



ISSN : 1549-523-X  
UGC-CARE Listed Journal

वर्ष : 21, अंक 3, जुलाई-सितम्बर 2023  
Vol. 21, No. 3, July-September 2023



भारत 2023 INDIA

वसुधैव कुटुम्बकम्

ONE EARTH - ONE FAMILY - ONE FUTURE

# विज्ञान प्रकाश

## VIGYAN PRAKASH

विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल  
Research Journal of Science & Technology



लोक विज्ञान परिषद, दिल्ली  
एवं  
विश्व हिन्दी न्यास, न्यूयॉर्क  
का प्रकाशन

विज्ञान प्रकाश : विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल, वर्ष : 21 , अंक 3, जुलाई-सितम्बर 2023

VIGYAN PRAKASH : Research Journal of Science & Technology, Vol. 21, No. 3, July-September 2023

#### सलाहकार मण्डल / Advisory Board

- डॉ . विजय कुमार सारस्वत / Dr. V.K. Saraswat  
Member, NITI Aayog, Govt. of India &  
Chancellor, Jawaharlal Nehru University, New Delhi.  
Formerly, Secretary, Defence (R&D)  
& Scientific Adviser to Raksha Mantri  
& DG DRDO (Ministry of Defence)  
vk.saraswat@gov.in
- प्रो. जगदीश नारायण / Prof. Jagdish Narayan  
Distinguished Chair Professor & Director,  
NSF Center for Advanced Materials and  
Smart Structures,  
Dept. of Materials Science and Engineering  
Centennial Campus, North Carolina State  
University, Raleigh, NC 27695-7907.  
J\_Narayan@ncsu.edu
- प्रो. अशोक झुनझुनवाला/Prof. Ashok Jhunjunwala  
Institute Professor, IIT Madras  
E-301 IITM Research Park, Chennai 600113  
ashok@tenet.res.in
- डॉ श्याम कुमार शुक्ल / Dr. Shyam K. Shukla  
Executive Director,  
World Hindi Foundation 44949  
Cougar Circle, Fremont, CA 94539, USA  
shuklas@comcast.net
- प्रो. आलोक कुमार / Prof. Alok Kumar  
Department of Physics,  
State University of New York,  
Oswego, New York 13126  
Alok.kumar@oswego.edu

#### संस्थापक मुख्य संपादक / Founder Chief Editor

- स्व. प्रो. राम चौधरी / Late Prof. Ram Chaudhari  
54, Perry Hill Raod, Oswego, NY, 13126, USA

#### मुख्य संपादक / Chief Editor

- प्रो. ओम विकास / Prof. Om Vikas  
Hon. Advisor, Bhartiya Vudya Bhavan, Delhi  
President, Lok Vigyan Parishad  
Formerly, Director, ABV-IIITM, Gwalior  
& Counsellor (S&T), Indian Embassy, Japan; &  
Sr. Director, Ministry of Electronics & IT  
dr.omvikas@gmail.com

#### कार्यकारी संपादक / Executive Editor

- प्रो. अनुपम शुक्ल / Prof. Anupam Shukla  
Director, SVNIT, Surat, Gujarat-395007  
dranupamshukla@gmail.com
- सह संपादक / Associate Editor
- प्रो. रंजन माहेश्वरी / Prof. Ranjan Maheshwari  
Professor, Rajasthan Technical University, Kota  
ranjan@rtu.ac.in
- प्रो. कृष्ण कुमार मिश्र/Prof. Krishna Kumar Mishra  
Homi Bhabha Centre for Science Education, TIFR,  
Mumbai - 400088, kkm@hbcse.tifr.res.in
- प्रो. प्रतापानंद झा / Prof. Prataapanand Jha  
Dean (Academics) and Director  
(Cultural Informatics) IGNC, New Delhi  
pjha@ignca.nic.in
- प्रो. अवनीश कुमार / Prof. Avanish Kumar  
Dept of Math Sc & Comp App  
Bundelkhand University, Jhansi - 284128  
dravanishkumar@gmail.com
- डॉ. देबाशीस दत्ता / Dr Debashis Dutta  
Chief Scientist & Executive Vice President  
Strategic Initiatives Jio Platform Limited  
Navi Mumbai, Maharashtra - 400701  
Debashis.Dutta@ril.com

#### प्रबंध संपादक / Managing Editor

- डॉ. आदर्श मंगल / Dr Adarsh Mangal  
Department of Mathematics,  
Engineering College Ajmer 305025  
dradarshmangal@vigyanprakash.in

#### सहायक संपादक / Assistant Editor

- डॉ. राहुल दीक्षित / Dr Rahul Dixit  
Department of CSE, IIIT Pune  
rahuldixit@iiitp.ac.in
- डॉ. कात्यायनी शर्मा / Dr Katyayane Sharma  
Joint programs in Medical Technologies  
AIIMS Jodhpur & IIT Jodhpur  
katyayaneesharma@gmail.com

#### ऑनलाइन प्रदर्श (वेबसाइट)/Online Presence (Website)

- दिव्या शर्मा / Divya Sharma  
Designer's Bliss, Sydney. NSW, Australia  
www.designersbliss.com

#### मुद्रण सहयोग / Printing Support

- विकास कंप्यूटर एंड प्रिंटेर्स / Vikas Computer & Printers  
E 33 Sector A5/6 Tronica City, Loni, Ghaziabad  
vikasprint@gmail.com

विश्व हिंदी न्यास से संस्थापित एवं लोक विज्ञान परिषद्, दिल्ली द्वारा प्रकाशित  
UGC-CARE समिति से अनुमोदित हिंदी में विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल— विज्ञान प्रकाश  
ISSN : 1549-523-X; www.VigyanPrakash.in

विज्ञान प्रकाश रिसर्च जर्नल में प्रकाशित लेख/सामग्री लेखकों के अपने निजी विचार हैं। विज्ञान प्रकाश के संपादक मंडल तथा प्रकाशक का कोई दायित्व नहीं है।

## विषय क्रम

● सलाहकार एवं सम्पादक मंडल / Advisory & Editorial Board	Inner Cvr
● सम्पादकीय/ Editorial - अनुपम शुक्ल	2
<b>शोध आलेख / Research Articles</b>	
● अवधिपार लोपिनवीर दवा का संक्षारण (जंग) अवरोधक के रूप में अनुप्रयोग / Use of Expired lopinavir drug as Corrosion Inhibitor — जितेन्द्र भावसार, वी. के. मिश्र	3
● विभिन्न अरैखिक अव्यवस्थित प्रणालियों के एंटी-सिंक्रनाइजेशन, द्विभाजन और पॉइंकेयर अनुभागों का अध्ययन / 11 Study of Anti-synchronization, bifurcation and Poincare section of different nonlinear chaotic systems — रामप्रवेश प्रसाद	11
● भारतीय ग्रिड के संदर्भ में हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइन डिजाइन के विश्वसनीयता आधारित विकास का आर्थिक विश्लेषण / Economic analysis of reliability-based development of hybrid transmission line design in the context of the Indian grid — मनन पाठक, डॉ. दिशांग त्रिवेदी	21
● हम्प आव्यूह के लिए $C^1.T$ संकलनीयता का उपयोग करके $W(L^p, \Psi(w), \beta)$ -वर्ग के फलनों के सन्निकटन (अनुमान) की त्रुटि/ Error of approximation (estimation) of functions belonging to $W(L^p, \Psi(w), \beta)$ - class using $C^1.T$ -means for hump matrices — सचिन देवैया, शैलेश कुमार श्रीवास्तव	36
● एसीटोनाइट्राइल माध्यम में हाइड्रॉक्सिल मूलकों का विकिरण अपघटनी जनन / Radiolytic Generation of Hydroxyl Radicals in Acetonitrile Media—मंजूषा बी. शिरढोगकर, केतन कुपेरकर	42
<b>भारतीय ज्ञान परम्परा / Indian Knowledge Tradition</b>	
● कला, संस्कृति और परम्परा के स्तोत्रकार कवि कालिदास / Kalidas : The devout narrator of Art, Culture and Tradition—योगेश शर्मा, आकृति ठाकुर	47
प्रतिक्रियाएं / Feedback	54
समीक्षक सूची / List of Reviewers	Back Inner Cvr
नानक वाणी (जनुजी साहेब) से उद्धृत	Back Cvr

विज्ञान प्रकाश रिसर्च जर्नल में प्रकाशित लेख / सामग्री लेखकों के अपने निजी विचार हैं।  
विज्ञान प्रकाश के संपादक मंडल तथा प्रकाशक का कोई दायित्व नहीं है।

**अभ्यादकीय / Editorial**

हिंदी भाषा ने वैश्विक स्तर पर एक विशिष्ट पहचान बनाई है। दुनिया भर के अनेक विश्वविद्यालय हिंदी भाषा की शिक्षण-प्रशिक्षण प्रक्रियाओं और तकनीकों पर महत्वपूर्ण कार्य कर रहे हैं। इसी श्रृंखला में सरदार वल्लभभाई राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, सूरत, गुजरात द्वारा “अभियांत्रिकी और विज्ञान में नव प्रवृत्तियाँ (Recent Trends in Engineering and Sciences)” के विषय पर हिंदी भाषा में 02-03 मई 2023 को एक अंतर्राष्ट्रीय अधिवेशन का आयोजन किया गया। अधिवेशन का मुख्य उद्देश्य दुनिया भर से विज्ञान और अभियांत्रिकी के क्षेत्र में कार्य करने वाले शोधकर्ताओं और वैज्ञानिकों को अपने शोध कार्य को प्रस्तुत करने और विचारों का आदान-प्रदान करने के लिए एक मंच उपलब्ध कराना था। इस अधिवेशन में विभिन्न क्षेत्रों से शोध पत्र प्राप्त हुए जिनका विवरण निम्न प्रकार है :-

कंप्यूटर और विद्युत अभियांत्रिकी के क्षेत्र में उन्नत कंप्यूटिंग आर्किटेक्चर, कम्प्यूटेशनल विधियों और एल्गोरिथम, मशीन लर्निंग, डेटा सुरक्षा, डेटा एनालिटिक्स, मानव-मशीन इंटरैक्शन एवं इंटरफ़ेस, सॉफ्टवेयर इंजीनियरिंग, क्लाउड कंप्यूटिंग, संचार नेटवर्क एवं सुरक्षा, एनालॉग एवं डिजिटल इलेक्ट्रॉनिक्स, सिग्नल एवं सिस्टम, पॉवर इलेक्ट्रॉनिक्स और पॉवर सिस्टम आदि विषयों के लिए समर्पित है।

केमिकल इंजीनियरिंग एवं पर्यावरण, व्यापक रूप से सतत एवं स्वच्छ प्रौद्योगिकियाँ, ऊर्जा भंडारण, प्रक्रिया गहनता, नैनो सामग्री के डिजाईन एवं अनुप्रयोग, झिल्ली, अवशोषक, प्रक्रिया अनुकूलन, हरित इंजीनियरिंग आदि विषयों के लिए केन्द्रित हैं। भौतिक विज्ञान मुख्य रूप से बीजगणित एवं इसके अनुप्रयोग, संनिकटन सिद्धांत, वास्तविक एवं जटिल विश्लेषण, माप सिद्धांत, सान्निध्यिकी, संचालन अनुसंधान, सॉफ्ट कंप्यूटिंग, मशीन लर्निंग, कृत्रिम बुद्धिमत्ता, इमेज प्रोसेसिंग, संभावना, सांख्यिकी, सांख्यिकीय निष्कर्ष, डेटा विश्लेषण, विभेदक समीकरण, संख्यात्मक तरीके, गणितीय मॉडलिंग, कम्प्यूटेशनल द्रव गतिकी, जैव गणित, समाकलन रूपांतरण, संक्षारण, अपशिष्ट-जल उपचार, कार्बनिक संश्लेषण, उत्प्रेरण, पॉलीमर रसायन विज्ञान, सर्फैक्टेंट्स, सोल्वेंट्स, सामग्री विज्ञान, सुपरमॉलिक्यूलर रसायन विज्ञान, बायोसेंसर, जैव ईंधन, उपरी वायुमंडलीय विज्ञान, भूकंप की भविष्यवाणी, जीपीएस प्रौद्योगिकी, उच्च ऊर्जा भौतिकी, हेड्रोन स्पेक्ट्रोस्कोपी, सेमीकंडक्टर, क्रिस्टल विकास, पतली फिल्म, फोटोवोल्टिक सामग्री, घनत्व कार्यात्मक सिद्धांत, परमाणु क्लस्टर एवं नैनोस्ट्रक्चर, नैनोबायोफिजिक्स, स्पंदित माइक्रोवेव उत्पन्न प्लाज्मा, प्लाज्मा डायग्नोस्टिक्स आदि विषयों के लिए केन्द्रित हैं।

मैकेनिकल एवं सिविल इंजीनियरिंग के विषय रोबोटिक्स, मेकेट्रोनिक्स एवं मैनुफैक्चरिंग ऑटोमेशन, सतत और हरित निर्माण, निर्माण में अनुकूलन तकनीक, स्मार्ट विनिर्माण, धातुकर्म, त्रि-सतह संपर्क यांत्रिकी, स्नेहक और हाइड्रोडायनामिक स्नेहन, ठोस यांत्रिकी एवं संरचना, विफलता विश्लेषण, द्रव यांत्रिकी एवं हाइड्रोलिक्स, ऊष्मा एवं द्रव्यमान स्थानान्तरण, संरचनात्मक यांत्रिकी एवं इंजीनियरिंग, संरचनात्मक डिजाईन एवं निर्माण प्रबंधन, निर्माण प्रौद्योगिकी एवं कार्यान्वयन, निर्माण सामग्री डिजाईन एवं इंजीनियरिंग, शहरी इंजीनियरिंग, राजमार्ग एवं परिवहन इंजीनियरिंग, पुल एवं सुरंग इंजीनियरिंग, तटीय, बंदरगाह एवं अपतटीय इंजीनियरिंग, भू-तकनीकी एवं भूकंप इंजीनियरिंग, पानी, अपशिष्ट – ऊर्जा एवं पर्यावरण अनुप्रयोगों के लिए इंजीनियरिंग, सिविल इंजीनियरिंग में स्वास्थ्य और सुरक्षा आदि हैं।

इस अधिवेशन में अत्याधुनिक अनुसंधान, नवीन विचारों और व्यावहारिक समाधानों के आदान-प्रदान के लिए शोधार्थियों को हिंदी भाषा में अपने शोध कार्य को प्रस्तुत करने के लिए एक मंच प्रदान किया गया। यह अधिवेशन प्रेरक प्रस्तुतियों का एक उत्कृष्ट समायोजन था। इस अधिवेशन में प्रस्तुत शोध पत्रों में से कुछ चयनित शोध पत्रों को विषय विशेषज्ञों के द्वारा गहन समीक्षा उपरान्त इस पत्रिका के अंक में प्रकाशित किया जा रहा है।

- अनुपम शुक्ल

## अवधिपार लोपिनवीर दवा का संक्षारण (जंग)

### अवरोधक के रूप में अनुप्रयोग

## Use of Expired lopinavir drug as Corrosion Inhibitor

जितेन्द्र भावसार<sup>1</sup> एवं वी. के. मिश्र<sup>2</sup>

Jeetendra Bhawsar<sup>1</sup> and V. K. Mishra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemistry, <sup>2</sup>Department of Physics  
Atal Bihari Vajpayee Hindi Vishvavidhyalay, Bhopal (M.P.)

jitendra.bhawsar@gmail.com, vkmishra74@yahoo.com

<https://doic.org/10.0729/VP.2024523098>

### सारांश

अवधिपार लोपिनवीर दवा की छह अलग-अलग सांद्रता में 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> विलयन में हल्के स्टील के संक्षारण निरोधक व्यवहार की जांच तापमापीय और भारात्मक तकनीकों का उपयोग करके की गई। लोपिनवीर दवा का उपयोग वायरल संक्रमण और मुख्य रूप से एचआईवी/एड्स के इलाज के लिए किया जाता था। हालाँकि यह उपचार के लिए SARS-CoVid-19 के संक्रमण के बाद प्रकाश में आया, लोपिनवीर दवा 500 पीपीएम सांद्रता पर अम्लीय माध्यम में हल्के स्टील के क्षरण को कुशलता से रोकती है। यह देखा गया कि जांच की गई दवा की संक्षारण अवरोधक दक्षता 303K तापमान पर 500 पीपीएम सांद्रता पर 89.97% थी और तापमान में वृद्धि के साथ यह कम होती गई।

खुले बर्तन प्रयोग में तापमापीय विधि का उपयोग करके लोपिनवीर दवा की संक्षारण निरोधक दक्षता अधिकतम सांद्रता पर 85.8% पाई गई। धातु की सतह पर दवा के अणुओं के रासायनिक अधिशोषण द्वारा इलेक्ट्रोड सतह को अवरुद्ध करके अवधिपार लोपिनवीर दवा के अणुओं की संक्षारण निरोधक घटना पर चर्चा की गई। अधिशोषण की प्रक्रिया लैंगमुइर अधिशोषण समतापी वक्र का अनुसरण करती है।

### Abstract

The corrosion behavior of mild steel in 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution at six different concentrations of expired lopinavir drug was investigated using thermometric and gravimetric techniques. The lopinavir drug was used to treat viral infections, primarily HIV/AIDS. Although it came to light after the invasion of SARS-CoVid-19 for treatment, the lopinavir drug efficiently inhibits the corrosion of mild steel in an acidic medium at 500 ppm concentration. It was observed that the corrosion inhibition efficiency of the investigated drug was 89.97% at 500 ppm concentration at 303K temperature and then it decreased with an increase in temperature. The corrosion inhibition efficiency of the lopinavir drug using the thermometric method in the open vessel experiment was found to be 85.8% at maximum concentration. The corrosion inhibition phenomena of expired lopinavir drug molecules on mild steel were discussed by blocking the electrode surface by the chemisorption of drug molecules onto the metal surface. The process of adsorption follows the Langmuir adsorption isotherm.

