान में और गैस रिसाव मापन औद्योगिक प्रक्रियाओं से वायु प्रदूषण को नियंत्रित एवं कम करने के लिए महत्वपूर्ण हैं।
- v. विमानन, एयरोस्पेस और सड़क परिवहन में जहां दाब एक नियंत्रण और सुरक्षा पैरामीटर है, वहाँ, बैरोमीटर और ठहराव दाब, ऊंचाई और गति नियंत्रण के लिए उपयोग किया जाता है। कार के टायर में वायुदाब न केवल एक सुरक्षा से संबंधित पैरामीटर है बल्कि ईंधन की खपत और पर्यावरण प्रदूषण को भी प्रभावित करता है।
- vi. भौतिकी की फंडामेंटल रिसर्च के अनुसार एसआई इकाइयों (SI Units) की नयी प्रतीति और परिभाषा में, बोल्ट्जमान नियतांक की प्राप्ति, तापमान पैमाने का नया उष्मागतिकी निर्धारण, को बहुत सटीक निरपेक्ष दाब मापन की आवश्यकता होती है। सतह विज्ञान और कण त्वरक आपरेशन में अत्यंत उच्च निर्वात की जरूरत एवं मापन की आवश्यकता है।
- vii. औद्योगिक और सामाजिक आवश्यकताओं के लिए नवीन प्रौद्योगिकियों के विकास में जैसेकि अर्धचालकों, कोटिंग्स, डिस्पले उत्पादन, संलयन प्रयोग, जैव प्रौद्योगिकियों, ऑटोफ्रैटेंज (autofretting), इंजन विकास जेट कटिंग मशीनी, खाद्य उत्पादन, नसबंदी, स्वचालित प्रणालियों आदि में गतिशील परिस्थितियों में अत्यन्त उच्च दाब एवं दाब मापन की जरूरत है।

## 2. कुछ चुनौतियां: पर्यावरण, स्वास्थ्य, ऊर्जा

दाब मापिकी की प्रगति और आगे के सुधार वर्तमान में उपलब्ध निम्न तकनीकियों और अनुप्रयोगों (चित्र 2) के आधार पर की जाएगी [1-2] :

- स्थित और सतत विस्तार प्रणाली का उपयोग कर प्राथमिक वैक्यूम मानक





चित्र 2 : दाब मापिकी में 2020 तक EURAMET की दाब मापन के क्षेत्र की रूपरेखा

- गैस और द्रवचालित पिस्टन-बेलन आधारित दाबतुलाएँ
- तरल स्तंभ दाबमापी यन्त्र: प्राथमिक पारा दाबमापियों का वैकल्पिक मानकों के द्वारा प्रतिस्थापन - विशेष दाबतुलाओं या तेल दाबमापियों का विकास
- Rarefied गैस प्रवाह और परिमित तत्व विश्लेषण सहित सैद्धांतिक विधियाँ
- गतिशील दाब मापन और गतिशील दाब मानक: प्रकाशिकी आधारित स्थिर और गतिशील दाब के लिए मानकों का विकास

आगे के सुधार निम्नलिखित विकास एवं अनुप्रयोगों के द्वारा किया जाएगा :

- ☞ उच्च सटीकता के साथ निम्न लाइन दाब पर निम्न अंतर दाब माप
- ☞ उच्च दाब मापन (1 GPa से ऊपर) : औद्योगिक उच्च प्रौद्योगिकियों के लिए मानक
- ☞ केल्विन की नई परिभाषा के लिए 1 पीपीएम तक दाब मापन की अनिश्चितता में कमी
- ☞ छिद्र प्रवाह उपकरण, रिसाव मॉडलिंग, संदर्भ रिसाव अंशांकन
- ☞ प्रकाशिक अवशोषण स्पेक्ट्रोस्कोपी
- ☞ आयामी मापिकी, प्रतिध्वनित पराश्रव्य स्पेक्ट्रोस्कोपी, तनाव गेज, उच्च दाब श्यानता मापन
- ☞ गण्य संधारित्र, माइक्रोवेव प्रतिध्वनित यंत्र, अपवर्तनमापिकी
- ☞ बल संतुलित पिस्टन गेज

- ☞ लेजर व्यतिकरणमापिकी, तरल घनत्व माप, प्लोट प्रौद्योगिकी में सुधार
- ☞ बेसिक साइंस

### 3. दाब मापिकी: मौलिक और अनुप्रयुक्त अनुसंधान

दाब मापिकी में आने वाले वर्षों में अनुसंधान और विकास गतिविधियाँ निम्न क्षेत्रों में आवश्यक है चल रहे है तथा होंगे ;

- बोल्जमान नियतांक ( $k_B$ ) के द्वारा तापमान इकाई केल्विन की एक नई परिभाषा अगले कुछ वर्षों में आने की उम्मीद है जिसमें  $k_B$  का निर्धारण मानक अनिश्चितता  $2.10^{-6}$  से बेहतर किया जाना चाहिये। आशाजनक तरीकों में से एक डाईइलैक्ट्रीक नियतांक थर्मोमीटरी है, जिसमें लक्ष्य प्राप्त करने के लिए  $1.10^{-6}$  की मानक अनिश्चितता के साथ (2 से 7) एमपीए तक निरपेक्ष दाब मानकों की आवश्यकता है [4]।
- दाब मापन के नये दाब मानकों का विकास बड़े प्रभावी क्षेत्रफल के पिस्टन- बेलन असेम्बलियों से लैस दाबतुलाओं पर आधारित है। पिस्टन और बेलन के प्रभावी क्षेत्रफल का आकलन एवं मापन अत्याधुनिक आयामी मापिकी द्वारा निर्धारित किया जाएगा। पिस्टन-बेलन का दाब आधारित प्रभावी क्षेत्रफल का निर्धारण पिस्टन-बेलन के विकृति गुणांक से परिमित तत्व विधि द्वारा गणना करके आकलन किया जाता है। जबकि पिस्टन-बेलन का विकृति गुणांक प्रतिध्वनित पराश्रव्य स्पेक्ट्रोस्कोपी से मापा जाता है।
- विशेष रूप से कम दाब पर तेल तरल स्तंभ दाबमापी एक संभावना है क्योंकि पारे की तुलना में तेल का घनत्व काफी कम है। तेल दाब दाबमापियों की मुख्य समस्या, इनकी अस्थिर सतह तथा तेल का दाब निर्भर घनत्व काफी कम है। जिसे प्लवनशीलता तकनीक का प्रयोग कर इन-सीटू घनत्व मापन द्वारा दूर किया जा सकता है [6]।
- दाब इकाई की प्राप्ति के लिए वैकल्पिक वर्तमान अन्य तरीकों में माइक्रोवेव प्रतिध्वनित यन्त्र और अपवर्तनमापिकी आधारित वैकल्पिक तकनीकें हैं क्योंकि आमतौर पर प्राथमिक दबाव मानकों के रूप में इस्तेमाल शास्त्रीय डेडवेट दाबतुला का निम्नतम आपरेशन दाब कुछ किलोपास्कल तक सीमित है जो दाब इकाई के साथ रियलाइजेशन में, मध्यवर्ती निर्वात से दाब रेंज (1 पास्कल से और 10 किलोपास्कल के बीच) में एक समस्या प्रस्तुत करता है। पारा दाबमापी विकल्प हैं, लेकिन उनका प्रदर्शन निम्न दाब पर सीमित है क्योंकि पारे का उच्च घनत्व तथा अपेक्षाकृत अस्थिर पारे की सतह का पता लगाने में कठिनाइयाँ प्रस्तुत करते हैं। पारा दाबमापियों का सुधरा रूप परिष्कृत प्लोट के विकास के द्वारा प्राप्त किया जा सकता है।
- नवीन बल कम्पैन्सेटिड पिस्टन गेज के साथ प्राथमिक तरल स्तंभ दाबमापियों का संयुक्त विकास, जोकि व्यापक रूप से 1 पास्कल तक नीचे के दाब मापन के लिए द्वितीयक मानकों के रूप में इस्तेमाल हो रहे हैं, दाब पैमाने की मापन अनिश्चितता को मध्यवर्ती रेंज में कम कर रहा है [7]।
- उच्च दबाव पर खाद्य प्रसंस्करण, अभिनव डीजल इंजीनियरिंग, ओटोफरैटेज (autofretage), हाईड्रोफोर्मिंग (hydroforming) एवं आइसोस्टैटिक (isostatic) दबाव, पेट्रो रसायन एवं दवा उद्योग के लिए, पोत उत्पादन, वाटर कटिंग मशीनों और नई सामग्री निर्माण में उच्च दाब प्रौद्योगिकियों के लिये 1 GPa और इससे अधिक अनुमार्गणीय दाब मापन की आवश्यकता होती है।

- उच्च सटीकता के साथ एवं निम्न लाइन दाब (10-120 किलोपास्कल निरपेक्ष मोड) के साथ निम्न अंतर दाब मापन।
- सापेक्ष हाइड्रोलिक निम्न दाब से मध्यम दाब, 100 एमपीए तक सभी मोड्स एवं परासों में गतिशील दाब मापन।
- MRA KCDB में पंजीकृत कई प्रकार की दाब CMCs मुख्य तुलनाओं द्वारा कवर नहीं हैं।
- नैनो दाब मापन।

बोल्ट्जमान नियतांक निर्धारण परियोजना के समर्थन में PTB ने दाबतुला आधारित हीलियम में दाब को गेज और निरपेक्ष माप मोड में परिभाषित करने के लिये 7 एमपीए तक लक्षित मानक मापन अनिश्चितता  $1.10^{-6}$  के साथ दाब मापन के लिये एक पद्धति विकसित की है। इस डिजाइन में मुख्यतः तापमान स्थिरता, द्रव्यमान अनिश्चितता, पिस्टन-बेलन भावी क्षेत्रफल और दाब विकृति गुणांक के क्षेत्रों पर ध्यान देकर लक्षित मापन अनिश्चितता को प्राप्त किया जा सका। इस पद्धति में दो दाबतुला प्लेटफार्मों, तीन पिस्टन सिलेंडर असेम्बलियाँ ( $2 \text{ cm}^2$ ) (PCAs) और स्वचालित द्रव्यमान संचालक शामिल हैं [4-5]।

आयामी मापन का उपयोग कर  $20 \text{ cm}^2$  और  $2 \text{ cm}^2$  के पिस्टर सिलेंडर असेम्बलियाँ का प्रभावी क्षेत्रफल क्रमशः  $0.7 \times 10^{-6}$  और  $1 \times 10^{-6}$  की सापेक्ष मानक अनिश्चितताओं के साथ निर्धारित किया जा सका है। वर्तमान में उपलब्ध आयामी और क्रॉस प्लोट डेटा के आधार पर 7 एमपीए के निरपेक्ष दाब के सापेक्ष मानक अनिश्चितता  $2.1 \times 10^{-6}$  के बराबर है।

इस पद्धति में 12.5 किलोग्राम द्रव्यमान के मुख्य भारों का सन् 2008 में मापन सापेक्ष मानक अनिश्चितता  $0.05 \times 10^{-6}$  से किया गया और दाबतुला के आपरेशन के दो साल बाद, 2010 में द्रव्यमान में सापेक्ष परिवर्तन  $-0.080 \times 10^{-6}$  और  $0.024 \times 10^{-6}$  के बीच पाया गया। इस तरह द्रव्यमान  $1.5 \times 10^{-6}$  से  $0.5 \times 10^{-6}$  की सापेक्ष मानक अनिश्चितता के साथ निर्धारित किया गया

बोल्ट्जमान नियतांक निर्धारण के लिए नई दाबतुला के विकास से, बैरोमीटरीक दाब मापन का जरूरी सटीकता स्तर हासिल हो जाएगा जो अब तक प्राथमिक निरपेक्ष दाब मानकों के रूप में पारा दाबमापियों द्वारा ही संभव था। इस प्रकार, नयी दाबतुला के साथ पारा दाबमापियों का भविष्य में व्यापक उपयोग ज्यादा जरूरी नहीं होगा, जिससे पारा पर्यावरण प्रदूषण एवं स्वास्थ्य के लिए जोखिम और कम हो जाएगा। दाबतुला की संचालन सीमा से नीचे दाब मापन के लिये पारे का प्रतिस्थापन तेल आधारित तरल स्तंभ दाबमापियों के विकास के द्वारा प्राप्त किया जा सकता है।

यूरोपीयन ऑटोमोबाइल मैनुफैक्चरर्स एसोसिएशन (ACEA) और यूरोपीय संघ के उद्देश्य के प्रति प्रतिबद्धता के कारण औसत कार के उत्सर्जन को कम करने तथा यूरो 6 मानक अनिवार्य बनाने की दिशा में, नवाचारों (नवाचार) की आवश्यकता है जो डीजल इंजन के मामले में डीजल इंजेक्शन प्रणाली में उच्च दाब के द्वारा ही प्राप्त किया जा सकता है। उच्च इंजेक्शन दाब से बेहतर ईंधन के फैलाव, अधिक संपूर्ण दहन और अंततः  $\text{CO}_2$  और  $\text{NO}_x$  उत्सर्जन में कमी संभव है। नवीनतम उच्च दाब इंजेक्शन प्रणाली के विनिर्माण तथा परीक्षण के लिये 1.5 GPa तक के प्राथमिक और स्थानांतरण दाब मानकों की आवश्यकता है। समुद्री और अन्य भारी ईंधन डीजल इंजीनियरिंग में भी, उच्च दाब कॉमन-रेल इंजेक्शन सिस्टम अनुप्रयोग अनिवार्य रूप से धुआं के स्तर को कम कर सकता है।

अभिनव औद्योगिक प्रक्रियाओं जैसे अर्धचालकों, कोटिंग्स, डिस्पले उत्पादन या EUV लिथोग्राफी के लिये स्वच्छ कंडीशंस, अच्छी तरह से नियंत्रित किया अवशिष्ट दाब या UHV या XHV प्रणाली के प्रयोग की आवश्यकता होती है।

#### 4. एनपीएल में हाल ही में विकासात्मक गतिविधियाँ और भविष्य की योजनाएं

नए विकास घटनाक्रम को जारी रखने और भारतीय उद्योगों की आवश्यकताओं के साथ तालमेल रखने के लिए, NPLI सदैव उन्नत मापन प्रौद्योगिकी का समर्थन करते हुए आवश्यक दाब मानकों की स्थापना, रखरखाव एवं अनुमार्गणीय मापन देने में निरन्तर प्रयासरत है। सही काम के लिए सही उपकरण का चयन करने के दौरान, अंतर दाब मापन सबसे जटिल अनुप्रयोगों में से एक है। इस दौरान आपको न केवल यह ध्यान रखना है कि अंतर दाब रेंज क्या है, बल्कि यह भी विचार करना चाहिए कि मापन उपकरण की मापन प्रणाली उतने दाब को झेलने में सक्षम है या नहीं जोकि अक्सर माप किये जाने वाले अंतर दाब की तुलना में बहुत अधिक होता है।

हाल ही में NPLI ने व्यावसायिक रूप से उपलब्ध अन्य प्राथमिक दाब मानकों की तुलना में अपेक्षाकृत बेहतर रिजॉल्यूशन और शून्य स्थिरता वाला, 1.0 पास्कल (Pa) से 15.0 किलोपास्कल (kPa) की दाब सीमा (निरपेक्ष और गेज) में, एक गैर घूर्णन पिस्टन प्रकार का बल संतुलित पिस्टन गेज स्थापित किया है। इस बल संतुलित पिस्टन गेज के पिस्टन-बेलन असेंबली की विस्तृत मापन अनिश्चितता ( $k=2$  पर)  $\pm 20$  पीपीएम पायी गई जोकि निर्माता के रिपोर्टेड मान  $\pm 26.0$  पीपीएम की तुलना में बेहतर है [7]।

गैसीय क्षेत्र में मौजूदा मापन अनिश्चितता में सुधार लाने के लिए, बड़े व्यास वाले पिस्टन-बेलन आधारित प्राथमिक दाब मानकों की स्थापना भी हाल ही में की है। इसके विभिन्न पिस्टन-बेलन असेंबलियों की विस्तृत मापन अनिश्चितता, 1.0 मेगापास्कल तक 13 पीपीएम, 3.0 मेगापास्कल तक 17 पीपीएम, 6.0 मेगापास्कल तक 20 पीपीएम तथा 10 मेगापास्कल तक 26 पीपीएम है। इन पिस्टन-बेलन असेंबलियों के विस्तृत अभिलक्षण का कार्य जारी है।

अंतर दाब और लाइन दाब के बहुत उच्च अनुपात के कारण उच्च स्थिर अंतर दाब का अंशांकन एक बड़ी समस्या है। इस नाजुक प्रक्रिया के कारण बहुत ही देखभाल और कौशल की आवश्यकता है। इस दिशा में 50 एमपीए तक हाइड्रोलिक अंतर दाब मापन के लिए नए मानकों की स्थापना पर ध्यान केंद्रित किया जा रहा है जोकि जल्द ही स्थापित कर दिए जाएंगे। साथ ही साथ CCPG टाईप प्राथमिक दाब मानकों को उच्च दाब रेंज में 500 एमपीए तक और नीचे कम दाब रेंज में 10 एमपीए तक करने की योजना बनाई गई है। इस प्रकार हम दाब की व्यावहारिक स्केल मौलिक इकाइयों में उन्नत माप अनिश्चितता ( $10$  एमपीए तक  $30 \times 10^{-6}$  XP at  $k=2$  और  $500$  एमपीए  $70 \times 10^{-6}$  Xp at  $k=2$ ) के साथ स्थापित करने में सक्षम होंगे।

द्रवचालित गतिशील दाब मापन के लिये अंशांकन दाब मानक पद्धति स्थापित करने की दिशा में भी कार्य प्रारम्भ किया गया है तथा इस संबन्ध में संभाव्यता रिपोर्ट हासिल की जा चुकी है

#### 5. आभार

लेखक, निदेशक, एनपीएल के लिए उनके लगातार प्रोत्साहन के लिए आभारी है। लेखक उन सभी योगदानकर्ताओं के लिए भी आभार प्रकट करता है जिनका शोधकार्य, प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष रूप से, इस लेख में शामिल किया

गया है। NWP-045 और MIST (PSC0111) परियोजनाओं से प्राप्त वित्तीय सहायताओं का भी बहुत बहुत धन्यवाद।

### सन्दर्भ

1. EMPIR रोडमैप, EURAMT टीसी-एम, प्रेशर एरिया रोडमैप, ड्राफ्ट 1, 29 जून 2012.
2. ड्राफ्ट टैम्पलेट फोर सीसी ऐंड सीसीडब्ल्यूजी स्ट्रैटजी डोक्यूमेंट फोर रोलिंग प्रोग्राम डवलपमेंट, पीरीयड 2013-2023 वर्जन 0.3, 11/11/2012.
3. गार्ड टू दी मीजरमेंट ओफ प्रेशर ऐंड वैक्यूम, मापन और नियंत्रण संस्थान, ब्रिटेन द्वारा प्रकाशित, 1998.
4. प्रेशर मीजरमेंट्स इन गैस मीडिया अप टू 7.5 MPa फॉर दी बोलजमान कोंसटैंट रीडिटरमिनेशन, बलादिमीर सबूगा, PTB-Mitteilungen 121 (2011), वर्जन 3, 247-255.
5. डिजाइन ऐंड इवैलुवेशन ओफ प्रेशर बैलेंस वीथ अनसरटेनिटी फोर दी बोलजमान् कोंसटैंट प्रोजैक्ट, बलादिमीर सबूगा, तासानी प्रीरूनरोम, रोब हैंस, माइकल बेयर, PTB-Mitteilungen 121 (2011), वर्जन 3, 256-259.
6. दी लेजर इन्टरफैरोमीटरिक आयल मैनोमीटर विध फ्लोटस्, इरीना सदकोव्जकाया एवं अलेक्सी ईचवाल्ड, PTB-Mitteilungen 121 (2011), वर्जन 3, 256-259.
7. ऐशटैबलिशमेंट आफ ऐ फोर्स पिस्टन गेज फोर लो गेज एंड एबश्योलूट प्रेशर मीजरमेंट ऐट एनपीएल, इण्डिया, डी अरुण विजयकुमार, ओम प्रकाश और आर के शर्मा, जर्नल ओफ फिजीक्स: कोन्फ्रेंस सिरीज 390 (2012) 012013, 1-6.

# मापन मे गुणवत्ता और गुणवत्ता में मापन

संजय शर्मा

भारती स्वचालन (आटोमेशन) प्राइवेट लिमिटेड

गुड़गाँव, हरियाणा-122051

(e-mail : bhartiapl@gmail.com)

## सारांश

आज मापन प्रयोगशाला से निकल कर आपके दरवाजे पर आ खड़ा हुआ है वह आपसे हर काम में सटीकता चाहता है। चूंकि जीवन की गुणवत्ता मापन की गुणवत्ता से शुरू होती है तो मापन की गुणवत्ता व्यवहार में सटीकता से शुरू होती है! यहाँ सटीकता से मतलब सूक्ष्मता या प्रिसिजन है भवन निर्माता से लेकर राशन खरीदने तक हम मापन के मामले में बेहद लापरवाह हैं। हमने ये सब सरकार के भरोसे छोड़ दिया है। की जब तक कोई नियम नहीं बनेगा, ये सब ऐसे ही चलेगा। हर काम सरकार ही करती है हमें क्या ।

ये प्रवृत्ति हमें इस लायक बनाती है कि हमारा बनाया हुआ सामान दुनिया के बाजार में हस्तशिल्प का नमूना लगता है! हम उत्पादन की गुणवत्ता के लिए क्या नहीं करते। मशीने आयात करते हैं कच्चा माल आयात करते हैं फिर भी हमारी गुणवत्ता नहीं सुधर पाती। आखिर इस समस्या का निदान क्या है?

इस समस्या से निपटने के लिए हमें एक राष्ट्र व्यापी चरित्र अभियान की आवश्यकता है। हम सूक्ष्म होना सीखना होगा, हमें अपने बच्चों को सिखाना होगा कि दो दूनी चार नहीं, चार दशमलव शुन्य शुन्य शुन्य है. ये हमारे व्यवहार का हिस्सा होना चाहिए ।

इस मंच पर ये सारी बातें व्यर्थ और सन्दर्भ से परे लग सकती है। पर यह समय का तकाजा है कि हम ये मूल्यांकन करें कि हम अपने प्रयासों में कितने ईमानदार रहे हैं। मापन में गुणवत्ता सुधारने के लिए हमें महँगी आयतित तकनीकी पर निर्भर होना पड़ता है! हमारे वैज्ञानिकों को परीक्षण के लिए प्रयोगशाला से संसाधन जुटाना भी अतार्किक मानकों की कसौटी पर खरे उतरने जैसा है।

## “स्वदेशीकरण के लिए शोध”

आपने स्वतंत्रता दिवस पर लालकिले से प्रसारित प्रधानमंत्री जी का सम्बोधन सुना होगा!

अब जबकि उन्होंने युवा वैज्ञानिकों, शोधकर्ताओं एवं अभियंताओं को आवाहन किया है कि वे आगे आये और देश को आयात के बोझ से हल्का करें और निर्यात के लिए आयाम स्थापित करें, तो कुछ अपने सुझाव और विचार मैं अपने अनुभव से आपके समक्ष रखना चाहता हूँ जो सम्भवतः आपको वस्तु स्थिति समझने और अपेक्षित परिणाम लाने में सहायक होंगे।



तकनीकी के क्षेत्र में आत्मनिर्भरता कोई बड़ा लक्ष्य नहीं है। सच तो यह है कि तकनीकी के आयात पर कोई राष्ट्रीय नीति ही नहीं है। सरकारी तंत्र के द्वारा मशीनी कल-पुर्जों का जितना भी आयात किया जाता है उसमें क्रय आदेश देने से पहले इस बात की समीक्षा कभी नहीं की जाती कि क्या इसे देश में भी बनाया जा सकता है। उलट इतना धन, जो कि आयात में खर्च होता है, गुणवत्ता सुधारने पर खर्च किया जाना चाहिए। वेंडर डेवलपमेंट की कोई ठोस नीति नहीं होने के कारण हर सरकारी विभाग अपनी अपनी पसंद के वेंडर चुनता है, विदेशी कंपनियां ट्रेनिंग के बहाने अधिकारियों को विदेश भ्रमण करवा कर उपकृत करती हैं और अपने उत्पादों की विशिष्टियां टेंडर में डलवाती हैं। इन विशिष्टियों को मूल्यांकित करने वाला कोई नहीं है कि इस विशिष्टी की उपयोगिता कितनी है। ये विशिष्टियां सिर्फ एक कंपनी को योग्य ठहराने के लिए बनाई जाती हैं।

यहाँ एक स्वदेशीकरण आयोग की आवश्यकता है जिसके पास हर टेंडर मूल्यांकन के लिए जाए। ये आयोग सभी सम्बंधित वेंडरो जिसमें भारतीय कंपनिया भी शामिल हों, को खुली परिचर्चा के लिए आमंत्रित करें और विशिष्टियों का निर्धारण सर्व सम्मति से हो सके और इसका एकाधिकार क्रेता से आयोग के पास आ सके।

इस आयोग के गठन में सबको स्वैच्छिक रूप से अपना योगदान देने के लिए स्वयं को प्रस्तुत करना होगा। अगर कोई मशीन पचास लाख में विदेश से आती है और कोई भारतीय इंजीनियर या कंपनी का टर्नओवर कितना है और उस मशीन को उसने पहले किन सरकारी विभागों में सप्लाई किया है उसके अनुसार कंपनी का अर्नओवर तीस करोड़ से ऊपर होना चाहिए।

अब आप ही बताइये इसका तात्पर्य क्या है? कोई चीज जब पहली बार देश में बनी है तो क्या उसका मूल्यांकन इस आधार पर किया जाना चाहिए कि वह पहले कहाँ कितनी बार सप्लाई हो चुकी है और उस गरीब जिसने अपनी जमा पूँजी खर्च करके वह मशीन बनाई उसकी कंपनी का टर्नओवर कितना है यह हास्यास्पद है।

अभी मैंने कुछ प्रयोगशाला पब्लिक प्राइवेट पार्टनरशिप मॉडल पर बनाई और चलाई हैं जहाँ आयातित सामान बिल्कुल इस्तेमाल नहीं हुआ और काफी विदेशी मुद्रा बची इसमें सम्बंधित वैज्ञानिकों की शोध और स्वदेशी मशीनों का बेहद उत्साहजनक इस्तेमाल हुआ और नतीजे अंतराष्ट्रीय स्तर के मिले। इस मॉडल पर देश में बहुत सी ऐसी प्रयोगशालाएँ स्थापित की जा सकती हैं जहाँ रिसर्च भी सहभागिता से चल सके और सरकारी पैसा बचाया जा सके।

मेरा मानना है कि हमें देश के लिए काम करने वाले युवा शोधकर्ताओं का एक समूह बनाने की आवश्यकता है जो शोध के क्षेत्र में नयी ऊर्जा ला सकें। महँगी आयातित तकनीकी सिर्फ बहुत जरूरी हो तो ही खरीदनी चाहिए क्योंकि यह हमारी अयोग्यता भी दर्शाती है। जो लोग आयातित सामान पर गर्व करते हैं उन्हें इस मानसिकता से निकलने की जरूरत है।

युवा वैज्ञानिकों का यह दल परस्पर सहयोग के साथ इन सभी क्षेत्रों की पहचान करेगा जहाँ हमारा पैसा आयात में ज्यादा खर्च हो रहा है और जहाँ शोध संभव है वहाँ उसे प्रोत्साहित करने के लिए मंच प्रदान करेगा। इसके लिए युवा वैज्ञानिकों को प्रोत्साहन की ही नहीं बल्कि संसाधनों की भरपूर मदद भी मिलनी चाहिए। इस दल में सभी इंजीनियरिंग कॉलेजों को जोड़ जाना चाहिए और उपलब्धियों के लिए पुरस्कृत भी किया जाना चाहिए।

इतना ही नहीं, नयी तकनीकों, मशीनों और कलपुर्जों के निर्माण के लिए सहकारी संस्थाएँ बना कर उन्हें वैश्विक स्तर पर मार्केटिंग करने के लिए हमारे उच्च मैनेजमेंट संस्थाओं को भी इसी दल के साथ जोड़ा जाना चाहिए। यह नदियों को जोड़ने जैसा ही उपक्रम साबित होगा। यह भागीरथी प्रयास इस देश की समृद्धि के लिए है और सभी को इसमें शामिल करना हमारी और सरकार की जिम्मेदारी है।

# बल प्रमाणन उपकरणों के अंशांकन के लिए नए मानक के निहितार्थ

राजेश कुमार एवं राकेश खन्ना

बल और कठोरता मानक

सी.एस.आई.आर - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail : kumarr@npl.india.org)

## सारांश

आई एस 4169: 2014 मानक, जो हाल ही में भारतीय मानक ब्यूरो द्वारा अपनाया गया है और यह आईएसओ 376: 2011 के समान है यह संशोधन अंतरराष्ट्रीय स्तर मानकों और भारतीय स्तर मानकों में संगतता बनाए रखने के लिए आवश्यक है। इससे पहले बल प्रमाणन उपकरणों के अंशांकन आई एस 4169: 1988 मानक जिसकी 2004 में फिर से पुनःपुष्टि की गई थी, के द्वारा किया जाता रहा है। अनिश्चितता के परिणाम की रिपोर्टिंग की गणना के लिए अनिश्चितता मापदंडों का चयन करने के लिए लचीलापन, आई एस 4169: 1988 में था। लेकिन, अब भारतीय मानक ब्यूरो द्वारा नए मानक के कार्यान्वयन के परिणाम स्वरूप, राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली (भारत की राष्ट्रीय मेट्रोलोजी संस्थान) द्वारा समग्रता में मानक का पालन करने के लिए अनिवार्य हो जाता है। कुछ परिवर्तन इस प्रकार है, जैसे नया वर्गीकरण 00 एवं 0.5 वर्ग, अंशांकन बल श्रृंखला के आवेदन बदले हैं, जिसमें दो सेट रिवर्सिबिलिटी माप अथवा क्रीप माप के साथ अनिवार्य है। रिपीटाबिलिटी को रेप्रोड्यूसिबिलिटी के अलावा शामिल किया गया है, उपरोक्त मकसद के संदर्भ में, इस पत्र में एक अध्ययन, पुराने और संशोधित मानक के अनुसार एक एनालॉग बल मानक उपकरण के अंशांकन और एक डिजिटल बल मानक उपकरण के अंशांकन पर किया जा रहा है परिणाम की चर्चा इस पत्र में की गई है।

## 1. परिचय

पिछले कई वर्षों से बल की सटीक माप, तेजी से गुणवत्ता के उत्पादों के विकास के लिए उद्योगजगत में अधिक से अधिक मांग में है। इसी उद्देश्य हेतु, सीएसआई आर-एनपीएल सक्रिय रूप से बल की प्राथमिक मानक एस आई इकाई की स्थापना में लगा हुआ है इसका उद्देश्य, देश भर में (एनपीएल से बल मापन प्रसार में कम से कम गिरावट के साथ) उपयोगकर्ता उद्योगों को उच्चतम संभव सटीकता के साथ बल मापन इकाई की प्राप्ति क्षमता प्रदान करानी है। अंतरराष्ट्रीय मानकों जैसे आईएसओ 376, एएसटीएम E74, आईएस 4169, आदि [1,2], के अनुसार हमारी प्रयोगशाला में स्थापित प्राथमिक बल मानक मशीनों पर बल प्रमाणन उपकरणों का अंश-शोधन किया जाता है। आगे ये ही बल प्रमाणन उपकरण मानक के रूप में यूनिवर्सल टेस्टिंग मशीन्स (यू टी एम एस) के सत्यापन के लिए इस्तेमाल किये जाते हैं। इन मशीनों (यू टी एम एस) का उपयोग उद्योगों में सामग्री और उत्पादों के यांत्रिक परीक्षण के लिए उपयोग किया जाता है। भारतीय मानक ब्यूरो (बीआईएस) ने हाल ही में नवीनतम संशोधित मान आई एस 4169:2014 को अपनाया है, जिसने पुराने संस्करण आई एस 4169:1988 (2004 की पुनः पुष्टि) को बदल दिया है। यह संशोधन अंतरराष्ट्रीय स्तर पर मानक को नवीनतम घटनाओं के

मदद्नजर ध्यान रखते हुए समरूप बनाने के लिए किया गया है। नया मानक आईएसओ 376:2011 के समान है। जिसमें अंशांकन के लिए रिवर्सिबिलिटी माप मौजूदा अनिवार्यता के विशेष संदर्भ के साथ और रिवर्सिबिलिटी माप के बिना अंशांकन के एक विकल्प के साथ मौजूद है, हालांकि, इस विकल्प के तहत एक क्रीप परीक्षण यंत्र के वर्गीकरण और अंशांकन अनिश्चितता का निर्धारण करते समय लेना आवश्यक हैं तदनुसार मानक, ग्राहकों की आवश्यकताओं के अनुसार रिवर्सिबिलिटी, इंटरपोलेशन, क्रीप, आदि के रूप में मात्रा को शामिल किए जाने के आधार पर बल प्रमाणन उपकरणों को वर्गीकृत करने के विकल्प प्रदान करता है।

नए मानक में अनिश्चितता के निर्धारण के लिए अन्य दिशा निर्देशों के अलावा इन परिवर्तनों को ध्यान में रखते हुए विस्तृत अध्ययन के अनुसार बल प्रमाणन उपकरणों के बल के अंशांकन में परिवर्तनों के प्रभाव का अध्ययन करने के उद्देश्य से काफी अच्छी दीर्घकालिका स्थिरता वाले 50 से 100 kN बल रेंज में दो से तीन अधिक सटीकता वाले बल प्रमाणन उपकरणों जैसे फोर्स प्रोविंग रिंग और डिजिटल बल ट्रांसड्यूसर का अंशांकन आई एस 4169:2014 के अनुसार किया गया। उपरोक्त मकसद को ध्यान में रखते हुए, इन परिणामों की अंशांकन अनिश्चितता के ऊपर प्रभावित मात्रा के संदर्भ में चर्चा की गई है। इस नवीनतम आई एस मानक के अध्ययन के अनुसार अंशांकन प्रक्रियाओं में उपयोगिता एजेंसियों के बीच एकरूपता लाने के बारे में मदद मिलने की उम्मीद है।

## 2. अंशांकन विधि

अंशांकन के लिए 50 केएन और 100 केएन क्षमता वाले बल प्रमाणन उपकरणों का इस्तेमाल किया गया, जिनका मोटे तौर पर आई एस 4169:2014 के आधार पर अंशांकन निम्नलिखित प्रक्रिया के द्वारा किया गया है। सबसे पहले बल प्रमाणन उपकरण को बल मानक मशीन पर पर्याप्त समय लगभग (30 मिनट) के लिये तापमान स्थिरीकरण को प्राप्त करने के लिए रखा गया, उसके बाद यंत्र का केलिब्रेशन तीन अलग आवर्तनशील स्थिति में आवश्यक फुल प्रीलोड लगाने के बाद किया गया। 0 डिग्री स्थिति में बल माप की दो श्रृंखला बढ़ते क्रम में ली गई और 120 और 240 डिग्री की स्थिति पर, माप की एक-एक श्रृंखला एप्लाइड बलों के इनक्रीसिंग और डेक्रेअसिंग स्थिति में ली गई। इसके अलावा बल प्रमाणन उपकरण की क्रीप माप प्रक्रिया को मापने के लिये अधिकतम अंशांकन बल के लगाने और हटाने के बाद 30 और 300 S की अवधि में ट्रांसड्यूसर की आऊटपुट वेल्यू में परिवर्तन को मापा गया। प्रयोगात्मक माप, को ऊपर बताई विधि के द्वारा एक एनालॉक डायज गेज प्रूविंग रिंग पर 0 डिग्री, 180 डिग्री, 360 डिग्री पोजिशन पर किया गया, दूसरा प्रयोगात्मक माप के लिए एक डिजिटल लोड सेल का उपयोग 0 डिग्री, 120 डिग्री और 240 डिग्री पर किया गया।

## 3. परिणाम और चर्चा

इन मापों से, यह पाया गया की दोनों तरह से बल प्रमाणन उपकरणों में रिवर्सिबिलिटी और क्रीप की तुलना में, रिवर्सिबिलिटी मापन की अनिश्चितता मूल्यों में एक डोमिनेंटिंग रोल निभाती हैं संशोधित मानक के अनुसार इन मापों में प्राप्त विशिष्ट माप मूल्यों के आकलन को तालिका 9 में संकेत किया है। समग्र अनिश्चितता को मापने के लिये रेज़ल्यूशन त्रुटि दो बार, तथा क्रीप या रिवर्सिबिलिटी त्रुटि में से कोई एक को अन्य घटकों के साथ इस्तेमाल करना है [1,3] क्रीप परीक्षण ना करने पर इसका अनुमान, रिवर्सिबिलिटी त्रुटि को तीन से विभाजित करके लगाया जा सकता है, नए मानक के अनुसार, बल प्रमाणन उपकरणों की तापमान संवेदनशीलता निर्माता द्वारा माप से या सिद्धांत से अनुमान कर निर्धारित करना है और उसको उपकरण की विशिष्टताओं में शामिल

कर के अनिश्चितता योगदान में शामिल करना है। नए ओर और पुराने मानक आई एस 4169 के बीच के अंतर को अंतर तालिका 2 में दिखाया गया है, अतः इस से हम इस निष्कर्ष पर पहुंचे हैं की इन सभी मापदंडों के शामिल किए जाने के साथ समग्र माप अनिश्चितता बढ़ जाती है। अतः ग्राहकों को आवश्यकताओं के अनुसार अनिश्चितता मापदंडों का सावधानी के साथ चयन करना होगा ।

तालिका 1 : नए मानक के अनुसार प्राथमिक बल मानक मशीन पर आनलऑग फोर्स प्रूविंग रिंग और डिजिटल लोड सेल से प्राप्त की गई रिवर्सिबिलिटी और क्रीप मूल्य

	मैग्जिमम रिवर्सिबिलिटी % आउट ऑफ सीरीस X'4 & X'6	क्रीप % (मैग्जिमम केपेसिटी पर)
प्रूविंग रिंग 1	0.85	0.05
प्रूविंग रिंग 2	0.69	0.02
प्रूविंग रिंग 3	0.89	0.03
डिजिटल लोड सेल 1	0.35	0.02
डिजिटल लोड सेल 2	0.29	0.03

तालिका 2 : 4169 मानक के नए ओर पुराने संस्करण के बीच अंतर

आइटम	पुराना मान IS : 4169-88	नया मानक IS : 4169-2014
रेजल्यूशन	एक बार आयताकार वितरण के रूप में	दो बार आयताकार वितरण के रूप में
क्रीप	मापा नहीं	आयताकार वितरण के रूप में शामिल
रिवर्सिबिलिटी	अनिवार्य नहीं	अनिवार्य, अगर क्रीप शामिल नहीं है।
टैपरेचर करेक्शन	0.027%	प्रूविंग रिंग के बारे में निर्माता की विनिर्देश से अनुमान लगाने की जरूरत है या खुद नापे
क्लेसिफिकेशन	0,1,2	00.0.5,1,2

## संदर्भ

1. केलिब्रेशन ऑफ फोर्स ट्रेन्सड्यूसर्स यूज्ड फॉर दा वेरिफिकेशन ऑफ स्टेटिक ये टी एम अकोरडिंग टू आई एस ओ-376:2011
2. मेटड फॉर केलिब्रेशन ऑफ फोर्स प्रूविंग इन्स्ट्रुमेंट्स यूज्ड ऑफ दा वेरिफिकेशन ऑफ उनियक्शियल टेस्टिंग मशीन्स आई एस 4169:1998
3. अनसर्टटी आफ फोर्स मेथमेट्स, केलिब्रेशन गाइड, एउरोमेट/का-04/व-01, मार्च 2010S

# मल्टीफंक्शन कैलीब्रेटर फ्लूक 5720A और रिफरेन्स मल्टीमीटर फ्लूक 8508A के डीसी अंशांकन के लिए स्वचालन प्रोग्राम

पूनम सेठी बिष्ट, एकता मलिक, हरीश कुमार, उषा किरण, थॉमस जॉन एवं ए.के. सक्सेना  
एल.एफ., एच.एफ.इम्पेडेंस एवं डी.सी. स्टैंडर्ड्स

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

## सारांश

उच्च परिशुद्धता का मल्टीफंक्शन कैलीब्रेटर फ्लूक 5720A विद्युत धारा और प्रतिरोध का एक स्रोत है और उन्नत अंशांकन प्रयोगशालाओं में डी.सी. वोल्ट डी.सी. विद्युत धारा और डी.सी. प्रतिरोध के माप के लिए मानक के रूप में प्रयोग किया जाता है। माप के लिए रिफरेन्स मल्टीमीटर फ्लूक 8508A मानक उपकरण है। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला कई प्रयोगशालाओं के उपकरणों के लिए अंशांकन (calibration) प्रदान करता है और अपने माप की अनुमार्गणीयता (traceability) का आश्वासन देता है। माप क्षमता और सटीकता में सुधार करने के लिए फ्लूक 5720A और 8508A का एक माप सेटअप पूर्ण स्वचालित अंशांकन के लिए विकसित किया गया है। विकसित सेटअप पीसी नियंत्रण के तहत चल रहा है। जि.पी.आई.बी इंटरफेसिंग (GPIB interfacing) के माध्यम से एक स्वचालन साफ्टवेयर लैबव्यू (LabVIEW) में विकसित किया गया है। साफ्टवेयर एक्सेल (excel) फाइल में परीक्षण डेटा और अंशांकन परिणाम के लिए सभी आवश्यक कार्य के संचालन के साथ अधिग्रहण, प्रसंस्करण, रिकॉर्डिंग, रिपोर्टिंग और भंडारण करता है। स्वचालन अंशांकन समय कम कर देता है और मापा डेटा गणना रिकॉर्डिंग में संभव गलतियों से बचा जाता है। उपकरण एक ही समय में किसी भी एक पैरामीटर की एक पूरी श्रृंखला के लिए कैलिब्रेट किया जा सकता है।

## 1. प्रस्तावना

डी.सी. विद्युतीय अंशांकन का महत्वपूर्ण स्थान केवल विद्युत माप-विद्या में ही नहीं बल्कि कई अन्य माप-विद्या विषयों में भी है, क्योंकि मेट्रोलॉजिकल अनुमार्गणीयता का पता विद्युतीय मानकों के माध्यम से किया जाता है। इसी कारण विद्युतीय कैलिब्रेशन की मांग अपेक्षाकृत काफी अधिक है। सी.एस.आई.आर.- राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला भारत की राष्ट्रीय मेट्रोलोजी संस्थान (NMI) है। ज्यादातर संगठन देश में अपने मानकों की एस.आई. इकाइयों (S.I., units) के अंशांकन और अनुमार्गणीयता स्थापित करने के लिए अपने मानकों को राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला के पास भेजते हैं। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में डी.सी. मानक डी.सी. वोल्टेज, डी.सी. विद्युत धारा और डी.सी. प्रतिरोध के लिए अंशांकन सेवा प्रदान करता है। डी.सी. अंशांकन प्रयोगशालाओं में सामान्य रूप से इस्तेमाल किये जाने वाला एक उच्च परिशुद्धता उपकरण-Multifunction Calibrator Fluke 5720A वोल्टेज, विद्युत धारा और प्रतिरोध का स्रोत है Fluke 5720A एक विस्तृत श्रृंखला पर सामान्य हाई एंड कैलिब्रेशन के लिए एक बहुत उपयुक्त साधन है, जो 0V से 1100V वोल्टेज और 0A से 2.2A की विद्युत धारा एवं प्रतिरोधों ( $1\Omega$  से  $100\text{ M}\Omega$ ) का एक असतत सेट  $1\times 10^n$  और  $1.9\times 10^n$  (where 'n' is an integer) [2],[3] का स्रोत कर सकता है। ट्रांसकंडक्टन्स एम्पलीफायर (transconductance amplifier) का

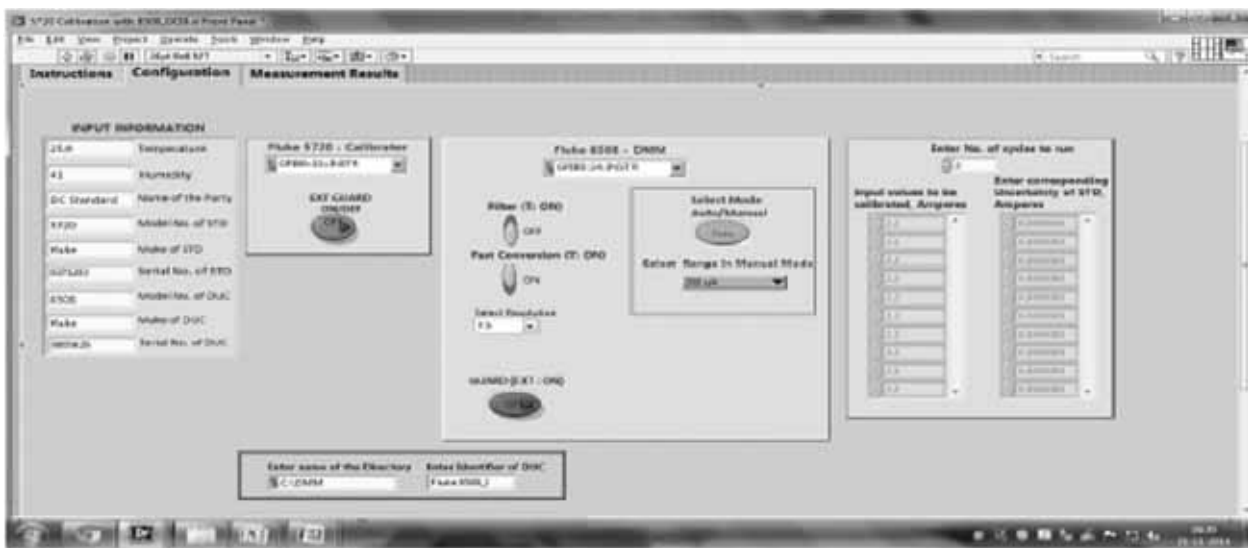


उपयोग कर विद्युत धारा श्रृंखला को 100A तक बढ़ाया जा सकता है। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में भी Fluke 5720A डी.सी. मापदंडों से संबंधित श्रेणियों के स्रोत के रूप में प्रयोग किया जाता है। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में डी.सी. अंशांकन मापन के लिए इस्तेमाल मानक उपकरण 8.5 अंक का उच्च सटीकता, संदर्भ डी.एम.एम, Fluke 8508A है। यह डी.एम.एम. अंशांकन प्रयोगशाला के लिए उपयुक्त एवं सटीक माप उपकरण है [2]। Fluke 5720A एवं Fluke 8508A एक साथ वर्किंग स्टैंडर्ड (WORKING STANDARD) के रूप में कार्य करते हैं। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में यह वर्किंग स्टैंडर्ड डी.सी. मापदंडों के लिए ग्राहकों के मानकों को के कैलिब्रेशन प्रदान करता है। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में फ्लूक 5720A माल्टीफंक्शन कैलीब्रेटर बर्किंग स्टैंडर्ड का कैलिब्रेशन आर्टफाक्ट मेथड (artifact method) से किया जाता है, जिसकी अनुमार्गणीयता JVS और QHR के प्राइमरी स्टैंडर्ड (PRIMARY STANDARD) से प्राप्त की गई है। डी.एम.एम. जो की राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला का कार्यकारी स्टैंडर्ड है उसका अंशांकन एवं अनुमार्गणीयता भी इन्ही प्राइमरी स्टैंडर्ड से की गई है।

## 2. Labview में विकसित सॉफ्टवेयर के साथ स्वचालित कैलिब्रेशन

राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में ग्राहकों के डी.एम.एम. और कैलीब्रेटरस का कैलिब्रेशन बर्किंग स्टैंडर्ड द्वारा किया जाता है। हाई एंड डी.एम.एम. (high end DMM) अंशांकन के लिए fluke 5720A और कैलहब्रेटरस के डी.सी. कैलिब्रेशन के लिए 8508A को वर्किंग स्टैंडर्ड की तरह इस्तेमाल किया जाता है। इसी प्रकार के उपकरणों को अन्य प्रयोगशालाएं भी मानक के रूप में इस्तेमाल कर रहे हैं। और उनके लिए राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला अंशांकन और अनुमार्गणीयता प्रदान कर रहा है।

कैलीब्रेटर या डी.एम.एम का डी.सी. प्राचल (parameter) के कैलिब्रेशनस पूरी रेंज में करने के लिए कार्यभार बहुत ज्यादा बढ़ जाता है। अंशांकन समय को कम करने और अंशांकन दक्षता का सुधार करने के लिए, हमने Fluke5720A और Fluke8508A के स्वचालित अंशांकन को लैब-व्यू में विकसित एक स्वचालन और मापन सॉफ्टवेयर के साथ पूरी तरह से लागू कर दिया है। लैब-व्यू में कस्टम अनुप्रयोगों का निर्माण करना आसान है क्योंकि इसमें बड़ी संख्या में बिल्ट इन फंक्शन्स (built in functions) है जिनके द्वारा यंत्र नियंत्रण, डाटा अधिग्रहण, डाटा प्रोसेसिंग और विश्लेषण करना आसान होता है। सॉफ्टवेयर माप डेटा का साधन नियंत्रण के साथ-साथ अधिग्रहण, रिकॉर्डिंग और भंडारण करता है। यंत्र उनके GPIB पोर्ट (port) के माध्यम से प्रोग्राम द्वारा नियंत्रित किये जाते हैं। यह कार्यक्रम दो मोड में चलाया जा सकता है, एक जिससे कैलिब्रेटर को मानक के रूप में और डी.एम.एम. को कैलिब्रेशन के तहत डिवाइस के रूप में, और दूसरा जिसमें कैलिब्रेटर को कैलिब्रेशन के तहत डिवाइस और डी.एम.एम. को मानक के रूप में प्रयोग किया जा सकता है। प्रोग्राम, सभी तीन डी.सी. मापदंडों को कवर करने के लिए बोल्टेज, विद्युत धारा और प्रतिरोध कैलिब्रेशनस के अनुसार तीन मॉड्यूल में विभाजित है। प्रोग्राम उपयोगकर्ता के बहुत अनुकूल बनाया गया है। प्रोग्राम में अंशांकन का मूल्य एक सारणी में निवेश कराया जाता है जिसे अंशांकन की किसी भी एक प्राचल (parameter) की पूरी रेंज को प्रोग्राम एक ही बार (single run) में पूरा कर देता है। प्रोग्राम गम दस्तावेज़ के अनुसार माप अनिश्चितता की गणना और एक एक्सेल फ़ाइल में परिणाम का उत्पादन करने के लिए बनाया गया है।



चित्र 1 : प्ररूपी लैब-व्यू के प्रोग्राम के फरंट पेन्ल को दर्शाता है। यह विशेष मॉड्यूल करंट कैलिब्रेशन दिखाता है। अन्य मापदंडों के लिए समान विन्यास हैं जहां सभी आवश्यक विवरण दर्ज किये जा सकते हैं[1]।

अनिश्चितता की गणना करने के लिए, उपयोगकर्ता शुरुआत में सभी प्रकार के Type B पैरामीटर निवेश करता है[4]। अंशांकन प्रक्रिया की सभी प्रासंगिक जानकारी जैसे की पहचान (दोनों मानक और DUC), तारीख और अंशांकन का समय, पर्यावरण की अवस्था आदि की जानकारी इसमें दर्ज की जा सकती है और यह सब स्वचालित रूप से एक्सेल में अंशांकन परिणाम के साथ साथ दर्ज होती है।

CALIBRATION OF 8508																
1	Date	01-01-2014														
2	Time	15:30:00														
3	Temperature	25.8														
4	Humidity	81														
5	Name of the Parts (If Voltage & Current)															
6	Model No. of STD	5728														
7	Make of STD	Fluke														
8	Serial No. of STD	8175203														
9	Model No. of DUC	8508														
10	Make of DUC	Fluke														
11	Serial No. of DUC	902251531														
12	Input Value, V	0.001	0.01	0.1	1	10	100	1000								
13	Mean	8.001000514	0.01	0.1	1.000015	10.00005	99.99997	1000.001								
14	STD	8.000000275	4.4E-08	3.6E-08	1.1E-06	1.03E-05	1.80E-05	0.000134								
15	Type A	8.000000258	6E-09	5E-09	1.25E-07	1.44E-06	2.87E-06	2.38E-05								
16	Uk	0.0000175	2E-09	3E-09	9E-07	8.5E-07	2.5E-06	2.5E-06								
17	Uf	8.000000003	9E-09	3E-09	2.8E-08	2.85E-07	2.85E-06	2.85E-05								
18	Uk	0.0000175	7E-09	6E-09	9.34E-07	1.7E-06	4.66E-06	3.68E-05								
19	u01	2.88888E+12	85.72901	115.3125	50040.2	84.24605	431.4066	373.0461								
20	b	2	1.025	2	2	2.025	2	2								
21	Ur	0.000015	1.4E-08	1.3E-08	1.83E-06	3.44E-06	9.12E-06	7.24E-05								

चित्र 2 : कैलिब्रेशन परिणामों की एक्सेल शीट. यह यंत्र के वारे में जानकारी को संक्षेप कर, मापन डेटा और अनिश्चितता गणना का रिकार्ड कर एक्सेल शीट में दर्शाता है।

डी.एम.एम. और कैलिब्रेटर के अंशांकन के लिए इस प्रोग्राम का बड़े पैमाने पर परीक्षण किया गया है एवं इसके द्वारा प्राप्त किये गए परिणामों को मैनुअल कैलिब्रेशन द्वारा सत्यापित किया गया है। अब हम

मूल्यों की पूरी रेंज भर के लिए ग्राहकों से आने वाले इन दोनों उपकरणों के कैलिब्रेशन्स के लिए स्वचालन विधि का उपयोग कर रहे हैं।

उम्मीद की जा रही है की स्वचालित अंशांकन प्रक्रिया मैनुअल विधि पर कई विशिष्ट लाभ प्रदान करता है। उनमें से प्रमुख हैं :-

1. पूरी तरह से स्वचालित ऑपरेशन अंशांकन समय काफी कम कर देता है और अंशांकन नायाब (unattended) चलाने के लिए अनुमति देता है।
2. अंशांकन शर्तों, DUC डेटा, अनिश्चितता गणना और परिणामों को एक एक्सेल फ़ाइल में तुरन्त दस्तावेजीकरण कर कैलिब्रेशन प्रक्रिया की कार्यक्षमता को सुधार करता है।
3. स्वचालन डेटा रिकॉर्डिंग त्रुटियों को नष्ट कर माप सटीकता में सुधार करता है।
4. माप किसी अतिरिक्त प्रयास के बिना कितनी भी बार दोहराया जा सकता है।
5. डेटा नमूना से होने वाली किसी भी प्रकार की व्यक्तिगत पूर्वाग्रह को दूर करता है।

### सन्दर्भ

1. [www.ni.com](http://www.ni.com)
2. <http://us.flukecal.com/products/electrical-calibration/bench-multimeters/8508a-85-digit-reference-multimeter-0>
3. <http://us.flukecal.com/products/electrical-calibration/electrical-calibrators/5700a5720a-multifunction-calibrators-2>
4. GUM दस्तवेज, एन.ए.बि.एल., 2000

# राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला (भारत) में निम्न आवृत्ति वोल्टेज और करंट पैरामीटर की अनुमार्गणीयता की वर्तमान स्थिति

सुनिधि लूथरा, बिजैन्दर पाल, पी.एस. नेगी एवं वी.एन. ओझा  
निम्न, उच्च आवृत्ति वोल्ट, धारा एवं माइक्रोवेव मानक

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail: modaansunidli@nplindia.org)

## सारांश

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला (भारत), एक राष्ट्रीय मेट्रोलोजी संस्थान और प्रमुख अनुसंधान और विकास केन्द्र है। प्रयोगशाला की मुख्य जिम्मेदारी माप मानक बनाए रखने के लिए है। मल्टी जंक्शन थर्मल कन्वर्टर, अंतरराष्ट्रीय स्तर पर LF वोल्ट और करंट के लिए प्राथमिक मानक स्वीकार किया जाता है और उनकी अनुमार्गणीयता उन्हें एसी-डीसी स्थानांतरण अंतर निर्दिष्ट करके स्थापित किया जाता है। थर्मल बोलटेज कन्वर्टर का उपयोग निम्न आवृत्ति वोल्टेज के डिजिटल मल्टीमीटर और करंट की अनुमार्गणीयता श्रृंखला और अंशांकन का स्वचालन प्रस्तुत है। अंशांकन का स्वचालन मानव की भागीदारी कम करता है और इसलिए त्रुटियों की संभावना कम कर देता है।

## 1. प्रस्तावना

मल्टीजंक्शन थर्मल कन्वर्टर (MJTC) को 10Hz से 1 MHz के लिए अंतरराष्ट्रीय स्तर पर निम्न आवृत्ति वोल्टेज और धारा के लिए प्राथमिक मानकों के रूप में स्वीकार्य है। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, भारत में निम्न आवृत्ति (LF) वोल्टेज और धारा के प्राथमिक मानक को स्थापित करने के लिए दो वोल्ट वाले चार MJTC के बैंक को राउंड रोबिन ढंग से पूर्ण एसी-डीसी स्थानांतरण अंतर (पीपीएम में) निर्धारित किया जाता है। MJTC को निर्धारित यह एसी-डीसी स्थानांतरण अंतर दूसरे स्थानांतरण मानकों को हस्तांतरित किया जाता है। जिन्हें उपयोग करके वोल्टेज और धारा के संपूर्ण मान को प्राप्त करने के लिए परिशुद्ध अंशशोधक (Calibrators) और मल्टीमीटर (जो कार्यकारी मानक हैं) को अंशांकित किया जाता है इस तरह से अनुमार्गणीयता को देश के भीतर या दूसरे देशों के उद्योगों के लिए स्थानांतरित किया जाता है। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, भारत (NPLI) में स्थापित प्राथमिक मानकों को सत्यापित करने के लिए, इंटरनेशनल कुंजी तुलना भी की जाती है।

## 2. क्वांटम आधारित प्राथमिक मानक

वर्तमान समय में डीसी वोल्टेज और डीसी प्रतिरोध के क्वांटम आधारित प्राथमिक मानक क्रमशः जोसेफसन डीसी वोल्टेज मानक और क्वांटम हॉल डीसी प्रतिरोध मानक हैं तथा दुनिया की अग्रणी राष्ट्रीय मेट्रोलोजी संस्थान (NMI) जोसेफसन एसी वोल्टेज मानक या जोसेफसन एसी विद्युत शक्ति मानक स्थापित करने के लिए भी काम कर रही हैं। पिछले कई वर्षों में उल्लेखनीय प्रयासों द्वारा एसी-डीसी वोल्टेज और धारा के बीच की कड़ी के रूप में थर्मल कन्वर्टर के स्थान पर जोसेफसन जंक्शन सरणियों (JJA) द्वारा मानक एसी वोल्टेज उत्पन्न करने के लिए उपयोग किया गया है इस दिशा में दो मुख्य तरीकों को आगे बढ़ाया जा रहा है:

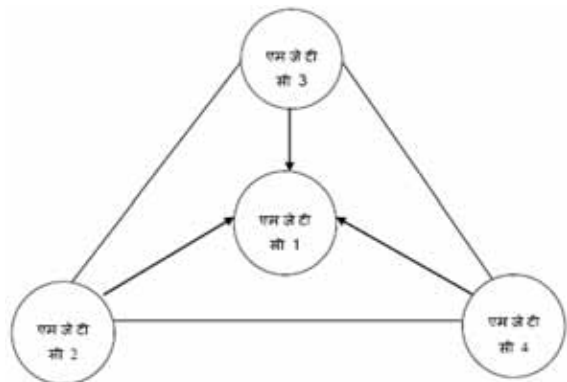
1. प्रोग्रामयोग्य JJA द्वारा साइन तरंग को संश्लेषित करने (चरणबद्ध तरीके से) के लिए एक द्विआधारी  $n$  भारित डिजिटल से एनालॉग कनवर्टर के रूप में इस्तेमाल किया जाता है।
2. एक पल्स ट्रेन द्वारा क्वांटम सटीक एसी वोल्टेज को डिजिटली संश्लेषित किया जाता है एसी जोसेफसन मानक जो जोसेफसन प्रभाव पर आधारित है, जो बताता है कि यदि कमजोर युग्मित अतिचालक में डीसी सुपर धारा आपनी महत्वपूर्ण मूल्य को पार कर जाता है जो एक प्रत्यक्ष वोल्टेज  $V$  (V) कमजोर युग्मन क्षेत्र में प्रकट होती है और एक  $\gamma$  आवृत्ति का प्रत्यवर्ती धारा प्रवाह होता है,

$$V = \frac{h\gamma}{2e}$$

जहां  $h$  प्लैंक का स्थिरांक और  $e$  इलेक्ट्रॉनिक चार्ज हैं

### 3. प्राथमिक मानक का प्रयोगात्मक मूल्यांकन

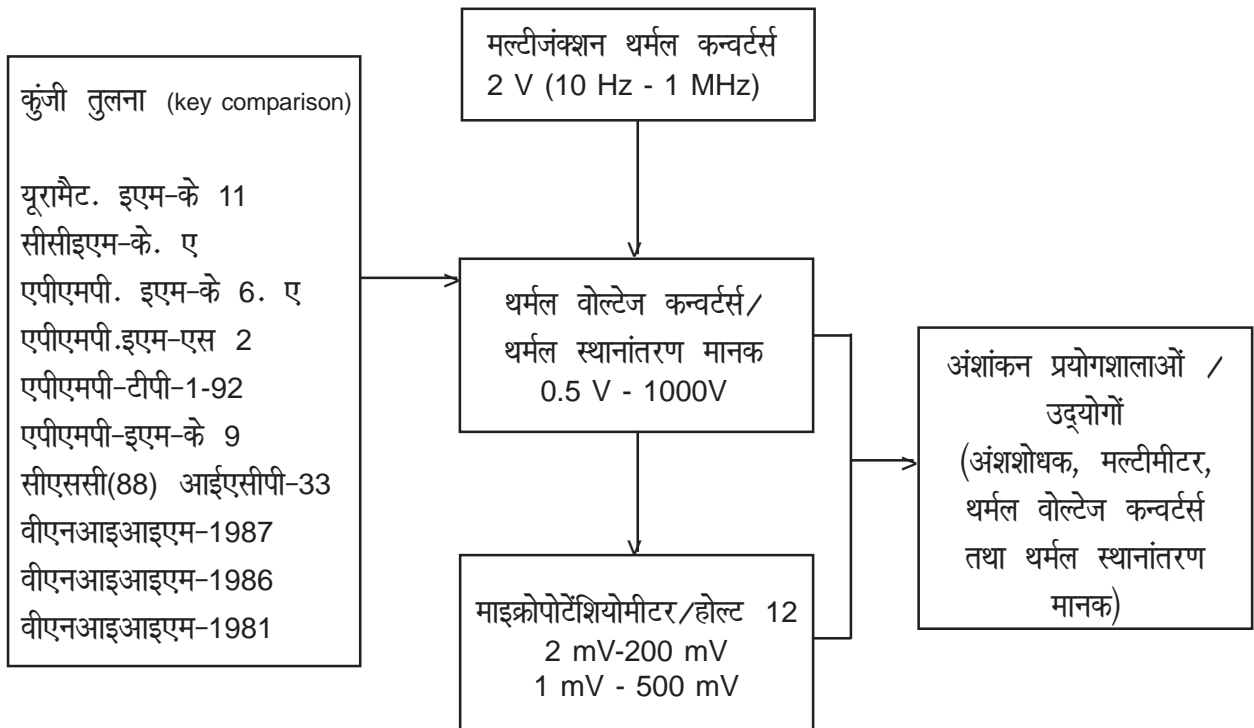
प्रायोगिक मूल्यांकन से पहले MJTC का सैद्धांतिक मूल्यांकन भी किया जाता है। जिसके द्वारा एसी-डीसी स्थानांतरण अंतर ज्ञात किया जाता है प्रायोगिक मान और सैद्धांतिक मान दोनों लगभग बराबर होने चाहिए। एक NMI के रूप में, NPLI के पास निम्न आवृत्ति वोल्टेज और धारा मापन के लिए अपने स्वयं के प्राथमिक मानक के रूप में समान विशेषताओं (2V या 5 mA इनपुट पर MJTC से उत्पन्न थर्मल ईएमएफ लगभग 100 mV होता है) वाले चार MJTCs का एक बैंक है। जिसे राउंड रोबिन ढंग से एसी-डीसी स्थानांतरण अंतर निर्धारित करने के लिए (चित्र 1 में दिखाई योजना अनुसार) प्रत्येक MJTC की तुलना अन्य तीन MJTC के साथ की जाती है। इन तीन MJTCs द्वारा आवंटित एसी-डीसी स्थानांतरण अंतर से औसत मान की गणना की जाती है एसी-डीसी स्थानांतरण अंतर के औसत मान में अनिश्चितता की गणना के लिए तुलना त्रुटियों और माप सेटअप की व्यवस्थित अनिश्चितताओं को शामिल किया जाता है। उदाहरण के लिए MJTC1 का मान परिणाम 1 kHz आवृत्ति पर एसी-डीसी स्थानांतरण अंतर 1.2 पीपीएम और अनिश्चितता  $\pm 4.5$  पीपीएम है।



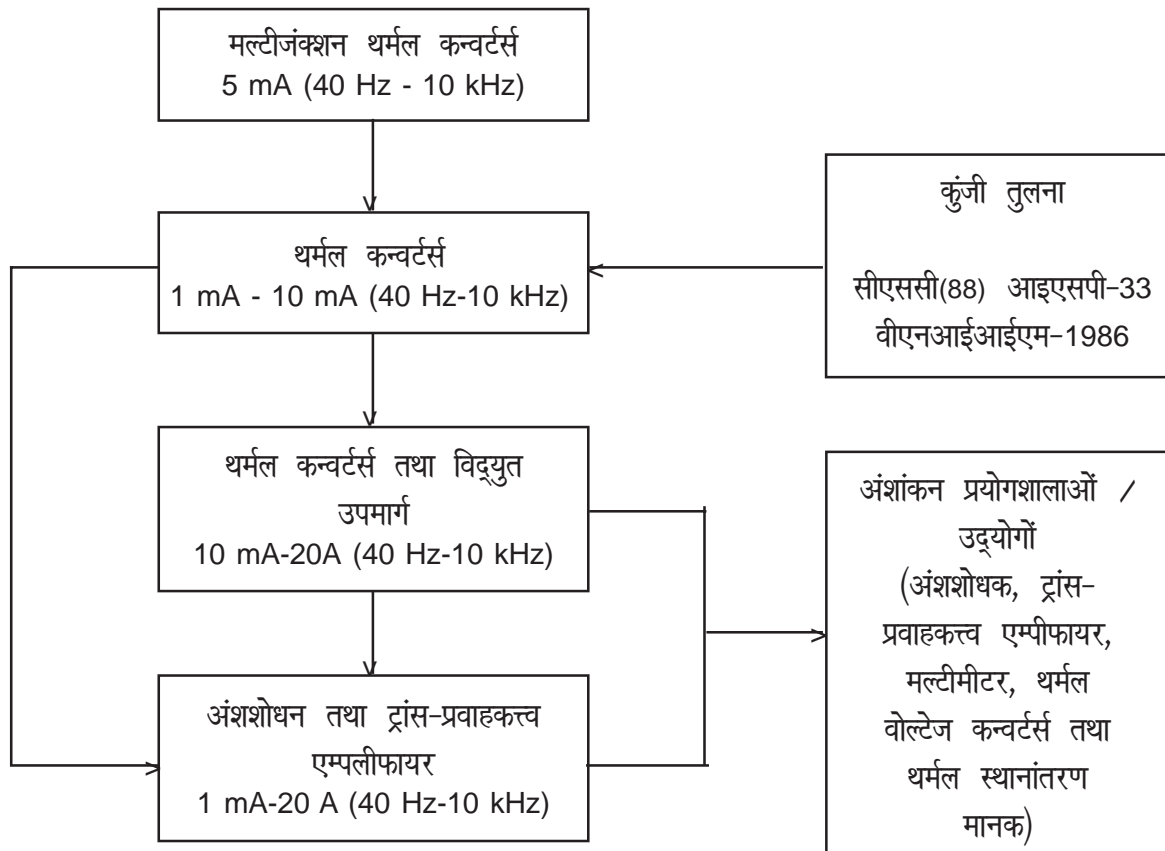
चित्र 1. राउंड रोबिन ढंग से MJTCs का मूल्यांकन

### 4. अनुमार्गणीयता श्रृंखला

निम्न आवृत्ति वोल्टेज और धारा के लिए अनुमार्गणीयता श्रृंखला चित्र 2 और चित्र 3 में दिखाई गई है। अनुमार्गणीयता माप की एक अटूट श्रृंखला है जिसे अंतरराष्ट्रीय कुंजी तुलना के माध्यम से बनाए रखा जाता है। निम्न आवृत्ति वोल्टेज पैरामीटर की मान्यता के लिए अंतरराष्ट्रीय स्तर पर दस कुंजी तुलनाएँ और निम्न आवृत्ति धारा के लिए दो कुंजी तुलनाएँ की गई हैं जिनका विवरण चित्र 2 और चित्र 3 में किया गया है। श्रृंखला के प्रत्येक चरण की अनिश्चितताओं को ज्ञात और प्रलेखित किया गया है। थर्मल वोल्टेज कन्वर्टर/थर्मल स्थानान्तरण मानकों और विद्युत उपमार्ग की माप अनिश्चितता (शुद्धता) को बनाए रखने के लिए सुनिश्चित गुणवत्ता प्रणाली बनाई गई है।



चित्र 2. निम्न आवृत्ति वोल्टेज के लिए अनुमार्गणीयता श्रृंखला

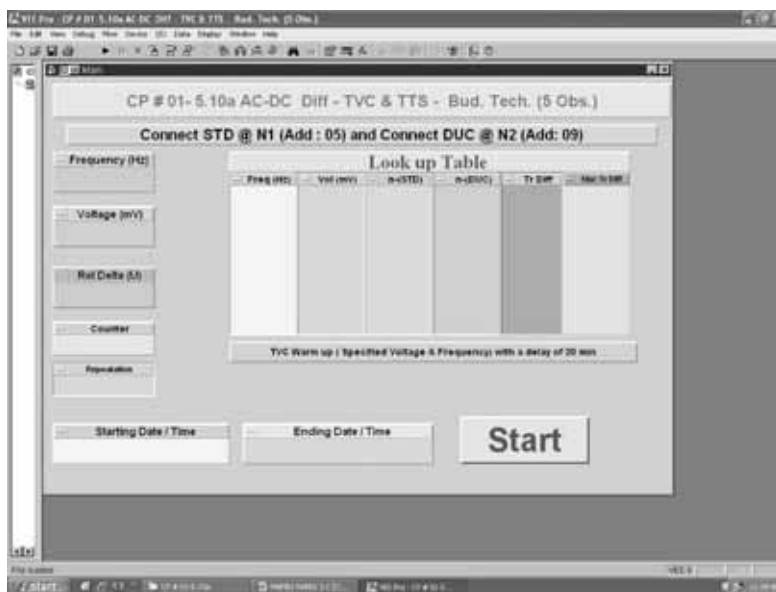


चित्र 3. निम्न आवृत्ति धारा के लिए अनुमार्गणीयता श्रृंखला

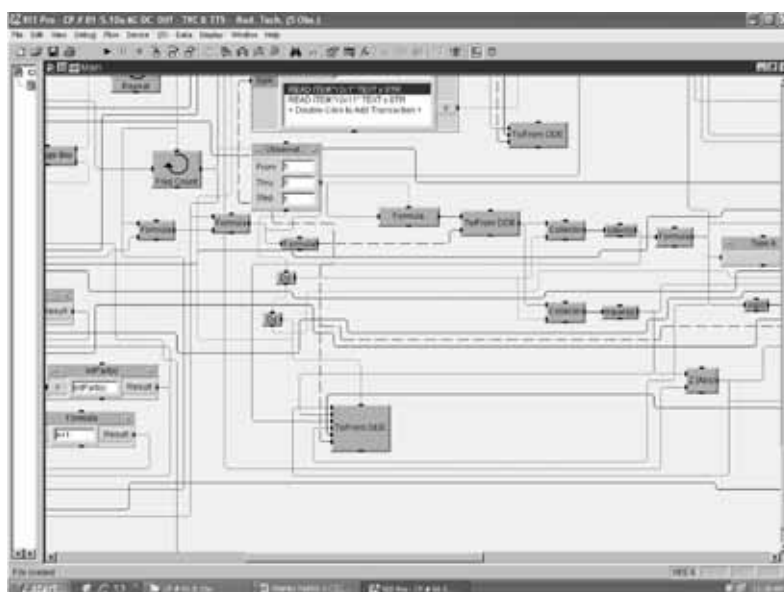


## 5. एसी-डीसी स्थानांतरण अंतर मापन में पूर्ण स्वचालन की शुरुआत

स्वचालन की जरूरत को नजरअंदाज नहीं किया जा सकता क्योंकि एसी-डीसी स्थानांतरण अंतर को मापना एक जटिल और कठिन कार्य है। VEE प्रो एक चित्रमय प्रोग्रामिंग वातावरण है, जिसका प्रयोग इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों के तीव्र माप विश्लेषण और कम विकास समय के लिए किया जाता है। इस सॉफ्टवेयर में माप डेटा के विश्लेषण के लिए सैकड़ों शक्तिशाली कार्यों (functions) हैं। इस आवेदन में सामने (front) और पीछे (back) के पैनल (चित्र 4 और 5 में दिखाए अनुसार) होते हैं। यह सामान्य प्रयोजन बस (GPIB इंटरफ़ेस) का उपयोग करके इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों का दृढ़ता से समर्थन करता है सामने के पैनल पर, केवल ऑपरेटर द्वारा प्रदर्शन की जाने वाली गतिविधियाँ मौजूद हैं और पीछे का पैनल बाकी के प्रोग्राम को संभालता है।



चित्र 4. सामने (front) का पैनल



चित्र 5. पीछे (back) का पैनल

## 6. माप परिणाम

एक 6V के थर्मल वोल्टेज कनवर्टर को स्वचालन तथा मैनुअल विधि से एसी-डीसी स्थानांतरण अंतर निर्धारित किया गया है। यह एसी-डीसी स्थानांतरण अंतर दोनों तरीकों से अनिश्चितता की सीमाओं के भीतर समाहित है। उनकी अनिश्चितताओं के साथ माप परिणाम तालिका 1 व 2 में दिए गए हैं।

तालिका 1: मैनुअल तरीके से 6V टीवीसी का पूर्ण एसी डीसी स्थानांतरण अंतर

आवृत्ति (हर्ट्स)	एसी-डीसी स्थानांतरण अंतर (पीपीएम में)	अनिश्चितता (पीपीएम में)
10	20.5	$\pm 9.2$
40	4.2	$\pm 7.6$
1000	-1.2	$\pm 7.2$
20000	5.3	$\pm 6.6$
100000	7.0	$\pm 7.2$
1000000	42.6	$\pm 25.3$

तालिका 2: स्वाचालित पद्धति से 6V टीवीसी का पूर्ण एसी डीसी स्थानांतरण अंतर

आवृत्ति (हर्ट्स)	एसी-डीसी स्थानांतरण अंतर (पीपीएम में)	अनिश्चितता (पीपीएम में)
10	-4.5	$\pm 8.9$
40	3.9	$\pm 7.0$
1000	1.0	$\pm 6.6$
20000	4.8	$\pm 5.8$
100000	6.5	$\pm 6.6$
1000000	39.2	$\pm 24.4$

## 7. निष्कर्ष

माप परिणामों में मैनुअल तरीके से और स्वचालित तरीके से सौंपी गई अनिश्चितताओं के भीतर अच्छा समझौता दिखा रहे हैं। इन परिणामों की पुष्टि अंतर्राष्ट्रीय अन्तर तुलना के माध्यम से समय-समय पर की जाती है। एसी-डीसी स्थानांतरण अंतर निर्धारित करने के लिए इस्तेमाल किया गया सॉफ्टवेयर Agilent के VEE प्रो का उपयोग करके बनाया गया है।

## 8. आभार

इस काम को प्रकाशित करने की अनुमति और प्रोत्साहन के लिए हम प्रो.आर.सी. बुधानी निदेशक राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, भारत के आभारी हैं। हम इस पत्र में संदर्भित प्रकाशित पत्रों तथा रिपोर्टों के सभी लेखकों को धन्यवाद देना चाहते हैं।

## सन्दर्भ

1. ए. के गोविल, शऊद अहमद, बिजेंद्र पाल और पी.सी कोठारी “निम्न आवृत्तियों पर वोल्ट के लिए एक स्वचालित एसी डीसी हस्तांतरण माप प्रणाली का विकास तथा वर्तमान (Development of an automated AC-DC transfer Measurement system for Voltage and Current at Low frequencies)” सीपीइएम 2008, जून 08-13 पृष्ठ संख्या-590-591 कोलोराडो, यू एस ए.
2. पी.एस. थसपचोप फिलिप्सकी, एम. बोएकर, एस.पी.बेंज, सी.जे.बरोज़ “एनआरसी में एक एसी जोसेफसन वोल्ट मानक की स्थापना (Establishing an AC Josephson Volatage Standard at NRC)” सीपीइएम 2010, जून 13-18 पृष्ठ संख्या 22-23 डाइजॉन, कोरिया.