**मुख्य शब्द :** संक्षारण अवरोध, लोपिनवीर दवा, लैंगमुइर अधिशोषण समतापी वक्र, तापमापीय विश्लेषण, भारात्मक विश्लेषण।

**Keywords:** corrosion inhibition, lopinavir drug, Langmuir adsorption isotherm, thermometric analysis, gravimetric analysis.

## परिचय

औद्योगिक क्षेत्र विशेष रूप से तेल और गैस उद्योग में संक्षारण एक प्रमुख विषय है, जहां स्टील पाइपलाइन और उपकरण संक्षारक वातावरण के संपर्क में आते हैं [1]। हल्के स्टील, कम लागत और उत्कृष्ट यांत्रिक गुणों के कारण आमतौर पर विभिन्न संरचनाओं और उपकरणों के निर्माण में उपयोग किया जाता है। हालाँकि, सल्फ्यूरिक एसिड जैसे अम्लीय वातावरण में इसकी संक्षारण की संवेदनशीलता एक प्रमुख चिंता का विषय है। हल्के स्टील के क्षरण से न केवल सामग्री का क्षरण और आर्थिक नुकसान होता है, बल्कि सुरक्षा के लिए भी खतरा पैदा होता है।

संक्षारण से निपटने के लिए, विभिन्न संक्षारण अवरोधक विकसित और प्रयुक्त किए गए हैं। संभावित संक्षारण अवरोधकों में से एक फार्मास्यूटिकल्स [2-4] है, जो विभिन्न संक्षारक वातावरणों में कुशल संक्षारण अवरोधक गुण प्रदर्शित करते पाए गए हैं। अवधिपर दवाएं, जो अब उपयोग के लिए उपयुक्त नहीं हैं, आमतौर पर उनका निस्तारण कर दिया जाता है, जिससे पर्यावरण प्रदूषण होता है। हालाँकि, इन्हें संभावित रूप से संक्षारण अवरोधक के रूप में उपयोग किया जा सकता है, जिससे पर्यावरण प्रदूषण और अपशिष्ट उत्पादन को कम करने में सहायता मिल सकती है।

लोपिनवीर, एक दवा जो मुख्य रूप से एचआईवी/एड्स के इलाज के लिए उपयोग की जाती है, हाल ही में कोविड-19 के खिलाफ इसके संभावित उपयोग की जांच की गई है [5,6]। लोपिनवीर को रासायनिक रूप से [1S-[1R\*, (R\*), 3R\*, 4R\*]]-N-[4 [[(2,6डिमिथाइलफेनॉक्सी)एसिटाइल] एमिनो]-3-हाइड्रॉक्सी-5-फिनाइल-1 के रूप में नामित किया गया है। (फेनिलमिथाइल) पेंटाइल] टेट्राहाइड्रो-अल्फा-(1-मिथाइलथाइल)2-ऑक्सो-1 (2H)-पाइरीमिडीनेएसिटामाइड। इसका आणविक सूत्र  $C_{37}H_{48}N_4O_5$  है, और इसका आणविक भार 628.80 [7] है। लोपिनवीर को विभिन्न संक्षारक वातावरणों में कुशल संक्षारण अवरोधक गुण प्रदर्शित करते पाया गया है। हालाँकि, सल्फ्यूरिक अम्ल में हल्के स्टील पर इसके संक्षारण अवरोधक गुणों की गहराई से जांच

नहीं की गई है। इस अध्ययन में, अवधिपर लोपिनवीर दवा की छह अलग-अलग सांद्रता में 2M  $H_2SO_4$  विलयन में हल्के स्टील के संक्षारण व्यवहार की जांच तापमापीय और भारात्मक तकनीकों का उपयोग करके की गई है। लैंगमुइर समतापी वक्र का उपयोग हल्के स्टील पर अवधिपर लोपिनवीर दवा अणुओं के संक्षारण अवरोध घटना का विश्लेषण करने के लिए किया गया है। इस अध्ययन के निष्कर्ष संभावित रूप से नए संक्षारण अवरोधकों के विकास में योगदान दे सकते हैं, और अवधिपर दवाओं के उपयोग से पर्यावरण प्रदूषण और अपशिष्ट उत्पादन में कमी लाई जा सकती है।

## प्रयोगिक कार्य

### सामग्री और विधि

हल्के स्टील तख्ती से  $5 \times 5 \times 0.5$  सेमी<sup>3</sup> माप के हल्के स्टील के कूपन प्राप्त किए गए थे। बाद में कूपनों को एमरी पेपर से पॉलिश किया गया। पॉलिश करने के बाद, कूपन को इथेनॉल से धोया गया और 1 मिनट के लिए एसीटोन से साफ़ किया गया, और फिर इथेनॉल और विआयनीकृत (डीआई) पानी से धोया गया। अंत में, उन्हें हवा का उपयोग करके सुखाया गया। इस अध्ययन में उपयोग किया गया अम्लीय घोल मर्क स्पेशलिटीज़ प्राइवेट लिमिटेड से प्राप्त 98%  $H_2SO_4$  को आसुत जल के साथ तनु करके तैयार किया गया था।

### भारात्मक विश्लेषण

भारात्मक विश्लेषण की तकनीक आमतौर पर संक्षारण निरोधक की दक्षता निर्धारित करने के लिए प्रयुक्त की जाती है [8-10]। इस विधि में नमूने को एक निर्धारित अवधि (T) के लिए संक्षारण माध्यम में डुबोने के बाद उसके वजन में होने वाली कमी को मापना शामिल है। परीक्षण 100 मिलीलीटर बीकर का उपयोग करके किया गया, जो तीन अलग-अलग तापमानों 303K, 313K और

323K, पर कूपन को 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> के अम्लीय माध्यम में 6 घंटे के लिए रखा गया। अंत में स्टील कूपन को आसुत जल और एसीटोन का उपयोग करके साफ किया गया। अवधिपार लोपिनवीर दवा की उपस्थिति और अनुपस्थिति में कम कार्बन स्टील की सतह की संक्षारण दर की गणना समीकरण (1) का उपयोग करके की गई।

$$\text{संक्षारण की दर (मिमी/वर्ष) CR} = \frac{87.6 \times W}{\text{DAT}} \dots(1)$$

जहाँ W = भार में कमी (मिलीग्राम में), D = स्टील का घनत्व (ग्राम/सेमी<sup>3</sup> में), A = स्टील का पृष्ठीय क्षेत्रफल (सेमी<sup>2</sup> में), T = समय (घंटों में)

संक्षारण अवरोध दक्षता (%IE) और सतह कवरेज (θ) क्रमशः समीकरण (2) और (3) का उपयोग करके निर्धारित की गई :

$$\% \text{ IE} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

$$\theta = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \dots\dots\dots (3)$$

जहाँ W<sub>1</sub> और W<sub>2</sub> क्रमशः अवरोधक की उपस्थिति और अनुपस्थिति में संक्षारण दर हैं।

### तापमापीय विधि

लोपिनवीर दवा की संक्षारण अवरोधक दक्षता निर्धारित करने के लिए, हल्के स्टील के कूपन को 1X1 सेमी टुकड़ों में काटा गया और विभिन्न ग्रेड के एमरी पेपर से घिसा गया। आसुत जल और एसीटोन के साथ क्रमिक सफाई बाद, तापमापीय विधि का उपयोग किया गया जैसा कि पहले विभिन्न लेखकों द्वारा वर्णित किया गया है [8,11-13]। इस समय तंत्र का तापमान 30°C था। प्रारंभिक से अंतिम तापमान तक समय के साथ तापमान में बदलाव (30 मिनट) दर्ज किया गया। समीकरण (4) और (5) को क्रमशः अभिक्रिया संख्या (RN) और संक्षारण निरोधक दक्षता (%IE) की गणना करने के लिए नियोजित किया गया।

$$\text{RN } (^\circ\text{C}/\text{min}) = \frac{T_m - T_i}{t} \dots\dots\dots (4)$$

$$\% \text{I} = \frac{\text{RN}_{\text{aq}} - \text{RN}_{\text{wi}}}{\text{RN}_{\text{aq}}} \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

इन समीकरणों में, 'T<sub>m</sub>' और 'T<sub>i</sub>' क्रमशः समय 't' के बाद बर्तन के अंतिम और प्रारंभिक तापमान को दर्शाते हैं। RN<sub>aq</sub> और RN<sub>wi</sub> क्रमशः अवरोधक की उपस्थिति और अनुपस्थिति में अभिक्रिया संख्या का प्रतिनिधित्व करते हैं।

### सतह परीक्षण

सतहों का विश्लेषण सतह आकृति विज्ञान को समझने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। हल्के स्टील (एमएस) इलेक्ट्रोड पर अम्लीय माध्यम के संक्षारक प्रभावों का मूल्यांकन करने और लोपिनवीर दवा अवरोधक मिलाने से पहले और बाद में सतह की स्थलाकृति जांच करने के लिए परीक्षण किए गए। नमूने तैयार करने के लिए छह हल्के स्टील कूपन को पॉलिश किया गया। कूपन को 303K पर 6 घंटे के लिए लोपिनवीर दवा अवरोधक के बिना 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> विलयन में डुबोया गया। फिर 500 पीपीएम लोपिनवीर दवा मिलाकर यही प्रयोग दोहराया गया। सभी छह नमूनों की सतह की जांच की गई और 10X आवर्धन पर एक ऑप्टिकल माइक्रोस्कोप का उपयोग करके तुलना की गई।

### परिणाम और चर्चा

#### भारतमक विश्लेषण

2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> विलयन में हल्के स्टील के लिए संक्षारण अवरोधक के रूप में अवधिपार लोपिनवीर दवा की प्रभावकारिता की जांच करने के लिए **भारतमक विश्लेषण** विधि का उपयोग किया गया। विभिन्न सांद्रता के परीक्षण विलयन में अवरोधक की उपस्थिति और अनुपस्थिति में वजन में कमी (mmpy) निर्धारित की गई। प्रति वर्ष मिलीमीटर में संक्षारण दर, सतह कवरेज क्षेत्र (A) और निरोधक दक्षता (%IE) निर्धारित किए गए। तालिका 1 में विभिन्न सांद्रता और अलग-अलग तापमान पर (303K, 313K और 323K) पर 5X5X0.5 सेमी<sup>3</sup> हल्के स्टील कूपन के लिए भारतमक विश्लेषण के प्रयोगात्मक परिणाम प्रस्तुत हैं। यह देखा गया कि H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> में हल्के स्टील के क्षय की

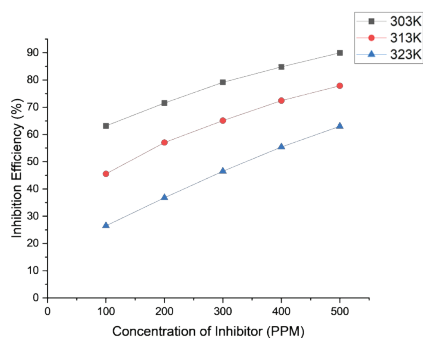
प्रारंभिक दर धीमी थी, जिसका श्रेय मूल रूप से धातु की सतह पर मौजूद ऑक्साइड फिल्म को दिया जा सकता है। अवरोधक की घटती सांद्रता के साथ हल्के स्टील के नमूनों का वजन कम हो गया। 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> में लोपिनवीर की विभिन्न सांद्रता और विभिन्न तापमानों (303K, 313K और 323K) पर संक्षारण की दर (एमएमपीआई में) और सतह कवरेज क्षेत्र ए तालिका 1 में सूचीबद्ध हैं। चित्र 1 और 2 संक्षारण अवरोधक दक्षता (%IE) की भिन्नता प्रस्तुत करते हैं। (%IE) और क्रमशः विभिन्न तापमानों पर अवरोधकों की विभिन्न सांद्रता का उपयोग करके हल्के स्टील के

क्षरण की दर, काली रेखाएँ 303K पर (IE%) का, लाल रेखाएँ 313K के लिए, और नीली रेखाएँ 323K के लिए प्रतिनिधित्व करती हैं। यह स्पष्ट था कि लोपिनवीर दवा की सांद्रता बढ़ने से संक्षारण की दर में कमी आई, जबकि सतह कवरेज क्षेत्र (A) और संक्षारण अवरोधक दक्षता का प्रतिशत (%IE) बढ़ गया।

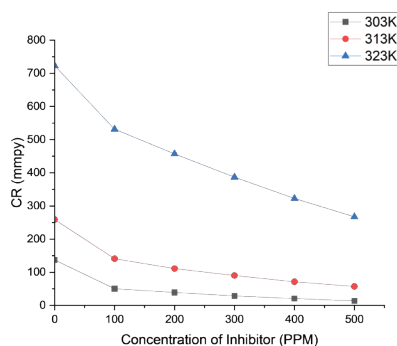
इसलिए, परिणामों से निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि अध्ययन की गई दवाएं अम्लीय माध्यम में स्टील के विघटन के लिए प्रभावी अवरोधक थीं। जहाँ अवरोधक की मात्रा बढ़ने के साथ % IE में वृद्धि हुई।

**तालिका 1: विभिन्न तापमानों पर 6 घंटे के लिए लोपिनवीर दवा की विभिन्न सांद्रता की अनुपस्थिति और उपस्थिति 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> विलयन में हल्के स्टील के लिए संक्षारण प्राचल**

विसर्जन काल	अवरोधक की सांद्रता (पीपीएम)	303 K		313K		323K	
		संक्षारण दर (CR) (mmpy)	अवरोधक दक्षता (% IE)	संक्षारण दर (CR) (mmpy)	संक्षारण अवरोधक दक्षता (% IE)	संक्षारण दर (CR) (mmpy)	(%) IE
6 घंटे	खाली	137.26	-	258.89	-	723.12	-
	100	50.59	63.14	140.98	45.55	531.55	26.49
	200	39.06	71.54	111.22	57.04	457.16	36.78
	300	28.64	79.13	90.39	65.09	386.85	46.50
	400	20.83	84.82	71.42	72.41	322.50	55.40
	500	13.76	89.97	57.28	77.87	267.45	63.01



चित्र 1: 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> घोल में अलग-अलग तापमान पर अवरोधक (पीपीएम) के रूप में अवधिपर लोपिनवीर दवा की सांद्रता और हल्के स्टील की संक्षारण अवरोधक दक्षता (%IE)



चित्र 2: 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> घोल में अलग-अलग तापमान पर अवरोधक (पीपीएम) के रूप में लोपिनवीर दवा की सांद्रता और हल्के स्टील की संक्षारण दर (mmpy)



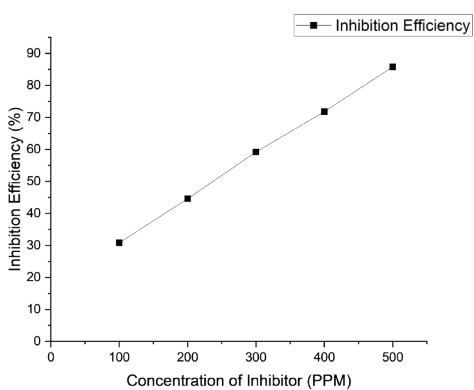
## तापमापीय विधि

तापमापीय माप तकनीक [13] का उपयोग 500 पीपीएम पर लोपिनवीर दवा की उपस्थिति में  $2M H_2SO_4$  में हल्के स्टील के संक्षारण के लिए अभिक्रिया संख्या (RN) निर्धारित करने के लिए किया गया था, जिसके परिणामस्वरूप अभिक्रिया संख्या (RN) का मान 0.538 था। लोपिनवीर

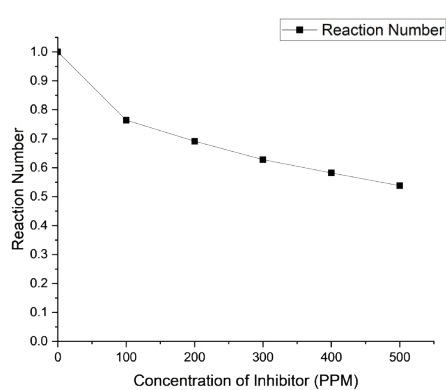
दवा की अलग-अलग सांद्रता जोड़ने पर, अभिक्रिया संख्या (RN) का मान 0.764 से  $0.538 ^\circ C$ /मिनट की सीमा के भीतर कम हो गया। अभिक्रिया संख्या (RN) के मान में कमी संक्षारण अवरोधक की दक्षता में वृद्धि को दर्शाती हैं। लोपिनवीर दवा की सांद्रता बढ़ने के साथ अभिक्रिया संख्या (RN) में कमी से दवा की  $H_2SO_4$  में हल्के स्टील के क्षरण को रोकने की क्षमता का पता चलता है।

**तालिका 2:  $30^\circ C$  पर  $2M H_2SO_4$  विलयन में हल्के स्टील के लिए अवधिपार लोपिनवीर दवा की विभिन्न सांद्रता की अभिक्रिया संख्या (R.N.) और निरोधक क्षमता (%IE)**

अवरोधक की सांद्रता (पीपीएम)	अभिक्रिया संख्या (RN)	संक्षारण अवरोधक दक्षता %IE
खाली	1	-
100	0.764525994	30.8
200	0.691562932	44.6
300	0.628140704	59.2
400	0.582072177	71.8
500	0.538213132	85.8



चित्र 3: अवरोधक (पीपीएम) के रूप में अवधिपार लोपिनवीर दवा की सांद्रता और  $2M H_2SO_4$  विलयन में हल्के स्टील की (%IE) संक्षारण अवरोधक दक्षता



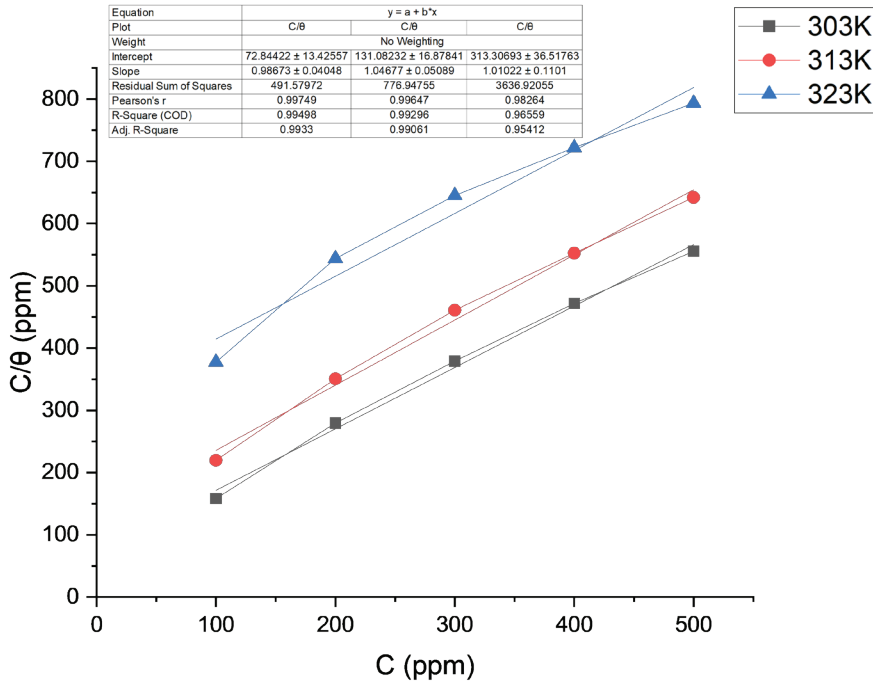
चित्र 4: अवरोधक (पीपीएम) के रूप में अवधिपार लोपिनवीर दवा की सांद्रता और  $2M H_2SO_4$  समाधान में हल्के स्टील की प्रतिक्रिया संख्या

संक्षारण निरोधक की प्रक्रिया को अधिशोषण के आधार पर समझा जा सकता है [14,15]। इस अध्ययन में, अवधिपर लोपिनवीर की विभिन्न सांद्रता (C) के लिए सतह कवरेज (θ) मूल्यों की गणना वजन घटाने के डेटा का उपयोग करके की गई थी। परिणामी डेटा का ग्राफिक रूप से विश्लेषण log C / θ बनाम log C को प्लॉट करके

किया गया था। लैंगमुइर अधिशोषण समतापी वक्र डेटा को अच्छी तरह से फिट करने के लिए पाया गया था, जिसका R<sup>2</sup> का मान 1 के करीब था। लैंगमुइर समतापी वक्र समीकरण द्वारा दिया गया है (समीकरण 6) [16, 17]:

$$\log C/\theta = \log C - \log K \dots\dots\dots(6)$$

जहां K मोलर अधिशोषण गुणांक है।



चित्र 5: विभिन्न तापमानों में हल्के स्टील कूपन पर लोपिनवीर का लैंगमुइर अधिशोषण समतापी वक्र

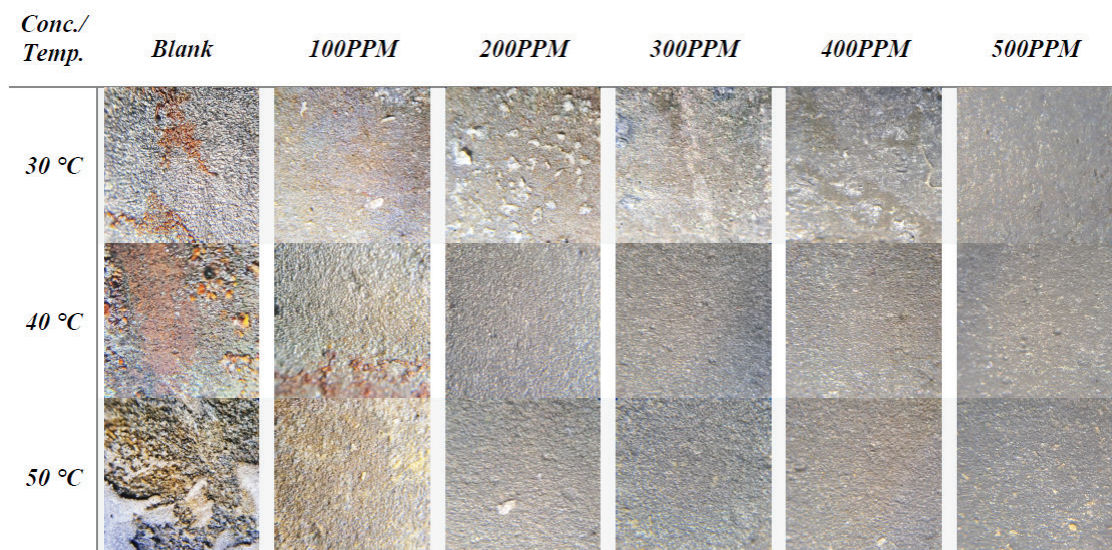
किसी धातु की सतह पर अवरोधक अधिशोषण की प्रकृति उसके अधिशोषण की मुक्त ऊर्जा से निर्धारित होती है। लगभग -20 kJ/mol या इससे कम का ΔG मान भौतिक अधिशोषण को इंगित करता है, जो आवेशित अणुओं और आवेशित धातु सतहों के बीच इलेक्ट्रोस्टैटिक आकर्षण के कारण होता है। दूसरी ओर, रसायन अवशोषण तब होता है जब कार्बनिक अणुओं और धातु की सतह के बीच चार्ज का स्थानांतरण होता है, जिसके परिणामस्वरूप एक समन्वय बंधन बनता है, और यह तब होता है, जब ΔG मान -40 kJ/mol या अधिक होता है [13,18]। मुक्त ऊर्जा का मान समीकरण (7) का उपयोग करके प्राप्त किया गया।

$$\Delta G_{ads}^0 = -RT \ln(10^6 K_{ads}) \dots\dots\dots(7)$$

ΔG<sup>0</sup><sub>ads</sub> का परिकलित मान -24.54 से -26.82 तक था, जो रासायनिक अधिशोषण का सुझाव देता है।

### सतही परीक्षण

भारतमक विश्लेषण के बाद, प्रत्येक कूपन की सतह विज्ञान की जांच की गई और 10X आवर्धन के साथ एक ऑप्टिकल सूक्ष्मदर्शी का उपयोग करके चित्रित किया गया। कूपन को दिन के प्रकाश में रखा गया, और उन्हें प्रकाश से रोशन करके छवियों को लिया गया।



चित्र 6: 303, 313 और 323 K तापमान पर लोपिनवीर की अलग-अलग सांद्रता के साथ 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> में डुबोए गए हल्के स्टील कूपन की ऑप्टिकल सूक्ष्म छवियां, 10X आवर्धन पर ली गईं।

## निष्कर्ष

इस अध्ययन में परिणामों से संकेत मिलता है कि अवधिपार लोपिनवीर सल्फ्यूरिक एसिड में हल्के स्टील पर कुशल संक्षारण अवरोधक गुण प्रदर्शित करता है और लैंगमुइर अधिशोषण समतापी वक्र को संक्षारण निरोधक घटना

का विश्लेषण करने के लिए उपयुक्त मॉडल पाया गया। इसलिए, संक्षारण अवरोधकों के रूप में लोपिनवीर जैसी अवधिपार दवाओं का उपयोग संभावित रूप से नए संक्षारण अवरोधकों के विकास को नयी दिशा दे सकता है, साथ ही साथ पर्यावरण प्रदूषण और अपशिष्ट उत्पादन को कम करने में भी योगदान दे सकता है।

## शोध पत्र में प्रयुक्त अंग्रेजी शब्दों की समानार्थक हिंदी शब्दावली

Alphabetically sorted terminology in English	वर्णमाला अनुक्रमित हिंदी शब्दावली
Corrosion	संक्षारण
Expired	अवधिपार
Gravimetric analysis	भारात्मक विश्लेषण
Inhibitor	अवरोधक
Isotherm	समतापी वक्र
Reaction number	अभिक्रिया संख्या
Thermometric analysis	तापमापीय विश्लेषण

## सन्दर्भ:

- [1] N. Y. Abu-Thabit and A. S. H. Makhoulf Hand, Nanoceramic Nanocomposite Coatings Mater. 515 (2015)
- [2] N. Vaszilcsin, V. Ordodi and A. Borza, Int. J. Pharm., 431: 241 (2012)
- [3] R.K. Pathak and P. Mishra, International Journal of Science and Research, 5: 671-677 (2016)
- [4] J. B. Muhamad and W. S. Carla, Indones. J. Chem., 21(5): 1316 – 1336 (2021)
- [5] R. S. Cvetkovic and K. L. Goa, Drugs, 63: 769 (2003)
- [6] S Joshi, J Parkar, A Ansari, A Vora, D Talwar, M Tiwaskar, S Patil and H Barkate, Int. J. Infect. Dis. 102: 501 (2021)
- [7] G.D. Killi, R. K. Maddinapudi, S. K.r Dinakaran, A. Harani, Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, 50(2): 301-307 (2014)
- [8] O. Onukwuli, M. Omotioma and I. Obiora-Okafo, Port. Electrochim. Acta, 38: 19 (2020)
- [9] N. O. Obi-Egbedi and I. B. Obot, Corros. Sci., 53: 263 (2011)
- [10] D. Zinad, M. Hanoon, R. Dawood, S. Ibrahim, A. Al-Amiery, M. Takriff and A. Kadhum, Int. J. Corros. Scale Inhib. 9: 228 (2020)
- [11] J. Bhawsar, P. K. Jain and P. Jain, Alexandria Eng. J., 54: 769 (2015)
- [12] P. Dohare, D. S. Chauhan, A. A. Sorour and M. A. Quraishi, Mater. Discov. 9: 30 (2017)
- [13] J. Bhawsar, Jain, P. Iran. J. Chem. Chem. Eng., 41(10): 3365-3376 (2022)
- [14] A. Singh, K. R. Ansari, D. S. Chauhan, M. A. Quraishi, H. Lgaz and I.M. Chung, J. Colloid Interface Sci., 560: 225 (2020).
- [15] M. Bobby Kannan, M. Rahuma, H. Khakbaz and R. Melchers, Waste Manag., 145: 38 (2022)
- [16] A. M. El-Kot and A. R. Ismail, Asian J. Chem., 3: 432 (2010)
- [17] E.E. Ebenso, N.O. Eddy, A.O. Odiongenyi, Afr. J. Pure Appl. Chem., 2: 107-115 (2008)
- [18] H. Jafari, I. Danaee, H. Eskandari, M. Rashvand Avei, Industrial & Engineering Chemistry Research, 52(20): 6617–6632 (2013).