# आकार नियंत्रित सिलिका नैनोकणों का संश्लेषण तथा लक्षण-वर्णन

गिरिजा मूना<sup>1</sup>, रीना शर्मा<sup>1</sup>, वी.एन. ओझा<sup>1</sup> एवं निधि सिंधु<sup>2</sup>

<sup>1</sup>सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

<sup>2</sup>डी.सी.आर.यू.एस.टी. - मुरथल

## सारांश

इस शोधपत्र में सिलिका नैनोकणों का संश्लेषण प्रोब अल्ट्रासॉनिकेशन विधि से टी.ई.ओ.एस., मिथेनॉल तथा अमोनिया का प्रयोग करके किया गया है। तत्पश्चात आकार नियंत्रण के लिए नैनोकणों का 600 डिग्री सेल्सियस पर केलसिनेशन किया गया। नैनोकणों के लक्षण-वर्णन हेतु एस.ई.एम., एक्स.आर.डी. तथा स्कैनिंग मोबिलिटी पार्टिकल साइजर आदि तकनीकों को प्रयोग किया गया है। इन नैनोकणों को वस्तुतः एक बहुलक के साथ मिश्रित करके नए सम्मिश्रण का विकास किया जा सकता है, तथा इस सम्मिश्रण को विभिन्न क्षेत्रों में प्रयोग में लाया जा सकता है।

## 1. प्रस्तावना

नैनोकण वो कण हैं जिनका आयाम 100 नैनोमीटर या उससे कम होता है। इस पैमाने पर नैनोकण मौलिक पदार्थ से भिन्न व्यवहार प्रदर्शित करने लगते हैं। 1-100 नैनोमीटर तक के आयाम के कण आप्त्विक तथा परमाप्विक स्थिति के मध्यस्थ माने जा सकते हैं। माइक्रोकणों से नैनोकणों तक का परिवर्तन किसी भी पदार्थ के भौतिक गुणों में अत्यधिक विभिन्नता को उत्पन्न करता है। एक विस्तृत पदार्थ अपने आकार के निरपेक्ष नियत भौतिक गुणों को बनाए रख सकता है, परंतु नैनो पैमाने पर आकार भौतिक गुणों को महत्वपूर्ण रूप से प्रभावित करता है। नैनोकण अपने विशिष्ट गुणों के कारण अभियांत्रिकी तथा औद्योगिकी के क्षेत्र में अच्छी पकड़ रखते हैं। इन क्षेत्रों के विभिन्न अनुप्रयोगों में नैनोकणों का महत्व, अनुसंधान का एक सक्रिय क्षेत्र बनता जा रहा है। जैसे-जैसे कणों का आकार घटता जाता है, सतह तथा इंटरफेस परमाणुओं की बढ़ती संख्या तनाव तथा संरचनात्मक विचलन को उत्पन्न करती है। नैनोकणों के संश्लेषण के समय इस आंतरिक तनाव के साथ साथ संश्लेषण प्रक्रिया से जुड़ा बाह्य तनाव भी हो सकता है, जिसको केलसिनेशन से दूर किया जा सकता है।

इस प्रयोग में सिलिका नैनोकणों को दो भिन्न तापमानों पर संश्लेषित किया गया है। संश्लेषण के बाद नैनोकणों को आकार नियंत्रण के लिए केलसिनेट किया गया है।

## 2. प्रयोगात्मक विधि तथा उपकरण

सामान्यतः विभिन्न रसायनों, उत्प्रेरकों तथा रसायनिक क्रिया की परिस्थितियों के अनुसार भिन्न-भिन्न आकार के नैनोकणों का संश्लेषण किया जा सकता है, परंतु इस प्रयोग में सिलिका नैनोकणों के संश्लेषण के लिए टेट्रा-एथिल-ओर्थो-सिलिकेट (0.58 मोल/ली), मिथेनॉल तथा अमोनिया (0.6 मोल/ली, फीड दर 0.01 माइक्रोली/सेकंड) को एक विशेष रासायनिक अनुपात में मिला कर प्रोब अल्ट्रा-सोनिकेटर (चित्र 1) पर रख कर 10 मिनट के लिए छोड़ देते हैं।

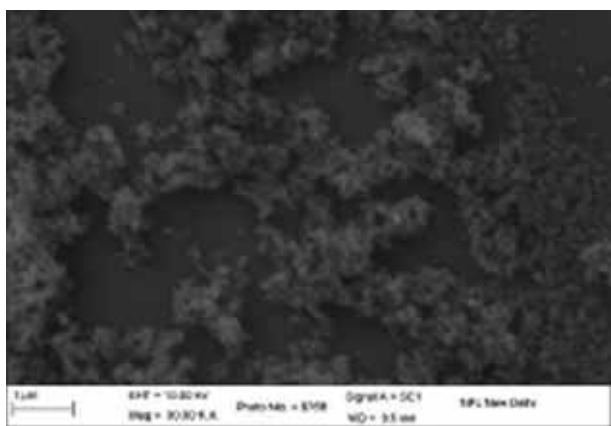


चित्र 1 : प्रोब अल्ट्रा-सोनिकेटर

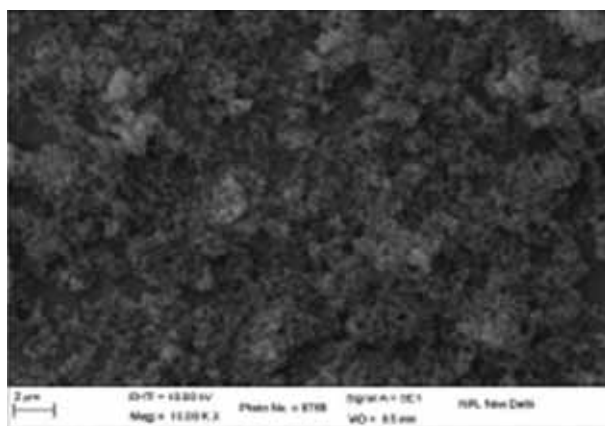
प्रोब अल्ट्रा-सोनिकेशन की आवृत्ति 42 किलोहर्ट्ज रखी जाती है। प्रयोग के समय पहली बार रासायनिक क्रिया जोन का तापमान 30 डिग्री सेल्सियस रखा गया है। तत्पश्चात् संश्लेषित नैनोकणों को 600 डिग्री सेल्सियस पर केलसिनेट किया गया। इसी प्रक्रिया को रासायनिक क्रिया जोन का तापमान 60 डिग्री सेल्सियस रख कर दोहराया गया, यह देखने के लिए की रासायनिक क्रिया जोन के तापमान का तथा केलसिनेशन का नैनोकणों के आकार पर क्या प्रभाव पड़ता है। इस प्रभाव के अवलोकन के लिए विभिन्न लक्षण-वर्णन तकनीकों जैसे स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी, एक्स रे क्रिस्टेलोग्राफी तथा स्कैनिंग मोबिलिटी पार्टिकल साइजर का प्रयोग किया गया है।

### 3. परिणाम तथा चर्चा

सिलिका नैनोकणों के आकार के निर्धारण के लिए पहले स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी का प्रयोग किया गया। इसके लिए सिलिका नैनोकणों को एथेनॉल में मिला कर कुछ देर रख दिया गया। फिर सिलिकॉन वेफर के एक सेम्पल पर सिलिका नैनोकणों + एथेनॉल के मिश्रण की 1-2 बूंद डाल कर स्पिन कोटर की सहायता से कोट किया गया है। चित्र-2 तथा चित्र-3 में 30 डिग्री एवं 60 डिग्री पर संश्लेषित सिलिका नैनोकणों की ए.एस.ई.एम. प्रतिकृति दिखाई गई है।

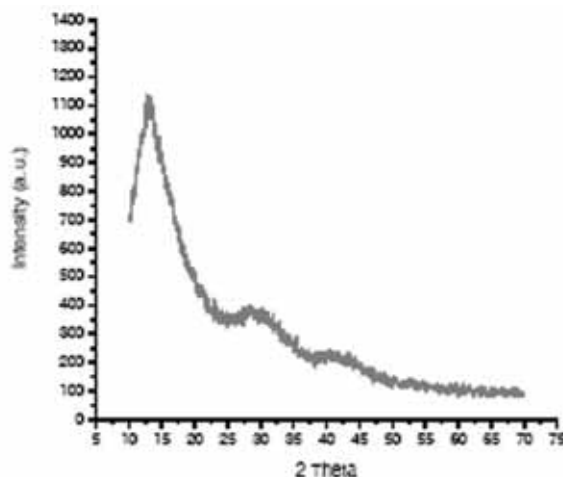


चित्र 2 : 30 डिग्री तापमान पर संश्लेषित सिलिका नैनोकण

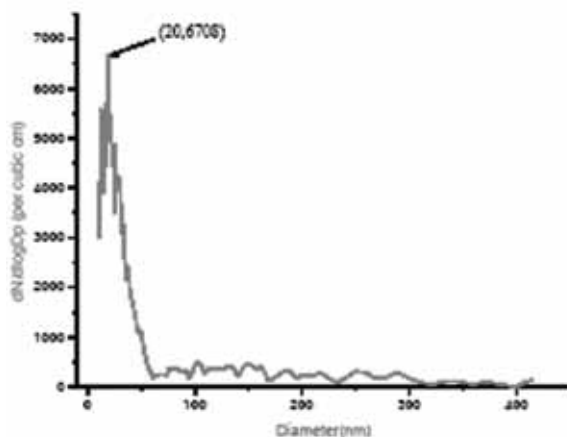


चित्र 3: 60 डिग्री तापमान पर संश्लेषित सिलिका नैनोकण

इन प्रतिकृतियों में स्पष्ट रूप से सिलिका नैनोकण संकुलित अवस्था में दिखाई देते हैं। अतः इस प्रयोग के अंतर्गत संश्लेषित सिलिका नैनोकणों के आकार को सुनिश्चित करने के लिए नैनोकणों का एक्स.आर.डी. किया गया (चित्र-4)। (चित्र-5) में स्कैनिंग मोबिलिटी पार्टिकल साइजर से प्राप्त किया गया परिणाम दिखाया गया है।



चित्र 4



चित्र 5

क्रम संख्या	तापमान	औसत नैनोकण आकार (नैनोमीटर)
1	30 डिग्री सेल्सियस	20
2	60 डिग्री सेल्सियस	12

#### 4. निष्कर्ष

इस प्रयोग से यह निष्कर्ष निकलता है कि संश्लेषण/रासायनिक क्रिया के तापमान का नैनोकणों के आकार पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। अतः किसी विशिष्ट आकार के नैनोकणों को संश्लेषित करने के लिए रासायनिक क्रिया के तापमान को नियंत्रित करना अति आवश्यक है।

## 5. आभार

लेखकगण राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला के निदेशक का उनके प्रोत्साहन तथा मार्गदर्शन के लिए आभार व्यक्त करते हैं। साथ ही लेखक उन सभी व्यक्तियों का, जिन्होंने इस प्रयोग को करने के लिए अपनी सुविधाओं का उपयोग करने की सहमति दी धन्यवाद करते हैं ।

## संदर्भ

1. ए एस संधिया, एस सी प्रधान आदि, इंडियन जर्नल ऑफ मेडिकल रिसर्च मेड, 2001, 681-701
2. एम जफरजदेह, आइ ए रहमान आदि, जर्नल ऑफ सोल-जेल साइन्स टेक्नालजी, 2001, 328-336
3. एस आर कोटा, के ऐ हामी आदि, जर्नल ऑफ कोल्लोईड एंड इंटरफेस
4. अजयन पीएम, श्वद्लर एल एस (2003) नैनोकोम्पोसीट साइन्स एंड टेक्नालजी

# उच्च वोल्तता प्रतिरोधक विभाजक की अनिश्चितता पर वोल्टेज का प्रभाव

कुलभूषण रावत

दिष्ट धारा उच्च वोल्तता मानक

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail: kbrawat@nplindia.org)

## सारांश

यह पेपर परिशुद्ध उच्च वोल्त प्रतिरोधक विभाजक की वोल्टेज निर्भरता पर केन्द्रित है। उच्च वोल्त प्रतिरोधक विभाजक दिष्टधारा उच्च वोल्तता मापन का प्राथमिक मानक है। इसकी अनुमार्गणीयता वोल्टेज के प्राथमिक मानक जोस्फसन से की गयी है जोकि दिष्टधारा वोल्टेज का प्राथमिक मानक है। वोल्टेज से अनुपात में परिवर्तन प्रतिरोधक की स्वउष्मता, इलेक्ट्रोस्टैटिक तनाव, धारा रिसाव पर निर्भर करता है। उच्च वोल्तता प्रतिरोधक विभाजक का डिजाइन व परिशुद्ध स्रोत उपर्युक्त कारक को कम करते है। इसका मुख्य उल्लेख इस लेख में किया गया है। उच्च वोल्तता से प्रतिरोधक विभाजक के सापेक्ष अनुपात परिवर्तन  $0.1 \times 10^{-6} / \text{kV}$  है।

## 1. प्रस्तावना

राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला के पास दिष्टधारा उच्च वोल्तता मापन के लिए एक परिशुद्ध प्रतिरोधक विभाजक है। एक मेगा ओम थिक्क फिल्म प्रतिरोधक बड़ी संख्या में शृंखलाबद्ध हैं। पोजिटिव व नेगेटिव तापमान गुणांक वाले प्रतिरोधक के द्वारा तापमान गुणांक को नगण्य-न्यूनतम किया जाता है। अच्छी स्थिरता प्राप्त करने के लिए उनका चयन व ऊष्मा उपचार भी किया जाता है। गार्ड सर्कट कोरोना के रिसाव को कम करने के लिए प्रयोग किया जाता है। इलेक्ट्रोस्टैटिक परिरक्षण द्वारा धारा रिसाव को कम किया जाता है। उच्च वोल्तता प्रतिरोधक के डिजाइन से अनुपात को प्रभावित करने वाले विशिष्ट कारकों को न्यूनतम किया जाता है। उच्च वोल्तता विभाजक की वोल्टेज निर्भरता, अनुपात निर्धारित करने के लिए एक बहुत महत्वपूर्ण विशेषता है।

दिष्ट धारा मापन के प्रयोग में आने वाले प्रतिरोधक विभाजक जिनकी अधिकतम सीमा 100 kV व अधिक होती है। उनमें सुरक्षा के लिए स्थिर वैद्युत शील्डिंग की जाती है जिससे अवांछित धारिता को कम किया जा सके। प्रतिरोधक विभाजक के ऊपर गार्ड रिंग होता है जिससे हर प्रतिरोधक की धारिता को बराबर किया जा सके। प्रतिरोधक विभाजक के चारों ओर गार्ड परिपथ का उपयोग होता है। यह मुख्य प्रतिरोधक के समांतर होते हैं। गार्ड प्रतिरोधक आपस में कड़ीबद्ध व मुख्य प्रतिरोधक से पश्वबिद्ध तरीके से जुड़े होते हैं। प्रतिरोधक विभाजक का उच्च वोल्तता स्तर पर्सपक्स सिलेन्डर के गार्ड रिंग से जुड़ा रहता है, व न्यूनतम भाग भूसंपर्कित होता है। हर गार्ड परिपथ के प्रतिरोधक की स्थिति बिल्कुल मुख्य प्रतिरोधक के बाहर की तरफ होती है। गार्ड परिपथ कोरोना लिकेज को कम करता है। मानक विभाजक में निम्न स्तर वोल्तता के खुले परिपथ असफलता से बचने के लिए प्रोटेक्शन गेप का उपयोग किया जाता है। अधिक वोल्तता, आने पर यह अपने आप भूसंपर्कित हो जाता है। उच्च वोल्तता प्रतिरोधक विभाजक से सुरक्षा के लिए आवरक का उपयोग किया जाता है। प्रतिरोधक के चारों तरफ सफाई रखी जाती है।



राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला के उपयोग में आने वाले उच्च वोल्टता प्रतिरोधक विभाजक की अधिकतम सीमा 100 kV है। इसका अनुपात 100000/10 व अनिश्चितता 15 पी पी एम है। यह चित्र-1 में दर्शाया गया है।



चित्र-1 उच्च वोल्टता प्रतिरोधक विभाजक मानक

वोल्टेज के परिवर्तन से दिष्टधारा उच्च वोल्टता प्रतिरोधक के मान में परिवर्तन उसकी स्वउष्मता से है। इसलिए दिष्टधारा विभाजक की वोल्टेज निर्भरता स्थापित करने के लिए इलेक्ट्रोस्टैटिक तनाव, धारा रिसाव व विभाजक की स्वउष्मता को निर्धारित करना अवशक है।

विभाजक का परिशुद्ध अध्ययन स्थिर परिस्थिती के नियंत्रित वातावरण के अन्तरगत किया जाता है। इस्तेमाल में आने वाले स्रोत की अनिश्चितता 10 ppm है। कम्प्यूटर उच्च वोल्टेज स्रोत से ऑप्टिकल फाइबर द्वारा जुड़ा है। इस पुरे प्रयोग में आने वाले उपकरण एन पी एल के उच्च दिष्ट धारा विभाग में विकसित सोफ्टवेयर से चलते हैं। डेटा का विश्लेषण करने के लिए लेब वियू व स्रोत के लिए हाईपो टर्मिनल कमांड का उपयोग किया जाता है।

## 2. अनुमार्गणीयता क्रिया-पद्धति व वोल्टेज निर्भरता

यह अध्ययन उच्च वोल्टता विभाजक की अनुमार्गणीयता स्थापित करता है। वोल्टेज के परिवर्तन से एच वी अनुभाग के प्रतिरोधकों के मान में परिवर्तन उसकी स्वउष्मता से है। इसलिए दिष्टधारा विभाजक की वोल्टेज निर्भरता का मूल्यांकन करने के लिए इलेक्ट्रोस्टैटिक तनाव, धारा रिसाव व विभाजक की स्वउष्मता को निर्धारित करता है। उच्च वोल्टता विभाजक की अनुमार्गणीयता स्थापित करने के लिए दिष्ट धारा अंशांकनक (calibrator) को 10 V दिष्ट धारा निर्देश मानक (अनुमार्ग जोस्फसन मानक) से निम्न मान दिष्ट धारा विभाजक (1000 V) व शून्य संसूचक द्वारा जोड़ा जाता है। दिष्ट धारा अंशांकनक की वोल्टता तब तक समयोजित की जाती है। जब तक शून्य संसूचक में शून्य न आ जाए। इस प्रकार 1000 V दिष्ट धारा विभाजक व निर्देश मानक का मान ज्ञात होने पर दिष्ट धारा अंशांकनक का मान भी ज्ञात हो जाता है।

इस ज्ञात मान 1000 V अंशांकनक से दिष्ट धारा उच्च वोल्टता मानक (100 kV) का अंशांकन किया जाता है। जो मान वोल्टता विभाजक के निम्न सिरे पर (10 V और 1000 V) निष्कासन का मापन अंशांकित बहुल मापी द्वारा कर लिया जाता है। इससे पहले उच्च वोल्टता अनुकरण किया जाता है। इस अनुकरण में बहुल मापी के 10  $\Omega$  निवेश प्रतिबाधा के लिए 1000 V निष्कासन और 100 G $\Omega$  निवेश प्रतिबाधा के लिए 10 V निष्कासन रखा जाता है। दिष्ट धारा उच्च वोल्टता विभाजक में स्थायित्व रखने के लिए 10 kV से 100 kV

तक 5 kV के अंतराल में 20 मिनट के निरंतर एक निश्चित वोल्टेज पर उष्मित किया जाता है। यह समय अंतराल एक स्थायित्व अध्ययन से ज्ञात हुआ।

यह उच्च वोल्टता रैखिक अभिलक्षण 100 kV विभाजक की स्थिर स्थिति में (10000 : 1 और 100:1) निष्कासन 300 kV विभाजक से तुलनात्मक विधि द्वारा पी टी बी जर्मन ने प्रथम अंशांकन के दौरान किया।

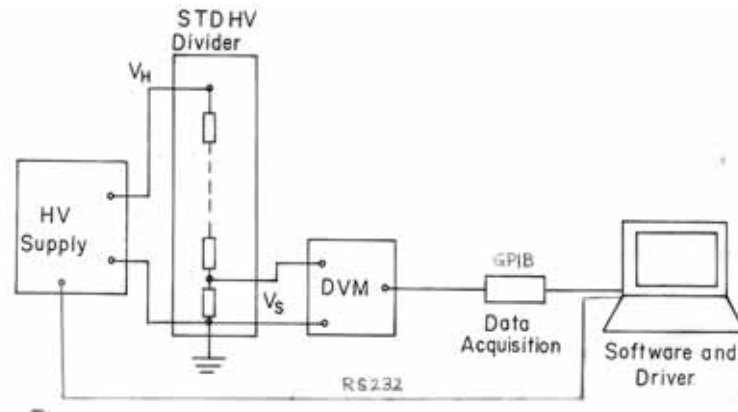
उच्च वोल्टता विभाजक की विशेषताओं को निर्धारण करने के लिए  $10 \times 10^{-6}$  परिशुद्ध उच्च वोल्टता स्रोत स्थिर परिस्थिती 25 kV, 50 kV, 75kV व 100kV में प्रयोग किया गया है। यह चित्र 2 व 3 में दर्शाया गया है। विभाजक का अनुपात 10000:1 (10V निष्कासन) है। विभाजक का वोल्टेज गुणांक 10 kV से 100 kV के बीच में जांच करने के लिए तापमान  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  व सापेक्ष आर्द्रता  $50 \pm 3\%$  रखी गयी ।

$$\Gamma(V_{H1}) = V_{H1} / V_{S1}, \quad \Gamma(V_{H2}) = V_{H2} / V_{S2}$$

$$C = [\Gamma(V_{H2}) - \Gamma(V_{H1})] / (V_{H2} - V_{H1})$$

$\Gamma(V_{H1}) = V_{H1}$  वोल्टेज पर अनुपात,  $V_{S1} = V_{H1}$  वोल्टेज पर प्रतिरोधक निष्कासन

$\Gamma(V_{H2}) = V_{H2}$  वोल्टेज पर अनुपात,  $V_{S2} = V_{H2}$  वोल्टेज पर प्रतिरोधक निष्कासन



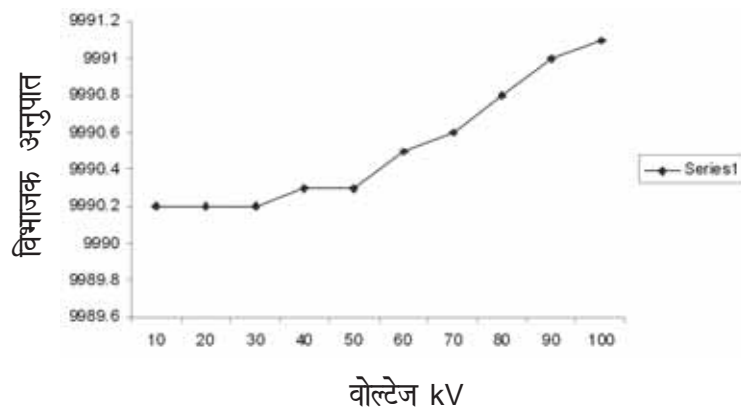
चित्र-2 : दिष्टधारा उच्च वोल्टता प्रतिरोधक विभाजक की वोल्टेज निर्भरता पर आरेख



चित्र-3 : दिष्टधारा उच्च वोल्टता मानक प्रयोगशाला

### 3. परिणाम

चित्र-4 में ग्राफ वोल्टेज से विभाजक के अनुपात में परिवर्तन को दर्शाता है। उच्च वोल्टता से प्रतिरोधक विभाजक के सापेक्ष अनुपात परिवर्तन  $0.1 \times 10^{-6}/\text{kV}$  है। तालिका-1 के अनुसार हाई वोल्टेज विभाजक की विस्तृत अनिश्चितता कोन्फिडेंस लेवल 95%, कवरेज फैक्टर = 2 पर  $15 \times 10^{-6}$  है।



चित्र-4 : वोल्टेज से विभाजक के अनुपात में परिवर्तन

तालिका-1 : उच्च वोल्टता विभाजक अनिश्चितता बजट

अनिश्चितता स्रोत	अनुमानित अनिश्चितता $d x_i$ (ppm)	मानक अनिश्चितता $u x_i$ (ppm)	प्रोबेबिलिटी डिस्ट्रीब्यूशन (A,B) टाइप	सेन्सिटिविटी $c_i$ कोफिशिएन्ट	अनिश्चितता कन्ट्रीब्यूशन $u_i$ ( R ) (ppm)	डिग्री आफ फ्रीडम $v_i$
$u_1$ दिष्टधारा अंशांकनक	3.5	1.25	सामान्य, B	1	1.25	$\infty$
$u_2$ बहुल मापी	6	3	सामान्य, B	1	3	$\infty$
$u_3$ वोल्टेज गुणांक	10	5.77	सामान्य, B	1	5.77	$\infty$
$u_4$ तापमान गुणांक	2	1.15	सामान्य, B	1	1.15	$\infty$
$u_5$ स्थायित्व	2	1	सामान्य, B	1	1	$\infty$
$u_6$ पुनरावर्तनीयता	U (x)	2.3	सामान्य, A	1	2.3	2
$v_{eff}$	392.6					2
विस्तृत अनिश्चितता	कवरेज फैक्टर $k=2$ पर व कौन्फिडेंस लेवल 95% 14.69					

#### 4. निष्कर्ष

उच्च वोल्टेज का प्रतिरोध के अनुपात में महत्वपूर्ण परिवर्तन 50 kV से 100 kV के बीच देखा गया । वोल्टेज का प्रभाव अनिश्चितता बजट में सबसे ज्यादा है । यह अध्ययन अनिश्चितता अनुमान में अधिक विश्वास प्रदान करता है ।

#### 5. आभार

लेखक राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला के निदेशक प्रो. आर. सी. बुधानी तथा ऐपेक्स लेवल स्टेण्डर्ड एवं इंडस्ट्रीयल मेट्रोलॉजी के अध्यक्ष डा. वी. एन. ओझा को उनके सहयोग एवं प्रोत्साहन के लिए धन्यवाद ज्ञापित करता है । साथ ही श्री ए.के. सक्सेना को उपयुक्त वार्तालाप के लिए धन्यवाद देता है ।

#### संदर्भ :

1. प्रेसिजन हाई वोल्टेज डी सी डिवाइडर एंड देयर केलिब्रेशन, नडीजेड ड्रागोनोव, आई ई ई ई ट्रांजेक्सन आफ इन्स्ट्रूमेंट, वोल्यूम 54 नः 5 अक्टूबर 2005.
2. हाई वोल्टेज एक्सपेरिमेंटल टेक्नीक, डिटर किड ब्रोन्सवेग जर्मन
3. पियर डी एंड गरडच बी ऐ, 300 kV डी सी मेजरिंग डिवाइस विद हाई ऐक्यूरेसी इन प्रोस 3 इंटर सिम्पो हाई वोल्टेज इंजीनियरिंग, मिलन इटली, 1979, 43, 08
4. रावत के बी एवं महाजन एस के मापन 18 (2003) 95
5. गर्ड टु दि एक्सप्रेसन आफ अनसरटेन्टी इन मेजरमेन्ट, बी आई पी एम इन्टरनेशनल ओरगेनाइजेशन फार स्टैंडर्डाइजेशन (ISO) स्विटजरलैंड 1995.
6. रावत के वी एवं महाजन एस के इंडियन जनरल आफ इंजीनियरिंग एंड मैटिरियल साइंस वोल्यूम 14 अप्रैल 2007 119-124.
7. रावत के बी, आई एम ई के ओ वर्ल्ड कोन्फरेंस XX बुसान दक्षिण कोरिया 9-14 सितम्बर, 2013 टी सी 04, 025.
8. रावत के बी, सी पी ई एम 2012.  
वाशिंगटन डी. सी. अमेरिका 1-6 जुलाई, 2012 पेज 136-137.
9. रावत कनिष्क, रावत के बी सी पी ई एम 2010  
डजोन, दक्षिण कोरिया, 13-18 जून, 2010 पेज 661-662.

# इलेक्ट्रॉनिक गेज ब्लॉक तुलनित्र द्वारा सिलिकॉन गोले के व्यास के लिए माप में उच्च सटीक मापन

मुकेश कुमार एवं अनिल कुमार

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

## सारांश

आयतन की शुद्धता सिलिकॉन बॉल के लिए, उसके व्यास की शुद्धता पर निर्भर करती है। व्यास की मात्रा प्राप्त की गयी अनिश्चितता में सिमित रहती है, इस लेख में अनिश्चितता के उच्च स्तर, गेज ब्लॉक्स व इलेक्ट्रॉनिक गेज ब्लॉक तुलनित्र का उपयोग कर प्राप्त किया गया है। गेज ब्लॉक, लम्बाई मानकों में प्राथमिक मानकों से माध्यमिक मानक तक जाने में एक महत्वपूर्ण कड़ी की भूमिका अदा करती है। गेज ब्लॉक राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में इंटरफेरोमीटर विधि द्वारा अंशांकित किया जाता है, जिसकी अनिश्चितता  $\pm (0.03 \pm 0.3L)$  माइक्रोमीटर है, इनके साथ ही इलेक्ट्रॉनिक गेज ब्लॉक तुलनित्र का उपयोग व्यास मापन की आधुनिकतम विधि का उल्लेख किया गया है।

## 1. प्रस्तावना

यांत्रिक मापन में गेज ब्लॉक का अपना ही एक महत्व है। इस साधरण से दिखाने वाले गेज ब्लॉक का आविष्कार कार्ल एडवर्ड जोहानसन एक स्वीडेन नागरिक ने 1888 में किया था लेकिन समय के साथ साथ इसका उपयोग और भी बढ़ गया है। उद्योगों में इसकी उपयोगिता को नाकारा नहीं जा सकता। भौतिकी में किसी पदार्थ के इकाई आयतन में निहित द्रव्यमान को उस पदार्थ का घनत्व कहते हैं। इसे (P) या (d) से निरूपित करते हैं

अर्थात  $d=m/v$

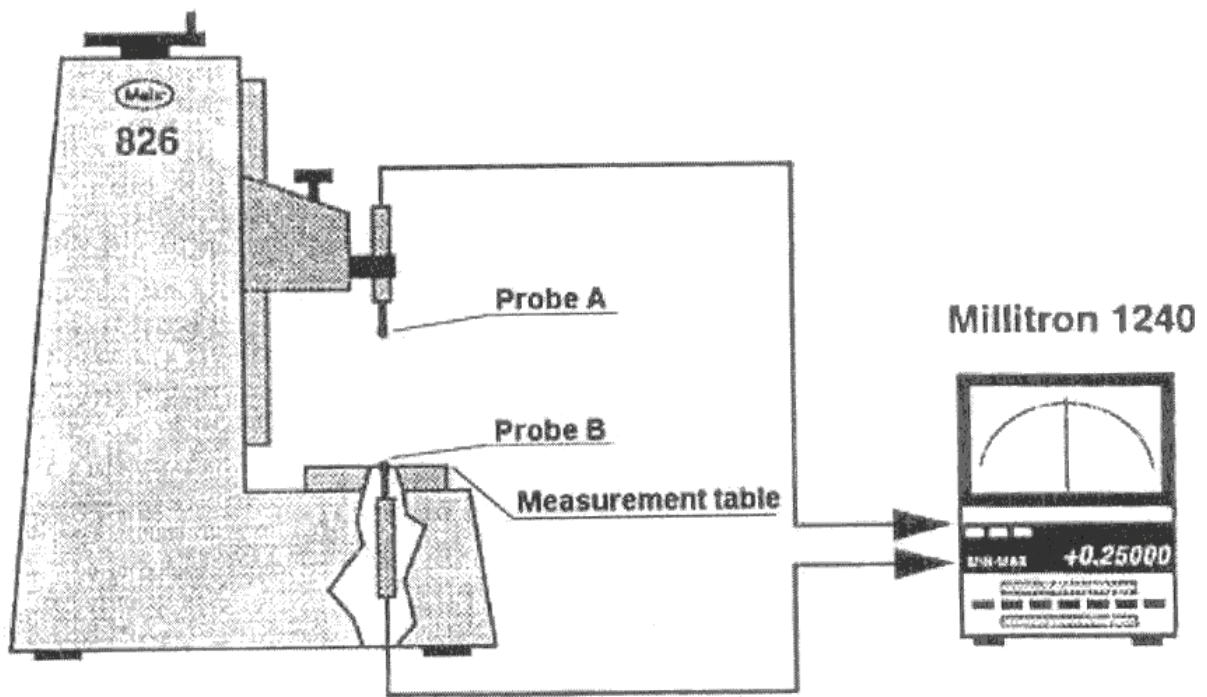
अतः घनत्व किसी पदार्थ के घनेपन की माप है। मानक सिलिकॉन बॉल का आयतन (v) उसके वक्र पृष्ठ के समाकलन के बराबर होता है जिसका सूत्र है  $\frac{4}{3} \pi r^3$  जहाँ  $r$  = गोले की त्रिज्या

सिलिकॉन बॉल के आयतन की सटीकता बॉल के व्यास की सटीकता पर निर्भर करता है। एक तुलनात्मक विधि द्वारा व्यास का मापन गेज ब्लॉक तुलनित्र पर प्राप्त किया गया है जिसका अल्पतमांक 0.01 माइक्रोमीटर है।

## 2. मापन निर्देश

गेज ब्लॉक एवं सिलिकॉन को इस्तेमाल करने से पहले अच्छी तरह से पेट्रोलियम बेंजीन से साफ करे व साफ जगह पर रखे।

साइज 38 mm का जोड़ ढूँढे गेज ब्लॉक सेट में 25 एवं 15 mm का रिंगिंग विधि द्वारा मानक साइज 38 mm बनाये एवं तापीय स्थायित्व के लिए आठ घंटे के लिए रख दें।



गेज ब्लॉक तुलनित्र

अनुशंखल से पहले मानक गेज ब्लॉक व जाँच बॉल का तापमान बराबर होना जरूरी है इनके लिए विशेष तापमान है  $20 \pm 1$  डिग्री सेंटीग्रेड

### 3. अनुशंखल विधि

यहाँ पर सिलिकॉन बॉल का व्यास गेज ब्लॉक तुलनात्मक अनुशंखल विधि के इस्तेमाल का विवरण किया गया है

### 4. मापन विवेचना

एन.पी.एल. मानक गेज ब्लॉक व बॉल के तापीय स्थायित्व के उपरांत ऑप्टिकल प्लैट को बड़ी सावधानी से गेज ब्लॉक तुलनित्र के बेस प्रोब के ऊपर माउंट करो।

गेज ब्लॉक को व सिलिकॉन बॉल को बार बार ऑप्टिकल प्लैट व ऊपरी प्रोब के बीच में रखें व माप लिखते जाए साथ ही तापमान भी लिखते जाए।

मानक की मध्य लम्बाई रीडिंग (S) नोट करो। इसके बाद जाँच सिलिकॉन बॉल के ध्रुवीय बिंदु पर प्रोब का मापन (T) लेंगे,

रीडिंग के 10 सेट लिए जाएंगे एवं (T-S) का औसत प्राप्त करेंगे। नीचे दी गयी टेबल के अनुसार गणितीय विश्लेषण करेंगे

सिलिकॉन बॉल के व्यास मापन के लिए गणितीय मूल्यांकन टेबल

गोले का व्यास	धातु	$\alpha$ (test)	Wring Pair	तापमान (S)	तापमान (T)	$\alpha$ (Std.) मानक
38 mm	Silicon	2.33	23mm+15mm	20°C	20°C	11.9

अनिश्चितता टाइप A गणितीय विश्लेषण

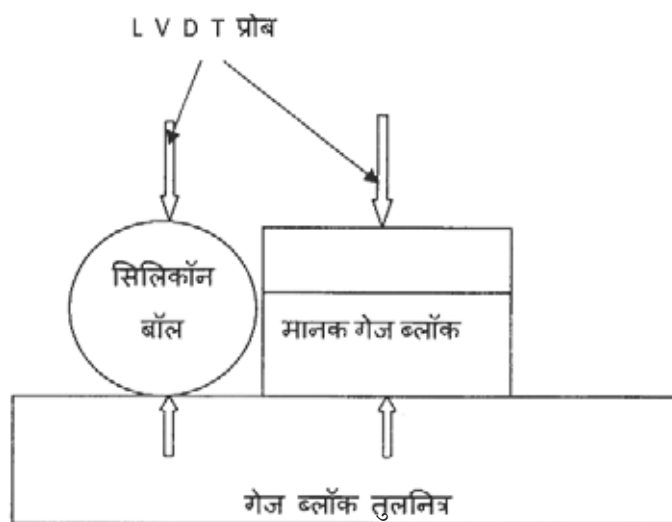
प्रोब रीडिंग मानक गेज ब्लॉक (S) $\mu\text{m}$	प्रोब रीडिंग पोलर ऑफ सिलिकॉन बॉल (T) $\mu\text{m}$	Test(T) – Std.(S) $\mu\text{m}$	विचलन मानक मे.(E) $\mu\text{m}$	विचलन in Test (T-S+E) $\mu\text{m}$
0	199.95	199.95	-0.2	199.75
0	200.02	200.02	-0.2	199.82
0	200.28	200.28	-0.2	200.08
0	200.25	200.25	-0.2	200.05
0	198.33	198.33	-0.2	198.13
0	200.05	200.05	-0.2	199.85
0	198.1	198.1	-0.2	197.9
0	199.71	199.71	-0.2	199.51
0	198.61	198.61	-0.2	198.41
0	200.31	200.31	-0.2	200.11

मानक मध्य लम्बाई विचलन (E) =  $-0.20 \mu\text{m}$

औसत =  $199.3610 \mu\text{m}$

औसत मानक विचलन =  $0.9057 \mu\text{m}$

मानक अनिश्चितता (टाइप ए) =  $0.2864 \mu\text{m}$



तुलनात्मक विधि द्वारा व्यास मापन



## मानक-अनिश्चितता टाइप-बी

1. अनिश्चितता इलेक्ट्रॉनिक गेज ब्लॉक तुलनित्र द्वारा

$$ub1 = (0.03 + 0.3L)/2 \mu m$$

$$ub1 = (0.015 + 0.5L)$$

$$ub1 = \pm 0.34 \mu m$$

2. अनिश्चितता मानक गेज ब्लॉक द्वारा (DKD द्वारा अनुशंखल कोबा गेज ब्लॉक)

$$ub2 = \pm (0.05 + 0.5*L)/2 \mu m$$

$$ub2 = \pm (0.025 + 0.25*L) \mu m$$

3. अनिश्चितता मानक तापमान व कमरे के तापमान में विविधिता

$$\text{मापन शुरुआती ताप} = 20.2^\circ C$$

$$\text{मापन अंत तापमान} = 20.3^\circ C$$

$$\text{औसत तापमान} = 20.2^\circ C$$

$$\text{विविधिता ताप } (\Delta t) = -0.2^\circ C$$

$$\text{अनिश्चितता ताप थर्मामीटर} = \pm 0.3^\circ C$$

$$ub3 = \pm 0.3*L/3 \text{ जहा } L \text{ है मीटर में}$$

$$ub3 = \pm 0.0087*L$$

4. अनिश्चितता माकन सिलिकॉन बॉल ताप व मानक गेज ब्लॉक में

$$\text{माप मानक गेज ब्लॉक ताप} = 20^\circ C$$

$$\text{माप सिलिकॉन बॉल ताप} = 20^\circ C$$

$$\text{ताप में विविधित} = 0^\circ C$$

$$\text{अनिश्चितता इन थर्मामीटर} = \pm 0.3^\circ C$$

$$ub4 = \pm 0.0087*L \text{ जहा } L \text{ है मीटर में}$$

5. अनिश्चितता तापीय प्रसार गुणांक द्वारा

$$\text{मानक गेज ब्लॉक } \alpha \text{ (coefficient of thermal expansion) है } 11.9 \pm 0.05 \mu m/m/^\circ C$$

$$\text{सिलिकॉन बॉल } \alpha \text{ (coefficient of thermal expansion) है } 2.33 \pm 0.05 \mu m/m/^\circ C$$

$$ub5 = L * (\sqrt{(0.05)^2 + (0.05)^2}) \times 1/3$$

$$ub5 = \pm 0.04 * \mu m$$

## 6. दीर्घ कालीन मानक स्थायित्व

$$ub6 = \pm 0.2 \cdot L/6 \mu m$$

मूल्यांकन सम्मिलित अनिश्चितता ( $uc$ )

$$uc = \sqrt{(uA)^2 + (ub1)^2 + (ub2)^2 + (ub3)^2 + (ub4)^2 + (ub5)^2 + (ub6)^2}$$

$$uv = \pm 0.6 \mu m \dots \dots \dots \text{जहा बराबर है व्यास (सिलिकॉन बॉल) } 0.038 m.$$

विस्तृता अनिश्चितता ( $Uexp$ )

$$Uexp = \pm 0.6 \mu m$$

$$Uexp. \text{ सिलिकॉन बॉल } \pm 0.6 \mu m \text{ साथ ही व्यास है सिलिकॉन बॉल (D) = } 38.199031 \text{ mm.}$$

## 5. परिणाम

36 mm (सिलिकॉन बॉल) व्यास की जाँच तुलनात्मक विधि द्वारा इलेक्ट्रॉनिक गेज ब्लॉक तुलनित्र पर किया गया

38 mm व्यास में विचलन = + 199.031 माइक्रोमीटर

असल व्यास माप पाया गया = 38.199031 mm

अनिश्चितता मापन = 0.6 माइक्रोमीटर

विस्तृत अनिश्चितता 25% कॉन्फिडेंस लेवल पर फैक्टर  $k = 2$  पर है।

## 6. आभार

लेखक गण, निदेशक राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला के बहुत आभारी है और साथ ही आभार प्रकट है डॉ. के.पी. चौधरी के जिन्होके कर कमलो द्वारा ये महत्वपूर्ण लेख लिखने का मौका लेखक को मिला।

## सन्दर्भ

1. गेज ब्लॉक मापन में अनिश्चितता मैकेनिकल तुलना द्वारा एक कार्यरत उदाहरण। जेनिफर ई देकर, जेम्स र पक्लस्के 16 मई 1996
2. गाइड टू दी एक्सप्रेसन ऑफ अनसर्टेनिटी इन मेजरमेंट BIPM
3. इंजीनियरिंग मेट्रोलोजी र.क.जैन

# बाटों की मापिकी

अनिल कुमार, गौतम मंडल, दिनेश चन्द्र शर्मा

सी.एस.आई.आर - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

## सारांश

बॉट (Weight) माप तोल का एक महत्वपूर्ण अंग है। यह हर व्यक्ति की रोजमर्रा जिन्दगी में इस्तेमाल होता है। इसको 'बल' का पर्यायवाची माना जाता है। कानूनी मापिकी की अंतरराष्ट्रीय संस्था (OIML) द्वारा अनुमोदित R 111-1 : 2004 बॉट के हर पहलू जैसे 5000 kg से 1 mg तक के बाटों का सत्यापन और अंशांकन का वर्णन किया गया है। इसमें बॉट के श्रेणीकरण के बारे में भी बताया गया है। इन बाटों के रख-रखाव का भी विस्तृत रूप से इसमें उल्लेख किया गया है।

बॉट की मापिकीय आवश्यकताएँ उपयुक्त आकार, सामग्री के गुणों से संबंधित (मुख्यतः गैर चुम्बकीय, ऊष्मीय प्रसारण और जंग प्रतिरोधी, घनत्व, सतह की गुणवत्ता जो मिलकर संयुक्त रूप से समय की अवधि के लिए द्रव्यमान को स्थिरता प्रदान करती है। बाटों का अंशांकन OIML R 111 - 1 : 2004 द्वारा होता है। इसमें अंशांकन प्रमाण पत्र कि भी चर्चा की गयी है। तुलाओं का अंशांकन भी बाटों द्वारा होता है।

## 1. परिचय

द्रव्यमान और भार या वजन के बीच फर्क सिर्फ समझने का है। बॉट का पारंपरिक द्रव्यमान (Conventional mass) और भार या वजन बराबर होता है। भार या वजन आधिकारिक व्याख्या इस तरह से कर सकते हैं : किसी वस्तु पर पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण के माप को भार या वजन कहते हैं। पृथ्वी की सतह पर गुरुत्वाकर्षण के कारण त्वरण लगभग समान होता है, इसलिए किसी वस्तु का भार उसके द्रव्यमान के अनुपाती होता है।

## 2. बाट के गुण

बाटों को संदर्भ मानकों (श्रेणी "ई1") से औद्योगिक मेट्रोलोजी (श्रेणी "एम3") तक नौ श्रेणी में विभाजित किया जाता है। बाटों का श्रेणीकरण कानूनी मापिकी में प्रयोग हेतु किया गया है, लेकिन इसका उपयोग बाटों के माप में भी किया जाता है। कानूनी मापिकी की अंतरराष्ट्रीय संस्था (OIML) द्वारा अनुमोदित R-111 -1:2004 बॉट के हर पहलू जैसे 5000 kg से 1 mg तक के बाटों का सत्यापन और अंशांकन वर्णन किया गया है। इसमें बॉट के वर्गीकरण के बारे में भी बताया गया है। इन बाटों का रख-रखाव की भी महत्वपूर्ण विस्तृत रूप से इसमें उल्लेख किया गया है।

## 3. बाटों का निरीक्षण

अंशांकन से पहले बाटों का निरीक्षण बहुत आवश्यक है।

बाटों के निरीक्षण के दौरान निम्नलिखित कारकों का निरीक्षण किया जाना अतिआवश्यक है।

3.1. बाटों का आकार अंशांकन के लिए उपयुक्त है।

3.2. बाटों की सतह की गुणवत्ता अंशांकन के लिए उपयुक्त है।

3.3. बाटों को गैर चुम्बकीय होना चाहिये।

#### 4. बाटों की बनावट

##### “ई” श्रेणी के बाँट

50 kg से 1 mg तक

50 kg से 1 mg तक ‘ई1’ श्रेणी के बाँट ठोस होना चाहिये तथा वातावरण के लिए कोई खुला छेद नहीं होना चाहिए। पूरा बाँट एक टुकड़े से बना होना चाहिए।



50 kg से अधिक “ई2” श्रेणी के बाँट

50 kg से अधिक “ई2” श्रेणी की बाँट में समायोजन छेद हो सकता है। इस छेद का आयतन कुल आयतन का  $\frac{1}{1000}$  से अधिक होना चाहिए।

##### “एफ” श्रेणी के बाँट

“एफ” श्रेणी के बाँट एक ही सामग्री के एक या एक से अधिक टुकड़ों से निर्मित कर सकते हैं।

1 g से 5,000 kg बाटों में समायोजन छेद हो सकता है। इस छेद का आयतन वजन की कुल आयतन का  $\frac{1}{4}$  से अधिक नहीं होना चाहिए। प्रारंभिक समायोजन के बाद, समायोजन छेद का कुल आयतन का लगभग  $\frac{1}{2}$  खाली होना चाहिए।



##### “एम” श्रेणी के बाँट

1 g से 10 g तक के बाँट ठोस होना चाहिए तथा समायोजन छेद नहीं होना चाहिए।

20 g से 50 g तक समायोजन छेद वैकल्पिक है।

100 g से 5,000 kg तक समायोजन छेद होना चाहिए।

#### 5. बाटों की सतह की गुणवत्ता



‘ई’ और ‘एफ’ श्रेणी के बॉटो की सतह चमकदार और एकसार होनी चाहिये। दृश्य निरीक्षण पर्याप्त हो सकता है लेकिन संदेह या विवाद के मामले में, सतह की गुणवत्ता के लिए मापिकी में दिये मूल्यों का इस्तेमाल किया जाना चाहिये। 50 kg से अधिक बॉटो के लिए अधिकतम सतह खुरदरापन का मापिकी में निर्दिष्ट मूल्यों से दोगुना हो जाएगा।

## 6. बाटों की सफाई

किसी भी माप से पहले बॉटो की सफाई महत्वपूर्ण है। बाटों की सफाई की एक प्रक्रिया होती है। सफाई प्रक्रिया से बाटों के सतह बड़े पैमाने पर परिवर्तन नहीं होना चाहिए। बाटों को इस तरह संभाला और संग्रहित किया जाना चाहिए कि वे साफ रहे। अंशांकन से पहले धूल और किसी भी बाहरी कणों को हटाया जाना चाहिए। ध्यान रखना चाहिए की बाटों को सतह की गुणों में परिवर्तन नहीं होना चाहिए (अर्थात् खरोंच द्वारा)।

अगर गंदगी महत्वपूर्ण मात्रा में होता है और ऊपर उद्धृत तरीकों द्वारा नहीं हटाया जा सकता है, तो इसके कुछ हिस्से को एथिल अल्कोहल, आसुत जल या अन्य द्रावक द्वारा धोया जा सकता है।

## 7. बाटों का रखरखाव

बॉट को खाली हाथों से नहीं छूना चाहिए। सदैव प्रयोगशाला के दस्तानों, चिमटी, विशेष प्रकार का चमड़े (chamois leather) इत्यादि का इस्तेमाल किया जाना चाहिए।



## 8. चुंबकत्व

बॉट के द्रव्यमान निर्धारण में चुंबकीय बल का प्रतिकूल प्रभाव होता है। अगर व्यवस्थित जांच नहीं की गई, इन चुंबकीय बलों को गुरुत्वाकर्षण बलों से अलग नहीं किया जा सकता है। चुंबकीय बल बड़े पैमाने पर दो बाटों के बॉट और तराजू के तथा आसपास रखी चुंबकीय वस्तुओं से उत्पन्न हो सकता है।

**Table 1: Maximum permissible errors for weights ( $\pm \delta m$  in mg)**

Nominal Value*	Class E <sub>1</sub>	Class E <sub>2</sub>	Class F <sub>1</sub>	Class F <sub>2</sub>	Class M <sub>1</sub>	Class M <sub>1-2</sub>	Class M <sub>2</sub>	Class M <sub>2-3</sub>	Class M <sub>3</sub>
5 000 kg			25 00	80 000	250 000	500 000	800 000	1 6000 000	2 500 000
2 000 kg			10 000	30 000	100 000	200 000	300 000	600 000	1 000 000
1 000 kg		1600	5000	16 000	50 000	100 000	160 000	300 000	500 000
500 kg		800	2500	8 000	25 000	50 000	80 000	160 000	250 000
200 kg		300	1 000	3 000	10 000	20 000	30 000	60 000	100 000
100 kg		160	500	1 600	5 000	10 000	16 000	30 000	50 000
50 kg	25	80	250	800	2 500	5 000	8 000	16 000	25 000
20 kg	10	30	100	300	1 000		3 000		10 000
10 kg	5.0	16	50	160	500		1 600		5 000
5 kg	2.5	8.0	25	80	250		800		2 500
2 kg	1.0	3.0	10	30	100		300		1 000
1 kg	0.5	1.6	5.0	16	50		160		500
500 g	0.25	0.8	2.5	8.0	25		80		250
200 g	0.10	0.3	1.0	3.0	10		30		100
100 g	0.05	0.16	0.5	1.6	5.0		16		50
50 g	0.03	0.10	0.3	1.0	3.0		10		30
20 g	0.025	0.08	0.25	0.8	2.5		8.0		25
10 g	0.020	0.06	0.20	0.6	2.0		6.0		20
5 g	0.016	0.05	0.16	0.5	1.6		5.0		16
2 g	0.012	0.04	0.12	0.4	1.2		4.0		12
1 g	0.010	0.03	0.10	0.3	1.0		3.0		10
500 mg	0.008	0.025	0.08	0.25	0.8		2.5		
200 mg	0.006	0.020	0.06	0.20	0.6		2.0		
100 mg	0.005	0.016	0.05	0.16	0.5		1.6		
50 mg	0.004	0.012	0.04	0.12	0.4				
20 mg	0.003	0.010	0.03	0.10	0.3				
10 mg	0.003	0.008	0.025	0.08	0.25				
5 mg	0.003	0.006	0.020	0.06	0.20				
2 mg	0.003	0.006	0.020	0.06	0.20				
1 mg	0.003	0.006	0.020	0.06	0.20				

# राष्ट्रीय मानकों की अनुमार्गणीयता के साथ पीको एम्पीयर से कम स्वचालित प्रेसिजन विद्युत धारा मापन

एकता मलिक, उषा किरण, थॉमस जॉन एवं ए.के. सक्सेना

एल.एफ., एच.एफ. इम्पेडेंस एंड डी.सी. स्टैंडर्ड्स

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(E-mail : [ektamalik.pdmce@gmail.com](mailto:ektamalik.pdmce@gmail.com))

## सारांश

राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला पीको एम्पीयर (pA) रेंज से कम डी.सी. विद्युत धारा की अनुमार्गणीयता स्थापित कर चुका है। चूंकि विद्युत धारा स्तर नैनो एम्पीयर (nA) तथा उससे नीचे चला जाता है, इसलिए मापन प्रक्रिया त्रुटियों के विभिन्न स्रोतों के अधीन है जिनका मापित मूल्यों और मापन अनिश्चितताओं पर गंभीर प्रभाव पड़ता है। मापन व्यवस्था को स्वचालित कर तथा उपयुक्त मापन व्यवहार को कार्यान्वित करते हुए इन त्रुटियों को कम से कम दिया गया है। इसके परिणामस्वरूप 1 पीको एम्पीयर से कम डी.सी. विद्युत धारा मापन के लिए 0.1% से बेहतर की माप अनिश्चितता प्राप्त की जा सकी है। लैब-व्यू (LabVIEW) में विकसित स्वचालन कार्यक्रम डाटा अधिग्रहण, डाटा प्रोसेसिंग और अनिश्चितता संगणना करता है। इस पत्र में मापन व्यवस्था, स्वचालन कार्यक्रम का विवरण और परिणाम प्राप्त की चर्चा की जाएगी।

## 1. प्रस्तावना

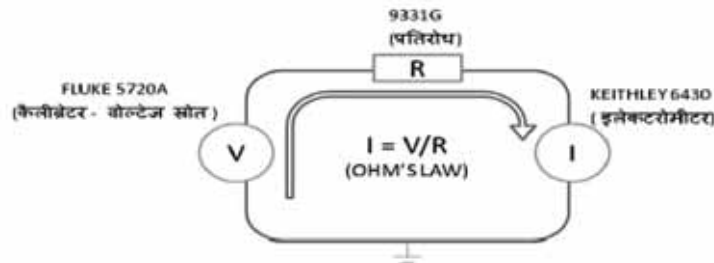
भारत का राष्ट्रीय मापविद्या (National Metrology Institute-NMI) संस्थान के रूप में, यह सी.एस.आई. आर-राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला की जिम्मेदारी है कि वह देश के भीतर एस.आई. ईकाइयों (S.I. units) की मेट्रोलोजिकल (metrological) अनुमार्गणीयता प्रदान करे। डी.सी. विद्युत धारा (करेंट) मापन के लिए, एक माइक्रो एम्पीयर (1 $\mu$ A) से निम्नतर विद्युत धारा मापन के लिए एन.पी.एल को BIPM द्वारा सी.एम.सी (CMC) की मंजूरी दे दी गई है। कम मूल्यों की माप क्षमता को अधिक विस्तृत करने के लिए पिछले कुछ वर्षों से काम चल रहा है। इसके परिणाम स्वरूप एक पीको एम्पीयर से कम का माप मेट्रोलोजिकल अनुमार्गणीयता के साथ प्राप्त हुआ है<sup>(1)</sup>। हालांकि, मापन अनिश्चितताएं अन्य NMIs के द्वारा प्राप्त किए जाने वाली मापन अनिश्चितताओं की तुलना में बहुत बड़े पाए गए हैं। इस तरह से पहले से ही हासिल माप को ओर सुधार की आवश्यकता है, ताकि पीको एम्पीयर स्तर पर कम अनिश्चितताएं प्राप्त की जा सकें। इस उद्देश्य के साथ, हमने निम्नतर माप अनिश्चितताओं को प्राप्त करने के लिए कुछ अतिरिक्त उपाय का प्रयोग किया है, जिसका ब्यौरा नीचे प्रस्तुत कर रहे हैं। यह माप त्रुटियों के संभावित स्रोतों को कम करता है।

## 2. उपकरण एवं प्रयोगविधि

कोई निश्चित मानक एम्पीयर ना होने के कारण, एम्पीयर की मेट्रोलोजिकल अनुमार्गणीयता ओम सिद्धांत (ohm's



law) के माध्यम से वोल्ट और ओम के मानकों के अनुसार हासिल की है। इस प्रकार अनुमार्गणीय विद्युत धारा माप अनिवार्य रूप से एक सटीक वोल्टेज स्रोत और मानकों प्रतिरोधों का स्वीकारे (standard resistors) गए संदर्भ मानकों से कैलीब्रेट होना अनिवार्य हैं। इस तरह के एक माप प्रणाली का सरलीकृत कार्यत्मक योजनाबद्ध चित्र.1 में दिखाया गया है।



चित्र.1 कार्यात्मक आरेख (फंक्शनल डायग्राम)

इस विधि में, एक उच्च परिशुद्धता वोल्टेज स्रोत और एक बेहद सटीक प्रतिरोध, प्रिसाइस विद्युत धारा ( $T=V/R$ ) उत्पन्न करने के लिए कार्यरत हैं। हमारे मापन सेटअप में वोल्टेज का स्रोत Fluke's 5720A, सटीक मल्टीफंक्शन कैलीब्रेटर है। कैलीब्रेटर को डी.सी. रेंज में जेनेर संदर्भ मानक (Zener Reference Standard) से कैलीब्रेट किया गया है। जेनेर संदर्भ मानक (Fluke 732B DC Standard) एन.पी.एल. में डी.सी. वोल्टेज का राष्ट्रीय मानक या माध्यमिक मानक है, जिसे डी.सी. वोल्टेज के प्रथमिक मानक JSAVS से कैलीब्रेट किया गया है। उप नैनो एम्पीयर माप के लिए गीगा ओम रेंज के उच्च मूल्य प्रतिरोधों की जरूरत है। हमारे सेटप में हमने Measurement International के उच्च सटीकता प्रतिरोध मानकों के 9331G श्रृंखला से संबंधित प्रतिरोधों का इस्तेमाल किया है (2)। प्रतिरोधों को डी.सी.सी. ब्रिज का उपयोग कर कैलीब्रेट किया गया है, जिसकी अनुमार्गणीयता क्वांटम हॉल प्रतिरोध (QHR) मानक तक है। मौजूदा सेटअप में KEITHLEY 6430 Electrometer का इस्तेमाल विद्युत धारा मापन के रूप में किया गया है, जो परीक्षण के अंतर्गत डिवाइस है (DUC)।

बहुत कम विद्युत धारा माप में कई त्रुटियों का प्रभाव पाया जाता है, जो सामान्य रूप में, अच्छी तरह से समझे जा सकते हैं और उनके संभव समाधान का उपयोग कर कई प्रकार की त्रुटियों का समाधान किया जा सकता है(3)। हालांकि, विभिन्न त्रुटियों और उनके स्रोतों का होना एक तंत्र से दुसरे तंत्र भिन्न होती है और इन त्रुटियों को कम करने की सफलता किसी विशेष माप में त्रुटियों की सटीक स्रोतों की समझ पर निर्भर करती है और उसके अनुसार आवश्यक सुधारात्मक उपाय लागू होते हैं(4)। (Babita et al [1] में कम विद्युत धारा माप तकनीक को दूषित करने वाले विभिन्न कारक का अच्छा वर्णन के साथ-साथ प्रणाली के डिजाइन में उनसे निपटने के तरीके का वर्णन भी किया गया है और हमने वर्तमान प्रणाली के डिजाइन में उन प्रक्रियाओं का पालन किया है। माप में सुधार करने के उद्देश्य से माप तकनीक में हमने, हार्डवेयर और सॉफ्टवेयर दोनों की वर्तमान व्यवस्था में कुछ अतिरिक्त उपायों को लागू किया है।

हमने सेटअप के किसी भी कॉम्पोनेन्ट द्वारा पावर लाइन नॉइज (50 Hz) संग्रह के निष्कासन के लिए एक कदम उठाया है। लाइन नॉइज पिकअप हमेशा से ही उच्च प्रतिबाधा सिस्टम (high impedance systems) में परेशानी का एक प्रमुख स्रोत रहा है, यह सर्किट के संपर्क में आने से और रक्षाहीन आयोजन भागों

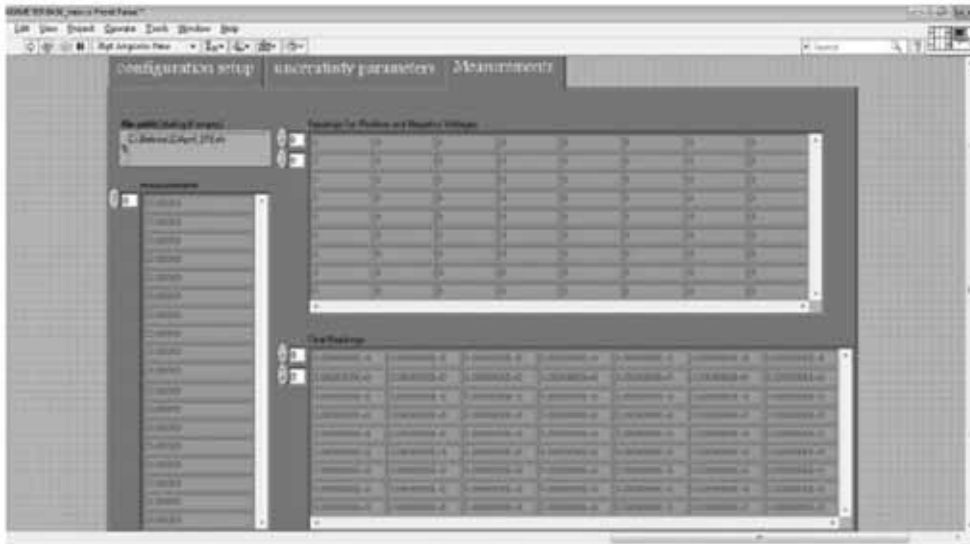
(unshielded conducting parts) के माध्यम से होता है। हमारे सेटअप में प्रतिरोध के कनेक्ट टर्मिनल (जो विद्युतमापी को जाता है) के साथ जुड़ कर लाइन नॉइज हमारे तंत्र तक जा सकता है। पूरी तरह से एक परिरक्षित कनेक्शन प्रदान करने के लिए, प्रतिरोध को एक परिरक्षित बॉक्स (shielded box) में संलग्न किया गया है और विद्युतमापी के लिए कनेक्शन बॉक्स से एक त्रिअक्षीय कनेक्टर (triaxial connector) के माध्यम से किया गया है। इस तरह से विद्युतमापी (electrometer) का इनपुट कनेक्शन पूरी तरह से रक्षित और परिरक्षित (guarded and shielded) त्रिअक्षीय केबल (triaxial cable) का उपयोग करके किया गया है। उचित परिरक्षण इलेक्ट्रोस्टैटिक इंटरफेरेंस (electrostatic interference) को भी दूर करता है। चिंता का एक अन्य पहलू अवरोध का तापमान गुणांक (temperature coefficient) हैं। गीगा-ओम प्रतिरोध का तापमान परिवर्तन बहुत ही उच्च आदेश 200 ppm/ °C का हैं। (2) प्रतिरोध के लिए उपलब्ध अंशांकन मूल्य (calibration value) 25°C कि लिए हैं, तापमान मतभेद के कारण होने वाली कोई अस्पष्टता को दूर करने के लिए हमने एक निरंतर तापमान ऐयर बाथ का इस्तेमाल किया है, जोकि माप के दौरान प्रतिरोध का तापमान 25°C बनाए रखता है।



चित्र. 2 (क) फ्रंट पैनल आफ लैब-व्यू प्रोग्राम

मापन प्रक्रिया लैब-व्यू में विकसित स्वचालित पीसी नियंत्रण सॉफ्टवेयर द्वारा की गई है। ये लैब-व्यू प्रोग्राम Babita et. al (1) द्वारा विकसित किये गए प्रोग्राम में जरूरी संशोधन करके बनाया गया है। कैलीब्रेटर और विद्युतमापी GPIB पोर्ट के माध्यम से संचालित किये गए है। चित्र.2 में (क) फ्रंट पैनल आफ लैब-व्यू प्रोग्राम एवं (ख) मेजरमेंट्स डिस्प्ले इन फ्रंट पैनल आफ लैब-व्यू प्रोग्राम दिखाया गया है। स्वचालन द्वारा दूरस्थ आपरेशन के साथ, हाथ से किया गए आपरेशनों के दौरान मानवीय हस्तक्षेप से होने वाली नोइस (noise) एवं इलेक्ट्रोस्टैटिक पिक्क अप (electrostatic pick-up) को खत्म किया गया है। डाटा अधिग्रहण और प्रसंस्करण के लिए कुछ सुधार उपस्थित सॉफ्टवेयर में किया गया है। क्योंकि माप में बहुत उच्च मूल्य प्रतिरोध शामिल है, इस कारण प्रणाली की प्रतिक्रिया समय बहुत ज्यादा है और सही डेटा सिस्टम स्थिरता प्राप्त करने के बाद ही उपलब्ध किया जा सकता है। वांछित डेटा के नमूनों की संख्या को हटाने के लिये, हर एक माप चक्र की शुरुआत में पर्याप्त समय स्थिरता प्राप्त करने की अनुमति देने के लिए सॉफ्टवेयर में एक प्रावधान किया गया है। प्रायोगिक वोल्टेज के अलावा, सर्किट में थर्मल ई.एम.एफ (thermal e.m.f) एवं संपर्क क्षमता (contact potential) आदि के कारण अवांछित वोल्टेज उत्पन्न होती है। ये त्रुटि वोल्टेज कई माइक्रो वोल्ट के आदेश

का हो सकता है, प्रायोगिक वोल्टेज के साथ-साथ त्रुटि वोल्टेज के कारण वांछित विद्युत धारा मापा हुए धारा में शामिल होंगे। त्रुटि वोल्टेज की वजह से होने वाले ऑफसेट को अकृत करने की विधि का प्रयोग किया जा सकता है, पहले माप एक polarity के प्रायोगिक वोल्टेज से ले और फिर रिवर्स polarity के वोल्टेज के साथ माप दोहराए। फिर त्रुटि घटकों (error components) को रद्द करके वांछित विद्युत धारा दो माप के बीच अंतर के आधे के रूप में प्राप्त किया जा सकता है। हमारे इस्तेमाल किया सॉफ्टवेयर, को माप में ऑफसेट को सही धाराओं को प्राप्त करने के लिए स्वचालित रूप से डिजाइन किया गया है।



चित्र. 2 (ख) मेजरमेंट्स डिस्पले इन फ्रंट पैनल आफ लैब-व्यू पोग्राम

### 3. माप परिणाम और चर्चा

जैसा कि ऊपर वर्णन किया गया है, एक नैनो एम्पेयर से एक पीको एम्पेयर की विद्युत धारा के लिए विद्युतमापी को कैलिब्रेट करने के लिये प्रयोगात्मक सेटअप को लागू किया गया है। इस मेजरमेंट में इस्तेमाल विद्युतमापी Keithley 6430 उप-फेम्टो एम्पेयर (sub-Femto ampere) रिमोट स्रोत मीटर है। Fluke 5720A का इस्तेमाल डी.सी. वोल्टेज मोड (DC voltage mode) में मानक प्रतिरोध पार विभिन्न वोल्टेज स्रोतों के रूप में किया गया है जिसे वांछित के अनुसार  $I=V/R$  से 1nA और 1pA के बीच विद्युत धारा उत्पन्न की जा सकती है। यहाँ V प्रायोगिक वोल्टेज और R प्रतिरोध है। माप के दौरान प्रतिरोध का निरंतर तापमान 25°C बनाए रखने के लिए Guideline Variable temperature Airbath (Mode 5032) का इस्तेमाल किया गया है। विद्युतमापी इनपुट के लिए लो नॉइज ट्रिक्स केबल (Model 7078-TRX-3) जो 3-स्लॉट मेल TRIAX कनेक्टर्स (3-slot male triax connectors) के दोनों सिरों पर समाप्त होती है का इस्तेमाल किया गया है। रीडिंग शुरू होने से पहले काफी समय उपकरणों को गर्म और स्थिर करने के लिए दिया गया है। माप 1nA, 100pA, 10 pA और 1pA के लिए किया गया है। स्वचालन कार्यक्रम एक्सेल शीट में विस्तृत अनिश्चितता की गणना के साथ माप परिणाम संग्रहीत करता है। यह प्राप्त करने के लिए सभी Type B मापदंडों (Type B parameters) को शुरुआत में ही कार्यक्रम में निविष्ट (input) किया गया है। अनिश्चितता गणना गम (5) दस्तावेज के अनुसार कि गई है। तालिका 1 में परिणाम सारणीबद्ध (tabulated) किए गए हैं। इन मापों को कई दिनों के लिए दोहराया गया है और परिणामों को आवृत्ति कर सत्यापित किया गया है।

तालिका 1 : कम स्तर डी.सी. विद्युत धारा एक नैनो एम्पेयर से नीचे का माप परिणाम दिखाता है ।

Current Calculated	Current Measured	Combined uncertainty	EXPANDED uncertainty
9.993E-13	9.991E-13	4.99E-16	1.10E-15
9.993E-12	9.976E-12	8.94E-16	1.90E-15
9.993E-11	9.975E-11	6.27E-15	1.34E-14
9.993E-10	9.976E-10	4.02E-14	8.56E-14
9.993E-09	9.97E-09	7.60E-14	1.62E-13

एक पीको एम्पीयर की निम्नतम विद्युत धारा के मापन के बहुत अच्छे परिणाम प्रदान किए हैं, जिसकी अनिश्चितता का आदेश 0.1% है । पहले माप और वर्तमान माप की तुलना तालिका 2 में दी गई हैं। यह आसानी से देखा जा सकता है कि पूरा माप रेंज पर वर्तमान माप में काफी कम अनिश्चितताएँ हासिल की हैं। हार्डवेयर और सॉफ्टवेयर के माध्यम से प्रणाली के डिजाइन में किए गए संशोधनों से यह संभव हुआ है। फिर भी कुछ अधिक मापदंडों का जैसे के प्रतिरोध का वोल्टेज गुणांक माप में विचार कर मपान में और सुधर लाया जा सकता है।

तालिका 2 : वर्तमान माप और पिछले काम में हासिल की अनिश्चितता की तुलना को दर्शाता है ।

(\* Babita *et al*; 2014 \*\* वर्तमान कार्य)

Value Calibrated	% Uncertainty *	% Uncertainty **
1 nA	0.08	0.013
100 pA	0.03	0.002
10 pA	0.2	0.019
1 pA	0.4	0.110

#### 4. आभार

लेखक पेपर प्रकाशित करने की अनुमति के लिए प्रोफेसर आर.सी. बुधनी, निदेशक एन.पी.एल.आई के आभारी हैं । अपैक्स लेवल स्टैंडर्ड्स एंड इंडस्ट्रियल मेट्रोलोजी (ALSIM) के प्रमुख डॉ वी.एन. ओझा का सहयोग एवं प्रोत्साहन के लिए धन्यवाद ज्ञापित करते हैं ।

## संदर्भ

1. बबिता, दिव्या. के. शर्मा, सतिश, एम.ए. अंसारी एवं ए.के. सक्सेना, ए. वर्सटाइल आर्टोमेशन प्रोग्राम युसिंग लैब-व्यू फार लौ डी.सी. करेंट मेजरमेंट जे.एस.इ.आर, vol. 73 फरवरी 2014, 91-94
2. [www.minte.com/media/pdfs/9331G.pdf](http://www.minte.com/media/pdfs/9331G.pdf)
3. Keithly एप्लीकेशन नोट सीरीज., अंडरस्टैंडिंग लौ लैब्ल वोल्टेज मेजरमेंट, नंबर 200
4. Keithly instruments inc., नैनोटेक्नोलाजी मेजरमेंट हैंडबुक-ए गाइड टू एलोक्टिकल मेजरमेंट्स फार नैनो साइंस एप्लीकेशन, यू.एस.ए, प्रथम संस्करण 2007, iii-2 iii-9
5. GUM दस्तवेज, एन.ए.बि.एल., 2000

# माइक्रोवेव पावर अंशाकन के लिये कुमेलन अनिश्चितता (Mismatch Uncertainty) की गणना

अर्चना साहू, सऊद अहमद, पी.एस. नेगी एवं वी. एन ओझा

सी.एस.आई.आर - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail : archana@npl.india.org)

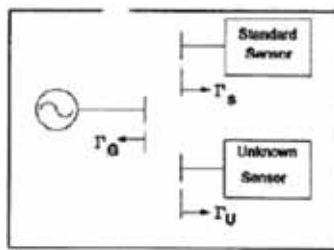
## सारांश

माइक्रोवेव पावर विद्युत मापिकी की एक महत्वपूर्ण पैरामीटर है। माइक्रोवेव अंशाकन के लिये कई कारक के मापन की आवश्यकता होती है जिनमें इनपुट परावर्तन गुणांक (Reflection Coefficient), अंशाकन कारक (Calibration Factor), रैखिकता (Linearity) और पूर्ण शक्ति का मापन शामिल है। वेक्टर नेटवर्क विश्लेषक (VNA) का प्रयोग माइक्रोवेव आवृत्ति पर विभिन्न पैरामीटरों के मापन हेतु करते हैं। माइक्रोवेव पावर सेंसर अंशाकन के लिए कुमेलन अनिश्चितता (Mismatch Uncertainty), की गणना एक महत्वपूर्ण उपलब्धि है। इसकी गणना VNA के माध्यम से परावर्तन गुणांक को मापकर की जाती है। 2 गीगा हर्ट्ज माइक्रोवेव आवृत्ति तक, परावर्तन गुणांक का मापन N टाइप 50  $\Omega$  एयरलाइन, 50  $\Omega$  मैच टर्मिनेसन, लघु व खुले परिपथ से अनुमार्गणीय है। इस पत्र में VNA द्वारा परावर्तन गुणांक का मापन करके कुमेलन अनिश्चितता के मुयांकन से माइक्रोवेव पावर अंशाकन में उपयोग को दर्शाया गया है।

## 1. प्रस्तावना

वेक्टर नेटवर्क विश्लेषक, विद्युत नेटवर्क के गुणों के विश्लेषण के लिये एक बहुत उपयोगी उपकरण है। मुख्य रूप से वह गुण जो विद्युत सिग्नल के परावर्तन तथा संचरण से संबंधित है। इन्हें S - पैरामीटर कहते हैं। इससे परिमाण (amplitude) तथा चरण (Phase) के गुणों को भी मापा जा सकता है जो कि किसी नेटवर्क के लक्षण वर्णन और विरूपण मुक्त संचरण को सुनिश्चित करने के लिये महत्वपूर्ण है।

वेक्टर नेटवर्क विश्लेषक द्वारा परावर्तन गुणांक का मापन करते हैं। मानक पावर सेंसर व अंशाकन हेतु पावर सेंसर दोनों के परावर्तन गुणांक को मापकर कुमेलन अनिश्चितता की गणना की जा सकती है।



चित्र 1 : विभिन्न उपकरणों के परावर्तन गुणांक

$$\text{कुमेलन कारक (मानक पावर सेंसर के लिये)} = \pm 2 \Gamma_G \Gamma_S \text{----- (1)}$$

$$\text{कुमेलन कारक (अंशाकन पावर सेंसर के लिये)} = \pm 2 \Gamma_G \Gamma_D \text{----- (2)}$$

जहाँ,  $\Gamma_G$ ,  $\Gamma_S$  तथा  $\Gamma_D$  क्रमाशः : सिग्नल स्रोत, मानक तथा अंशाकन हेतु पावर सेंसर के परावर्तन गुणांक हैं।

$$\text{कुमेलन अनिश्चितता, } \mu(M_X) = \frac{\text{कुमेलन कारक}}{\sqrt{2}} \text{.....(3)}$$

## 2. अनुमार्गणायता

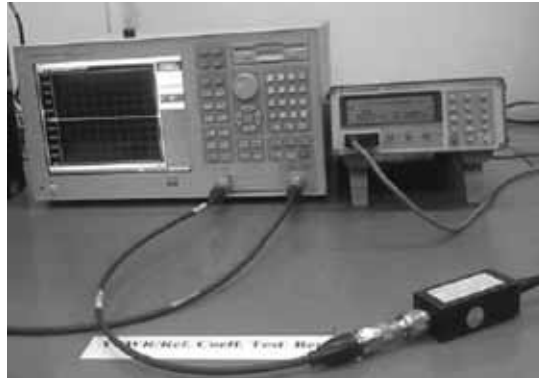
माइक्रोवेव आवृत्ति + 2 गीगा हर्ट्ज तक, परावर्तन गुणांक 50  $\Omega$  की एयरलाइन, 50  $\Omega$  मैच टर्मिनेसन, लघु व खुले परिपथ से अनुमार्गणीय है।

माइक्रोवेव आवृत्ति पर, संचरण गुणांक, 20 dB तथा 50 dB क्षीणकारी, 50  $\Omega$  मैच टर्मिनेसन लघु व खुले परिपथ से अनुमार्गणीय है।

## 3. माप प्रक्रिया

सर्वप्रथम वेक्टर नेटवर्क विश्लेषक को चालू करके दो घंटे तक स्थिर होने के लिए छोड़ देते हैं। फिर इच्छित आरंभ व रोक आवृत्तियों का चयन करके, अंशाकन किट द्वारा VNA का अंशाकन करते हैं।

परावर्तन गुणांक के मापन, निम्न सेट-अप द्वारा किया गया है।



चित्र 2 : परावर्तन गुणांक मापन के लिये सेट-अप

इनपुट तथा आउटपुट परावर्तन मापदंडों  $S_{11}$  तथा  $S_{22}$  को मापने के लिये दो पोर्ट उपकरण को VNA के टेस्ट पोर्ट 1 तथा 2 के बीच लगाते हैं। स्क्रीन डिस्प्ले से,  $S_{11}$  तथा  $S_{22}$  पैरामीटर की जानकारी प्राप्त हो जाती है।

पुनः विश्लेषण के लिए, मानक पावर सेंसर तथा अंशाकन हेतु पावर सेंसर के कुमेलन कारक की गणना कर कुमेलन अनिश्चितता निकालते हैं। यह पावर सेंसर की अनिश्चितता की गणना में बहुत ही प्रमुख घटक है।

VNA की सटीकता (Accuracy), सत्यापन किट (माडल नं. 85055A) के तथा क्षीणकारी का उपयोग कर परावर्तन तथा संचरण मापन के लिये सत्यापित है। माप त्रुटि को, बीच में किसी घटक का प्रयोग न करके किया जाना अनिवार्य है अन्यथा परिणाम सही नहीं आयेंगे।



#### 4. माप परिणाम

2 गीगा हर्ट्ज आवृत्ति तक परावर्तन गुणांक को मापा गया तथा उनसे कुमेलन अनिश्चितता की गणना की गई जो कि तालिका 1 में दर्शाया गया है ।

तालिका 1 : विभिन्न आवृत्ति पर परावर्तन गुणांक व कुमेलन अनिश्चितता

Frequency (GHz)	Ref. Coeff ( $\Gamma$ ) of DUC Sensor	Mismatch Uncertainty
0.010	0.062	$\pm 0.0022$
0.050	0.013	$\pm 0.0005$
0.100	0.006	$\pm 0.0002$
0.500	0.003	$\pm 0.0001$
1.000	0.008	$\pm 0.0003$
1.500	0.012	$\pm 0.0003$
2.000	0.013	$\pm 0.0004$

#### 5. निष्कर्ष

माप में अनिश्चितता का मूल्यांकन आईएस ओ/आई ई सी : 17025 के अनुसार किया गया है । कुमेलन अनिश्चितता को पावर सेंसर अंशांकन में शामिल कर तालिका 2 में दर्शाया गया है ।

तालिका 2 : पावर सेंसर अंशांकन के लिये अनिश्चितता बजट

UNCERTAINTY BUDGET Calibration Factor HP8481H Power Sensor, Sno. 2349A06747, HP, USA							
POINT OF CALCULATION: 100 MHz							
Source of uncertainty	Estimate (X)	Limit x(X)	Probability Distribution Type A/B	Standard uncertainty u x(X)	Sensitivity coefficient c	Uncertainty contribution  c  u x(X)	Degree of freedom (v)
Reference Standard Ks(f)	0.9960	0.0150	Normal Type B 2	0.00750	1	0.00750	$\infty$
Drift in Cal Factor $\delta K_s(f)$	0.001	0.0020	Rectangular Type B $\sqrt{3}$	0.00115	1	0.00115	$\infty$
Stability 50 MHz ref Source	1	0.0010	Rectangular Type B $\sqrt{3}$	0.00231	1	0.00231	$\infty$
Instrument Non- Linearity	1	0.0010	Normal Type B 2	0.00050	1	0.00050	$\infty$
Mismatch wrt Source to STD	1	0.0011	U Shape Type B $\sqrt{2}$	0.00081	1	0.00081	$\infty$
Mismatch wrt Source to DUC	1	0.0007	U Shape Type B $\sqrt{2}$	0.00049	1	0.00049	$\infty$
Repeatability			Type A	0.00191		0.00191	7
Combined Standard Uncertainty U <sub>c</sub> KD(f)						0.00823	
Expanded Uncertainty UKD(f)		Coverage Factor @ 95%	k = 2	Effective degree of freedom			1376
				0.0165		1.65	%

परावर्तन गुणांक ( $\Gamma$ ) की माप किये गये मूल्यों के लिए अधिकतम अनिश्चितता 95% कानफिडेंस लेवल पर  $\pm 0.002$  है ।

## 6. आभार

इस कार्य को प्रकाशित करने की अनुमति और प्रोत्साहन के लिये हम प्रो. आर.सी.बुधानी, निदेशक, सी.एस. आई. आर. एन.पी.एल के सहदय आभारी हैं । हम इस पत्र में सदरित सभी लेखको को भी धन्यवाद देते हैं ।

## संदर्भ

1. जुन यूवा वार्क इत्यादि “Uncertainty estimation of measurement using a vector network analyzer” आई ई.ई.ई. TENCON की प्रोसिडिंग, 2002
2. सऊद अहमद, बिजन्द्र पाल, ए.के. गोविल तथा पी बनर्जी, “ Automated power sensor calibration using direct comparision technique from 100 MHZ to 18 GHZ at NPLI”, जर्नल आफ इन्ट्रूमेन्ट सोसाइटी आफ इंडिया, Vol. 40, No. 3, सितम्बर 2010
3. एजिलेन्ट एन 1287-1, “Understanding the fundamental principles of vector network analysis” अनुप्रयोग नोट