# विभिन्न अरैखिक अव्यवस्थित प्रणालियों के एंटी-सिंक्रनाइजेशन, द्विभाजन और पॉइंकेयर अनुभागों का अध्ययन Study of Anti-synchronization, bifurcation and Poincare section of different nonlinear chaotic systems

रामप्रवेश प्रसाद

Ram Pravesh Prasad

Department of Mathematics, Hansraj College, University of Delhi, New Delhi-07, India

ram.mbhudu@gmail.com

<https://doic.org/10.0729/VP.2024658216>

## सारांश

इस शोध पत्र में, हम द्विभाजन आरेख, पॉइंकेयर अनुभाग, ल्यपुनोव प्रतिपादक, संतुलन बिंदु आदि का उपयोग करके निकाय के गुणात्मक व्यवहार का अध्ययन प्रस्तावित कर रहे हैं। निकाय के ज्ञात मापदंडों के सापेक्ष द्विभाजन आरेख का विश्लेषण किया गया है। उपग्रह के विभिन्न बुआई अक्षों के साथ पॉइंकेयर अनुभाग खींचे गए हैं। विभिन्न संतुलन बिंदुओं पर निकाय के लिए जैकोबियन मैट्रिक्स के अभिलाक्षणिक मान (Eigen Value) की गणना अस्थिर क्षेत्रों को सही ठहराने के लिए की जाती है। ल्यपुनोव प्रतिपादकों को अनुमानित किया गया है। इन अध्ययनों से व्यवस्थाओं में अव्यवस्था की पहचान की गई है। निकाय के समीकरणों का समाधान त्रि-आयामी, द्वि-आयामी और समय श्रृंखला चरण चित्रों के रूप में तैयार किया जाता है। चरण चित्र विचाराधीन प्रणाली की अव्यवस्थित प्रकृति को प्रदर्शित करते हैं। सक्रिय अरैखिक नियंत्रण विधि के माध्यम से त्रिआयामी अरैखिक चैन-ली, लोरेंज-स्टेनफ्लो और लियू-चेन अव्यवस्थित प्रणालियों के बीच एंटी-सिंक्रनाइजेशन की जांच की गई है। ल्यपुनोव के स्थिरता सिद्धांत द्वारा स्थिरता परिणामों की चर्चा की गई है। सक्रिय नियंत्रण विधि प्राप्त एंटी-सिंक्रनाइजेशन के लिए अधिक कुशल है, और प्रस्तावित विधि द्वारा संख्यात्मक परिणामों पर भी चर्चा की गई है।

## Abstract

In this paper, we are proposing to study the qualitative behaviour of the systems using bifurcation diagrams, Poincaré section, Lyapunov exponents, equilibrium points, etc. Bifurcation diagrams with respect to the known parameters of systems are analysed. Poincaré sections with different sowing axes of the satellite are drawn. Eigenvalues of Jacobian matrices for the system at different equilibrium points are calculated to justify the unstable regions. Lyapunov exponents are estimated. From these studies, chaos is identified in the Systems. Solution of equations of system is drawn in the form of three-dimensional, two-dimensional and time series phase portraits. Phase portraits display the chaotic nature of the considered system. The anti-synchronization between the three dimensional nonlinear Chen-Lee, Lorenz-Stenflo and Liu-Chen chaotic systems via active nonlinear control method are investigated. The stability results are discussed by stability theory of Lyapunov. The active control method is more efficient to obtain anti-synchronization, and numerical results are also discussed by proposed method.

**मुख्य शब्द :** चैन-ली सिस्टम, लोरेंज-स्टेनफ्लो सिस्टम, लियू-चेन सिस्टम, द्विभाजन आरेख; पॉइंकेयर अनुभाग मानचित्र सक्रिय नियंत्रण, ल्यपुनोव का स्थिरता सिद्धांत.

**Keywords:** Chen-Lee systems, Lorenz-Stenflo systems, Liu-Chen systems, Bifurcation diagram; Poincaré section map active control, stability theory of Lyapunov

### परिचय

पेकोरा और कैरोल [1] ने कैओस सिंक्रोनाइजेशन की अवधारणा विकसित की और विभिन्न प्रारंभिक स्थितियों को लेकर अरैखिक निकाय को सिंक्रोनाइज किया, और कई नेटवर्क सिग्नल प्रोसेस सिस्टम में एप्लिकेशन पाए।

अव्यवस्थित और अतिअव्यवस्थित प्रणालियों के बीच कई अलग-अलग प्रकार के सिंक्रोनाइजेशन पेश किए गए हैं, जैसे अव्यवस्थित सिंक्रोनाइजेशन, एंटी-सिंक्रोनाइजेशन आदि। पूर्ण सिंक्रोनाइजेशन को दो अव्यवस्थित प्रक्षेप वक्रों,  $x(t) = y(t)$  के अभिसरण के रूप में परिभाषित किया गया है। लेकिन एंटी-सिंक्रोनाइजेशन में दो अव्यवस्थित प्रणालियों के अवस्था सदिश का निरपेक्ष मान समान है और वे विपरीत चिह्न यानी  $-y(t) = x(t)$  में हैं। प्रक्षेप्य तुल्यकालन में अवस्था सदिश आनुपातिक पैमाने में होते हैं अर्थात  $x(t) = \alpha y(t)$  जहां  $\alpha$  एक वास्तविक संख्या है।

एंटी-सिंक्रोनाइजेशन प्रारंभिक स्थिति  $Y_0$  के साथ रिस्पॉन्सर के प्रक्षेपवक्र को परिभाषित करता है, प्रारंभिक स्थिति  $x_0$  के साथ विपरीत दिशा में ड्राइवर तक पहुंच सकता है। दो या दो से अधिक युग्म प्रणालियों के बीच कैओस सिंक्रोनाइजेशन दृष्टिकोण होता है जिसमें एक को मास्टर या ड्राइव के रूप में जाना जाता है और दूसरे को स्लेव या प्रतिक्रिया प्रणाली के रूप में जाना जाता है।

अरैखिक अव्यवस्थित प्रणालियों को युग्मित करने के लिए कई अलग-अलग तरीकों को सफलतापूर्वक लागू किया गया है, जैसे अनुकूली नियंत्रण, सक्रिय नियंत्रण, बैक स्टेपिंग डिजाइन और अरैखिक नियंत्रण आदि। इन तरीकों के साथ, अव्यवस्थित प्रणालियों की सिंक्रोनाइजेशन समस्याओं पर कई शोधकर्ताओं द्वारा पूर्व में भी शोध किये गए हैं।

### निकाय विवेचन

ड्राइवर अरैखिक निकाय को निम्न प्रकार परिभाषित किया गया है,

$$x' = g(x)$$

प्रतिक्रिया प्रणाली को निम्न प्रकार परिभाषित किया गया है,

$$y' = f(y) + u(x,y)$$

जहां  $x, y$  निकाय के स्थिति चर हैं और  $g, f: R^n \rightarrow R^n$  निकाय का अरैखिक हिस्सा हैं और  $u(x, y)$  नियंत्रक हैं।

सिंक्रोनाइजेशन त्रुटि को  $e = x + y$  के रूप में परिभाषित करके निकाय के बीच एंटी-सिंक्रोनाइजेशन प्राप्त करने के लिए, और एक नियंत्रक  $u(x, y)$  प्राप्त करें जिसके लिए प्रारंभिक स्थिति  $y_0$  के साथ रिस्पॉन्सर निकाय के प्रक्षेपवक्र ड्राइवर निकाय के साथ असम्बद्ध रूप से संपर्क कर सकते हैं प्रारंभिक स्थिति  $x_0$  विपरीत दिशा यानी " $\lim_{t \rightarrow \infty} \|y(t) + x(t)\| = 0$ ", जहां  $\|\cdot\|$  यूक्लिडियन मानदंड है।

अव्यवस्थित चैन-ली प्रणाली [7-8] इस प्रकार है :-

$$x_1' = -x_2 x_3 + a_1 x_1$$

$$x_2' = x_1 x_3 + b_1 x_2$$

$$x_3' = \frac{1}{3} x_1 x_2 + c_1 x_3$$

जहां " $x_1, x_2, x_3 \in R$ " अवस्था सदिश हैं और  $a_1, b_1, c_1$  स्थिर प्राचल हैं। निकाय में प्राचल मान  $a_1 = 5.1, b_1 = -11, c_1 = -3.9$  के लिए अव्यवस्थित व्यवहार है।

निकाय के संतुलन बिंदु निम्नलिखित समीकरणों की प्रणाली  $x'(t) = 0$  को हल करके प्राप्त किए जाते हैं।

चैन-ली प्रणालियों के संतुलन बिंदु हैं

$$E_0 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad E_1 = \begin{bmatrix} -11.40175 \\ 7.76355 \\ -7.48985 \end{bmatrix}$$

$$E_2 = \begin{bmatrix} 11.40175 \\ -7.76355 \\ 7.45999 \end{bmatrix}, \quad E_3 = \begin{bmatrix} 11.40175 \\ 7.76355 \\ 7.48999 \end{bmatrix}$$

$$E_4 = \begin{bmatrix} 11.40175 \\ -7.76355 \\ -7.48995 \end{bmatrix}$$

अव्यवस्थित लोरेज-स्टेनफ्लो प्रणाली [9] को इस

प्रकार परिभाषित किया गया है

$$\begin{aligned} x_1' &= a(x_2 - x_1) \\ x_2' &= x_1(c - x_3) - x_2 \\ x_3' &= x_1 x_2 - dx_3 \end{aligned} \quad E_4 = \begin{bmatrix} 7.74596 \\ -1.41421 \\ 2.19089 \end{bmatrix}$$

जहाँ " $x_1, x_2, x_3 \in R$ " अवस्था सदिश हैं और  $a, b, c, d$  स्थिर प्राचल हैं। निकाय में प्राचल मान  $a=1.1, b=1.4, c=26.1, d=0.70$  के लिए अव्यवस्थित व्यवहार है।

लॉरेंज-स्टेनफ्लो निकाय के संतुलन बिंदु हैं—

$$E_0 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad E_1 = \begin{bmatrix} 4.1833 \\ 4.1833 \\ 25.00 \end{bmatrix},$$

$$E_2 = \begin{bmatrix} -4.1833 \\ 4.1833 \\ 25.000 \end{bmatrix}$$

अव्यवस्थित लियू-चेन प्रणाली [10] को इस प्रकार परिभाषित किया गया है—

$$\begin{aligned} x_1' &= ax_1 - x_2 x_3 \\ x_2' &= -bx_2 + x_1 x_3 \\ x_3' &= x_1 x_2 - cx_3 \end{aligned}$$

जहाँ " $x_1, x_2, x_3 \in R$ " अवस्था सदिश हैं और  $a, b, c$  स्थिर प्राचल हैं। निकाय में प्राचल मान  $a=0.40, b=12.0, c=5.0$  के लिए अव्यवस्थित व्यवहार है।

लियू-चेन प्रणालियों के संतुलन बिंदु हैं

$$E_0 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad E_1 = \begin{bmatrix} -7.74596 \\ 1.41421 \\ -2.19089 \end{bmatrix},$$

$$E_2 = \begin{bmatrix} -7.74596 \\ -1.41421 \\ 2.19089 \end{bmatrix}, \quad E_3 = \begin{bmatrix} 7.74596 \\ 1.41421 \\ 2.19089 \end{bmatrix}$$

### अव्यवस्थित चेन-ली प्रणाली और अव्यवस्थित लॉरेंज-स्टेनफ्लो प्रणालियों के बीच एंटी-सिंक्रनाइजेशन

यहाँ चेन-ली निकाय को मास्टर निकाय के रूप में और लॉरेंज-स्टेनफ्लो को स्लेव सिस्टम के रूप में लिया गया है, साथ ही एक उपयुक्त नियंत्रक खोजने और निकाय को सिंक्रनाइज करने पर भी चर्चा की गई है।

$$\begin{aligned} x_1' &= -x_2 x_3 + a_1 x_1 \\ x_2' &= x_1 x_3 + b_1 x_2 \\ x_3' &= \frac{1}{3} x_1 x_3 + c_1 x_3 \end{aligned} \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned} y_1' &= a(y_2 - y_1) + u_1 \\ y_2' &= y_1(c - y_3) - y_2 + u_2 \\ y_3' &= y_1 y_2 - dy_3 + u_3 \end{aligned} \quad (3.2)$$

जहाँ " $u_1, u_2, u_3$ " नियंत्रक हैं और डिजाइन किए जाने हैं। सिंक्रनाइजेशन त्रुटि को इस प्रकार परिभाषित करें

$$e = x + y \quad (3.3)$$

(3.1) और (3.2) से त्रुटि गतिशीलता है

$$\begin{aligned} e_1' &= a(y_2 - y_1) - ae_1 + a_1 x_1 - x_2 x_3 + u_1 \\ e_2' &= y_1(c - y_3) - e_2 + x_2(1 + b_1) + x_1 x_2 + u_2 \\ e_3' &= y_1 y_2 - de_3 + \frac{1}{3} x_1 x_2 + x_3(d + c_1) + u_3 \end{aligned} \quad (3.4)$$

सक्रिय नियंत्रण सिद्धांत के अनुसार नियंत्रक को परिभाषित करते हुए

$$\begin{aligned} u_1 &= -a(y_2 + x_1) - a_1 x_1 + x_2 x_3 \\ u_2 &= -y_1(c - y_3) - x_2(1 + b_1) - x_1 x_2 \\ u_3 &= -y_1 y_2 - \frac{1}{3} x_1 x_2 - x_3(d + c_1) \end{aligned} \quad (3.5)$$

तब त्रुटि गतिकी

$$\begin{aligned} e_1 &= -ae_1 \\ e_2 &= -e_2 \\ e_3 &= -de_3 \end{aligned} \tag{3.6}$$

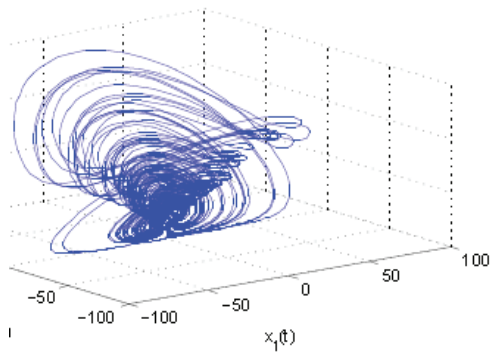
इसे मैट्रिक्स रूप में “ $e = Ae$ ,” के रूप में भी लिखा जा सकता है

$$A = \begin{bmatrix} -a & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -d \end{bmatrix} \tag{3.7}$$

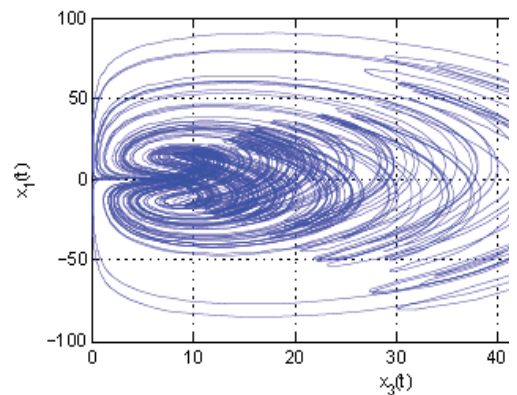
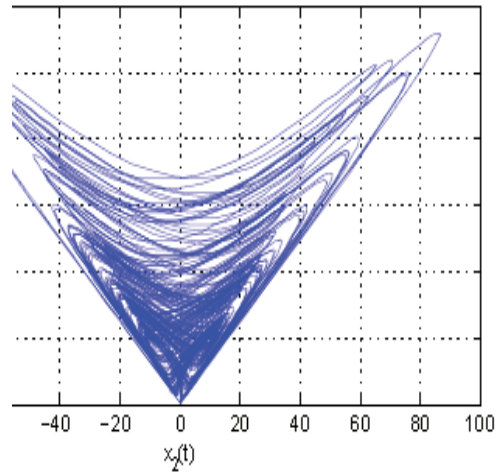
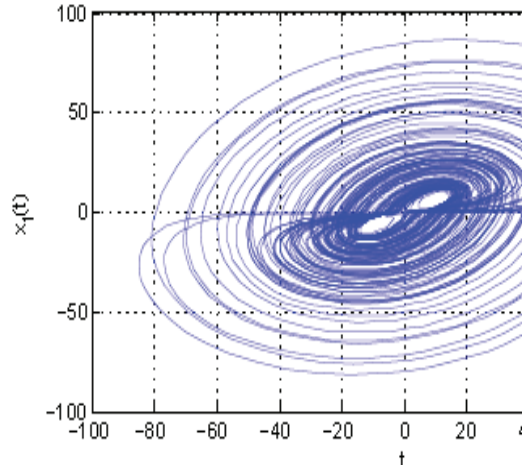
A का अभिलाक्षणिक मान ऋणात्मक है, इसलिए  $t \rightarrow \infty, e_i \rightarrow 0$  इसलिए ल्यपुनोव [11] के सिद्धांत स्थिरता से त्रुटि प्रणाली स्पर्शोन्मुख रूप से स्थिर हो जाती है। इसका तात्पर्य यह है कि दो चैन-ली और लोरेज-स्टेनफ्लो अव्यवस्थित प्रणालियाँ विरोधी-सिंक्रनाइज़ हैं।

**संख्यात्मक अनुकरण:**

नियंत्रण कार्यों के सत्यापन के लिए चुने गए मापदंडों  $a_1 = 5.1, b_1 = -11, c_1 = -3.9$  और  $a = 1.1, b = 1.4, c = 26.1, d = 0.70$  के लिए युग्मित मास्टर और स्लेव निकाय में नियंत्रण के बिना अव्यवस्थित व्यवहार होता है। प्रारंभिक स्थितियों  $x_0 = (0.20, 0.20, 0.20)$  और  $y_0 = (1.0, 2.0, 3.0)$  के साथ गणित का उपयोग करके उपरोक्त प्रणालियों को हल करने के लिए चित्र 1. (ए), (बी), (सी) निकाय की समय श्रृंखला दिखाता है। चित्र 2 निकाय की एंटी-सिंक्रनाइज़ेशन त्रुटि दिखाता है।

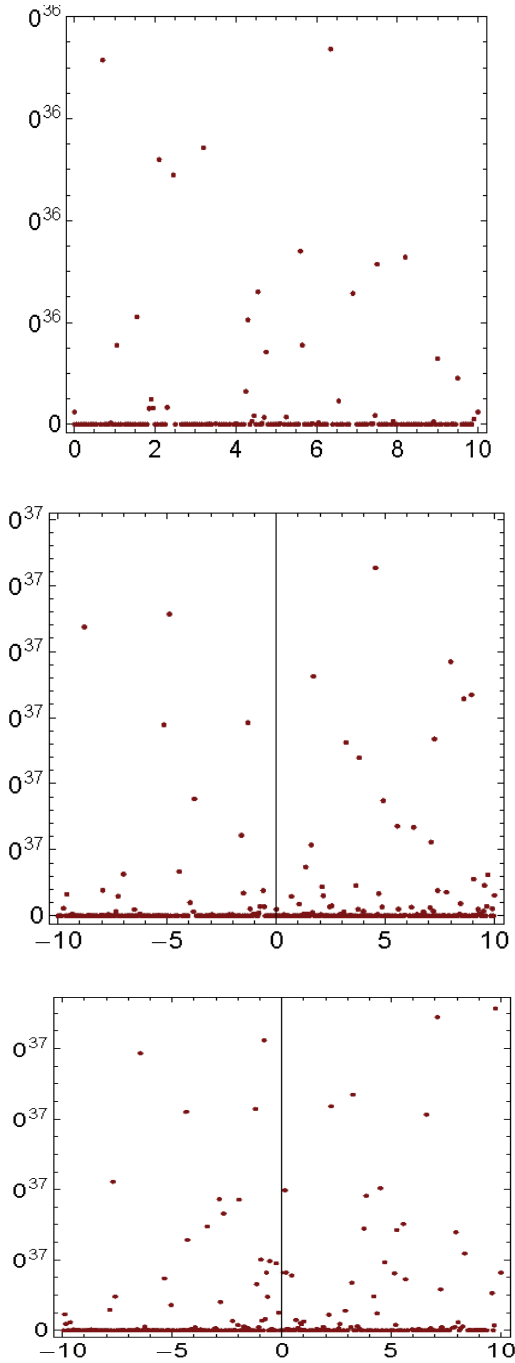


चित्र 1. अराजक चैन-ली प्रणाली का त्रि-आयामी चरण चित्र (नियंत्रक के बिना)।

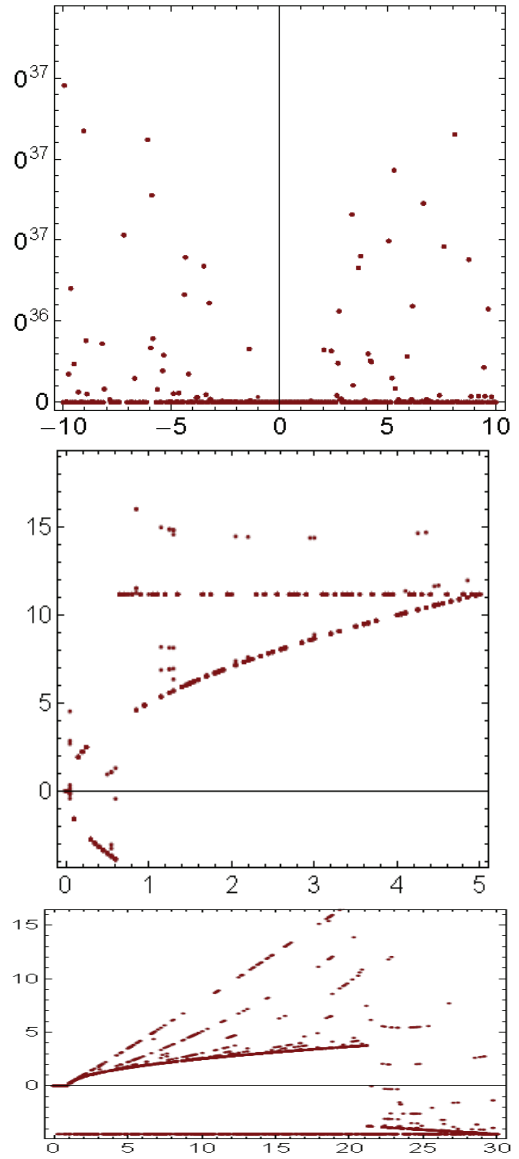


चित्र 2. अराजक चैन-ली प्रणाली का द्वि-आयामी चरण चित्र (नियंत्रक के बिना)।

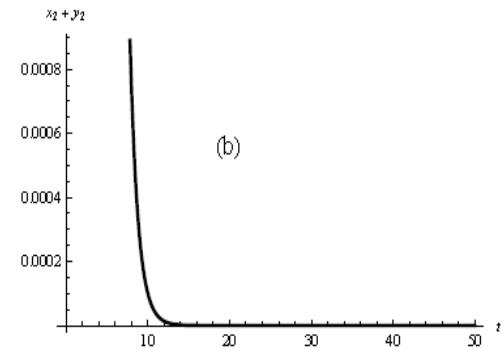
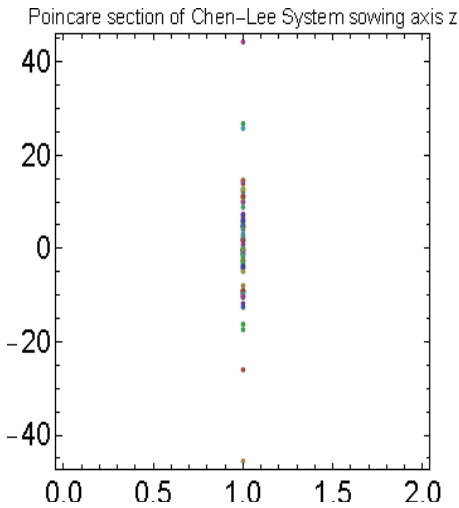
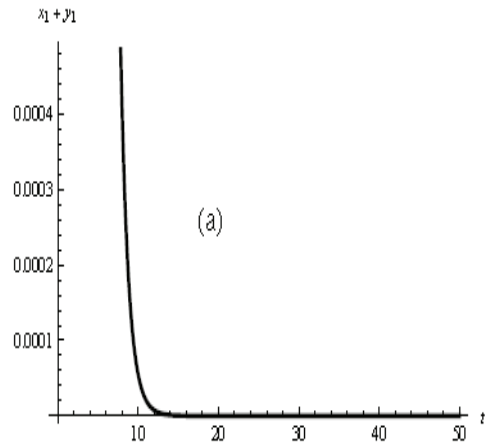
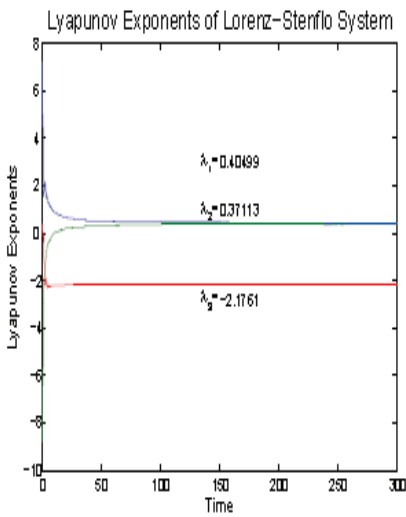
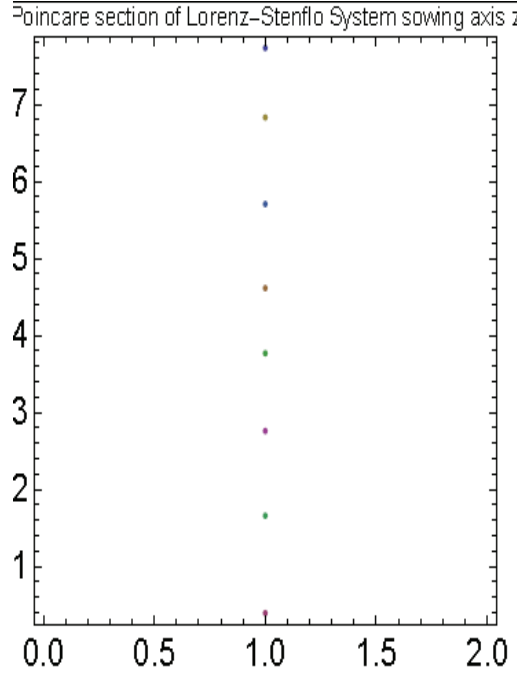
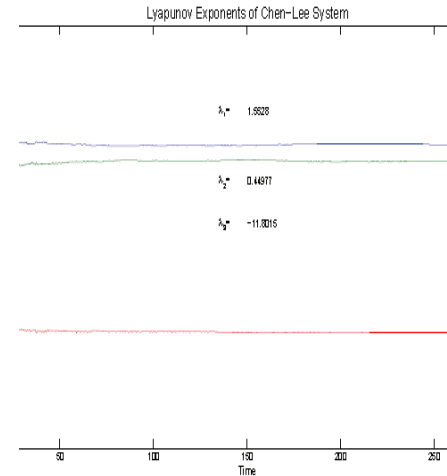


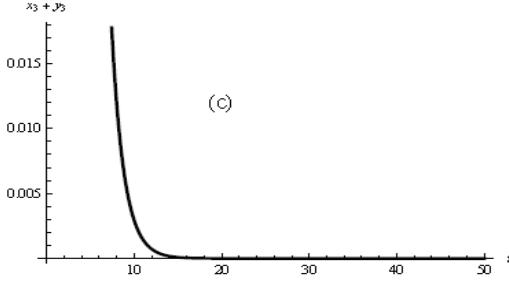


चित्र 3. प्राचल ए, बी और सी के साथ चैन-ली निकाय के द्विभाजन आरेख।



चित्र 4. प्राचल ए, बी और सी के साथ लोरेंज-स्टेनफ्लो निकाय के द्विभाजन आरेख।





चित्र 5 (ए), (बी), (सी) निकाय के बीच एंटी-सिंक्रनाइजेशन त्रुटि दिखाता है।

### अव्यवस्थित चैन-ली और लियू-चैन निकाय के बीच एंटी-सिंक्रनाइजेशन

ड्राइवर सिस्टम और रिपॉन्सर निकाय को इस प्रकार परिभाषित करना है—

$$\begin{aligned} x_1 &= -x_2 x_3 + a_1 x_1 \\ x_2 &= x_1 x_3 + b_1 x_2 \\ x_3 &= \frac{1}{3} x_1 x_3 + c_1 x_3 \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned} y_1 &= a y_1 - y_2 y_3 + u_1 \\ y_2 &= b y_2 + y_1 y_3 + u_2 \\ y_3 &= y_1 y_2 - c y_3 + u_3 \end{aligned} \quad (4.2)$$

जहाँ “ $u_1, u_2, u_3$ ” नियंत्रक हैं और डिजाइन किए जाने हैं।

एंटी-सिंक्रनाइजेशन त्रुटि को इस प्रकार परिभाषित किया गया है

$$e = x + y \quad (4.3)$$

(4.1) और (4.2) से त्रुटि प्रणाली इस प्रकार है

$$\begin{aligned} e_1 &= a y_1 + a_1 x_1 - x_2 x_3 - y_2 y_3 + u_1 \\ e_2 &= y_1 y_3 + x_1 x_3 + x_2 (b_1 + b) - b e_2 + u_2 \\ e_3 &= y_1 y_2 - c e_3 + \frac{1}{3} x_1 x_2 + x_3 (c + c_1) + u_3 \end{aligned} \quad (4.4)$$

सक्रिय नियंत्रण सिद्धांत के अनुसार नियंत्रक को परिभाषित करते हुए

$$\begin{aligned} u_1 &= -a y_1 - a_1 x_1 + y_2 y_3 + x_2 x_3 - e_1 \\ u_2 &= -y_1 y_3 - x_2 (b + b_1) - x_1 x_3 \\ u_3 &= -y_1 y_2 - \frac{1}{3} x_1 x_2 - x_3 (c + c_1) \end{aligned} \quad (4.5)$$

त्रुटि गतिशीलता

$$\begin{aligned} e_1' &= - (e_1) \\ e_2' &= - (b e_2) \\ e_3' &= - (c e_3) \end{aligned} \quad (4.6)$$

ल्यपुनोव फलन का चयन इस प्रकार है

$$V = \frac{1}{2} (e_1 e_1 + e_2 e_2 + e_3 e_3) \quad (4.7)$$

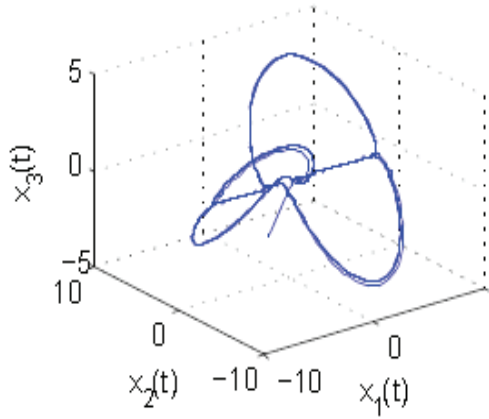
जहाँ  $V$  एक सकारात्मक निश्चित फलन  $V: R^n \rightarrow R$  है और उपरोक्त फलन का अवकलज लेने पर हमें प्राप्त होता है—

$$V' = -e_1^2 - b e_2^2 - c e_3^2 \quad (4.8)$$

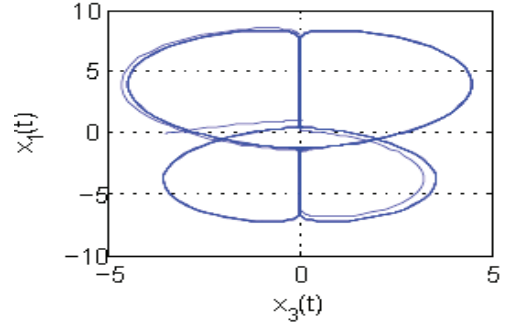
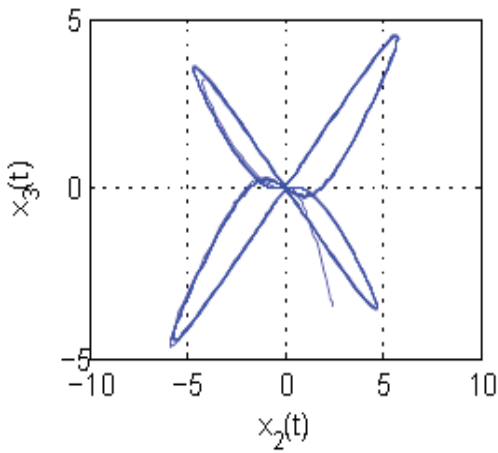
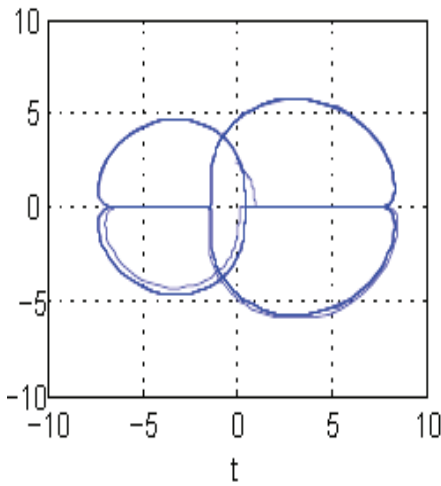
जहाँ “ $V: R^n \rightarrow R$ ” ऋणात्मक निश्चित फलन है। इस प्रकार ल्यपुनोव के स्थिरता सिद्धांत [11] द्वारा त्रुटि प्रणाली स्पर्शोन्मुख रूप से स्थिर है। इसका तात्पर्य यह है कि दो अव्यवस्थित चैन-ली और लियू-चैन सिस्टम एंटी-सिंक्रनाइज हैं।