# हाईड्रोमीटर

महार्घ बरन दास, सुरेन्द्र सिंह यादव एवं अनिल कुमार

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

## सारांश

पृथ्वी के प्राचीनतम एक इस सरल मानक यंत्र हाईड्रोमीटर का आज की अत्याधुनिक मानक यंत्र के बीच अपना एक महत्वपूर्ण स्थान बनाये हुए है। यह सरल मानक यंत्र तथा हाईड्रोमीटर तरल पदार्थ की घनत्व मापक प्रक्रिया में अतिआवश्यक भूमिका निभाता है। इस घनत्व मापक प्रक्रिया के साथ-साथ आर्थिकस्थिति परस्पर जुड़ी हुई है। मानकों एवं मापन पद्धति में अनुमार्गनीयता का अनुरक्षण करने के लिए द्रवस्थैतिक भार हाईड्रोस्टेटिक्स माप पद्धति अनुसरण करके हाईड्रोमीटर में अंशांकन स्थापित किया जाता है।

इन हाईड्रोमीटरों का उपयोग विभिन्न प्रकार के तरल पदार्थों में जैसे- जल, तेल दूध, शीतल पेय, सिरा में चीनी की मात्रा, घोल में एल्कोहल की मात्रा, तेजाब इत्यादि के घनत्व मापन प्रक्रिया गुणवत्ता के साथ नियंत्रित करते हैं। सभी प्रकार के हाईड्रोमीटर आर्किमिडिस सिद्धांत पर आधारित हैं और एक जैसा कार्य करते हैं, लेकिन अगर सभी हाईड्रोमीटर एक जैसा कार्य करते हैं तो फिर विभिन्न प्रकार के हाईड्रोमीटर कैसे उपलब्ध हैं? संभवतः इंसान की आलस्यता और गलती करने की प्रवृत्ति के कारण मापक के उत्पादकों का व्यावहारिक प्रयोग में गुणवत्ता के साथ सरलीकरण करके इस सरल मापक यंत्र को विभिन्न प्रकार के हाईड्रोमीटर तथा लेक्टोमीटर, एल्कोहोलोमीटर, ब्रिक्स हाईड्रोमीटर, स्पेसिफिक ग्रेविटी हाईड्रोमीटर इत्यादि उपलब्ध हैं।



चित्र 1 : विभिन्न प्रकार के हाईड्रोमीटर

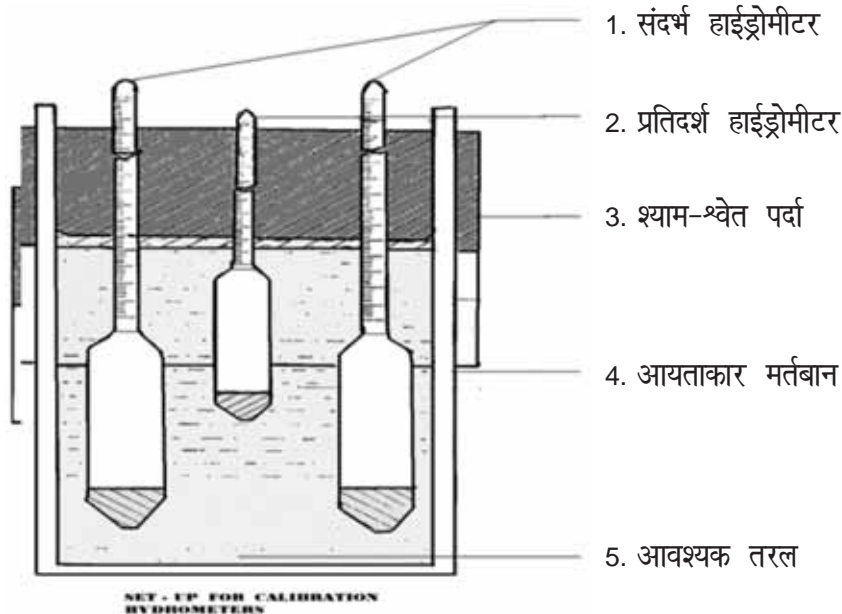
## 1. हाईड्रोमीटर का गठन

काँच की पतली सी ट्यूब के एक तरफ स्टेम, नीचे का का भाग मोटा होता है जिसको बल्ब कहते हैं, दोनों तरफ से सील बंद होता है, स्टेम के अंदर कागज का स्केल और बल्ब के नीचे सीसे की छोटी-छोटी गोलियाँ सील कर दी जाती हैं, जो हाईड्रोमीटर को द्रव्य में सीधा खड़ा रखने के लिए सहायता करते हैं।

## 2. वाणिज्यिक प्रयोग का स्वरूप

1. मिट्टी परीक्षण प्रयोगशाला में भिन्न प्रकार की मिट्टी का विश्लेषण जैसे - मुलायम मिट्टी, मिट्टी की दरार उपजाऊ मिट्टी, बंजर- कीचड़ आदि का विश्लेषण करने के लिए सॉइल हाइड्रोमीटर का उपयोग किया जाता है।
2. घोल में एल्कोहल की मात्रा का निर्धारण करने के लिए एल्कोहोलोमीटर का प्रयोग किया जाता है, इस एल्कोहोलोमीटर को प्रूफ एंड आल्ले हाइड्रोमीटर के नाम से भी जाना जाता है।
3. समुद्र के लवणाक्त पानी में नमक की मात्रा सुनिश्चित करने के लिए सलाइनोमीटर नामक एक विशेष प्रकार का हाइड्रोमीटर प्रयोग में लाते हैं।
4. लेक्टोमीटर दूध के आपेक्षित घनत्व मापन करने के लिए व्यापक स्तर पर इसका उपयोग होता है, दूध में विभिन्न प्रकार के पदार्थों जो की जल से अधिक भारी या हल्के पदार्थों के अस्तित्व को जानने के लिए अतिरिक्त परीक्षण करना आवश्यक होता है।
5. हाइड्रोमीटर प्रयोग में लाये जाते हैं ब्रिक्स हाइड्रोमीटर के बल्ब में थर्मोमीटर भी लगा रहता है, इसके अतिरिक्त एल्कोहल उद्योगों में अंगूर, सेब, काजूफल इत्यादि के रस में चीनी की मात्रा भी निर्धारित करते हैं इसकी डिग्री ब्रिक्स नाम से जानी जाती है।

### हाइड्रोमीटर - परीक्षण



सर्वप्रथम दोनों पृथक तरल पदार्थ (जाईलिन, टेटोक्लोरोईथिलिन इत्यादि) का मिश्रण तैयार किया जाता है। निश्चित तरल में स्थिर भासमान स्थिति में निशान पर्यवेक्षण अभिलेखन किया जाता है।

दोनों निशान की भिन्नता/अंतर में संशोधन से प्राप्त एवं अन्यान्य प्रयोजनीय प्रयोग से आकलित मान निर्णय किया जाता है। अनुरूपभावे हाइड्रोमीटर की चुने हुए सर्वनिम्न चार बिंदु का अंशकन किया जाता है।

### 3. हाईड्रोमीटर - पर्यवेक्षण एवं आंकलन : (Units in g/cm<sup>3</sup>)

मानक संख्या	पर्यवेक्षित मान	संशोधनमान संशापत्र	संशोधित मान	अंशांकन बिंदु	आकलित	औसत संशोधित मान	पूर्णांक
SI	0.749 92	-0.00014	0.74978	0.750	-0.000 22	-0.000 23	-0.000 2
S2	0.749 84	-0.000 08	0.74976		-0.000 24		
S3	0.769 98	-0.000 06	0.76992	0.770	-0.000 08	-0.000 06	-0.000 1
S4	0.769 88	+0.000 08	0.76996		-0.000 04		
S5	0.790 10	-0.000 04	0.790 06	0.790	0.000 06	0.000 08	0.000 1
S6	0.790 12	-0.000 01	0.790 02		0.000 02		
S7	0.800 14	+0.000 04	0.80018	0.800	0.00018	0.00017	0.000 2
S8	0.800 04	+0.000 12	0.800 16		0.00016		

### 4. राष्ट्र सेवा में अंशांकन सुविधा

राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में उपलब्ध अंतर्राष्ट्रीय स्तर की राष्ट्रीय मापन मानक हाईड्रोमीटर श्रृंखला द्वारा तरल पदार्थ की घनत्व मापन मानक हाईड्रोमीटर की अंशांकन सेवा उपलब्ध है। भारतीय पेट्रोलियम, दुग्ध उत्पादको, चीनी उद्योग, रसायन उद्योग इत्यादि इस सेवा का लाभ उठा रहे हैं। भारत के तकनीकी, विज्ञान, वाणिज्य व वे सभी वर्ग जिन्हें इस सेवा की आवश्यकता है, इस सेवा का लाभ उठाने के लिए राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला उन सभी वर्गों का हार्दिक स्वागत करती है।

#### संदर्भ

1. " व्यावहारिक घनत्व मापन तथा हाइड्रोमीटरी " भौतिकी संस्थान पीपी 195-200, 2009
2. घनत्व हाइड्रोमीटर्स हेतु विनिर्देश आई एस : 3104 (भाग-1)-1982 भारतीय मानक ब्यूरो, नई दिल्ली
3. एफ.सी.कुक्कु "संदर्भ हाइड्रोमीटर के अंशांकन हेतु उच्च सटीकता की नवीन पद्धति जे. सांक कैम 68-44-49.1949

# एक किलोहर्ट्ज रेडियो आवृत्ति स्थिर अनुपात मापक का स्थापित मानक प्रेरक वोल्टेज विभाजक की सहायता से अनुगमन

ज्योति चौहान एवं नैना नारंग  
शीर्ष स्तरीय मानक और औद्योगिक मेट्रोलोजी

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail : cjyoti71@nplindia.org)

## सारांश

माइक्रोवेव माप उपकरण आम तौर पर प्रविष्टि हानि (insertion loss) और वोल्टेज स्थिर तरंग अनुपात (VSWR) माप के लिए 1 kHz का समायोजित रिसीवर और सटीक प्रतिरोधक क्षीणकारी का प्रयोग करते हैं। उद्घारणतः स्थिर अनुपात मापक, वोल्टेज स्थिर तरंग अनुपात मापक (dB अथवा VSWR में अंशंकित)। एक अंशंकन प्रयोगशाला को सन्दर्भ मानक के अनुसार अनुगमित मापदंडों में स्थापित करने की आवश्यकता है। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में हम वोल्टेज स्थिर तरंग अनुपात मापने के लिए युग्मित फिसलन प्रतिबन्ध तकनीक में ऑडियो आवृत्ति अनुपात मापक और क्षीणन मापने के लिए ऑडियो आवृत्ति प्रतिस्थापन तकनीक का प्रयोग करते हैं। अनुपात मापक ( $\pm 0.005$  dB/10 dB), 1 kHz प्रेरक वोल्टेज विभाजक के निमित्त अंशंकित है जो कि भारतीय राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला के प्राथमिक मानक से अनुगमित है। प्रस्तुत पेपर में हम मापन कार्यविधि, अनिश्चितता विश्लेषण एंवम माप के लिए स्थापित मानक का विवरण कर रहे हैं।

## 1. प्रस्तावना

व्यावसायिक रूप से उपलब्ध माइक्रोवेव क्षीणन और प्रतिबाधा मापने वाले उपकरण दिष्ट धारा, वैकल्पिक आवृत्ति अथवा मध्यवर्ती आवृत्ति पर संचालित किए जाते हैं इन उपकरणों के प्रदर्शन मीटर “dB” में क्षीणन और वोल्टेज स्थिर तरंग अनुपात “VSWR” दिखाते हैं। इस उद्देश्य के लिए जो वैकल्पिक आवृत्ति पर आधारित उपकरण इस्तेमाल किये जाते हैं उनमें स्वयं निर्मित ऑडियो क्षीणकारी अथवा प्रतिरोधक विभक्त होता है जिनकी सटीकता  $\pm 0.02$  dB/10 dB से  $\pm 0.05$  तक बदलती रहती है। आम तौर पर इस प्रकार के उपकरण समायोजित आवृत्ति पर काम करते हैं - उद्घारणतया 1 kHz या 27.8 kHz के समायोजित रिसीवर। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में हमारे पास परावर्तनिक हानि अथवा आप्रगामी तरंग अनुपात मापने के लिए 1 kHz का रेडियो आवृत्ति अनुपात मापक है जिसको कि स्थानांतरण मापक के रूप में भी इस्तेमाल किया जाता है। यह अनुपात मापक जो कि एक स्थानांतरण मानक है, 1 kHz आवृत्ति पर प्रत्यक्ष प्रतिस्थापन तकनीक के जरिए सप्त दशक प्रेरक वोल्टेज विभाजक के अनुसार अंशंकित किया जाता है जो कि राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला के प्राथमिक मानक-प्रेरक वोल्टेज विभाजक के निमित्त अंशंकित है।

## 2. सैद्धांतिक विचार

एक प्रेरक वोल्टेज विभाजक को अनुपात परिवर्तक भी कहा जाता है जो कि ऑडियो आवृत्ति पर काम करने वाला सटीक परिवर्तनीय क्षीणन मानक है (1)। व्यावसायिक रूप से सटीक प्रेरक वोल्टेज विभाजक उपलब्ध है और यह 10 Hz से लेकर 100 kHz आवृत्ति में काम करते हैं इसमें बहुत से ऑटो परिवर्तक हैं जिनके टोरोइडल कोर सुपरम एलाय से बनाये जाते हैं (चित्र-1)। एक उत्तम प्रेरक वोल्टेज विभाजक के द्वारा क्षीणन A (dB) मापा जाता है जिससे “D” अनुपात निकलता है

$$A = 20 \log \frac{V_{in}}{DV_{in}}$$

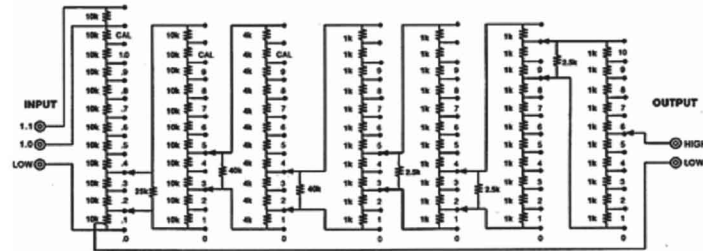
एक प्रेरक वोल्टेज विभाजक में समग्र त्रुटि,  $\varepsilon$  को इस तरह परिभाषित किया जा सकता है

$$\varepsilon = \frac{V_{out} - DV_{in}}{V_{in}}$$

जहाँ

D = सूचित अनुपात,  $V_{in}$ =निवेश वोल्टेज,  $V_{out}$ = निर्गत वोल्टेज

रेडियो आवृत्ति अनुपात मापक एक दैत प्रणाली पर चलने वाला उपकरण है जिसको मुख्य रूप से माइक्रोवेव संसूचक के संकीर्ण बैंड 1 kHz के सिगनल को प्रसंस्करण करने में इस्तेमाल किया जाता है जिससे कि वो माइक्रोवेव मापदंडों को निश्चित एवं अस्थिर आवृत्ति पर मापा जाता है (2)। इसमें 30 dB श्रेणी में  $\pm 0.02$  dB सटीकता रखने वाला ऑडियो क्षीणकारी भी है। (जिसकी 51 dB पर 0.002 dB स्थिरता है अथवा 2000  $\Omega$  की प्रतिबाधा है)।



चित्र 1 : सप्त डायल प्रेरक वोल्टेज विभाजक

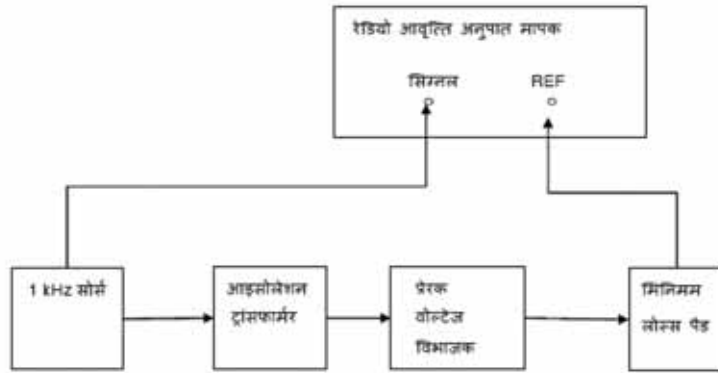
## 3. अंशांकन कार्य विधि

सीधी प्रतिस्थापन तकनीक (चित्र-2) के जरिए अनुपात मापक का क्षीणन मापने के लिए कार्य विधि दर्शा रहा है आइसोलेशन परिवर्तक 4-टर्मिनल प्रतिरोधक नेटवर्क मापने में एक मुख्य भूमिका निभाता है।

## 4. मापन कार्य विधि

रेडियो आवृत्ति अनुपात मापक को उसके क्षीणन कदमों पर अंशांकित करने के लिए, प्रेरक वोल्टेज विभाजक के डायल को एक प्रारंभिक मूल्य, जैसे कि  $A=0.0200000$  पर किसी सन्दर्भ मूल्य के प्रत्यक्ष जैसे कि 1.000 dB पर रखा जाता है। अब क्षीणकारी को उसकी प्रारंभिक मूल्य 0 dB से 1 dB पर स्थित किया





चित्र 2 : सीधी प्रतिस्थापन तकनीक के जरिए क्षीणन मापन

जाता है और प्रेरक वोल्टेज विभाजक के डायल को उस अनुपात मापक के प्रदर्शन मीटर में सन्दर्भ मूल्य 1.000 dB के अनुसार एक नई मूल्य (जैसे कि B) में बदला जाता है। मापे हुए क्षीणन (M) का विश्लेषण नीचे दिए गए समीकरण से किया जाता है

$$M = 10 \log \left( \frac{B}{A} \right)$$

अनिश्चितता के यादृच्छिक घटक की गणना के लिए माप विधि को बार बार दोहराया जाता है (जैसे 10 बार, Type A)

## 5. अनिश्चितता के स्रोत

माप अभिव्यक्ति (Guide to expression of uncertainty in measurement) के अनुसार माप अनिश्चितता की गणना की जाती है [3, 4] । संयुक्त मानक अनिश्चितता,  $U_C$  जिससे माप पुनरावर्तनीयता, मानक IVD, पैनेल मीटर संकल्प और वोल्टेज स्थानांतरण त्रुटि शामिल उनका मूल्यांकन किया जाता है।

पुनरावर्तनीयता के कारण अनिश्चितता योगदान को बार बार मापी हुई मूल्यों से इस प्रकार निकाला जाता है।

$$u_A = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

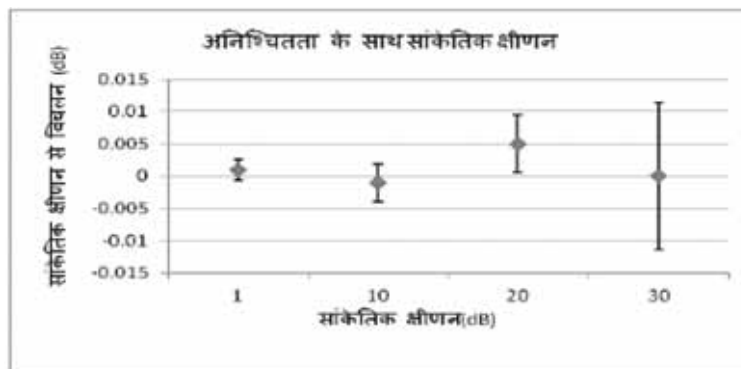
जहाँ

$\sigma = n$  टिप्पणियों में मानक विचलन (Standard deviation)

मानक IVD के कारण अनिश्चितता योगदान को उसके अशाकन प्रमाण पत्र से  $1 \sigma$  मूल्य तक सामान्यीकृत ( $u_{B1}$ ) करके लिया जाता है। पैनेल मीटर संकल्प (X) के कारण अनिश्चितता योगदान को  $u_{B2} = \frac{X}{\sqrt{3}}$  से निकाला जाता है, जिसमें वितरण आयताकार (rectangular distribution) है। वोल्टेज स्थानांतरण त्रुटि (Y) के कारण अनिश्चितता योगदान को  $u_{B3} = \frac{Y}{\sqrt{2}}$  से निकाला जाता है, जिसमें वितरण U-आकार (U-shaped) है। संयुक्त मानक अनिश्चितता ( $u_C$ ) को ऊपर दिए गए अनिश्चितता पदों की राशि का सकारात्मक वर्गमूल से गणना की जाती है। व्याप्ति कारक (Coverage Factor) k का मूल्य t-वितरण तालिका से 95% विश्वास स्तर (confidence level) से निर्धारित किया जाता है इसी कारक (k) को विस्तारित अनिश्चितता की गणना करने में इस्तेमाल किया जाता है ( $u_E + ku_C$ ) ।

## 6. परिणाम की चर्चा

चित्र 3 में 1, 10, 20 और 30 dB के कदम पर स्थिर रेडियो आवृत्ति अनुपात मापक के अंशांकित परिणाम एवं इसकी अनिश्चितता को दर्शाया गया है। फिर यह स्थिर रेडियो अनुपात मापक माइक्रोवेव मापन प्रणाली में वोल्टेज स्थिर तरंग अनुपात एवं क्षीणन माप के अनुगमन के लिए इस्तेमाल होता है। इसी प्रकार स्थिर तरंग अनुपात मीटर का स्वयं निर्मित क्षीणकारी-प्रक वोल्टेज विभाजक के अनुसार अंशांकित किया जाता है 10 dB क्षीणन कदम के लिए अनिश्चितता बजट तालिका-1 में दर्शाया गया है।



चित्र 3 : अनिश्चितता के साथ सांकेतिक क्षीणन

तालिका 1 : 10dB क्षीणन कदम के लिए अनिश्चितता बजट

अनिश्चितता के स्रोत	लिमिट्स ( $\pm$ dB)	संभावना वितरण	मानक अनिश्चितता (dB)	सेंसिटिविटी गुणांक	अनिश्चितता योगदान (dB)	डिग्री ऑफ फ्रीडम
पुनरावर्तनीयता $U_A$	0.000248	Noarmal	0.000110912	1.0	0.000110912	4
मानक IVD $U_{B1}$	0.000104208	Normal	0.000052104	1.0	0.000052104	$\infty$
पैनल मीटर संकल्प $U_{B2}$	0.0005	Rectangular	0.000288684	1.0	0.000288684	$\infty$
वोल्टेज स्थानांतरण त्रुटि $U_{B3}$	0.002	U-Shaped	0.001414	1.0	0.001414	$\infty$
संयुक्त अनिश्चितता $u_C$					0.001449	116452.4
विस्तारित अनिश्चितता $U_E$			$k = 2$		0.002898	$\infty$

## 7. आभार

प्रेरक वोल्टेज विभाजक के तकनीकी सहयोग देने हेतु हम श्रीमान मोहम्मद सलीम के आभारी हैं।

## संदर्भ

1. एलेन कोस्टर एंड सी एस एस. अत्तेनुअशन मेज़रमेंट, © दा IEE मेज़रमेंट, सेंसर्स, इंस्ट्रूमेंटेशन एंड NDT प्रोफेशनल नेटवर्क।
2. ऑपरेशन एंड सर्विस मैनुअल फॉर मॉडल 1810A स्टेबिलीज्ड RF रेशमिटर © wienschel Engg. USA, 1974, IM106 12/1974.
3. राम स्वरूप, पी. एस.नेगी, आर. एल, मेंदीरत्ता, “एस्टीमेशन ऑफ अनसर्टेनिटी इन इम्पेडेंस मेज़रमेंट ऐट नैरो एंड ब्रॉड बैंड माइक्रोवेव फ्रेक्वेंसीएस”, मेज़रमेंट Vol. 33, No. 1, pp 55-66, 2003.
4. इवैल्यूएशन ऑफ मेज़रमेंट डेटा-गाइड टू दा एक्सप्रेशन ऑफ अनसर्टेनिटी इन मेज़रमेंट, GUM 1995 विद् माइनर कोरेक्शन्स, फर्स्ट एडिशन सितम्बर 2008 JCGM 100:2008 © JCGM 2008.

# स्वयं विकसित लैब-व्यू (LabVIEW) सॉफ्टवेयर पर आधारित स्वचालन प्रोग्राम के द्वारा जेनर वोल्टेज मानक का अंशांकन एवम् इसकी अनिश्चितता का मूल्यांकन

अनिष भार्गव, संध्या पटेल एवं वी.एन. ओझा

सी.एस.आई.आर.- राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ.के.एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail : anishbhargav@gmail.com)

## सारांश

प्रस्तुत पत्र में हम सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में स्वयं विकसित लैब-व्यू (LabVIEW) सॉफ्टवेयर पर आधारित स्वचालन प्रोग्राम का उपयोग कर, जेनर संदर्भ वोल्टेज मानक के अंशांकन और अनिश्चितता के मूल्यांकन के लिए तैयार किये गए सेटअप का वर्णन करेंगे। हमने तुलनात्मक पद्धति से जेनर का अंशांकन किया है। यहाँ पर जेनर का अंशांकन उस जेनर के साथ किया गया है, जो जोसेफसन वोल्टेज मानक (JVS) से अंशशोधित है। तुलनात्मक पद्धति से जेनर का अंशांकन इसी प्रयोगशाला में स्वयं विकसित स्वचालन प्रोग्राम का उपयोग कर किया गया है। इसके साथ-साथ इसकी अनिश्चितता का मूल्यांकन भी प्रयोगशाला में विकसित स्वचालन प्रोग्राम के माध्यम से किया गया है, जो कि आई.एस.ओ. गम दस्तावेज (ISO GUM document) पर आधारित है।

## 1. प्रस्तावना

प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में तेजी से हो रही प्रगति ने, विभिन्न भौतिक मात्राओं के सही माप के लिए नए मॉडल को विकसित करने की आवश्यकता को और बढ़ा दिया है। सी.एस.आई.आर.-राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला भारत की राष्ट्रीय मापिकी संस्थान है, जो कि विभिन्न भौतिक मात्राओं जैसे कि वोल्टेज, प्रतिरोध, समय, बल, तापमान आदि के प्राथमिक और साथ ही द्वीतीयक मानकों का संरक्षण एवं रख-रखाव करती है। इसके साथ वह एस.आई. इकाइयों का अनुरक्षण भी करती है<sup>1</sup>।

सी.एस.आई.आर.-एन.पी.एल. का क्वांटम परिघटना एवं अनुप्रयोग प्रभाग, डी.सी. वोल्टेज के प्राथमिक (जोसेफसन वोल्टेज मानक (JVS)) और द्वीतीयक मानक (जेनर वोल्टेज मानक) का 10V और 1.018V के स्तर पर संरक्षण एवं रख-रखाव करता है। इसके साथ जेनर का आवधिक अंतराल पर अनुमार्गणीयता प्रदान करने के लिए जोसेफसन वोल्टेज मानक (JVS) के द्वारा अंशांकन किया जाता है<sup>2-4</sup>। जेनर संदर्भ वोल्टेज मानक ठोस अवस्था में कार्य करने वाला उपकरण है। प्राथमिक जोसेफसन वोल्टेज मानक (JVS) की तुलना में जेनर पोर्टेबल है, और आसानी से एक स्थान से दूसरे स्थान पर ले जाया जा सकता है। इसलिये इसका उपयोग राष्ट्रीय मानकों की स्थापना और रख-रखाव करने वाली प्रयोगशालाएं, युनिट 'वोल्ट' को अन्य उद्योगों/ प्रयोगशालाओं को स्थानांतरित करने के लिए करती है।

स्वचालित प्रौद्योगिकियों की क्षमता एवं उससे प्राप्त समाधान ने अंशांकन करने की प्रक्रिया को पूरी तरह से

एक अलग स्तर पर पहुंचा दिया है<sup>5</sup>। प्रस्तुत पत्र में जेनर के अंशांकन के लिए विकसित स्वचालन सॉफ्टवेयर पर चर्चा की गयी है। स्वचालन सॉफ्टवेयर एन-आई के लैब व्यू (LabVIEW) सॉफ्टवेयर का उपयोग कर विकसित किया गया है, और इसका परीक्षण जेनर संख्या 1477703 पर किया गया है। जेनर का अंशांकन तुलनात्मक पद्धति से किया गया है। इसके साथ-साथ इसकी अनिश्चितता का मूल्यांकन भी प्रयोगशाला में विकसित स्वचालन प्रोग्राम के माध्यम से किया गया है, जो कि आई.एस.ओ. गम दस्तावेज़ (ISO GUM document) पर आधारित है<sup>6-9</sup>।

## 2. प्रयोगात्मक सेटअप

हमने तुलनात्मक पद्धति से जेनर का अंशांकन किया है। यहाँ पर जेनर का अंशांकन उस जेनर के साथ किया गया है, जो जोसेफसन वोल्टेज मानक (JVS) से अंशशोधित है। तुलनात्मक पद्धति से हमें दो जेनर के बीच का वोल्टेज अंतर, अंशशोधित डिजिटल मल्टीमीटर ( $7\frac{1}{2}$  Agilent 34420 DMM) से प्राप्त होता है।

इससे हम जेनर वोल्ट मानक ( $V_X$ ) का वोल्टेज निर्धारित करते हैं।

### 2.1 अनिश्चितता मूल्यांकन के लिए इस्तेमाल गणितीय मॉडल

जेनर वोल्ट मानक का औसत वोल्टेज ( $V_X$ ) निम्न समीकरण से प्राप्त किया जाता है<sup>8</sup>:

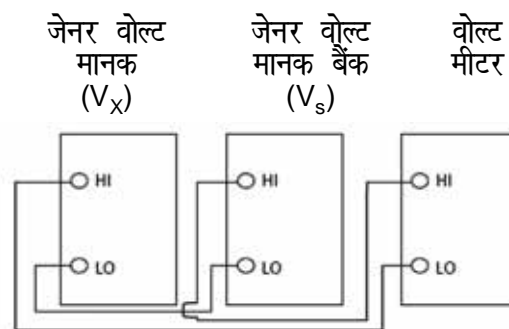
$$V_X = V_s + \delta V_D + \delta V + c_s \delta t_s - c_x \delta t_x + \delta E \quad \text{..... (A)}$$

$$\delta V = \delta V_1 + \delta V_2 \quad \text{..... (B)}$$

जहाँ:

$V_X$  : जेनर वोल्ट मानक (DUC) का औसत वोल्टेज

$V_s$  : जेनर वोल्ट बैक का औसत मान



चित्र 1 : तुलनात्मक पद्धति से जेनर के अंशांकन के लिए इस्तेमाल सर्किट

$\delta V_D$  : संदर्भ मानक के मान में अपसरण

$\delta V_1$  : जेनर बैक तथा DUC के बीच वोल्ट का अंतर

$\delta V_2$  : वोल्ट मीटर का रैखिक विचलन

$c_s$  : जेनर बैक के सेल का ताप गुणांक

$\delta t_s$  : जेनर बैक का ताप विचलन

$c_x$  : DUC का ताप गुणांक

$\delta t_x$  : DUC का ताप विचलन

$\delta E$  : DUC के अंशांकन में तापीय विद्युत वाहक बल

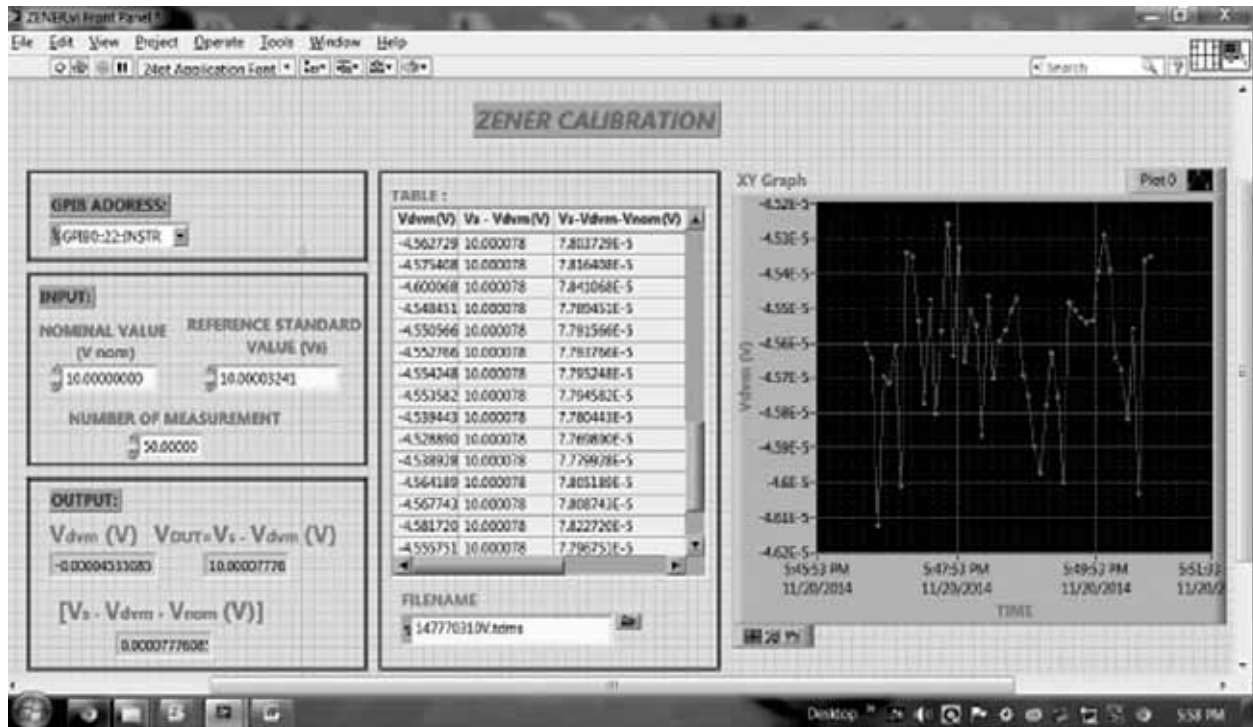
## 2.3 लैब व्यू स्वचालन प्रोग्राम

जेनर अंशांकन के लिए लैब व्यू प्रोग्राम के अग्र पैनल को चित्र-2 में दिखाया गया है।

अंशांकन के सभी चरणों को फ़्लोचार्ट (Flowchart) के माध्यम से बताया गया है। जेनर अंशांकन के लिए विकसित स्वचालन प्रोग्राम तुलनात्मक पद्धति पर आधारित है। यहाँ पर जेनर का अंशांकन उस जेनर के साथ किया गया है जो जोसेफसन वोल्टेज मानक (JVS) से अंशशोधित है।

## 2.4 अनिश्चितता का मूल्यांकन

जेनर के अनिश्चितता का मूल्यांकन इसी प्रयोगशाला में विकसित स्वचालन प्रोग्राम (NPLI - SUM) के माध्यम से किया गया है, जो कि आई.एस.ओ. गम दस्तावेज़ (ISO GUM document) पर आधारित है<sup>6-9</sup>।



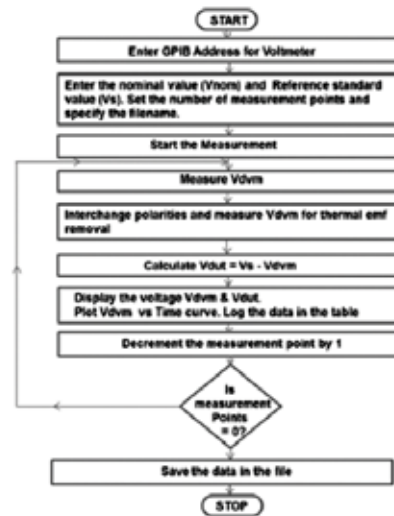
चित्र 2 : जेनर अंशांकन के लिए स्वयं विकसित लैब व्यू प्रोग्राम का अग्र पैनल

## 3. परिणाम

उपरोक्त सॉफ्टवेयर का उपयोग कर जेनर 1477703 का अंशांकन तुलनात्मक पद्धति से किया गया है। 10V के स्तर पर इसका औसत मान  $V_x = 10.0000502603$  तथा 1.018V के लिए  $V_x = 1.0180980133$  आकलित

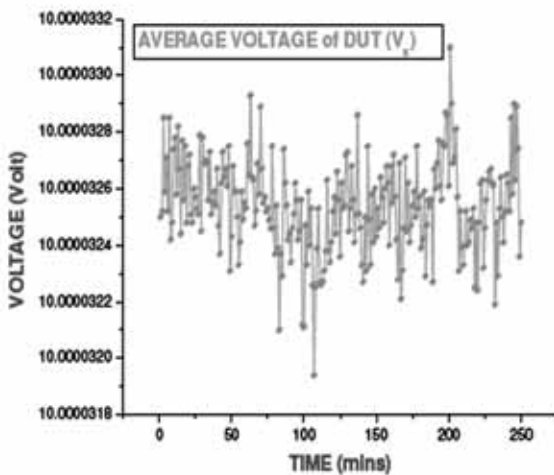


चित्र 3 : प्रयोगात्मक सेटअप

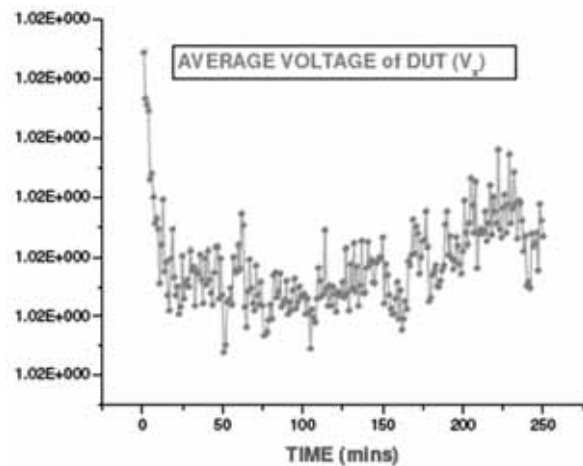


चित्र 4 : जेनर अंशांकन के लिए फ्लोचार्ट (Flowchart)

किया गया है। इसकी अनिश्चितता 10V के लिए  $\pm 427\text{nV}$  और 1.018V के स्तर पर  $\pm 256\text{nV}$  पाई गयी है। इसी जेनर की अनिश्चितता जोसेफसन वोल्टेज मानक (JVS) के द्वारा 10V के लिए  $\pm 390\text{nV}$  और 1.018V के लिए  $\pm 159\text{nV}$  मापी गयी है। संदर्भ मानक और DUT के बीच का वोल्टेज अंतर, समय (time) के साथ आलेखित किया गया है। इसे आलेख 1 एवं आलेख 2 में दिखाया गया है।



आलेख 1 : 10V के स्तर पर



आलेख 2 : 1.018V के स्तर पर

#### 4. निष्कर्ष

उपलब्ध परिणाम ने इस सॉफ्टवेयर के विश्वसनीयता की पुष्टि, जेनर के अनिश्चितता मूल्यांकन और अंशांकन के लिए कर दी है। मापन में अनिश्चितता का आकलन 95% विश्वसनीय स्तर पर व्याप्ति खण्ड ( $k=1.96$ ) पर किया गया है। अनिश्चितता का मूल्यांकन आई.एस.ओ. गम दस्तावेज़ (ISO GUM document) के अनुसार किया गया है।



## 5. आभार

लेखकगण सी.एस.आई.आर.- राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला के निदेशक प्रोफेसर आर.सी. बुधानी एवं क्वांटम परिघटना एवं अनुप्रयोग के विभागाध्यक्ष डॉ एच.सी. काण्डपाल को उनके सहयोग और प्रोत्साहन के लिए धन्यवाद करते हैं।

### संदर्भ

1. शर्मा आर, सक्सेना ए.के. ओझा वी.एन. & कोठारी पी.सी., “एस.आई. (S.I) इकाइयों (मोनोग्राफ)” [एन.पी.एल, नई दिल्ली] 2000, 17.
2. ओझा वी.एन. तथा गुप्ता ए.के. “एनपीएल भारत में एक वोल्ट स्तर पर जोसेफसन वोल्टेज मानक” सी.पी. इ एम-डाइजेस्ट (यूएसए), टी.एल. नेल्सन द्वारा संपादित (वाशिंगटन डी.सी, संयुक्त राज्य अमेरिका) 1998, 558-559.
3. ओझा वी.एन. शर्मा एस.के. और जायसवाल एस.के. “एन.पी.एल. भारत में 10V जोसेफसन सीरीज (array) वोल्ट मानक की स्थापना”, प्रोसीडिंग्स ऑफ कांफ्रेंस ओन प्रिसिशन इलेक्ट्रोमैग्नेटिक मेज़रमेंट (सी.पी.इ.एम. - 2008), कोलोराडो, संयुक्त राज्य अमेरिका, 09-13 जून, 2008.
4. ओझा वी.एन, जायसवाल एस.के. और शर्मा एस.के. “राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला भारत, में स्वचालित 10V जोसेफसन सीरीज सरणी वोल्टेज मानक की स्थापना” IMEKO मन्त्रणा, इटली में, सितम्बर 2008 24-26, 1-4.
5. अनिष महावीर भार्गव, “स्वचालन: सिम्प्लिफियंग मेअसुरेमेंट्स एंड प्रोसेसेज” प्रोसीडिंग्स ऑफ नेशनल कांफ्रेंस ओन रीसेंट एडवांसेज इन इलेक्ट्रॉनिक्स एंड कम्युनिकेशन इंजीनियरिंग (RACE-2014), 2014.
6. “मापन में अनिश्चितता की अभिव्यक्ति के लिए गाइड (GUM Document)” [स्टेन्डर्डाइजेशन के अंतर्राष्ट्रीय संगठन, जिनेवा] 1995.
7. “ई ए-02/04, एक्सप्रेसन ऑफ अनसर्टेनिटी ऑफ मेज़रमेंट इन कैलिब्रेशन”, यूरोपियन कोऑपरेशन फॉर ऐक्रेडिटेशन 1999, 1-79.
8. ओझा वी.एन. “माप में अनिश्चितता की अभिव्यक्ति और मूल्यांकन”, मापन खंड 13, नंबर 3, 1998, 71-84
9. “गाइडलाइन्स फॉर एस्टीमेशन एंड स्टेटमेंट ऑफ ओवरआल अनसर्टेनिटी इन मेज़रमेंट रिजल्ट्स” एनएबीएल दस्तावेज No. 141 (विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार। भारत, नई दिल्ली) 2000.

# विभिन्न खनन क्षेत्रों के एक मामले के अध्ययन में मिट्टी में भारी तत्वों का मूल्यांकन

निरंजन सिंह, ए.के. सरकार एवं प्रभात कुमार गुप्ता

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

## सारांश

खेती के लिए मिट्टी एक आवश्यक घटक है। ओद्योगिक और मानवीय गतिविधियों की वजह से खनन क्षेत्र में मिट्टी दूषित हो जाती है। पानी एक महत्वपूर्ण वाहक है, जो इन प्रदूषकों को वर्षा और नदियों के रूप में बहाकर ले जाता है। मिट्टी के नमूने इन अध्ययन क्षेत्रों से इन मौसमों (प्री-मानसून/पूर्व मानसून, मानसून व पोस्ट मानसून) में एकत्र किए जाते हैं और विषाक्त धातुओं के लिए अध्ययन किया जाता है। मिट्टी में इन सभी विषाक्त धातुओं का, पूर्व मानसून अवधि के दौरान संवर्धन के साथ मौसमी बदलाव दिखा। अध्ययन से पता चलता है, कि विषाक्त धातु पानी के द्वारा खनन क्षेत्र से दूर क्षेत्रों में चले जाते हैं, और उनकी उपस्थिति, यहाँ तक कि लक्षित क्षेत्र से 5 किलोमीटर की दूरी तक के क्षेत्र में पाई गई है।

इस पेपर में जिन तत्वों का अध्ययन किया गया है उनकी अनिश्चितता का मूल्यांकन करने के लिए पुनरावृत्ति, मानक और आयतन मापी फ्लास्क की अनिश्चितता को मुख्य घटक लिया गया है। जिनमेन (Jinmen) सबसे कम तथा सबसे अधिक सान्द्रता/ एकाग्रता वाले तत्वों की अनिश्चितता क्रमशः  $4.88 \pm 0.28 \text{ppb}$  तथा  $29.80 \pm 1.72 \text{ppb}$  है।

## 1. परिचय

मानवीय गतिविधियों के कारण लौह अयस्क क्षेत्र में मिट्टी प्रदूषित हो जाती है मानसून के मौसम में भी विषाक्त धातु प्रदूषक, वातावरण प्रदूषण के द्वारा मिट्टी में चले जाते हैं। बहुत से रासायनिक अवयवों में से विषाक्त धातु एक विशेष समूह का निर्माण करते हैं, जो मनुष्य के लिए मिट्टी की गुणवत्ता को परिभाषित करता है, और विस्तृत रूप से पीने के पानी को भी प्रभावित करता है इस बात को ध्यान में रखते हुए उड़ीसा में (दैतारी क्षेत्र में) तथा रानी गंज (पश्चिम बंगाल में) को अध्ययन क्षेत्र चुना गया ।

भारी तत्व, सामान्य रूप से जिनका घनत्व 4-5 ग्राम प्रतिघन सेमी और उच्चतर होता है, को माना जाता है। इस परिभाषा के आधार पर टाइटेनियम से भारी सभी तत्वों को भारी तत्व कहा जाता है। हालांकि सामान्य रूप से विषाक्त भारी तत्व आर्सेनिक (As), कैडमियम (Cd), क्रोमियम (Cr.) तांबा (Cu), मर्करी (पारा) (Hg), वैनेडियम (V), निकेल (Ni), सीसा (Pb) और जस्त (जिंक) (Zn), माना जाता है। तांबा और जस्त जैसी कुछ धातुएं उच्च एकाग्रता में ही विषाक्त होती हैं। ये भारी धातुएं मानव स्वास्थ्य और पर्यावरण दोनों के लिए नुकसान का कारण हैं। मनुष्य भारी तत्वों के सम्पर्क में खाद्य और पानी से आता है जो कि मिट्टी में उपस्थित होते हैं और खाद्य और पानी में चले जाते हैं। मनुष्य शरीर में वे जिगर और गुर्दे में एकत्रित हो जाते हैं तथा प्रकृति में भारी तत्व मिट्टी में भी जीवाणुओं और रोगाणुओं को नुकसान पहुंचाते हैं और वे वनस्पति को भी नष्ट कर सकते हैं। अध्ययन क्षेत्र के जाँच के व्यवस्थित अध्ययन एक पेपर में प्रस्तुत कर रहे हैं।

## 2. अध्ययन क्षेत्र, सामग्री और विधि

चयनित अध्ययन के क्षेत्र, रानी गंज कोयला खनन क्षेत्र (पश्चिम बंगाल में) और दैतारी खनन क्षेत्र (उड़ीसा में हैं।) ये 25°52' उ० अक्षांश और 87°55' पू० देशान्तर के बीच में स्थित है तथा दैतारी 26°6'.24" अक्षांश और 85°48'24" देशान्तर पर स्थित है।

मिट्टी के नमूने पूर्व मानसून और पोस्ट मानसून के समय में 2 किलोमीटर क्षेत्र से एकत्र किए गए और परमाणु अवशोषण स्पेक्ट्रोमीटर भट्टी लगाव, हाइड्राइड किट लगाव से और ठंडी वाष्प तकनीक से विश्लेषण किया गया। प्रतिनिधित्व मिट्टी का एक नमूना 1-10 ग्राम तक लिया जाता है। हाइड्रोक्लोरिक या नाइट्रिक अम्ल द्वारा इलाज किया गया, उबाला गया, ठंडा किया गया और वाट मैन नं.-42 छनित पेपर द्वारा छाना गया और 100 मिली० तक आयतन बनाया गया और प्रत्येक तत्व की सांद्रता के आधार पर तनु किया गया और परमाणु अवशोषण स्पेक्ट्रोमीटर द्वारा उनका लहर, लम्बाई के आधार पर इनका मुल्यांकन किया गया, इनके परिणाम निम्नलिखित तालिका 1 और 2 में दिए गए हैं।

तालिका - 1 : दैतारी की मिट्टी में विषाक्त धातुओं की सांद्रता/एकाग्रता (माइक्रोग्रा०/लि०)  
(2 किमी० के आसपास के क्षेत्र से एकत्रित 10 नमूनों का औसत)

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	V	Nr	Pb	Zn
Pre-Monsoon Period	5.00	7.00	22.00	30.00	5.00	N.D.	18.00	N.D.	8.00
Monsoon Period	3.00	4.00	15.00	20.00	3.00	N.D.	10.00	N.D.	5.00
Post-Monsoon Period	4.00	6.00	18.00	22.00	4.00	N.D.	14.00	N.D.	7.00

तालिका - 2 : रानी गंज की मिट्टी में विषाक्त धातुओं की सांद्रता/एकाग्रता (माइक्रोग्रा०/लि०)  
(2 किमी० के आसपास के क्षेत्र से एकत्रित 10 नमूनों का औसत)

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	V	Nr	Pb	Zn
Pre-Monsoon Period	9.00	10.00	12.00	15.00	7.00	N.D.	12.00	N.D.	10.00
Monsoon Period	5.00	6.00	9.00	12.00	4.00	N.D.	8.00	N.D.	6.00
Post-Monsoon Period	7.00	8.00	10.00	14.00	5.00	N.D.	10.00	N.D.	9.00

### 3. निष्कर्ष

तालिकाओं 1 और 2 के अवलोकन से पता चलता है कि विषाक्त धातु जैसे आर्सेनिक, पारा, क्रोमियम, ताँबा और निकेल खनन क्षेत्र की गतिविधियाँ के कारण धूल की गति से मिट्टी में चले जाते हैं। मानसून मौसम में इनकी सांद्रता कम हो जाती है। क्योंकि ये धातु भू-जल में प्रवेश कर जाते हैं। और इनकी विशेषता बदल जाती है, लेकिन सर्दियों में इनकी सांद्रता फिर बढ़ जाती है, क्योंकि मौसम बदलने से धूल के कणों की गति कम हो जाती है।

#### संदर्भ

1. पृष्ठी बी० जी०, गडगिल गीता, साहू के० सी अर्थ, साईस एनवायरमेंट 12.216, 1994
2. ड्रिफ्टिंग वॉटर स्पेसीफिकेशन, आई एस 10500, 1991
3. स्पेक्ट्रमी रासायनिक विश्लेषण, परमाणु अवशोषण द्वारा प्राइस डब्ल्यू० जे०

# घरेलू जल मापक मीटरों को जाँचने की प्रक्रियाएँ

आई. एस. टाक, एस. के. जायसवाल एवं चतर सिंह

तरल बहाव मापन मानक

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail: taakist@nplindia.org)

## सारांश

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, दिल्ली भारत का राष्ट्रीय मापिकी संस्थान है जिसका मुख्य उद्देश्य भौतिकी मापदण्डों का रख-रखाव और समय-समय पर उनका अन्तर्राष्ट्रीय स्तर पर विकास करना है। एन.पी.एल. के विभाग तरल बहाव मापन मानक प्रयोगशाला में जल प्रवाह मापक मीटरों का परीक्षण एवं अंशांकन किया जाता है।

तरल बहाव मापन मानक प्रयोगशाला में 15 मि.मी., 20 मि.मी., 25 मि.मी., 32 मि.मी., 40 मि.मी. एवं 50 मि.मी. व्यास तक के घरेलू मीटरों का परीक्षण एवं अंशांकन भारतीय मानक IS-6784, अंतर्राष्ट्रीय मानक IS-779, ISO-4064 के अनुसार किया जाता है। इन मानकों के अनुसार विभिन्न प्रकार के परीक्षण किए जाते हैं जैसे कि - (1) दाब में क्षति, (2) दाब सहन शक्ति, (3) तापमान स्थिरोंक परीक्षण, (4) मीटर की शुद्धता एवं गुणवत्ता परीक्षण एवं (5) मीटर की निर्धारित काल अवधि। घरेलू मीटरों के परीक्षण की क्षमता प्रवाह दर 30 ली. प्रति घंटा से 40,000 ली. प्रति घंटा, जल प्रवाह नियंत्रण 1%, मीटरों के माप :- 15 मि.मी. व्यास से 50 मि.मी. व्यास तक के मीटरों को काल अवधि निर्धारण परीक्षण के लिए 15 मि.मी. व्यास के एक समय में 6 प्रवाह मापक मीटर लाइन में लगाए जा सकते हैं और इससे अधिक व्यास के मीटर अधिक से अधिक 2 प्रवाह मापक मीटर परीक्षण लाइन में लगाए जा सकते हैं। पम्प की क्षमता 3HP, जिसका प्रवाह 10,000 ली./घंटा तथा 7.5 HP पम्प का प्रवाह 40,000 ली./घंटा, दाब सहन शक्ति उत्पादन (द्रव चालित पम्प) संयंत्र परीक्षण 4 MPa, समय न्यूनतम पाठ्यांक मापक घड़ी 0.01 सेकेंड हैं।

## 1. परिचय

तरल बहाव मापन प्रयोगशाला (राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला) विभाग में घरेलू जलधारा मापक यन्त्रों (Domestic water meter) के परीक्षण एवम् अंशांकन हेतु, भारतीय घरेलू जलधारा प्रवाह मापक यन्त्र उत्पादकों द्वारा गठित संस्था ने धन की व्यवस्था द्वारा तरल बहाव मानक प्रयोगशाला में परीक्षण यन्त्रों एवम् उपकरणों की व्यवस्था की, इस व्यवस्था द्वारा भारतीय जलधारा प्रवाह मापक यन्त्र उत्पादक तथा अन्य उपयोगकर्ताओं को परीक्षण कार्य की सेवाएँ उपलब्ध कराई जाती हैं। घरेलू जलधारा प्रवाह मापक यन्त्र उपकरण, आयतन मापन पर आधारित है जो कि IS-6784 : 1994 भारतीय मानक पानी के मीटर (घरेलू किस्म) विशिष्ट (छटा पुनरीक्षण) तथा IS-779, ISO-4064 : 1996 भारतीय मानक, पानी के मीटर के निष्पादन जांच के लिए तरीके (घरेलू किस्म) द्वारा दिए गए निर्देशों एवं नियमों और शर्तों को पूर्ण करता है। जो कि 15 मिमी व्यास से 50 मिमी व्यास के घरेलू जलधारा मापन यन्त्रों का परीक्षण एवं अंशांकन के लिए उपयोगी है। इस व्यवस्थित उपकरण की प्रतिशत मापन शुद्धता  $\pm 2\%$  (प्रतिशत) है।

ऊपर वर्णित उपकरण द्वारा घरेलू जलधारा प्रवाह मापन यन्त्र को विभिन्न परीक्षणों से गुजारा जाता है (i) Pressure Tightness Test (आन्तरिक दाब रिसाव परीक्षण) (ii) Accuracy Test (शुद्ध मापन/त्रुटि परीक्षण) (iii) Pressure Drop/Pressure Loss Test प्रवाहित जल द्वारा घरेलू जलधारा मापन यन्त्र की उपस्थिति में, प्रवाह दाब की हानि होना (iv) Temperature Sulability Test जल के तापमान में वृद्धि अथवा तापमान में आई कभी के कारण जलधारा जलधारा प्रवाह मापन यन्त्र को आन्तरिक कल-पुर्जा में त्रुटि अनुभव (v) Life Test (Accelerated Endurance Test) घरेलू जलधारा मापक यन्त्र की अवधि तथा त्वरित अवस्था में यन्त्र परीक्षण करना।

## 2. दाब रोधक परीक्षण

जिस घरेलू जलधारा प्रवाह मापक यन्त्र में रिसाव (Leakage) का अध्ययन करना है उस यन्त्र को एक द्रव चालित यन्त्र (Hydraulic Machine) में व्यवस्थित करके यन्त्र के आन्तरिक भाग में द्रव चालित यन्त्र द्वारा दाब बढ़ाने से मापक यन्त्र की बाहरी व आन्तरिक संरचनाओं में अवगुणों के कारण रिसाव का अध्ययन किया जाता है। यदि बाहरी या आन्तरिक संरचनाओं के रिसाव प्रदर्शित होता है तो आगे होने वाले परीक्षणों को नहीं करते और घरेलू जलधारा प्रवाह मापक यन्त्र को असफल समझना चाहिए और यदि रिसाव वाले परीक्षण में यन्त्र सफल होता है तो आगे के परीक्षण किए जाते हैं। इस परीक्षण के लिए दाब 1.6 MPa 15 मिनट तथा 2.0 MPa का दाब 1 मिनट के लिए परखा जाता है।

## 3. दाब में हानि परीक्षण

जब जलधारा, प्रवाह मापन यन्त्र में प्रवेश करके निकासी की ओर प्रवाहित होता है तो पाया जाता है कि सुनिश्चित प्रवाहित धारा बहाव में दाब की हानि पाई जाती है। ISO-4064 में वर्णित जलधारा मापन यन्त्रों को चार श्रेणियों में विभाजित किया गया है जो कि 1 bar, 0.6 bar, 0.3 bar और 0.1 bar है जबकि IS-6784 भारतीय मानक में केवल 1 bar दिया गया है। जो कि अधिकतम धारा प्रवाह में मापा जाता है और (Q<sub>non</sub>) मध्यम धारा प्रवाह में 0.25 bar है दाब में हुई हानि धारा मानक यन्त्र के प्रवेश द्वार और निकास द्वार पर IS - 779 अनुसार दाबमापी सुराखों पर दाब मापक यंत्र लगाकर ज्ञात कर लिया जाता है।

## 4. जलधारा मापक यन्त्र का शुद्धता परीक्षण

घरेलू जलधारा मापक यन्त्र की मापन शुद्धता का परीक्षण IS-6784-1996 में निर्देशित नियमों के अनुसार चार बहाव दरों (1) अधिकतम धारा प्रवाह दर (Q<sub>max</sub>) (2) मध्यम धारा प्रवाह दर (Q<sub>nom</sub>) इस धारा प्रवाह दर पर यन्त्र खास तौर पर कार्य करता है, (3) min न्यूनतम धारा प्रवाह दर (min) इस प्रवाह दर पर यन्त्र के कल पुर्जे सुचारु रूप से कार्य करने चाहिए 4(Q<sub>t</sub>) यह वह धारा प्रवाह है जिस पर आमतौर पर जलधारा मापक यन्त्र सदैव सुचारु रूप से कार्य करता है। जितना अधिक दाब पर जल धारा प्रवाहित होगी। उतना ही धारा प्रवाहित दाब में हानि होगी बरनौली की प्रमेय आमतौर पर (Q<sub>max</sub>) और (Q<sub>nom</sub>) में दाब में हानि पहुंचती हैं। IS-6784-1996 में निर्देशन के अनुसार (Q<sub>max</sub>) अधिकतम धारा प्रवाह (Q<sub>max</sub>) में 1 bar से अधिक की दाब में हानि नहीं होनी चाहिए और (Q<sub>nom</sub>) मध्यम धारा प्रवाह (Q<sub>nom</sub>) में 0.25 bar से अधिक की दाब में हानि नहीं होनी चाहिए।

जैसे कि व्याख्या की जा चुकी है जलधारा प्रवाह मापक यन्त्र को चार विभिन्न धारा प्रवाहों पर जांचा और परखा जाता है जैसा कि IS-6784-1996 में निर्देशित है, मध्यम धारा प्रवाह दर वह प्रवाहन है जिसको आधार मानकर धारा मापक यन्त्र की संरचना व लगातार सुचारु रूप से कार्य करने के लिए की जाती है ( $Q_{max}$ ) अधिकतम धारा प्रवाहन मध्यम प्रवाहन ( $Q_n$ ) का दुगुना है। न्यूनतम धारा प्रवाहन, मध्यम धारा प्रवाहन का 6%, 4% और 2% है जबकि मध्यम और न्यूनतम धारा प्रवाहन, मध्यम धारा प्रवाहन का 12%, 10% और 8% है विभिन्न किस्म के यन्त्र (किस्म O, A, और B) के। जबकि ISO के निर्देशन अनुसार यन्त्रों को सात विभिन्न प्रकार के धारा प्रवाहन पर जांचा परखा जाता है।

विभिन्न श्रेणियों के घरेलू जलधारा प्रवाह मापन यन्त्र को 10 घन्टे के लिए स्थिर ताप मापक यन्त्र जिसका तापमान  $45 \pm 1^\circ\text{C}$  होता है। डुबो कर छोड़ देते हैं और 10 घन्टे बाद निकाल कर खुली हवा में ठन्डा होने देते हैं यदि इस प्रक्रिया से यन्त्र की आन्तरिक या बाहरी संरचना में कोई खराबी आई तो यन्त्र को असफल समझना चाहिए यदि नहीं तो ऊपर लिखित सभी परीक्षण दोबारा दोहराए जाते हैं और मापक यन्त्र को शुद्धता परीक्षण में सफल मान लिया जाता है।

5. Life Test (Accelerated Endurance Test) त्वरित काल अवधि परीक्षण में जलधारा प्रवाहित मापक यन्त्र को नलकूपों में व्यवस्थित रूप से लगातार जलधारा प्रवाहित की जाती है। जैसा कि IS 779 में निर्देशित तालिका में वर्णित अनुसार विभिन्न प्रकार के व्यासों 15 मि.मी., 20 मि.मी. 25 मि.मी. और 50 मि.मी. वाले मापक यन्त्रों में विभिन्न प्रकार की धारा प्रवाह दर अनुसार प्रवाह किया जाता है और धारा प्रवाह में त्वरण के लिए सोलेनाईड वाल्व के द्वारा जो कि नलकूप लाइन में व्यवस्थित है इस वाल्व के द्वारा धारा का प्रवाह कभी लगातार निश्चित समय के लिए चलता है और कभी प्रवाह में अवरोध किया जाता है इस प्रकार त्वरित (accelerated) परीक्षण करते हैं यदि कल-पर्जे ठीक ठाक है तो उनमें कोई खराबी नहीं आई है तो जलधारा मापक यन्त्र को IS 779 और IS 6784 को निर्देशानुसार सफल माना जाता है।

तालिका 1 : विभिन्न श्रेणियों के घरेलू जलधारा प्रवाह मापन यन्त्रों का वर्गीकरण

यन्त्र का व्यास मि.मी.	मध्य प्रवाह दर कि.ली./घन्टा	अधिकतम प्रवाह दर कि.ली./घन्टा	न्यूनतम कार्यवाहन प्रवाह दर ली./घन्टा			मध्यम और न्यूनतम प्रवाह दर कि.ली./घन्टा		
	( $Q_n$ )	( $Q_{max}$ )	O	A	B	O	A	B
15	1.5	3	90	60	60	180	150	120
20	2.5	5	150	100	100	300	250	200
25	3.5	7	210	140	70	420	350	280
40	10	20	600	400	200	1200	1000	800
50	5	30	900	600	300	1800	1500	1200



## 6. परीक्षण विधि

तरल पदार्थों का प्रवाह विभिन्न प्रकार से होता है। जल मापक यन्त्रों का परीक्षण करते समय एक समान वेग वाला प्रवाह (यदि किसी क्षण वेग एक बिन्दु से दूसरे पर बदलता नहीं है तो प्रवाह को एक समान प्रवाह कहते हैं) विभिन्न धारा प्रवाह दरों ( $Q_{max}$ ,  $Q_n$ ,  $Q_t$ ,  $Q_{min}$ ) पर भूमिगत अपकेन्द्री पम्प (centrifugal pump) से प्रवाह कराया जाता है जिस यन्त्र का परीक्षण करना है उसको ठीक व्यवस्थित रूप से लगाया जाता है और उसके दोनों तरफ दाब मापक यन्त्र लगाए जाते हैं जिससे प्रवेश दाब तथा निकास दाब का अध्ययन करते हैं और जल का तापमान ज्ञात कर लेते हैं। जल मापक यन्त्र की प्रथम स्थिति (initial reading) मापन प्रवाह शुरू होने से पहले तथा निश्चित समय में प्रवाह की स्थिति यन्त्र में उपस्थिति यन्त्र में उपस्थित गणक से पढ़ लेते हैं और जितना प्रवाह एक निश्चित समय में हुआ है उसको एक मानक पात्र (standard vessel) में एकत्र कर लेते हैं। जल मापक द्वारा दर्शाई गई स्थिति को मानक पात्र में एकत्रित जल मात्रा की तुलना करके जल मापक यन्त्र की प्रतिशत शुद्धता अवलोकन कर लिया जाता है और यन्त्र की त्रुटि का मापन कर लिया जाता है।

तालिका 2 : किए गए कार्य का परिणाम प्रस्तुत है

क्रम संख्या	प्रवाह दर ली./घन्टा	जल मापक यन्त्र द्वारा दर्शाया गया आयतन (लीटर)	मानक पात्र द्वारा दर्शाया गया आयतन (लीटर)	प्रतिशत त्रुटि %	दाब में हानि (बार)	रोटामीटर द्वारा सुनिश्चित प्रवाह दर ली./घन्टा
1	3000	114.40	114.62	-0.20	0.98	2865
2	3000	114.40	112.52	0.28	0.99	2873
3	3000	114.40	114.67	-0.20	0.99	2866
4	1500	114.40	114.55	-0.48	0.24	1462
5	1500	113.10	110.10	-0.01	0.24	1449
6	1500	113.10	113.86	-0.06	0.24	1453
7	120	20.65	20.65	-0.01	-	130
8	120	21.20	20.91	1.36	-	131
9	120	20.75	20.65	0.43	-	132
10	30	20.30	20.22	0.36	-	30
11	30	20.90	20.62	0.36	-	31
12	30	20.70	20.77	0.36	-	31

$$\text{प्रतिशत त्रुटि} = \frac{V_1 - V_2}{V_2} \times 100$$

जहाँ  $V_1$  = जल मापक यन्त्र द्वारा दर्शाया गया आयतन

$V_2$  = मानक पात्र द्वारा दर्शाया गया आयतन

उपयोग में लाई गई सामग्री

(centrifugal pump) भूमिगत अपकेन्द्रीय पम्प

3 H.P. क्षमता : 10, 000 ली/घन्टा

7.5 H.P. क्षमता : 40, 000 ली/घन्टा

अवरोधक : त्वरणीत प्रवाह गणक 9,9999

प्रवाह दर : 30 ली/घन्टा से 30,000 ली/घन्टा

मानक पात्र : 100 लीटर क्षमता  $\pm 0.02\%$  शुद्ध

20 लीटर क्षमता  $\pm 0.02\%$  शुद्ध

समय का शुद्ध मापन : 0.01 सैकिन्ड घड़ी

तापमान मापन शुद्धता :  $\pm 0.5^\circ\text{C}$

## 7. आभार

लेखक, निदेशक राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला प्रो.आर.के. बुधानी का हार्दिक आभार प्रकट करता है जिनके निर्देशन में लेख प्रस्तुत करने का अवसर प्राप्त हुआ और आभारी है श्री राजेन्द्र कुमार और श्री अब्दुल वाहीद के जिनकी सहायता से इस कार्य को सम्पन्न किया गया।

## संदर्भ

1. IS-779 : 1994 पानी के मीटर (घरेलू किस्म) (छटा पुनरीक्षण)
2. IS-6784 : 1996 पानी के मीटर निष्पादन जॉच के तरीके (घरेलू किस्म) (दूसरा पुनरीक्षण)

# अंतर (डीफरेंशीयल) दाब मापन द्वारा ई-द्रव्यमान के निर्धारण की दिशा में एक नवीन दृष्टिकोण

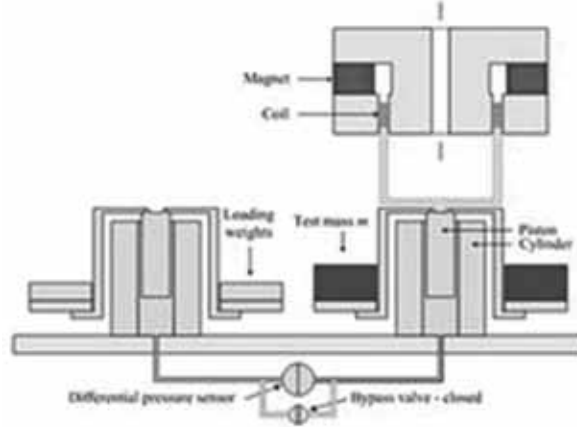
ए. के. बंधोपाध्याय  
मुख्य वैज्ञानिक (सेवानिवृत्त)

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail: akband1954@gmail.com)

## सारांश

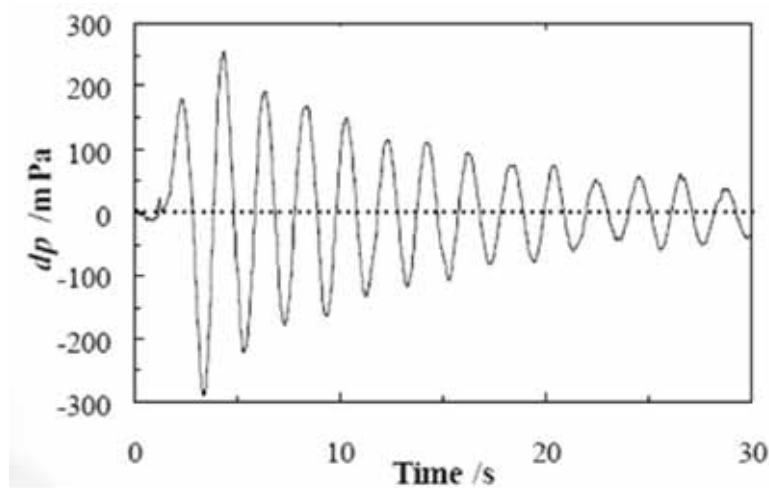
एक वाट बैलेंस सिद्धांत में अपेक्षाकृत आसान है, लेकिन असली चुनौती  $1 \times 10^{-8}$  की सापेक्ष मापन अनिश्चितता में वाट बैलेंस द्वारा प्रयोग (एक्सपेरिमेंट) करने की है। प्रयोग के सबसे कठिन भागों में, (क) कुंडली को उर्ध्वाधर रेखा सख्ती से गतिमान करना (ख) कुंडली अक्ष को गुरुत्वाकर्षण के साथ तथा चुंबकीय क्षेत्र को गुरुत्वाकर्षण के साथ समकोण पर गंभीरता के साथ सरेखित करना हैं। मौजूदा वाट बैलेंस प्रयोगों में सुधार प्रणाली की आवश्यकता है जिससे इस प्रणाली में जटिलता और संभवतः नोइज बढ़ जाता है। इन डिजाइन समस्याओं पर काबू पाने के लिए एमएसएल, न्यूजीलैंड ने एक नवीन दृष्टिकोण विकसित किया है [1]



चित्र 1 : माप प्रणाली के साथ ट्विन दाब बैलेंस (सौजन्य: एमएसएल, न्यूजीलैंड)

एक ट्विन दाब बैलेंस एक द्रव्यमान तुलनित्र (मास कम्पैरेटर) के रूप में प्रयोग किया जाता है। अंतर दाब ( $\Delta p$ ) सीधे द्रव्यमान अंतर ( $\Delta m$ ) से संबंधित है। इस  $\Delta m$  द्वारा उत्पन्न बल का प्रतिकार, चुंबकीय क्षेत्र में गतिमान कुंडली से उत्पन्न एक चुंबकीय बल के उपयोग से किया जा सकता है। दूसरे शब्दों में, जैसे ही कुंडली एक क्षैतिज चुंबकीय प्रवाह में डूब जाती है, कुंडली में विद्युत धारा, संचालक पर एक ऊर्ध्वाधर बल बना देती है जिसे भार अंतर दाब से उत्पन्न बल बना देती है जिसे भार अंतर ( $\Delta m$ ) से संतुलित करते हैं। अंतर दाब से उत्पन्न बल (ऊपर की ओर) और विद्युत चुंबकीय बल (नीचे की ओर) या इसके विपरीत हालत की दशा में साम्यावस्था वहाँ हो जाएगा। इस स्थिति में, पिस्टन क्षरण साम्यावस्था के संदर्भ में ज्यावक्रीय होता है।

यदि पिस्टन क्षरण, लेजर व्यतिकरणमापी से और विद्युत चुम्बकीय बल पारंपरिक वाट बैलेंस तकनीक के अनुसार वोल्टेज एवं विद्युत धारा के द्वारा मपित किया जाये यानि अंशांकन और मापन मोड में तो यही सिद्धांत इस प्रयोग में इस्तेमाल किया जा सकता है। इस स्थिति में, यदि कुंडली नियत वेग  $v$  से ऊर्ध्वाधर दिशा में गतिमान की जाये, प्रवाह एवं कुंडली में प्रेरित वोल्टेज  $U$ , अंशांकन मोड में, विद्युत धारा  $I$ , चुंबकीय क्षेत्र  $B$  के तहत, कुंडली को वेग  $v$  से गतिमान कर देता है, तब,  $\Delta m = UI / gv$  यहाँ उल्लेख किया जाता है कि पिस्टन क्षरण की दर प्रकृति में दोलनी है। यदि हम बहुत ही उच्च सटीकता के साथ कुंडली की दोलनी गति को ट्रैक कर सकते हैं जो एक लेजर मापने के सिस्टम से सम्भव है, तो हमे पारंपरिक वाट बैलेंस की कमियों से छुटकारा मिल जाएगा जिसमें पिस्टन क्षरण एक स्थिर गति से है (चित्र 2)। दाबतुला, वाट बैलेंस प्रयोग की मुख्य आवश्यकताओं को पूरा करती है जैसेकि (क) कुंडली की सीधे और ऊर्ध्वाधर दिशा में गति क्योंकि यह सीधे पिस्टन के साथ जुड़ी हुई होती है जो एक अच्छी तरह से परिभाषित अक्ष में चलता है जिसके परिणामस्वरूप कुंडली की गति लगभग ऊर्ध्वाधर होती है, (ख) प्लवमान (फ्लोटिंग) तत्व की ऊर्ध्वाधर दिशा में गति को 10 मिमी तक 1 माइक्रोन, (ग) यह  $10^{-8}$  में 1 भाग के बराबर संवेदनशीलता के साथ की एक भार युक्ति है, (घ) 1 माइक्रोन से भी कम संकीर्ण निकासी होने के कारण बहुत कम घर्षण (च) पिस्टन केन्द्री प्रबल बलों के साथ वायुगतिकी दिक्मानः अंत में, (झ) पिस्टन सिलेंडर के बीच कोई संपर्क नहीं।



चित्र 2 : दाब तुला के संतुलन की दशा में दोलन जिससे वाट बैलेंस में भार (वेट्स) की यूनिडायरेक्शनल गिरावट से लाभ का पता चलता है

आभार :

लेखक की तरफ से डॉ क्रिस सटन का समय समय पर जरूरी दस्तावेजों को उपलब्ध कराने के लिए बहुत-बहुत धन्यवाद।

संदर्भ

1. क्रिस एस सटन, न्यूजीलैंड की मापमानक प्रयोगशाला, “एमएसएल वाट संतुलन अनुसंधानः स्टेटस रिपोर्ट टू सीसीएम वर्कशॉप ऑन दी माइज प्रातीक्यू आफ दी न्यू डैफिनीशन आफ दी किलोग्राम”, 21- 22 नवंबर 2012, बीआईपीएम, फ्रांस.

# सूक्ष्म विद्युत निर्वहन मशीनिंग द्वारा बल्क धात्विक कांच (BMG) और टाइटेनियम में उच्च पहलू अनुपात सूक्ष्म छेदों की ज्यामिति, आयामी और सतह गुणवत्ता की जांच

एस. बर्मन, विजय, आर.पी. शर्मा एवं नागाहनुमयया

सी.एस.आई.आर-केन्द्रीय यान्त्रिक अभियांत्रिक अनुसंधान संस्थान, महात्मा गाँधी एवेन्यू, दुर्गापुर, भारत

(e-mail : svarman@cmeri.res.in; mstvijay@gmail.com;  
ramprakashdiatm@gmail.com; naga@cmeri.res.in)

## सारांश

सूक्ष्म विद्युत निर्वहन मशीनिंग (Micro-EDM) में उपकरण छीज (wear and tear) सूक्ष्म सुविधाओं की मशीनिंग पर प्रतिकूल प्रभाव डालता है। EDM में निर्वहन प्रक्रिया का स्टॉकास्टिक व्यवहार उपकरण इलेक्ट्रोड और वर्कपीस (Workpiece) सामग्री की विकृति का परिणाम है। लघु आकार के कारण आकार, आकृति, उच्च पहलू अनुपात सूक्ष्म छेद की सतह की गुणवत्ता का अध्ययन गैर विनाशकारी पद्धति में मुश्किल है। इस अध्ययन द्वारा एक अभिनव प्रयास से विनाशकारी विधि का उपयोग करके सूक्ष्म विद्युत निर्वहन मशीनिंग ड्राई-सिकिंग प्रक्रिया द्वारा बल्क धात्विक कांच (BMG) में खोखले सूक्ष्म छेद और टाइटेनियम में अंधे सूक्ष्म छेद मशीनिंग करने के माध्यम से उच्च पहलू अनुपात सूक्ष्म छेदों की ज्यामिति, आयामी सटीकता, सूक्ष्म छेद की सतह की गुणवत्ता, सामग्री हटाने की दर (MRR), वर्कपीस (Workpiece) पर इलेक्ट्रोड प्रोफाइल और उपकरण प्रोफाइल की विकृति का अध्ययन किया गया है। यह जांच विनिर्माण उद्योग में सूक्ष्म छेद करने की प्रक्रिया में लागत प्रभावी ओर मूल्यवान होगी।

## 1. भूमिका

सूक्ष्म विद्युत निर्वहन मशीनिंग (Micro EDM) में, एक छोटे से अंतराल (चिंगारी अंतर) इलेक्ट्रोड और ड्राईइलेक्ट्रिक में डूबे एक वर्कपीस (Workpiece) के बीच बनाए रखा जाता है अंतर वोल्टेज बनाए रखने के कारण उन दोनों के बीच थर्मल ऊर्जा उत्पन्न होती है, जिसे पिघलने और वाष्पीकरण द्वारा द्रवमान का हस होता है। चिंगारी जनरेटर में तेजी से विकास सूक्ष्म विद्युत निर्वहन मशीनिंग में उच्च पहलू अनुपात सूक्ष्म सुविधाओं के उत्पादन में आयामी सटीकता और सतह की गुणवत्ता के सुधार पर ध्यान केंद्रित किये जाने में मदद करता है (1)। कठोरधातु, ग्रेफाइट और सिरेमिक सामग्री पर बहुत छोटी प्रक्रिया बलों और प्रक्रिया के अच्छे दोहराने की क्षमता के परिणामों के कारण सूक्ष्म सुविधाओं को प्राप्त करने के कारण इसे लिए सबसे अच्छा साधन बना दिया है (2)। सूक्ष्म विद्युत निर्वहन मशीनिंग प्रक्रिया सूक्ष्म ढालना आवरण, ड्राई, कैविटी, कोई जटिल 3 आयामी संरचनाओं के उत्पादन के क्षेत्र में और जटिल आकार का सूक्ष्म सुविधाओं और Submicrometre सीमा के कुछ हिस्सों के निर्माण के लिए सबसे विश्वसनीय तरीका है। हाल के वर्षों में, इन प्रौद्योगिकियों से उत्पादन के क्षेत्र में बड़े पैमाने पर ड्राई, कैविटी और कई जटिल 3 आयामी संरचनाओं के सूक्ष्म मोल्ड बनाने

में इसे इस्तेमाल किया जा रहा है (3) । सूक्ष्म छेदों के विनिर्माण सूक्ष्म विनिर्माण क्षेत्र की सबसे बुनियादी विशेषता है। यह विभिन्न अनुप्रयोगों के लिए जा रहा है (3) । सूक्ष्म छेदों के विनिर्माण क्षेत्र की सबसे बुनियादी विशेषता है। यह विभिन्न अनुप्रयोगों के लिए उपयोग में लायी जाती है,

जैसे एकीकृत परिपथ संकुल, ईंधन इंजेक्शन नलिका, spinneret छेद, जैव चिकित्सा फिल्टर, सर्किट बोर्ड इत्यादी (4) । सूक्ष्म सुविधाओं (Microfeatures) के लघु आकार के कारण, यह गैर विनाशकारी पद्धति में उच्च परिशुद्धता उपकरण और तकनीक का उपयोग करने के बाद भी उनकी ज्यामिति और सतह की गुणवत्ता का अध्ययन करना बहुत मुश्किल है। एक समन्वय मापने की मशीन (CCM) आम तौर पर सूक्ष्म सुविधाओं को मापने के लिए प्रयोग की जाती है। इस के लिए उपयुक्त छोटे संपर्क जांच (Probe) का उपयोग किया जाता है, जिसमें उन ज्यामितीय त्रुटियों को माप कि दौरान बहुत बढ़या (आवर्धित) किया जाता है। CCM में त्रुटियों का कारण गलत संरेखण, जांच अक्ष की गैर लम्बवत्त, जांच टिप मुआवजा और सूक्ष्म सुविधा में मलबे की उपस्थिति हो सकते हैं, जांच (Probe) और सूक्ष्म छेद के बीच अंतर जांच (Probe) विक्षेपन या फार्म त्रुटियों जैसे अन्य विशेषताओं के तुलनात्मक है (5) । यहाँ एक प्रयास द्वारा विनाशकारी विधि अपनाकर बल्क धात्विक कांच (BMG)(Vitrelloy 1) में खोखले सूक्ष्म छेद और टाइटेनियम (Ti-6Al-4V) में अंधे सूक्ष्म छेद की मशीनिंग करने के बाद छेदों को अक्षीय रूप काटने के बाद उच्च पहल अनुपात सूक्ष्म छेद की ज्यामिति, सतह बनावट विशेषताओं, मौलिक विशेषताओं का अध्ययन किया गया है।

## 2. प्रयुक्त सामग्री और उनके गुण

वर्कपीस (Workpiece), उपकरण सामग्री और ढांकता हु आतरल पदार्थ के गुणों को नीचे दी गई तालिका 1 में दिखाया गया है।

तालिका 1 : वर्कपीस (Workpiece), उपकरण सामग्री और ढांकता हु आतरल पदार्थ के गुण

वर्कपीस (Workpiece)		
गुण	टाइटैनीयम मिश्र धातु	बल्क धात्विक कांच (BMG)
घनत्व	4.43 g/cc	6.11 g/cc
कठोरता	HRC 36	534HV
पिघलती रेंज	1649 ±15 °C	1427 °C
थर्मल चालकता	7.2 W/m K	----
कांच संक्रमण तापमान	----	618 K
थर्मल विस्तार गुणांक (0-300°C)	$9.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	$10.1 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
उपकरण इलेक्ट्रोड (टंगस्टन)		
घनत्व		19.3 g/cc
कठोरता		HRA66
गलनांक		3370 °C
सापेक्ष चालकता (चांदी)		14.0
थर्मल विस्तार गुणांक		$4.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
ढांकता हु आतरल पदार्थ (Dielectric EDM तेल- 3)		
वैल्यूमेट्रिक द्रवमान 15°C पर		813 Kg/m <sup>3</sup>
चिपचिपापन 20 °C पर		7.0 mm <sup>2</sup> /s
फ्रैक्श बिंदु (Pensky-Martens)		134 °C
ऑटो इग्निशन तापमान		470 °F

### 3. उपकरण और प्रयोगात्मक प्रक्रिया

सूक्ष्म सुविधाओं के लघु आकार के कारण यह गैर विनाशकारी पद्धति में उच्च परिशुद्धता उपकरण और तकनीक का उपयोग करने के बाद भी उनमें से ज्योमिति और सतह की गुणवत्ता का अध्ययन करना बहुत मुश्किल है। एक समन्वय मापने की मशीन (CMM), आम तौर पर सूक्ष्म सुविधाओं को मापने के लिए प्रयोग की जाती है। इस कि लिए एक उपयुक्त छोटे संपर्क जांच(Probe), का उपयोग किया जाता है, जिसमें उन ज्यामितीय त्रुटियों को माप के दौरान बहुत बढ़ाया (आवर्धित) किया जाता है। CMM में त्रुटियों का कारण गलत संरेखण, जांच अक्ष की गैर-लम्बवत्त, जांच टिप मुआवजा और सूक्ष्म सुविधा में मलबे की उपस्थिति हो सकते हैं, जांच (Probe) और सूक्ष्म छेद के बीच अंतर जांच (Probe) विक्षेपन या फार्म त्रुटियों जैसे अन्य विशेषताओं के तुलनात्मक है। इस अध्ययन में शुद्ध टंगस्टन के 300  $\mu\text{m}$  व्यास के बेलनाकार उपकरण का उपयोग टाइटेनियम और बल्क धात्विक कांच में खोखला सूक्ष्म छेद और अंधा सूक्ष्म छेद ड्राई-सिकिंग प्रक्रिया द्वारा सूक्ष्म छेदों की सामग्री हटाने की दर और सतह बनावट की विशेषताओं का अध्ययन करने के लिए लिया गया है। इस अध्ययन के लिए, उच्च परिशुद्धता एकीकृत बहु प्रक्रिया मशीन उपकरण (एम/एस माइक्रोटूल पी.टी.इ लिमिटेड, सिंगापुर के मॉडल DT-110)

का उपयोग से ड्राई-सिकिंग मशीनिंग प्रक्रिया के द्वारा की मिमी माटी प्लेट में खोखला सूक्ष्म छेद बनाया और मिमी मोटी टाइटेनियम प्लेट पर मिमी गहराई का अंधा सूक्ष्म छेद बनाया। प्रक्रिया का योजनाबद्ध रेख-चित्र नीचे चित्र 1 में दिखाया गया है और दोनों छेदों की मशीनिंग के लिए उपयोग किये गये मापदंडों को तालिका 2 में प्रस्तुत किया गया है।



चित्र 1 : योजनाबद्ध रेखा चित्र

तालिका 2 प्रक्रिया मापदंड

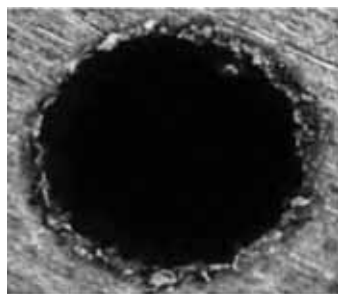
गैप वोल्टेज	120 वी
निर्वहन समाई	0.4 $\mu\text{F}$
थ्रेसहोल्ड	50%
फीड	4 $\mu\text{m/s}$
पोलारिटी	Workpiece (+)
रिट्रीवल फीड	10 मिमी/मिनट
शीतलता प्रवाह की दर	स्थिति



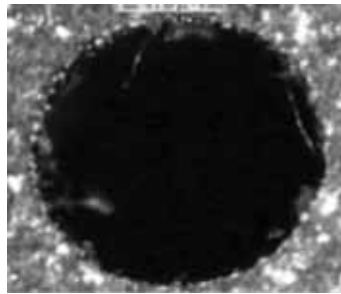
छेद को अक्षीय रूप काटने के लिए तार विद्युत निर्वहन मशीन (मॉडल-इलेक्ट्रा सुपर कट 634, इलेक्ट्रॉनिक मशीन टूल्स, पुणे द्वारा विनिर्मित) का उपयोग किया गया है। टेलर-होबसन, ब्रिटेन के उच्च संकल्प 3 आयामी ऑप्टिकल प्रोफाइलर (मॉडल: CCI Lite, रिजोलूशन 0.1A) उपकरण का उपयोग छेद के व्यास को इलेक्ट्रोड प्रवेश पक्ष और निकास पक्ष में मापने, खोखला छेद की 2 आयामी और 3 आयामी सतह बनावट विशेषताओं को स्कैन द्वारा मापने के लिए उपयोग किया गया है, Marcel-Aubert, SA, ऑप्टिकल माइक्रोस्कोप (मॉडल - MA-705-ZI) और Olympus (जापान), छवि विश्लेषक (मॉडल: BX51M, कैमरा: Olympus-E330) उपकरण का उपयोग इलेक्ट्रोड के चित्र लेने के लिए किया गया है।

#### 4. परिणाम और परिचर्चा

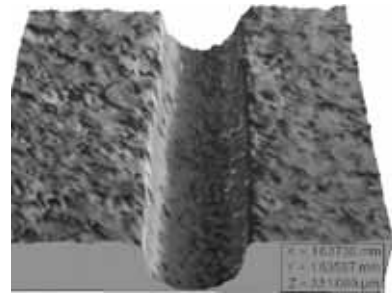
3 आयामी सतह प्रोफाइल के तहत ऊपर की सतह पर छेद के व्यास की माप के दौरान, burrs पाये गये जिन्हें नीचे चित्र 2 में (क) और (ख) छवि में दिखाये गये हैं, यह छेद की सतह की गुणवत्ता बिगाड़ रहे हैं। ऑप्टिकल माइक्रोस्कोप पर खोखले छेद के प्रोफाइल का अध्ययन करने के दौरान पाया गया कि यहां छेद ने बेलनाकार होने के बजाय पतला (शंकु) आकार ले लिया है। पाया गया है कि छेद की गहराई बढ़ गई है, और शंकु कोण भी बढ़ गया है। अंधे छेद के तल पर लगभग एक अर्द्ध परिचय आकार बन गया है। टेपर कोण  $\theta = \tan^{-1}\{(D-d)/2L\}$ , D उपकरण प्रविष्टि पक्ष का व्यास और D उपकरण से बाहर निकले पक्ष का व्यास और d अंधे सूक्ष्म छेद के गोलाकार का व्यास है, L शंकुआकार छेद की लम्बाई है। यह भी पाया गया कि अंधे छेद की गहराई 2.404 मिमी है जो कि गई गहराई 2.5 मिमी से कम है। जिसका कारण कटाव निवहन प्रक्रिया के दौरान उपकरण इलेक्ट्रोड का छीज होना है। ऑप्टिकल माइक्रोस्कोप में अवलोकन करने पर पाया गया कि



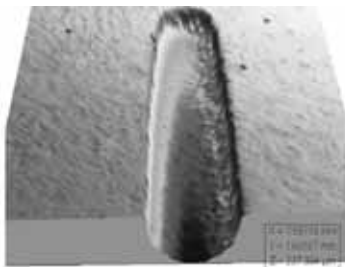
(क)



(ख)



(ग)



(घ)



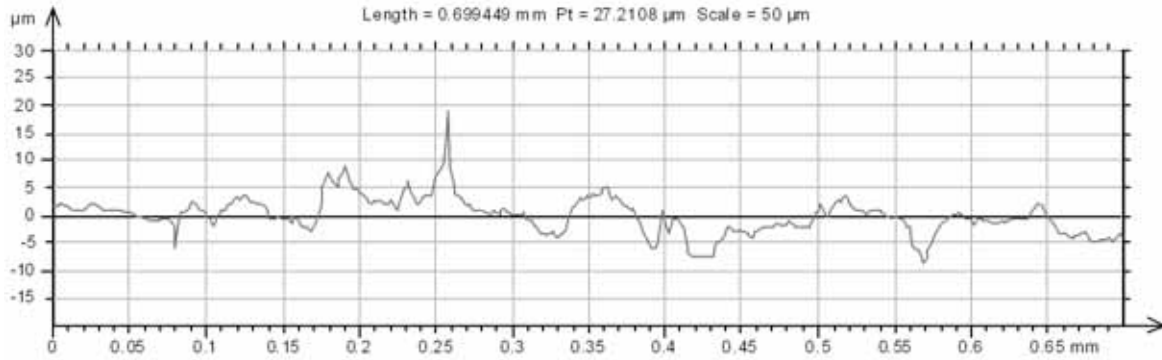
(ज)



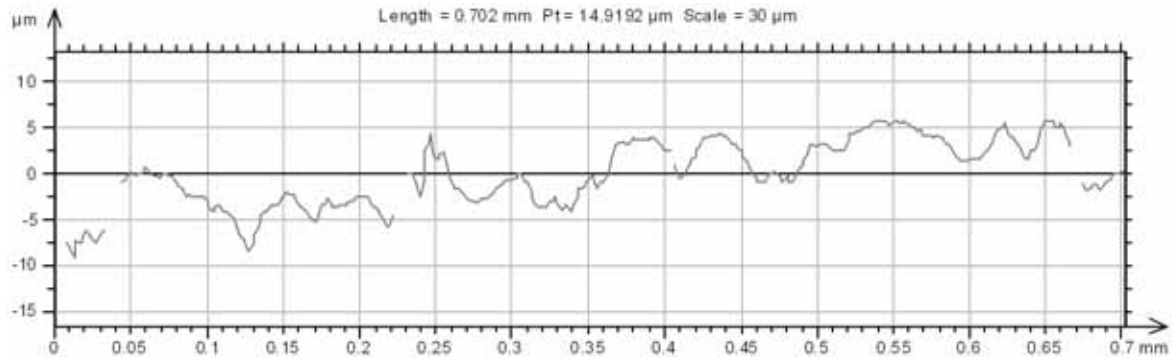
(ड)

चित्र 2 : छेद की परिधि पर का गठन (क) BMG (ख) टाइटेनियम पर आयामी ऑप्टिकल प्रोफाइलर उपकरण द्वारा 3 आयामी स्कैन किया अक्षीय काटे गये छेदों ओवरकट छवि (ग) BMG, (घ) टाइटेनियम Olympus छवि विश्लेषक द्वारा उपयोग किये गये उपकरण इलेक्ट्रोड की छवि (ज) खोखले सूक्ष्म छेद (ड) अंधे सूक्ष्म छेद के लिए।

दोनों सूक्ष्म छेदों की मशीनिंग के बाद उपकरण इलेक्ट्रोड छीज हुआ भाग मशीनिंग के बाद शंक्वाकार हो गया है। जो कि नीचे चित्र 2 के छवि (ग) और (घ) में दिखाया गया है और उपकरण इलेक्ट्रोड का टिप क्षेत्र जो कि छवि (ज) और (ड) में दिखाया गया है, टिप अर्धगोल आकार की हो गई है। चित्र 3 (क) में BMG पर और चित्र 3 (ख) में टाइटेनियम पर सतह की गुणवत्ता को मापने के लिए निकाले गये 2 आयामी प्रोफाइलो को दर्शाया गया है। सामग्री हटाने की दर की गणना प्रति इकाई समय मशीनिंग के दौरान हटा दि गई सामग्री के वजन द्वारा की गई है। सामग्री हटाने की दर BMG के लिए  $0.633 \mu\text{g/s}$  है और टाइटेनियम के लिए  $0.527 \mu\text{g/s}$  है।



(क)



(ख)

चित्र 3 : सतह की गुणवत्ता को मापने के लिए निकाले गये 2 आयामी प्रोफाइल (क) BMG के लिए और (ख) टाइटेनियम के लिए

तालिका 3 अवलोकन तालिका व्यास, शंकु कोण, सामग्री हटाने की दर, Ra, Sa और ओवरकट की माप

सूक्ष्म छेद (Micro Holes)	व्यास		ओवरकट		शंकु कोण (आर क/मिनट)	सामग्री हटाने दर $\mu\text{g/s}$	आयाम पैरामीटर Ra $\mu\text{m}$	मानक विचलन	लंबाई पैरामीटर Sa $\mu\text{m}$	मानक विचलन
	उपकरण प्रविष्टि पक्ष (मिमी)	उपकरण से बाहर निकलने पक्ष (मिमी)	उपकरण प्रविष्टि पक्ष (मिमी)	उपकरण से बाहर निकलने पक्ष (मिमी)						
BMG में	0.4193	0.3346	0.1193	0.0346	51.9	0.633	1.85286	0.00536	4.32064	0.0082
टाइटेनियम में	0.3938	---	0.0938	---	59.3	0.527	1.30346	0.00385	3.24107	0.0068

2 आयामी और 3 आयामी सतह बनावट विश्लेषण 3 आयामी ऑप्टिकल प्रोफाइलर में खोखल छेद को स्कैन कर लेने के बाद किया गया है। सतह डेटा का विश्लेषण करने के लिए ऑनलाइन सॉफ्टवेयर Talysurf (CCI) सहसंबंध इंटरफेरोमेट्री सिद्धांत और आयाम मापदंडों Ra और ऊर्चाई पैरामीटर Sa पता लगाने और सतह डेटा विश्लेषण करने के लिए बंद लाइन सॉफ्टवेयर Talymap प्लेटिनम का उपयोग ISO 4287 और ISO 25178 क्रमशः के अनुसार किया गया है। 2 आयामी सतह बनावट की माप के लिए, प्रोफाइल छेद को धुरी के समानांतर माना गया है। 3 आयामी सतह बनावट के लिए, छेद की सतह क्षेत्र कि सतह की क्षतिपूर्ति के लिए फार्म रिमुवल तकनीक का इस्तेमाल सॉफ्टवेयर के द्वारा किया गया है। सूक्ष्म छेद का व्यास, ओवरकट, शंकु कोण, डट और सतह के 2 आयामी सतह बनावट पैरामीटर की मापी ऊपर तालिका 3 में सारणीबद्ध है।

## 5. निष्कर्ष

इस प्रयोग के बाद हमने पाया कि दो सूक्ष्म छेद जिनका पहलू अनुपात था जो कि सूक्ष्म विद्युत निर्वहन मशीनिंग द्वारा टंगस्टन इलेक्ट्रोड का उपयोग करके बल्क धात्विक कांच और टाइटेनियम में बनाये गये थे अध्ययन के बाद यह पाया गया कि छेदों की परिधि पर उपस्थित है जो कि छेदों की सतह की गुणवत्ता बिगाड़ रहे थे। छेदों को अक्षीय रूप काटने के लिए तार-विद्युत निर्वहन मशीन का उपयोग किया गया था। और उसके बाद सामग्री हटाने की दर, सूक्ष्म छेद आयाम, ज्यामिति, सतह की गुणवत्ता और मौलिक विशेषताओं की गणना की गई थी, छेदों के प्रोफाइल का अध्ययन करने के दौरान पाया गया कि यहां छेद ने बेलनाकार होने के बजाय पतला(शंकु) आकार ले लिया है। और यह भी पाया गया कि छेदों की गहराई बढ़ गई है, और शंकु कोण भी बढ़ गया है।

## 6. आभार

लेखगण सूक्ष्म विद्युत निर्वहन मशीनिंग परियोजना की वित्तीय सहायता के लिए भारत के विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग का शुक्रगुजार है और इस शोधपत्र के प्रस्तुतीकरण के लिए निदेशक, सीएसआईआर-केन्द्रीय यंत्रिक अभियांत्रिक अनुसंधान संस्थान, दुर्गापुर के आभारी है।

## संदर्भ

1. Alting, आई, किमुरा, एफ, हैनसेन, H.N. और Bissacco, जी, “सूक्ष्म इंजीनियरिंग”, CIRP इतिहास विनिर्माण प्रौद्योगिकी, 52(2) पीपी, 635-658, 2003
2. फाम, डी.टी., Dimov, एस.एस., Bigot, एस, इवानोव, ए और Popov, के.एच., “सूक्ष्म विद्युत निर्वहन मशीनिंग-हाल के विकास और अनुसंधान मुद्दे “जर्नल सामग्री प्रसंस्करण प्रौद्योगिकी, 149(1-3), पीपी.50-57, 2004.
3. PUERTAS, आई, लुइस, सी.जे. और अल्वारेज, एल. “सामग्री हटाने दर, ईडब्ल्यू (EW) of डब्ल्यू सी (WC) Co और सतह की गुणवत्ता पर सूक्ष्म विद्युत निर्वहन पैरामीटर्स के प्रभाव का विश्लेषण “सामग्री प्रसंस्करण प्रौद्योगिकी के जर्नल, 153-154, पीपी.1026-1032, 2004
4. मसुजवा, टी., “सूक्ष्म विनिर्माण की कला की अवस्था” विनिर्माण इतिहास प्रौद्योगिकी, 49(2), पीपी., 473-488, 2000.
5. जे स्टोन, बी मुरलीकृष्णन और सी सहाय, छोटे छेदों को माइक्रो संपर्क जांच से मापने पर ज्यामितीय प्रभाव, जे रिस साथ, इंस्ट खड़े हो जाओ तकनीक., 116(2011), 573-587

# दिल्ली में ओजोन के अग्रदूत का धरातलीय ओजोन की मात्रा पर प्रभाव

आशिमा शर्मा, रोहताश, सुधीर कुमार शर्मा एवं तुहिन कुमार मंडल  
रेडियो एवं वायुमंडलीय विज्ञान संकाय

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail: ashima510@gmail.com)

## सारांश

भारत की राजधानी, दिल्ली में शहरीकरण के कारण प्रदूषण की समस्या ने एक संकटपूर्ण रूप धारण कर लिया है। धरातलीय ट्रेस गैस जैसे  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NMHCs}$  इत्यादि की मात्रा वायु की गुणवत्ता को मापने का महत्वपूर्ण तरीका है। यह सभी ट्रेस गैस क्षोभमंडलीय ओजोन गैस की उत्पत्ति में सहायक है जो स्वयं एक प्रदूषण का स्रोत होने के साथ अत्यंत रासायनिक प्रतिक्रियाशील एवं हानिकारक गैस है। दिल्ली के एक शहरी क्षेत्र, राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में जनवरी 2012 से दिसंबर 2013 के दौरान ऊपर वर्णित सभी गैसों का निरंतर मापन किया गया। इसके अतिरिक्त ओजोन के साथ संबंध स्थापित करने के लिए कणिकीय पदार्थ<sub>2.5</sub> और कणिकीय पदार्थ<sub>10</sub> के नमूने भी एकत्रित किये गए। इस अध्ययन के दौरान धरातलीय ओजोन,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NMHCs}$  की औसत मात्रा क्रमशः  $30.42 \pm 6.05$  पीपीबी,  $23.55 \pm 5.64$  पीपीबी,  $14.52 \pm 4.12$  पीपीबी,  $1.52 \pm 0.42$  पीपीएम,  $2.44 \pm 0.36$  पीपीएम और  $0.37 \pm 0.08$  पीपीएम मापी गयी। कणिकीय पदार्थ<sub>2.5</sub> और कणिकीय पदार्थ<sub>10</sub> की औसत मात्रा को  $126.98 \mu\text{g}/\text{m}^3$  और  $229.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$  लेख्यंकित किया गया। कणिकीय पदार्थ का ओजोन के साथ नकारात्मक सहसंबंध एवं ओजोन अवक्षय में योगदान का वर्णन भी किया गया है। मौसम सम्बन्धी कारक जैसे तापमान, आर्द्रता, हवा की गति एवं हवा की दिशा का ओजोन निर्माण में भूमिका का उल्लेख भी है।  $\text{NO}_x$  के निर्माण और विनाश की रासायनिक समीकरण से ओजोन की मात्रा का अनुमान भी लगाया गया है।

## 1. प्रस्तावना

पृथ्वी के चारों ओर का वातावरण विविध अनुपात में गैसों का मिश्रण है, जो विभिन्न परिस्थितिक तंत्र की संरचना और समारोह एवं सभी जैविक गतिविधि पर बहुत बड़ा प्रभाव डालता है। वायुमंडल का पृथ्वी से सबसे निकट आवरण क्षोभमण्डल है जिसके अंतर्गत मौसम सम्बन्धी एवं आवरण की सीमा पर प्रक्रियाएं होती हैं। यह एक रासायनिक कक्ष की तरह है जहाँ ट्रेस गैसों एवं कणों का रासायनिक रुपांतर होता रहता है। अत्यंत तीव्र एवं बेकाबू आर्थिक विकास के कारण अनेक हानिकारक प्रभाव देखे जा रहे हैं। वायु प्रदूषण मानवजाति के लिए महत्वपूर्ण समस्या है। विश्व स्तर पर विशाल मात्रा में संभवतः जहरीली गैसों एवं पदार्थों जैसे  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , hydrocarbons, VOCs, Halogenated compounds आदि का उत्सर्जन हो रहा है (1)। इन गैसों की स्वाभाविक क्षमता जिसके अंतर्गत वे रासायनिक प्रक्रिया करके अतिरिक्त पदार्थ और गैसों का जनन कर लेते हैं, सर्वोपरि चिंता का विषय है। ये गैसों हवा की गुणवत्ता को मापने का उपयोगी साधन है। ये गैसों उष्णीय बजट और वायुमंडल की रासायनिकता पर प्रभाव डालने के अतिरिक्त, पारिस्थितिकी

और मानव स्वास्थ्य पर गंभीर प्रभाव डालती है। इन्हीं वजहों से ट्रेस गैसों का निरंतर अध्ययन किया जाता है (4)।

क्षोभमंडलीय ओजोन एक महत्वपूर्ण और व्यापक रूप से मान्यता प्राप्त प्रदूषक है।  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$  and NMHCs इसके मुख्य अवयव हैं और इनकी फोटोकेमिकल औक्सीकरण से ओजोन का उत्पादन होता है (3)। यह एक ग्रीनहाउस गैस होने के अलावा OH रेडिकल का मुख्य अवयव है जिसका ना सिर्फ मानव स्वास्थ्य और पारिस्थितिकी तंत्र पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है, बल्कि पेड़ पौधों पर भी गहरा प्रभाव पड़ता है और अनाज के लिए जहरीली होती है (2)। इस अध्ययन में दिल्ली के एक शहरी स्थान में धरातलीय ओजोन और उसके अवयव के अध्ययन का दो साल का विवरण है जिसके अंतर्गत ओजोन के निर्माण में महत्वपूर्ण भूमिका का भी वर्णन किया गया है।

## 2. क्रियाविधि

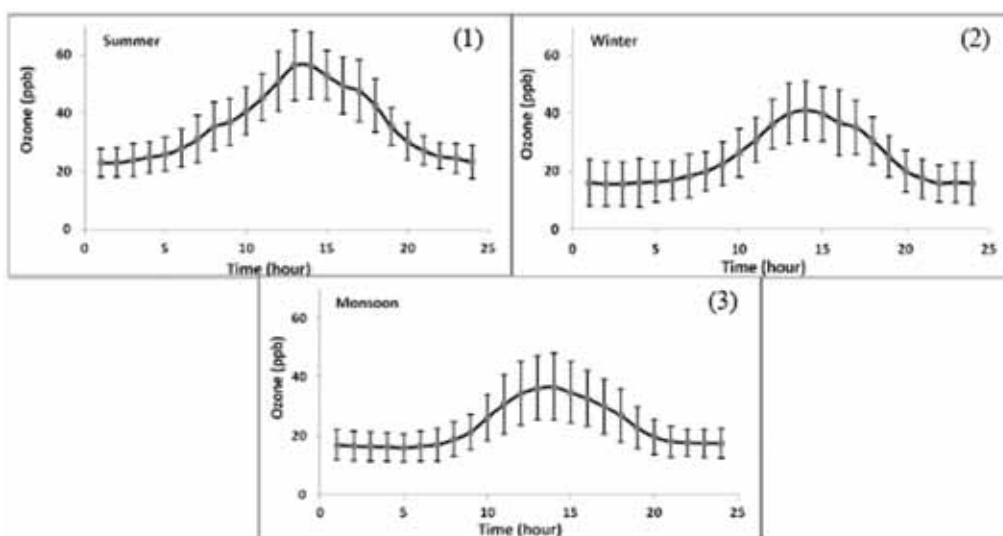
धरातलीय ओजोन,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$  और NMHCs को जनवरी 2012 से दिसंबर 2013 के बीच राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में मापा गया। मौसम सम्बन्धी कारक और कणिकीय पदार्थ के नमूने भी एकत्रित किये गए।

विश्लेषक (मॉडल : TECO49C Thermo Environmental Instruments) द्वारा धरातलीय ओजोन का मापन किया गया था। इसे सीएसआईआर एनपीएल, नई दिल्ली में एक ओजोन प्राथमिक मानक के साथ समय-समय पर जांच किया गया था। यह पराबैंगनी किरणों के अवशोषण के सिद्धांत पर काम करता है। Chemiluminescence के सिद्धांत पर परिचालन, एक फोटो-उत्प्रेरक कन्वर्टर (मॉडल : PLC860 Eco Physics) के साथ,  $\text{NO}_x$  विश्लेषक (मॉडल : CLD 88p Eco Physics) से  $\text{NO}$  और  $\text{NO}_2$  का मिश्रण अनुपात मापा जाता है। समय-समय पर शुद्ध हवा जेनरेटर (PAG-003 Eco Physics) और NIST से प्रमाणित  $\text{NO}$  गैस (500 पीपीबी  $\pm 5\%$ ) का उपयोग कर calibration किया गया था।  $\text{CO}$  विश्लेषक (मॉडल : 48C Thermo Environmental Instruments) जो non dispersive infrared (NDIR) के सिद्धांत का उपयोग करता है,  $\text{CO}$  सांद्रता को मापने के लिए इस्तेमाल किया गया था। NMHC और  $\text{CH}_4$  के मापन के लिए flame ionisation detection (FID) पर काम करने वाला मिथेन NMHC विश्लेषक (मॉडल 55C Thermo Scientific) का उपयोग किया गया। प्रमाणित मिथेन गैस (8ppm $\pm 5\%$ ) का उपयोग करते हुए समय-समय पर अंशांकन किया गया था।

कणिकीय पदार्थ<sub>10</sub> और कणिकीय पदार्थ<sub>2.5</sub> का मापन पूर्व बेकड (5 घंटे के लिए 550 डिग्री सेल्सियस पर) वाटमान क्वार्ट्ज माइक्रोफाइबर QM-A फिल्टर पर दो अलग फाइन पार्टिकल नमूने (Envirotech एपीएम 550) का उपयोग करके किया गया। फिल्टर पेपर के प्रारंभिक और अंतिम भार के बीच के अंतर को पारित परिवेशी वायु की कुल मात्रा से विभाजित करके कणिकीय पदार्थ की मात्रा की गणना की गई। मौसम संबंधी मापदंडों (तापमान, सापेक्षिक आर्द्रता, हवा की गति और हवाकी दिशा) को एक ही परिसर में स्थापित एक पांच चरण मौसम संबंधी टॉवर का उपयोग करके मापा गया था। 10 मीटर ऊंचाई पर उपलब्ध मौसम संबंधी आंकड़ों का इस्तेमाल किया गया था।

### 3. परिणाम और चर्चा

ओज़ोन, NO, NO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub> और NMHCs के मिश्रण अनुपात को राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली में जनवरी 2012 से दिसंबर 2013 के दौरान मापा गया. धरातलीय ओज़ोन के लिए औसत मूल्य  $30.42 \pm 6.05$  पीपीबी था ओज़ोन की मात्रा में तीव्र प्रतिदिन विविधतायें देखी गयी है और इसके लिए दिन के दौरान मात्रा की तेजी से वृद्धि को जिम्मेदार ठहराया जा सकता है प्राप्त औसत परिवेश NO और NO<sub>2</sub> मिश्रण अनुपात  $23.55 \pm 6.64$  पीपीबी और  $14.52 \pm 4.12$  पीपीबी थे। NO और NO<sub>2</sub> की मात्रा में सुबह और रात के समय के दौरान वृद्धि दिखाई पड़ती है क्योंकि यातायात घंटों के दौरान NO का वाहनों से ताज़ा उत्सर्जन होता है जिसका NO<sub>2</sub> में ऑक्सीकरण हो जाता है।



चित्र : (1) ग्रीष्म ऋतु (2) शीत ऋतु  
(3) वर्षा-ऋतु के दौरान ओज़ोन की औसत मौसमी सान्द्रता।

सूर्यास्त के बाद ओज़ोन का प्रकाश से रासायनिक गठन बंद हो जाता है लेकिन यह NO के साथ प्रतिक्रिया करके NO<sub>2</sub> बनाता है। प्राप्त औसत CO मिश्रण अनुपात  $1.52 \pm 0.42$  पीपीएम था। CO, OH रेडिकल के साथ प्रतिक्रिया करता है जिससे हाइड्रोपेरोक्सील रेडिकल (HO<sub>2</sub>) का गठन होता है जो अंत में NO के साथ प्रतिक्रिया करके ओज़ोन का उत्पादन करता है।

CH<sub>4</sub> और NMHCs का औसत मिश्रण अनुपात अध्ययन अवधि के दौरान क्रमशः  $2.44 \pm 0.36$  पीपीएम और  $0.37 \pm 0.08$  पीपीएम पाया गया। कणिकीय पदार्थ 2.5 और कणिकीय पदार्थ 10 की औसत सांद्रता को  $126.98 \mu\text{gm}^{-3}$  और  $229.66 \mu\text{gm}^{-3}$  क्रमशः प्राप्त किया गया।

### 4. निष्कर्ष

यह अध्ययन जानवरी 2012 से दिसम्बर 2013 के दौरान दिल्ली के एक शहरी क्षेत्र में धरातलीय ओज़ोन, NO<sub>x</sub>, CO, CH<sub>4</sub> और NMHCs के निरंतर माप के परिणाम को प्रमाणित करता है। धरातलीय ओज़ोन का औसत अनुपातिक मिश्रण गर्मी के मौसम के दौरान अधिकतम दर्ज किया गया था। परिणाम यह भी दर्शाता है कि दिल्ली



की परिवेशी वायु में मौजूद कण ( $PM_{2.5}$  और  $PM_{10}$ ) अवलोकन स्थल पर ओजोन के उत्पादन को प्रभावित करते हैं। विश्लेषण इस बात का समर्थन करता है कि अवयव गैसों की उपस्थिति, ओजोन उत्पादन क्षमता को बढ़ाता है।

## 5. आभार

लेखक निर्देशक, एनपीएल और मुखिया, RASD, एनपीएल के निरंतर प्रोत्साहन और समर्थन के लिए आभारी हैं। यह शोध कार्य AT-CTM कार्यक्रम के माध्यम से ISRO-GBP की लगातार वित्तीय सहायता से किया गया है जिसके लिए लेखक शुक्रगुजार है।

## संदर्भ

1. नाजा एंड लाल (2002) जर्नल आफ जियोफिजिकल रिसर्च, 107 (D14).
2. घुंडे एट ऑल (2008) जर्नल आफ एटमोस्फियरिक केमिस्ट्री, 60, 237-252.
3. शर्मा एट ऑल (2013) एटमोस्फियरिक एनवायरनमेंट, 71, 44-53.
4. निशाथ एट ऑल (2014) जर्नल आफ एरोसोल एंड एयर क्वालिटी रिसर्च, 14(3), 1074-1088.

# समाक्षीय एयर लाइनों का उपयोग कर उच्च आवृत्ति प्रतिबाधा मानक की मापन अनुमार्गणीयता के लिए एक दृष्टिकोण

सचिन कुमार, सतीश, ए.के. गोयल एवं ए.के. सक्सेना  
निम्न, उच्च आवृत्ति प्रतिबाधा और डी.सी. मानक

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail: sachinshirshwal@nplindia.org, singhsp3@nplindia.org)

## सारांश

यह पेपर समाक्षीय एयर लाइनों और अनिश्चितता के अन्य स्रोतों के साथ स्किन डैप्थ योगदान का उपयोग करके उच्च आवृत्ति प्रतिबाधा मानको की मापिकीय अनुमार्गणीयता के लिए एक दृष्टिकोण को परिभाषित करता है। मापिकीय अनुमार्गणीयता समाक्षीय एयर लाइनों की विमाओं का उपयोग कर जोकि सी एस आई आर, एन पी एल की लम्बाई एवं विमा मानक प्रयोगशाला द्वारा अनुमार्गणीय है तथा ट्रांसमिशन लाइन सिद्धांत पर आधारित है।

स्किन डैप्थ का प्रभाव प्रतिबाधा मानकों की गणना के लिए गणना में लिया जा सकता है। मापन में अनिश्चितता को काफी कम करने के लिए उनके स्रोतों की विस्तार से चर्चा की गयी है।

## 1. परिचय

निम्नआवृत्ति उच्च आवृत्ति प्रतिबाधा और डी.सी. मानक प्रयोगशाला सी.एस.आई.आर. - एन.पी.एल. में सर्वोच्च स्तर के मानको और औद्योगिक मैट्रोलॉजी (ALSIM) प्रभाग का अनुभाग है। इस अनुभाग में निम्न और उच्च आवृत्तियों पर प्रतिबाधा मापदण्डों के प्राथमिक और राष्ट्रीय मानको को बनाए रखने की जिम्मेदारी है।

Precision Air dielectric समाक्षीय एयर लाइने [1] रेडियो और माइक्रोवेव आवृत्तियों पर प्रतिबाधा मापन के लिए संदर्भ या मानको के रूप में बहुत उपयोगी होती है। ये लाइने भी असमर्थित संचरण लाइनों के रूप में जानी जाती है क्योंकि वे बाहरी चालक के अन्दर केन्द्रीय चालक धारण करने के लिए किसी भी परावैद्युत समर्थन को शामिल नहीं करती है। जब इन्हे एक शॉर्ट सर्किट में समाप्त कर दिया जाए तब वे छोटे प्रेरक मानो के लिए उत्कृष्ट मानको को प्रदान कराते हैं और जब इन्हे एक खुले सर्किट के साथ समाप्त करते है तब उन्हें छोटे मान के संधारित्र मानको के लिए उपयोग किया जा सकता है। इन अनुप्रयोगों में से किसी में भी प्रेरक और संधारित्र मान भौतिक विमाओ और ज्ञात पदार्थिक गुणों से गण्य है।

GR 900 प्रकार की समाक्षीय एयर लाइने सी.एस.आई.आर. - एन.पी.एल. में उच्च आवृत्ति प्रतिबाधा मानकों की अनुमार्गणीयता स्थापित करने के लिए उपयोग की गयी है। कम आवृत्तियों पर, लाइन में कोई अक्षीय धारा नहीं होती है और Skin effect Correction आवश्यक नहीं होता। जब लाइन की लम्बाई तरंगदैर्घ्य का एक सार्थक अंश है वितरित धारा और Skin effect Correction दोनों आवश्यक है।



## 2. सिद्धांत

प्रेसिजन समाक्षीय एयर लाइन जिनमें प्रत्येक के अंत में GR 900 कनेक्टर युग्मन हार्डवेयर लगे है जैसा कि चित्र 1 में प्रदर्शित है ।



चित्र-1 : GR 900 प्रकार की समाक्षीय एयर लाइन

आन्तरिक और बाह्य चालक उच्च चालकीय चांदी लेपित पीतल के बने होते हैं । आमतौर पर भीतरी चालक का बाहरी व्यास 0.24425 इंच और बाहरी चालक का भीतरी व्यास 0.5625 इंच है । समाक्षीय एयर लाइनों की विशेषता ज्यामितीय और पदार्थिक गुणों से बतायी गयी है समाक्षीय संचरण लाइनो का मूल्यांकन संचरण लाइन सिद्धांत (Transmission Line Theory) का उपयोग करके किया गया है ।

बहिर्वेशित धारिता मानक (Extra Polated Capacitance Standard) सिलिका संधारित्र के माध्यम से क्रॉस कैलकुलेबिल संधारित्र (Cross Calculable Capacitor) से अनुमार्गणीय किया गया है । समाक्षीय एयर लाइनों की विमाएं लम्बाई और विमा मानक प्रयोगशाला जबकि अनुनादी आवृत्ति काल एवं आवृत्ति मानक प्रयोगशाला से अनुमार्गणीय है उच्च आवृत्ति प्रतिबाधा मानक की अनुमार्गणीयता के लिए प्रस्तावित प्रवाह चार्ट चित्र-2 में प्रदर्शित है ।

### 2-1 ट्रांसमिशन लाइन सिद्धांत का उपयोग करके गणना :

GR 900 प्रकार की समाक्षीय एयर लाइनों की विमाएं (आंतरिक व्यास  $a$ , बाहरी व्यास  $b$  और भौतिक लम्बाई  $l_p$ ) सी.एस.आई.आर. - एन.पी.एल. के लम्बाई और विमा अनुमार्गणीय से अनुमार्गणीय है ।

तालिका – 1 : समाक्षीय एयर लाइनों की विमाएं

Airline Type	$b \pm U_e$ , mm		$a \pm U_e$ , mm		$l_p \pm U_e$ , mm	
LZ-30	14.302	8.16E-04	6.205	8.07E-4	299.72	0.02
LZ-15	14.286	8.16E-04	6.203	8.07E-4	149.87	0.02
LZ-10	14.288	8.16E-04	6.204	8.07E-4	99.89	0.02
LZ-7H	14.286	8.16E-04	6.204	8.07E-4	74.92	0.02
LZ-6	14.287	8.16E-04	6.205	8.07E-4	59.96	0.02
LZ-5	14.289	8.16E-04	6.205	8.07E-4	49.96	0.02

skin effect का योगदान विशेष रूप से 30MHz से ऊपर उच्च आवृत्तियों पर महत्वपूर्ण प्रभाव डालता है skin effect [2] से योगदान को शामिल करने के लिए, Correction factor, एयर लाइनों की वैद्युतीय लम्बाई में समायोजित करने के लिए किया जाता है ।

रेडियो आवृत्ति पर प्रत्येक समाक्षीय संचरण लाइन के लिए धारिता ( $C_f$ ) निम्न समी. का उपयोग करके ज्ञात की जा सकती है :

$$C_f = \frac{1}{\omega} \frac{Y_0' \tan \beta l e (1 - \tanh^2 \alpha l e) + Y_0' \tanh \alpha l e (1 + \tan^2 \beta l e)}{1 + \tanh^2 \alpha l e \tan^2 \beta l e}$$

जहां  $Y_0'$  = अभिलक्षणिक प्रवेश्यता का वास्तविक भाग (Real part of Characteristic Admittance) और

$$Y_0' = \sqrt{\frac{\omega^2 LC}{R^2 + \omega^2 L^2}}$$

$Y_0''$  = अभिलक्षणिक प्रवेश्यता का काल्पनिक भाग (Imaginary part of Characteristic Admittance) और

$$Y_0'' = \sqrt{\frac{\omega CR}{R^2 + \omega^2 L^2}}$$

$$\beta = \text{संचरण नियतांक (Propagation constant) और } \beta = \sqrt{\frac{\omega}{2} \left[ \left\{ (\omega LC)^2 + (RC)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} + \omega LC \right]}$$

$$\alpha = \text{लाइन attenuation नियतांक और } \alpha = \sqrt{\frac{\omega}{2} \left[ \left\{ (\omega LC)^2 + (RC)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} - \omega LC \right]}$$

$\omega$  = कोणीय आवृत्ति

$le$  = इलेक्ट्रिकल लम्बाई (electrical length) और  $le = lp \cdot \sqrt{\epsilon_r}$

$\epsilon_r$  = सापेक्ष वैद्युतशीलता (Relative Permittivity)

$lp$  = GR 900 प्रकार की समाक्षीय एसर लाइनो की भौतिक लम्बाई

## 2.2 धारिता का बहिर्वेशन

इस तकनीक को सबसे पहले 1966 में आर.एन. जॉस द्वारा पेश किया गया था [5] प्रत्येक समाक्षीय एसर लाइन के लिए रेफरेंस धारिता  $C_0$ , GR 1616 धारिता ब्रिज जिसकी परिशुद्धता ~10 ppm है का उपयोग कर मापी गयी है जोकि तालिका-2 में वर्णित है ।

तालिका – 2 : रेफरेंस धारिता @ 1 kHz

Airline Type	$C_0$ , pF	$\pm Ue$ , pF
LZ-30	20.0103	0.0011
LZ-15	10.0021	0.0017
LZ-10	6.66608	0.0014
LZ-7H	5.00182	0.0005
LZ-6	4.00251	0.0006
LZ-5	3.3348	0.0016

GR 1616 धारिता ब्रिज क्रॉस कैलकुलेबिल संधारित्र से अनुमार्गणीय है जोकि अनुमार्गणीयता चार्ट में वर्णित है। एसर लाइनो की अनुनादी आवृत्ति का उपयोग कर उच्च आवृत्तियों के लिए  $C_0$  Reference धारिता की तरह प्रयोग किया जाता है । समाक्षीय एसर लाइनो की अनुनादी आवृत्ति E4991A RF Impedance Analyzer से मापी गयी है जो काल एवं आवृत्ति मानक से अनुमार्गणीय है ।

3. अनिश्चितता के स्रोत : N. Sladek [4] द्वारा वर्णित समाक्षीय एसर लाइनो के मापन में अनिश्चितताओं के विभिन्न स्रोत है ।

**परिमित चालकता :** चालकीय पदार्थों की परिमित चालकता को एक प्रेसिजन वायु युक्त समाक्षीय एयरलाइन की कम आवृत्ति ऑपरेशन को सीमित करने के लिए दिखाया गया है ।

समाक्षीय एयर लाइन चालक के लिए प्रयुक्त पदार्थ की परिमित चालकता एक Finite skin depth और एक परिमित श्रेणी प्रतिरोध के लिए उत्तरदायी है ।

परिमित चालकीय पदार्थों के कारण skin effect समाक्षीय एयर लाइनो की अभिलक्षणिक प्रतिबाधा पर पर्याप्त प्रभाव डालता है । समाक्षीय एयर लाइनो के मानकों में अधिक से अधिक परिशुद्धता के लिए इन संचरण लाइनो के चालकों में skin effect के लिए संशोधन करना आवश्यक है ।

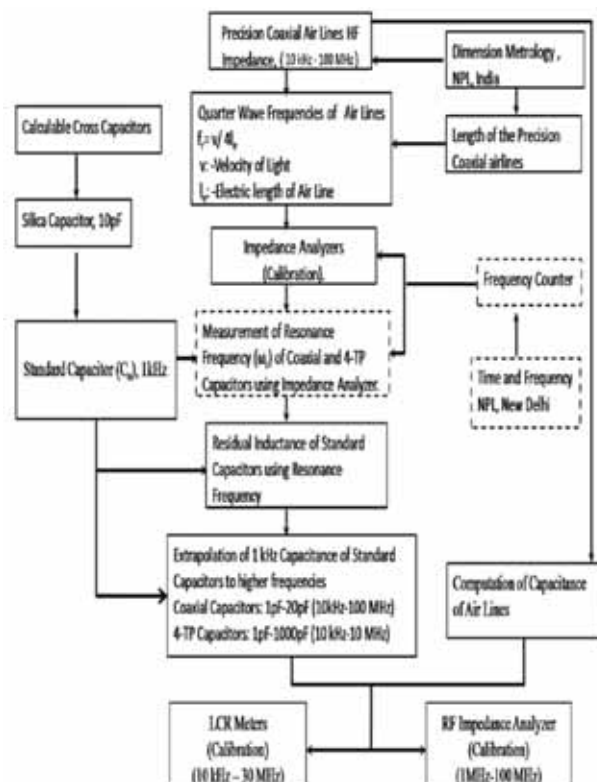
**उत्केन्द्रता :** एक ही VSWRs के लिए इन उत्केन्द्रताओं की जब स्वीकार्य Diametrical Tolerance से तुलना की गयी तो यह प्रदर्शित हुआ कि Diametrical Tolerance अधिक महत्वपूर्ण है । फिर भी यह इस और संकेत नहीं करता कि उत्केन्द्रता त्रुटियां पूर्ण रूप से नगण्य है । उत्केन्द्रता, समाक्षीय एयर लाइनो की केवल अभिलक्षणिक प्रतिबाधा पर ही प्रभाव नहीं डालती बल्कि यह connectors के mated जोड़े के संभावित misalignment के लिए परावर्तनों के लिए भी उत्तरदायी हो सकती है ।

**दीर्घवृत्तता :** दीर्घवृत्तता वायु युक्त समाक्षीय एयर लाइन के प्रति एकांक लम्बाई के संधारित्र को भी प्रभावित करती है । धारिता विचार के लिए उपयुक्त चालकीय व्यास, दीर्घवृत्ताकार चालक की चरमविमाओं के परिभाषित व्यास के बीच स्थित है । अच्छी मशीनिंग तकनीक Diametrical Tolerance Variations से बहुत कम दीर्घवृत्ताएं देती है और जो महत्वपूर्ण अभिलक्षणिक प्रतिबाधा त्रुटि का कारण नहीं होगी ।

**सतह खुदरापन :** दो प्रकार का सतही खुदरापन वायु युक्त समाक्षीय एयर लाइन की यथार्थता को प्रभावित कर सकता है जो निम्न है :

1. पृष्ठीय धारा के लिए पथ लम्बाई बढ़ने के कारण चालकीय प्रतिरोध का बढ़ जाना ।
2. चालकों की विमाओं में एक नियत परिवर्तन भी अभिलक्षणिक प्रतिबाधा में अनिश्चितता देता है।

**धर्मल प्रसार :** यदि एक संचरण लाइन के आन्तरिक एवं बाह्य चालक एक ही ताप पर और एक ही पदार्थ के बने हो तब उष्मीय प्रसार का प्रभाव शून्य होगा । संभवतः भिन्न धातुओं के अधिकांश मामलों में बाहरी चालको के लिए एल्यूमिनियम और आन्तरिक चालकों के लिए तांबे का उपयोग होना चाहिए । यदि तापमान 30°C बदलता है, 1.00025 की एक VSWR में जिसके परिणाम स्वरूप एक अभिलक्षणिक प्रतिबाधा त्रुटि होती है । चालकों के लिए तांबा और तांबा आधारित मिश्रित धातुओं का प्रयोग परावर्तनों को कम करेगा।



चित्र-2 : उच्च आवृत्ति प्रतिबाधा मानक की अनुमार्गणीयता के लिए प्रस्तावित प्रवाह चार्ट

## Mating Misalignment :

जब एक आदर्श प्रेसिजन कनेक्टर्स एक साथ मिले हैं तो आन्तरिक एवं बाह्य चालक पूर्ण रूप से जुड़ रहे होते हैं तब किसी असतता का प्रभाव अनुभव नहीं किया जाता है । हालांकि, व्यवहार में, जब दो प्रेसिजन कनेक्टर्स साथ-साथ जुड़ते हैं तो उनका पूर्ण रूप से मिलान नहीं होगा ।

Mating Misalignment को उच्च परिशुद्ध समाक्षीय कनेक्टर्स के साथ न्यूनतम किया जा सकता है और बहुत कम परावर्तनों को सुनिश्चित किया जा सकता है ।

## 4. निष्कर्ष

उच्च आवृत्ति प्रतिबाधा मानक की मापिकीय अनुमार्गणीयता तैयार की गयी है प्रतिबाधा मानको की संगणना के लिए समाक्षीय एयर लाइनो की भौतिक विमाओं को अंशांकित किया गया है । समाक्षीय एयर लाइनों की धारिता का रेफरेंस धारिता से मान्य मानकों तक बहिर्वेशन किया जाएगा । वायु युक्त समाक्षीय एयर लाइन के भौतिक गुणों का प्रतिबाधा की परिशुद्धता पर एक महत्वपूर्ण प्रभाव हो सकता है । Diametrical Tolerance और उत्केद्रता बहुत महत्वपूर्ण है और बहुत ही संकीर्ण सीमाओं के भीतर बनाये रखी जानी चाहिए ।

जब अच्छी मशीनिंग तकनीक और प्रयोगशाला कार्यप्रणाली नियोजित है तब सतह खुदरापन, चालकीय दीर्घवृत्तता और थर्मल प्रसार त्रुटियां बहुत नगण्य दर्शायी गयी है प्रेसिजन समाक्षीय एयर लाइन की अधिकतम उपयोगी आवृत्ति परास संस्तब्ध आवृत्ति के TE<sub>11</sub> mode द्वारा ज्ञात की गयी है ।

## 5. आभार

लेखकगण लगातार प्रोत्साहन और प्रेरणा के लिए प्रो. आर सी बुधानी, निदेशक, सी.एस.आई.आर. - एन.पी. एल. एवं डा. वी.एन. ओझा, Head ALSIM के आभारी हैं ।

## संदर्भ

1. I. A. Harris and R. E. Spinney, "The Realization of High-Frequency Impedance Standards Using Air-Spaced Coaxial Lines," IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 13, no. 4, pp. 265-272, 1964.
2. J. Zorzy, "Skin-Effect Corrections in Immittance and," IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 15, no. 4, pp. 358-364, 1966.
3. R. E. Nelson and M. R. Coryell, "Electrical Parameters of Precision , Coaxial, Air-Dielectric Transmission Lines," in NBS Monograph, 1966, vol. 96, no. 96, pp. 1-103.
4. N. J. Sladek, "Fundamental consideration in the design and application of high precision coaxial connectors," IRE Int. Conv. Rec., vol. 13, no. March, pp. 182 - 189, 1966.
5. R. N. Jones, A technique for extrapolating the 1 kC values of secondary capacitance standards to higher frequencies, vol. 201. NIST, 1963, pp. 1-12.

# एक डिजिटल दाब अंशशोधक (डी.पी.सी.) का मापिकीय प्रदर्शन

जसवीर सिंह, नीता दिलावर शर्मा एवं अशोक कुमार

दाब मानक

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail : singhjs@nplindia.org)

## सारांश

वर्तमान पत्र एक डिजिटल दाब अंशशोधक (डी पी सी) का मापिकीय प्रदर्शन प्रस्तुत करता है। डीपीसी की स्थिरता के पहलू को देखने के लिए, हमने एक डिजिटल दाब अंशशोधक (डी पी सी) के कार्य-निष्पादन का विस्तार से विश्लेषण किया है। पिछले कुछ वर्षों में इस डीपीसी की अनिश्चितता काफी सुसंगत है। अधिकतम विस्तारित अनिश्चितता 2011 में प्राप्त हुई थी जोकि  $74 \times 10^{-6}$  थी। रिपीटबिलिटी मानक त्रुटि की गणना की है और इसे चित्र 3 में दर्शाया गया है और जिसका अधिकतम मान 0.0008 बार है। अंशांकन कारक (सीएफ) रिप्रोड्यूसिबिलिटी को दर्शाता है इसलिए इसकी भी गणना की और इसे चित्र 4 में दर्शाया गया है। यह चित्र 4 से स्पष्ट है की सी.एफ अध्ययन की अवधि में सुसंगत रहा है और एक के बहुत करीब है, केवल 2012 और 2013 में 34 बार में एक दबाव बिंदु पर छोड़कर ।

## 1. परिचय

दाब मापन ऑटोमोबाइल, दवा, हवाई जहाज और थर्मल आदि जैसे विविध क्षेत्रों में उपयोगी हैं। दाब मापन के लिए दो प्रकार के उपकरणों का प्रयोग किया जाता है (क) डेड वेट परीक्षक और मेनोमीटर, जिनका प्रयोग प्राथमिक एवं माध्यमिक मानक के रूप में किया जाता है (ख) डिजिटल दाब अंशशोधक और डायल गेज जिनका प्रयोग स्थानांतरण मानक के रूप में किया जाता है। समय के साथ किसी भी दबाव गेज का मापिकीय प्रदर्शन, उसकी स्थिरता का एक महत्वपूर्ण पहलू है। इलेक्ट्रॉनिक्स के विकास के साथ डिजिटल दबाव गेज (डीपीजी) की स्थिरता में सुधार करने के लिए बहुत अनुसंधान किया गया है। डीपीजी रेसोलुशन, सुविधाजनक प्रबन्धन, सुसंहिति और सटीकता आदि विभिन्न लाभों के कारण दबाव माप में महत्वपूर्ण उपकरण बन गए हैं। चयनित डीपीसी फ्लूक कंपनी निर्मित, मॉडल 717-100g, और दाब सीमा 0-34 बार का है। पिछले कुछ वर्षों से इस उपकरण का प्रयोग सुबरोस लिमिटेड कंपनी, नोएडा द्वारा किया जा रहा है। डीपीसी को एक डेड वेट परीक्षक के साथ कैलिब्रेट किया गया है जोकि एक सेकेंडरी मानक है। इस सेकेंडरी मानक (एनपीएलआई-8ए) की 8 MPa दाब मापने की छमता है, यह डी एच (फ्रांस) मेक, मॉडल 5502 है। इस सेकेंडरी मानक (एनपीएलआई-8ए) ने पीटीबी जर्मनी के साथ दुपक्षीय तुलना एवं APMP. MP-K1C मुख्य तुलना में भी भाग लिया। इसकी विस्तारित अनिश्चितता  $26 \times 10^{-6} \times p$ ,  $k=2$  । मानक द्वारा दाब नीचे दिये गए समीकरण के द्वारा प्राप्त किया गया है

$$P_{Std} = \frac{\sum m_{iGNPL} \left( 1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_m} \right)}{A_0(1 + \lambda P) [1 + (\alpha_p + \alpha_c)(T - T_{ref})]} \quad \dots (1)$$

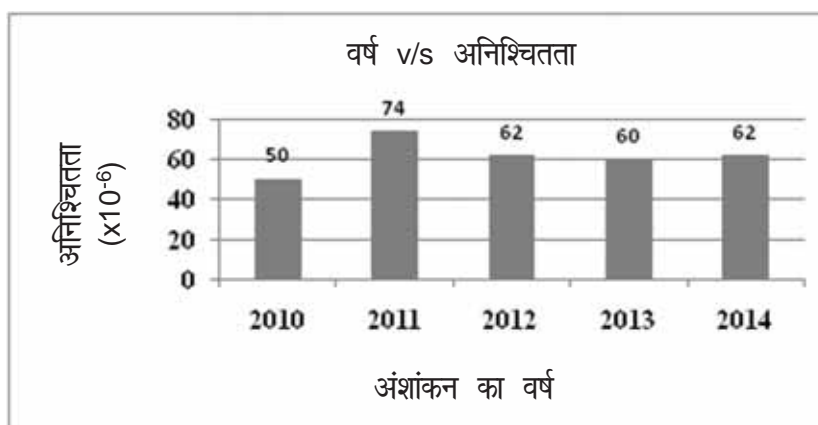
अंशांकन सेट अप चित्र 1 में दर्शाया गया है। डी पी सी का प्रत्यक्ष तुलना मानक के साथ किया गया। गेज एवं मानक को एक ही दबाव लाईन के साथ जोड़ा गया तथा दबाव को उत्पन्न करने के लिए शुद्ध नाइट्रोजन गैस का उपयोग किया गया। विस्तार में अंशांकन प्रक्रिया का उल्लेख कही और किया गया है। अनिश्चितता का आकलन एन ए बी ल 141 एवं आईएसओ अनिश्चितता गाइड -1995 के दिशा निर्देशों के अनुसार किया गया है।



चित्र 1

## 2. परिणाम एवं चर्चा

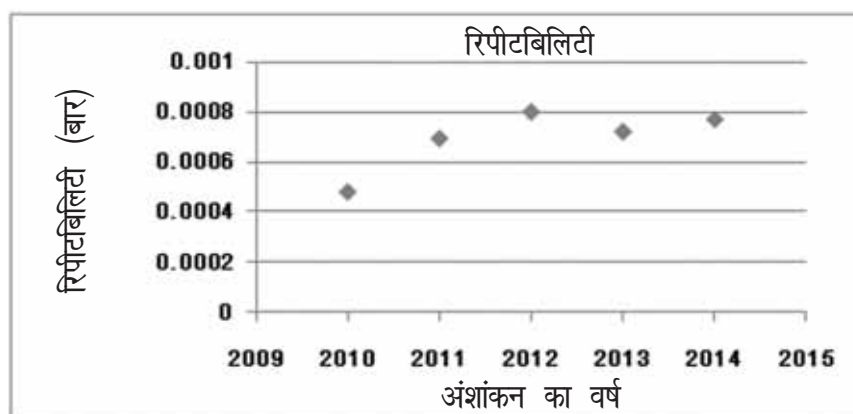
पिछले पाँच वर्षों से इस डीपीसी का अंशांकन एनपीएल द्वारा किया जा रहा है और इन्हीं पाँच वर्षों 2010-2014 का अंशांकन डाटा का विश्लेषण इस शोध पत्र में किया गया है। डीपीसी का मापिकीय प्रदर्शन देखने हेतु अनिश्चितता, रिपीटबिलिटी एवं रिप्रोड्यूसिबिलिटी का विश्लेषण किया गया है। लघु अवधि एवं दीर्घकालीन स्थिरता, किसी भी गेज का मापिकीय प्रदर्शन को दर्शाता है। विस्तारित अनिश्चितता का आलेख चित्र 2 में दर्शाया गया है जिससे पता चलता है की इस डीपीसी की अनिश्चितता काफी सुसंगत है। पाँच वर्षों में इसका न्यूनतम मान  $50 \times 10^{-6}$ , वर्ष 2010 में था, हालांकि अगले ही वर्ष 2011 में विस्तारित अनिश्चितता अधिकतम पायी गयी अर्थात्  $74 \times 10^{-6}$  जिसका कारण टाइप ए अनिश्चितता है जोकि मानक विचलन ज्यादा होने के कारण है। अगले तीन वर्षों में विस्तारित अनिश्चितता स्थिर रही औसतन  $61 \times 10^{-6}$ ।



चित्र 2

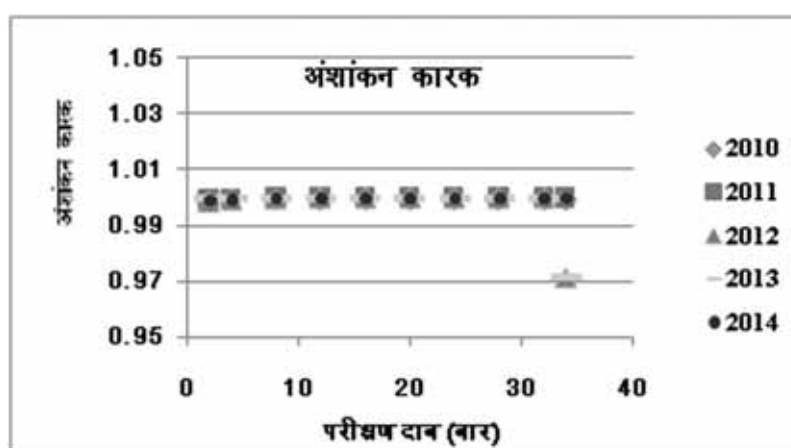
रिपीटबिलिटी के लिए हमने अधिकतम मानक त्रुटि की गणना की है और इसे चित्र 3 में दर्शाया गया है और जिसका अधिकतम मान 0.0008 बार है।

जैसा की चित्र 3 में देखा जा सकता है की रिपीटबिलिटी की वर्ष 2010 से वर्ष 2012 में बढ़ती हुयी प्रवर्ती है, उसके बाद वर्ष 2013-2014 में ये सुसंगत है।



चित्र 3

रिप्रोड्यूसिबिलिटी का पता अंशांकन कारक (सीएफ) द्वारा किया गया है और इसे चित्र 4 में दर्शाया गया है अंशांकन कारक (सीएफ) की गणना पी(डी पी सी)/पी(मानक) के द्वारा की गयी, जहाँ पी(डी पी सी) डी पी सी का दाब मान है तथा पी(मानक) मानक का दाब मान है। इसका मान 1 के करीब जितना हो उतना ही अच्छा होता है। यह चित्र 4 से स्पष्ट है की सी.एफ अध्ययन की अवधि में सुसंगत रहा है और एक के बहुत करीब है, केवल 2012 और 2013 में 34 बार में एक दबाव बिंदु पर छोड़कर। समान्यता कम दाब पर अंशांकन कारक में ज्यादा विविधता पायी जाती है जबकि इसमें ऐसा नहीं हुआ है।



चित्र 4

### 3. निष्कर्ष

पाँच वर्षों का अंशांकन डेटाबेस से एक डिजिटल दाब अंशशोधक (डी पी सी) का मापिकीय प्रदर्शन का विश्लेषण किया गया। डीपीसी की अनिश्चितता, रिपीटबिलिटी और रिप्रोड्यूसिबिलिटी काफी सुसंगत रही है। अधिकतम अनिश्चितता

$74 \times 10^{-6}$  रही एवं रिपीटबिलिटी का अधिकतम मान 0.0008 बार रहा । डी पी सी का मापिकीय प्रदर्शन अध्ययन की अवधि में अच्छा रहा । हालांकि पूर्ण रूप से डी पी सी के मापिकीय प्रदर्शन और दीर्घकालीन स्थिरता को देखने के लिए कुछ और वर्षा का अंशांकन डेटाबेस की आवश्यकता पड़ेगी।

### संदर्भ

1. संजय यादव, ओम प्रकाश, वी के गुप्ता एवं ए. के. बंद्योपाध्याय, जे. एस. आई. आर., 65, 2006, पी पी 721-724।
2. जसबीर सिंह, अशोक कुमार, नीता दिलावर शर्मा एवं ए. के. बंद्योपाध्याय, मापन, खंड 26, सं 2, 2011, पी पी 115-724।
3. आई एस ओ गम डॉक्युमेंट 1995।
4. एन ए बी एल डॉक्युमेंट 141।



# पराश्रव्य मापिकी में चुनौतियाँ और नवीनतम उपलब्धियाँ

अशोक कुमार  
मुख्य वैज्ञानिक (सेवानिवृत्त)

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail: npl.ashok@gmail.com)

## सारांश

पराश्रव्यमापी के अंतर्गत ध्वनि पैरामीटर्स का मापन व ध्वनि के बहाव के वेग और उसकी क्षीणता का मापन तो आता ही है, साथ-साथ उन पैरामीटर्स का मापन भी आता है जो स्वयं ध्वनि से संबंधित नहीं हैं परन्तु इनके नापने की विधि पराश्रव्य के सिद्धांत पर आधारित है। मापन की बढ़ती रेंज और एक्युरेसी के साथ अतिरिक्त नई तकनीकियाँ और नये-नये पैरामीटर्स भी सामने आने लगे हैं। इनसे कई वैज्ञानिक और प्रौद्योगिक चुनौतियाँ सामने आई हैं। इस वार्ता का अभिप्राय: इन चुनौतियों और इस क्षेत्र में हुई उपलब्धियों को प्रस्तुत करना है। उच्च तीव्रता वाली पराश्रव्य ध्वनि को नापना, सबहार्मोनिक्स से सुपरहार्मोनिक्स तक के वर्ण नापना आदि विषयों पर चर्चा की जायेगी।

### 1. प्रस्तावना

जब हम पराश्रव्य के बढ़ते हुए उपयोगों को देखते हैं तो हमें दिखता है एक छोटा सा संयंत्र जो दुध का विश्लेषण पलक झपकते ही कर देता है, मात्र 90 उस से किसी भी वातावरण में अब दूध को जांचा जा सकता है, इस संयंत्र से मिले परिणामों की शुद्धता को रसायन प्रयोगशाला के परिणामों से तुलना करके देख सकते हैं,

पराश्रव्य का एक और उपयोग एक विशाल संयंत्र द्वारा प्रोस्टेट ग्लैंड के कैंसर वाले भाग को नष्ट करना है, इस विधि की सफलता और संभावित दुष्परिणाम पराश्रव्य की तीव्रता और फोकस के फैलाव पर निर्भर करती है, अतः इसका नापन वांछित हो जाता है,

वास्तव में आज ऐसे कई नए संयंत्र और कई नई विधियाँ सामने आ गई हैं जहाँ पराश्रव्य के पैरामीटर्स को नापना आवश्यक जान पड़ता है, ये एक चुनौतिपूर्ण कार्य है क्योंकि अभी कोई भी विधि इनके नापने की प्राप्य नहीं है,

### 2. पैरामीटर्स

पराश्रव्य मापिकी में जिन पैरामीटर्स को नापना है उन्हें तीन भागों में बांटा जा सकता है, सर्वप्रथम वे पैरामीटर्स जो केवल ध्वनि के स्रोत पर आधारित हैं, इन पर माध्यम का कोई प्रभाव नहीं पड़ता इनमें मुख्य पैरामीटर्स हैं:

- ध्वनि दबाव
- पूर्ण ध्वनि शक्ति, और
- ध्वनी तीव्रता

पराश्रव्य मापिकी के कुछ पैरामीटर्स ऐसे हैं जो केवल माध्यम पर निर्भर करते हैं, स्रोत कोई भी हो, कैसा भी हो, इन्हें संचार पैरामीटर्स कहा जाता है, इनमें पहले मात्र २ पैरामीटर्स आते थे, अब, जैसाकि बाद में देखेंगे, ३ पैरामीटर्स आते हैं, ये पैरामीटर्स हैं :

- पराश्रव्य वेग
- क्षीणन
- डिस्पर्सिविटी (Dispersivity)

इसके अतिरिक्त कुछ पैरामीटर्स ऐसे हैं जो स्वयं तो ध्वनि से संबंधित नहीं हैं परन्तु उनके नापनक की विधि पराश्रव्य के सिद्धांत है, इन्हें अ-ध्वनिक पैरामीटर्स कहा जा सकता है, उदाहरण के तौर पर निम्नलिखित पैरामीटर्स को लिया जा सकता है,

- मोटाई
- सांद्रता
- पदार्थ के गुण जैसे इलास्टिक स्थिरांक, कठोरता, आदि

### 3. मापन विधियाँ

ध्वनि दबाव

पराश्रव्य के किसी भी संयंत्र का अंशांकन करने के लिए उससे निकलने वाली ध्वनि के दबाव को नापना आवश्यक है, इसके लिए हाइड्रोफोन का प्रयोग किया जाता है। वास्तव में हाइड्रोफोन एक प्रकार का माइक्रोफोन है जो हवा के स्थान पर पानी में कार्य करता है। अनुप्रयोग की दृष्टि से हाइड्रोफोन २ प्रकार के होते हैं।

1. निम्न आवृत्ति वाले हाइड्रोफोन - अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर ये 0.01 Hz से 180 kHz तक की आवृत्ति में उपलब्ध हैं। इनका उपयोग समुद्र-विज्ञान में आवश्यक है, भारत में ऐसे हाइड्रोफोन अभी नहीं बनते हैं। निर्यात किये गए हाइड्रोफोन का देश में ही आवधिक अंशांकन आवश्यक है। अभी इनका अंशांकन भारत में सफलतापूर्वक तो 5 Hz से 100 kHz तक होता है, आवश्यकता है विशाज ताल की और वैकल्पिक विधि की, ताकि संपूर्ण रेंज को समाविष्ट किया जा सके।
2. उच्च आवृत्ति वाले हाइड्रोफोन - ये प्रायः ब्रॉडबैंड होते हैं और 0.05 MHz से 100 MHz तक की आवृत्ति को समावेश करते हैं। इनका प्रयोग चिकित्सा में प्रयुक्त संयंत्रों के अंशांकन में किया जाता है। ये संयंत्र यद्यपि अधिकतम 10 MHz तक के होते हैं परन्तु उच्च हार्मोनिक्स के इनमें सम्मिलित होने के कारण इनका ब्रॉडबैंड होना आवश्यक है। ये अधिक दबाव पर भी सुचारु रूप से कार्य कर सकते हैं, इनकी दबाव सीमा 0.1 MPa से 3 MPa तक होती है, इस प्रकार के हाइड्रोफोन का अंशांकन फेज लॉक लेजर इंटरफेरोमेट्री से संभव है। अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर तीन चार प्रयोगशालाओं में ही यह अंशांकन होता है,

### 4. पूर्ण ध्वनि शक्ति

पराश्रव्य के रोगनिदान उपकरणों का अंशांकन एक विभिन्न प्रकार की समस्या लिये हुए है, आवश्यक है कि ध्वनी शक्ति अधिकतम सीमा के अन्दर रहे वर्ना रोगी को हानि हो सकती है। इसके अतिरिक्त इमेज क्वालिटी भी ऐसी हो कि छोटी से छोटी वस्तु भी दिखाई दे और साथ ही कोई अवांछित वस्तु न दिखाई दे, इन सब को सुनिश्चित करने के लिए पराश्रव्य के बहुत से पैरामीटर्स नापने पड़ेंगे। अतः अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर यह माना जाता है कि इमेज क्वालिटी के लिए फैंटम का प्रयोग कर लिया जाये और बाकी सब पैरामीटर्स के लिए केवल

“पूर्ण ध्वनी शक्ति” (टोटल अकोउस्टिक पॉवर) नापा जाये। इस शक्ति को 2 MHz से 15 MHz की आवृत्ति सीमा में 10mW से 10 W तक नापना होगा।

पूर्ण ध्वनि शक्ति को नापने के लिए अब केवल विकिरण दबाव (रेडिएशन प्रेशर) विधि ही मान्य है, इसे रा.भौ.प्र. में सफलता पूर्वक विकसित किया गया है, इस विधि में यदि आगे चल कर कंडक्टन्स की मात्रा की मांग की गई तो RF वोल्टेज को भी नापना पड़ेगा, यह एक चुनौती है।

## 5. ध्वनि तीव्रता

आजकल थोड़े ही दिनों से चिकित्सा उपचार में उच्च तीव्रता वाली फोकस्ड पराश्रव्य (HIFU) का प्रयोग होने लगा है। इस संयंत्र से उत्पन्न उष्मिक, यंत्रिक और कैविटेशन के प्रभाव से अर्बुद (tumour) का वाष्पीकरण हो जाता है और रोगी स्वस्थ होने लगता है, इसमें 0.5 - 3.0 MHz आवृत्ति तथा  $>1000 \text{ W/cm}^2$  तीव्रता (दबाव  $\sim \text{MPa}$ ) वाली ध्वनी का प्रयोग होता है।

HIFU के मापन में कई चुनौतियां हैं। एक तो कैविटेशन से पराश्रव्य की किरणें प्रभावित हो जाती हैं जिससे फ्री फील्ड कंडीशन नहीं मिल पाती है, फिर संवेदक को हानि का भय रहता है। उच्च तीव्रता के कारण अ-रेखिकता उत्पन्न होती है, जो उच्च हार्मोनिक्स को जन्म देती है। आजकल इसके मापन के लिये विशेष प्रकार के हाइड्रोफोन का प्रयोग होता है। बहुलक से बने नुकीले हाइड्रोफोन अथवा फाइबर अप्टिक हाइड्रोफोन के प्रयोग से मापन संभव है।

जहाँ बहुलक से बने नुकीले हाइड्रोफोन वाली विधि सस्ती है और प्रयोगशाला में काम आने वाले अन्य उपकरण इस में काम आजाते हैं, वहीं फाइबर ऑप्टिकल प्रोब हाइड्रोफोन (FOPH) थकाउ और महंगा है, परन्तु परिणाम एकदम सही देता है। वैसे दोनों ही विधियों में अंशांकन की पद्धति अभी प्राप्य नहीं है।

## 6. पराश्रव्य का वेग

पराश्रव्य के वेग को नापना अब कई विधियों से संभव है। परन्तु इसके लिए आवश्यकता है, एक निर्देशक द्रव्य की। एक ऐसे द्रव्य की जिसमें पराश्रव्य वेग ना तो आवृत्ति के साथ बदले और न ही ताप के साथ यह समय के साथ स्थिर भी होना चाहिए। यदि यह निर्देशक द्रव्य मिल जाता है, तो स्थान स्थान पर होने वाले प्रयोगों की शुद्धता बढ़ जायेगी और इंटरफेरोमीटर जैसे संयंत्रों का अंशांकन हो सकेगा।

## 7. पराश्रव्य का क्षीणन

पराश्रव्य के क्षीणन के मापन में शुद्धता और पुनरावृत्ति की भारी कमी है। कई दशकों से इसका मापन हो रहा है लेकिन फिर भी किसी भी द्रव्य में इसकी मात्रा कहीं भी नहीं मिलेगी। हर प्रयोगशाला एक अलग ही मूल्यांकन बताती है, अतः पराश्रव्य के क्षीणन का नापना आज भी एक चुनौती बना हुआ है।

## 8. डिस्पर्सिविटी (Dispersivity)

जैसा कि पहले कहा जा चुका है पराश्रव्य के क्षीणन का किसी भी द्रव्य में कोई भी मूल्यांकन अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर स्वीकृत नहीं है। इसका सबसे बड़ा कारण है वोल्टेज को ठीक ठीक ना नाप पाना। इस बात से निराश होकर अब यह सोचा गया है कि नया पैरामीटर खोजा जाना चाहिए जो ठीक से नापा जा सके और जिसमें क्षीणन के गुण भी हों।

डिस्पर्सिविटी इसी प्रकार का एक पैरामीटर है। क्षीणन को डिस्पर्सिविटी से हटा सकते हैं क्योंकि यह भी आवृत्ति के साथ होने वाली उर्जा की क्षति के साथ बदलता है। अंतर यह है कि इसे समय के अन्तराल से निकाला जाता है नाकि वोल्टेज की कमी से। अतः इसमें वांछित शुद्धता मिल जाती है। अब चुनौती है-इस नये पैरामीटर को बहुत सारे द्रवों के लिए स्थापित करना।

## 9. अ-ध्वनिक पैरामीटर्स

ये पैरामीटर्स हैं उदाहरण के तौर पर मोटाई जिसमे 0.1 mm की अशुद्धता पर 0.1 mm की मोटाई से ऊपर नापा जाता है। चुनौती है अंशांकन पद्धति में इस समय मोटाई और वेग में अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर केवल भारतीय मानक ही उपलब्ध है। सांद्रता को वेग से आंकते हैं। अतः वेग में शुद्धी बढ़ जानेपर सांद्रता में भी शुद्धता बढ़ जायेगी।

## 10. पराश्रव्य उपकरण

1. सोनीकेटर : रसायन प्रतिक्रियाओं को बदलने के लिए प्रयोगशालाओं में बहुतायत से प्रयोग किया जाता है। निष्पादन आवृत्ति और शक्ति पर निर्भर करता है। अब चुनौती है ऐसे सोनीकेटर की जिसकी शक्ति बदली जा सके और उस शक्ति को नापा जा सके।
2. एटोमाईजर : यह ऐसी सूक्ष्म बून्दें तैयार करता है जिन्हे नैनो-कणों में परिवर्तित किया जा सकता है। चुनौती है - बूंदों के नाप को पराश्रव्य शक्ति द्वारा मनचाहा बदलने और नापने की।
3. पराश्रव्य क्लीनर : बहुतायत में प्रयोग होने वाला उपकरण। चुनौती है - इसकी शक्ति मापने की।
4. NDT उपकरण : अकेले भारत में ही हजारों उपकरण चुनौती है - आर्टफैक्ट से इंटरकम्पेरिजन करने की।

## 11. उपसंहार

पराश्रव्य मापिकी चुनौतियों से भरा एक क्षेत्र है। यहाँ नई नई समस्याएँ आती ही रहती हैं। रा.भौ.प्र. ने इस क्षेत्र में महत्वपूर्ण योगदान दिया है। यहाँ के शोधकर्ता निरंतर कार्यरत हैं ताकि कुछ और नया कर सकें। टोटल पॉवर को उष्मीय विस्तार से निकालना, FBH का अंशांकन करना, डिस्पर्सिविटी की नई टर्म को खोजना आदि कुछ ऐसे उदाहरण हैं जिन पर रा.भौ.प्र. विश्व में सबसे आगे है। यह कहना अतिशयोक्ति ना होगी कि रा.भौ.प्र. में पराश्रव्य मापिकी का भविष्य उज्ज्वल है।

# कला-अपूर्वता का नैनो मापिकी के क्षेत्र में अनुप्रयोग

भरत कुमार यादव एवं हेम चन्द्र काण्डपाल

प्रकाशीय विकिरण मानक

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail : byadav@nplindia.org)

## सारांश

प्रकाश विज्ञान में कला-अपूर्वता का अध्ययन विगत वर्षों में व्यापक रूप से बढ़ा है, और अब यह प्रकाश विज्ञान की एक नई शाखा सिंगुलर ओप्टिक्स के रूप में विकसित हो चुका है। इसके कई महत्वपूर्ण क्षेत्रों जैसे नैनो मापिकी, सूचना संकेतीकरण तथा बेतार संचार में कई अनुप्रयोग हैं। प्रस्तुत शोधपत्र में इस विषय पर किए गए हमारे नवीन प्रायोगिक अध्ययनों व अनुभवों के आधार पर नैनो मापिकी, सूचना संकेतीकरण तथा बेतार संचार के क्षेत्रों में कला-अपूर्वता व स्पेक्ट्रल स्विचिंग के व्यावहारिक प्रयोगों की संभावनाओं पर प्रकाश डालेंगे।

## 1. प्रस्तावना

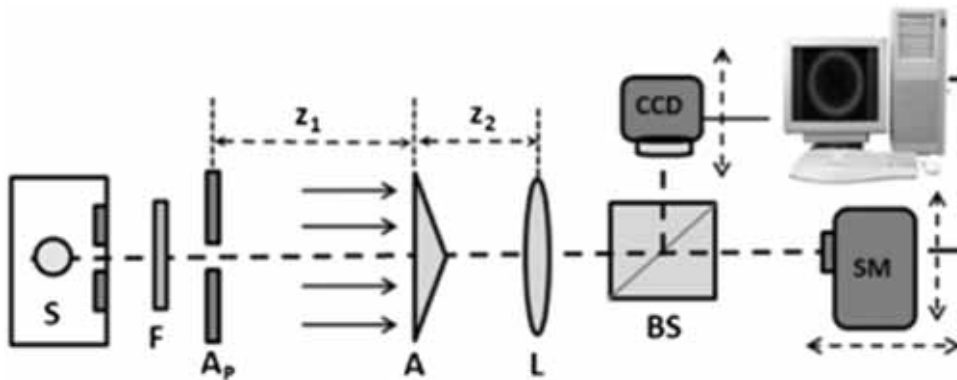
कला-अपूर्वता (phase singularity)<sup>(1)</sup> प्रकाश विज्ञान का एक नया और अनोखा क्षेत्र है। साधारण शब्दों में समझें तो कला अपूर्वता विवर्तित बहुवर्णी (polychromatic) प्रकाश से प्रेरित प्रकाश का एक बहुत ही विचित्र व्यवहार है जो विवर्तन से उत्पन्न काले झर्रों (dark fringes) में कुछ बिन्दुओं के रूप में प्रकट होता है। इन बिन्दुओं को कला अपूर्वता बिन्दु (phase singularity point) कह सकते हैं। इन विशेष बिन्दुओं पर प्रकाश की तीव्रता विलुप्त हो जाती है तथा प्रकाश की कला पूर्णतया अनिश्चित हो जाती है। इनके आस-पास प्रकाश के वर्णक्रम का व्यवहार भी अद्भुत (या अनोखा) हो जाता है जो की स्पेक्ट्रल स्विचिंग<sup>(2,3)</sup> के रूप में अपने आप को प्रदर्शित करता है। इन घटनाओं का न केवल सैद्धांतिक बल्कि प्रायोगिक रूप से भी अच्छी तरह से अध्ययन व विश्लेषण किया जा चुका है। कला-अपूर्वता विज्ञान के कई क्षेत्रों में अनुप्रयोगों की अनेकों संभावनाओं को समेटे हुए है। नैनो मापिकी में कला-अपूर्वता का प्रयोग<sup>(4)</sup> अभी नया है पर इसके विशेष महत्व को देखते हुए इसका सैद्धांतिक व प्रायोगिक अध्ययन हाल ही में तेजी से प्रखर हुआ है। कुछ ही समय पहले हमने पोलिक्रोमेटिक डार्क होलो बीम (polychromatic dark hollow beam) का गहन अध्ययन व विश्लेषण किया था<sup>(5)</sup> इस प्रकार की प्रकाश किरणों में कला-अपूर्वता व उसका प्रभाव बहुत आसानी से देखा व समझा जा सकता है। इस पत्र में की गई चर्चा विगत वर्षों में किए गए सैद्धांतिक व प्रायोगिक अध्ययनों, हमारे प्रायोगिक अध्ययनों तथा इस विषय पर लंबे अनुभवों पर आधारित है। यह शोधपत्र इस कठिन विषय को यथासंभव सरल भाषा में समझाने व समझाने का प्रयास है।

## 2. प्रयोग व्यवस्था

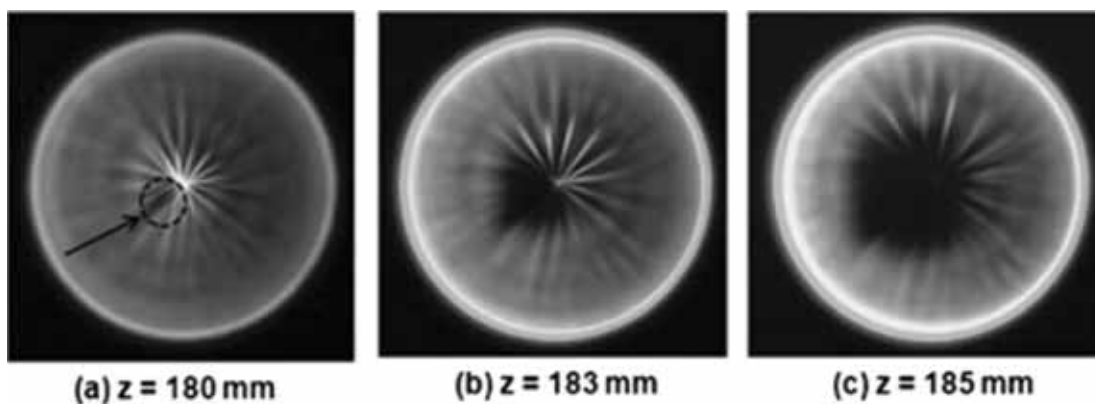
प्रयोग में लिए गए उपकरण व प्रयोग व्यवस्था को चित्र 1. में दर्शाया गया है। प्रयोग में लिए गए अवयवों को चित्र में ही स्पष्ट कर दिया गया है। यहाँ पर  $Z_1$  तथा  $Z_2$  क्रमशः  $A_p$ ,  $A$  एवम्  $A$ ,  $L$  के मध्य की

दूरियाँ है। फिल्टर F का प्रयोग प्रकाशीय किरण को गौसियन आकार देने के लिए किया गया था ताकि स्पेक्ट्रल स्विचिंग का अध्ययन सही प्रकार से किया जा सके। अक्सीकोन-लेंस व्यवस्था के द्वारा पोलिक्रोमेटिक डार्क होलो बीम को प्राप्त किया गया। इन प्रयोगों की विस्तृत जानकारी हमारे हाल ही में प्रकाशित शोधपत्र<sup>(5)</sup> से प्राप्त की जा सकती है। पोलिक्रोमेटिक डार्क होलो बीम विशेष प्रकार की प्रकाश किरणें (optical beams) होती हैं जिनमें किरण का मध्य काला भाग तेज चमकीले प्रकाश से घिरा होता है<sup>(3)</sup>।

पोलिक्रोमेटिक डार्क होलो बीम व उसका दूरी के साथ फ्री-स्पेस में प्रसारण व विकास चित्र 2. में दर्शाया गया है। चित्र 2 (a) में कला-अपूर्वता के प्रभाव से प्रकाश किरण के तरंगाग्र (wavefront) में उत्पन्न दरार को स्पष्ट रूप से देखा जा सकता है। ज्ञात रहे कि कला-अपूर्वता का प्रभाव व प्रकाश किरण के प्रसारण के दौरान ही विकसित होती है तथा कुछ समय पश्चात विलुप्त भी हो जाता है। यह प्रभाव बहुतरंगी प्रकाश की कुछ आवृत्तियों से संबंधित होती है, जिनके लिए कुछ बिन्दुओं पर प्रकाश की तीव्रता अत्यंत क्षीण (almost null) हो जाती है। तरंगाग्र की दरार किरण के मध्य भाग के समीप विकसित होती है व किरण के फ्री-स्पेस में प्रसारण के दौरान बढ़ते हुए एक प्रकार का न्यून प्रकाश क्षेत्र (acromatic zone) विकसित कर लेती है (देखें चित्र 2 (b) व 2 (c)) इस प्रक्रिया के द्वारा अंततः वो प्रकाश किरण पोलिक्रोमेटिक डार्क होलो बीम का आकार ग्रहण कर लेती है।



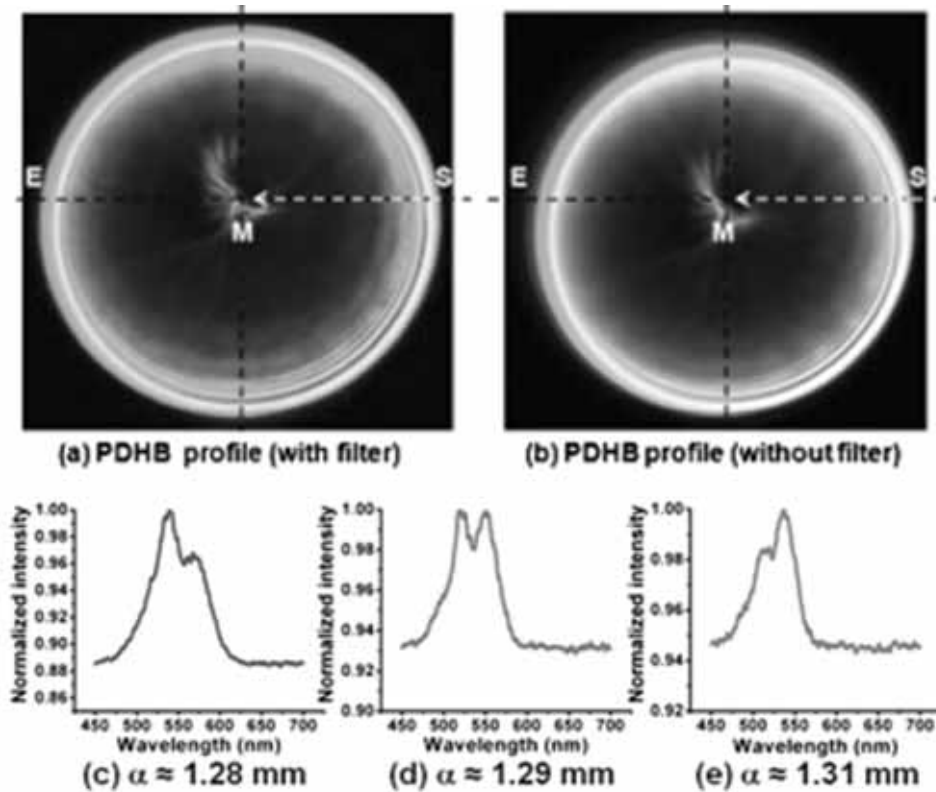
चित्र 1. प्रयोग की व्यवस्था, बहुतरंगी प्रकाश स्रोत (S), फिल्टर (F), अपर्चर ( $A_p$ ), अक्सीकोन (A), लेंस (L) बीम स्लीटर (BS) एवम् स्पेक्ट्रोफोटोमीटर (SM).