### संख्यात्मक अनुकरण:

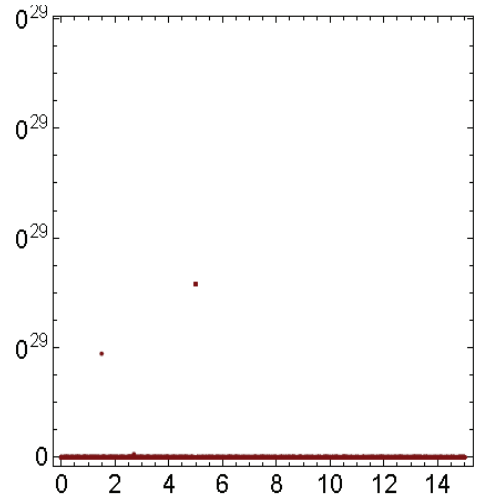
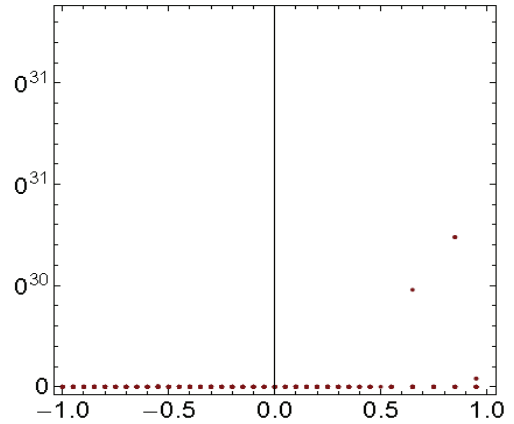
नियंत्रण कार्यों का व्यवहार्य सत्यापन युग्मित मास्टर और स्लेव प्रणाली में चुने हुए मापदंडों  $a_1 = 5.1, b_1 = -11, c_1 = -3.9$  और  $a = 0.40, b = 12.0, c = 5.0$  द्वारा नियंत्रण के बिना अव्यवस्थित व्यवहार होता है।  $x_0 = (0.20, 0.20, 0.20)$  और  $y_0 = (-0.10, 2.40, -3.50)$  के रूप में निकाय की प्रारंभिक स्थिति के साथ MATHEMATICA का उपयोग करके उपरोक्त निकाय को हल करें। चित्र 3. (ए), (बी), (सी) निकाय की समय श्रृंखला प्रदर्शित करता है। और चित्र 4 निकाय के एंटी-सिंक्रनाइजेशन को दर्शाता है।

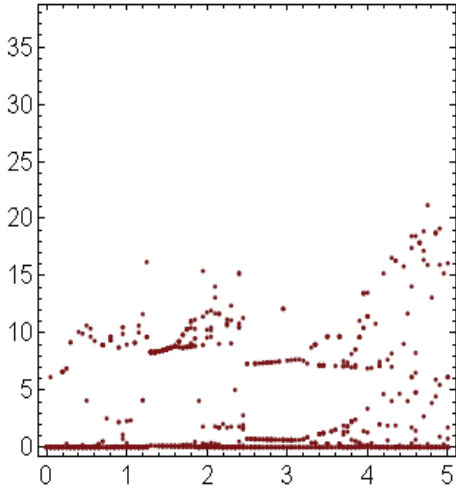


चित्र 6. अव्यवस्थित लियू-चेन प्रणाली का त्रि-आयामी चरण चित्र (नियंत्रक के बिना)।

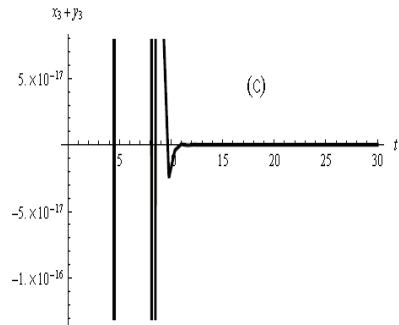
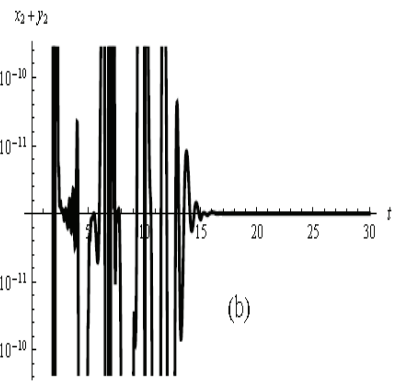
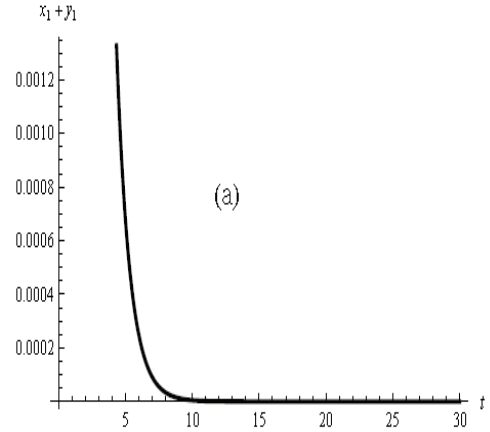
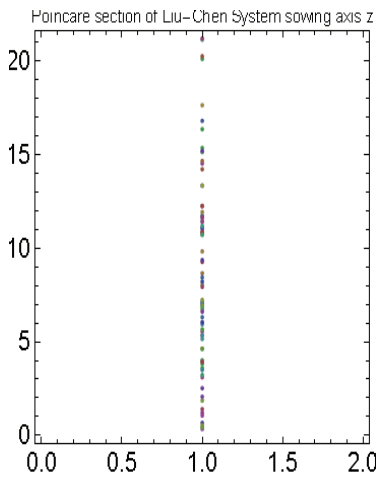
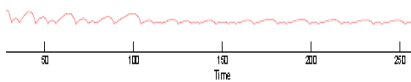
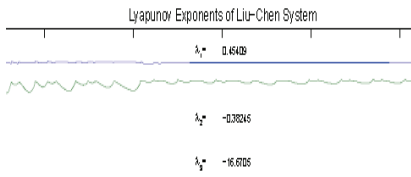


चित्र 7. अव्यवस्थित लियू-चेन प्रणाली का द्वि-आयामी चरण चित्र (नियंत्रक के बिना)।





चित्र 8. प्राचल ए, बी और सी के साथ लियू-चेन निकाय के द्विभाजन अरेख।



चित्र 9 (ए), (बी), (सी) निकाय का एंटी-सिंक्रनाइजेशन दिखाता है।

**निष्कर्ष:** यह शोध पत्र “ल्युपुनोव के स्थिरता सिद्धांत” का उपयोग करके प्राप्त सक्रिय अरैखिक नियंत्रण और स्थिरता परिणाम के माध्यम से चेन-ली, लोरेन्ज़-स्टेनफ्लो और लियू-चेन अव्यवस्थित प्रणालियों का एंटी-सिंक्रनाइजेशन” देती है, संख्यात्मक अनुकार प्रस्तावित विधि की प्रभावशीलता को दर्शाता है।

इस शोध पत्र में सभी आंकड़ें और परिणाम मूल और अप्रकाशित हैं और गणित का उपयोग करके अनुकरण किया गया है।

## शोध पत्र में प्रयुक्त अंग्रेजी शब्दों की समानार्थक हिंदी शब्दावली

Alphabetically sorted terminology in English	वर्णमाला अनुक्रमित हिंदी शब्दावली
Bifurcation diagram	द्विभाजन आरेख
Chaotic system	अस्त-व्यस्त तंत्र, अव्यवस्थित निकाय
Eigen value	अभिलाक्षणिक मान
Lyapunov exponent	ल्यपुनोव प्रतिपादक
Numerical simulation	संख्यात्मक अनुकरण
Parameter	प्राचल
Poincare section	पॉइन्केयर अनुभाग
State variable	स्थिति चर
Stability theory	स्थिरता सिद्धांत

## संदर्भ

- [1] Pecora, L. M. And Carroll, T. L., Synchronization in chaotic systems, Phys. Rev. Lett. 64, pp.821-824 (1990).
- [2] Liao, T. L., Lin, S.H., Adaptive control and synchronization of Lorenz systems. J. Franklin Inst. Vol. 336, pp.925-937, 1999.
- [3] Wang, C., Ge, S.S., Synchronization of two uncertain chaotic systems via adaptive backstepping. Int. J. Bifurcation chaos vol.11. pp.1743-1751, 2001.
- [4] Chen, H.K., Synchronization of two different chaotic systems: a new system and each of the dynamical systems Lorenz, Chen and Lu. Chaos Solitons and Fractals vol.25, pp.1049-1056, 2005.
- [5] Park, J.H., Chaos synchronization between two different chaotic dynamical systems. Chaos Solitons and Fractals, Vol.27, pp.549-554, 2006.
- [6] Ge, Z.M., Yu, T.C. Chen, Y.S., Chaos synchronization of horizontal platform system. J. Of Sound Vibration, Vol. 25, pp.731-749, 2003.
- [7] Tam, L.M., Sitou, W.M., Parametric study of the fractional order Chen-Lee system. Chaos Solitons and Fractals, Vol. 37, pp.817-826, 2008.
- [8] Chen, H.K., Lee, C.I. ,Anti-control of chaos in rigid body motion. Chaos Solitons and Fractals, Vol. 21, pp.957-965, 2004.
- [9] Huang, J., Adaptive synchronization between different Hyperchaotic systems with fully uncertain parameters. Phys. Lett. A. 327(27,28), 4799-4804, 2008.
- [10] Liu, W. and Chen, G., Can a three dimensional smooth autonomous quadratic chaotic system generate a single four-scroll attractor, Int. J. of Bifurcation chaos , Vol.14, pp.1395-1403, 2004.
- [11] Hahn, W., The Stability of motion, Springer-Verlag, Berlin, 1967.
- [12] A Khan and Shikha, <https://doi.org/10.1007/s12043-017-1385-0>, *Pramana – J.Phys*, 2017.
- [13] A Khan, D Khattar and N Prajapati, <https://doi.org/10.1007/s12043-016-1356-x>, *Pramana – J. Phys*, 2017.
- [14] A Khan and M A Bhat, <https://doi.org/10.1007/s40435-016-0274-6>, *Int. J. Dyn. Control*, 2016.
- [15] Khan, Ayub and Chaudhary, Harindri (2021). Adaptive Hybrid Projective Synchronization Of Hyper-chaotic Systems, Applications and Applied Mathematics: An International Journal (AAM), Vol. 16, Iss. 1, Article 7
- [16] Khan, Ayub and Kumar Sanjay, Study of chaos in chaotic satellite systems, *Pramana – J. Phys*, 2018.

# भारतीय ग्रिड के संदर्भ में हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइन डिजाइन के विश्वसनीयता आधारित विकास का आर्थिक विश्लेषण

## Economic analysis of reliability-based development of hybrid transmission line design in the context of the Indian grid

मनन पाठक<sup>1</sup>, डॉ. दिशांग त्रिवेदी<sup>2</sup>

Manan Pathak<sup>1</sup>, Dr. Dishang Trivedi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Scholar, Gujarat Technological University, Ahmedabad

<sup>2</sup>Deputy Director, Commissionerate of Technical Education

Former Associate Professor, Department of Electrical Engineering,

LD College of Engineering, Ahmedabad

mananpathak@gmail.com, dishang.trivedi@gmail.com

<https://doie.org/10.0729/VP.2024217997>

### सारांश

पिछले कुछ वर्षों में नवीकरणीय ऊर्जा में संक्रमण का समर्थन करने के लिए भारत का ट्रांसमिशन लाइन नेटवर्क लगातार बढ़ रहा है। देश ने वित्तीय वर्ष 2022 में 14,895 सर्किट किलोमीटर लाइन की लंबाई और ट्रांसफार्मर क्षमता में 78,982 MVA की वृद्धि को जोड़ा, जो पिछले वर्ष की तुलना में क्रमशः 3.4 प्रतिशत और 7.7 प्रतिशत की अंतर्गत वृद्धि थी। भविष्य के लिए निर्धारित 2030 तक गैर-जीवाश्म ईंधन क्षमता के 500 GW के अधिक महत्वाकांक्षी जलवायु परिवर्तन लक्ष्यों के साथ, देश के विद्युत ग्रिड बुनियादी ढांचे को अंतरराज्यीय (Inter-state) के साथ-साथ राज्यान्तर्गत (Intra-state) ट्रांसमिशन स्तरों पर उन्नत करने के लिए महत्वपूर्ण निवेश चल रहे हैं। राष्ट्रीय अवसंरचना पाइपलाइन का अनुमान है कि वित्त वर्ष 2025 तक ट्रांसमिशन लाइन खंड में 3,040.50 अरब रुपये का संचयी निवेश होगा। परियोजना के विकास में तेजी लाने और ट्रांसमिशन प्रणाली योजना में सुधार के लिए हाल के नीतिगत प्रयासों को निर्देशित किया गया है। नई प्रमोचित की गई पीएम गति पावर पहल से परियोजना के विकास को सुव्यवस्थित करने और ट्रांसमिशन सहित सभी बुनियादी परियोजनाओं के लिए समय और लागत में कमी आने की उम्मीद है, जिससे आरओडब्ल्यू मुद्दों को हल करने में मदद मिलेगी। तेजी से बदलते बाजारों के साथ, विद्युत ग्रिड को अधिक विश्वसनीय, सुरक्षित और बुद्धिमान बनाने के लिए नई तकनीकों में निवेश बढ़ाना भी ट्रांसमिशन क्षेत्र के लिए अनिवार्य होता जा रहा है। भारत में हाल ही में शुरू की गई हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइन अवधारणा जो एक ही टावर पर AC और DC कंडक्टर को लागू करने की व्यवहार्यता को सही ठहराती है या एक ही राइट ऑफ वे साझा करती है, ग्रिड की विश्वसनीयता तथा दक्षता में सुधार कर सकती है। इस शोध पत्र का उद्देश्य हाल के रुझानों और विकासों पर चर्चा करना और भारतीय विद्युत ट्रांसमिशन क्षेत्र में भविष्य की योजनाओं और आगामी अवसरों पर प्रकाश डालना है। यह शोध पत्र विद्युत क्षेत्र, चुंबकीय क्षेत्र और राइट ऑफ वे को उद्देश्य फलन के रूप में मानते हुए हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइन को लागू करने के लिए कुछ व्यवहार्यता विश्लेषण पर भी प्रकाश डालता है, जो पर्यावरणीय परिस्थितियों को प्रभावित करता है, जो संभावित समाधान और रणनीति प्रदान करता है। यह शोध पत्र हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइन निदर्श के एक व्यक्ति अध्ययन (case study) को भी वर्णित करता है और ICNIRP और CBIP दिशानिर्देशों के साथ उनके विद्युत क्षेत्र और चुंबकीय क्षेत्र परिणाम विश्लेषण की तुलना को प्रमाणित करता है। परिणाम बताते हैं कि प्रस्तावित हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइन निदर्श भारतीय भूवैज्ञानिक स्थिति के लिए व्यवहार्य है और यूटिलिटी इंजीनियरों को समाधान प्रदान करता है। इस शोध पत्र का मुख्य उद्देश्य एक कुशल, विश्वसनीय और आधुनिक ग्रिड बनाना है। हाइब्रिड HVDC/EHVAC ट्रांसमिशन लाइनों का उपयोग करके लाइन सर्विटेज के उपयोग और शक्ति घनत्व में संभावित सुधार के लिए हाइब्रिड लाइनों को डिजाइन करने के एक अनुकरणीय ढांचे के माध्यम से अपनी ट्रांसमिशन एसेट का बेहतर प्रबंधन करना है।