चित्र 2. पोलिक्रोमेटिक डार्क होलो बीम का विकास

### 3. परिणाम एवं विश्लेषण

कला-अपूर्वता व उसके प्रभावों का बारीकी से विश्लेषण करने के लिए विभिन्न प्रकार की सुसंगतता (coherence) वाली पोलिक्रोमेटिक डार्क होलो बीम का निर्माण किया गया, इसके लिए विभिन्न व्यास के कई अपर्चर प्रयोग में लाए गए परिणाम स्वरूप हमें कला-अपूर्वता पर किरणों की सुसंगतता के प्रभावों को जानने व समझने का अवसर प्राप्त हो सका। इस शोधपत्र में उदाहरण के लिए दर्शाए गए चित्र विभिन्न प्रकार की किरणों के अनुभाग हैं। प्रकाश व प्रकाश किरणों पर किए गए अध्ययन बताते हैं कि कला-अपूर्वता का प्रभाव उनके वर्णक्रम के अध्ययन से और भी अच्छी तरह से समझा जा सकता है<sup>(1,3)</sup>। हमारे प्रयोगों में हमने इन किरणों के वर्णक्रमों का भी समानान्तर रूप से अध्ययन व विश्लेषण किया और पाया कि कला-अपूर्वता के कारण विवर्तित बहुवर्णी प्रकाश बहुत ही विचित्र व्यवहार करता है, उदाहरण के रूप में चित्र 3 में दिखाए गए सबसे अधिक सुसंगत वाली पोलिक्रोमेटिक डार्क होलो बीम के अनुभाग व कला-अपूर्वता के कारण आए उनके वर्णक्रम में आए बदलाव दर्शाए गए हैं। ऐसा पाया गया कि विवर्तित बहुवर्णी प्रकाश का वर्णक्रम कभी कम (ब्लू शिफ्ट) तो कभी अधिक (रेड शिफ्ट) तरंगदैर्घ्य की तरफ खिसक जाता है। इस प्रक्रिया के दौरान एक अवस्था ऐसी भी आती है, जब वर्णक्रम का शिखर दो भागों में (टू इक्वल पीक) विभक्त हो जाता है। विवर्तित बहुवर्णी प्रकाश के वर्णक्रम के इस व्यवहार को स्पेक्ट्रल स्विचिंग के नाम से जाना जाता है। स्पेक्ट्रल स्विचिंग का प्रयोग सूचना संकेतीकरण तथा बेतार संचार के क्षेत्रों में किया जा सकता है<sup>(3)</sup>।



चित्र 3. कला-अपूर्वता का प्रकाश वर्णक्रम पर प्रभाव : फिल्टर (a) व बिना फिल्टर (b) के प्राप्त पोलिक्रोमेटिक डार्क होलो बीम के अनुभाग तथा स्पेक्ट्रल स्विचिंग (ब्लू शिफ्ट) (c) टू इक्वल पीक (d) एवम् रेड शिफ्ट (e)



#### 4. नैनो मापिकी में कला-अपूर्वता के अनुप्रयोग

शुरुआती अध्ययन दर्शाते हैं कि सिंगुलर ओप्टिक्स को केवल कला-अपूर्वता के परिपेक्ष में ही समझा गया पर बाद के विस्तृत विश्लेषण व परीक्षण दिखाते हैं कि प्रकाश की किरणें कई प्रकार के अपूर्वताओं को समाए हुए हैं जैसे सुसंगतता अपूर्वता (coherence singularity), तीव्रता अपूर्वता (intensity singularity), तथा ध्रुवीकरण अपूर्वता (polarization singularity) के नाम से जानी जा रही है। प्रकाश की ये सारी अपूर्वताएँ विज्ञान के कई क्षेत्रों में अपनी उपयोगिता रखती हैं व प्रकाश विज्ञान के कई गुंथ रहस्यों को समेटे हुए हैं। जिन पर लगातार शोध चल रहा है।

सरल उदाहरण के लिए हम कला-अपूर्वता के अनुप्रयोगों की संभावनाओं को समझ सकते हैं जैसा कि पूर्व में लिखा जा चुका है, कला-अपूर्वता के प्रभाव से प्रकाश क्षेत्र में कुछ विशेष बिन्दुओं पर प्रकाश की तीव्रता विलुप्त हो जाती है व प्रकाश की कला पूर्णतया अनिश्चित हो जाती है, तथा इन विशेष बिन्दुओं पर विवर्तित प्रकाश का वर्णक्रम दो भागों में परिवर्तित हो जाता है जिसे टू-इक्वल-पीक स्पेक्ट्रम भी कहते हैं (देखें चित्र 3(c)) हाल ही में प्रकाशित शोधपत्र<sup>(6)</sup> से ज्ञात होता है कि कला अपूर्वता वाले बिन्दुओं का नियंत्रित किया जा सकता है। नैनो मीटर स्तर पर इन बिन्दुओं का नियंत्रित तरीके से विस्थापन एवम् एकल-शिखर-वर्णक्रम (single peak spectrum) का दो भागों में परिवर्तन किसी भी वर्णक्रममापी की विभेदन क्षमता को नैनो मीटर स्तर तक ले जा सकता है।

प्रकाशीय अपूर्वताओं के कारण प्रकाशीय भँवर (optical vortex) उत्पन्न होते हैं, इन प्रकाशीय भँवरों के भी स्थानीय गुणों का अध्ययन व विश्लेषण किया जा सकता है, यह अध्ययन सिंगुलर स्टेस्टिकल ओप्टिक्स नामक प्रकाश विज्ञान की नई शाखा के रूप में उभर रहा है (4)।

#### 5. निष्कर्ष

प्रकाशीय अपूर्वताओं का एक बड़ा ही विचित्र संसार है जो अनुप्रयोगों की अनेकों संभावनाओं से लवरेज है। कला-अपूर्वता के कुछ दिलचस्प पहलुओं को इन पत्र में चर्चा का विषय बनाया गया है। विशेष रूप से मापिकी में इनके प्रयोग की संभावनाओं को समझने का प्रयास किया गया है।

#### संदर्भ

1. एम.एस. सोसकीन एवम् एम.वी. वासनेतसोव, सिंगुलर ऑप्टिक्स, प्रोग्रेस इन ऑप्टिक्स, 42 (2001) 219.
2. जी. गबुर, टी.डी. विस्सर एवम् ई. उल्फ, अनोमलस बिहेवियर ऑफ स्पेक्ट्रा नीयर फेज सिंगुलरिटीस ऑफ फोकस्ड वेव्स, फिसिकल रिव्यू लेटर्स, 88 (2002) 013901.
3. भरत कुमार यादव एवम् हेम चन्द्र काण्डपाल, स्पेक्ट्रल अनोमालिज ऑफ पोलिक्रोमेटिक डीएचजीबी एंड इट्स अप्लीकेशन्स इन एफएसओ, जनरल ऑफ लाइटवेव टेक्नालाजी, 29 (2011) 960.
4. डब्लू. वांग, जेड, डूयन, एस. जी. हनसन, वाई. मियामोटो एवम् एम. टकेदा, एक्सपेरिमेंटल स्टडी ऑफ कोहरेन्स वॉर्टीसेस : लोकल प्रॉपर्टीस ऑफ फेज सिंगुलरिटीस इन ए स्पेशियल कोहरेन्स फंक्शन, फिसिकल रिव्यू लेटर्स, 96 (2006) 073902.
5. भरत कुमार यादव, ईस्तुति जोशी, एवम् हेम चन्द्र काण्डपाल, एक्सपेरिमेंटल ओब्सेर्वेशन ऑफ द इफैक्ट ऑफ जेनेरिक सिंगुलरिटीस इन पोलिक्रोमेटिक डार्क होलो बिम्स, ऑप्टिक्स लेटर्स, 39 (2014) 4946.
6. पी.एफ. डींग, जे. पू. जे. वेंग, एवम् पी. हान, स्पेक्ट्रल अनोमालीस ऑफ अनोमालिज ऑफ पोलिक्रोमेटिक गौसियन वॉरटेक्स बीम, ऑप्टिक्स एक्सप्रेस, 22 (2014) 20193.



# प्रवाह मापन और मानक : औद्योगिक विकास का एक स्रोत

ए. एस. मुरली

मुख्य अनुसंधान अभियंता, एफ.सी.आर.आई., पालघाट, केरल, भारत

(e-mail: a.s.murali@fcriindia.com)

## सारांश

मापन विज्ञान की अवस्था किसी देश के विकास-स्तर का सर्वाधिक प्रत्यक्ष प्रमाण है। सटीक मापन क्षमता विश्वास के साथ इसे सूचित करना तथा इसका लाभप्रद उपयोग ही तकनीकी रूप से उन्नत राष्ट्रों की सफलता का मंत्र है। मापिकी तथा मानक की महत्ता यहाँ बहुत अहम है। इस क्षेत्र में निरन्तर विकास सुनिश्चित करने तथा सुविधा रहित क्षेत्रों में नवीन सुविधाएं स्थापित करने हेतु भारत सरकार प्रत्येक संभव प्रयास कर रही है। वास्तव में 80 के दशक के मध्य से पूर्व, भारत में विश्वसनीय प्रवाह मापन क्षमता तथा संदर्भ मानक अस्तित्व में ही नहीं था। इसके बाद, एफ सी आर आई की स्थापना द्वारा इस क्षेत्र में महत्वपूर्ण विकास कार्य किए गए हैं। इस पत्र में प्रवाह मापिकी के क्षेत्र में अभी तक हुई प्रगति, यहाँ स्थापित प्रवाह मानकों तथा प्रतिष्ठान में सृजित प्रवाह मापन क्षमता का विवरण दिया गया है। सामाजिक तथा औद्योगिक विकास में योगदान की ओर विशेष ध्यान दिया गया है। विदेशी विनिमय की बचत के रूप में प्राप्त लाभ तथा अन्तराष्ट्रीय स्तर के मानकों द्वारा समर्थित सक्षम अंशांकन तथा परीक्षण की उपलब्धता ने भारतीय प्रसंस्करण उद्यम् वृहद् तथा लघु दोनों को नितांत आवश्यक प्रोत्साहन प्रदान किया है। एफ सी आर आई में स्थापित मुख्य सुविधाओं में जल प्रवाह, वायु प्रवाह, तेल प्रवाह तथा गैस प्रवाह मानक सम्मिलित है। सुविधाओं का संक्षिप्त विवरण दिया गया है तथा सम्पूर्ण औद्योगिक विकास में इनके योगदान को संकेतिक किया गया है।

## 1. प्रस्तावना

सटीक मापन, व्यापक रिपोर्टिंग और परिणामों का विवेकपूर्ण उपयोग तकनीकी रूप से उन्नत देशों की सफलता की कहानी को परिभाषित करता है। मापिकीय मानकों और सुविधाओं का महत्व यहां सबसे महत्वपूर्ण है। यह किसी भी विश्वसनीय जांच के लिए मूल और शुरुआती बिंदु है। औद्योगिक विकास के लिए मापिकीय मानकों का योगदान सर्वोपरि और महत्वपूर्ण है, इसे ध्यान में रखते हुए अंतराष्ट्रीय स्तर पर मानकों को स्थापित एवं बनाये रखने के लिए हमारी सरकार सभी उचित कदम उठा रही हैं। नई सरकार की भारत निर्माण नीति भी इसी दिशा में जरूरतों को इंगित करती है कि औद्योगिक जरूरतों के लिए मापिकीय क्षमता एवं अनुमार्गणीयता के सभी पहलुओं पर उचित एवं पर्याप्त ध्यान दिया जाये।

मैट्रोलोजी और मानकों के व्यापक स्पेक्ट्रम में, प्रवाह मापन महत्वपूर्ण क्षेत्रों में से एक है। प्रवाह मापन उद्योग में यकिनन तीसरा या चौथा सबसे अधिक बार मापा जाने वाला पैरामीटर है। भारत में मध्य अस्सी के दशक से पूर्व विश्वसनीय प्रवाह मापन की क्षमता और संदर्भ मानक लगभग नोनएग्जिस्टेंट रहे थे। उसके बाद से एफसीआरआई की स्थापना के साथ ही महत्वपूर्ण विकास इस क्षेत्र में हुआ है।

द्रव नियंत्रण अनुसंधान संस्थान (एफसीआरआई), पलक्कड़, केरल में स्थित एक स्वायत्त संस्थान है जो उद्योग मंत्रालय, भारत सरकार के तहत, यूएनडीपी और यूनिडो की सक्रिय सहायता और भागीदारी से 1984 में स्थापित किया गया था। पानी, तेल और हवा गैस माध्यम में प्रवाह मापन के लिए एनएबीएल (NABL) से पूर्ण मान्यता प्राप्त प्रवाह मानकों की स्थापना की गयी है और इस पत्र में एफसीआरआई के विभिन्न प्रमुख केन्द्रों और योगदान का वर्णन है।

## 2. अंशांकन परीक्षण के लिए एफसीआरआई के जल प्रवाह मानक

जल प्रवाह प्रयोगशाला में प्रवाह मीटर वाल्व के परीक्षण पाइप फिटिंग और अन्य प्रवाह उत्पादों के स्टीक अंशांकन के लिए एक विशेष परीक्षण रिग्स है। प्रवाह की दर की माप के लिए आईएसओ दस्तावेज के अनुसार स्थिर ग्रेवीमेट्रिक विधि यहाँ अपनायी गयी है। जल प्रवाह प्रयोगशाला के दो प्रभाग हैं। पहला 600-900 मिमी जल प्रवाह प्रयोगशाला और दूसरा 100 मिमी जल प्रवाह प्रयोगशाला है।

### 2.1 600.900 मिमी जल प्रवाह प्रयोगशाला

इस प्रणाली को अधिकतम प्रवाह दर  $5000 \text{ m}^3/\text{h}$  और 10 बार दाब के लिए डिजाइन किया गया है। प्रवाह मापन के लिये स्थिर ग्रेवीमेट्रिक तौल विधि दो क्रमशः 2T और 20T वजन क्षमताओं के टैंकों से बनी है। डाईवर्टर सिस्टम का प्रयोग समय अवधि की सटीक माप के लिए, वेईंग टैंक में पानी एकत्र करने के लिए किया जाता है। द्रव्यमान मापन उच्च परिशुद्धता वाली इलेक्ट्रॉनिक वेईंग मशीनों के द्वारा होता है। इस सिस्टम को बंद पाइपलाइन में वेईंग पद्धति का उपयोग कर तरल प्रवाह की माप के लिये आईएसओ (ISO) 4185, 1980 दस्तावेज के अनुसार बनाया और संचालित किया जाता है। एक बड़ा नियत हैड का टैंक आवश्यक प्रवाह स्थिरता प्रदान करता है। प्रत्यक्ष पम्पिंग के लिए सुविधा भी उपलब्ध है। इस प्रणाली की विस्तारित अनिश्चितता व्याप्ति कारक  $k=2$  पर  $0-250 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $300-1800 \text{ m}^3/\text{h}$  और  $1800-2500 \text{ m}^3/\text{h}$  की आयतन प्रवाह दर पर क्रमशः 0.04%, 0.10%, और 0.25% है। इस प्रणाली की एक तस्वीर चित्र 1 में दिखायी गयी है।



चित्र 1 : द्रव नियंत्रण अनुसंधान संस्थान, केरल में स्थित 600-900 मिमी जल प्रवाह प्रयोगशाला

## 2.2 100 मिमी जल प्रवाह प्रयोगशाला

विशेष रूप से 100 मिमी तक आकार के लिए नई पीढ़ी के प्रवाह मीटर के लिए एक उच्च सटीकता सेट अप की आवश्यकता और मौजूदा जल प्रवाह प्रयोगशाला में अंशांकन के भारी लोड को ध्यान में रखते हुए एक उन्नत उच्च सटीकता की जल प्रवाह प्रयोगशाला की स्थापना की गयी है। प्रयोगशाला में 100 mm आकार तक के मीटर और 250 m<sup>3</sup>/h तक की प्रवाह दर का सटीक मापन कर सकते हैं। अंशांकन के लिए इस नई प्रयोगशाला की स्थापना से अंशांकन लीड समय काफी कम हो गया है और संस्थान वाणिज्यिक अंशांकन के लिए सुविधा प्रदान करने के लिए एक बेहतर स्थिति में है। यह पूरी तरह से स्वयंलित ऑपरेटिंग सिस्टम के साथ एक उच्च परिशुद्धता प्रयोगशाला है। प्रयोगशाला आईएसओ 4185 के अनुसार स्थित ग्रेवीमेट्रिक पद्धति पर काम करता है। यह 300 किलोग्राम एवं 3000 किलोग्राम की क्षमता की दो प्रमुख उच्च परिशुद्धता वाली इलेक्ट्रॉनिक वेईंग मशीनों से बनी है और प्रवाह दर को मापने के लिए उपयोग किया जाता है। इस प्रणाली की विस्तारित अनिश्चितता व्याप्ति कारक  $k=2$  पर 0-250m<sup>3</sup>/h की आयतन प्रवाह दर पर 0.04% है।

## 2.3 बड़ी जल प्रवाह प्रयोगशाला

इस सिस्टम के निर्माण में अवधारणा, प्रारंभिक लेआउट, डिजाइन, विस्तृत इंजीनियरिंग, योजना, निर्माण और कमीशन और सब जुड़े गतिविधियों में 100% भारतीय प्रयास है। अब हम विकासशील देशों के लिए एक बड़ी टर्नकी परियोजना के रूप में इस तरह के मानकों की पेशकश करने की स्थिति में है।

यह सुविधा अनिवार्य रूप से एक बड़ा भूमिगत जलाशय, 5 पंप 15000 m<sup>3</sup>/h के संचयी प्रवाह के साथ, संदर्भ प्रवाह मीटर, अन्य संबद्ध उपकरणों और परीक्षण लाइनों की लंबाई की एक लाइन से मिलकर बनी हैं। सभी प्रासंगिक तकनीकी आर्थिक कारकों में से एक होने के कारण सर्वेक्षण के बाद, रिंग के व्यापक विनिर्देश को अंतिम रूप दिया गया था। यह पाया गया कि 5000 m<sup>3</sup>/h से ज्यादा प्रवाह अंशांकन की आवश्यकता थी। एक किफायती ऊपरी सीमा 15000 m<sup>3</sup>/h के रूप में गणना की गई। प्रवाह परीक्षण दबाव बड़े पाइपों के व्यासों और इसके परिणामस्वरूप तनाव को मद्देनजर रखते हुए 2 bar तक ही सीमित था।



चित्र 2 : द्रव नियंत्रण अनुसंधान संस्थान केरल में स्थित बड़ा जल प्रवाह प्रयोगशाला

प्रयोगशाला 2000 मिमी आकार तक के नियंत्रण वाल्व और 3000 मिमी व्यास तक के प्रवाह मीटर्स की अंशांकन और परीक्षण आवश्यकताओं को पूर्ण करने के लिए सुसज्जित है। एनएबीएल द्वारा मूल्यांकन करने पर समग्र अनिश्चितता  $\pm 0.5\%$  से बेहतर पायी गयी। सेटअप में एक विशाल उच्च पावर टरबाइन पंप है जो बड़े भूमिगत जलाशय से पानी खींचकर बाईपास व्यवस्था के साथ परीक्षण लाइन में पंप करता है। प्रयोगशाला का उद्देश्य और भी बड़े पंपों का परीक्षण करना है। इस तरह 10 बार दाब तक  $25000 \text{ m}^3/\text{h}$  तक की मापन क्षमता एक वास्तविकता बन जाएगी। यह सुविधा प्रवाह मीटर के निर्माताओं और अंत उपयोगकर्ताओं के लिए बहुत फायदेमंद साबित होगी।

## 2.4 जल मीटर परीक्षण प्रयोगशाला

जल मीटर परीक्षण प्रयोगशाला में विभिन्न प्रकार के घरेलू एवं औद्योगिक पानी के मीटरों की गुणवत्ता सुनिश्चित करने के लिए उनका IS 779, IS 6784 और ISO 4064 के अनुसार परीक्षण किया जाता है। विभिन्न जल बोर्ड, स्थानीय नगर पालिका, पानी मीटर के निर्माण इस सुविधा के उपयोगकर्ता हैं।

## 3. तेल प्रवाह मानक

तेल प्रवाह मानक स्थिर ग्रेवीमेट्रिक (तौल) विधि पर काम करता है और विभिन्न प्रकार के प्रवाह मीटरों जैसे सकारात्मक विस्थापन मीटर, टरबाइन प्रवाह मीटर, इत्यादि का अंशांकन  $0-650 \text{ m}^3/\text{h}$  आयतन प्रवाह दर पर  $0.075\%$  से  $0.1\%$  विस्तारित अनिश्चितता से सकता है।

## 4. वायु प्रवाह मानक

एफसीआरआई में औद्योगिक गैसों से संबंधित क्षेत्रों को कवर के लिए हवा प्रवाह सुविधाओं की स्थापना की गई है। एक पूर्ण कम दबाव अंशांकन सुविधा  $10,000 \text{ m}^3/\text{h}$  तक प्रवाह के साथ निकट वायुमंडलीय दबाव पर



(अ) बेल प्रुवर



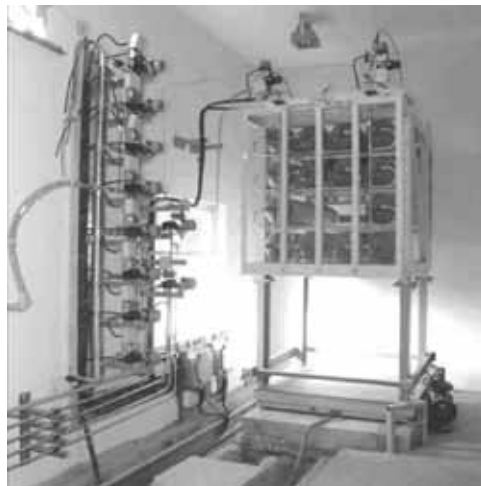
(ब) PVT+ मानक

चित्र 3 : द्रव नियंत्रक अनुसंधान संस्थान (एफसीआरआई) केरल में स्थित वायु प्रवाह मानक

काम कर रहा है। 400 मिमी तक आकार के विभिन्न प्रकार के प्रवाह मीटर का अंशांकन किया जाता है। जिनकी मापन अनिश्चितता अंतरराष्ट्रीय संस्थाओं के समतुल्य है। इस प्रवाह रेंज में विभिन्न प्रवाह मानक पिस्टन प्रुवर, बेल प्रुवर, PVTt मानक और विकट प्रवाह वेंचुरी/सोनिक नोजल हैं। एफसीआरआई के प्राथमिक प्रणाली के द्वारा 80 m/s टरबाइन प्रवाह मीटर और कोरिओलिस द्रव्यमान प्रवाह मीटर का 50 m<sup>3</sup>/h तक अंशांकन किया जाता है।

## 5. प्राकृतिक गैस प्रवाह मानक

प्राकृतिक गैस क्षेत्र की जरूरत को पूरा करने के लिए एफसीआरआई में 250 bar प्राकृतिक गैस प्रवाह मानक सुविधा की स्थापना की गई है जोकि प्राथमिक मानक ग्रेवीमीट्रिक प्रणाली पर काम करता है। इस सुविधा के द्वारा अधिकतम 4500 kg/h के प्रवाह दर पर ऑटोमोबाइल क्षेत्र के सीएनजी डिस्पेंसर्स, मीटर इत्यादि का अंशांकन 0.1% विस्तारित अनिश्चितता से किया जाता है।



चित्र 4 : द्रव नियंत्रक अनुसंधान संस्थान, केरल में स्थित प्राकृतिक गैस प्रवाह मानक

## 6. औद्योगिक विकास के लिए प्रवाह मानकों का योगदान

अब तक इस पत्र में ऊपर वर्णित प्रवाह मानकों का विकास सभी भारतीय उद्योग के लिए मूल्यवान संसाधन है और समग्र विकास के लिए उनका योगदान बहुत महत्वपूर्ण है।

संक्षिप्त, निम्नलिखित कारकों में

- प्रवाह उत्पादों का परीक्षण और अंशांकन
- प्रौद्योगिकी हस्तांतरण और प्रयोजित असाइनमेंट
- तेल/गैस पैमाइश स्टेशनों की ऑडिटिंग और साइट पर अंशांकन
- बहु संघ परियोजनाओं सहित सरकारी एजेंसियों और निजी उद्योगों द्वारा प्रायोजित परियोजनाओं के निष्पादन
- साइट पर और एफसीआरआई में प्रवाह माप, नियंत्रण और इंस्ट्रुमेंटेशन पर अनुकूलित प्रशिक्षण कार्यक्रम
- और भारत में प्रवाह मानकों की सुविधा उपलब्ध कराने के द्वारा विदेशी मुद्रा की कुल बचत, इन प्रवाह मानकों के महत्वपूर्ण तत्व हैं जोकि हमारे देश के सामाजिक और औद्योगिक विकास को प्रभावित करते हैं।

# एल.ई.डी. के ल्यूमिनस फ्लक्स का गोनिओफोटोमीटर के द्वारा मापन

सुदामा एवं भरत कुमार यादव

प्रकाशीय विकिरण मानक

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail : sudama@nplindia.org)

## सारांश

गोनिओफोटोमीटर एक ऐसा यंत्र है जिससे किसी भी प्रकाश स्रोत का पूर्ण ल्यूमिनस फ्लक्स (absolute flux) का मापन किया जा सकता है। एल.ई.डी (LEDs) व इनसे बने प्रकाश स्रोत का ल्यूमिनस फ्लक्स भी पारंपरिक प्रकाश स्रोतों के ल्यूमिनस फ्लक्स का मापन की भांति इस यंत्र से किया जा रहे हैं। यह फोटोमेट्रिक मापदण्डों में से (photometric parameters) एक बहुत ही महत्वपूर्ण मापदण्ड है क्योंकि ल्यूमिनस फ्लक्स हमारे दैनिक जीवन से सीधा सम्बंध रखता है। एल.ई.डी. (LEDs) व इनसे बने प्रकाश स्रोत पारंपरिक प्रकाश स्रोतों से भिन्न होते हैं। इन प्रकाश स्रोतों व पारंपरिक प्रकाश स्रोतों के तीव्रता विस्तारण (intensity distribution) एवम वर्णक्रम में कुछ आधारभूत असमानताएँ पाई जाती हैं इस कारण इन प्रकाश स्रोतों से प्राप्त ल्यूमिनस फ्लक्स की दक्षता भी प्रभावित होती है। प्रस्तुत पत्र में ल्यूमिनस फ्लक्स के मापन में आने वाली इन्ही व्यवहारिक चुनौतियों पर चर्चा व विश्लेषण किया गया है।

## 1. प्रस्तावना

एल.ई.डी. का प्रयोग हाल ही में कई क्षेत्रों में बड़ी तेजी से बढ़ने लगा है। पिछले परीक्षणों से पता चलता है कि कुछ एल.ई.डी. स्रोतों का ल्यूमिनस फ्लक्स अन्य प्रकाश स्रोतों की अपेक्षा ज्यादा होता है। कुछ एल.ई.डी. स्रोत ऐसे भी हैं जिनसे विभिन्न प्रकार के रंगों का प्रकाश प्राप्त होता है, जिनका प्रयोग विभिन्न प्रकार के यातायात जैसे सड़क, रेल, एवं विमानन (aviation) में सिगनल्स के रूप में उपयोग किया जा रहा है। इसके अलावा एल.ई.डी. से निर्मित घरेलू एवम व्यावसायिक बल्ब व उससे संबन्धित उपकरणों में इनका उपयोग लगातार बढ़ता जा रहा है। इनकी उच्च दक्षता, लंबी आयु व इस क्षेत्र में तीव्र विकास के चलते एल.ई.डी स्रोत व उनसे संबन्धित विभिन्न फोटोमेट्रिक मापदण्डों का महत्व असाधारण रूप से बढ़ता चला जा रहा है। इनमें विशेषतः ल्यूमिनस फ्लक्स का बढ़ा महत्व है, यह फोटोमेट्रिक मापदण्ड किसी भी प्रकाश स्रोत की दक्षता का निर्धारण करता है। एल.ई.डी स्रोतों के ल्यूमिनस फ्लक्स के मापन की प्रक्रिया पारंपरिक प्रकाश स्रोतों की मापन प्रक्रिया के समकक्ष ही होती है हालांकि एकल एल.ई.डी. के मामले में ऐसा नहीं होता। साधारण गोनिओफोटोमीटर के द्वारा इन स्रोतों के लिए संदर्भ मापन (reference standards) बनाए जाते हैं।

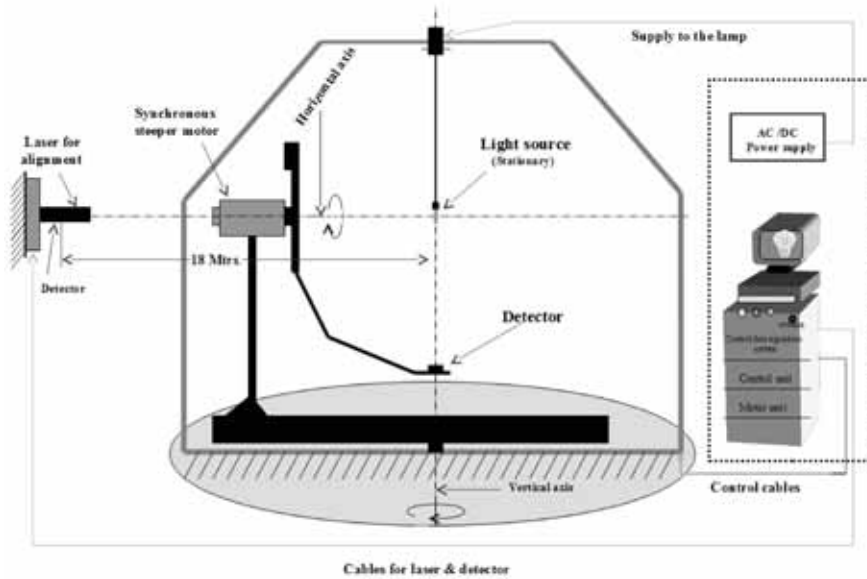
ज्ञातव्य है कि एल.ई.डी से उत्सर्जित प्रकाश एक दिशाधारी (uni-directional) होता है, जिसके विस्तारण को पारंपरिक प्रकाश स्रोतों की तरह बनाने के लिए विशेष प्रकार के डिफ्यूजर्स (diffusers) का प्रयोग किया जाता है। पहली नजर में देखने से यह प्रकाश पारंपरिक श्वेत प्रकाश स्रोतों के प्रकाश जैसा ही प्रतीत होता है लेकिन वास्तविकता इससे थोड़ी भिन्न है। एल.ई.डी स्रोतों का तीव्रता विस्तारण व वर्णक्रम साधारण प्रकाश स्रोतों से भिन्न होता है,



इसलिए इसका प्रभाव आँखों व शरीर के कुछ अन्य नाजुक आंगों पर क्या होगा यह एक गहन अनुसंधान का विषय बन चुका है। गोनिओफोटोमीटर के द्वारा इन स्रोतों से प्राप्त ल्यूमिनस फ्लक्स व तीव्रता विस्तारण का गहन व सटीक विश्लेषण किया जा सकता है। इस शोधपत्र में विश्लेषण व चर्चा हमारे इस क्षेत्र के अनुभवों एवम् इस क्षेत्र में हुए अब तक के अनुसंधानों पर आधारित है।

2.

गोनिओफोटोमीटर उपकरण व ल्यूमिनस फ्लक्स के मापन की व्यवस्था का रेखाचित्र व साधारण घरेलू व व्यावसायिक प्रयोग के लिए विकसित एल.ई.डी. व विशेष प्रकार के डिप्युजर से निर्मित बल्ब को क्रमशः चित्र 1 व चित्र 2 में दर्शाया गया है।

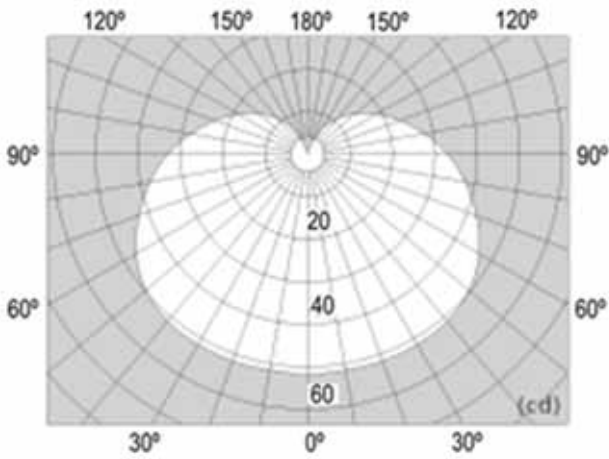


चित्र 1. गोनिओफोटोमीटर

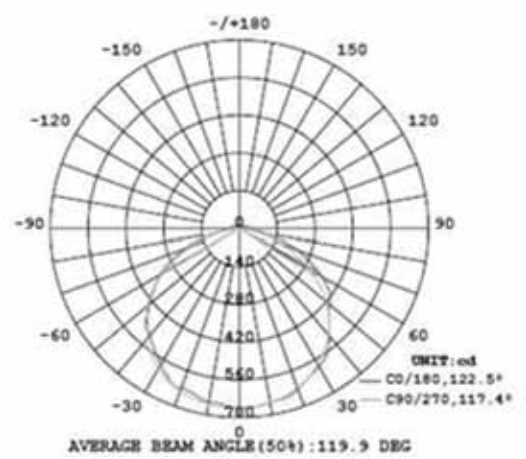


चित्र 2. एल.ई.डी. बल्ब

किसी भी प्रकाश स्रोत का तीव्रता विस्तारण जान कर उसके विस्तारण संबंधित जानकारी प्राप्त की जा सकती है। गोनिओफोटोमीटर के द्वारा मापन से प्राप्त पारंपरिक बल्ब (टंगस्टन फिलामेंट) एवम् एल.ई.डी. बल्ब का पोलर डाईग्राम चित्र 3 व चित्र 4 में दर्शाए गए हैं। चित्रों से स्पष्ट ज्ञात होता है कि टंगस्टन फिलामेंट का प्रकाशीय वितरण  $180^\circ$  ( $90^\circ - 0^\circ - 90^\circ$ ) एवम् एल.ई.डी. बल्ब का प्रकाशीय वितरण  $120^\circ$  ( $60^\circ - 0^\circ - 60^\circ$ ) प्राप्त होता है। यह तथ्य यह साबित करता है कि एल.ई.डी. बल्ब से उत्सर्जित प्रकाश का क्षेत्रफल टंगस्टन फिलामेंट बल्ब की तुलना में कम है जो की इस प्रकाश स्रोत की प्रकाश विस्तार क्षमता को सीमित कर देता है। एल.ई.डी. का आधारभूत ढांचा व इसका छोटा व्यूइंग एंगल (viewing angle) उपरोक्त सीमाओं के कारक हैं। गोनिओफोटोमीटर के द्वारा एकल एल.ई.डी. के ल्यूमिनस फ्लक्स का मापन भी किया जाता है मगर इस मापन के लिए छोटे आकार के गोनिओफोटोमीटर का प्रयोग होता है। साधारणतया एकल एल.ई.डी. प्रकाश सूचक (indicator) के रूप में अधिक उपयोग में लायी जाती है।

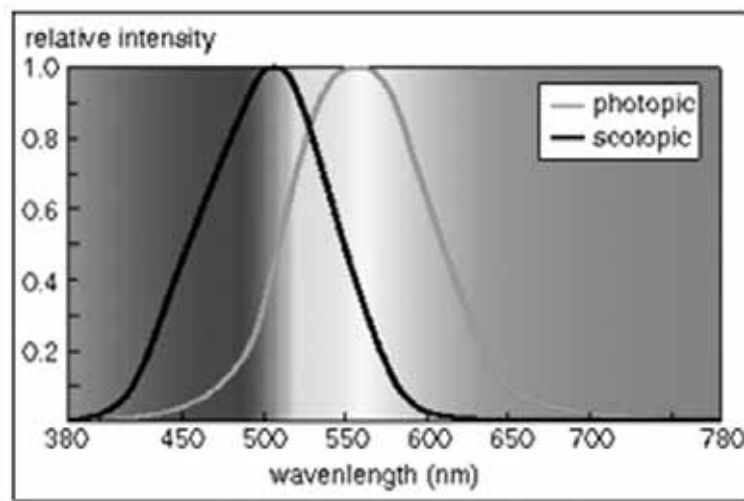


चित्र 3. पारंपरिक बल्ब का पोलर डाईग्राम



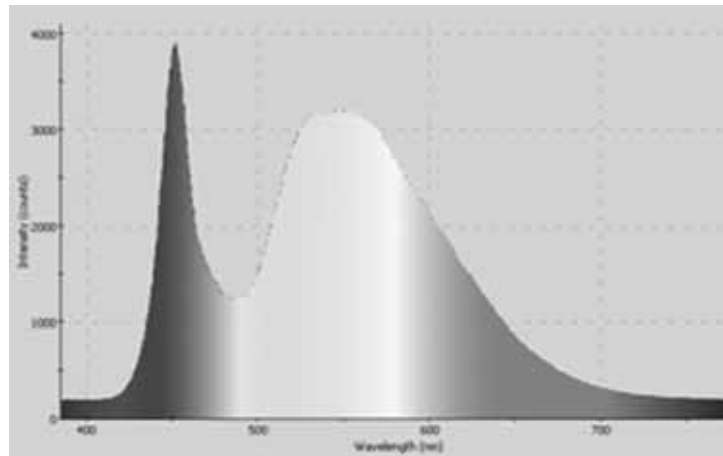
चित्र 4. एल.ई.डी. बल्ब का पोलर डाईग्राम

एल.ई.डी. से बने श्वेत प्रकाश स्रोतों एवम पारंपरिक प्रकाश स्रोतों से संबन्धित दूसरा सबसे महत्वपूर्ण पहलू उनका वर्णक्रम है। जैसा कि सर्वविदित है कि, फोटोपिक विजन (photopic vision) हमारी वह दृष्टि (vision) है जहाँ हमारी आँखें दिन के उजाले में स्पष्ट देख पाती है, हमारी आँखों में उपस्थित कोन (cone) इस कार्य को अंजाम देते हैं। फोटोमेट्री में इसकी रेंज तरंगदैर्घ्य  $\lambda = 380 \text{ nm}$  से  $780 \text{ nm}$  तक आँकी जाती है (देखें चित्र 5)। वहीं रात में हमारी आँखें स्कोटोपिक विजन (scotopic vision) में कार्य करती है, जहाँ आँखों में उपस्थित रोड्स (rods) सक्रिय हो जाते हैं। स्कोटोपिक विजन के लिए रेंज  $\lambda = 400 \text{ nm}$  से  $780 \text{ nm}$  तक मानी जाती है (चित्र 5) चित्र 6 में श्वेत प्रकाश एल.ई.डी का वर्णक्रम दिया गया है। चित्र 5 व चित्र 6 की तुलना से यह स्पष्ट हो जाता है कि श्वेत एल.ई.डी. नीले रंग में ज्यादा संवेदनशील है, इसके वर्णक्रम में तीक्ष्ण शिखर (sharp peak) है जिसे ब्लू ग्लेयर (blue glare) भी कहते हैं जो हमारी आँखों के लिए सामान्य नहीं है। और तकनीकी भाषा में कहें तो एल.ई.डी. से बने श्वेत प्रकाश स्रोतों का वर्णक्रम पूर्ण रूप से  $V(\lambda)$  वर्णक्रम के समानान्तर नहीं होता जो कि फोटोमेट्री का सर्वमान्य मानक है।



चित्र 5.  $V(\lambda)$  वर्णक्रम (स्रोत इंटरनेट)





चित्र 6 श्वेत प्रकाश एल.ई.डी. का वर्णक्रम (स्रोत इंटरनेट)

### 3. निष्कर्ष

एल.ई.डी. बने श्वेत प्रकाश स्रोतों को निरन्तर बढ़ावा मिलता जा रहा है। इनकी दक्षता (lm/W) व लंबी आयु की वजह से निश्चय ही ये प्रकाश स्रोत भविष्य के प्रकाश स्रोतों के रूप में अपनी जगह बना लेंगे। एल.ई.डी. से बने प्रकाश स्रोतों की राह में जो भी चुनौतियाँ हैं, वो भविष्य में दूर हो जाएँगी। ऐसी प्रबल संभावना है कि भविष्य में इस क्षेत्र के अनुसंधान संभवतया इन चुनौतियों के पार आकर इन प्रकाश स्रोतों को और भी दक्ष बना पाएँगे।

### सन्दर्भ

1. वाई. ओहनो, ऑप्टिकल मेट्रोलोजी फॉर LEDs एंड सॉलिड स्टेट लाइटिंग, प्रोसे, ऑफ, SPIE पेज सं. 6046 (2006).
2. CIE 127:1997, मेजरमेंट्स ऑफ LEDs,"

# एल.ई.डी. के रंग तापमान एवं रंग निर्देशकों का मापन

रजत कुमार मुखर्जी, सुदामा, नवल मंचलवार एवं भरत कुमार यादव  
प्रकाशीय विकीरण मानक

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail : rmukherjee0@gmail.com)

## सारांश

वर्तमान अनुसंधानों ने एल.ई.डी. (LEDs) के क्षेत्र में हुए विकास को नए आयाम दे दिये हैं। ऐसा अनुमान लगाया जा रहा है कि भविष्य में एल.ई.डी. स्रोतों से ही संसार प्रकाशमान होगा। इनके मापदण्डों का मापन व निर्धारण बहुत महत्वपूर्ण हो चुका है। फोटोमेट्री के अन्य मापदण्डों की तरह एल.ई.डी. का रंग तापमान (colour temperature) और रंग निर्देशांकों (colour coordinates) का मापन अहम भूमिका रखता है। हमारे दैनिक जीवन पर रंगों का गहरा असर देखा जा सकता है। प्रकाश के रंग हमारे जीवन के हर पहलू को छूते हैं। एल.ई.डी. से बने प्रकाश स्रोत पारंपरिक प्रकाश स्रोतों के थोड़े भिन्न होते हैं, इनसे प्राप्त प्रकाश के रंगों, ताप रंगों व निर्देशांकों से संबंधित अच्छे-बुरे पहलुओं का विश्लेषण इन नए प्रकाश स्रोत के प्रति जागरूकता के लिए अनिवार्य हो जाता है। प्रस्तुत पत्र में हम इन्हीं विषयों पर चर्चा करेंगे।

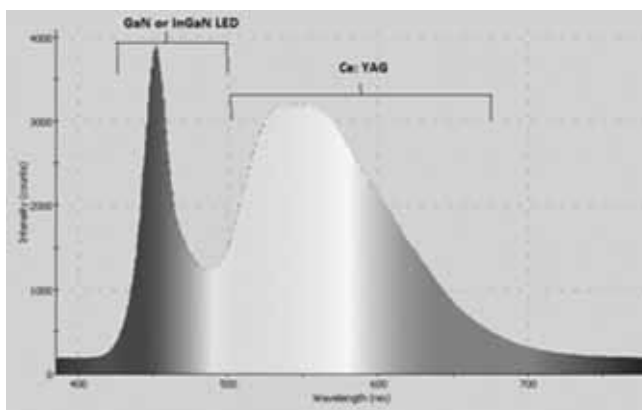
## 1. प्रस्तावना

ऊर्जा की कम खपत व लंबी उम्र ने एल.ई.डी. को वैज्ञानिकों का एक लोकप्रिय विषय बनाया दिया है। हाल ही में इनका व इनसे निर्मित प्रकाश स्रोतों का तेजी से विकास हुआ है। वर्तमान अनुसंधानों<sup>[1]</sup> ने इसे भविष्य का प्रकाश स्रोत तो बना दिया पर साथ ही साथ कई समस्याओं को भी निमंत्रण दे दिया है। हमारी आंखों का इसके द्वारा प्रभावित होने कि भी संभावना है, विशेषतः श्वेत एल.ई.डी. में नीले प्रकाश के समावेश के कारण इससे होने वाली हानि को नजर अंदाज नहीं किया जा सकता। इन समस्याओं पर अनुसंधान के लिए एल.ई.डी. के रंग तापमान (colour temperature) एवं रंग निर्देशांकों (colour coordinates) का मापन, निर्धारण व विश्लेषण विशेष महत्व रखता है। व्यापारिक क्षेत्रों की मांग को देखते हुए एल.ई.डी. के इन फोटोमेट्रिक मापदण्डों (photometric parameters) का मापन व निर्धारण तथा अनुसंधान हमारे अनुभाग में भी किया जा रहा है। इस पत्र में इन मापदण्डों व इनसे जुड़ी कुछ संभावित समस्याओं पर विस्तार से विश्लेषण किया गया है।

## 2.

चित्र 1 में श्वेत एल.ई.डी. की प्रकाश तीव्रता (intensity) का वर्णक्रम दर्शाया गया है। इससे यह साफ पता चलता है कि इन प्रकाश स्रोतों में नीले रंग का प्रभाव ज्यादा है। वर्णक्रम में नीले रंग के क्षेत्र में तीक्ष्ण शिखर (sharp peak) इस बात की प्रतीक है, इसे ब्लू ग्लेयर (blue glare) के नाम से जाना जाता है। इसका हमारी आंखों व त्वचा पर कितना और कैसा प्रभाव पड़ सकता है यह एक गहन अनुसंधान का विषय है। एल.ई.डी. से प्राप्त प्रकाश के इस असुरक्षित अवयव का हमारी नाजुक कोशिकाओं पर पड़ने वाले प्रभाव

को नजर अंदाज नहीं किया जा सकता। इन प्रकाश स्रोतों के परिक्षण व मापन दर्शाते हैं कि इनका वर्णक्रम पारंपरिक प्रकाश स्रोतों के वर्णक्रम जैसे नहीं होता, इस भिन्नता के कारण इनके ताप रंग व रंग निर्देशांकों का बारीकी के साथ गहन विश्लेषण और भी ज्यादा आवश्यक हो जाता है। व्यवसायिक व घरेलू उपयोग में इन प्रकाश स्रोतों का प्रचलन लगातार बढ़ता जा रहा है। उदाहरण के लिए चित्र 2 में एल.ई.डी. से बना बल्ब प्रदर्शित किया गया है। यह प्रकाश स्रोत उच्च क्षमता वाली एल.ई.डी. विशेष प्रकार का डिफ्यूजर (diffuser) एवम् हीट सिंक का सुव्यवस्थित योग हैं। डिफ्यूजर न केवल प्रकाश में समरूप लाता हैं बल्कि उनमें उपस्थित नीले प्रकाश के प्रभाव को भी कुछ हद तक कम कर देता है। इस प्रकार के प्रकाश स्रोतों के फोटोमेट्रिक मापदण्डों का मापन की प्रक्रिया में बदलावों की आवश्यकता अनिवार्य हो जाती है।



चित्र 1. एल.ई.डी. का वर्णक्रम (स्रोत इंटरनेट)

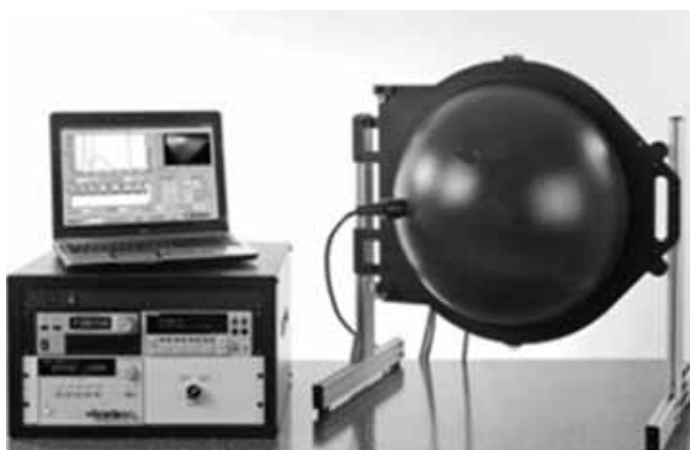


चित्र 2. श्वेत एल.ई.डी. बल्ब

साधारणतया एल.ई.डी. का प्रकाश एक दिशाधारी (unidirectional) होता है जो की इनके फोटोमेट्रिक मापदण्डों के मापन की प्रक्रिया को विशेषीकृत बनाता है। चित्र 3 में पारंपरिक प्रकाश स्रोतों की मापन की व्यवस्था व चित्र 4 में एकल एल.ई.डी. के मापन की व्यवस्था को दर्शाया गया है। दोनों ही व्यवस्थाएँ मापन की प्रतिस्थापन विधि (substitution method) पर आधारित हैं। यहाँ मापन विधियों का वर्णन पत्र के विषय क्षेत्र से बाहर है, यहाँ हमारा उद्देश्य एल.ई.डी. से संबन्धित ताप रंग व रंग निर्देशांकों के निर्धारण में समाहित विशेष बिन्दुओं पर प्रकाश डालना है।



चित्र 3. तापरंग एवम् रंग निर्देशांकों के मापन व निर्धारण की व्यवस्था

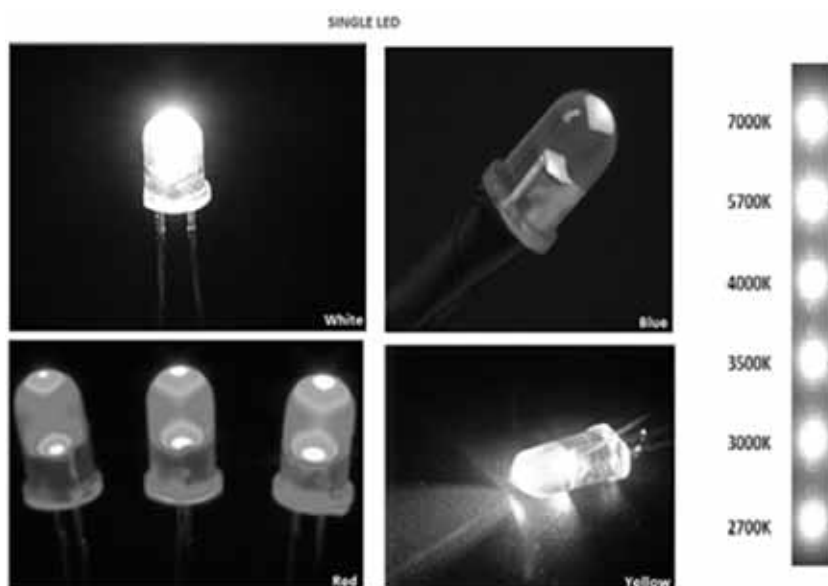


चित्र 4. एकल एल.ई.डी. के तापरंग एवं रंग निर्देशांकों के मापन व निर्धारण की व्यवस्था

इनके मापन में विशेष बात यह है कि इनके मापन की अनिश्चितता (measurement uncertainty) का परिमाण आम प्रकाश स्रोतों के मापन की अनिश्चितता से ज्यादा पाया जाता है। ऐसे पाया गया है कि इसके विद्युतीय (electrical) एवम प्रकाशीय (photometric) मापदण्ड परिवेशीय तापमान के प्रति संवेदनशील होते हैं इसी कारण इनमें मापन की अनिश्चितता बढ़ जाती है। इसके अलावा इनके विभिन्न रंगों और प्रकारों ने इनके फोटोमेट्रिक मापदण्डों के मापन को और भी जटिल बना दिया है। वैसे भी ताप रंग व रंग निर्देशांकों के मापन के दौरान पाई जाने वाली मापन अनिश्चितता का निर्धारण अपने आप में एक चुनौती है। एल.ई.डी की विशेष बनावट व इनके एक दिशा में प्रकाश के उत्सर्जन ने इन जटिलताओं को और बढ़ा दिया है।

3.

चित्र 5 में अलग-अलग रंग तापमानों वाली एकल (single) एल.ई.डी. को दर्शाया गया है तथा सूची-1 में उनकी मापा गया रंग तापमान प्रस्तुत किया गया है।

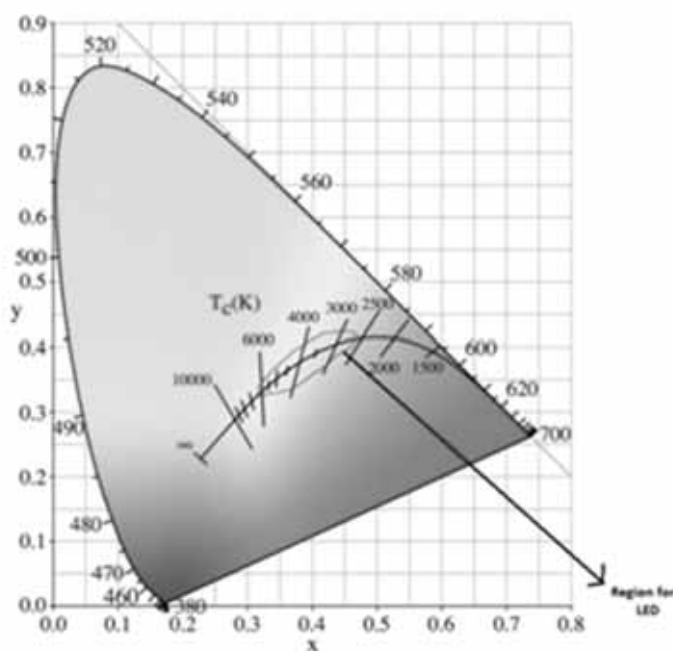


चित्र 5. विभिन्न रंग की एल.ई.डी. (स्रोत इंटरनेट)

सूची-1 (स्रोत इंटरनेट)

Type of LED	Color Temperature	Chromaticity Co-ordinates
Warm White	2700K - 3000 K	$x = 0.436$ to $0.454$ $y = 0.406$ to $0.410$
Bright White	3000 K - 4500 K	$x = 0.362$ to $0.436$ $y = 0.371$ to $0.406$
Day light White	4500 K - 6500 K	$x = 0.313$ to $0.362$ $y = 0.329$ to $0.371$
Bluish White	6500 K - 7000 K	$x = 0.305$ to $0.313$ $y = 0.322$ to $0.329$

भिन्न रंगों की एल.ई.डी. विभिन्न प्रकार के उपकरणों व सजावट के लिए प्रयोग में लाई जाती हैं। तुलना करें तो हम देख सकते हैं कि पीले रंग के प्रकाश (warm light) के लिए साधारणतया कम में आने वाले जी. एल.एस. बल्ब का ताप रंग = 2856 K व रंग निर्देशांक  $x = 0.452$  तथा  $y = 0.405$  होते हैं, यहाँ रंग निर्देशांक “y” का मान एल.ई.डी. के प्रकरण में सूची-1 में प्रदर्शित सीमा से थोड़ा कम है। यदि हम दिन के प्रकाश (day light white) का संदर्भ देखें तो सी.एफ.एल. (CFL) का ताप रंग = 6500 K व रंग निर्देशांक  $x = 0.304 - 0.315$  तथा  $y = 0.329 - 0.345$  व इसी ताप रंग (6500 K) पर टी.एफ.एल. (TFL) के रंग निर्देशांक  $x = 0.308 - 0.315$  तथा  $y = 0.335 - 0.342$  पाए जाते हैं। इन आंकड़ों से रंग निर्देशांकों में अंतर साफ देखा जा सकता है, पहली नजर में ये अंतर कम प्रतीत होता है मगर मापन के क्षेत्र में रंग निर्देशांकों के मापन की अनिश्चितता केवल 0.002 K होती है इसलिए रंग निर्देशांकों में ये थोड़ा अंतर भी महत्वपूर्ण हो जाता है। रंग निर्देशांकों के अस्तित्व को टंग डाइग्राम (चित्र 6) से भलीभाँति समझा जा सकता है।



चित्र 6. एल.ई.डी. के लिए टंग डाइग्राम (स्रोत इंटरनेट)

#### 4. निष्कर्ष

एल.ई.डी. हमारे जीवन का अभिन्न अंग बन चुकी हैं, अन्य तकनीकी विकासों के अच्छे-बुरे प्रभावों के विश्लेषण की भाँति इनके मापन मानव जीवन पर असर को भी समझना व परखना जरूरी है । यह पत्र इस दिशा में एक प्रयास है ।

#### संदर्भ

1. वाई. ओहनो, ऑप्टिकल मेट्रोलोजी फार LEDs एंड सॉलिड स्टेट लाइटिंग, प्रोसे, ऑफ SPIE, पेज सं. 6046 (2006).
2. CIE 127:1997, मेजरमेंट्स ऑफ LEDs,”

# राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में गैस प्रवाह अंशांकन मानक की स्थापना

चतर सिंह, ईश्वर सिंह टाक एवं शिव कुमार जायसवाल

तरल बहाव मापन मानक

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail: chauhancs@nplindia.org)

## सारांश

राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला के तरल बहाव प्रयोगशाला में गैस प्रवाह अंशांकन प्रणाली की स्थापना की गई है। इसकी विस्तारित प्रवाह परास 10 sccm (standard cubic centimeter per minute) से लेकर 1000 slm (standard liter per minute) पर  $\pm 0.2\%$  है जोकि व्यापक कारक  $k=2$  पर आधारित है। प्रस्तुत शोध पत्र में इस प्रणाली के विभिन्न भागों का वर्णन किया गया है तथा इसके द्वारा मास फ्लो कंट्रोलर का अंशांकन केस अध्ययन के रूप में दर्शाया गया है। मापन में अनिश्चितता का आंकलन ISO 'GUM' दस्तावेज के अनुसार किया गया है।

## 1. प्रस्तावना

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला (एन.पी.एल.) भारत का राष्ट्रीय मापिकी संस्थान (NMI) है। यह राष्ट्रीय मानकों के भौतिक मापदण्ड का धरोहरकर्ता है। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला के तरल प्रवाह मापन मानक समूह का उद्देश्य तरल प्रवाह के प्राथमिक एवं द्वितीय मानकों की स्थापना, अनुरक्षण एवं उन्नयन करना है तथा देश के विभिन्न उपयोगकर्ताओं को अनुमार्गणीय अंशांकन सेवा प्रदान करना है। समूह के पास घरेलू पानी के मीटरों का परीक्षण IS 779, IS 6784 एवं ISO-4064 के अनुसार करने के लिए पानी के मीटरों की परीक्षण सुविधा उपलब्ध है, जिसके द्वारा 15 मि.मी. से लेकर 50 मि.मी. तक के पानी के मीटरों का परीक्षण किया जाता है। अभी हाल ही में समूह ने स्वदेशी रूप से एक पानी प्रवाह अंशांकन सुविधा की स्थापना की है जोकि ISO 4185 के अनुसार अधिकल्पित एवं विकसित की गई है। इस सुविधा के द्वारा उच्च यथार्थता के पानी के मीटरों का अंशांकन 15 मि.मी. से लेकर 100 मि.मी. तक किया जा सकता है। यह सुविधा वजन विधि पर आधारित है।

राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला के आंतरिक उपयोगकर्ताओं (जैसे रासायनिक मापिकी विभाग, सोलर फोटोवोल्टेइक समूह, रेडियो एवं वायुमण्डलीय विज्ञान विभाग) एवं बहिर्गत उपयोगकर्ताओं जैसे प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड, फार्मास्यूटिकल प्रयोगशाला, अनुसंधान एवं विकास प्रयोगशाला तथा एन.ए.बी.एल. प्रत्यानयित प्रयोगशालाओं की जरूरतों को ध्यान में रखते हुए राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला के तरल बहाव प्रयोगशाला में गैस प्रवाह अंशांकन प्रणाली की स्थापना की गई है। इसकी प्रवाह परास 10 sccm से लेकर 1000 slm तक है तथा इसकी विस्तारित अनिश्चितता  $k = 2$  पर  $\pm 0.2\%$  है। यह प्रणाली बहुगैस अंशांकन को समर्थित करता है। इसके द्वारा विभिन्न प्रकार के उपकरणों जैसे मास फ्लो कंट्रोलर, मास फ्लो मीटर, रोटामीटर, टोटलाइजर टाइप मीटर्स, परिशुद्धता लेमिनर एवं सोनिक फ्लो मीटर इत्यादि का अंशांकन किया जा सकता है। प्रस्तुत शोध पत्र में इस प्रणाली के विभिन्न भागों का वर्णन

किया गया है तथा इसके द्वारा मास फ्लो कंट्रोलरों का अंशांकन केस अध्ययन के रूप में दर्शाया गया है। मापन में अनिश्चितता का आंकलन ISO 'GUM' दस्तावेज के अनुसार किया गया है।

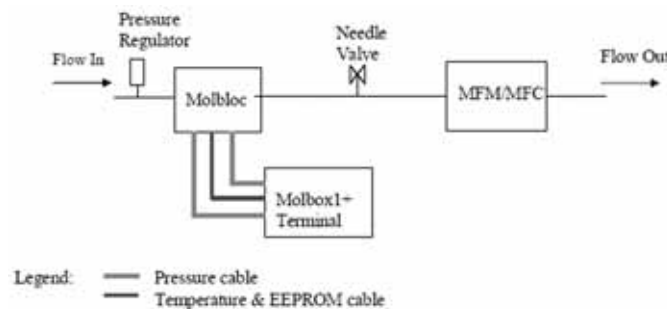
## 2. गैस प्रवाह अंशांकन प्रणाली का संक्षिप्त विवरण

इस प्रणाली में अनिवार्य रूप से लेमिनर प्रवाह तत्व, सोनिक प्रवाह तत्व, मास फ्लो टर्मिनल और मोलस्टिक के साथ वायुमंडलीय दाब मॉनिटर और डिजिटल थर्मामीटर (PT-100 सेंसर के साथ सूचक) शामिल हैं। इस प्रणाली में 100 sccm, 1 slm, 10 slm और 30 slm के लेमिनर प्रवाह तत्व हैं जो कि 10 sccm से लेकर 50 slm के प्रवाह दर को कवर करता है तथा 100 kPaa से लेकर 525 kPaa दबाव पर काम करता है। इस प्रणाली में 200 sccm/kPaa और 2 slm/kPaa के सोनिक प्रवाह तत्व हैं जो कि 10 slm से लेकर 1000 slm के प्रवाह दर को कवर करता है तथा 50 kPaa से लेकर 525 kPaa दबाव पर काम करता है। सोनिक प्रवाह तत्व के पूर्ण पैमाने के 30% से कम प्रवाह दर को प्राप्त करने के लिए निर्वात पंप का प्रयोग किया जाता है। लेमिनर और सोनिक प्रवाह तत्वों को फ्लूक की शब्दावली में मोलब्लॉक कहा जाता है। प्रत्येक मोलब्लॉक में एक PT-100 सेंसर और एक EEPROM चिप होता है। EEPROM चिप विभिन्न प्रकार की जानकारी जैसे कि प्रवाह दर, अंशांकन के प्रकार, अंशांकन गुणांक आदि को संचित करता है। मास फ्लो टर्मिनल एक उच्च परिशुद्ध प्रदर्शन युक्ति है जिसमें लेमिनर और सोनिक प्रवाह तत्वों के अपस्ट्रीम और डाउनस्ट्रीम दाब को पढ़ने के लिए दो नग उच्च परिशुद्ध निरपेक्ष दबाव सेंसर (संदर्भ दबाव ट्रांसड्यूसर) होते हैं। मास फ्लो टर्मिनल में गैस तापमान की माप के लिए एक PT-100 सेंसर सूचक होता है। मास फ्लो टर्मिनल अनिवार्य रूप से एक प्रवाह कंप्यूटर है जो कि प्रवाह दर को विभिन्न यूनिटों (इकाइयों) जैसे sccm, slm, ulm, vlm, vccm, mg/s इत्यादि में प्रदर्शित करता है। इस टर्मिनल में रिसाव परीक्षण और अत्यधिक दबाव से सुरक्षा की सुविधा है।

## 3. अंशांकन सेट-अप और विधि

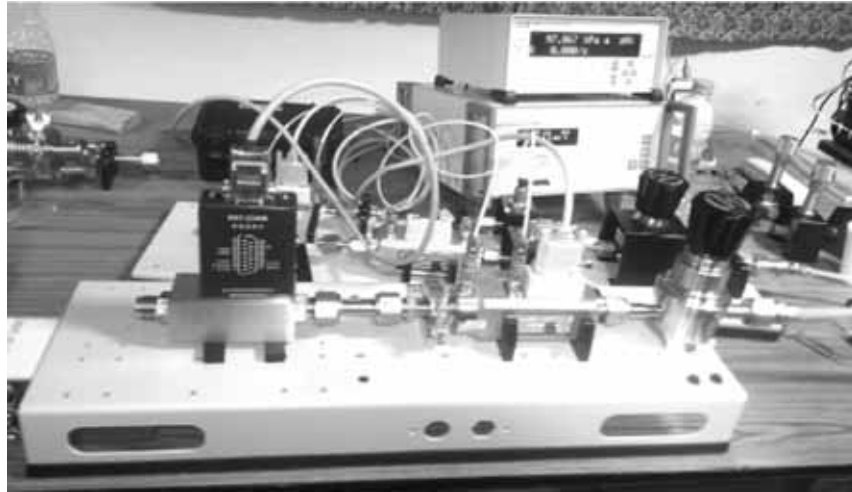
चित्र 1 मास फ्लो कंट्रोलर के मोलब्लॉक द्वारा अंशांकन का योजनाबद्ध आरेख दिखाता है जबकि चित्र 2 इस अंशांकन का योजनाबद्ध आरेख दिखाता है अंशांकन में तुलना विधि का प्रयोग किया जाता है जहां मानक मीटर द्वारा पढ़े गये प्रवाह ( $Q_{STD}$ ) की तुलना MUC द्वारा पढ़े गये प्रवाह ( $Q_{MUC}$ ) के मीटर से की जाती है। की त्रुटि (e) निम्नलिखित सूत्र द्वारा की जाती है।

$$\% \text{ Error } (\% e) = \frac{Q_{MUC} - Q_{STD}}{Q_{MUC}} \times 100 \quad (1)$$



चित्र 1 : मास फ्लो कंट्रोलर के मोलब्लॉक द्वारा अंशांकन का योजनाबद्ध आरेख





चित्र 2 : मास फ्लो कंट्रोलर के मोलब्लॉक द्वारा अंशांकन का फोटोग्राफ

#### 4. अनिश्चितता विश्लेषण (Uncertainty Analysis) और परिणाम (Results)

4.1. गणितीय मॉडल (Mathematical Model) और अनिश्चितता समीकरण (Uncertainty Equation)  
मास फ्लो कंट्रोलर के अंशांकन का गणितीय मॉडल नीचे दिया गया है :

$$e = [Q_{MUC} + \delta Q_A + \delta Q_R + \delta Q_{ZD}] - [Q_{STD} + \delta Q_{STD}] \quad (2)$$

जहाँ :

$e$  = मापन की त्रुटि (निरपेक्ष इकाई)

$Q_{MUC}$  = अंशांकन के तहत मीटर (MUC) से द्रव्यमान प्रवाह (निरपेक्ष इकाई)

$\delta Q_A$  = MUC की माप में पुनरावृत्ति के कारण त्रुटि (निरपेक्ष इकाई)

$\delta Q_R$  = MUC के अल्पतम गणना के कारण त्रुटि योगदान (निरपेक्ष इकाई)

$\delta Q_{ZD}$  = MUC के शून्य ड्रिफ्ट के कारण त्रुटि योगदान (निरपेक्ष इकाई)

$Q_{STD}$  = मानक मीटर से द्रव्यमान प्रवाह (निरपेक्ष इकाई)

$\delta Q_{STD}$  = मानक मीटर से त्रुटि योगदान (निरपेक्ष इकाई)

संयुक्त अनिश्चितता (combine uncertainty)  $u_c$  समीकरण को इस रूप में प्रदर्शित किया जाता है :  $u_c^2 = (c_1 u_1)^2 + (c_2 u_2)^2 + (c_3 u_3)^2 + (c_4 u_4)^2$

जहाँ :

$u_1(\delta Q_A)$  = MUC की माप में पुनरावृत्ति के कारण अनिश्चितता

$u_2(\delta Q_R)$  = MUC की माप में अल्पतम गणना के कारण अनिश्चितता

$u_3(\delta Q_{ZD})$  = MUC के शून्य ड्रिफ्ट के कारण अनिश्चितता

$u_4(\delta Q_{STD})$  = मानक मीटर के अंशांकन से अनिश्चितता

और  $c_1, c_2, c_3$  तथा  $c_4$  अनुरूप संवेदनशील गुणांक हैं।

संवेदनशीलता गुणांकों (Sensitivity coefficients) का मान नीचे दिया गया है :

$$c_1 = \frac{\partial e}{\partial \delta Q_A} = 1, c_2 = \frac{\partial e}{\partial \delta Q_R}, c_3 = \frac{\partial e}{\partial \delta Q_{ZD}} \text{ और } c_4 = \frac{\partial e}{\partial \delta Q_{STD}} = 1$$

विस्तारित अनिश्चितता (expanded uncertainty)  $U$  की गणना निम्नलिखित समीकरण से की जाती है :

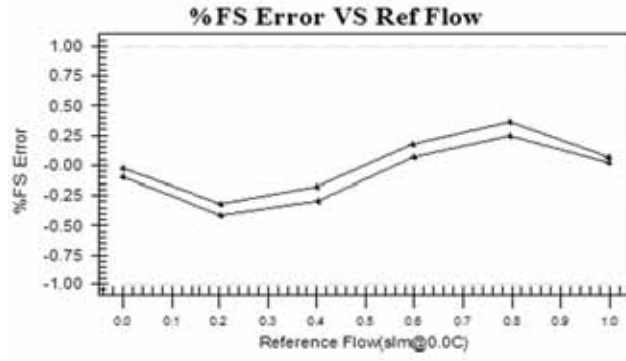
$$U = k \times u_c \quad (4)$$

तालिका 1 में मास फ्लो कंट्रोलर के विभिन्न प्रवाह दर पर अंशांकन का डेटा दिखाया गया है जोकि बढ़ते और घटते प्रवाह दर पर COMPASS सॉफ्टवेयर से लिया गया है। चित्र 3 इस मास फ्लो कंट्रोलर के लिए संदर्भ प्रवाह के खिलाफ पूर्ण पैमाने पर त्रुटि का प्लॉट दर्शाता है। तालिका 2 में मास फ्लो कंट्रोलर के 1 slm प्रवाह दर पर अंशांकन का डेटा दिखाया गया है। टाइप ए अनिश्चितता का आकलन 6 रीडिंग से किया जाता है। तालिका 3 मास फ्लो कंट्रोलर के 1 slm प्रवाह दर पर अंशांकन का अनिश्चितता बजट दर्शाता है।

तालिका 1 : मास फ्लो कंट्रोलर के विभिन्न प्रवाह दर पर अंशांकन का डेटा

MUC		Reference	
Manufacturer	Seven star	Manufacturer	DH Instruments
Model	D07-19B	Model	Molbox1+
SN	0N19B1044	SN	2236
ID	NPL Flow Lab	ID	NPL Flow Lab
Flow Range	0.000 to 1.000 slm@0.0C	Range	(A) 1.0 slm N2/DOWN default
Output Range	0.000 to 5.000 V	molblocs SN	6690
Tolerance	1% Span		

Ref Flow (slm@0.0C)	MUC Flow (slm@0.0C)	% FS Error
0.0000	0.000	-0.021
0.2015	0.198	-0.324
0.4000	0.398	-0.179
0.7945	0.798	0.359
0.9970	0.998	0.068
0.9975	0.998	0.025
0.7955	0.798	0.247
0.5979	0.599	0.066
0.4012	0.398	0.292
0.2026	0.198	0.415
0.0000	0.001	0.091



चित्र 3 : 1 slm मास फ्लो कंट्रोलर के लिए संदर्भ प्रवाह के खिलाफ पूर्ण पैमाने पर त्रुटि का प्लॉट

तालिका 2 : मास फ्लो कंट्रोलर के 1 slm प्रवाह दर पर अंशांकन का डेटा

Observation No.	Ref. Flow slm	MUC Flow slm	Error (MUC-STD) slm	Error %
1.	0.9960	0.998	0.0020	0.178
2.	0.9965	0.998	0.0015	0.102
3.	0.9970	0.998	0.0010	0.068
4.	0.9975	0.998	0.0005	0.025
5.	0.9970	0.998	0.0010	0.081
6.	0.9973	0.998	0.0007	0.083

तालिका 3 : मास फ्लो कंट्रोलर का 1 slm प्रवाह दर पर अंशांकन का अनिश्चितता बजट

अनिश्चितता के स्रोत $x_i$	आकलन $x_i$	सीमाएं $\pm \Delta x_i$	प्रायिकता वितरण	मानक अनिश्चितता $\pm u_i$	संवेदनशीलता गुणांक $c_i$	अनिश्चितता योगदान $u_i(y) = c_i u_i$	स्वतंत्रता की डिग्री $v_i$
पुनरावृत्ति ( $\delta Q_A$ )	0.998 slm	—	Normal, Type A	0.0003 slm	1	0.0003 slm	5
अल्पतम गणना ( $\delta Q_R$ )	0.001 slm	0.0005 slm	Rectangular, Type B	0.00029 slm	1	0.00029 slm	$\infty$
शून्य ड्रिफ्ट ( $\delta Q_{ZD}$ )	0 slm	0 slm	Rectangular, Type B	0 slm	1	0 slm	$\infty$
मानक मीटर	0.9969 slm	0.002 slm	Normal, Type B	0.001 slm	1	0.001 slm	$\infty$
त्रुटि ( $e$ )	0.0895 slm						
संयुक्त अनिश्चितता ( $u_c(e)$ )						0.001084 slm	850.93
विस्तारित अनिश्चितता $U(e)$	व्यक्ति कारक $k=2$ पर					0.0021 slm	850.93
सापेक्ष विस्तारित अनिश्चितता	व्यक्ति कारक $k=2$ पर					0.21%	850.93

## 5. निष्कर्ष

इस शोध पत्र में गैस प्रवाह अंशांकन प्रणाली के विभिन्न भागों का वर्णन किया गया है तथा इसके द्वारा मास फ्लो कंट्रोलर का अंशांकन केस अध्ययन के रूप में दर्शाया गया है, मापन में अनिश्चितता का आंकलन ISO 'GUM' दस्तावेज के अनुसार किया गया। 1 slm प्रवाह दर पर मास फ्लो कंट्रोलर की विस्तारित अनिश्चितता व्याप्ति कारक  $k=2$  पर  $\pm 0.21\%$  है।

## संदर्भ

1. मोलब्लॉक और मास फ्लो टर्मिनल के लिए उपयोगकर्ता मैनुअल
2. आईएसओ, “मापन में अनिश्चितता की अभिव्यक्ति के लिए गाइड”, 1993।

# भारत में प्राकृतिक गैस का भविष्य, मांग पूर्वानुमान - एक केस अध्ययन

कुलदीप कुमार त्यागी

आर.एम.जी. आटोमीटर्स गैस टेक्नोलॉजीज लिमिटेड, बी-15, सेक्टर 80, नोएडा 201305, उत्तर प्रदेश

(e-mail: chauhancs@nplindia.org)

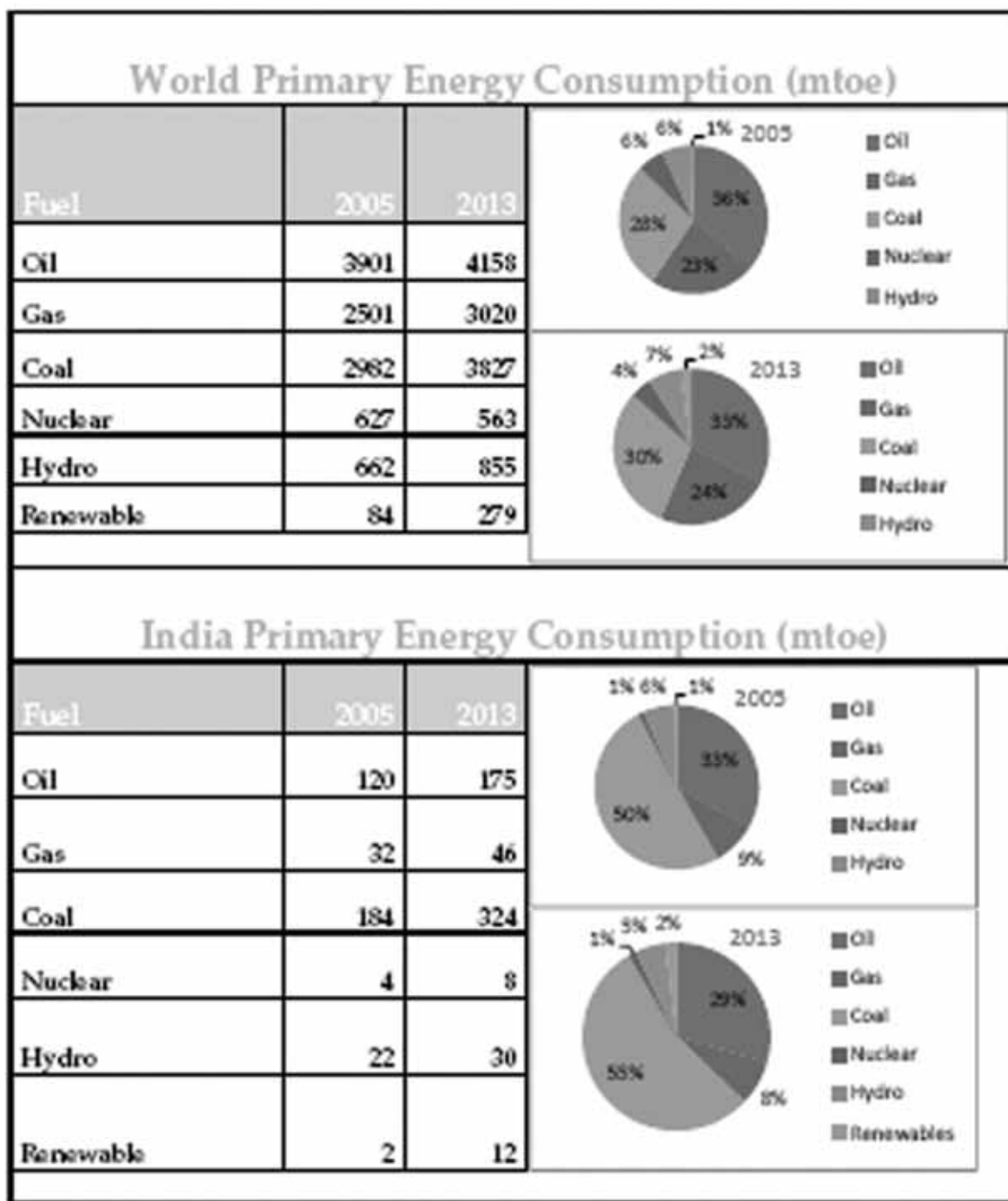
## सारांश

- भारत, चीन, संयुक्त राज्य अमेरिका और रूस के बाद दुनिया में चौथी सबसे बड़ा ऊर्जा उपभोक्ता है, और उल्लेखनीय जीवाश्म ईंधन संसाधनों होने के बावजूद, देश ऊर्जा आयात पर निर्भर है।
- कोयला, भारत में ऊर्जा का प्राथमिक स्रोत है। दुनिया में भारत पांचवी सबसे बड़ी कोयले के भंडार है, तथा उत्पादन और खपत दोनों के मामले में भारत तीसरा सबसे बड़ा स्थान पर है, 2014 में कोयले चालित संयंत्रों की बिजली उत्पादन क्षमता गीगावाट 250 है।
- भारत 2013 में संयुक्त राज्य अमेरिका, चीन और जापान के बाद दुनिया में कच्चे तेल और पेट्रोलियम उत्पादों की चौथी सबसे बड़ी उपभोक्ता है। देश ज्यादातर मध्य पूर्व से आयातित कच्चे तेल पर काफी निर्भर करता है।
- भारत में ज्यादातर 2014 में साबित तेल भंडार, देश के पश्चिमी हिस्से में 5.7 करीब बैरल है।
- भारत में गैस के ज्यादातर भंडार Offshore स्थित है, 2014 के प्रारंभ में प्राकृतिक गैस के भंडार 47 खरब घन फुट है।
- भारत 15<sup>th</sup> सबसे बड़ा गैस उपभोक्ता - 51 (-138 एसएमसीएमडी) है।
- भारत 4<sup>th</sup> सबसे बड़ा एलएनजी आयातक - 18 अरब घन मीटर (-48 एसएमसीएमडी) है।
- प्राकृतिक गैस, भारत में ज्यादातर बिजली उत्पादन और उर्वरक उत्पादन के लिए, विकल्प के रूप में कार्य करता है।
- भारतीय ऊर्जा में प्राकृतिक गैस का हिस्सा 2025 तक 9% से 20% करने के लिए घरेलू गैस उत्पादन के बावजूद आयातित गैस पर काफी वृद्धि की है 2004 तथा में कतर से तरलीकृत प्राकृतिक गैस का आयात करना शुरू किया तथा भारतीय कंपनियों को देश की बढ़ती प्राकृतिक गैस की मांग को पूरा करने के लिए नए re-gasification सुविधाओं में निवेश कर रही है।
- भारत सरकार ने वर्ष 2013 में प्राकृतिक गैस मूल्य निर्धारण के सुधारों के लिए शुरू किया, तथा सरकार अंतरराष्ट्रीय बाजार की कीमतों के अनुसार घरेलू गैस कीमतें तय करके गैस क्षेत्र के लिए एक नई मूल्य निर्धारण योजना को मंजूरी दे दी है।

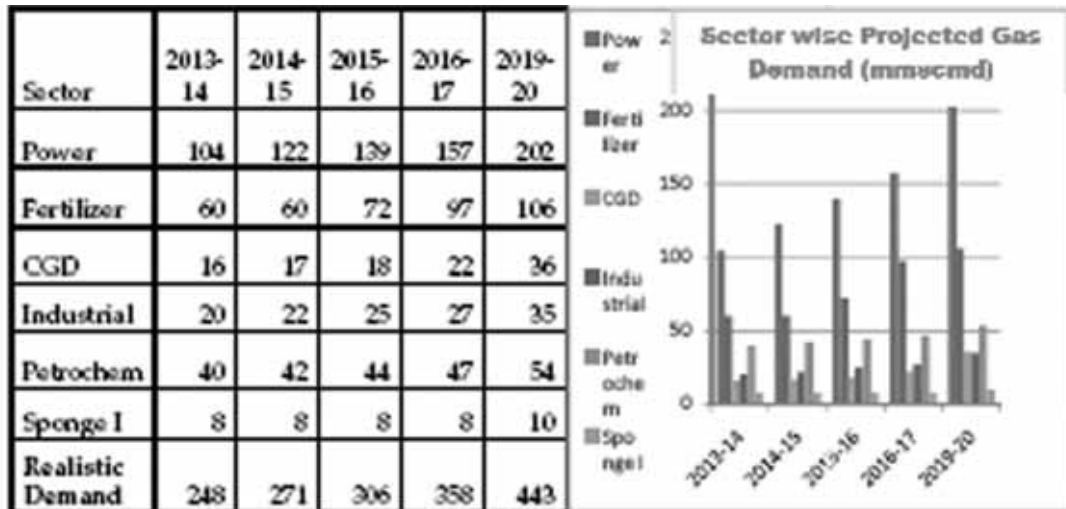
## 1. क्रिया विधि

डिमांड प्रोजेक्शन में मुख्य संदर्भ के रूप में योजना के दस्तावेज Vision-2030 का उपयोग किया गया है। 2021-22 के लिए, 2012-13 योजना के दस्तावेज में प्रदान की विभिन्न उपभोक्ता श्रेणियों के लिए संभावित

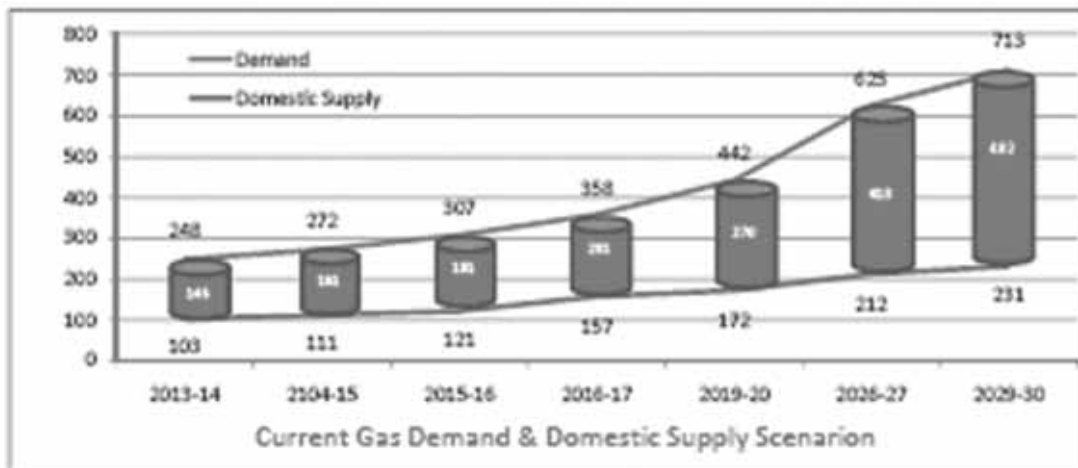
मांग के प्रक्षेपण का विश्लेषण किया और जहां आवश्यक है फिर परिष्कृत किया 13 वीं पंचवर्षीय योजना के अंत तक होने की संभावना मांग परिदृश्य तथा परिष्कृत अनुमानों और उद्योगों से विभिन्न वनतबम आदानों से निकाली गई मान्यताओं की मदद से 2029-30 तथा 2023-24 तक की मांग परियोजना का इस्तेमाल किया गया है। अनुमानि प्राकृतिक गैस की मांग खाते में अंतिम उपयोग, बुनियादी सुविधाओं की देरी जैसे कमीशन, नीति निर्देशों की कमी परियोजना विलंब सहित सीमित कारकों का ध्यान में रखा है तथा प्राकृतिक गैस की 'यथार्थवादी मांग' का प्रतिनिधित्व करता है।



### Sector Wise Projected Natural Gas Demand



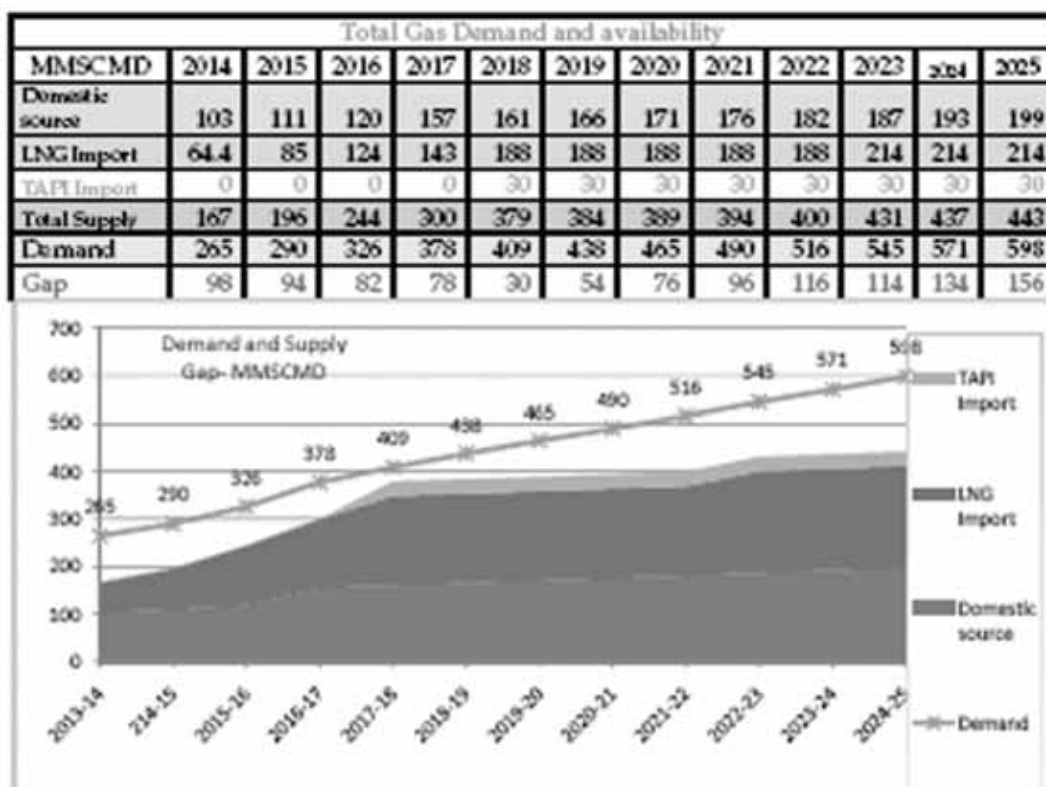
### Current Natural Gas Demand and Domestic Supply Scenario



So alternate solution ??? 1 Liquefied Natural Gas, 2. Cross Country Pipe line

India's LNG Import Scenario 2014-2025												
Facility	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Dabhol	10	10	10	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Hazira	3.7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Dabhol	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Kochi	1	2.5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Andhra	0	0	1.75	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Mundra	0	0	0	2.5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ennore	0	0	0	0	2.5	5	5	5	5	5	5	5
Gangavara	0	0	0	0	1.25	2.5	5	5	5	5	5	5
Total MTPA	16.7	19.5	27	36	42	46	48	49	49	49	49	49
MMSCMD @70% Eff	47	55	75	101	118	129	136	136	136	136	136	136





### Demand-Supply Gap %Reason and Focus Area

#### 2. नीतिगत मुद्दों (Policy Matter)

- गैस के कुशल उपयोग को सुक्ष्म करने से मुक्त बाजार मूल्य निर्धारण
- CCHP को बढ़ावा
- प्राकृतिक गैस के लिए इन्फ्रास्ट्रक्चर
- पाइपलाइन परियोजनाओं अनुमोदन प्रक्रिया को त्वरित
- सुधार और key sector कुंजी गैस आधारित खपत सेक्टरों
- दीर्घकालिन गैस हासिल करने पर ध्यान दें, आपूर्ति टाई अप

#### 3. विनियामक मुद्दे (Regulatory Matter)

- कानूनी और स्वामित्व नदक unbundling, परिवहन की गतिविधियों और प्राकृतिक गैस का विपणन
- प्राकृतिक गैस पाइपलाइनों के लिए बिडिंग दिशा निर्देशों और मापदंड सीजीडी और पाइपलाइनों के लिए
- पारदर्शी प्राथमिक और माध्यमिक व्यापार पाइपलाइन की स्थापना और की क्षमता के लिए वर्तमान बाजार से मूल्यांकन और “ जोनल Postalized ” टैरिफ वसूली
- गैस ग्रिड प्रबंधन की स्थापना, एक स्वतंत्र प्रणाली द्वारा चलाए ऑपरेटर
- भारत में तरल गैस के विकास और व्यापार को प्रोत्साहन
- मध्यम दबाव की क्षेत्रीय पाइपलाइनों का विकास



#### 4. निष्कर्ष (Conclusion)

इस मामले का अध्ययन भारत का परिदृश्य, एशिया और वैश्विक गैस बाजार में गैस की आपूर्ति और मांग के असंतुलन क्या स्थिति है, को प्रदर्शित करता है और विभिन्न कारकों का विश्लेषण, भारत में गैस की मांग एक बढ़ती हुई प्रवृत्ति को निरंतर अनुभव पता चलता है। ऊर्जा क्षेत्र में आवंटन और प्राकृतिक गैस के मूल्य निर्धारण में भारत सरकार की भारी भूमिका को power Generation और उर्वरक उत्पादन के रूप में राजनीतिक रूप से महत्वपूर्ण है, और गैस ऊर्जा को एक सस्ता स्रोत बनने के लिए सक्षम है। हालांकि, सरकार ने जाने-अनजाने में घरेलू प्राकृतिक गैस क्षेत्र को नियंत्रित करके, घरेलू उत्पादन और खपत बढ़ाने में constrained कर दिया है। नीतिगत, देश आने वाले वर्षों में पर निर्भर करेगा और एक प्रमुख एलएनजी आयातक बन जाने का अनुमान है।

इस मामले का अध्ययन एक निश्चित सीमा तक कुछ विशिष्ट परिस्थितियों में, भूराजनीति गैस की आपूर्ति सुनिश्चित करने के लिए एक विचार है। भारत नई आपूर्ति के लिए विदेश में भारत के राजनयिकों का उपयोग निर्यात सुनिश्चित करने के लिए करना होगा। विदेश में भारत की के मंत्रालय एलएनजी के निर्यात सुनिश्चित करने के क्रम में, संयुक्त राज्य अमेरिका, पूर्वी अफ्रीका, या रूसी एलएनजी की भी संभावित आपूर्ति से गैस के नए स्रोतों तक पहुंच, ईरान और तुर्कमेनिस्तान से पाइपलाइनों के लिए आर्थिक मामले की सक्रियता वर्तमान करना शामिल है।

गैस की आपूर्ति और मांग के असंतुलन से केन्द्र और राज्य सरकारों की बैलेंस शीट के लिए अरक्षणीय स्तर तक बढ़ता है, आवंटन और मूल्य निर्धारण की नीतियों अंततः एक और अधिक विश्वसनीय और सफल प्राकृतिक गैस बाजार में एक सकारात्मक भूमिका निभानी होगी जो सुधारों के द्वारा के होने के की संभावना है।

# रूबिडियम आवृत्ति मानक के लिए रूबिडियम अवशोषण सेल का विकास

आशीष अग्रवाल, जयेंता एस. थांगजम एवं ए. सेन गुप्ता  
काल एवं आवृत्ति मानक

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail: ashish@nplindia.org)

## सारांश

रूबिडियम (Rb) आवृत्ति मानक, कम वजन, छोटे आकार तथा कम बिजली की खपत के कारण द्वितीय मानक के रूप में उपयोग किए जाते हैं। इस आवृत्ति मानक से उत्पन्न आवृत्ति को नियंत्रित करने के लिए Rb-87 परमाणु, जो कि अवशोषण (absorption) सेल में बंद रहते हैं, के इलेक्ट्रॉन के निर्दिष्ट हाइपरफाइन संक्रमण (transition) का प्रयोग होता है। यह शोध पत्र Rb-अवशोषण सेल के तकनीकी विकास का वर्णन करता है। सेल में प्राकृतिक रूबिडियम, जिसमें 27.8% प्रतिशत Rb-87 समस्थानिक (isotope) तथा 72.2% प्रतिशत Rb-85 समस्थानिक होता है, और बफर गैस भरी जाती है। Rb-85 समस्थानिक आवृत्ति मानक के बल्ब से उत्सर्जित अवांछित प्रकाशीय आवृत्ति को फिल्टर कर देता है। बफर गैस रूबिडियम परमाणु में माइक्रोवेव ट्रांजिशन की चौड़ाई (linewidth) को कम कर देता है तथा इसका उपयोग Rb-परमाणु को सेल की दीवार पर शिथिलीकरण (relaxation) से बचाने के लिए करा जाता है। अगर Rb-परमाणु सेल की दीवारों से टकराता है तो आवृत्ति को शुद्धता से नहीं मापा जा सकता है। बफर गैस की उपस्थिति के कारण Rb-परमाणु लचीलेपन से (elastically) बफर गैस के अणुओं के साथ टकराते रहते हैं जिससे उनकी दीवार से टक्कर नहीं हो पाती है। हम नैन सेल में 99.995% शुद्धता की नाइट्रोजन बफर गैस 9.5 Torr पर भरी है।

यह शोध पत्र तकनीकी रूप से काँच के अवशोषण सेलों की बनावट एवं अति उच्च निर्वात प्रणाली, बफर गैस नियंत्रण तथा मापन पद्धति के बारे में जानकारी प्रदान करता है। साथ ही साथ Rb - परमाणु का सेल में स्थानांतरण एवं ताप ढाल (Temperature Gradient) के बारे में भी जानकारी प्रदान करता है। यह प्रौद्योगिकी अलग-अलग बफर गैसों और उनके दबाव के विकल्प के साथ एक काँच के सेल में किसी भी क्षार (alkali) धातु को भरने के लिए उपयुक्त है।

## 1. परिचय

हाल ही में भारत द्वारा रूबिडियम परमाणु घड़ियों युक्त तीन उपग्रहों, IRNSS-1 ए 1 बी और 1 सी, को अंतरिक्ष में स्थापित किया गया है। भारतीय क्षेत्रीय नौवहन उपग्रह प्रणाली (IRNSS) भारत में कुछ ही मीटर की और भारतीय क्षेत्र के आसपास 1500 km सीमा तक स्थिति शुद्धता प्रदान करने की एक क्षेत्रीय नेविगेशन उपग्रह प्रणाली है। रूबिडियम परमाणु घड़ी सभी ग्लोबल नेविगेशन सेटेलाइट सिस्टम (GNSS) का दिल है। भारतीय क्षेत्रीय नौवहन उपग्रह प्रणाली (IRNSS) के उपग्रहों पर भेजी जा रही रूबिडियम परमाणु घड़ी एक गिलास सेल में निहित रूबिडियम में संक्रमण (transition) का उपयोग करती है। परमाणु घड़ी की

संवेदनशीलता और नौवहन (Navigational) प्रणाली की क्षमता का प्रदर्शन सेल में निहित रूबिडीयम परमाणुओं के इलेक्ट्रॉनिक संरचना के perturbations पर निर्भर करता है। सेल की दीवारों के साथ परमाणुओं की टक्कर और इन परमाणुओं पर गिरते प्रकाश के कारण perturbation उत्पन्न होते हैं। Rb वाष्प सेल अमेरिका, यूरोप, रूस और चीन की अंतरिक्ष एजेंसियों के पास उपलब्ध एक रणनीतिक प्रौद्योगिकी है। भारत में एनपीएल (NPL) भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (ISRO) की मदद से इस प्रौद्योगिकी का विकास कर रहा है। हम देश में इन कोशिकाओं को विकसित करने में सफल रहे हैं। यह पत्र इन कोशिकाओं (cells) के विकास को रिपोर्ट करता है।

समय और आवृत्ति विभाग परमाणु घड़ियों के विकास के द्वारा भारत की रणनीतिक अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए योगदान दे रहा है। रूबिडीयम (Rb) परमाणु घड़ी की भौतिकी पैकेज भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) के लिए स्थानांतरित कर दिया गया है। देश में सब से पहले विकसित घड़ी के लिए Rb बल्ब और कोशिकाओं का आयात किया गया था। हाल ही में हमने कांच बल्ब और कोशिकाओं में Rb भरने के लिए महत्वपूर्ण तकनीक विकसित की है। रूबिडीयम परमाणु घड़ी में एक Rb दीपक (lamp) का प्रकाश कांच सेल पर पड़ता है। प्रकाश Rb परमाणु के ground state hyperfine स्तरों के बीच जनसंख्या असंतुलन पैदा करता है। सेल पर गुंजयमान माइक्रोवेव प्रकाश गिरने से एक hyperfine संक्रमण होता है। परमाणु वाष्प के माध्यम से प्रकाश का संचरण, घड़ी के क्रिस्टल के सुधार के संकेत को उपलब्ध कराता है। यह संकेत माइक्रोवेव प्रकाश की आवृत्ति को एक परमाणु संक्रमण से बाँध देता है। यह माइक्रोवेव संकेत timekeeping के लिए एक-सेकंड स्पंद (pulses) की एक ट्रेन को उत्पन्न करता है।

## 2. रूबिडीयम सेल

हमने 25 मिमी बाहरी व्यास, 27 मिमी लंबाई और कम से कम 1 मिमी दीवार मोटाई का बेलनाकार आकृति में एक रूबिडीयम सेल विकसित किया है। सेल Borosilicate ग्लास के एक गिलास ट्यूब से बना है। खिड़कियों की ऑप्टिकल समतलता को बनाए रखने के लिए ऑप्टिकली फ्लैट डिस्क को हम कांच के ग्लास ट्यूब के साथ जोड़ते हैं। 8 कोशिकाओं से युक्त एक गिलास संरचना को विकसित किया गया है जो चित्र-1 में दिखाया है। सेल को 1.5 से 2 मिलीग्राम की मात्रा में प्राकृतिक Rb से भरा गया है। सेल में 9.5 Torr पर 99.995% शुद्धता की नाइट्रोजन बफर गैस भरी गई है। Rb hyperfine संक्रमण रूबिडीयम परमाणु घड़ी आवृत्ति स्थिरता को निर्धारित करता है।



चित्र 1. रूबिडीयम सेल युक्त गिलास संरचना

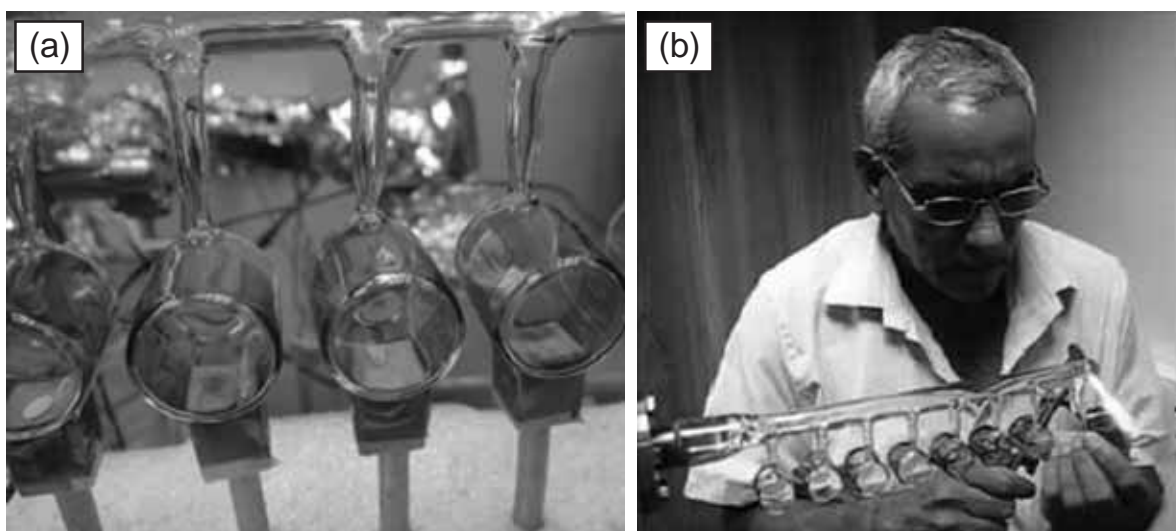
## 3. रूबिडीयम सेल भरने की प्रणाली

अति उच्च वैक्यूम के तहत कांच सेल में भरा रूबिडीयम की पूरी प्रौद्योगिकी विकसित की गई है। चित्र 2 में रूबिडीयम सेल भरने की प्रणाली को दिखाया गया है।



चित्र 2. रूबिडीयम सेल भरने की प्रणाली

गर्म Rb स्रोत और कांच के सेल पर ठंडे स्थान के बीच तापमान ढाल को सेल में रूबिडीयम प्रवाह नियंत्रित करने के लिए इस्तेमाल किया गया है। भरे हुए Rb की राशि की repeatability के सुधार के लिए गरम पाइप (Heat Pipe) का उपयोग किया गया है। इस तकनीक को चित्र 3 में दिखाया गया है।



चित्र 3. (a) कोशिकाओं (cells) में Rb के संग्रह के लिए एक ठंडा स्थान बनने के लिए गरम पाइप का प्रयोग (b) कोशिकाओं को अलग करने की तकनीक

#### 4. निष्कर्ष

किसी भी क्षार (alkali) सामग्री युक्त गिलास वाष्प कोशिकाएँ जिनकी खिड़कियों से प्रकाश बिना तितर-बितर हुए पारित हो का स्वदेशी प्रौद्योगिकी का विकास किया गया है। इस तकनीक से कोशिकाओं में किसी भी वांछित दबाव पर बफर गैस भर सकते हैं।

# निर्वात मापकों का अंशांकन

हरीश कुमार एवं अशोक कुमार  
निर्वात मानक विभाग

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail: harish@nplindia.org)

## सारांश

राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली राष्ट्र की सेवा में प्राथमिक मानकों का रखरखाव करती है एवं शीर्ष स्तर पर अंशांकन और सटीक मापन के लिए जागरूकता प्रदान करती है। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली एक राष्ट्रीय मानक संस्थान (एन. एम. आई.) है। इसकी मापन क्षमतायें दूसरे देशों के मापन संस्थानों के समकक्ष तथा कुछ क्षेत्रों में उससे भी बेहतर है। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली सार्क राष्ट्रों को उनकी मानक प्रयोगशालायें स्थापित करने में उनकी मदद कर रही है। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली के निर्वात मानक विभाग में वायुमण्डलीय दाब से लेकर  $10^{-6}$  मिलिबार तक अंशांकन करने की सुविधा उपलब्ध है। देश के विभिन्न भागों से विभिन्न प्रकार के निर्वात मापक यंत्र यहां अंशांकन के लिए आते हैं जैसे पिरानी गेज, पेनिंग गेज, आयोनाइजेशन गेज, केपाशिटेंस डायफ्राम गेज आदि। इन सभी प्रकार के निर्वात मापक यंत्रों को राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला के द्वितीय मानक यंत्रों से सीधे अंशांकन किया जाता है। द्वितीय मानकों के अंतर्गत आने वाले मापक यंत्रों में केपाशिटेंस डायफ्राम गेज, स्पनिंग रोटार गेज, रेजोनेंट सिलिकोन गेज, डिजिटल प्रेशर गेज आदि मापक यंत्र आते हैं। प्रस्तुत शोध पत्र में निर्वात मानकों के अंशांकन के तरीके एवं उनके अंशांकन के तहत होने वाली विभिन्न प्रकार की परेशानियों के बारे में विस्तृत रूप से चर्चा की जाएगी।

## 1. कैलिब्रेशन सेटअप (Calibration Setup)

नीचे दिखये गये चित्र में इंडस्ट्रियल निर्वात मापकों को द्वितीय मानक यंत्रों से सीधे अंशांकन करने की बैंच (calibration bench) का छाया चित्र दर्शाया गया है



चित्र संख्या 1 : निर्वात मापकों का द्वितीय मानक

इस कैलेब्रेशन सेटअप में मुख्यतः निर्वात उत्पन्न करने के लिये एक टर्बो पम्प, एक रोटरी वैन पम्प, अंशांकन मापकों तथा द्वितीय मानक यंत्रों को बॉधने के लिये कई पोर्ट, एक फाइन लीक वाल्व और एक गेट वाल्व निर्वात चैम्बर तथा पम्प के बीच में लगा हुआ है जिससे कि निर्वात चैम्बर को पम्पिंग सिस्टम से अलग कर सकते हैं।

## 2. प्रयोग में आने वाले द्वितीय मानक

अंशांकन के लिए आने वाले मापकों तथा उनकी मापन सीमा पर निर्भर करता है कि हमें कौन-कौन से द्वितीय मानक यंत्रों को प्रयोग में लाना है, जैसे कि

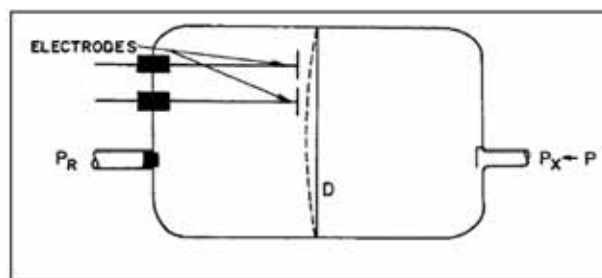
1. स्पनिंग रोटर गेज (Spinning rotor gauge)
2. केपाशिटेंस डायाफ्राम गेज (Capacitance Diaphragm Gauge)
3. डिजिटल दबाव गेज (Digital Pressure Gauge)

अंशांकन के लिए प्रयोग में आने वाले सभी द्वितीय मानक, जैसे यू आई एम (Ultrasonic interferometer Manometer) , स्थिर फैलाव निकाय (Static Expansion System) तथा छिद्र बहाव निकाय, जो किसी एस. आई. आर. राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली के प्राथमिक मानक से ट्रेसिबल (Traceable) हैं।

अंशांकन विधि में प्रयोग होने वाले द्वितीय मानक यंत्रों का कार्य सिद्धांत

## 3. केपाशिटेंस डायाफ्राम गेज (Capacitance Diaphragm Gauge)

केपाशिटेंस डायाफ्राम गेज अत्यधिक परिशुद्ध द्वितीय मानक यंत्र है, यह बाजार में कई मापन सीमाओं में उपलब्ध है जैसे कि (0.1 Torr FS, 1 Torr FS, 10 Torr FS, 100 Torr FS, 1000 Torr FS etc.) केपाशिटेंस डायाफ्राम गेज के द्वारा दिखाई गई दाब रीडिंग प्रयोग में लाए गैस के प्रयोग के ऊपर निर्भर नहीं करती है। केपाशिटेंस डायाफ्राम गेज के निर्माताओं द्वारा क्लेम एक्यूरेसी (accuracy) 0.0005% है।



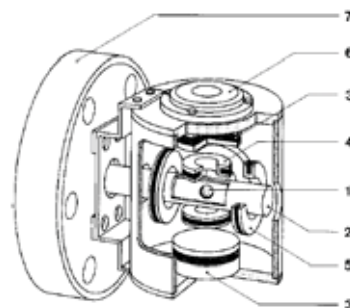
चित्र संख्या 2 : केपाशिटेंस डायाफ्राम गेज



इसकी कार्य विधि सिद्धांत के अंतर्गत दो स्थिर सामानांतर (parallel) इलेक्ट्रोडस के बीच में एक धातु का पतला डायफ्राम लगा होता है इस डायफ्राम को 10 kHz AC signal पर excited किया जाता है। मध्य वाला इलेक्ट्रोड डायफ्राम में होने वाले विस्थापन को ज्यादा महसूस करता है जबकि परिधि की तरफ वाला इलेक्ट्रोड विस्थापन को कम महसूस करता है। इस विधि के अंतर्गत केपाशिटेंस गेज के एक निश्चित डाइइलेक्ट्रिक कॉन्स्टेंट Proportional होता है। लगाये जाने वाले दाब स डायफ्राम विस्थापित होता है जिससे डायफ्राम व इलेक्ट्रोडस के बीच में केपाशिटेंस बदलता है जो अनुपातिक वैद्युतिकी सिग्नल प्रदान करता है। तापमान प्रभाव को कम करने हेतु केपाशिटेंस डायफ्राम गेज के सेंसर को उच्च तापमान करीब ( $\approx 45.0^\circ\text{C}$ ) पर गर्म करने का प्रावधान है।

#### 4. स्पिनिंग रोटार गेज (Spinning Rotor Gauge)

स्पिनिंग रोटार गेज एक द्वितीय मानक यंत्रों में आने वाला एक महत्वपूर्ण मापक यंत्र है। यह एक विसर्क गेज है इसके अंतर्गत 100 पास्कल दाब के नीचे घूमते हुए बाल (Rotating ball) पर गैसीय प्रतिरोध (gaseous drag) दाब पर निर्भर करता है। इसकी मापन सीमा ( $10^{-5}$  to 1 Pa) है। इसकी मापन विधि के अंतर्गत एक स्टील की घूमती हुई गेंद को चुम्बकीय बल द्वारा दो परमानेंट चुम्बकों के बीच उठाया जाता है। सेंसर हैड में स्थिर कोइल तथा सिग्नल पिकअप कोइल होती है। जब मापन शुरू किया जाता है तब कंट्रोल यूनिट स्टील की गेंद को 415 Hzs पर त्वरित करती है इसके बाद चुम्बकीय फील्ड को हटा दिया जाता है तथा स्टील की गेंद के डिसेलेरेशन के साथ मापन शुरू हो जाता है। जब स्टील की गेंद का त्वरण 405 Hzs होते ही मापन स्वतः रूप से बंद हो जाता है। रूप से बंद हो जाता है तथा स्टील बॉल को पुनः 415 Hzs पर त्वरित किया जाता है। इस विधि के द्वारा गैस दबाव मापन करने के लिये कई पैरामीटर माइक्रोप्रोसेसर पर आधारित कंट्रोल यूनिट में प्रविष्ट करते हैं। जैसे कि डिसेलेरेशन रेट, स्टील बॉल डायमीटर, स्टील बॉल डेंसिटी, गैस द्रव्यमान, गैस विस्कोसिटी, एकोमोशन फेक्टर, मापन समय, मापन ईकाई, आदि।



चित्र संख्या 3 : Cut-away view of the spinning rotor gauge. 1- बाल (Ball), 2 - गेज ट्यूब gauge tube, 3 - स्थिर चुम्बक permanent magnets, 4 - कोइल coils (2) for vertical stabilization, 5 - डाइविंग कोइल driving coils (4), 6 - वाटर लेवल water level, 7 - कनेक्टिंग फ्लैंग connecting flange

#### 5. मापन विधि

प्राथमिक कार्य

अंशांकन कार्य प्रारम्भ करने से पहले कस्टमर की जरूरतों का अच्छी तरह से अध्ययन किया जाता है यदि कोई शंका हो तो सी एफ सी टी के माध्यम से कस्टमर से संपर्क स्थापित किया जाता है तथा शंका का उपयुक्त

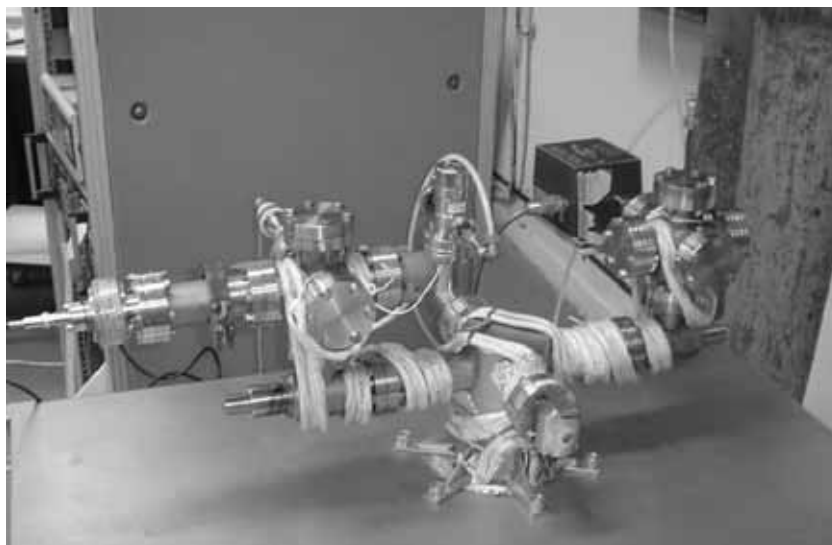
निवारण किया जाता है। सामान्य रिक्वायरमेंट (जस्ूरत) के अंतर्गत आने वाले पोइंटो में से अंशांकन के वास्तविक प्रेशर माप आदि यदि कोई हो तो इन प्रेशर पोइंटो को अंशांकन नोट बुक में रिकार्ड किया जाता है।

अंशांकन के लिये आने वाले निर्वात मापक यंत्र जिनमें से अधिकतर गेज इलेक्ट्रॉनिक्स टाईप के होते हैं इन मापक यंत्रों को स्वीकार करने से पूर्व हमें चैक करना चाहिए कि यह कितने वोल्ट पर ऑपरेट होते हैं क्योंकि अंशांकन के लिय आने वाले मापक यंत्रों में से कुछ 220 वोल्ट एसी तथा कुछ 110 वोल्ट एसी पर ऑपरेट होते हैं यदि मापक यंत्र 110 वोल्ट एसी पर ऑपरेट होता है तो कस्टमर को उपयुक्त पॉवर सप्लाई उपलब्ध करानी होती है। कई बार कस्टमर केवल सेंसर को अंशांकन के लिए लेकर आते हैं इस अवस्था में उन्हें पूरा यूनिट उपलब्ध कराने के लिए कहा जाता है। कई बार ग्राहक उन सेंसर हैडम को अंशांकन के लिए लेकर आते हैं जोकि इंडस्ट्रियल वातावरण में प्रयोग होने के कारण गंदे होते हैं या फिर उनका टंगसटन फिलामेंट ब्रोकन होता है। इस अवस्था में उन्हें दूसरा सेंसर हैडस उपलब्ध कराने के लिए कहा जाता है।

अंशांकन के लिए प्रयुक्त होने वाली गैस आइ ओ एल ए आर ग्रेड 1 नाइट्रोजन गैस है।

## 6. मापन के दिशा निर्देश (Guide line for measurement)

अंशांकन के लिए आने वाले मापन यंत्र को उपयुक्त पोर्ट पर लगाया जाता है तथा पोर्ट पर लगाने से पहले हमें निम्नलिखित सावधानियाँ बरतनी चाहियें।



यदि मापक यंत्र स्पिनिंग रोटर गेस (SRN) है तो उसे हमेशा क्षैतिज (horizontal) स्थिती में लगाएंगे।

यदि मापक यंत्र डायल गेज है तो हमें उस गेज के ऑपरेटिंग मैनुअल को देखना चाहिए। गेज अंडर कैलीब्रेशन को उपयुक्त पोर्ट पर लगाने के बाद पम्पिंग चालू करते हैं। निर्वात निकाय में उपयुक्त निर्वात उत्पन्न करने में काफी समय लगता है। सामान्यतः गेज अंडर कैलीब्रेशन के निम्न प्रेशर पोइंट से एक दहाई नीचे तक का निर्वात उत्पन्न किया जाता है यदि उपयुक्त समय में स्वीकार योग्य निर्वात उत्पन्न नहीं होता है तो हमें निर्वात निकाय में सम्भावित लीक को उपयुक्त विधि के द्वारा ढूँढना पडता है।



यदि हमारा द्वितीय मानक सीडीजी हीटर ऑन कंडीशन में अंशांकित हुआ है तो हमें अंशांकन चालू करने से चार घंटे पहले हीटर को स्विच ऑन करना चाहिए।

एस आर जी के अच्छे मापन के लिए हमें हाई निर्वात के अंदर इस (SRG) गेज का रेजीड्यूल ड्रेग (DCR) का मापन करना पड़ता है तथा इस रेजीड्यूल ड्रेग के मान को एस आर जी के ऑफसेट में डालकर मापन को चालू करते हैं।

प्रयुक्त निर्वात स्थिती उत्पन्न होने पर अंशांकन चालू करते हैं तथा उपर्युक्त प्रेशर प्वाइंट पर गेज अंडर कैलीब्रेशन तथा द्वितीय मानक यंत्रों की रीडिंग को अंशांकन शीट पर नोट किया जाता है।

## 7. सावधानियों (Precautions)

अंशांकन चालू करने से पहले हमें सुनिश्चित करना चाहिए कि आयोनाइजेशन स्विच ऑफ कर दिया है।

प्रयोगशाला का तापमान  $(23.0 \pm 1.0)^{\circ}\text{C}$  तथा आपेक्षित आर्द्रता (Relative humidity)  $(50.0 \pm 10)\%$  होनी चाहिए। गेज अंडर कैलीब्रेशन का सेंसर धूल तथा ग्रीस आदि से मुक्त होना चाहिए। जब निर्वात निकाय में उपलब्ध गैस का दबाव 10 मिलिबार से ज्यादा हो तो हमें निर्वात निकाय एवं पम्पिंग सिस्टम के बीच गेट वाल्व को धीरे-धीरे खोलना चाहिए जिससे कि टर्बो पम्प के ऊपर गैस का दबाव एकदम से ज्यादा न पड़े।

यदि अंशांकन के लिए आया मापक यंत्र पिरानी गेज है तथा सेंसर हैड पर वायुमण्तीय दाब तथा निर्वात को सेट करने के लिए पोर्टेशियोमीटर उपलब्ध है तो सर्वप्रथम हमें वायुमण्तीय दाब को सेट करना चाहिए तथा इसके पश्चात गेट वाल्व को खोलकर निर्वात उत्पन्न करते हैं तथा जब उच्च निर्वात उत्पन्न होने के बाद निर्वात वाले पोर्टेशियोमीटर को सेट करते हैं तथा इस प्रक्रिया को हम दो बार दोहराते हैं।

आयोनाइजेशन गेज को अंशांकन करने के लिए हमें सुनिश्चित करना चाहिए कि निर्वात निकाय में उपलब्ध निर्वात  $10^{-3}$  mbar से अच्छा होना चाहिए अन्यथा सेंसर हैड का फिलामेंट जल (burnt) जायेगा।

## 8. आभार

लेखकगण सी एस आई आर राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला नई दिल्ली निर्वात मानक के प्रमुख श्री डी अरूणविजय कुमार तथा विभाग के सहकर्मी श्री राकेश कुमार शर्मा को उनके सहयोग एवं प्रोत्साहान के लिए धन्यवाद ज्ञापित करते हैं।

# अमृतसर में बच्चों के श्वसन गतिविधि पर हवा में पार्टिकुलेट मैटरस का प्रभाव

सचिन गुप्ता, गुरप्रीत सग्गू, सुशील मित्तल, रविंदर अग्रवाल एवं अवनीश कुमार

थापर यूनिवर्सिटी, पटियाला

## सारांश

एक औद्योगिक स्थल के रूप में पहचान अमृतसर, पंजाब (भारत) में एक स्कूल के 50 स्वस्थ बच्चों के फेफड़ों की क्षमता पर कृषि फसल अवशेषों को जलाने की अवधि के दौरान इनहेलेबल और रेस्पीरेबल कणों के प्रभार का मूल्यांकन किया गया। आँकड़े अक्टूबर 2013 से मई 2014 तक एकत्रित किए गए जिसमें चावल और गेहूं के अवशेषों का जलाने का एक-एक मौसम शामिल है। इनहेलेबल कण  $PM_{20}$ ,  $PM_{10}$ ,  $PM_5$ , और रेस्पीरेबल कण  $PM_1$ ,  $PM_{0.50}$ ,  $PM_{0.23}$  एकयरोसोल स्पेक्ट्रोमीटर द्वारा स्कूल के अंदर मापे गये। PFT के आँकड़े जैसे FVC, FEV1 और FEF25-75% DKS अमेरिकन थोरासिक सोसायटी के मानकों का प्रयोग करके स्पायरोमीटर द्वारा मापा गया। नवंबर और अप्रैल में चावल और गेहूं की फसल के अवशेषों का जलाना अपने शिखर पर होता है। यह देखा गया कि फसल अवशेषों का जलाने के मौसम में गेहूं के फसल अवशेषों की तुलना में चावल के फसल अवशेषों में बात कणों की मात्रा अधिक है। चावल के फसल अवशेषों को जलाने के मौसम में PFT के आँकड़ों में महत्वपूर्ण गिरावट आई है। इनहेलेबल कणों की तुलना में रेस्पीरेबल कणों का सहसंबंध अधिक नकारात्मक था। इस पूरी अवधि के लिए FVC, FEV1 FEF 25-75% में परिवर्तन क्रमशः 92%, 99%, 93%, 92% देखा गया।

सूचक शब्द : पुल्लमोनरी फंक्शन टेस्ट, फोर्स्ड कैपेसिटी, फोर्स्ड एक्स्पिरातरी वोलुम इन वन सेकंड पीक एक्स्पिरातरी फ्लो, फोर्स्ड एक्स्पिरातरी फ्लो 25%, 75%

## 1. प्रस्तावना

परिवेश हवा में निलंबित कण मानव जाति के जैविक मापदंडों पर बहुत बुरा प्रभाव डालता है। अध्ययनों से यह देखा गया है कि गनहेलेबल और रेस्पीरेबल कणों की उच्च एकाग्रता सभी आयु समूहों में बुरे रोगों के लिए जिम्मेदार है जैसे कि श्वसन दर का कम होना, अस्थमा, हृदय रुग्णता और मृत्यु दर का बढ़ना [1-3]। बच्चे अतिसंवेदनशील होते हैं क्योंकि उनके फेफड़ों में विकास चल रहा होता है और उनका श्वसन दर भी उच्च होता है। अन्य आयु समूहों के मुकाबले बच्चों की साँस लेने वाली नली संकरी होती है [4-6]।

पंजाब एक कृषि भूमि है। हर साल अनाज उत्पादन में पंजाब क्षेत्र प्रमुख योगदान रहा है। गेहूं और चावल यहाँ की दो प्रमुख फसलें हैं जिनसे काफी मात्रा में फसल अवशेष पैदा होता है। फसल का 75% हिस्सा अवशेष होता है। ये फसलें एक चक्रीय तरीके से एक के बाद एक उगाई एक उगाई जाती है। गेहूं की फसल को दिसंबर महीने में बोया जाता है जो अप्रैल-मई के महीने में पक कर काटने के लिए तैयार हो जाती है। इसी तरह चावल की फसलों को जून महीने में बोया जाता है जो अक्टूबर-नवंबर महीने में पक कर काटने के लिए तैयार हो जाती है [7] प्रमुख बाधा चावल कटाई और गेहूं वृक्षारोपण के लिए कम समय है। दोनों फसले बुआई के

समय कि हिसाब से बहुत ही संवेदनशील होती है। अगली फसल को बोने हेतु भूमि को तैयार करने से पहले पिछली फसल से उत्पादित फसल अवशेषों का निजटारा करना होता है। फसल अवशेषों का निपटारा करने के लिए किसान इनको खेतों में ही जला देते हैं। इसको वो एक आसान और सस्ता विकल्प मानते हैं। अगली फसल के लिए खेतों को तैयार करने हेतु इस इस में समय कम लगता है। जोकि समाज पर एक गंभीर दीर्घकालिक खतरनाक प्रभाव डालता है। खुले खेतों में फसल अवशेषों को जलाने से भारी मात्रा में जहरीली गैसों और सस्पेंडेड पार्टिकुलेट कण पैदा होता है जो परिवेशी वायु में फैल जाते हैं। फसल अवशेषों का जलना इकोलॉजिकल प्रणाली पर एक बोझ बन गया है जिसमें से कुछ वैश्विक हैं लेकिन ज्यादातर क्षेत्रीय है (8) । आम तौर पर कटाई के महीनों के दौरान फसल अवशेषों को जलाना शिखर पर होता है। सस्पेंडीड पार्टिकुलेट मैटर्स (SPM) जिनमें इनहेलेबल कण  $PM_{20}$ ,  $PM_{10}$ ,  $PM_5$  और रेस्पीरेबल कण  $PM_1$ ,  $PM_{0-50}$ ,  $PM_{0-22}$  हाते हैं जोकि एयरोडायनामिक होते हैं। कम वजन और आकार के कारण ये परिवेशी वायु में अधिक समय बिताते हैं और हवा के प्रवाह के साथ लंबी दूरी तय करते हैं।

यह देखा गया है कि ये ग्रामीण और शहरी क्षेत्रों के पर्यावरण को प्रभावित करते हैं। ग्रामीण क्षेत्रों की तुलना में शहरी क्षेत्रों सस्पेंडीड पार्टिकुलेट कणों की मात्रा ज्यादा पाई गयी है क्योंकि शहरों में इनके उत्सर्जन के अधिक स्रोत होते हैं। इसे प्रकार शहरों में रहने वाले बच्चों पर इस प्रदूषण का कुप्रभाव गाँवों में रहने वाले बच्चों की तुलना में ज्यादा होता है। इस अध्ययन से अमृतसर शहर में फसल अवशेषों को जलाने के समय और नालाने के समय इनहेलेबल और रेस्पीरेबल कणों की एकाग्रता का पता चलता है और साथ ही उन का बच्चों के श्वसन कार्य भी पता चलता है।

## 2. सामग्री और विधि

### 2.1 अध्ययन क्षेत्र

अमृतसर पंजाब का सबसे बड़ा शहर है। यह  $31.64^\circ$  अक्षांश और  $74.86^\circ$  देशांतर पर पंजाब के उत्तर पश्चिम में स्थित है। अमृतसर जिला 5056 sq.km में फैला है जिसका 84% खेती के अंतर्गत है। खेती और व्यापार इस क्षेत्र के दो प्रमुख व्यवसाय हैं। यहाँ पर 27 बड़े और 5500 लघु उद्योग हैं। हर साल, हजारों तीर्थयात्री अमृतसर में आते हैं। सस्पेंडीड पार्टिकुलेट कणों और श्वसन मापदंडों का आंकलन करने के लिए प्रभाकर सीनियर सेकेंड्री स्कूल को चुना गया ।

### 2.2 एसपीएम डाटा कलेक्शन

एसपीएम की एकाग्रता को मापने के लिए ग्रिम्स पोर्टेबल एयरोसोल स्पेक्ट्रोमीटर 1.108 मॉडल का प्रयोग किया गया। इस के 15 चैनल्स और रियल टाइम क्षमता के कारन यह परिवेशी हवा में  $PM_{0-22}$  से  $PM_{20}$  तक की एकाग्रता माप सकता है जिसमें इनहेलेबल और रेस्पीरेबल कण दोनों शामिल हैं। यह यंत्र अब्सोर्प्शन स्पेक्ट्रोस्कोपी फिनोमीना पर काम करता है। डाटा एक घंटे के लिए स्कूल लगने के समय पर स्कूल के अंदर ही एकत्रित किया गया। एकाग्रता को हर महीने दो बार मापा गया और उन की औसत को उस महीने की एकाग्रता मानी गयी। बरसात के दिनों में डाटा एकत्र नहीं किया गया।

## 2.3 सब्जेक्ट्स सिलेक्शन

चयन से पहले सब्जेक्ट्स के स्वस्थ होने की जांच की गई। अमेरिकन थोरासिक सोसाइटी (ए टी एस) के मानक के अनुसार अगर एक व्यक्ति का FE1 / FVC अनुपात उनके बॉडी मास इंडेक्स के हिसाब से 80% से अधिक है तो उसका श्वसन सामान्य माना जाता है। इस अनुपात के अनुसार छठी एवम् सातवीं क्लास के 50 स्वस्थ बच्चे इस स्टडी के लिए चुने गये। तालिका 2.1 में चयन किये सब्जेक्ट्स की जनसांख्यिकीय विशेषताएँ जैसे की औसतन ऊंचाई और औसतन वजन दिए गए हैं।

तालिका 2.1 : सब्जेक्ट्स की जनसांख्यिकीय विशेषताएँ

लिंग	गिनती	आयु	औसतन ऊंचाई	औसतन वजन
फीमेल	21	11 - 13 साल	140	29.36
मेल	29	10-14 साल	146	34.71

किसी प्रकार की पुरानी बीमारी और अस्वस्थ के लक्षणों की जांच के लिए एटीएस और ब्रिटिश चिकित्सा अनुसंधान परिषद के अनुसार, स्टैंडर्ड श्वसन प्रश्नावली की गयी। इस अध्ययन में सब्जेक्ट्स की भागीदारी से पहले बच्चों और उनके माता-पिता से सहमति फॉर्म पर हस्ताक्षर करवाए गये।

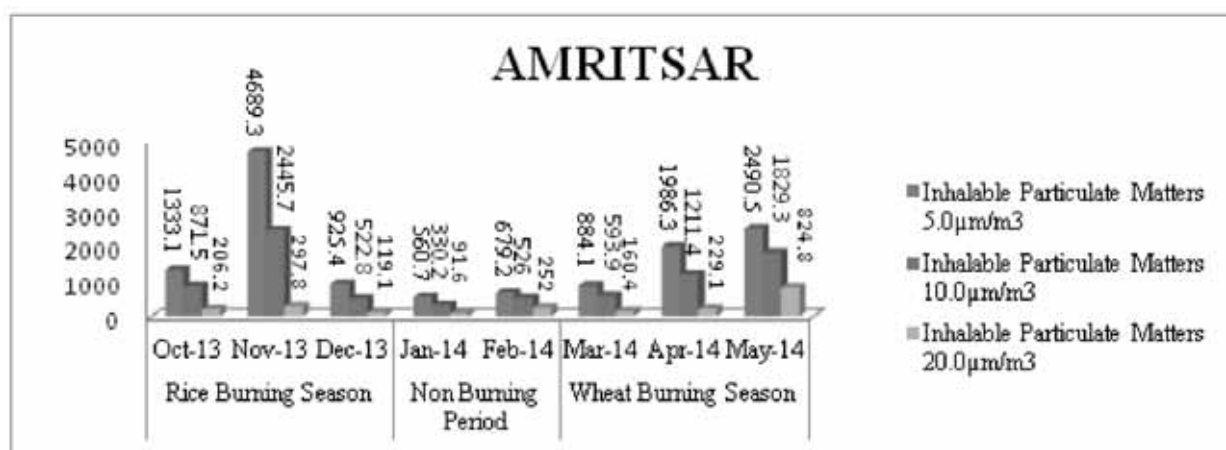
## 2.4 पल्मोनरी फंक्शन टेस्ट

चयन किये गये बच्चों के फेफड़ों की श्वसन स्थिति मापने के लिए पल्मोनरी फंक्शन टेस्ट मीर के स्पायरोदाक जी मॉडल का प्रयोग करके किया गया। यह टेस्ट अक्टूबर 2013 से मई 2014 तक हर महीने दो बार किये गया और दोनों आंकड़ों का औसत उस महीने का आंकड़ा माना गया। मापने से पहले सब्जेक्ट्स का बॉडी मास इंडेक्स जैसे की उनकी आयु, लम्बाई, वजन और लिंग स्पायरोदाक में भरा गया। टेस्ट बड़ी सावधानी से किया गया। टेस्ट से निम्नलिखित मापदंड (FVC, FEV1, FEF<sub>25-75%</sub>) आंके गये।

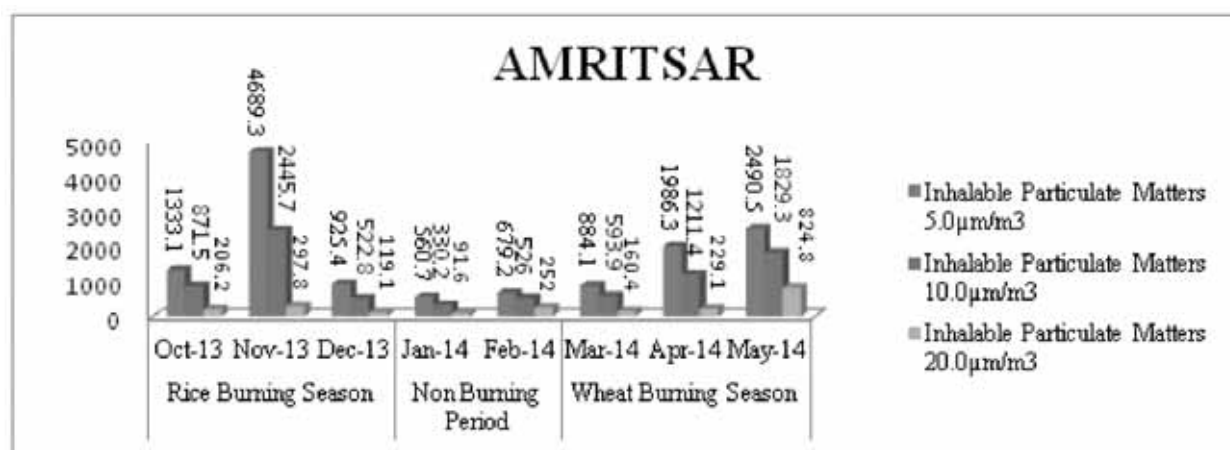
## 3. परिणाम और विचार-विमर्श

### 3.1 एसपीएम लेवल

अमृतसर शहर में अक्टूबर 2013 से मई 2014 तक इनहेलेबल और रेस्पीरेबल कणों की एकाग्रता चित्र 3.1 और 3.2 में दिखाई गयी है। आठ महीनों में एक चावल फसल अवशेषों को जलाने और एक गेहूँ फसल अवशेषों को जलाने का सीजन कवर किया गया है। रेखांकन दिखाते हैं कि नवम्बर और मई महीने में इनहेलेबल और रेस्पीरेबल कणों की एकाग्रता में तेज वृद्धि हुई। इन महीनों में यह वृद्धि अमृतसर के गिर्द किसानों द्वारा चावल और गेहूँ के फसल अवशेषों को जलाने के कारन हुई। जनवरी और फरवरी महीने में एसपीएम की एकाग्रता सब से कम है। इन महीनों में जो एकाग्रता है वो वाहनों या उद्योगों से निकले प्रदूषण की वजह से है। यह अनुमान लगाया गया है कि बर्निंग सीजन में एसपीएम की एकाग्रता नॉन बर्निंग सीजन के मुकाबले 2 से 3 गुणा है। चावल के फसल अवशेषों को जलाने के दौरान इनहेलेबल और रेस्पीरेबल कणों की एकाग्रता गेहूँ के फसल अवशेषों को जलाने की तुलना में दोगुणा पाई गयी। इनहेलेबल कणों में PM<sub>5.0</sub> की एकाग्रता ज्यादा पाई गयी और रेस्पीरेबल कणों में PM<sub>0.23</sub> की एकाग्रता ज्यादा पाई गयी।



चित्र 3.1 : इनहेलेबल कणों की एकाग्रता



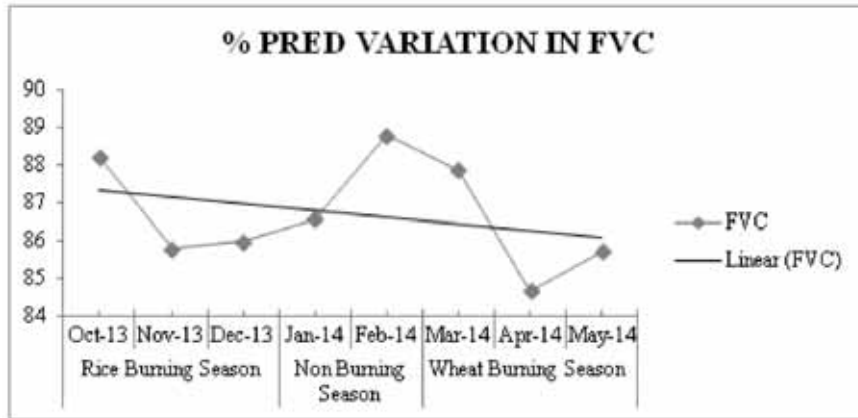
चित्र 3.2 : रेस्पिरेबल कणों की एकाग्रता

### 3.2 पि एफ टी (PFT) परिवर्तन

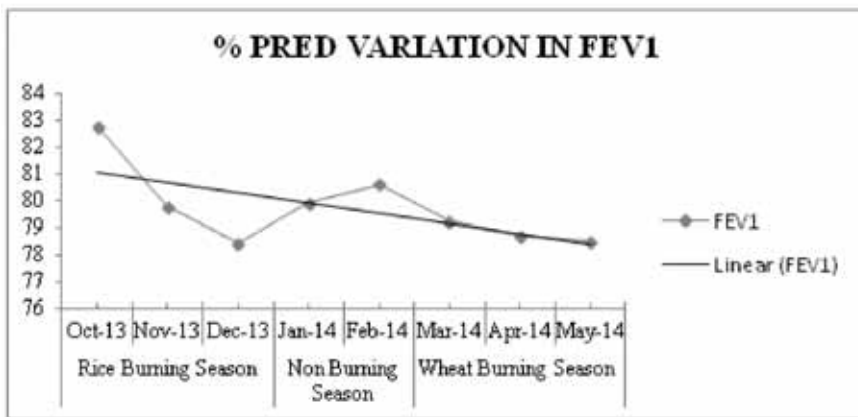
चित्र 3.3 FVC की हर महीने की औसतन वैल्यू और हर महीने आया परिवर्तन (% prediction) दर्शा रहा है। नवंबर और अप्रैल महीने में चावल और गेहूं के फसल अवशेषों को जलाने के कारण FVC में एक महत्वपूर्ण है। कमी देखी गई। यह कमी नॉन बर्निंग सीजन में कुछ हद तक पूरी हुई पर पूर्ण रूप से नहीं हुई। चित्र 3.4 हर महीने की औसतन FEV1 वैल्यू दिखा रहा है। प्रवृत्ति FVC की तरह ही थी। चित्र 3.5 और 3.6 पीक एक्स्पिरैट्री फ्लो (PEF) और फोर्सड एक्स्पिरैट्री फ्लो (FEF) 25-75% में आये परिवर्तन को दिखा रहे हैं। इन पैरामीटर्स में पीक बर्निंग सीजन के कारण काफी गिरावट आई है। यह गिरावट इनहेलेबल और रेस्पिरेबल कणों का असर बच्चों के श्वसन कार्य पर साफ दर्शाती है।

तालिका 3.1 इनहेलेबल और रेस्पिरेबल कणों के लिए नकारात्मक सहसंबंध दिखा रही है। इनहेलेबल कणों की तुलना में रेस्पिरेबल कणों के प्रति सहसंबंध अधिक नकारात्मक है। इस से यह पता चलता है कि फेफड़ों की क्षमता कम करने में इनहेलेबल कणों में इनहेलेबल कणों की तुलना में रेस्पिरेबल कण अधिक महत्वपूर्ण हैं क्योंकि वे फेफड़ों में काफी गहराई तक प्रवेश कर जाते हैं। इस पूरी अवधि के लिए लीनियर रिग्रेशन मेथड से

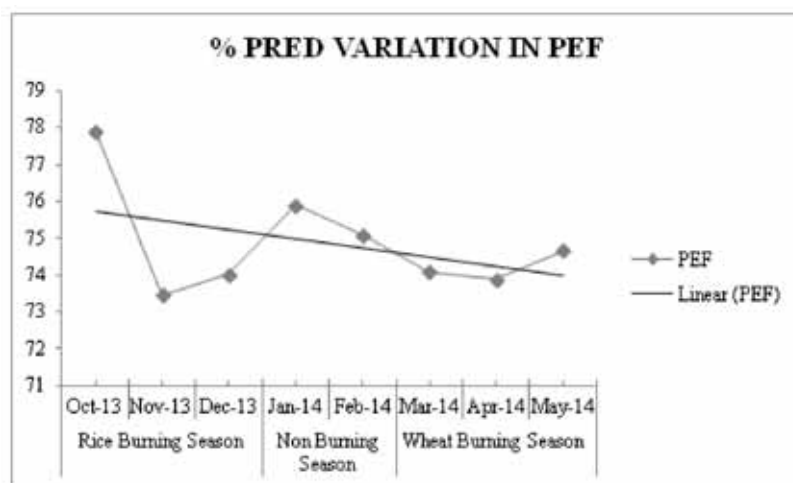
फोर्स वाइटल कैपेसिटी मे 92% फोर्स एक्स्पैरेटोरी वॉल्यूम 1 मे 99% पीक एक्स्पैरेट्री फ्लो मे 93% फोर्स एक्स्पैरेट्री फ्लो 25-75% मे 92% परिवर्तन का अनुमान लगाया गया।



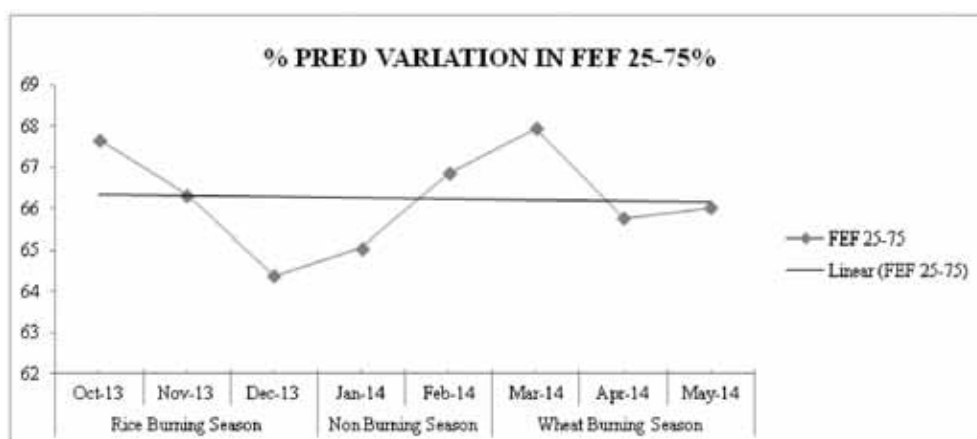
चित्र 3.3 : FVC मे परिवर्तन



चित्र 3.4 : FEV1 मे परिवर्तन



चित्र 3.5 : PFT मे परिवर्तन



चित्र 3.6 : FEF 25-75% में परिवर्तन

	FVC	FEV1	PEF	PEF25-75
PM 0.23	-0.522	-0.128	-0.424	-0.034
PM 0.50	-0.502	-0.128	-0.425	-0.007
PM 1.0	-0.499	-0.129	-0.425	-0.001
PM 5.0	-0.505	-0.140	-0.419	-0.019
PM 10.0	-0.506	-0.171	-0.381	-0.057
PM 20.0	-0.265	-0.266	-0.116	-0.052

#### 4. निष्कर्ष

पर्यावरण और स्वास्थ्य के नजरिए से फसल अवशेषों को जलाना दोनों के लिए हानिकारक है। परिवेशी हवा में फसल अवशेषों को जलाने वाले सीजन में एसपीएम की एकाग्रता अचानक ही एकाग्रता अचानक ही बढ़ गयी। गेहूँ के फसल अवशेषों को जलाने के सीजन की तुलना में चावल के फसल अवशेषों को जलाने के सीजन में एसपीएम की एकाग्रता ज्यादा थी। इनहेलेबल कणों की तुलना में रेस्पीरेबल कणों की एकाग्रता अधिक थी। इनहेलेबल कणों में  $PM_{2.5}$  की एकाग्रता अधिक थी और रेस्पीरेबल कणों में  $PM_{10}$  की एकाग्रता अधिक थी। बच्चों के पल्मोनरी फंक्शन टेस्ट में आई मासिक विविधताएं संकेत करती हैं कि बर्निंग सीजन में इन में सबसे ज्यादा गिरावट आई है। बर्निंग सीजन के बीच के महत्वपूर्ण नकारात्मक संबंध से संकेत मिलता है कि किसी निर्धारित अवधि के लिए हवा में प्रदूषण स्वस्थ सब्जेक्ट्स के स्वास्थ्य में कमी लाता है। रेस्पीरेबल कणों की एकाग्रता पीएफटी पैरामीटर्स को कम करने में ज्यादा योगदान देती है।

#### 5. आभार

लेखक इंडियन काउंसिल ऑफ मेडिकल रिसर्च का बहुत धन्यवाद करता है जिनकों ने इस स्टडी के लिए फंड्स दिए। लेखक थापर यूनिवर्सिटी के डायरेक्टर साहिब का भी धन्यवाद करता है जिनहो ने इस स्टडी के लिए हर प्रकार से हमारी सहायता की।



## संदर्भ

1. एस के मित्तल, एन सिंह, आर अगरवाल, ए अवस्थी और पि के गुप्ता, एम्बिएंट एयर, एम्बिएंट एयर क्वालिटी दुरिंग वीट एंड राइस क्रॉप स्तुब्बले बर्निंग एपिसोड इन पटिआला, एन्वोस एन्विरोन.,43 (2009) 238-244
2. आर अगरवाल, ए अवस्थी, एस के मित्तल, एन सिंह और पि के गुप्ता, इफेक्ट ऑफ एयर पोल्लूशन ओन रेस्पीरेटोरी पैरामीटर्स दुरिंग डा वीट रेसिदुए बर्निंग इन पटिआला, ज. मेड. एन्ज. टेक्नोल.,34 (2010), 23-38
3. ए अवस्थी, एस के मित्तल, एन सिंह, पि के गुप्ता, आर अगरवाल, इफेक्ट ऑफ अगरीकल्चर क्रॉप रेसिदुए बर्निंग ओन चिल्ड्रन एंड यंग ओन पे ऍफ टी इन नार्थ वेस्ट इंडिया, साई, टोटल एन्विरो,408(2010),4440-445
4. दे ड्वू, दोच्केरी अइ सि ए पॉप, एक्यूट रेस्पीरोटरी इफेक्ट ऑफ पार्टिकुलेट एयर पोल्लुतिओ, अनूअल रेवे पब्लिक हेल्थ,15(1994)107-132
5. जेनिफर के वि, हेब्बण, रिस्क अस्सेसमेंट फॉर कार्डियोवैस्कुलर एंड रेस्पीरोटरी मोर्टेलिटी देय तो एयर पोल्लूशन एंड स्यूनोप्टिक मेटेओरोलोज इन 10 कैनेडियन सिट्स, एन्विरो, पोल्लू ,185(2014)322-332
6. जेम्स, रॉब मेक कोनेल, फ्रैंक गिल्लिलंद, एस्सोसीएशन बिटवीन एयर पोल्लूशन एंड लंग फंक्शन ग्रोथ इन साउथ कैलिफोर्निया चिल्ड्रेन, एम् जे रेस्पिर कृत केयर मेड 162(2000)1383-1390
7. एन सिंह,एस के मित्तल, आर अगरवाल, ए अवस्थी और पि के गुप्ता, इम्पैक्ट अस्सेसमेंट ऑफ राइस क्रॉप रेसिदुए बर्निंग ओन लेवल ऑफ एस पी एम, एस ओ 2 एंड एन ओ 2 इन एम्बीएंट एयर ऑफ पटिआला सिटी इन इंडिया, इन्ल ज ऑफ एन्व्रण एनालिटिकल, 90 (2010) 529-843
8. अन्नू रानी, शैलेश कुमार, के वे एस बद्रीनाथ एंड दर्शन सिंह, इम्पैक्ट ऑफ अगरीकल्चर क्रॉप रेसिदुए बर्निंग ओन आत्मोफेरिक एयरोसोल लोडिंग ऐ स्टडी ओवर पंजाब स्टेट, इंडिया, अन्न, गेओफ्य. 28(2010)



# 100 और 200 मेगापास्कल की दाब परास में द्रवचालित डिजिटल दाब मानकों की स्थापना

रमन कुमार शर्मा, ललित कुमार एवं संजय यादव  
दाब मानक

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail : sharmars2@mail.nplindia.org)