## Abstract

India's transmission network has been growing steadily in the past few years to support the transition to renewable energy. The country added 14,895 circuit kms of line length in FY22 and 78,982 MVA of transformer capacity, an increase of 3.4% and 7.7% respectively over the previous year. With more ambitious climate change targets of 500 GW of non-fossil fuel capacity by 2030 set for the future, significant investments are underway to upgrade the country's grid infrastructure at the inter-state as well as the intra-state transmission levels. The National Infrastructure Pipeline estimates a cumulative investment of Rs 3,040.50 billion in the transmission segment till FY2025. Recent policy efforts have been directed to expedite project development and improve transmission system planning. The newly launched PM Gati Shakti initiative is expected to streamline project development and reduce time and cost overruns for all infrastructure projects including transmission, which will help address RoW issues. With rapidly changing markets, ramping up investments in new technologies to make the grid more reliable, secure and smart is also becoming an imperative for the transmission domain. Newly introduced Hybrid Transmission Line concept in India which justifies the feasibility for implementing AC and DC conductors on the same tower or sharing the same Right of Way can improve grid reliability, efficiency and cost benefits for tower infrastructure will take advantage of new capabilities to support grid operations. The objective of this research paper is to discuss the recent trends and developments, and highlight the future plans and upcoming opportunities in the Indian power transmission sector. The paper will also highlight feasibility analysis for implementing Hybrid Transmission Line by considering Electric Field, Magnetic Field and Right of Way as an objective function which affects the environmental conditions which provides the possible solutions and strategies. This paper also showcases one case study of Hybrid Transmission Line Model and verified their EMF result analysis comparison with the ICNIRP and CBIP guidelines. Results show that the proposed hybrid transmission line model is feasible for Indian Geological conditions and provides solutions to the utility engineers. The main objectives of this paper is to create efficient, reliable and modern grids, and better manage their transmission assets with an exemplified framework for designing hybrid lines for the possible improvements in servitude utilisation and power density by using hybrid HVDC/EHVAC transmission lines.

**मुख्य शब्द:** हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइन, विद्युत चुम्बकीय क्षेत्र (EMF) ईएमएफ, राइट ऑफ वे, EHVAC, उच्च वोल्टेज प्रत्यक्ष धारा

**Keywords:** Hybrid Transmission Line, Electro Magnetic Field (EMF), Right of Way, EHVAC, High Voltage Direct Current.

### 1 परिचय

विद्युत क्षेत्र में ट्रांसमिशन लाइनों की भूमिका बड़ी महत्वपूर्ण होती है, क्योंकि ये विद्युत ग्रिड तक कुशल और विश्वसनीय बिजली वितरण सुनिश्चित करती हैं [1]। वित्तीय वर्ष 2022 में, भारत ने 14,895 सर्किट किलोमीटर लाइन लंबाई और 78,982 एमवीए (MVA) ट्रांसफार्मर क्षमता को जोड़ा, जो पिछले वर्ष की तुलना में ज्यादा वृद्धि को दर्शाता है। राष्ट्रीय अवसंरचना पाइपलाइन के अनुमान के अनुसार, वित्त वर्ष 2025 तक ट्रांसमिशन खंड में अरबों रुपये का निवेश होने

की संभावना है [2]। तदनुसार, ट्रांसमिशन लाइनों की योजना और कार्यप्रणाली उत्पादन क्षेत्र के साथ-साथ किया जाना चाहिए, जो पर्याप्त आवश्यक कारकों का तर्कसंगत उपयोग सुनिश्चित करता है [1,4]। इस शोध पत्र का उद्देश्य न्यूनतम सिद्धांतों का उपयोग करके नई हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइनों का विकास करने के लिए मार्गदर्शन प्रदान करना है, ताकि आर्थिक दक्षता को अधिकतम किया जा सके [1]। हाइब्रिड शब्द का अर्थ एसी (AC) और डीसी (DC) प्रणाली का संयोजन है। सामान्य तौर पर, हाइब्रिड लाइन का प्रतिनिधित्व



इस प्रकार है: “एक ही टावर (सेम-टावर) को साझा करने वाले दो सर्किट” [16]। हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइन को लागू करने से एसी और डीसी दोनों प्रणालियों के प्रदर्शन पर प्रभाव पड़ता है, क्योंकि ये दोनों प्रणालियाँ एक-दूसरे के संचालन को प्रभावित करती हैं। जैसे तो भारत में ऐसी हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइनें नहीं हैं जो एक ही टावर पर EHVAC और HVDC लाइन ले जाती हो। भारत में कई HVDC लिंक हैं जो दो EHVAC लाइनों के बीच जुड़ते हैं। नई हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइन का कार्यान्वयन बहुत जटिल समस्या है, इसलिए प्रस्तावित डिजाइन डेटा और मापदंडों की पहचान और उचित चयन पर निर्भर करता है। इन मापदंडों में जटिल परस्पर क्रिया शामिल हैं जो सीधे व्यक्तिगत AC और DC ट्रांसमिशन लाइन सिस्टम के कुल खर्च को प्रभावित करते हैं, और प्रस्तावित हाइब्रिड लाइन के साथ व्यक्तिगत ट्रांसमिशन लाइनों के खर्च की तुलना करके, निवेश की विश्वसनीयता-आधारित मान्यता को सत्यापित किया जा सकता है। इस शोध पत्र पर आधारित गणना का उद्देश्य योजना, डिजाइन, निदर्शन और आर्थिक विश्लेषण के सभी प्रासंगिक पहलुओं की विस्तृत समीक्षा के साथ

हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइन परिनियोजन की सर्वोत्तम आर्थिक योजना से संबंधित मुख्य मुद्दों को संबोधित करना है [1]।

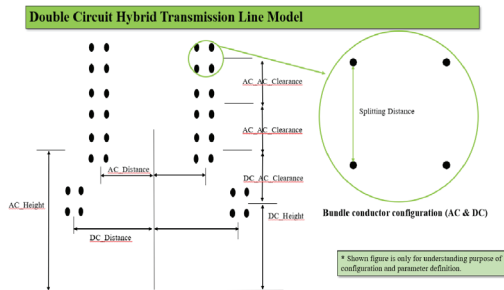
## 2 साहित्य सर्वेक्षण

पावर ग्रिड कॉरपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड (PGCIL) से HVDC के ट्रांसमिशन लाइन वोल्टेज स्तर में वृद्धि और विकेन्द्रीकृत गैर-पारंपरिक ग्रिडों के लिए इसकी उपयुक्तता ने पहले से मौजूद HVDC परियोजनाओं के साथ कई आगामी HVDC परियोजनाओं को जोड़ने का नेतृत्व किया है [5]। अधिकांश प्रकाशन तथाकथित “हाइब्रिड लाइनों” पर ध्यान केंद्रित करते हैं, जिसमें पोल और फेज कंडक्टर एक सामान्य संरचना साझा करते हैं, “हाइब्रिड कॉरिडोर” के विपरीत, जहां AC और DC लाइनें निकट होती हैं और काफी दूरी तक समानांतर चलती हैं [7]। इसके अलावा, हाइब्रिड लाइनों पर अधिकांश साहित्य मौजूदा मल्टी-सर्किट एसी लाइनों को हाइब्रिड लाइनों में परिवर्तित करने पर केंद्रित है। हालाँकि साहित्य में हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइनों के विकास पर चर्चा नहीं की गई है, लेकिन इसमें उनके रूपांतरण से संबंधित विचारों पर चर्चा की गई है [2]।

तालिका 1: विभिन्न लेखकों द्वारा भिन्न भिन्न वर्षों में विपारित ट्रांसमिशन लाइन वोल्टेज

लेखक	वर्ष	AC वोल्टेज (केवी)	DC वोल्टेज (केवी)
सेंडर एवं अन्य	2019	380	400
ब्रजगोपाल दत्ता और साइबल चेटर्जी	2019	400	800
फेंगन्यू जिओ और जियानक्सिंग यान	2018	1000	800
लुंडकविस्ट, गुटमैन और वीमर्स	2017	380	450
ली और शिन	2016	154	80
पेटिनो, फुच्स, श्नेटलर	2014	400	400
स्ट्रूमैन और फ्रैंक	2011	400	500
किजिल्के, एग्डेमीर और लोसिंग	2009	400	500
उल्लरीड, ये और मोरो	2003	735	450
वुडफ़र्ड	1993	230	250
रमेश एवं अन्य	1988	220	200
चार्टियर एवं अन्य	1981	500	500

### 3 प्रस्तावित हाइब्रिड लाइन निदर्श चित्र



चित्र 1 प्रस्तावित हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइन निदर्श

एनसिस (Ansys) परिवेश में हमने हाइब्रिड निदर्श का एक विन्यास लागू किया है और उनके परिणामों का अनुकरण किया है। प्रस्तावित हाइब्रिड निदर्श के अनुसार

यह दो अलग-अलग EHVAC और HVDC प्रकार की लाइन विन्यास को जोड़ता है। पहला विन्यास एकल सर्किट क्षैतिज HVDC निदर्श को इंगित करता है और दूसरा विन्यास द्विक सर्किट ऊर्ध्वाधर विन्यास को इंगित करता है। दोनों निदर्शों को एनसिस ज्योमेट्री में अनुकरित किया गया और आईसीएनआईआरपी (ICNIRP) दिशानिर्देश द्वारा प्रदान की गई उनकी सीमा स्थिति के अनुसार भारत में हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइन की व्यवहार्यता की जांच करने के लिए उनके परिणामों को सत्यापित किया गया। भारतीय ग्रिड कोड के अनुसार और सीईए (CEA) से दिए गए दिशानिर्देश के अनुसार अनुकार के निवेश और कनेक्शन के लिए निम्नलिखित मापदंडों पर विचार किया गया था जैसा कि नीचे दी गई तालिका 2 में दिखाया गया है।

तालिका 2: टावर निदर्श और अभिकल्प प्राचल (Design parameters)

प्राचल	EHVAC	EHVDC	टिप्पणियाँ
वोल्टेज (केवी)	400	500	डेल्टा कनेक्शन
करंट (केए)	3.8	3.2	आरएमएस मूल्य
कंडक्टर व्यास (मिमी)	47.33	33.80	(मूल्य मिमी में)
क्षैतिज दूरी (एम)	15	22	(मूल्य मीटर में)
लंबवत दूरी (एम)	18	28	(मूल्य मीटर में)

### 4 टावर सिद्धांत व्यय विश्लेषण के लिए गणितीय निदर्श

यह शोध पत्र व्यक्तिगत HVDC और EHVAC पावर ट्रांसमिशन लाइनों और उनके बुनियादी ढांचे की विशेषताओं को ध्यान में रखते हुए, बिजली परियोजनाओं के सिद्धांत व्यय की गणना के लिए एक गणितीय निदर्श प्रस्तुत करता है [1]। यह ट्रांसमिशन लाइन उपकरण के विशिष्ट खर्चों और देश के राइट ऑफ वे के अनुमानित खर्चों की गणना करके किया गया था। फिर प्रस्तावित हाइब्रिड लाइन विन्यास की तुलना में व्यय की गणना की गई, और मिट्टी के प्रकार और अन्य कारकों को समायोजित करते हुए, विभिन्न क्षेत्रों के आधार पर उस विन्यास के व्यय को निर्धारित करने के

लिए समायोजित किया गया [1,9]।

#### 4.1 ट्रांसमिशन-लाइन निर्माण

बिजली लाइनों का निर्माण एक कठिन और जटिल कार्य है, जिसमें कई व्यक्तिगत पोल स्थानों सहित बिजली प्रेषण लाइनों के कार्यान्वयन के लिए एक समन्वित योजना विकसित करने में काफी प्रयास की आवश्यकता होती है [1,12]। ट्रांसमिशन लाइन निर्माण की विधि अन्य निर्माण विधियों से भिन्न होती है, लेकिन इलाके और आसपास की स्थितियों के आधार पर एक स्थान से दूसरे स्थान पर परिवर्तन पर भी विचार किया जाना चाहिए [1]। बिजली परियोजनाओं की प्रभावी योजना और प्रबंधन आवश्यक गुणवत्ता विकसित करने और प्राप्त करने और ईएमएफ और अन्य पर्यावरणीय

बाधाओं सहित पर्यावरणीय बाधाओं के साथ कुल खर्च को कम करने के लिए आवश्यक है। चित्र 2 विद्युत मंत्रालय की

वेबसाइट के आंकड़ों के अनुसार भारत में अद्यतित योजना के अंत में ट्रांसमिशन लाइनों की वृद्धि प्रदर्शित करता है [11]।

**Growth of Transmission Lines at the end of each Plan (All figs in Ckm):**

Voltage level	6th Plan	7th Plan	8th Plan	9th Plan	10th Plan	11th Plan	12th Plan
765kV	0	0	0	971	2184	5250	31240
HVDC Bipole	0	0	1634	3138	5872	9432	15556
400kV	6029	19824	36142	49378	75722	106819	157787
220kV	46005	59631	79600	96993	114629	135980	163268
Total ckm	52034	79455	117376	150480	198407	257481	367851

चित्र 2 प्रत्येक योजना के अंत में ट्रांसमिशन लाइनों का विकास (सभी आंकड़े सीकेएम (ckm) में) (साभार : विद्युत मंत्रालय की वेबसाइट)

अलग-अलग EHVAC और HVDC बिजली लाइनों की स्थापना के लिए काफी कारकों की आवश्यकता होती है क्योंकि इन बिजली लाइनों की स्थापना में तकनीकी, भौगोलिक, संगठनात्मक और अन्य कारकों सहित कई कारक

शामिल होते हैं [1]। नियामक अभिकरणों द्वारा लगाए गए प्रतिबंध क्षेत्रीय, भौगोलिक और पर्यावरण मानकों के अनुसार अलग-अलग देशों में भिन्न होते हैं [1]। चित्र 3 ट्रांसमिशन लाइन डिजाइन प्रक्रिया का प्रवाहचित्र दिखाता है [1]।