## सारांश

यथार्थ और परिशुद्ध दाब मापन व्यापार, दक्षता, गुणवत्ता और सुरक्षा में बहुत आवश्यक है। यथार्थ दाब मापन न केवल उत्पादों की गुणवत्ता में सुधार और उत्पादकता बढ़ाने के लिए महत्वपूर्ण है, बल्कि यह जनशक्ति और मशीनरी की सुरक्षा के लिए भी महत्वपूर्ण है। आई.एस.ओ-17025 दस्तावेज के अनुसार, महत्वपूर्ण दाबमापी उपकरणों का अंशांकन और परीक्षण समय समय पर अंशांकन किये जाने वाले उपकरण से अधिक यथार्थता वाले दाबमापी उपकरण या राष्ट्रीय दाब मानकों से किया जाना चाहिए। प्रस्तुत शोधपत्र में हमने 100 मेगापास्कल और 200 मेगापास्कल की दाब परास में हाल ही में दो द्वितीयक मानक स्थापित किये हैं, उनका वर्णन किया गया है। इस प्रक्रिया में इन दाब मानकों का पिस्टन गेज आधारित दाब तुला, एनपीएल 200 एमपीए (राष्ट्रीय द्वितीयक मानक) के साथ तुलना तथा अभिलक्षण कर लघुकालिक स्थिरता तथा कई वर्षों तक अभिलक्षण कर दीर्घकालिक स्थिरता का आंकलन किया है। इस कार्य में अभिलक्षण विधि का विस्तृत वर्णन किया गया है। अभिलक्षण के दौरान पाया गया कि दोनों मानकों की सापेक्ष विस्तृत अनुमानित मापन अनिश्चितता निर्माता द्वारा अनुमानित सापेक्ष विस्तृत मापन अनिश्चितता जो कि एनपीएल 200 आरपीएम के लिए 0.013% और एनपीएल 100 आरपीएम के लिए 0.015% है, से बेहतर पायी गयी। इस अध्ययन से निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि इन मानकों को इनकी अनुमानित मापन अनिश्चितता के अंतर्गत दूसरे दाबमापी यंत्रों के अंशांकन के लिए, दाबतुला की अपेक्षा में, कम परिश्रम एवं सुगमता के साथ प्रयोग किया जा सकता है।

## 1. प्रस्तावना

दाब मापन तकनीक के क्षेत्र में नियमित रूप से विकास हो रहा है। हाल के दिनों में ट्रांसड्यूसर और संवेदकों का अधिक प्रयोग किया जाने लगा है, जो क्वार्ट्ज प्रतिध्वनित यंत्र की दोलन आवृत्ति में परिवर्तन के माध्यम से दाब प्रेरित प्रतिबल का पता लगाने के सिद्धांत पर आधारित है। इस तरह के दाब ट्रांसड्यूसर यथार्थ और सटीक दाब मापन के लिए अन्य मापन यंत्रों जैसे मैकेनिकल डायल गेज, स्ट्रेन गेज धारित आधारित दाब मापी यंत्रों की तुलना में अधिक विश्वसनीय है। इन यंत्रों में उच्च संवेदनशीलता, बेहतर रैखिक एकघातता और दीर्घकालिक स्थिरता के गुण मौजूद हैं।

सटीक और यथार्थ दाब मापन दाब मानकों की स्थापना में बहुत आवश्यक है। यथार्थ दाब मापन, उत्पादों की गुणवत्ता एवं उत्पादकता दोनों में सुधार करता है। दाब प्रणाली के उन्नयन की दिशा में हाल ही में हमने एनपीएल में दो द्वितीयक मानक स्थापित किये हैं, जिनकी दाब परास 100 मेगापास्कल और 200 मेगापास्कल

है। इस कार्य में, हमने पिछले एक वर्ष के दौरान अलग-अलग अंतराल पर पिस्टन गेज आधारित दाब तुला एनपीएल 200 एमपीए (राष्ट्रीय द्वितीयक मानक) के साथ इन द्रवचालित डिजिटल दाब मानकों की तुलना तथा अभिलक्षण किया है और इस शोध पत्र में प्राप्त परिणामों का वर्णन है। हमने निर्माता द्वारा दिए गए परिणामों के साथ भी इन परिणामों की तुलना की है। इस अध्ययन से एनपीएल में इन दोनों द्रवचालित डिजिटल दाब मानकों की स्थापना सुचारु रूप से की गई है।

## 2. प्रयोगात्मक

दाब तुला से दाब का निर्धारण निम्न समीकरण (1) का उपयोग करके परिकलित किया जाता है

$$P_{DWT} = \frac{\sum_i m_i \cdot g_L (1 - \rho_{air} / \rho_{mi}) + \gamma C}{A_0^P (1 + bp) [1 + (\alpha_c + \alpha_p)(T - T_r)]} \pm \Delta P \quad [1]$$

जहाँ  $m_i$  पिस्टन पर लगने वाले डेड वेट के द्रव्यमान है,  $g_L$  स्थानीय गुरुत्वाकर्षण त्वरण है,  $\rho_{air}$  वायु का घनत्व है,  $\rho_{mi}$  जिस धातु से डेड वेट बने है उसका घनत्व है,  $\gamma$  द्रव का पृष्ठ तनाव है,  $C$  पिस्टन की परिधि है,  $A_0^P$  संदर्भ तापमान  $T_r$  [23°C] एवं वायुमंडलीय दाब पर पिस्टन का क्षेत्रफल है,  $b$  पिस्टन के लिए विरूपण गुणांक है,  $\alpha_c$  और  $\alpha_p$  क्रमशः पिस्टन और सिलेंडर के लिए तापीय फैलाव गुणांक हैं,  $T$  पिस्टन सिलेंडर का मापन तापमान है एवं  $\Delta P$  दाब के संदर्भ में ऊंचाई संशोधन है। दाब गेज द्वारा दर्शाये गए दाब को इस तरह परिभाषित किया गया है,

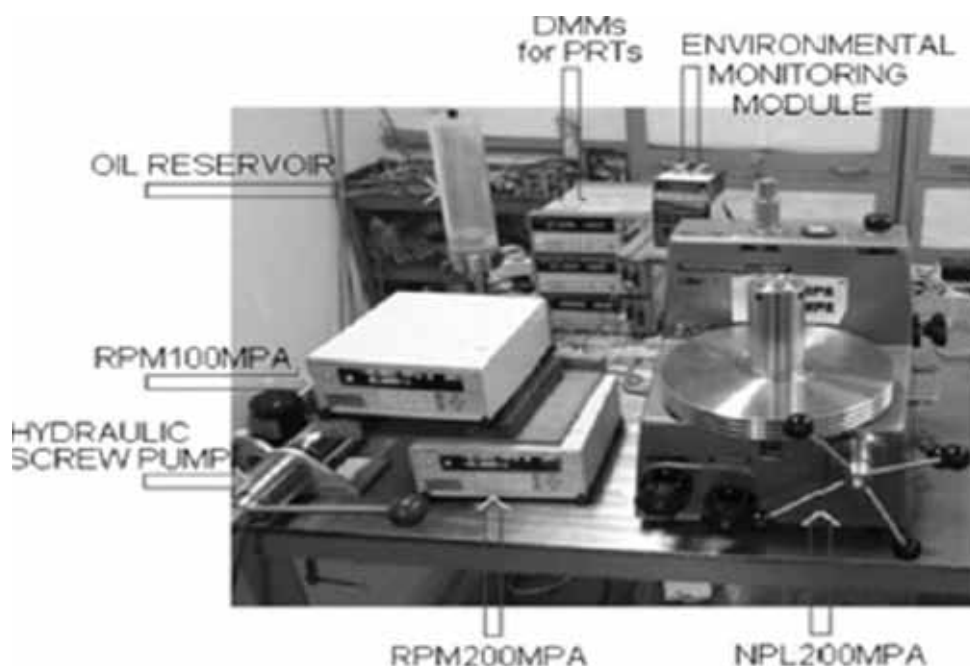
$P_{c(i)} = \overline{C_f} * P_{t(i)}$  जहाँ;  $P_{t(i)}$  परीक्षण गेज के  $i$ th सूचक है और  $\overline{C_f}$  औसत अंशांकन कारक है जिसे निम्न समीकरण का उपयोग करके परिकलित किया जाता है।

$$\overline{C_f} = \frac{\sum_{i=1}^n C_f(i)}{n} \quad \text{जहाँ; } C_f(i) \text{ } i\text{th अंशांकन कारक है, जिसका अभिकलन निम्न पद्धति से किया जाता है।}$$

$\overline{C_{f(i)}} = \frac{P_{r(i)}}{P_{t(i)}}$  जहाँ  $P_{r(i)} = P_{DWT(i)}$  संदर्भ दाब गेज का  $i$ th सूचित दाब एवं  $P_{t(i)} = P_{Test(i)}$  परीक्षण के अंतर्गत डिजिटल दाब मानक का  $i$ th सूचित दाब है।

इस अध्ययन के लिए हमने संदर्भ मानक एनपीएल 200 एमपीए का प्रयोग किया है जो की 1999 में स्थापित एनपीएल का राष्ट्रीय द्वितीयक मानक है। इसकी दाब परास 0.4- 200 मेगापास्कल है, एवं अनुमानित सापेक्ष विस्तृत मापन अनिश्चितता  $50 \times 10^{-6} \times p$  (at  $k=2$ ) है।

संदर्भ मानक एनपीएल 200 एमपीए को उचित विधि के साथ अभिलक्षण कर प्रलेखित किया गया है। आईएसओ 17025 दस्तावेज के अनुसार हमने एक वर्ष की अवधि के दौरान दाब के सापेक्ष अंशांकन कारक का आकलन करके रेखाचित्र आलेखित किये है। लघुकालिक स्थिरता को स्थापित करने के लिए अतिक्रम का आकलन मानक दाब के सापेक्ष करके रेखाचित्र आलेखित किये गए है। हमने नियंत्रित पर्यावरण की स्थिति के तहत सभी प्रयोगों को किया है एवं अंशांकित भारों का प्रयोग किया है। चित्र 1 में अभिलक्षण का प्रयोगात्मक सेटअप दर्शाया गया है। सेटअप के अनुसार द्वितीयक मानक एनपीएल 200 एमपीए दोनों डिजिटल दाब मानकों के साथ उच्च दाब नीडल वाल्व और इस्पात ट्यूब फिटिंग के माध्यम से जुड़ा हुआ है। एक आयल रिजर्वायर और स्कू पंप का प्रयोग भी प्रणाली में किया गया है। संदर्भ दाब मॉनिटर में डिजिटल इंटरफेस है, जो दाब लगाने पर प्रत्यक्ष माप



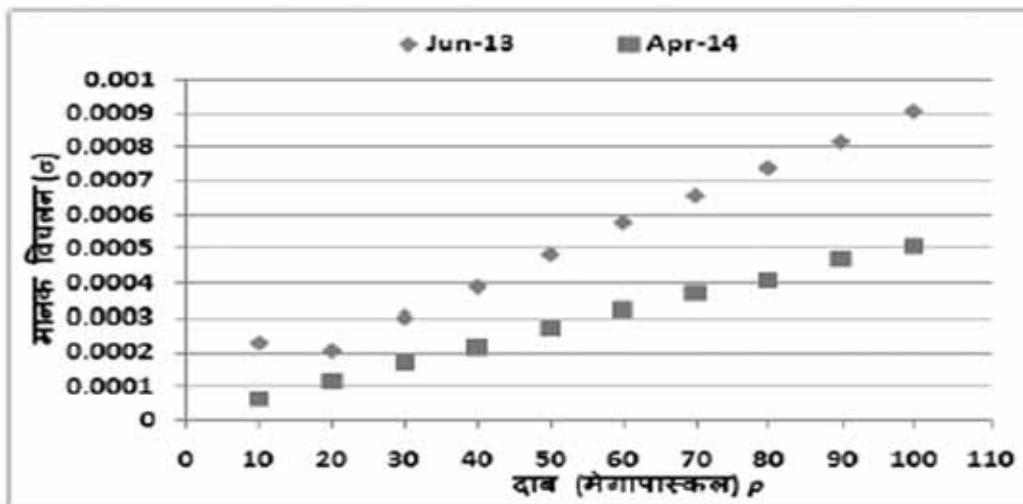
चित्र 1 : प्रयोगात्मक सेटअप

देता है। प्रयोग के लिए इस्तेमाल तरल, उच्च गुणवत्ता सीबाकेट तेल है, जोकि सामान्यतः द्रव-चालित दाब मानकों में अंशांकन के लिए प्रयोग किया जाता है। परीक्षण गेज का अंशांकन माध्यमिक राष्ट्रीय द्रव-चालित दाब मानक के साथ प्रत्यक्ष तुलना द्वारा किया गया। परीक्षण गेज के अंशांकन के दौरान, मानक गेज का पिस्टन एक सिंक्रोस मोटर के साथ लगभग 30 आरपीएम पर घुमाया गया। ट्रांसड्यूसर के पूर्ण दाब को समान रूप से 11 दाब अंको में विभाजित कर तीन बार दाब के बढ़ते क्रम और तीन बार घटने क्रम में अंशांकन कर 66 प्रेक्षणों को लिया गया। तापमान सुधार, ऊंचाई सुधार और इकाई रूपांतरण को ध्यान से डेटा के विश्लेषण से पहले लागू किया गया। पिस्टन-सिलेंडर के तापमान को प्लैटिनम प्रतिरोध थर्मामीटर के साथ नियमित रूप से जाँचा गया। एनपीएल 100 आरपीएम में 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 और 100 के दाब मान पर और एनपीएल 200 एमपीए में 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 और 200 के दाब मान पर दाब का अवलोकन किया गया। दो दाब प्रेक्षणों के बीच 10 मिनट का अंतराल प्रणाली को स्थिर करने के लिए दिया गया।

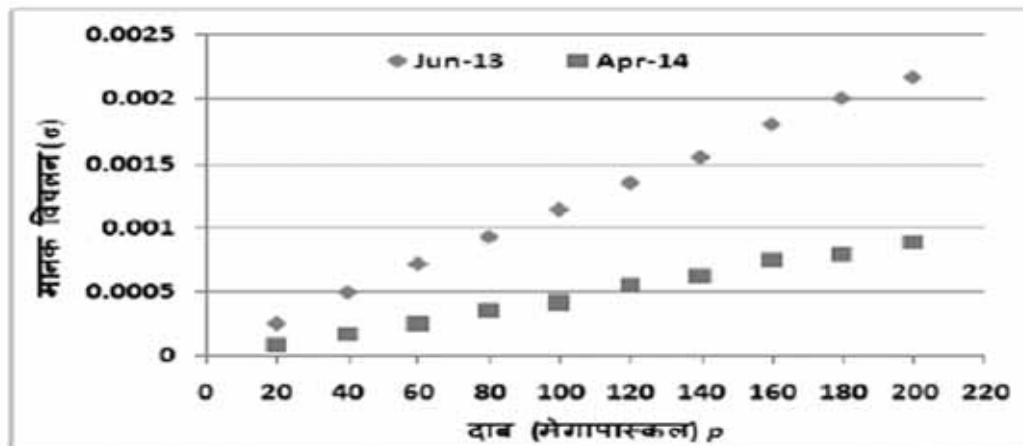
### 3. परिणाम और चर्चा

चित्र 2 एवं 3 में मानक विचलन के मानों को दर्शाया गया है। दोनों प्रयोगों के दौरान अधिकतम मानक विचलन एनपीएल 200 आरपीएम के लिए क्रमशः 0.0022 मेगापास्कल और 0.0009 मेगापास्कल और एनपीएल 100 आरपीएम के लिए क्रमशः 0.0009 मेगापास्कल और 0.0005 मेगापास्कल मापा गया।

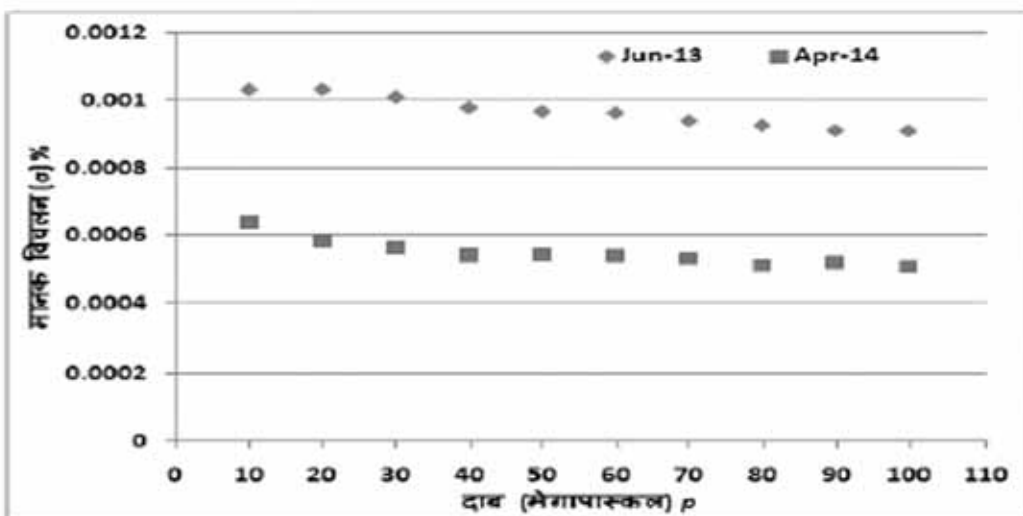
चित्र 4 एवं 5 में हमने मानक विचलन को प्रतिशतता के रूप में भी दाब के सापेक्ष आरेखित किया है। आलेखों से यह स्पष्ट है कि दोनों द्रवचालित डिजिटल दाब मानकों के दूसरे प्रयोग में मानक विचलन के मान में सुधार हुआ है। इसका संभावित कारण कमरे के तापमान और सापेक्ष आर्द्रता का अधिक प्रभावी और सही ढंग से बनाए रखना है। इस तरह हमने इन डिजिटल दाब मानकों की लघुकालिक स्थिरता स्थापित की है।



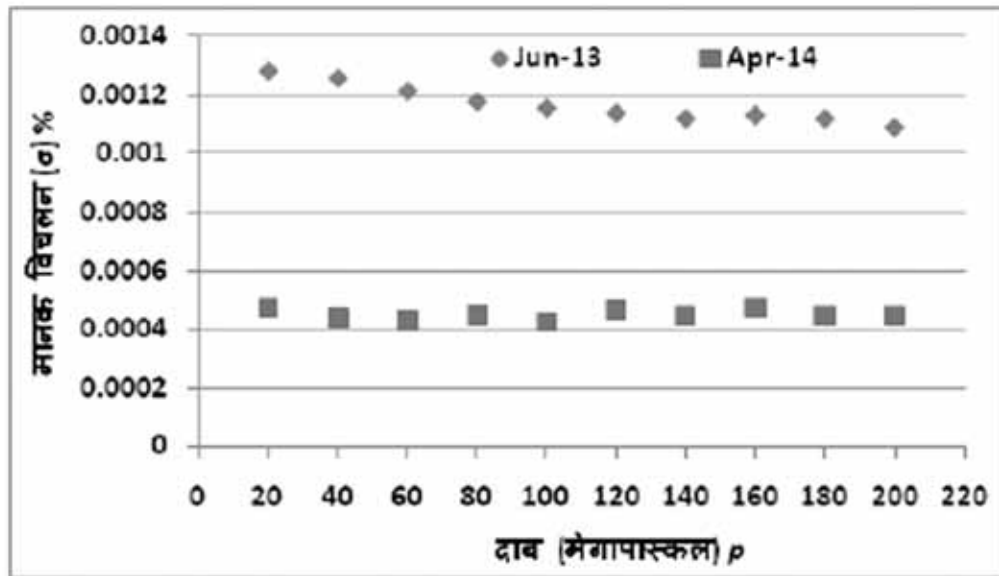
चित्र 2 : एनपीएल100आरपीएम के दूसरे प्रयोग में भी मानक विचलन के मानों में सुधार



चित्र 3 : एनपीएल200आरपीएम के दूसरे प्रयोग में भी मानक विचलन के मानों में सुधार

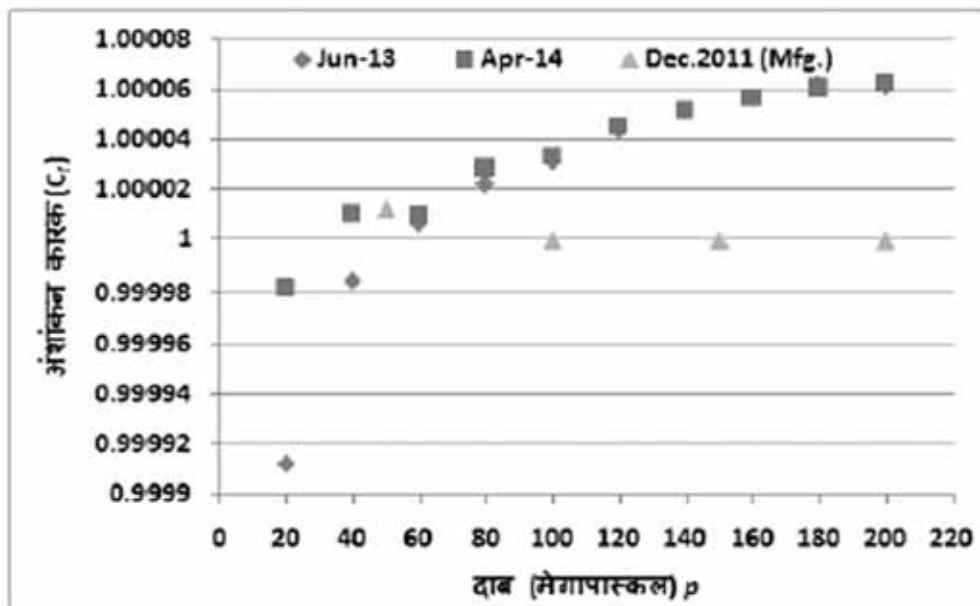


चित्र 4 : मानक विचलन के मान दाब के सापेक्ष प्रतिशतता के रूप में (एनपीएल100आरपीएम)

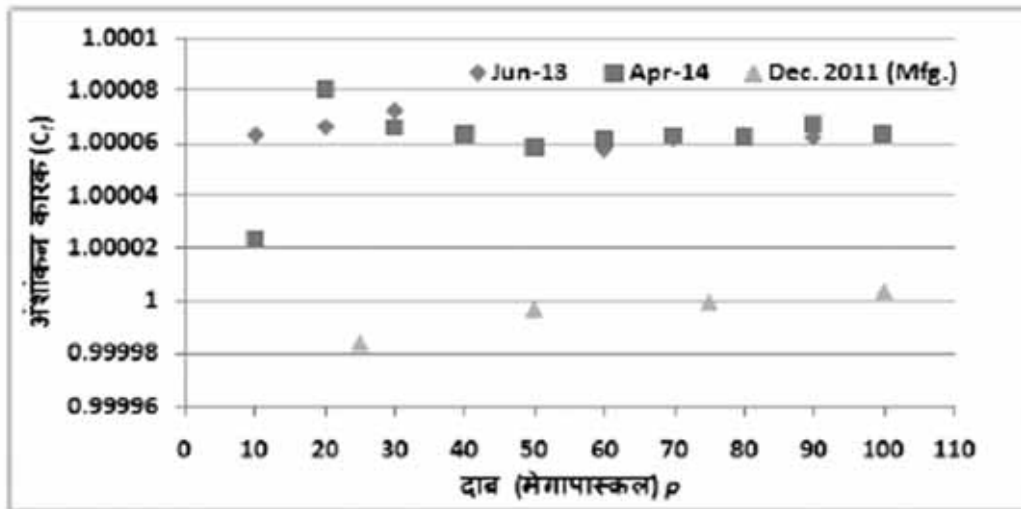


चित्र 5 : मानक विचलन के मान दाब के सापेक्ष प्रतिशतता के रूप में (एनपीएल200आरपीएम)

चित्र 6 एवं 7 में एनपीएल200आरपीएम के सापेक्ष एनपीएल100आरपीएम और एनपीएल200आरपीएम के अभिलक्षण से प्राप्त परिणामों को दर्शाया गया है। बढ़ते दाब के साथ अंशांकन कारक को परिकलित किया गया। पिछले ३ वर्षों के मानों का अध्ययन कर रेखांकन खींचे गए हैं। आलेख के अध्ययन के अनुसार सापेक्ष विस्तृत मापन अनिश्चितता एनपीएल 200 आरपीएम के लिए 0.007% और एनपीएल 100 आरपीएम के लिए 0.008% पायी गयी, जोकि निर्माता द्वारा दी गयी मापन अनिश्चितता एनपीएल200 आरपीएम के लिए 0.013% और एनपीएल 100 आरपीएम के लिए 0.015% है से बेहतर है। इस तरह हमने कई वर्षों तक अभिलक्षण कर इन डिजिटल दाब मानकों की दीर्घकालिक स्थिरता की है।



चित्र 6 : बढ़ते दाब के साथ अंशांकन कारक के मान (एनपीएल200आरपीएम)



चित्र 7 : बढ़ते दाब के साथ अंशांकन कारक के मान (एनपीएल100आरपीएम)

#### 4. निष्कर्ष

हमने एनपीएल100आरपीएम और एनपीएल200आरपीएम का सफलतापूर्वक अभिलक्षण कर इनकी स्थापना माध्यमिक मानक के रूप में करके द्रवचालित दाब मानक को उन्नत किया है। इस अभिलक्षण से प्राप्त अनिश्चितता का मान निर्माता द्वारा दिए गए अनिश्चितता के मान से बेहतर है। इस अध्ययन से हमने डिजिटल दाब मानकों की अल्पकालिक और दीर्घकालिक स्थिरता को अपनी दाब मानक प्रयोगशाला में स्थापित किया है। इस अध्ययन से यह निष्कर्ष निकलता है कि इन द्रवचालित डिजिटल दाब मानकों को दूसरे दाबमापी यंत्रों के अंशांकन के लिए अधिक सुगमता से प्रयोग किया जा सकता है।

# स्केलर/वेक्टर नेटवर्क एनेलाइजर द्वारा मुड़ित फिल्टरों के पैरामीटर का मापन

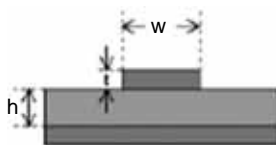
जगदीश शिवहरे

आई. टी. एम. विश्वविद्यालय, गुड़गाँव

(e-mail : jpshivhare@itmindia.edu)

## सारांश

उच्च आवृत्ति के सिग्नल को एक सर्किट में एक स्थान से दूसरे स्थान तक ले जाने के लिए विभिन्न प्रकार की ट्रान्समिशन लाइनों का उपयोग किया जाता है, जैसे कि द्वितार लाइन, मुड़ा हुई लाइन, कोएक्सिल लाइन तथा समतलीय प्रिन्टेड लाइन इस प्रकार की लाइनें 100 मेगाहर्ज आवृत्ति के सिग्नल को सर्किट में एक जगह से दूसरी जगह ले जा सकती है, इस प्रकार की लाइन युक्त सर्किट, छोटे आकार, कम भार, अधिक क्षमता युक्त होने के साथ-साथ एकीकृत सर्किट तकनीक में समाहित होने से कम कीमत में बनाये जा सकते हैं।



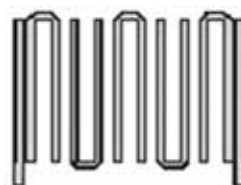
चित्र-1. माइक्रोस्ट्रिप लाइन

## हेयर पिन लाइन की संरचना

माइक्रोस्ट्रीप लाइन में चालित लाइन, सक्सट्रेक्ट के एक तरफ तथा ग्राउण्ड प्लेन दूसरी तरफ होता है। एक तरफ खुली संरचना के कारण माइक्रोस्ट्रिप लाइन इन्टरकनेक्शन में अनुकूल तथा उत्पादन में सरल होती है।



चित्र-2. मुड़ित पिन लाइन



चित्र-3. मुड़ित हेयर पिन लाइन

## मुड़ित संरचना का लाभ

इस प्रकार के फिल्टर 100 मेगाहर्ज की उच्च आवृत्ति तक बनाये जा सकते हैं। मुड़ित विधि से बनाये गये फिल्टर वास्तविक हेयर पिन लाइन फिल्टर की तुलना में 60-65% आकार में कम होने के साथ-साथ अच्छे परिणाम भी देते हैं।

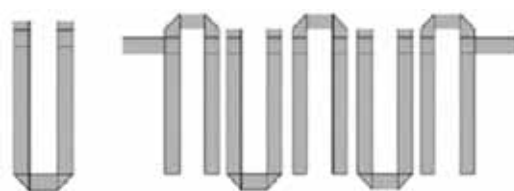


मुड़ित माइक्रोस्ट्रिप लाइन की रूपरेखा



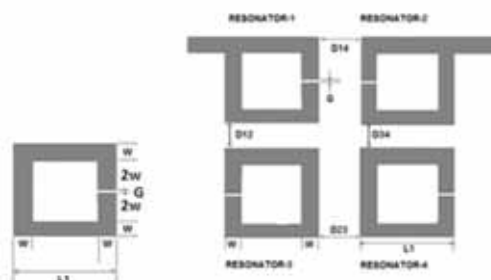
चित्र-4. विभिन्न प्रकार की मुड़ित हेयरपिन लाइन

वास्तविक हेयर पिन लाइन फिल्टर की संरचना



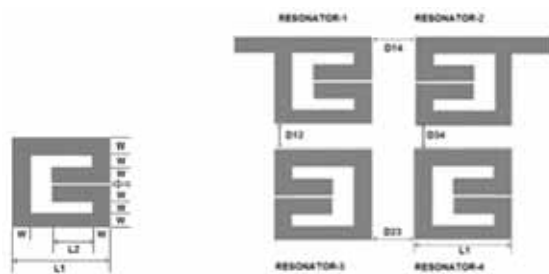
चित्र-5. वास्तविक हेयर पिन लाइन का आकार 40 मि.मी. × 20 मि.मी.(ए.)

एकल मुड़ित हेयर पिन लाइन की रूपरेखा



चित्र-6. एकल मुड़ित फिल्टर का आकार: 60%(ए.)

द्वि-मुड़ित हेयर पिन लाइन फिल्टर की रूपरेखा



चित्र-7. द्वि-मुड़ित हेयर पिन लाइन फिल्टर का आकार: 50%(ए.)

राष्ट्रीय संगोष्ठी : मापिकी - 2014 'शोधपत्र संकलन पुस्तिका'



| 149



| 149

# वायुमंडलीय दाब से 1.0 गीगापास्कल तक द्रव-चालित राष्ट्रीय दाब मानक एवं उनकी अनुमार्गणीयता

संजय यादव, ललित कुमार एवं रमन कुमार शर्मा  
दाब मानक

सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ. के. एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail: syadav@nplindia.org)

## सारांश

राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में स्थापित अधिकांश द्रव-चालित दाब मानक पिस्टन गेज पर आधारित हैं। पिस्टन गेज पर आधारित दाब मानक ऐसे दाबमापी यन्त्र होते हैं जिनसे दाब का मापन दाब की मौलिक परिभाषा के अनुसार रियलाईज्ड किया जाता है और इस प्रकार के उपकरण अक्सर प्राथमिक/द्वितीयक दाब मानक के रूप में प्रयोग किये जाते हैं। इसके मुख्य घटकों में पिस्टन सिलेंडर असेम्बली, स्क्रू पम्प और डैड वेट्स (वजन) हैं। वर्तमान शोधपत्र में, मापन में विश्वसनीयता सुनिश्चित करने के लिए, पिछले कुछ वर्षों में राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में स्थापित पिस्टन गेज पर आधारित कई प्रकार के द्रव-चालित दाब मानकों, मौजूदा अंशांकन सेवायें और गतिविधियों की वर्तमान स्थिति का परिदृश्य प्रस्तुत है। इसी क्रम में, इन मानकों की विश्वसनीयता में सुधार करने के लिए, तकनीकी क्षमता के साक्ष्य प्रदान करने के लिए और आपसी विश्वास को बनाए रखने के लिए, इन मानकों ने विभिन्न अन्तरराष्ट्रीय तुलनाओं में सफलता पूर्वक भाग लिया है। वर्तमान शोधपत्र में, इस प्रकार सभी राष्ट्रीय द्रव-चालित दाब मानकों और उनका इन तुलनाओं में प्राप्त परिणामों का सारांश प्रस्तुत है। वर्तमान पत्र का मुख्य उद्देश्य राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में स्थापित द्रव-चालित भारतीय राष्ट्रीय दाब मानकों, उनकी मापन क्षमताओं की एसोसिएटेड अनिश्चितताओं के साथ वर्तमान स्थिति पेश करना, BIPM वैबसाईट के परिशिष्ट 'सी' में पंजीकृत CMCs तथा मुख्य तुलनाओं के परिणामों का परिशिष्ट 'बी' में शामिल प्रमुख डाटाबेस (KCDB) की एक झलक प्रस्तुत करना है।

## 1. प्रस्तावना

उद्योग जगत की गुणात्मक उत्पाद की जरूरतों को पूरा करने के लिये, मापन तकनीक, अंशांकन एवं अनुमार्गणीयता मापिकी में महत्वपूर्ण भूमिका अदा करते हैं। मापिकी विकासशील अर्थव्यवस्था एवं विकास की धुरी है। अनुमार्गणीयता मापक करने वाले यन्त्र के अंशांकन की वैधयता को स्थापित करने की संकल्पना है जिसको हम ज्यादा अच्छे निर्दिष्ट मानक के सापेक्ष तुलना प्राप्त करके स्थापित कर सकते हैं।

“दाब” न केवल द्रव्य अवस्था के सबसे महत्वपूर्ण पैरामीटरों में से एक है बल्कि हमारे दैनिक जीवन में बहुत सी औद्योगिक प्रक्रियाओं में आवश्यक प्रक्रिया पैरामीटर के रूप में सबसे अधिक मापित किया जाने वाला भौतिक पैरामीटर है। ताप इंजीनियरिंग, वातानुकूलन, पावर स्टेशन प्रौद्योगिकी, जैव और रासायनिक प्रक्रिया प्रौद्योगिकी, गैस और ऊर्जा आपूर्ति ऑटोमोबाइल उद्योग, मैकेनिकल इंजीनियरिंग, तंत्र और संयंत्र इंजीनियरिंग, विमानन, परिवहन

चिकित्सा, रक्षा और वैज्ञानिक अनुसंधान आदि कुछ ऐसे महत्वपूर्ण अनुप्रयोग हैं जिनमें दाब मापन अपरिहार्य है (1) अकेले भारत में ही नव निर्मित और स्थापित दाब मापन के उपकरणों की संख्या कई लाख के बराबर प्रति वर्ष है, और यह संख्या औद्योगिकीकरण के कारण लगातार बढ़ती जा रही है।

सीएसआईआर-एनपीएल, नई दिल्ली का दाब मानक विभाग, दाब मापिकी में अनुसंधान और विकास गतिविधियों में सक्रिय रूप से लगा हुआ है। सीएसआईआर-एनपीएल, नई दिल्ली के चार्टर के अनुसार, विभाग दाब मापिकी के क्षेत्र में निरंतर अनुसंधान और विकास के माध्यम से मौजूदा विभिन्न राष्ट्रीय प्राथमिक और माध्यम द्रव चालित दाब मानकों के रख रखाव एवं उन्नयन में लगा हुआ है। दाब मानकों की अंतरराष्ट्रीय अनुमार्गणीयता स्थापित करना तथा अंशांकन और परामर्श सेवाओं के माध्यम से उपयोगकर्ताओं, उद्योगों व अन्य संगठनों के लिए मानकों का प्रसार करना भी विभाग की जिम्मेदारी है। वर्तमान पेपर का मुख्य उद्देश्य एनपीएल में स्थापित विभिन्न राष्ट्रीय द्रव-चालित दाब मानकों, उनकी मापन क्षमताओं, एसोसिएटेड अनिश्चितताओं के साथ तथा अंतरराष्ट्रीय मानकों के साथ उनकी संगतता और अनुमार्गणीयता की झलक पेश करना है।

## 2. राष्ट्रीय द्रव-चालित प्राथमिक दाब मापक

दाब मानक विभाग वर्तमान में राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला परिसर में टीईसी भवन में स्थित है। लेकिन कुछ ही समय में नवनिर्मित शीर्षस्तरीय मापिकी भवन में स्थानांतरित करने की योजना है। इस विभाग का मुख्य उद्देश्य और गतिविधियों में दाब के राष्ट्रीय प्राथमिक और माध्यमिक मानकों की स्थापना, निरंतर अनुसंधान और विकास के माध्यम से अंतरराष्ट्रीय मानकों के संगत उन्नयन करना और बनाए रखना हैं। विभाग ने अंतरराष्ट्रीय स्तर पर संगत तालिका 1 में दर्शाए अनुसार द्रव-चालित प्राथमिक और माध्यमिक दाब मानक स्थापित किये हैं। सीएसआईआर-एनपीएल, नई दिल्ली में स्थापित विभिन्न द्रव-चालित प्राथमिक राष्ट्रीय दाब मानकों का संक्षिप्त सारांश निम्नानुसार हैं :

### 2.1 एनपीएल-एच 1 CCPG

1987 में स्थापित, यह द्रवचालित राष्ट्रीय प्राथमिक दाब मानक मैसर्स हारवुड इंजीनियरिंग कंपनी संयुक्त राज्य अमेरिका द्वारा निर्मित एक नियंत्रित निकासी प्रकार का पिस्टन गेज (CCPG) है। इसमें टंगस्टन कार्बाइड से बनी दो पिस्टन सिलेंडर असेम्बलीयाँ हैं, पहली असेम्बली 1.0 गीगापास्कल (GPa) तक तथा दूसरी 500 एमपीए (MPa) तक दाब मापने के लिए प्रयोग की जाती है। पहली असेम्बली को 2005, 2007 एवं 2008 में, जबकि 500 एमपी असेम्बली को 2011 में विभिन्न दाब संचार द्रवों का उपयोग पुनः दोहराते हुए अभिलक्षित किया गया (2)। इस प्राथमिक मानक ने आईएमजीसी (IMGC, इटली) के साथ द्विपक्षीय तुलना में सफलतापूर्वक भाग लिया है। सम्पूर्ण प्रणाली, 500 किलो भार के एक वेटसेट (जिसमें 17 वेटस् हैं, 50 किलोग्राम के 9 वेटस्, 4 वेटस् 10 किलोग्राम के, एक वेट 5 किलोग्राम का, 2 किलोग्राम के 2 वेटस् हैं), एक दाब उत्पादक एवं नियंत्रक पैनल तथा एक भार लोडिंग एवं अनलोडिंग नियंत्रक से बना हुआ है। इस द्रवचालित राष्ट्रीय प्राथमिक दाब मानक की एक छायाकृति चित्र-1 (क) में दर्शायी गयी है।

### 2.2 एनपीएल-एच 2 CCPG

एनपीएल-एच 2, 2009 में स्थापित एक नियंत्रित निकासी प्रकार का पिस्टन गेज मैसर्स फ्लूक कारपोरेशन, डीएच उपकरण प्रभाग, अमरीका द्वारा निर्मित राष्ट्रीय प्राथमिक द्रवचालित दाब मानक है, जिसकी पिस्टन सिलेंडर

तालिका 1: सीएसआईआर-एनपीएल, नई दिल्ली में स्थापित द्रवचालित राष्ट्रीय प्राथमिक और माध्यमिक दाब मानक

क्र.सं.	मानक का नाम	दाब सीमा
1.	नियंत्रित अंतर पिस्टन गेज - प्राथमिक मानक : i. एनपीएल-एच 1 ii. एनपीएल-एच 2	i. 100 - 1000 GPa ii. 50 - 500 MPa i. 10 - 100 MPa ii. 20 - 200 MPa
2.	डैस्त्रैज्स इटी ह्यूट (फ्रांस) मॉडल # 5306 - द्वितीयक मानक : एनपीएल20एमपीए, एनपीएल50एमपीए, एनपीएल100एमपीए, एनपीएल100एमपीएन, एनपीएल200एमपीएन, एनपीएल500एमपीए और एनपीएल500एमपीएन	i. 0.2 - 100 MPa ii. 0.4 - 200 MPa iii. 1.0 - 500 MPa iv. 0.1 - 50 MPa v. 0.05 - 20 MPa
3.	रसका (यूएसए) मॉडल # 2450 - द्वितीयक मानक : एनपीएल 28एमपीए, 140एमपीए और 280एमपीए	i. 0.07 - 28 MPa ii. 0.24 - 140 MPa iii. 0.48 - 280 MPa
4.	डिजिटल दाब अंशशोधक	i. 0 - 100 MPa ii. 0 - 200 MPa ii. 0 - 275 MPa iv. 0 - 500 MPa

असेम्बली टंगस्टन कार्बाइड की बनी है। इस प्राथमिक दाब मानक द्वारा हम 100 एमपीए तक  $35 \times 10^{-6}$  ( $k=2$ ) तथा 200 एमपीए तक  $40 \times 10^{-6}$  ( $k=2$ ) की मापन अनिश्चितता के साथ दाब मापन कर सकते हैं। साथ ही साथ यह मानक पिस्टन सिलेंडर असेम्बली का तापमान, अंशांकन प्रयोगशाला में वातावरणीय दशाओं का मापन, पिस्टन स्थिति एवं उसके क्षरण की दर तथा घुमाव गति का मापन भी सटीक तरह से करने में सक्षम है। एनपीएल-एच 2 के अभिलक्षण का कार्य प्रगति पर है। इस द्रवचालित राष्ट्रीय प्राथमिक दाब मानक की छायाकृति चित्र-1 (ख) में दर्शायी गयी है।



चित्र-1 द्रवचालित राष्ट्रीय प्रथमिक दाब मानक, (क) एनपीएल-एच 1 (ख) एनपीएल-एच 2

### 3. राष्ट्रीय द्रव-चालित द्वितीयक दाब मानक

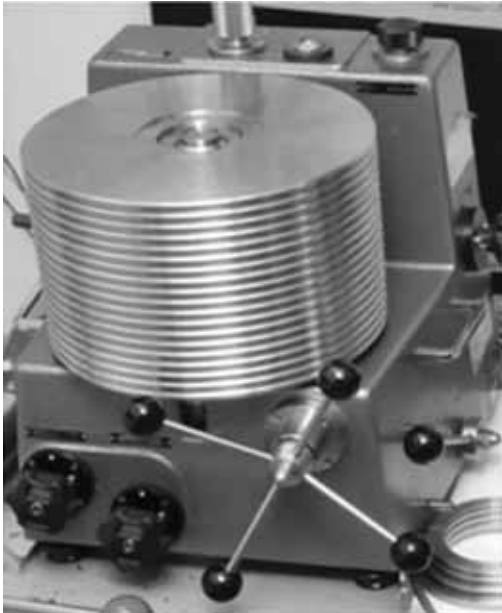
डिजाइन और आवश्यकता के अनुसार तालिका-2 में दर्शाए, कई द्वितीयक दाब मानक जोकि गत वर्षों में स्थापित किये गये है, का संक्षिप्त विवरण इस प्रकार है :

#### 3.1 डैस्त्रैज्स इटी ह्यूट, मॉडल # 5306 द्वितीयक मानक

यह राष्ट्रीय हाइड्रोलिक दाब मानक सिलेंडर {चित्र-2(क)}, विभिन्न रेन्जस् में दाब मापन के लिए, सात साधारण डिजाइन प्रकार की पिस्टन सिलेंडर असेम्बलियों (एनपीएल20एमपीए, एनपीएल50एमपीए, एनपीएल100एमपीए, एनपीएल100एमपीएन, एनपीएल200एमपीए, एनपीएल500एमपीए, और एनपीएल50एमपीएन), दो बेस यूनिटस् तथा दो 100 किलोग्राम के वेटसैट्स से मिलकर बना है। पांच पिस्टन सिलेंडर असेम्बलियाँ (एनपीएल20एमपीए, एनपीएल50एमपीएन, एनपीएल100एमपीए, एनपीएल100एमपीएन एवं एनपीएल200एमपीए) टंगस्टन कार्बाइड की बनी हैं। जबकि एनपीएल500एमपीए, एवं एनपीएल500एमपीएन के पिस्टन स्टील के बने है। यह मानक 101 किलोग्राम के दो वेटसैटस्, जिनमें प्रत्येक में स्टेनलेस स्टील के अनिश्चितता S2 वर्ग के कुल 26 वेटस् (19 वेटस् 5 किलोग्राम के तथा बाकी 7 कुल मिलाकर 6 किलोग्राम) हैं।

#### 3.2 रसका मॉडल # 2450 द्वितीयक मानक

इस मानक में रैत्रांत प्रकार {चित्र-2(ख)}, तीन टंगस्टन कार्बाइड की बनी पिस्टन सिलिंडर असेम्बलियाँ (एनपीएल28एमपीए, एनपीएल140एमपीए, और एनपीएल280एमपीए, के रूप में नामित), विभिन्न दाब परासों में दाब मापने के लिए उपलब्ध हैं। इस प्रणाली में कुल 240 किलोग्राम भार का एक वेटसैट जिसमें कुल 26 वेटस् (13 वेटस् प्रत्येक 17.3 किलोग्राम तथा बाकि 13 वेटस् कुल मिलाकर 17.3 किलोग्राम) हैं।



(क)



(ख)

चित्र-2 द्रवचालित राष्ट्रीय द्वितीयक मानक (क) डैस्त्रैज्स इटी ह्यूट, मॉडल # 5306 (ख) रसका मॉडल # 2450

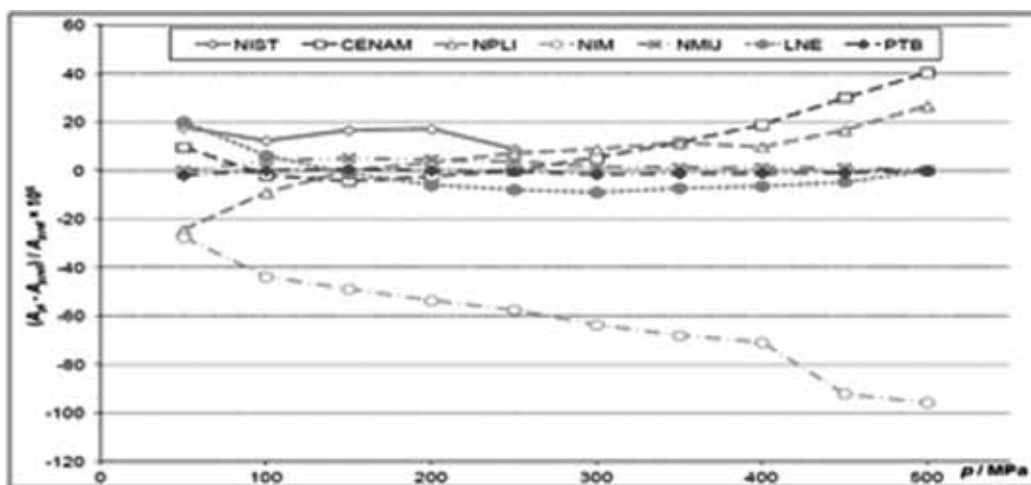
## 4. हाल ही में संपन्न अंतर्राष्ट्रीय मुख्य तुलनाओं में एनपीएल की भागीदारी

### 4.1 CCM P.K13(2009-2012)

NPL500MPN द्वितीयक मानक का उपयोग कर 50 से 500 एमपीए की दाब सीमा में, नवम्बर 2008 से मार्च 2010 के दौरान सीसीएम के उच्च दाब कार्य समूह द्वारा आयोजित तथा हाल ही में संपन्न CCM.P.K13 तुलना में कुल 3 क्षेत्रीय मापिकी संगठनों के 8 प्रतिभागियों (4 APMP : NMIJ, जापान, KRISS, कोरिया, NIM, चीन तथा NPLI, भारत; 2 EURAMET : पीटीबी, जर्मनी तथा इनरिम इटली; 2 सिम (SIM) NIST, अमेरिका तथा CENAM, मैक्सिको), के साथ भाग लिया (चित्र-3)। इस तुलना को पीटीबी, जर्मनी द्वारा संचालित किया गया था। एनआईएम, चीन को छोड़कर सभी प्रतिभागियों के परिणाम, संदर्भ परिणामों के साथ और आपस में एक दूसरे के साथ, इस तुलना में गणना की गई उनकी विस्तृत मापन अनिश्चितताओं (अभिकलन  $k=2$  पर) के अन्दर, जबकि उनमें से ज्यादातर के परिणाम उनकी मानक मापन अनिश्चितताओं (अभिकलन  $k=1$  पर) के अन्दर सहमत है (3)।

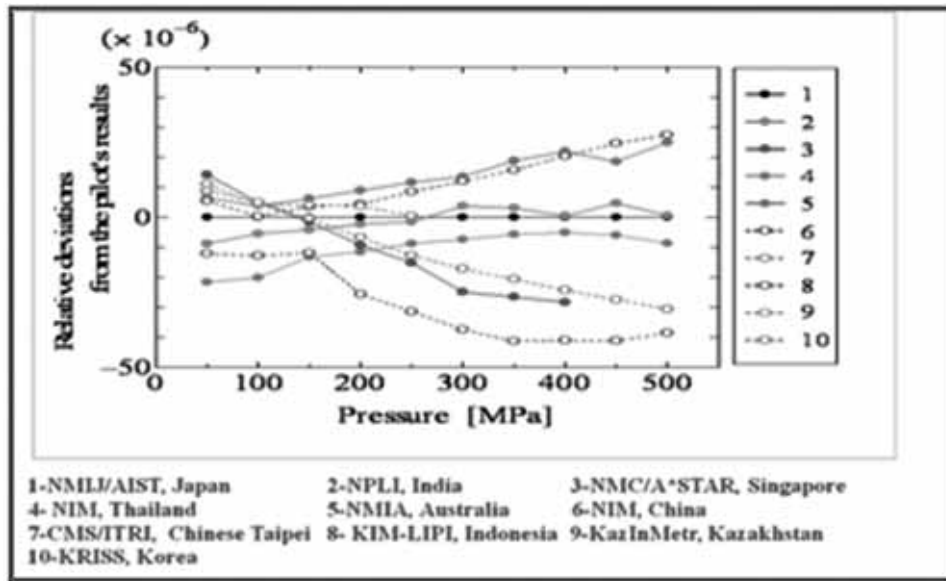
### 4.2 APMP. M.P.K13(2009-2015)

एनपीएलआई, भारत ने एनआईएमजे/एआईएसटी, जापान द्वारा संचालित तथा BIPM और APMP द्वारा प्रायोजित, APMP.MP-K13 के रूप में पहचान की गई, इस तुलना में भाग लिया है (चित्र-4)। परियोजना का उद्देश्य भाग लेने वाले संस्थानों के हाइड्रोलिक दाब मानकों की गेज मोड में, 50 एमपीए से 500 एमपीए तक दाब सीमा में, प्रदर्शन की तुलना करने तथा उच्च दाब CMCs के लिए, अनिवार्य रूप से समर्थन करने के लिए, उद्देश्य सबूत के लिए है। इस तुलना की अंतिम रिपोर्ट अभी अगस्त 2014 में जारी हुई है। कुल भाग लेने वाले संस्थानों में एनआईएमजे/एआईएसटी, जापान, एनपीएलआई, भारत एनएससी/ए\*स्टार, सिंगापुर, एनआईएमटी, थाईलैंड, एनएमआईए, ऑस्ट्रेलिया, एनआईएम, चीन, सीएमएस/आईटीआरआई, चीन ताइपे, किम-लिपि, इंडोनेशिया, KazInMetr. कजाखस्तान और क्रिस, कोरिया सहित 10 देश थे। अंतिम रिपोर्ट के अनुसार, एनपीएलआई, भारत के परिणाम अन्य भाग लेने वाले संस्थानों के साथ तथा पायलट प्रयोगशाला, एनआईएमजे/एआईएसटी, जापान (सापेक्ष विचलन 9 पीपीएम से बेहतर) के साथ उत्कृष्ट समझौते में हैं।



चित्र - 3 : CMC P-K13 अंतर्राष्ट्रीय तुलना में भाग लेने वाली प्रयोगशालाओं के परिणाम





चित्र - 4 : APMP MP-K13 अंतर्राष्ट्रीय तुलना में भाग लेने वाली प्रयोगशालाओं के परिणाम

## 5. अंशांकन और मापन क्षमताओं का ब्यौरा

प्रयोगशाला ने दो बार (नवम्बर 2004 और फरवरी, 2009 के दौरान) आईएसओ / आईईसी 17025 के दिशा निर्देशों के अनुसार प्रयोगशाला में गुणवत्ता प्रणाली के कार्यान्वयन की समकक्ष समीक्षा सफलतापूर्वक करवायी हैं। इन समकक्ष समीक्षाओं में तकनीकी विशेषज्ञ क्रमशः NIST अमेरिका तथा KRISS, कोरिया से तथा गुणवत्ता विशेषज्ञ भारत से थे। इस प्रकार अंशांकन और मापन क्षमताओं (CMCs) की अंतराष्ट्रीय बेंचमार्किंग, क्षेत्रीय मेट्रोलोजी संगठन (आरएमओ) यानी एशिया प्रशांत मेट्रोलोजी कार्यक्रम (APMP) के माध्यम से, एक कठोर समकक्ष समीक्षा प्रक्रिया के माध्यम से हासिल की थी। इस प्रकार BIPM द्वारा इन CMCs को दोनों बार मंजूरी दी गई। पिछली बार BIPM वेबसाइट के परिशिष्ट 'सी' में हाइड्रोलिक दाब क्षेत्र की 0.07 एमपीए से 1000 एमपीए तक दाब परास में पांच CMCs अक्टूबर 2009 के दौरान प्रकाशित किए गए थे। इन CMCs का BIPM द्वारा अनुमोदित वर्तमान ब्यौरा, मापन परास एवं मापन अनिश्चितता के साथ चित्र 5 में दर्शाया गया है।

BIPM Calibration and Measurement Capabilities	
State and related quantities	
India, NPLI (National Physical Laboratory of India)	
<p>Gauge pressure, liquid medium, Pressure measuring device, pressure balance, 200 MPa to 1000 MPa</p> <p>Absolute expanded uncertainty (<math>k = 2</math>, level of confidence 95%) in MPa: 250E-06p, p pressure in MPa</p> <p>Direct comparison with standard</p> <p>Temperature: 23 °C</p> <p>Approved on 12 October 2009</p> <p>Internal NMI service identifier: NPLI/34</p>	
<p>Gauge pressure, liquid medium, Pressure measuring device, pressure balance, 200 MPa to 500 MPa</p> <p>Absolute expanded uncertainty (<math>k = 2</math>, level of confidence 95%) in MPa: 120E-06p, p pressure in MPa</p> <p>Direct comparison with standard</p> <p>Temperature: 23 °C</p> <p>Approved on 12 October 2009</p> <p>Internal NMI service identifier: NPLI/11</p>	
<p>Gauge pressure, liquid medium, Pressure measuring device, pressure balance, 200 MPa to 200 MPa</p> <p>Absolute expanded uncertainty (<math>k = 2</math>, level of confidence 95%) in MPa: 80E-06p, p pressure in MPa</p> <p>Direct comparison with standard</p> <p>Temperature: 23 °C</p> <p>Approved on 12 October 2009</p> <p>Internal NMI service identifier: NPLI/35</p>	
<p>Gauge pressure, liquid medium, Pressure measuring device, pressure balance, 20 MPa to 100 MPa</p> <p>Absolute expanded uncertainty (<math>k = 2</math>, level of confidence 95%) in MPa: 40E-06p, p pressure in MPa</p> <p>Direct comparison with standard</p> <p>Temperature: 23 °C</p> <p>Approved on 12 October 2009</p> <p>Internal NMI service identifier: NPLI/36</p>	
<p>Gauge pressure, liquid medium, Pressure measuring device, pressure balance, 0.2 MPa to 50 MPa</p> <p>Absolute expanded uncertainty (<math>k = 2</math>, level of confidence 95%) in MPa: 40E-06p, p pressure in MPa</p> <p>Direct comparison with standard</p> <p>Temperature: 23 °C</p> <p>Approved on 12 October 2009</p> <p>Internal NMI service identifier: NPLI/37</p>	

चित्र 5 : BIPM के परिशिष्ट 'सी' में प्रकाशित हाइड्रोलिक दाब की पांच CMCs



## सन्दर्भ

1. गाईड टू दी मीजरमेंट ओफ प्रैशर ऐंड वैक्यूम, मापन और नियंत्रण संस्थान, ब्रिटेन द्वारा प्रकाशित, 1998.
2. दी इफैक्ट ओफ प्रैशर-ट्रांसमीटींग फ्लूईड इन दी कैरेक्टराईजेशन ओफ ए कण्ट्रोल्ड क्लीरियेंस पिस्टन गेज, संजय यादव, ओम प्रकाश, विरेन्द्र कुमार गुप्ता और ए.के. बंधोपाध्याय, मिट्रालोजिया, 44, 222-233(2007).
3. फाईनल रिपोर्ट ओन की कम्पैरिजन इन दी रेंज 50 एमपीए टू 500 एमपीए ओफ हाइड्रोलिक गेज प्रैशर, सबूगा डब्ल्यू, ओल्सन डी ए, टोरेस जे सी, यादव संजय, जिन वाई, कोबाटा टी एवं ओटल पी, मिट्रोलोजिया टेक्नीकल सप्लीमेंट, 49, 07006
4. फाईनल रिपोर्ट ओन की कम्पैरिजन APMP M.P-K13 इन हाइड्रोलिक गेज प्रैशर फ्रॉम 50 एमपीए टू 500 एमपीए, काजीकावा एच, कोबाटा टी, यादव संजय, जियान डब्ल्यू, चैंगपैन टी, ओवेन एन, यान्हुवा एल, हंग सीस, गीनांजार जी, कानाटोविच के ई और चोई आई एम, सितम्बर 2014.

# विद्युतीय (AC) माप-पद्धति में जोसेफसन प्रभाव आधारित क्वांटम मानक पर परिपेक्ष्य

संध्या एम. पटेल, अनिश एम. भार्गव, पी.एस. नेगी एवं वी.एन. ओझा  
क्वांटम परिघटना एवं अनुप्रयोग

सी.एस.आई.आर.- राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डॉ.के.एस. कृष्णन् मार्ग, नई दिल्ली - 110 012

(e-mail : patelsm@nplindia.org)

## सारांश

दुनिया भर में माप-विद्या प्रयोगशालाएं यथार्थ मापन के लिए जोसेफसन प्रभाव पर आधारित क्वांटम गतिविधि का प्रयोग मापवैधैयिक अनुप्रयोगों के लिए करती आयीं हैं। हालांकि, जोसेफसन प्रभाव पर आधारित डीसी बोल्टेज मानक सुस्थापित हैं, लेकिन जब उसी सूक्ष्म प्रौद्योगिकी का विस्तार AC विकास की दिशा में किया जाता है, तब महत्वपूर्ण चुनौतियों से सम्मुख होना पड़ता है। आज, कई NMIs AC विद्युत-वोल्ट (voltage) के विकास की दिशा में शोध कार्य कर रही हैं और इसके साथ शक्ति (power) मानकों का संयोजन भी कर रही हैं। यह क्वांटम आधारित इकाइयों से स्थापित, शक्ति की अनुमार्गणीयता में सुधार लाने में सहायक होगा और इससे प्राप्त अनिश्चितता प्रथागत उष्ण दाब परिवर्तक मानक से प्राप्त अनिश्चितता की अपेक्षा एक क्रम बेहतर मिलेगी।

इस वार्ता में जोसेफसन प्रभाव के भौतिकी का संक्षेप में विवरण तथा AC विद्युत-वोल्ट मानक के विकास के प्रयास में, NPLI में स्थापित जोसेफसन आधारित विद्युत-वोल्ट मानक में होने वाली उपान्तरण, के बारे में चर्चा करेंगे। जोसेफसन प्रभाव पर आधारित AC विद्युत-दाब और AC शक्ति के मानक विकास की दिशा में विभिन्न NMIs में चल रहे गतिविधियों और प्रगति की समीक्षा की जाएगी। NPLI में जोसेफसन के AC (एसी) अनुप्रयोगों से AC विद्युत-वोल्ट तथा शक्ति मैट्रोलोजी के यथार्थ माप की दिशा में जरूरी आगामी शोध पर चर्चा की जाएगी।

## 1. प्रस्तावना

इस पत्र का उद्देश्य जोसेफसन प्रभाव पर आधारित विद्युत क्वांटम मानकों की स्थिति की समीक्षा और माप-विद्या के अन्य क्षेत्रों नवीनतम विकास और उनके अनुप्रयोगों का विवरण है। जोसेफसन-प्रभाव क्वांटम वोल्टेज मानकों का आधार है जिस पर बुनियादी भौतिक सिद्धांत स्थापित है। वे अतिचालक इलेक्ट्रॉनिक्स (1) के विभिन्न अनुप्रयोगों के लिए आधार है जिस पर बुनियादी भौतिक सिद्धांत स्थापित है। वे अतिचालक इलेक्ट्रॉनिक्स के विभिन्न अनुप्रयोगों के लिए आधार हैं जैसे उच्च परिशुद्धता माप के लिए माप-विद्या।

एक मापवैधैयिक अनुप्रयोग का सबसे महत्वपूर्ण प्रतिनिधि जोसेफसन वोल्टेज मानक है यह क्वांटम मानक वोल्टेज की इकाई, 'Volt', को भौतिक स्थिरांक के संदर्भ में सक्षम बनाता है। यह आजकल उच्च परिशुद्धता वोल्टेज माप के लिए दुनिया भर में कई प्रयोगशालाओं में प्रयोग किया जाता है, प्रत्येक आधुनिक जोसेफसन वोल्टेज मानक के मुख्य घटक पतली फिल्म प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में गढ़े हजारों जोसेफसन जंक्शनों से मिलकर उच्च एकीकृत

श्रृंखला सरणी है जोसेफसन युक्ति (जंक्शन) धारणात्मक सरल रहे हैं, परन्तु ज्यादा से ज्यादा कुछ millivolt पहुंचाने वाली 10,000 से अधिक या लाख जंक्शनों युक्त उच्च एकीकृत श्रृंखला सरणियों के विकास में लगभग 50 वर्षों की जरूरत हुई। ये बड़ी श्रृंखला सरणियों सबसे अनुप्रयोगों के लिए प्रासंगिक है, जो 10 Volt स्तर पर डीसी और एसी voltages की पीढ़ी के लिए सक्षम है।

Underdamped जोसेफसन जंक्शनों पर आधारित परम्परागत जोसेफसन वोल्टेज मानक डीसी अनुप्रयोगों के लिए प्रयुक्त होता है। यथार्थ बहुत सटीक एसी voltages में बढ़ती रुचि एसी अनुप्रयोगों के लिए जोसेफसन सरणियों के आधार पर माप उपकरण को विकसित करने के लिए विभिन्न प्रयास को प्रेरित किया है, नामतः द्विआधारी-विभाजित सरणियों युक्त प्रोग्रामेबल जोसेफसन वोल्टेज मानक व overdamped जोसेफसन जंक्शनों पर आधारित पल्स संचालित जोसेफसन वोल्टेज मानक। इस पत्र में जोसेफसन प्रभाव के रूप में अच्छी तरह से उनके मूल सिद्धांतों और मापवैद्यैयिक अनुप्रयोगों के आधार पर इन आधुनिक डीसी और एसी क्वांटम मानकों के विकास का वर्णन है।

## 2. जोसेफसन प्रभाव के मूलतत्त्व

ब्रायन जोसेफसन कुछ वर्षों में अपने प्रकाश (2) के बाद BCS सिद्धांत के आधार पर कामजोर युग्मित दो अतिचालक के व्यवहार की जाँच की उन्होंने संयोजन के पार कूपर जोड़ के टनेलन के कारण कनेक्शन दो प्रभाव की भविष्यवाणी की यानी दो अतिचालकों की स्थूल wavafunction की युग्मन। पहला जोसेफसन समीकरण कहा जाता है, डीसी जोसेफसन प्रभाव जिसमें कहा गया है

$$I = I_c \sin \phi \quad (1)$$

जब Biasing विद्युत धारा  $I_c$  से भी अधिक हो जाती है, एक वोल्टेज  $V$  जंक्शन अवस्थाभर में प्रकट होता है और इस वोल्टेज अपनी ही एक oscillating विद्युत प्रवाह पर उत्पन्न करता है, जिनकी आवृत्ति दूसरा जोसेफसन समीकरण से वोल्टेज से संबंधित है

$$V = (h/2e) \times f \quad (2)$$

पिछला संबंध आधुनिक वोल्ट मैट्रोलाजी के आधार पर है। मात्रा  $h/2e$ ,  $\Phi_0$  कहा जाता है, प्रवाह क्वांटम एकता का प्रतिनिधित्व करता है कहा गया है, समीकरण (2) किसी भी उपकरण विशेषता या किसी भी परिचालन अवस्था से स्वतंत्र है हालत, और समय में किसी भी बहाव नहीं है।

## 3. जोसेफसन जंक्शनों और श्रृंखला सरणियों का बोध

जोसेफसन जंक्शनों और 1980 के दशक में पहली श्रृंखला सरणियों का Nb/Lead मिश्र धातु प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में गढ़े गए थे (3) लेकिन मुख्य समस्या यह है कि नमी और थर्मल साइकिल द्वारा नेतृत्व मिश्र धातु सर्किट की क्षति के लिए खतरा था। एक और अधिक मजबूत निर्माण की प्रक्रिया के विकास में मुख्य महत्वपूर्ण सफलता Gurvitch [4] द्वारा Nb/Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> प्रौद्योगिकी का आविष्कार किया गया यह तकनीक 9.2 केल्विन, नाइओबियम पर पतली अल्युमीनियम परतों के बकाया को कवर करने के लिए उच्च महत्वपूर्ण तापमान और थर्मल ऑक्सीकरण द्वारा अल्युमिनियम की एक बहुत ही सजातीय और स्थिर ऑक्साइड के गठन के साथ टिकाऊ और रासायनिक स्थिर धातु नाइओबियम के प्रयोग को जोड़ती है। 1986 [5] में इस प्रक्रिया में कई सुधार के अनुकूलन के साथ Nb/Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Nb जोसेफसन जंक्शनों से मिलकर वोल्टेज मानक सरणियों का निर्माण संभव

बनाया। आजकल, वोल्टेज मानक अनुप्रयोगों के लिए सभी जोसेफसन सरणियों मौलिक इस आविष्कार के आधार पर प्रक्रियाओं में निर्मित कर रहे हैं।

#### 4. डीसी माप-पारंपरिक जोसेफसन मानक

जोसेफसन वोल्टेल मानकों की शुरुआत में millivolt रेंज में एक भी जंक्शन की वोल्टेज एक संदर्भ के रूप में इस्तेमाल किया गया था (6-7) जबकि आधुनिक जोसेफसन वोल्टेज मानकों के अध्याय दो नए विचारों द्वारा खोला गया था। सबसे पहले, लेविंसन (8) जिसका वर्तमान पर्वतमाला छोटे पूर्वाग्रह धाराओं के लिए एक दूसरे को ओवरलैप निरंतर वोल्टेज चरणों का उत्पादन hysteretic वर्तमान वोल्टेज विशेषताओं के साथ अत्यधिक underdamped जंक्शनों के इस्तेमाल का सुझाव दिया। एक एकल पूर्वाग्रह वर्तमान स्रोत फलस्वरूप निरंतर quantized वोल्टेल कदम पर पक्षपात करने के लिए एक श्रृंखला सरणी के सभी जंक्शनों में इस्तेमाल किया जा सकता है। दूसरा, जोसेफसन जंक्शन एक अनुकूलित माइक्रोवेव संचरण लाइन में जड़े गए जिसके परिणामस्वरूप 1 Volt सरणियों की प्राप्त हुई [3] इस व्यवस्था की वजह से, जोसेफसन जंक्शन श्रृंखला सरणी आरएफ आवृत्तियों पर एक microstrip लाइन के रूप में डीसी पूर्वाग्रह और कृत्यों के लिए श्रृंखला में जुड़ा हुआ है।

जैसा, माइक्रोवेव शक्ति मुख्य रूप से underdamped जंक्शनों के लिए capacitively युग्मित है, श्रृंखला सरणी के रेडियो आवृत्ति क्षीणन बहुत कम है, इसलिए सभी जंक्शनों की समान रेडियो आवृत्ति पूर्वाग्रह सक्षम होता है। मध्य 1980 के दशक के बाद से इन अवधारणाओं पर आधारणाओं पर आधारित जोसेफसन वोल्टेज मानकों उपलब्ध किया गया है। Underdamped जोसेफसन जंक्शनों आम तौर पर SIS जंक्शनों (S : Superconductor, I : Insulator) से साधित होते हैं। जोसेफसन जंक्शनों की बड़ी श्रृंखला सरणियों असली अनुप्रयोगों, अर्थात् एक वाल्ट या विशेष रूप से 10 वोल्ट के लिए आवश्यक वोल्टेज स्तर तक पहुँचने के लिए अच्छी आवश्यक हैं। एक वोल्ट श्रृंखला सरणी में आम तौर पर 14,000 और 20,000 के बीच जोसेफसन जंक्शन शामिल होते हैं जो की विशिष्ट डिजाइन के विवरण पर आधारित है।

PTB में विकसित और गढ़े सर्किट 14,000 जंक्शनों से मिलकर बनता है जो की चार समानांतर कम प्रतिबाधा microstrip लाइनों को वितरित किया है। सरणियों 70 गीगा माइक्रोवेव विकिरण के तहत 20 uA के ऊपर दिखाती हैं और सबसे अच्छी सरणी 50 uA दिखाती हैं। तथा कथित पारंपरिक जोसेफसन वोल्टेज मानक के इस मानक के इस तरह सफलतापूर्वक दुनिया भर के कई राष्ट्रीय, औद्योगिक और सैन्य मानकों प्रयोगशालाओं में डीसी अनुप्रयोगों के लिए तिथि करने के लिए ऑपरेशन किया गया है।

#### 5. एसी (AC) वोल्टेज

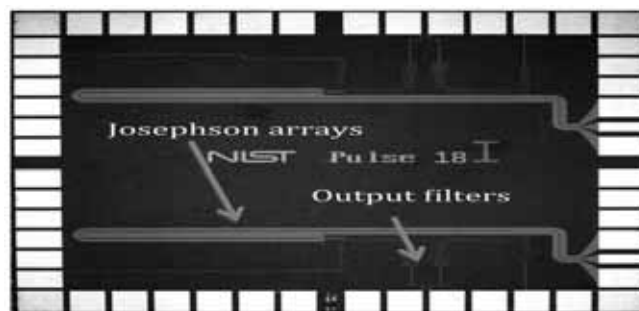
एसी वोल्टेज सबसे सही थर्मल स्थानान्तरण मानकों (TTSSs) का प्रयोग एक संदर्भ डीसी वोल्टेज की है कि एक अज्ञात एसी संकेत के हीटिंग के प्रभाव की तुलना द्वारा मापा गया है। NPLI और अन्य NMIs पर एसी वोल्टेज के AC लिए प्राथमिक मानक multijunction थर्मल कन्वर्टर्स (MJTCs) हैं। कुछ वोल्ट के समकालीन एसी-डीसी हस्तांतरण मानकों के प्रदर्शन पर्याप्त रूप से अच्छे हैं, लेकिन पारंपरिक range-range स्केलिंग के साथ जुड़े अनिश्चितताएं उपकरणों अर्थात् Calibrators और DVMs को चिह्नित करने के लिए न्यून हैं। एसी वोल्टेज मेट्रोलोजी के सुधार की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए NMIs जोसेफसन प्रभाव पर आधारित क्वांटम मानकों को विकसित कर रहे हैं।



एसी AC क्वांटम मानक के दो प्रकार विकसित किया जा रहा है। पहला, आमतौर पर एसी जोसेफसन वोल्ट मानक (ACJVS) के रूप में जाना जाता है, जोसेफसन जंक्शनों के लिए लागू उच्च गति pulses से एक sinusoidal उत्पादन उत्पन्न करता है। दूसरा एक कदम तरंग उत्पन्न करने के लिए निर्देशयोग्य जोसेफसन जंक्शनों के क्षेत्रों का उपयोग करता है एक sinusoid अनुमान करने के लिए, और यह एक निर्देशयोग्य जोसेफसन वोल्ट मानक या JVS के रूप में जाना जाता है।

## 6. पल्स संचालित जोसेफसन वोल्टेज मानक

ACJVS digital-to-analog संश्लेषण के माध्यम से एसी wave forms का उत्पादन करता है जिसमें उच्च गति sigma-delta modulation [9] का उपयोग होता है। ACJVS के आंतरिक शुद्धता जोसेफसन सरणी में प्रत्येक जंक्शन द्वारा उत्पादित वोल्टेज दालों का सही परिमाणीकरणों से ली गई है। Quantized plus सटीक समय और संभव नियंत्रण के साथ waveforms और सटीक और गण्य नियत करता है। वर्तमान में, NIST (United States), National Research Council-Canada (NRC), Van Swinderen Laboratories-Dutch Metrology Institute (VSL), National Measurement Institute-Australia (NMIA) व Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS) में स्थापित ACJVS प्रणाली में बेंज [10] द्वारा विकसित प्रौद्योगिकी का उपयोग होता है ।



(छवि 1)

NIST के प्रणालियों में इस्तेमाल किया पल्स संचालित जोसेफसन चिप (छवि 1) जिसमें 6400 जंक्शनों के दो सरणियों हैं, जो श्रृंखला में इस्तेमाल दोनों सरणियों के साथ 300 mV की कुल वोल्टेज का उत्पादन कर सकते हैं

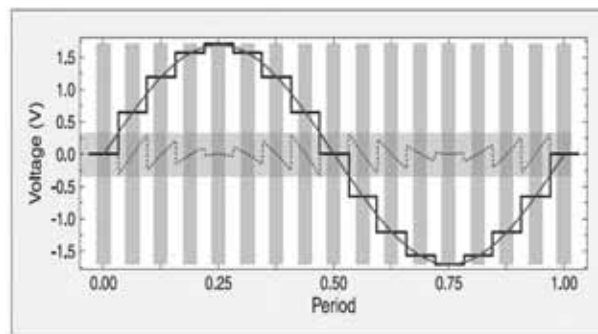
4.2 केल्विन में chip-mounted सरणियों एक द्विध्रुवी पल्स ट्रेन से उत्साहित हैं, जो वोल्टेज pulses की एक श्रृंखला को पैदा करता है। उत्पादन pulses के समय अभिन्न के साथ पूरी तरह quantized है और इसकी मूल्य मौलिक स्थिरांक  $h$  (Planck's constant) और  $e$  (मौलिक इलेक्ट्रॉन प्रभार) के संदर्भ में व्यक्त है। उत्पाद वोल्टेज पल्स पुनरावृत्ति दर और जंक्शनों की संख्या दोनों के लिए आनुपातिक है PTB पर इसी तरह की प्रणाली का उपयोग करता है जिसमें 10000 junctions है जो 2.5 KHz पर लगभग 150 mVrms आपूर्ति करने में सक्षम है [11]. इनपुट current pulses एक low frequency sinusoidal तरंग के साथ संग्राहक कर रहे हैं, यह कम आवृत्ति तरंग उत्पादन में वोल्टेज pulses के स्पेक्ट्रम में दिखाई देता है। क्योंकि उत्पाद पल्सों का सही परिमाणीकरण है, इस कम आवृत्ति घटक की भयावहता सरणी में जोसेफसन जंक्शनों की संख्या, pulses के ज्ञात क्षेत्र, और modulates pulses के स्वरूप से गणना की जा सकती है। पल्स संचालित



एसीजोसेफसन वोल्टेज मानक कुछ सौ kilohertz आवृत्तियों पर एसी मेट्रोलोजी में अनुप्रयोगों के लिए सात मेट्रोलोजी प्रयोगशालाओं में विकास में वर्तमान में कर रहे हैं।

## 7. PJVS आधारित एसी वोल्टेज

निर्देशयोग्य जोसेफसन जंक्शन तेजी से निपटाने के समय के साथ सरणियों और आंतरिक रूप से स्थिर कदम एसी के waveforms संदर्भित [12] किया जा सकता है जो करने के लिए साइन लहरों की सीढ़ी अनुमानों के उत्पादन के लिए अब उपलब्ध हैं। PJVS उपकरणों जैसे एसी डीसी हस्तांतरण उपकरणों, उच्च प्रदर्शन डिजिटल voltmeters, और वाटमीटर अंशांकन [13-15] के लक्षण वर्णन के लिए क्वांटम संदर्भित एसी waveforms का उत्पादन कर सकते हैं। PJVS प्रणाली के साथ, सबसे कम अनिश्चितता के एसी वोल्टेज माप एक अंतर नमूने विधि के उपयोग के द्वारा प्राप्त कर रहे हैं। साइन लहर calibrated किया जा करने के लिए से इस दृष्टिकोण में, आम तौर पर एक समय-एकीकृत करने पारखी का उपयोग कर PJVS द्वारा संश्लेषित कदम वार approximated साइन लहर घटाया जाता है, और जिसके परिणामस्वरूप छोटा सा फर्क वोल्टेज क्वांटम वोल्टेज के स्तर की संख्या के रूप में दो बार के रूप में कई नमूनों के साथ सैंपलिंग किया जाता है (छवि 2) PJVS वोल्टेज संक्रमण के दौरान होती है कि एकीकरण discarding और केवल quantized वोल्टेज (ग्रे सलाखों) युक्त उन का उपयोग करके, माप अनिश्चितता पर्याप्त एकीकरण के समय के साथ 100 हर्ट्ज से नीचे  $10^{-8}$  या आवृत्तियों में कुछ भागों, और एक स्थिर वोल्टेज हो सकता है स्रोत। इस अंतर नमूना दृष्टिकोण भी नमूना गति सीमाओं की वजह से कुछ सौ हर्ट्ज तक ही सीमित है, यह 50 हर्ट्ज और 60 हर्ट्ज पर आवृत्तियों के लिए बिजली उद्योग के लिए प्रासंगिक संकेतों के अंशांकन के लिए विशेष रूप से उपयोगी साबित हो गया है।



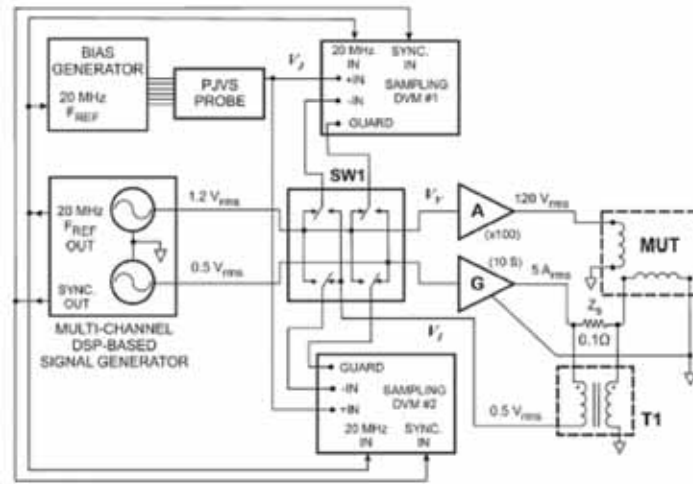
(छवि 2) एक PJVS अंतर नमूने माप में उत्पादित Wave forms

## 8 निर्देशयोग्य जोसेफसन वोल्ट मानक का उपयोग कर एसी शक्ति मानक

निर्देशयोग्य जोसेफसन वोल्ट मानक (PJVS) कम आवृत्ति उच्च सटीकता एसी वोल्टेज उत्पन्न और माप के लिए इस्तेमाल किया गया है। अभी हाल ही में वे कई NMIs [17-18] में क्वांटम सटीकता एसी शक्ति के मानकों के लिए आधार के रूप में इस्तेमाल किया गया है। अंतर नमूना तकनीक की जांच करते समय PTB शोधकर्ताओं ने दो PJVS सिस्टम से संश्लेषित waveforms के 400 हर्ट्ज [19] नीचे आवृत्तियों के साथ चरणबद्ध T-approximated साइन तरंगों के लिए  $10^{-8}$  में से बेहतर भागों के लिए सहमत हो पाया। इन परिणामों के 60 हर्ट्ज, 64-state, stepwise-approximated साइन तरंगों [20] के लिए  $10^{-8}$  में एक समझौते की तुलना

में बेहतर एक हिस्सा जो पाया शोधकर्ताओं द्वारा पुष्टि की गई। waveforms के संश्लेषित PJVS साथ नमूना माप तकनीकों का अनुसंधान जारी है, क्योंकि वर्तमान परिणाम  $10^7$  में कुछ भागों में से एक अनिश्चित प्राप्त होने का संकेत करते हैं।

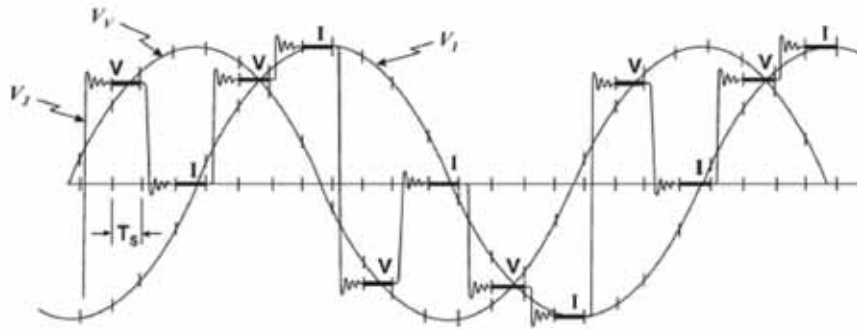
सक्रिय प्रतिक्रियाशील और स्पष्ट विद्युत शक्ति को मापने के लिए क्षमता में सुधार करने के प्रयास में, क्वांटम आधारित विद्युत उत्पादन प्रणाली और अंतर नमूना माप तकनीक कई NMIs [21-24] में विकसित किया जा रहा है। और सफलतापूर्वक 50 से 400 हर्ट्ज आवृत्तिरेज पर 120 V RMS, 5A RMS उत्पन्न करने में सक्षम किया गया है, जिसकी अनिश्चितता  $1\mu\text{w}/\text{VA}$  तक हासिल की है। प्रणाली विन्यास आकृति 4 में दिखाया गया है



(छवि 3)

ऐसी प्रणाली में, एक एकल piecewise-approximated प्रोग्राम जोसेफसन वोल्टेज मानक (PJVS) तरंग  $V_j$  की तुलना दो स्थिर प्रेतसंबंधी शुद्ध तरंग  $V_v$  और  $V_i$  से की जाती है जो meter under test MUT में लागू वोल्टेज और करंट सिग्नल्स का versions स्केल्ड है। जिसके परिणामस्वरूप अंतर waveforms के दो व्यावसायिकरूप से उपलब्ध sampling डिजिटल voltmeters (DVMs) साथ मापा जाता है।

छवी 4 में दिखाया गया है कि कैसे एक एकल PJVS तरंग दो बढ़ाया voltages के अंतर नमूना लेने के लिए संदर्भ के स्तर प्रदान करने के लिए प्रयोग किया जाता है। अतिचालकता की खोज के 100 साल बाद



(छवि 4)

और लगभग 50 वर्षों जोसेफसन प्रभाव की खोज के बाद, जोसेफसन वोल्टेज मानकों शक्ति मेट्रोलोजी और उच्च परिशुद्धता वोल्टेज माप में एक आवश्यक भूमिका निभाते हैं। निर्माण प्रौद्योगिकी की महत्वपूर्ण प्रगति हजारों जोसेफसन जंक्शनों के दसियों युक्त जोसेफसन जंक्शनों के दसियों युक्त जोसेफसन वोल्टेज मानकों के लिए बड़ी श्रृंखला सरणियों के विकास के लिए एक प्रमुख शर्त कर दिया गया है। परम्परागत 10 V जोसेफसन वोल्टेज मानकों अच्छी तरह से डीसी माप और व्यावसायिक रूप से उपलब्ध के लिए स्थापित कर रहे हैं। निर्देशयोग्य वोल्टेज मानकों एसी आवेदनों की दुनिया खोला है, इस तरह, मेट्रोलोजी में जोसेफसन प्रभाव के आवेदनों की रोमांचक कहानी में अगले कदम के लिए प्रेरित किया।

## संदर्भ

1. आन्देर्स, स.: ब्लमिरे, म.: बुछोल्लज, फ.-आईएम. एट अल (२०१०). यूरोपियन रोडमैप ओन सुपरकंडक्टिवे इलेक्ट्रॉनिक्स - स्टेटस ऐंड पर्सपेक्टिव्स फियसका छ वॉल ४७० नो २३-२४, (दिसंबर २०१०) पप. २०७१-२१२६।
2. जोसेफसों बी डी ११६२ पॉसिबल नई इफेक्ट्स इन सुपरकंडक्टिवे तुन्नेल्लिंग फीस लेट १ २४१-३।
3. नियमेयेर, ज.: हीकें, ज.H. & कौट्ज़, ऋळ. (१९८४). माइक्रोवेव-इन्दुसद कांस्टेंट वोल्टेज स्टेप्सात ओने वाल्ट फॉम अ सीरीज ऐरे ऑफ जोसेफसों जंक्शन्स. एप्लाइड फिजिक्स लेटर्स वॉल.४५ नो ४, (अगस्त १९७४) पप. ४७६-४७६-४६०।
4. गुर्वीच, म., वाशिंगन, म.. हगिंग्स, ह. (१९८३). हाई क्वालिटी रिफैक्टरी जोसेफसों टनल जंक्शन्स उठिलीजिंग थी एलुमिनियम लेयर्स. एप्लाइड फिजिक्स लेटर्स, वॉल ४२,नो५, (मार्च १९८३) पप. ४७२-४६४
5. नियमेयेर, ज.: सकामोटो, य.: वोल्ल्मेर, इ.: हीकें ज.H.शोजी, अ.: नकगवा, ह.: टकड़ा, स.- कोसका, स. (1986). Nb/Al-Oxide/Nb NbNMgO/NbN टनल जंक्शन्स इन लरजसेरिएस आरएस फॉर वोल्टेज स्टैंडर्ड्स. जापानीज जर्नल ऑफ एप्लाइड फिजिक्स, वॉल.२४,नो५, (मई १९८६) पप ७४३७३४५
6. नियमेयेर, (१९९६) जोसेफसों वोल्टेज स्टैंडर्ड्स, इन: हैंडबुक ऑफ एप्लाइड सुपरकंडक्टिविटी, बी सीबेर, (एड. ), १९९३-१९३४,
7. हैमिलटन, क.A-(२०००). जोसेफसों वोल्टेज स्टैंडर्ड्स. रिव्यू ऑफ साइंटिफिक इंस्ट्रुमेंट्स, वॉल७१,नो१०, (अक्टूबर २०००) पप. ३६११-२६२३
8. लेर्विंसों, म.T.; चिओ, र.Y.;फेल्डमन, म.J. & टकर, ब.A. (१९७७)अं इनवर्स एक जोसेफसोनेफेक्ट वोल्टेज स्टैण्डर्ड. एप्लाइड फिजिक्स लेटर्स, वॉल. ३१, नो ११, (दिसंबर १९७७)पप.७७६-७७६
9. S.P. Benz, P.D. Dresselhaus, A. Rufenacht, N.F. Bergren, N.F. Bergren, J.R kinard, and R.P. Landim, प्रोग्रेस टुवर्ड अ १ वूपल्स-ड्रिवेन एक जोसेफसों वोल्टेज स्टैण्डर्ड ट्रांस, इंस्ट्रुम. मास. , वॉल.५६,नो पप.५३५-५४३, अपर २००१
10. C.J. Burroughs, S. P. Benz, P. D. Dresselhaus, and Y. ching, प्रिसिशन मेअसुरेमेंट्स ऑफ एक जोसेफसो वोल्टे स्टैण्डर्ड ऑपरेटिंग मर्जिन्स,” ट्रांस, इंस्ट्रुम. मास., वॉल. ५६, नो. २, पप. ६२४-६२७, अपर. २००५.
11. O. F. Kieler, J. Kohlmann, and F. Muller डिम्प्रोवेड डिजाइन ऑफ सुपरकंडक्टर/नार्मल

- कंडक्टर/सुपरकंडक्टर जोसेफसों जंक्शन सीरीज आरएम फॉर अं एक जोसेफसों वोल्टेज,” सुपरकंड. सकी टेक्नोलॉजी वॉल. २०, नो ११, पप. ४३१६-४३२२, नोव. २००७।
12. R. Behr, J.M. Williams, Patel, T.J.B.M. Janssen, T. Funck, and M. Klonz, सिंथेसिस ऑफ प्रिंसिपल वावफोर्म्स उसिंग अ सिनिस जोसेफसों जंक्शन ऐरे,” ट्रांस, इंस्ट्रुम. मास., वॉल. ५४, नो. २, पप. ६१२-६१५, अपर. २००५.
  13. L. Palafox, G. Ramm, R. Behr, W. G. Kurten Ihlenfeld, and H. Moser, प्राइमरी एक पावर स्टैंडर्ड बेस्ड ओन प्रोग्रामेबल जोसेफसों जंक्शन आरएस” ट्रांस, इंस्ट्रुम. मास., वॉल. ५६, नो. २, पप. ५३४-६३७, अपर. २००७.
  14. C.J. Burroughs, S.P. Benz, P. D. Dresselhaus, B.C.Waltrip, T. L. Nelson, Y. Chong, J.M. Williams, D. Henderson, P. Patel, L. Palafox, and R. Behr, डेवलपमेंट ऑफ अ ६० हज पावर स्टैंडर्ड उसिंग संस प्रोग्रामेबल जोसेफसो वोल्टेज स्टैंडर्ड्स, IEEE Trans. Instrum. Meas., Vol 56, no. 2, pp. 289-294 Apr 2007
  15. B.C. Waltrip, B. Gong, T.L. Nelson, Y. Wang, C.J. Burroughs, S.P. Benz, and P.D. Dresselhaus, एक पावर स्टैंडर्ड उसिंग अ रोग्रामेबल जोसेफसों वोल्टेज जोसेफसों जंक्शन आरएस” ट्रांस, इंस्ट्रुम. मास., वॉल. ५६, नो. ४, पप. १०४१-१०४६, अपर. २००१.
  16. A. Rufenacht, C.J. Burroughs, S.P. Benz, P.D. Dresselhaus, B. C. Waltrip, and T.L. Nelson, डिफरेंशियल सैपलिंग मेअसुरेमेंट्स ऑफ लो-फीक्वेसी सिंथेसिज्ड विथ अं एक प्रोग्रामेबल जोसेफसो वोल्टेज स्टैंडर्ड,” IEEE Trans. Instrum. Meas., Vol. 58, no.4, pp. 809-815, Apr. 2009
  17. L. Palafox R. Behr, W.G. Kurten Ihlenfeld, F. Muller, E. Mohns, M. Seckelmann, and F. Ahlers,” जोसेफसो-इफेक्ट-बेस्ड प्राइमरी एक पावर स्टैंडर्ड अत थे प्लब: प्रोग्रेस रिपोर्ट” ट्रांस. इंस्ट्रुम. मास., वॉल ५६ नो ४, पप. १०४१-१०५३, अपर २००१
  18. B.C. waltrip, B. Gong, T.L. Nelson, Y. Wang, C.J. Burroughs, Jr., A. Rufenacht, S.P. Benz, and P.D. Dresselhaus, एक पॉवेस्टैंडर्ड उसिंग अ प्रोग्रामेबल जोसेफसों वोल्टेज स्टैंडर्ड ट्रांस, इंस्ट्रुम. मास., वॉल. ५६, नो.४, पप.१०४१-१०४६, अपर २००१.
  19. र. बेहर, ल. पैलफोक्स, ग. रमम, ह. मोजर, ज. मेलचेर ट्रांस. इंस्ट्रुम. मास. ५६, २३५ (२००७)
  20. बेंज, रेव. सकी. इंस्ट्रुम. ७१, ०४४७०४ (२००६)
  21. L. Palafox, R. Behr, W.G. Kurten Ihienfeld, and F. Muller Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee, Braunschweig, Germany थे जोसेफसो इफेक्ट बेस्ट प्राइमरी एक पावर स्टैंडर्ड अत प्लब: प्रोग्रेस रिपोर्ट।
  22. एक पावर स्टैंडर्ड उसिंग अ प्रोग्रामेबल जोसेफसो वोल्टेज स्टैंडर्ड ट्रांसक्शन्स ओन इंस्ट्रुमेंटेशन एंड मेजरमेंट, वॉल. ५६, नो ४, अप्रैल २००१
  23. जनरेशन ऑफ १०वर्म्स वावफोर्म्स उसिंग एक-प्रोग्रामेबल जोसेफसों वोल्टेज स्टैंडर्ड विथ १० क कूलर, मिचितका मरयम, २०१४
  24. पावर कैलिब्रेशन सिस्टम बेस्ड ओन जोसेफसों सैपलिंग वाल्टमीटर, किम एटा अल २०१४।

# सी.एस.आई.आर. - एन.पी.एल. में बल, बलआघूर्ण तथा कठोरता मापन की स्थिति

एस. एस. के. टाइटस एवं एस. के. जैन

बल तथा कठोरता मानक, सी.एस.आई.आर.-राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला नई दिल्ली - 110012

आई. टी. एम. विश्वविद्यालय, गुड़गाँव - 122017

(e-mail : titus@nplindia.org)

## सारांश

बल तथा कठोरता का परिशुद्ध मापन विभिन्न यांत्रिकों में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है, जैसे ऑटोमोबाइल, उड़्डयन आदि में, तथा प्रतिबल, तनाव और संपीडन मापन में संलग्न अन्य शोध प्रयोगशालाओं में तथा सुरक्षा, विश्वसनीयता, स्थिरता, क्षमता आदि हेतु पदार्थों उत्पादों तथा प्रक्रियाओं के विश्लेषण में। एन.पी.एल सक्रिय रूप से देशभर में प्रयोक्ता उद्योगों को आवश्यक अनुमार्गणीयता उपलब्ध कराने के उद्देश्य से बल, बल आघूर्ण तथा कठोरता के स्केल में प्रापण हेतु, प्राथमिक मानक स्थापित करने में सम्मिलित है। इस कार्य से सम्बन्धित बल एवं कठोरता मानक विभाग शोध द्वारा अपने राष्ट्रीय मानकों को अन्य प्रमुख देशों के राष्ट्रीय मापिकी संस्थानों, जो उन देशों के एन.एम.आई. है, के मानकों के अनुरूप विस्तार एवं विकसित करने में निरन्तर कार्यरत है। साथ ही मापन की अन्तरराष्ट्रीय पद्धतियों से समकक्षता स्थापित करने हेतु, अंतरराष्ट्रीय अंतर-तुलनाओं में शामिल होने के लिए भी निरन्तर कार्यरत है।

## 1. प्रस्तावना

सी.एस.आई.आर.-राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला भारत का राष्ट्रीय मापन संस्थान (एन.एम.आई) है, भारत में शीर्ष स्तर पर राष्ट्रीय मानकों का संरक्षक है, राष्ट्रीय मानकों का प्रकीर्णन करता है तथा अंशांकन प्रयोगशालाओं और विभिन्न उद्योगों से जुड़ी प्रयोक्ताओं को अनुमार्गणीयता प्रदान करता है। यह विभाग विभिन्न प्राथमिक मानक मशीनों के द्वारा बल, बलआघूर्ण तथा कठोरता के राष्ट्रीय मानकों का प्रापण तथा अनुरक्षण करता है तथा इन मानकों को देशभर में व्याप्त प्रयोक्ता संगठनों को प्रकीर्ण करता है। इस विभाग के पास विभिन्न बल मानक/अंशांकन मशीनों के माध्यम से (1N-3MN) के पारस में बल प्रापण की सुविधा है। एन.पी.एल.आई. में बल का परिशुद्ध मापन प्रदान करने हेतु 1 MN बल मानक स्थापित की गई है तथा उद्योगों की आवश्यकताएं पूर्ण करने हेतु अन्य निष्क्रिय भार बल मशीन, निष्क्रिय भार सह हाइड्रोलिक/ उतोलक गुणक मशीन भी है। इस विभाग द्वारा 100 ppm की अनिश्चितता वाले 2-2000 Nm के पारस में बलआघूर्ण प्रापण हेतु प्राथमिक बलआघूर्ण मानक मशीन स्थापित की गई है। अन्तरराष्ट्रीय मानकों की आवश्यकता के अनुसार ब्रिनेल, विकर्स तथा रॉकवैल स्केल के प्रापण हेतु इन स्केल के प्रापण हेतु इन स्केल में परिशुद्ध कठोरता मशीनों भी स्थापित की गई हैं। इस पेपर में हम हमारे विभाग में स्थापित 1 MN प्राथमिक बल मानक मशीन तथा रॉकवैल मशीनों की मुख्य विशेषताओं की चर्चा करेंगे चित्र-1।

## 2. 1 MN बल मानक मशीन

1 MN बल मानक मशीन, (FSM), जी.टी.एम गास्मन टैस्टिंग एण्ड मेट्रोलॉजी जर्मनी द्वारा डिजाइन तथा विकसित की गई है तथा राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, भारत में संस्थापित की गई है। यह मशीन 1-100 KN के बल वाले निष्क्रिय भार भाग, 1 MN बल वाले उत्तोलक भाग अथवा 1:10 के अनुपात वाले उत्तोलक जो स्ट्रेन गेज नियंत्रित हिंजेज द्वारा समर्थित है का समुच्चय है। मशीन के निष्क्रिय भार का प्रयोग संपीडन और तनाव बल, बढ़ते तथा घटते क्रम में, 1 KN के परात में लगाने हेतु होता है। इसी प्रकार से मशीन के उत्तोलक भाग का प्रयोग संपीडन और तनाव बल के बढ़ते तथा घटते क्रम में 10 KN से 1000 KN के परात में बल लगाने हेतु होता है। बल मशीन के निष्क्रिय भार बल, भाग हेतु  $\pm 0.002$  प्रतिशत सत्यता के तथा उत्तोलक गुणक बल भाग हेतु  $\pm 0.009$  प्रतिशत सत्यता के है। नियंत्रित हिंजेज वाले लीवर उत्तोलक के 100 KN/1 MN FSM के मुख्य संरचना सिद्धांत का वर्णन अन्यत्र किया गया है संदर्भ। मशीन की संरचना में अधिक कठोरता वाले मशीन फ्रेम लगाए गए हैं जो सावधानीपूर्वक डिजाइन तथा अभियांत्रिकों किये गये हैं। द्रव्यमान आपसी स्पर्श के जोखिम को कम करने के उद्देश्य से तथा उनके असममित विरूपण से बचने के लिए, उपगमी भार परिवर्तन के लिए, द्रव्यमानों अथवा उनके युग्मन तंत्र का डिजाइन किया गया है। उत्तोलक अनुपात की उत्कृष्ट स्थिरता की देन, उच्चतर रिजिडिटा (Rigidity) वाला उत्तोलक डिजाइन किया गया है तथा परिवेश संबंधी प्रभावों को कम करने के लिए इसे एक एन्क्लोजर से कवर किया गया है। निष्क्रिय भारों का डिनोमिनेशन इस प्रकार का है कि उत्तरोत्तर भारों के संयोजन से, निष्क्रिय भार वाला साइड में, 10 KN, 20 KN, 50 KN तथा 100 KN की क्षमता वाले बल ट्रांसड्यूसरों तथा स्कोप में उल्लिखित मानकों के अनुसार 100 KN, 200 KN, 500 KN तथा 1000 KN की क्षमता वाले बल ट्रांसड्यूसरों का अंशांकन करने हेतु, आरोही अथवा अवरोही क्रम में, क्रमिक रूप 10 से प्रतिशत के अंतराल पर सभी बल चरणों का प्रयोग करना संभव है। इस मशीन को होल्ड टाइम (Hold time) मोड तथा साइकिल (Cycle) टाइम मोड में, मापन करने हेतु अलग-अलग मोड में संचालित किया जा सकता है। होल्ड टाइम मोड में सॉफ्टवेयर की टेक वैल्यू (Take Value) कमांड को क्रियान्वित करने हेतु दिये गए विनिर्दिष्ट समय तक इंतजार करने के पश्चात् मशीन द्वारा लोड सेल आउटपुट को रिकार्ड करती है। यहां सॉफ्टवेयर की अन्य कमांड के संचालन के हेतु लिए गए समय की मापनों के मध्य कुल समय अंतराल में कोई भूमिका नहीं होती है। मशीन केवल टेक वैल्यू कमांड हेतु विनिर्दिष्ट समय तक प्रतीक्षा करेगी तथा मापन डेटा को रिकार्ड करेगी। दूसरी ओर साइकिल टाइम मोड (Cycle time mode) में साफ्टवेयर को दो उत्तरोत्तर टेक वैल्यू कमांड के मध्य निर्दिष्ट समय के भीतर द्रव्यमानों बल ट्रांसड्यूसरों की लोडिंग आदि के चयन सहित मशीन के संचालन से संबंधित सभी कमांड को क्रियान्वित करना होता है।



चित्र 1 : 1MN बल प्राथमिक मानक

## 3. सामान्यतः

साइकिल टाइम मोड का उपयोग एन एम आई (NMIs) के मध्य मशीनों की अंतरतुलना के लिए किया जाता है, जिसमें सामान्यतः लम्बे समय का अंतराल निश्चित होता है अतः मशीन का लोडिंग पैटर्न निश्चित समय अंतराल में अवशोषित/समाहित हो जाता है।



#### 4. 2000 Nm की बल आघूर्ण मानक मशीन

2000 Nm की क्षमता वाली बल आघूर्ण मानक मशीन स्ट्रेन गेज द्वारा नियंत्रित प्रत्यास्थ हिंज प्रयुक्त 2 m लम्बे उत्तोलक से बना है (चित्र 2)। यह संयोजन दूसरे सिरे से जुड़े बलआघूर्ण संतुलन ड्राइव युक्त मुख्य फ्रेम पर तैयार किया गया है। बैडिंग प्रभाव तथा अन्य परजीवी घटकों को कम करने हेतु उपयुक्त फ्लेक्सी युग्मन तथा ई.टी.पी. अनुकूलकों (adaptors) का ट्रांसड्यूसरों के साथ उपयोग किया गया है। उत्तोलक तथा ड्राइव के मध्य ट्रांसड्यूसर को जोड़ा जाता है। उत्तोलक में प्रत्येक अनुप्रयुक्त बलआघूर्ण पर उत्तोलक की संतुलन अवस्थाओं को निश्चित करने हेतु, हैंगिंग बिन्दुओं पर स्ट्रेन गेज नियंत्रित हिजों द्वारा दोनों सिरों पर परात लगाए गए हैं। अंशांकन के अधीन आघूर्ण ट्रांसड्यूसर्स को उत्तोलक तथा आघूर्ण संतुलन ड्राइव के मध्य आरोपित किया जाता है और ट्रांसड्यूसरों पर वांछित आघूर्ण उत्पन्न करने के लिए अंशांकित द्रव्यमानों के साथ परात को लोड किया जाता है। मशीन के CMC मूल्यों को CCM.TK-1.1 मुख्य तुलना में पुनः सुनिश्चित किया गया। यह मशीन DIN 51309 के अनुसार उच्चतम श्रेणी के परिशुद्ध आघूर्ण ट्रांसड्यूसर्स का अंशांकन कर सकती है।



चित्र 2 : बलआघूर्ण प्राथमिक मानक 2000 Nm तक

#### 5. प्रथमिक कठोरता स्केल

रॉकवेल, विकर्स सूक्ष्म विकर्स तथा ब्रिनेल कठोरता हेतु प्राथमिक कठोरता स्केल का प्रापण किया गया है जिसमें निष्क्रिय भार बल, इंडेंटिंग यूनिट तथा कम्प्यूटर इंडेशन मापन पद्धति का प्रयोग किया गया है (चित्र 3)। जिसमें आकार हेतु माइक्रोस्कोप तथा गहराई हेतु लेजर व्यतिकरणमापी सम्मिलित है। यह कठोरता मशीन प्रोग्रामेबल लोड समय चक्र, इंडेटर वेग आदि। अंशांकन प्राथमिक कठोरता मशीन का उपयोग कर ISO 6506-3, 6507-3 तथा 6507-3 के अनुसार किया जा सकता है। इन मशीनों के CMC मूल्यों को एक प्रमुख NMI की अनुमार्गणीयता वाले उच्च परिशुद्ध मानक कठोरता ब्लॉक पर प्राप्त कठोरता मूल्यों से तुलना कर पुनः सुनिश्चित किया गया। HRA तथा HRB स्केल में CMC मूल्यों को भी APMP.M.H. मुख्य तुलना द्वारा पुनः सुनिश्चित किया गया।



चित्र 3 : कठोरता मानक मशीन

#### संदर्भ

1. Metrological Characterization of the 1 MN Force Standard Machine of NPL India, Jain S K, Kumar Harish, Titus S S K, Tegtmeier F., Prenzlöw N. and Schwind D., Measurement, 45 (3), pp. 590-596 (2012).
2. S.K. Jain, S.S.K. Titus, Rajesh Kumar and Kamlesh K. Jain Design, development and fabrication of 50 kN force standard machines to provide national traceability in force measurement to the industries, Journal of Scientific & Industrial Research, 72, pp. 333-339 (2013).
3. Titus S. S. K. and Jain S.K., "Establishment and Development of Torque Metrology in CSIR- NPL for Providing the Traceability in Torque Measurements to User Industries", Mapan, 28(1), pp.11-16 (2012)
4. Rajesh Kumar, S. S. K. Titus and S.K. Jain, "Establishment of Brinell Hardness Standard at NPL India for Providing Traceability in Brinell Scale" Mapan 27, pp.123-127 (2012)



# माइक्रो प्रेसिजन प्राइवेट लि० में भार विधि पर आधारित नए जल प्रवाह अंशांकन सुविधा की स्थापना

अहमद अजब एवं बट्टल सिंह

माइक्रो प्रेसिजन प्राइवेट लि० फरीदाबाद, हरियाणा

(e-mail : bhartiapl@gmail.com)

## सारांश

माइक्रो प्रेसिजन प्रोडक्ट्स प्राइवेट लि० सन् 1968 से प्राथमिक प्रवाह तत्वों (Primary Flow Element) का निर्माण कर रहा है। यह ध्यान में आया है कि जल प्रवाह अंशांकन की माँग दिन-प्रतिदिन बढ़ रही है। राष्ट्रीय और अन्तर्राष्ट्रीय स्तर पर इस माँग को पूरा करने के लिए माइक्रो प्रेसिजन प्रोडक्ट्स प्राइवेट लि० ने फरीदाबाद में एक अत्याधुनिक पूर्ण स्वचालित जल प्रवाह अंशांकन सुविधा को स्थापित किया है। जिसकी प्रवाह सीमा 1 घन मीटर प्रति घण्टा से 3000 घन मीटर में प्रति घण्टा है। यह प्रयोगशाला भार विधि पर ISO 4185 पर आधारित है, तथ पूर्ण स्वचालित है। परीक्षण रिग में एक बार भार प्रवाह तत्व को स्थापित करने के बाद PLC (क्रमादेश तर्क नियंत्रक) को आदेश दिया जाता है तो वह अंशांकन की प्रक्रिया को बिना मानव हस्तक्षेप के पूरा कर देता है। इस प्रणाली की विस्तारित अनिश्चितता आयतन प्रवाह की दर एक घन मीटर प्रति घण्टा से 3000 घन मीटर प्रति घण्टा पर 0.20 प्रतिशत से 0.24 प्रतिशत है। यह अंशांकन सुविधा विभिन्न प्रकार के उच्च यथार्थता वाले जल प्रवाह मीटर जैसे इलेक्ट्रो मैग्नेटिक, पराश्रव्य वोरटेक्स, अंतरित दबाव इत्यादि प्रवाह मीटरों का अंशांकन कर सकता है। अंशांकन प्रयोगशाला को हाल में ही भारत के राष्ट्रीय परीक्षण एवं अंशशोधन प्रयोगशाला प्रत्यानन बोर्ड (NABL) से प्रत्यानन मिला है, जिसका प्रमाण पत्र नं. सी-1107 है। इस शोध पत्र में इस नए जल प्रवाह अंशांकन सुविधा के बारे में विस्तृत जानकारी दी गई है।

## 1. प्रस्तावना :

कोई भी संस्था जो किसी भी प्रकार का उत्पाद बनाती है उसके लिए उसके मापन उपकरणों का अंशांकन अति आवश्यक है। प्राथमिक धारा प्रवाह मूल की दशा में जैसे कि ओरिफिस लेट लो नोजल, पीटोट ट्यूब एवम् वेन्चुरी आदि में बहाव गुणक मूल मापदण्ड होता है जो कि किसी भी कार्यवाही का प्रवाह वेग जानने में काम आता है। बहाव गुणक भौतिक माप के आधार पर भी गणन किया जाता था। बहाव गुणक जो कि भौतिक माप के आधार पर गणन किया जाता है उसके द्वारा किसी भी नलिका का प्रवाह वेग मापा जाता है। अब प्रश्न यह उठता है कि बहाव गुणक भौतिक माप के आधार पर गणन किया गया है उसकी सत्यता की क्या विश्ववसनीयता है बहाव गुणक का अंतर जानने के लिए पानी के बहाव द्वारा अंशांकन की आवश्यकता पड़ती है। माइक्रो प्रेसिजन भारत वर्ष में प्राथमिक धारा प्रवाह मूल की अग्रणी उत्पादक कर्ता है और पानी द्वारा अंशांकन की जरूरत होती है। उपभोक्ता की माँग को ध्यान में रखते हुए माइक्रो प्रेसिजन ने हरियाणा के फरीदाबाद में पानी बहाव अंशांकन प्रयोगशाला स्थापित की है।

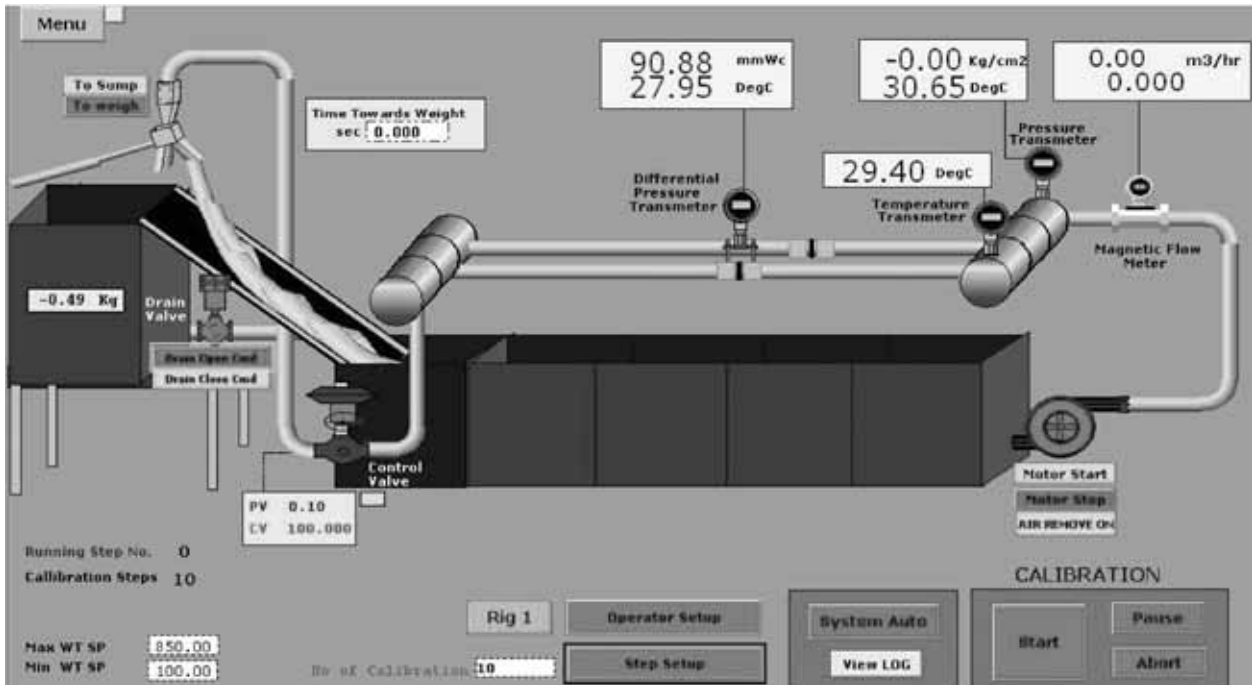
## 2. तकनीकी रूप.रचना और कार्य प्रणाली :

माइक्रो प्रेसिजन ने पूर्ण रूप से स्वचालित और नवीनतम तकनीक पर आधारित प्रयोगशाला की स्थापना की है। इस समय माइक्रो प्रेसिजन के पास दो विशेष उपकरण कार्यरत हैं। जिनको RIG-0 (1) और RIG-1 (2) नाम दिया गया है। दोनों ही विशेष उपकरणों में प्राथमिक सिद्धान्त पर आधारित (भारात्मक सिद्धान्त) बहाव वेग का मापन करने की व्यवस्था है जो कि विस्तृत रूप से ISO-4185 में दी गयी है। तदनुसार RIG-1 में 30 टन का अंशांकन किया हुआ वजन टैंक तथा रिग-0 में 1.25 टन का अंशांकन किया हुआ वजन टैंक स्थापित किया हुआ है। व लेजर ट्रिगर से चलने वाली घड़ी तथा पानी को दूसरे मार्ग पर हो जाने की व्यवस्था है जिससे वजन टैंक में इक्कठा किया हुआ पानी व उस पानी को इकट्ठा होने में लगे समय की सत्यतापूर्ण गणना की जा सके।

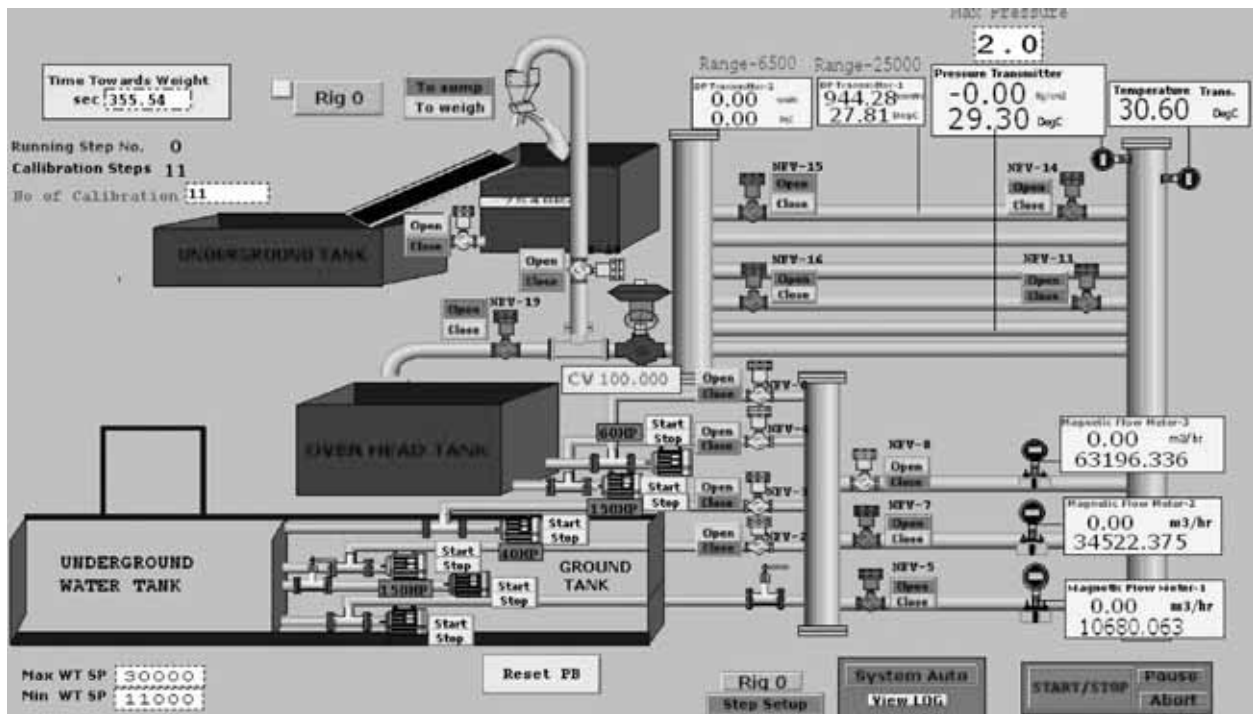
तकनीकी रूप रचना की सत्यता आयतन द्रव्यमान प्रवाह वेग में  $\pm 0.25\%$  से अधिक और द्रव्य द्रव्यमान प्रवाह वेग  $\pm 0.20\%$  से अधिक है।

तकनीकी रूप-रचना अधिकतम  $3000 \text{ m}^3/\text{h}$  के अनुसार बनायी गयी है तथा जिसमें नालिका का व्यास 6 mm से लेकर 1250 mm NB (नोमिनल बोर) लगाया जा सकता है।

वजन टैंकों का अंशांकन राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला के द्वारा किया गया है। तथा बाकी सभी मापन उपकरण जैसे कि विभेदक दान प्रेषक, दाब प्रेषक, तापमान प्रेषक, वजन व हाइड्रोमीटर का अंशांकन NABL प्रमाणित प्रयोगशालाओं के द्वारा किया गया है तथा इनकी अनुमार्गणीयता राष्ट्रीय व अंतरराष्ट्रीय मानकों से है।



प्राथमिक धारा प्रवाह मूल का अंशांकन पानी के परिवेशी तापमान पर उच्च शक्ति उपकेन्द्री पम्प द्वारा किया जाता है।



प्राथमिक धारा प्रवाह मूल को उपयुक्त व्यास की नलिका में इस प्रकार से जोड़ा जाता है ताकि प्राथमिक धारा प्रवाह मूल पूरी नलिका के साथ अच्छी प्रकार से व्यवस्थित हो जाए। इस कार्य के लिए विशेष प्रकार की लैंज और टाई रॉड का प्रयोग प्राथमिक धारा प्रवाह मूल को अपने स्थान पर टिकाने के लिये किया जाता है। प्राथमिक धारा प्रवाह मूल को नलिका में इस प्रकार से लगाना चाहिए ताकि वह ऊर्ध्वप्रवाह व अनुप्रवाह नलिका की आवश्यकताओं को पूरा करे तथा प्रवाह में कोई हलचल ना हो जो अंशांकन को प्रभावित करें। प्राथमिक धारा प्रवाह मूल की दाब नलिकाओं को विभेदक दाब प्रेषक से जोड़ा जाता है जिससे विभेदक दाब का मापन अलग अलग प्रवाह पर किया जा सके। इस बात को भी सुनिश्चित कर लेना चाहिए कि अंशांकन के समय दाब नलिकाओं में से हवा पूरी तरह निकाल दिया गया है।

जब एक बार प्राथमिक धारा प्रवाह मूल को नलिका में सुव्यस्थित ढंग से लगा दिया जाए रिंग को उपयुक्त समय के लिए चला कर छोड़ देना चाहिए ताकि प्रवाह का स्थिरीकरण हो जाये और दाब नलिकाओं में जरा भी हवा बाकी ना रहे। उसके बाद प्रवाह वेग को ग्रेवीमेट्रिक रिक सिद्धान्त के अनुसार माप लेना चाहिए।

स्वचालित तकनीकी व्यवस्था होने के कारण सभी मापदण्ड जैसे कि किस व्यास में प्रवाह वेग का अंशांकन करना है, कितनी बार करना है, आदि को तकनीकी व्यवस्था में लिख देना चाहिए और उसके बाद तकनीकी व्यवस्था को रन मोड में चालू कर देना चाहिए। ऐसा करने के बाद PLC सभी मापदण्डों की अवलोकन करके उसको दर्ज कर लेगा। तथा सभी परिणाम स्वयं ही गणन होकर अपने आप मिल जायेंगे। और इस प्रकार से व्यक्ति के द्वारा गलती होने की संभावना न के बराबर होगी।

### 3. परिणाम और परिचर्चा

प्राथमिक धारा प्रवाह मूल - ओरिफिस प्लेट असेम्बली

व्यास : 10 mm NB

टैग नं. : P.O.S NO. 1 S.NO.N 3

नलिका का आंतरिक व्यास : 107.80 mm

ओरिफिस का व्यास : 72.36 mm

बीटा अनुपात :  $d/D = 0.6712$

अंशांकन का दिनांक :

क्रमांक	ताप °C	दाब kg/m <sup>2</sup>	वजन kg	समय s	विभेदक दाब mmWc	$10^6 \times$ (kg/m-s)	घनत्व kg/m <sup>3</sup>	Ma (T/h)	Qm (kg/s)	Cd	ReD
1	32.2969	0.8510	772.28	38.8880	2575.929	761.830	995.8454	71.568	19.880	0.60795	308156
2	32.3203	0.8672	772.19	39.0500	2549.394	761.458	995.8415	71.263	19.795	0.60851	306993
3	32.3477	0.8914	771.42	39.4520	2494.113	761.022	995.8372	70.467	19.574	0.60834	303735
4	32.3789	0.9726	771.03	40.1930	2397.604	760.527	995.8348	69.133	19.204	0.60871	298179
5	32.4141	1.0508	771.12	40.9710	2308.004	759.969	995.8314	67.828	18.841	0.60871	292766
6	32.4531	1.4340	770.35	44.7850	1927.241	759.351	995.8414	61.989	17.219	0.60879	267783
7	32.5000	1.7603	769.08	49.3350	1579.620	758.609	995.8472	56.180	15.605	0.60942	242924
8	32.5469	2.0076	767.81	54.3770	1295.917	757.869	995.8493	50.886	14.135	0.60944	220250
9	32.6016	2.3588	766.64	64.9590	903.606	757.007	995.8547	42.532	11.814	0.61001	184299
10	32.6719	2.7266	764.21	86.4210	506.356	755.901	995.8578	31.868	8.852	0.61058	138292
11	32.7305	1.4992	769.66	45.0700	1909.296	754.981	995.7893	61.542	17.095	0.60725	267391
12	32.7891	2.2910	766.45	61.2350	1019.496	754.062	995.8143	45.107	12.530	0.60908	196222

औसत  $C_d = 0.60890$

$C_t = 0.60738$

विस्तारित अनिश्चितता 95 प्रतिशत स्तर पर द्रव्य द्रव्यमान प्रवाह वेग के लिए  $= \pm 0.20\%$

विस्तारित अनिश्चितता 95 प्रतिशत स्तर पर बहाव गुणक के लिए  $= \pm 0.24\%$

T नलिका के अन्दर पानी का तापमान (°C)

W समूचा वजन (kg)

$\Delta P$  विभेदक दाब (mmWc)

Fb उत्स्लावकता सुधारक गुणक - 1.00106

t पानी इकट्ठा करने का समय (S)

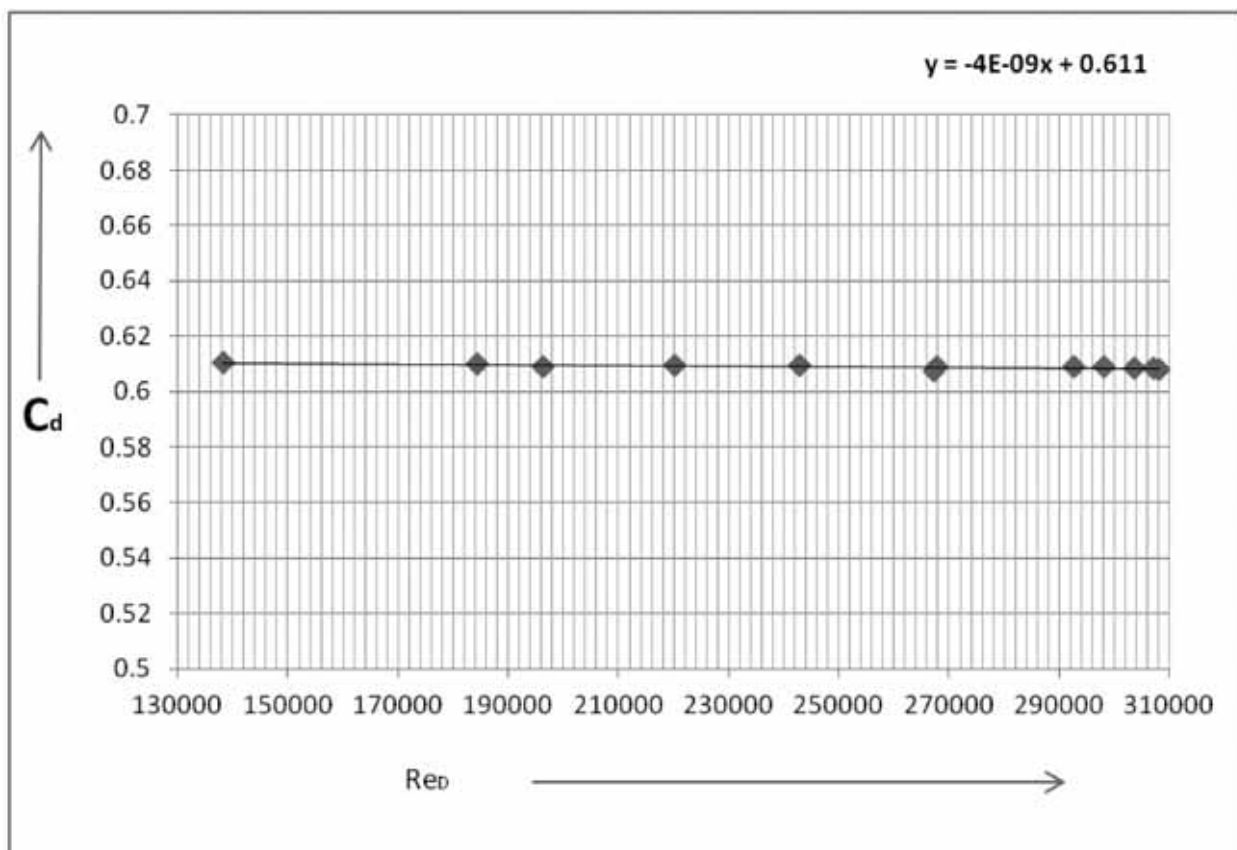
$\rho$  नलिका के अन्दर के तापमान पर पानी का घनत्व (kg/m<sup>3</sup>)

$u$  अंशाकन माध्यम की घटक (kg/m-s)  
 $d$  धारा प्रवाह मूल क व्यास (m)  
 $D$  नलिक क व्यास (m)  
 $B$   $d/D$   
 $Q_m$  असली द्रव्यमान धारा प्रवाह ग्रेविमेट्रिक पद्धति के द्वारा मापा गया (kg/s)  
 $Ma$  असली द्रव्यमान धारा प्रवाह ग्रेविमेट्रिक पद्धति के द्वारा मापा गया (T/h)  
 $C_t$  सैद्धांतिक बहाव गुणक  
 $C_d$  मापा गया बहाव गुणक  
 $Re_D$  नलिका व्यास के आधार पर रेनोल्ड संख्या  
 $Q_m = W \times 1.00106 / t \text{ kg}$   
 $C_d = 4 \times Q_m \times \sqrt{(1 - \beta^4)} / \pi \times \epsilon \times d^2 \times \sqrt{(2 \times \Delta P \times \rho)}$   
 $Re_D = 4 \cdot q / \pi \cdot D \cdot \mu$

#### 4. अनिश्चितता गणना

ओरिफिस प्लेट असेम्बली के का अनिश्चितता

अनिश्चितता के स्रोत	अनुमान $X_i$	इकाई	सीमाएं	प्राथमिकता वितरण गुप-ए और गुप बी	मानक अनिश्चितता	संवेदनशालता गुणांक	अनिश्चितता योगदान	स्वतंत्रता की डिग्री
$u_1$	0.6089			गुप-ए	0.043%	1	0.043%	11
$u_2$ - तरल द्रव्यमान प्रवाह वेग के कारण	0.2	%	0.1	गुप -बी	0.1%	1	0.1%	$\infty$
$u_3$ - विभेदक दाब प्रेषक के अंशाकन के कारण	0.015	%	0.0075	गुप -बी	0.0075%	1	0.0075%	$\infty$
$u_4$ - हाइड्रोमीटर की अनिश्चितता के कारण	0.1	%	0.05	गुप -बी	0.05%	1	0.05%	$\infty$
$u_c$ - संयुक्त अनिश्चितता							0.12%	$\infty$
$U$ - विस्तारित अनिश्चितता	व्याप्ति घटक $k=2$						0.24%	$\infty$



रेयनोल्ड संख्या बनाम बहाव गुणांक का चित्रमय प्रतिनिधित्व

#### 5. निष्कर्ष :

ओरिफिस प्लेट असेम्बली जिसका रिग-0 पर अंशांकन किया गया है उसके वास्तविक बहाव गुणांक ( $C_d$ ) और सैद्धान्तिक बहाव गुणांक ( $C_t$ ) में  $\pm 0.25$  प्रतिशत का अन्तर पाया गया।  $C_d$  के लिए अनिश्चितता गणना  $\pm 0.24$  प्रतिशत है तथा इसमें तरल द्रव्यमान प्रवाह व अन्य घटकों की अनिश्चितता शामिल है।

#### संदर्भ

1. आई एस ओ : 4185&1980 (ई) बंद नलिका में तरल प्रवाह की माप - वजन विधि।
2. आई आ ओ : 5167-खण्ड-2 बंद वृत्ताकार नलिका में विभेद दाब के प्रयोग द्वारा द्रव प्रवाह की माप - ओरिफिस प्लेट ।
3. आई एस ओ : 5768&1978 (ई)-प्रवाह की माप - प्रवाह वेग की माप में अनिश्चितता का आंकलन ।



# परिवेशी हवा में पार्टिकुलेट मैटरस के संपर्क का बच्चों के स्वास्थ्य पर प्रभाव

रविंदर अग्रवाल और सुशील मित्तल

थापर युनिवर्सिटी, पटियाला

## सारांश

विश्व स्तर पर यह एक प्रमुख मुद्दा है कि परिवेशी हवा में प्रदूषण मानव जाति पर सबसे बुरा प्रभाव डालते हैं। परिवेशी वायु में खतरनाक गैसों और निलंबित पार्टिकुलेट मैटर्स होते हैं। निलंबित पार्टिकुलेट मैटर्स प्रदूषित हवा से ज्यादा हानिकारक होते हैं। पार्टिकुलेट मैटर्स में इन्हेलेबल और रेस्पीरेबल कण होते हैं जिनका आकार  $PM_{10}$  से  $PM_{2.5}$  है। ये फेफड़ों के वायुकोशीय थैलियों में काफी गहराई तक घुस जाते हैं जिससे उनकी क्षमता में भारी कमी आ जाती है। बच्चे वयस्कों की तुलना में अधिक संवेदनशील होते हैं क्योंकि ऊंचाई और वजन के संदर्भ में उनका श्वसन दर उच्च होता है और उनकी श्वसन नली छोटी होती है। विभिन्न एपिडेमिओलाजिकल अध्ययन जैसे की क्रॉस ओवर और टाइम सीरीज अध्ययन ने विभिन्न क्षेत्रों में पार्टिकुलेट मैटर्स की एकाग्रता का अनुमान किया जो विभिन्न अनथ्रोपोजेनिक और औद्योगिक स्रोतों से पैदा हुए और उनका मानवीय शरीर पर असर देखा। इस अध्ययन में विभिन्न प्रवृत्तियों और एपिसोड के लिए विश्व स्तर पर समीक्षा की गई है। अध्ययन बताते हैं कि एसपीएम के स्तर में वृद्धि के साथ बच्चों की विभिन्न जैविक मापदंडों में एक महत्वपूर्ण गिरावट आई है। यह निष्कर्ष निकाला गया है कि पार्टिकुलेट मैटर्स के छोटी और लंबी अवधि का संपर्क उनके अंगों पर अनरीकवरेबल प्रभाव डालता है। श्वसनीय पार्टिकुलेट मैटर्स बच्चों में हृदय और श्वसन विकारों के लिए जिम्मेदार थे।

**सूचक शब्द :** निलंबित पार्टिकुलेट मैटर्स, वायुकोशीय थैलियों, एपिडेमिओलाजिकल अध्ययन, प्रवृत्तियों और एपिसोड, अनरीकवरेबल प्रभाव

## 1. प्रस्तावना

पिछले कई दशकों से बच्चों में श्वसन बीमारी की व्यापकता में काफी वृद्धि हुई है। बच्चों में यह एक आम और पुरानी बीमारी बन गयी है। पर्यावरण में वायु प्रदूषण एक बढ़ता हुआ चिंता का विषय है जोकि प्रति वर्ष 2 लाख समयपूर्व होने वाली मौतों के लिए जिम्मेदार है। दुनिया भर में ऐसे बहुत से स्रोत हैं जिनसे भारी मात्रा में जहरीली गैसें ( $SO_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ) और सस्पेंडेड पार्टिकुलेट कण (इन्हेलेबल कण और रेस्पीरेबल कण) (एसपीएम) उत्सर्जित होते हैं। शोध से पता चलता है, गैसों के मुकाबले सस्पेंडेड पार्टिकुलेट कण ज्यादा हानिकारक होते हैं क्योंकि वे फेफड़ों में घुस कर उनकी क्षमता कम करते हैं [1]। बहुत से ऐसे एनथ्रोपोजेनिक स्रोत हैं जो परिवेशी हवा में भारी मात्रा में सस्पेंडेड पार्टिकुलेट कण उत्सर्जित करने के लिए जिम्मेदार हैं। विश्व स्तर पर बायोमास बर्निंग और फिसाइल फ्यूल का जलना इनका प्रमुख स्रोत माना गया है। इन प्रदूषकों का बढ़ने की तुलना में बच्चों पर बहुत ही ज्यादा असर पड़ता है क्योंकि उनके फेफड़े पूरी तरह से विकसित नहीं हुए होते हैं और उनकी श्वसन नली भी संकरी होती है [3]। बच्चों का श्वसन दर भी अधिक होता है। बच्चे अतिसंवेदनशील हैं



सिर्फ इसलिए नहीं कि उनके फेफड़ों का विकास हो रहा है बल्कि इसलिए भी कि वो दिन का ज्यादातर समय घर से बाहर खुले में बिताते हैं जिससे वो भारी मात्रा में प्रदूषकों का सेवन करते हैं [2]। ये प्रदूषक उनके फेफड़ों में काफी गहराई तक घुस जाते हैं और फेफड़ों के सेल मेमब्रेंस को क्षति पहुंचाते हैं। अक्सर यह भी देखा गया है कि खेलते हुए या जुकाम की स्थिति में बच्चे अपने मुंह से सांस लेते हैं। अध्ययनों के अनुसार नाक के द्वारा सांस लेने से वायु में मौजूद प्रदूषक प्राकृतिक रूप से छन जाते हैं लेकिन मुंह के द्वारा सांस लेने से प्रदूषित हवा की बड़ी मात्रा बच्चों के फेफड़ों में चली जाती है और फेफड़ों के अति संवेदनशील क्षेत्रों को प्रभावित करती है। इस प्रकार एसपीएम की बड़ी मात्रा बच्चों के फेफड़ों में हवा की धूलियों की दीवारों में जमा हो जाती है। बच्चों पर सस्पेंडेड पार्टिकुलेट कणों के प्रभाव का अध्ययन किया गया है। अध्ययन बताते हैं कि परिवेशी हवा में सस्पेंडेड पार्टिकुलेट कणों की अधिक मात्रा बच्चों में बहुत सी भयंकर बीमारियों के पैदा होने के खतरे को बढ़ा देती है [4] जैसे की अस्थमा, हृदय संबंधी विकार, रक्तचाप का बढ़ना, इत्यादि। इस अध्ययन में दुनिया भर में बच्चों पर एसपीएम के प्रभाव का मूल्यांकन किया गया।

## 2. सामग्री और विधि

### 2.1 डेटा स्रोत

अध्ययन के लिए, शोध लेख साल 2012 तक प्रमुख पत्रिकाओं से एकत्र किए गए। इन लेखों में हवा में बढ़े एसपीएम की मात्रा का बच्चों के जैविक मापदंडों पर प्रभाव का मूल्यांकन किया गया। अध्ययन बच्चों की पलटन पर छोटी और लंबी अवधि के असर पर आधारित थे। एसपीएम के स्तर में वृद्धि बायोमास के जलने से और विभिन्न एन्थ्रोपोनिज स्रोतों के जलन से हुई थी। विभिन्न एसपीएम के स्तर में आई वृद्धि की प्रवृत्तियों और एपिसोड्स को दर्शाते हैं।

### 2.2 अध्ययनों का चयन

इस अध्ययन में उन अध्ययनों को शामिल किया गया है जिनमें कोई भी रिपोर्ट और डेटा एसपीएम का बच्चों के अलग अलग जैविक मापदंडों पर हो रहे प्रभाव की गणना कर रहा है। इन सभी अध्ययनों का कॉन्फिडेंस इंटरवल 95% था। अध्ययनों में सस्पेंडेड पार्टिकुलेट कणों के इन्हेलेबल कण और रेस्पिरेबल कण दोनों शामिल थे। जिन अध्ययनों में वयस्कों या उच्चतर उम्र के सब्जेक्ट्स का आंकलन का किया गया था उन को इस अध्ययन में शामिल नहीं किया गया।

### 2.3 अध्ययनों की गुणवत्ता का आंकलन

अध्ययनों की पद्धति गुणवत्ता का मूल्यांकन जनसंख्या के आकार, अध्ययन के डिजाइन, वायु प्रदूषक की घनता, संपर्क समय, चिकित्सक द्वारा किया गया वर्तमान अस्थमा या अन्य रोगों का निदान सांख्यिकी विधियों इत्यादि द्वारा किया गया। इन अध्ययनों में क्रॉस सेक्शनल, कोहोर्ट और केस कोन्ट्रोल अध्ययन शामिल हैं जिनका कॉन्फिडेंस इंटरवल 95% था।

## 3. परिणाम

### 3.1 अध्ययनों की विशेषताएं

इस अध्ययन में उन 21 अध्ययनों को शामिल किया गया है जो एरोडायनामिक सस्पेंडेड पार्टिकुलेट कणों का प्रभाव दुनिया भर के बच्चों पर दिखा रहे हैं। ये अध्ययन 1996 से 2012 के बीच प्रकाशित हुए थे।

इनमें से 9 अध्ययन यूरोप में, 8 अध्ययन उत्तरी अमेरिका में, 2 अध्ययन लेटिन अमेरिका में, 2 अध्ययन भारत में बच्चों पर एसपीएम के असर आंकलन दिखा रहे हैं। इन में से 9 कोहोर्ट अध्ययन, 10 क्रॉस सेक्शनल अध्ययन हैं।

इन अध्ययनों में सस्पेंडेड पार्टिकुलेट कणों और अन्य प्रदूषकों को एक चयनित स्थल पर एक निर्धारित समय के लिए मापा गया। एसपीएम की एकाग्रता को कई उपकरणों द्वारा आंका गया जैसे की हाई वालुम सैम्पलर और एरोसोल स्पेक्ट्रोमीटर (5)(6)(7)(8)(9)(10)(11)(24)(25)। इसी के साथ बच्चों के श्वसन कार्य को मापने के लिए विभिन्न तरीकों का प्रयोग किया गया। कई अध्ययनों में श्वसन दर मापने के लिए विशेषज्ञों द्वारा बच्चों और उनके माता-पिता से प्रश्नावली की गयी। प्रश्नावली में ISAAC और ATS के मापको का प्रयोग किया गया। कई अध्ययनों में श्वसन दर मापने के लिए स्पिरोमीटर का भी प्रयोग किया गया (14)(17)(18)(24)(25)। कुछ अध्ययनों में चिकित्सकों ने बच्चों में अस्थमा और व्हीजिंग के लक्षण को मापने के लिए उनके कई बायोलॉजिकल पैरामीटर्स का निरीक्षण किया। कुछ अध्ययनों में रोगियों की अस्पताल में दाखिल की दर भी आंकी गयी। एक अवधि के बाद सभी आंकड़ों का रिग्रेशन और कोरीलेशन काफ़्फीशेंट जैसे स्टैटिस्टिकल मेथड्स के द्वारा आंकलन किया गया।

### 3.2 एसपीएम और प्रदूषकों के संपर्क का असर

विश्व स्तर पर एसपीएम जैसे कि इन्हेलेबल कण और रेस्पिरैबल कणों की अधिक एकाग्रता के संदर्भ में बच्चों के बायोलॉजिकल पैरामीटर्स में एक नकारात्मक एसोसिएशन पाई गयी। बच्चों में कई कुप्रभाव जैसे कि श्वसन दर का कम होना, अस्थमा के लक्षण, हृदय संबंधी विकार इत्यादि पाये गये।

तालिका 1 : अध्ययनों का विवरण और सारांश का निष्कर्ष

अध्ययन संदर्भ	अध्ययन के डिजाइन	आयु	प्रतिभागी	अनावृत्ति	अनावृत्ति मूल्यांकन	परिणाम	परिणाम मूल्यांकन	अध्ययन खोज
दोक्की इत. एल. 1996	क्रॉस सेक्शनल	8 से 12 साल	13369	PM	वायु प्रदूषण का तय जगहों से आंकलन	अस्थमा, व्हीजिंग	ISAAC प्रश्नावली	प्रेवैलेंस ऑफ़ ग्रोनचिचिस एसोसिएटेड विथ पार्टिकल स्ट्रोक एसिडिटी कंसंट्रेशन
हिर्च इत. अल. 1999	क्रॉस सेक्शनल	5 से 11 साल	5421	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO, SPM	वायु प्रदूषण का तय जगहों से आंकलन	अस्थमा, व्हीजिंग	ISAAC प्रश्नावली	एक्सपोजर तू एयर पाल्यूशनस माय कॉज अस्थमा इन चिल्ड्रन
पेटेर्स इत. अल. 1999	कोहोर्ट	8 से 12 साल	3676	NO, NO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , PM, SO <sub>2</sub>	वायु प्रदूषण का तय जगहों से आंकलन	अस्थमा, व्हीजिंग	ISAAC प्रश्नावली	एक्सपोजर तू एयर पाल्यूशनस माय कॉज अस्थमा इन चिल्ड्रन
पिखाट इत. अल. 2001	क्रॉस सेक्शनल	7 से 10 साल	8013	NO, NO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , PM, SO <sub>2</sub>	वायु प्रदूषण का तय जगहों से आंकलन	अस्थमा, व्हीजिंग	ISAAC प्रश्नावली	एक्सपोजर तू एयर पाल्यूशनस माय कॉज अस्थमा इन चिल्ड्रन
गहरिंग इत. अल. 2002	कोहोर्ट	0 से 2 साल	1756	PM <sub>2.5</sub> , NO <sub>2</sub>	LUR मॉडलिंग	अस्थमा, व्हीजिंग	ISAAC प्रश्नावली	अस्सोसिएशन बिटवीन ट्रैफिक रिलेटीड एयर पाल्यूशनस एंड स्ट्रुक्चुरल ऑफ़ काफ़्फ
शीमा इत. अल. 2002	कोहोर्ट	8 से 12 साल	3048	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO, SPM	वायु प्रदूषण का तय जगहों से	अस्थमा	ISAAC प्रश्नावली	एक्सपोजर तू एयर पाल्यूशनस माय कॉज अस्थमा इन चिल्ड्रन

जहाँगी इत. अल. 2002	क्रॉस सेक्शनल	8से12 साल	7621	SO <sub>2</sub> ,NO <sub>2</sub> , CO, SPM	वायु प्रदूषण का तय जगहों से आकलन	अस्थमा	ISAAC प्रश्नावली	एक्सपोजर तू एयर पाल्लूशनस साथ कॉज अस्थमा इन चिल्ड्रेन
निकोलाई इत. अल. 2003	क्रॉस सेक्शनल	8से12 साल	7509	NO <sub>2</sub> , PM <sub>2.5</sub> , soot	वायु प्रदूषण का तय जगहों से आकलन	अस्थमा, वहीजिंग	ISAAC प्रश्नावली	ट्रैफिक रिलेटीड पोल्लुशनस एसोसिएशन विद रेस्पिरैटोरी इन्फेक्शन, अस्थमा एंड एलर्जी दुरिंग दी फर्स्ट 4 इयर्स
किम इत. अल. 2004	क्रॉस सेक्शनल	8 से12 साल	1109	SO <sub>2</sub> ,NO <sub>2</sub> , CO ,SPM	वायु प्रदूषण का तय जगहों से आकलन	अस्थमा	ISAAC प्रश्नावली	ट्रैफिक रिलेटीड पाल्लूशनस एसोसिएशन विद रेस्पिरैटोरी इन्फेक्शन, अस्थमा एंड एलर्जी दुरिंग दी फर्स्ट 4 इयर्स.
गौदमन इत. अल. 2005	क्रॉस सेक्शनल	8 से12 साल	208	NO <sub>2</sub> ,PM	वायु प्रदूषण का तय जगहों से आकलन	अस्थमा, श्वसन नली में जलन	ISAAC प्रश्नावली	लाइफ टाइम हिस्ट्री ऑफ दाईगनोजिंग अस्थमा एंड एसोसिएशन विथ पोल्लुतंत

### तालिका (लगातार)

अध्ययन संदर्भ	अध्ययन के डिजाइन	आयु	प्रतिभागी	अनावृत्ति	अनावृत्ति मूल्यांकन	परिणाम	परिणाम मूल्यांकन	अध्ययन खोज
मोर्गनस्टर् इत. अल. 2007	कोहोर्ट	0से2 साल	5991	NO <sub>2</sub> , PM <sub>2.5</sub> , soot	वायु प्रदूषण का तय जगहों से आकलन	अस्थमा, वहीजिंग	ISAAC प्रश्नावली	एक्सपोजर तू एयर पाल्लूशनस माय कॉज अस्थमा इन चिल्ड्रेन
अर्नो-पेना इत. एल. 2009	क्रॉस सेक्शनल	6 से 7 साल	20,455	SO <sub>2</sub> ,NO <sub>2</sub> , CO SPM	वायु प्रदूषण का तय जगहों से आकलन	वहीजिंग	ISAAC प्रश्नावली	एनुअल एवरेज कंसंट्रेशन ऑफ SO <sub>2</sub> एसोसिएटेड विद ए हायर प्रेवालेंस ऑफ रीसेट सीवियर अस्थमा
ओफतेदल इत. अल. 2009	कोहोर्ट	9 से10 साल	2871	NO <sub>2</sub> , PM <sub>2.5</sub> , Soot	वायु प्रदूषण का तय जगहों से आकलन	अस्थमा	ISAAC प्रश्नावली	ट्रैफिक रिलेटीड पाल्लूशनस एसोसिएशन विद रेस्पिरैटोरी इन्फेक्शन, अस्थमा एंड एलर्जी दुरिंग दी फर्स्ट 4 इयर्स.
सहस्रवरो ग्लू इत. अल. 2009	कोहोर्ट	8 से12 साल	1467	NO <sub>2</sub> ,PM	वायु प्रदूषण का तय जगहों से आकलन	अस्थमा	ISAAC प्रश्नावली	प्रेवालेंस ऑफ ब्रॉनचिटिस एसोसिएटेड विथ पार्टिकल स्ट्रॉग एसिडिटी कंसंट्रेशन
अवस्थी इत.अल. 2010	कोहोर्ट	10 से 13 साल	50	SPM	वायु प्रदूषण का तय जगह से आकलन	श्वसन दर का कम होना	ATS प्रश्नावली	इफेक्ट ऑफ एगीकलचर क्रॉप रेसिडुअल बर्निंग ओन रेस्पिरेशन
अगरवाल इत.अल. 2010	कोहोर्ट	10से 13 साल	50	SPM	वायु प्रदूषण का तय जगह से आकलन	श्वसन दर का कम होना	ATS प्रश्नावली	इफेक्ट ऑफ एयर पाल्लूशनस ओन रेस्पिरेशन पैरामीटर्स इन वीट सीजन
पेनाई इत. अल. 2010	क्रॉस सेक्शनल	9से11 साल	6683	NO <sub>2</sub> ,PM	वायु प्रदूषण का तय जगहों से आकलन	अस्थमा	ISAAC प्रश्नावली	एक्सपोजर तू एयर पाल्लूशनस माय कॉज अस्थमा इन चिल्ड्रेन

क्लार्क इत. अल. 2010	कोहोर्ट	0 से 4 साल	37,401	NO, NO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , PM, SO <sub>2</sub>	वायु प्रदूषण का तय जगहों से आकलन और LUR मॉडलिंग	अस्थमा	हस्पतालो का रिकॉर्ड	ट्रैफिक रिलेटीड पाल्मूशनस एसोसिएशन विद रेस्पिरैटोरी इन्फेक्शन, अस्थमा एंड एलर्जी दुरिंग दो फर्स्ट 4 इयर्स.
लिनारेस इत. अल. 2010	कोहोर्ट	6 से 14 साल	464	NO, NO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , PM, SO <sub>2</sub>	वायु प्रदूषण का तय जगहों से आकलन	अस्थमा	ATS प्रश्नावली	एक्सपोजर तू एयर पाल्मूशनस माय कॉज अस्थमा इन चिल्ड्रेन
हवांग इत. अल. 2010	क्रॉस सेक्शनल	8 से 12 साल	32,672	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO, SPM	वायु प्रदूषण का तय जगहों से आकलन	अस्थमा, वहीजिंग	ISAAC प्रश्नावली	सयमतोमस ऑफ अस्थमा एसोसिएटेड विद पार्टिकुलेट मैटर्स
गहरिंग इत. अल. 2010	कोहोर्ट	0 से 8 साल	3863	NO <sub>2</sub> , PM <sub>2.5</sub> , soot	वायु प्रदूषण का तय जगहों से आकलन	वहीजिंग	ISAAC प्रश्नावली	एक्सपोजर तू एयर पाल्मूशनस माय कॉज अस्थमा इन चिल्ड्रेन

NO: nitrogen oxides; NO<sub>2</sub>: nitrogen dioxide; CO: carbon mono oxide; PM: particulate matters; O<sub>3</sub>: ozone; SO<sub>2</sub>: sulfur dioxide; CO<sub>2</sub>: carbon dioxide; SPM: suspended particulate matters.

#### 4. निष्कर्ष :

अध्ययन के परिणामों से संकेत मिलता है कि अगर परिवेश हवा में एसपीएम का स्तर बढ़ता है तो बच्चों में कई बीमारियों का खतरा बढ़ता है जैसे कि अस्थमा, रक्त चाप का बढ़ना, फेफड़ों की क्षमता का कम होना इत्यादि । तालिका-1 में उन सभी अध्ययनों का विवरण दिया गया है। इन सभी अध्ययनों में बायोमास बर्निंग और फासिल फ्यूल बर्निंग को एसपीएम का मुख्य स्रोत बताया। जिन कोणों का आकार सबसे कम था उन का असर श्वसन दर पर ज्यादा था । क्योंकि छोटे कण आसानी से फेफड़ों में काफी गहराई तक घुस जाते हैं और फेफड़ों की कार्य प्रणाली में विघन डालते हैं । इन अध्ययनों में बच्चों के बायोलॉजिकल पैरामीटर्स में एक अनरीकवरेबल प्रभाव देखा गया ।

#### 5. आभार

लेखक इंडियन कौंसिल ऑफ मेडिकल रिसर्च का आभारी है जिन्होंने इस अध्ययन के लिए फंड्स दिए । लेखक थापर यूनिवर्सिटी के डायरेक्टर साहिब का भी धन्यवाद करता है जिन्होंने इस स्टडी के लिए हर प्रकार से हमारी सहायता की ।

#### संदर्भ

1. आनंदान सी, नूरमतोव यु, वान स्वय्य, ओसी शेख, स्टेमेटिक रिव्यू ऑफ एपीडेमिऑलॉजिकल स्टडीज, 65(2), 2010, 152-167
2. वर्ल्ड हेल्थ आर्गेनाइजेशन, 2008. WHO sheet 307 : अस्थमा  
<<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs307/en/index.html>>.2011
3. मंसूर एम इ. लंफीअर बीपी, दी विट,टीजी, जर्नल ऑफ पीडियाट्रिक्स, 106(3), 512-519
4. ए क्यू एम दी, स्मॉग एंड हेल्थ,  
<[http://www.aqmd.gov/smog/historical/smog\\_and\\_health.htm](http://www.aqmd.gov/smog/historical/smog_and_health.htm)>.2012
5. एंडरसन एम, स्वरतएन्ट्रैन एम, फिलिप्सोन् के, काम्नेर पि, जर्नल ऑफ एयरोसोल एंड साइंस 25, 1994, 567-581

6. क्लार्कएन एन ए, देमेर्स पि ए कर् र की जे, कोएहूर्ण एम, लेंकार सि, तम्बुरिक एल, ब्रौएर एम, जर्नल ऑफ एनवायरनमेंट हेल्थ पर्सपेक्टिव, 118(2), 2010, 284-290
7. दोक्केरी दी यू, कर्नीगम जे, दमोकोश ए ई नास एल एम स्पेंग्लेर जे दी, कौत्रकिस पि, वारे जे एह, रैजेन्स एम, स्पिजर एफ इ, जर्नल ऑफ एनवायरनमेंट हेल्थ पर्सपेक्टिव, 104(5), 1996, 500-505
8. गहरिंग यु, विज्जा ए च, ब्रौएर एम, फिस्चेर पि, दी जोंगस्ते जे सि, केर्खोफ एम, ओल्देवेनिंग एम, स्मिथ च ए, एन्मोस्फिरिक जर्नल ऑफ रेस्पिरेशन एंड क्रिटिकल केयर मेडिसिन, 181(6), 2010, 596-603
9. गाउदरमन यु जे, अवोल ई लुर्मन्न एफ, कुएंजली एन गिल्लिलैंड एफ, पेतेर्स जे, म्क्कोन्नेल्स आर, जर्नल ऑफ एपिडेमियोलॉजी, 16 (6), 2005, 737-743
10. गहरिंग युक्त्री जे सेड्रल्मिर जी, ब्रनेक्रीम बी, बेल्लांदर टी, फिस्चेर पि बौएर सि पि रेंहर्दत दी, विच्मन्न च इ, हेंरीच जे, यूरोपियन जर्नल ऑफ रेस्पिरेशन, 19(4), 2002, 690-677
11. हिस्च टी, वेइलंद एस के, वों मुतिउस इ, सफेका ए एफ, ग्रफे च, क्सप्लोविच्स इ, दुह्मे एच, किल यु, लियोपियन जर्नल ऑफ रेस्पिरेशन, 14(3), 1999, 699-677
12. हवांग बी एफ, ली वाई सि, जक्कोल जे जे, गुओ वाई एल, जर्नल ऑफ थोरासिक, 60(6), 2005, 467-473
13. किम जे जे, जर्नल ऑफ पीडियाट्रिक्स, 114(6), 2004, 1699-1707.
14. लिनारेस बी, गुडजर जे एम, अमदोर एन, गार्सिया ए, पेरेज जे आर, चपला आर बे एम सि पुल्मोनेरी मेडिसिन, 10, 2010, 62
15. मोगेस्तेर्ण वी, जुतावेर्ण एक्कयर्स जे, ब्रोक्कोव ई गहरिंग यु, कोलेत्स्को एस, बौएर सि पिरेंहर्दत दी, विच्मन्न एच ई, हेंरीच जे, ऑक्कूपेशनल एनवायरनमेंट मेडिसिन, 64(1), 2007, 8-16.
16. निकोलाई टी, कार्र दी, वेइललैंड एस के, दुह्मे एच, वों एहेंस्ते ओ, वाग्नेर सि, वों मुतिउस ई, यूरोपियन जर्नल ऑफ रेस्पिरेशन, 21(6), 2003, 956-963
17. ओफतेदल बी, न्यूस्ताद डब्लू, ब्रुनेक्रीफ बी, नफस्ताद पि जर्नल ऑफ एनवायरनमेंट हेल्थ पर्सपेक्टिव, 117(5), 2009, 839-844
18. पेनार्डमोरंद सि, रहेरिसों सि, पर्पि, दी, कोफेस्चिर्मत्त सि, लावौइ एफ, किल्लौड दी, अन्नोसी-मेसोनी आई, यूरोपियन जर्नल ऑफ रेस्पिरेशन, 36(1), 2010, 33-40
19. पेतेर्स जे एम, अवोल ई, नाविदी डब्लू, लन्दन एस जे, गौदेर्मन डब्लू जे, लुर्मन्न एफ लिन डब्लू एस, मारगोलिस एच, राणपोर्ट ई, गोंग एच, अमेरिकन जर्नल ऑफ रेस्पिरेशन एंड क्रिटिकल मेडिसिन केयर, 1999(3), 1999, 760-767
20. पिखर्ट एच, बोबक एम, गोयुर्त्सकी पि, वोजत्स्निक बीदोव जे सलको एम ए, ऑक्कूपेशनल एनवायरनमेंट हेल्थ, 47(8) 2001, 574-578
22. शीमा एम, नित्ता याई, अन्डो एम, अदाची एम, जर्नल ऑफ एनवायरनमेंट हेल्थ, 57(6), 2002, 529-535.
23. जहॉंग जे जे, हु डब्लू, वेई एफ, वू जी कोर्न एल, चैपमैन आर एस, जर्नल ऑफ एनवायरनमेंट हेल्थ पर्सपेक्टिव, 110(9), 2009, 961-967
24. अवस्थी ए, सिंह निरंकार, मित्तल एस, गुप्ता पि के, अगरवाल आर, जर्नल ऑफ साइंस औफ टोटल एनवायरनमेंट, 408, 2010, 4440
25. अगरवाल आर अवस्थी ए, मित्तल एस, सिंह निरंकार, गुप्ता पि क जर्नल ऑफ मेडिकल एग्जिनेरिंग एंड टेक्नोलॉजी, 34, 2010, 23-28



## सूची (Index)

ए. एस. मुरली	101	पी.एस. नेगी	18, 47, 158
ए. के. बंधोपाध्याय	72	पूनम सेठी बिष्ट	14
ए. सेन गुप्ता	126	प्रभात कुमार गुप्ता	64
एकता मलिक	14, 41	रमन कुमार शर्मा	141, 150
ए.के. सक्सेना	14, 41, 84	रविंदर अग्रवाल	134, 175
ए.के. सरकार	64	रीना शर्मा	23
ए.के. गोयल	84	राकेश खन्ना	11
एस. एस. के. टाइटस	166	रोहताश	80
एस. बर्मन	74	राजेश कुमार	11
एस. के. जायसवाल	67	रजत कुमार मुखर्जी	110
एस. के. जैन	166	संध्या एम. पटेल	158
ईश्वर सिंह टाक	115	संध्या पटेल	59
बट्टल सिंह	169	सऊद अहमद	47
कुलभूषण रावत	27	संजय यादव	1, 141, 150
कुलदीप कुमार त्यागी	121	संजय शर्मा	8
महार्घ बरन दास	51	सचिन कुमार	84
मुकेश कुमार	32	सचिन गुप्ता	134
शिव कुमार जायसवाल	115	सुधीर कुमार शर्मा	80
बिजैन्दर पाल	18	सुशील मित्तल	134, 175
थॉमस जॉन	14, 41	सुनिधि लूथरा	18
दिनेश चन्द्र शर्मा	37	सुरेन्द्र सिंह यादव	51
विजय	74	सुदामा	106, 110
निधि सिंधु	23	सतीश	84
निरंजन सिंह	64	उषा किरण	14, 41
गिरिजा मूना	23	वी.एन. ओझा	18, 23, 47, 59, 158
हरीश कुमार	14, 129	चतर सिंह	67, 115
हेम चन्द्र काण्डपाल	97	तुहिन कुमार मंडल	80
भरत कुमार यादव	97, 106, 110	ज्योति चौहान	54

जर्येता एस. थरंगजम	126	अहमद अजब	169
जसवीर सिंह	89	आई. एस. टाक	67
जगदीश शिवहरे	147	आशिमा शर्मा	80
नीता दिलावर शर्मा	89	आर.पी. शर्मा	74
नागाहनुमयया	74	आशीष अग्रवाल	126
नवल मंचलवार	110	अवनीश कुमार	134
नैना नारंग	54	अर्चना साहू	47
अशोक कुमार	89, 93, 129	गौतम मंडल	37
अनिष भार्गव	59	गुरप्रीत सग्गू	134
अनिश एम. भार्गव	158	ललित कुमार	141, 150
अनिल कुमार	32, 37, 51		





सी.एस.आई.आर. - राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, डा. के. एस. कृष्णन मार्ग, नई दिल्ली - 110012





राष्ट्रीय संगोष्ठी के उद्घाटन समारोह के पश्चात् कार्यक्रम में उपस्थित प्रतिभागियों की  
एन.पी.एल. सभागृह के बाहर खींचा गया समूह छायाचित्र  
(दिनांक 8-12-2014)