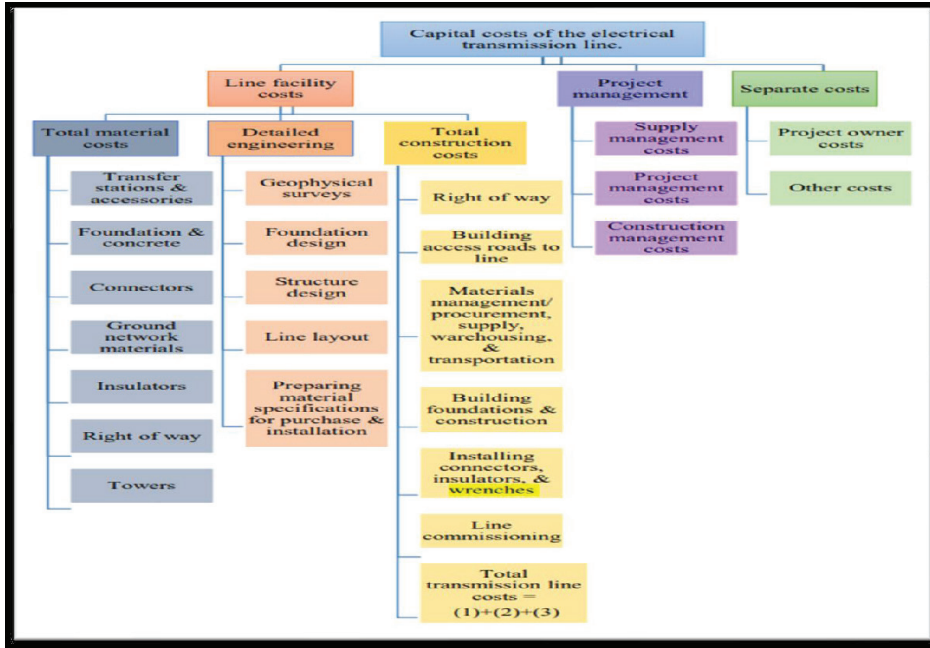


चित्र 3 ट्रांसमिशन लाइन व्यय निर्माण फेज

**4.2 विद्युत प्रेषण लाइन के सैद्धांतिक व्यय**

सामान्य तौर पर, बिजली प्रेषण के व्यय कारकों में तीन मुख्य घटक होते हैं, जिनमें आजीवन व्यवहार्यता, परियोजना

प्रबंधन और अलग-अलग खर्च शामिल हैं [1,5]। वैकल्पिक रूप से, प्रत्येक तत्व को उप-तत्वों में विभाजित किया जा सकता है जैसा कि चित्र 4 में दिखाया गया है [5]।



चित्र 4 विद्युत प्रेषण लाइन के मुख्य व्यय कारक।

### 4.3 सामग्री एवं उनका व्यय

टावरों का खर्च जंगरोधी इस्पात की कीमत और टावर निर्माण के विशिष्ट प्रकार से संबंधित है [1]। यह टावर की ऊंचाई पर भी निर्भर करता है [1]। तालिका 4 में 400 केवी (EHVAC के लिए) और 500 केवी (HVDC के लिए) के वोल्टेज के लिए टावरों की आपूर्ति के लिए सामग्री व्यय और उनकी कीमतें दिखाई गई हैं [1]। तालिका द्विक सर्किट EHVAC के लिए 400 केवी और HVDC क्षेत्रीय सर्किट के लिए 500 केवी के लिए कनेक्टर, सहायक उपकरण और अन्य ऐड-ऑन (जैसे ग्राउंडिंग, इंसुलेटर, ग्राउंड वायर और स्पेसर) सहित आपूर्ति का खर्च भी दिखाती है [1]। कंडक्टरों का खर्च तांबे या एल्यूमीनियम की कीमत पर निर्भर करता है क्योंकि अधिकांश कनेक्शन इससे बने होते

हैं [1]। इंसुलेटर की कीमत वोल्टेज और टावर के प्रकार और केबल की भार क्षमता के आधार पर भिन्न होती है [1]। तालिका में दिखाया गया डेटा गुजरात की जेटको और टोरेंट पावर ट्रांसमिशन लाइन कंपनियों द्वारा प्रदान किया गया था। यहां निम्नलिखित पंक्ति डेटा पर विचार किया गया और व्यय विश्लेषण के लिए शामिल किया गया है। साथ ही जंगरोधी इस्पात का खर्च 75 रुपये प्रति किलोग्राम माना गया है।

- EHVAC: 1) 400 केवी मल्टी सर्किट धोलेरा सोलर लाइन-1\_230 किमी लंबाई [जेटको] 2) 400 केवी डबल सर्किट अहमदाबाद पिरान्हा से सूरत सुजल लाइन\_263 किमी लंबाई [टोरेंट]
- HVDC: 500 केवी क्षेत्रीय लाइन\_460 किमी लंबाई

### तालिका 3: टावर निदर्श व्यय

क्र. सं.	वोल्टेज	टावर वजन (किग्रा)	टावर प्रकार	कीमत भारतीय रुपये में रुपये/यूनिट	अन्य सहायक उपकरणों का वजन (किग्रा)	अन्य सहायक उपकरणों की कीमत	टिप्पणियाँ	
1	400 kV EHVAC [GETCO]	10172.912	निलंबन	762968.4	317.296	237973.2	R - Type	नट के साथ बोल्ट, स्टेप बोल्ट, हैंगर, डी शेकल, एक्सटेंशन लिंक, आदि।
		25005.276	तनाव	1875395.7	772	579000	Y - Type	
2	500 kV HVDC	3390.97	निलंबन	254322.8	105.76	79324.4	R - Type	नट के साथ बोल्ट, स्टेप बोल्ट, हैंगर, डी शेकल, एक्सटेंशन लिंक, आदि।
		8335.092	तनाव	625131.9	257.33	193000	Y - Type	
3	400 kV EHVAC [Torrent]	11,367	निलंबन	852525	1000kg approx.	5lacs	Type-A	नट के साथ बोल्ट, स्टेप बोल्ट, हैंगर, डी शेकल, एक्सटेंशन लिंक, आदि।
		20,248	तनाव	1518600	2000kg approx.	13lacs	Type-B	

#### 4.4 स्थापना व्यय

##### 4.4.1 टावर स्थापना व्यय

टावर स्थापना व्यय आम तौर पर कुल व्यय का 15%

से 30% होता है। 1 किलो का टावर स्थापित करने का अनुमानित खर्च तालिका 4 में दिखाया गया है।

**तालिका 4 : टावर लगाने का खर्च**

क्रम संख्या	वोल्टेज	टावर का वजन (किग्रा)	टावर का प्रकार	संयोजन लागत [रु. / किग्रा]	स्थापना	टिप्पणियाँ
1	400 kV EHVAC [GETCO]	10172.912	निलंबन	12-20	1042986	R - Type
		25005.276	तनाव	12-20	1687700	Y - Type
2	500 kV HVDC	3390.97	निलंबन	12-20	347662	R - Type
		8335.092	तनाव	12-20	562566	Y - Type
3	400 kV EHVAC [Torrent]	11,367	निलंबन	8-10	830000	Type-A
		20,248	तनाव	8-10	1037500	Type-B

**4.4.2 विभिन्न घटक स्थापना (कंडक्टर स्ट्रिंग व्यय)**

कंडक्टर का खर्च सीधे उसके आकार से संबंधित है [1]। डिजाइन विशेषज्ञ के संदर्भ में कंडक्टर के प्रति किमी खर्च की गणना कंडक्टर के वजन और व्यास के अनुपात [1,15,16] को लेकर की जा सकती है। एक आदर्श मामले के लिए हमने प्रत्येक पंक्ति में 4 उप-चालकों पर विचार किया है

और उस धारणा के आधार पर निम्नलिखित गणना की गई:

- 1) बंडल का कुल वजन =  $4 \times 2,135/- = 8540$  किग्रा/किमी
- 2) कुल व्यय =  $225 \times 8540 = 19,21,500$  रुपये/किमी

नीचे दी गई तालिका 5 400 केवी EHVAC और 500 केवी HVDC के लिए कंडक्टर स्ट्रिंग खर्च दिखाती है।

**तालिका 5: स्ट्रिंगिंग व्यय सहित कंडक्टर व्यय**

कंडक्टर लागत समय	वोल्टेज	कीमत रु./कि.मी
फेज तारों का उपयोग करके एक कनेक्टिंग लाइन के रूप में कार्य करता है जिसमें परियोजना स्थल से कार्य स्थल तक सामग्री स्थानांतरित करना, तार बिछाना, पुली और इंसुलेटर लटकाना, सभी संपर्क स्थापित करना, रोलर्स और वायर स्क्रेप को परियोजना स्थल पर वापस करना यह सब शामिल है। इसमें मशीनरी, उपकरण, श्रमिक और स्थान की कीमत शामिल है।	400 kV EH-VAC	19,21,500/-
	500 kV HVDC	6,40,500/-

**4.5 अन्य व्यय**

सिविल कार्यों के खर्चों में लाइन ट्रैक और नींव के लिए जमीन की तैयारी शामिल है [1,6]। तालिका 6 एक विधियुत परियोजना के खर्च के कई पहलुओं का वर्णन करती है, जिसमें उत्खनन खर्च, बिटुमेन कोटिंग और भरने का खर्च,

सुदृढीकरण खर्च, फार्मा कार्य खर्च और टोस खर्च शामिल हैं [1,8]। सांख्यिकीय विश्लेषण और क्षेत्र सर्वेक्षण के अनुसार कंपनी और टावर के स्थान और टावर के डिजाइन के संबंध में स्थापना व्यय पूरी तरह से परिवर्तनशील है [1,7]।

## तालिका 6: अन्य स्थापना व्यय

वोल्टेज	टावर का प्रकार	उत्खनन भूजल के साथ निकासी Rs/m <sup>3</sup>	कोलतार द्वारा पेंटिंग भरना और टावर के साथ संघनन साइट लेवलिंग Rs/m <sup>3</sup>	खाका काम रुपये /टावर	सुदृढीकरण रुपये/टन	ठोस Rs/ m <sup>3</sup>
400 kV EHVAC	निलंबन	341	211	52455	87900	11449
	तनाव	341	154	52455	87900	11205
500 kV HVDC	निलंबन	341	211	52455	87900	11449
	तनाव	341	154	52455	87900	11205

## 5. सैद्धांतिक गणना के परिणाम एवं चर्चा

### 5.1 सैद्धांतिक निदर्श प्राचल

ये निदर्श बिजली प्रेषण लाइनों के बारे में तकनीकी, वित्तीय और आर्थिक जानकारी का उपयोग करके साहित्य अध्ययन के आधार पर हेटम और एर्ज़ेज द्वारा विकसित किए गए थे [1]। यह जानकारी एक ट्रांसमिशन लाइन निदर्श विकसित करने के लक्ष्य के साथ विकसित की गई थी जो आधार व्यय और व्यय कारकों के अन्य तत्वों से संबंधित है [1]। विभिन्न वोल्टेज, एकल या द्विक लाइन, EHVAC पावर लाइन या HVDC पावर लाइन के लिए ट्रांसमिशन लाइन खर्चों का अध्ययन और विश्लेषण किया जाता है। टावर प्रकार, कनेक्टर और ट्रांसमिशन लाइन की लंबाई के संदर्भ में कई विकल्पों का विश्लेषण किया गया है [1]। इसके अलावा विभिन्न लाइन स्थानों के सर्वेक्षण और विश्लेषण

पर भी विचार किया गया है [1,15]।

निम्नलिखित मापदंडों पर कारकों व्यय परिप्रेक्ष्य से विचार किया गया :

1. वोल्टेज परिमाण  
AC - 400 kV (मल्टी सर्किट और द्विक सर्किट)  
DC - 500 kV (द्विध्रुवी सर्किट)
2. पावर लाइन प्राचल में कंडक्टर प्रकार टावर संरचना टावर की लंबाई शामिल है
3. नई विद्युत लाइन कनेक्शन
4. भूमि की स्थिति
5. क्षेत्र का भूगोल

विभिन्न चरों के गुणांकों वाली दो रेखाओं का गणितीय निदर्श प्राप्त करने का आधार नीचे दिया गया है [1,10]।

### 5.1.1 बेसलाइन ट्रांसमिशन व्यय

तालिका 7: बेसलाइन ट्रांसमिशन लाइन व्यय के लिए

क्रमांक	लाइन विवरण	आपूर्ति लागत रु./किमी.	कार्यान्वयन लागत रु./कि.मी	कुल मूल पूंजी लागत रु./कि.मी
1	400 kV EHVAC [GETCO]	1850000	786765.6 × 3 (tower) = 2360296.8/- + 1921500 (Conductor Cost/km) = 4281796.8/-	6131796.8/-
2	500 kV HVDC	616666.67	1427265.6/-	2043932.26/-
3	400 kV EHVAC [Torrent]	1850000	852525 × 3 (tower) = 2557575/- + 1921500 (Conductor Cost/km) = 4479075/-	6329075/-

विद्युत मंत्रालय और सीईए के मानक डेटा मूल्यों के लिए स्पान मान 293 मीटर है। अब 1 किमी लंबी ट्रांसमिशन लाइन की लंबाई को ध्यान में रखते हुए कम से कम 3 टावर होंगे और सभी मापदंडों को ध्यान में रखते हुए प्रति किमी लाइन कंडक्टर खर्च पर विचार किया जाता है [16]।

### 5.1.2 कंडक्टरों के लिए सहायक प्राचल

प्रारंभिक खर्चों के आधार पर, बदलते कंडक्टरों और बदलती लाइन खर्चों पर विचार करने के लिए आदान प्रदान दर्ज किए गए थे जैसा कि तालिका 8 में दिखाया गया है [1]।

तालिका 8 : कंडक्टर के लिए प्राचल विकसित करना

क्रमांक	कंडक्टर प्रकार	400 kV EHVAC	500 kV HVDC
1	ACSR	1	1
2	ACSS	1.08	1.08

### 5.1.3 टावर संरचना आदान प्रदान

टावर संरचना बदलने पर व्यय-परिवर्तन गुणांक दर्ज किए गए, जैसा कि तालिका 9 में दिखाया गया है [1]।

तालिका 9 : टावर संरचना आदान प्रदान

क्रमांक	कनेक्टर प्रकार	400 kV EH-VAC	500 kV HVDC	टिप्पणियाँ
1	जाली	0.9	0.9	पूरी तरह से लाइन सर्वे पर निर्भर है।
2	ट्यूबलर स्टील	1	1	अब इसका उपयोग GETCO में नहीं हो रहा है।

### 5.1.4 समग्र ट्रांसमिशन लाइन की लंबाई में परिवर्तन के स्थिरांक

जब भी लाइन की लंबाई बढ़ती है, प्रति किलोमीटर औसत व्यय कम हो जाता है [1]।



**तालिका 10 : समग्र ट्रांसमिशन लाइन लंबाई में भिन्न स्थिरांक**

क्रमांक	लंबाई	400 kV EHVAC	500 kV HVDC
1	200 किमी से अधिक लम्बा	1	1
2	70 - 200 किमी	1.2	1.2
3	50 - 70 किमी	1.5	1.5

### 5.1.5 नई ट्रांसमिशन लाइन विकसित करने के स्थान पर ट्रांसमिशन लाइन निर्माण आदान प्रदान

ट्रांसमिशन लाइन विकास का विचार बिजली हस्तांतरण क्षमता बढ़ाने के लिए नई लाइनें विकसित करने के बजाय मौजूदा ट्रांसमिशन लाइन को बदलना है (यानी, खंभे और इंसुलेटर को अपरिवर्तित छोड़ना)। तालिका 11 मौजूदा लाइन में बाधाओं और खर्चों को दर्शाती है [1]।

**तालिका 11: लाइन विकास आदान प्रदान**

क्रमांक	कंडक्टर वोल्टेज	कंडक्टर संख्या	लागत
1	400 kV EHVAC	प्रति फेज 4 कंडक्टर	कंडक्टर की लागत कुल पूंजी लागत का 55% है
2	500 kV HVDC	प्रति फेज 1 कंडक्टर	कंडक्टर की लागत कुल पूंजी लागत का 55% है

जेटको के अधिकारियों से प्राप्त किए गए मानक डेटा मानों के लिए रिंकडक्टर संभव नहीं है और किसी भी जेटको लाइन्स के लिए कंडक्टर का रीस्ट्रिंग संभव नहीं है। एचटीएलएस कंडक्टर करंट वहन क्षमता के मामले में रिंकडक्टर के लिए अच्छा विकल्प है लेकिन वास्तविक कार्यान्वयन के लिए अभी भी नीति को अंतिम रूप नहीं दिया गया है।

### 5.1.6 भू-भाग गुणांक

समतल क्षेत्र विकसित करना सबसे सस्ता है और वन क्षेत्र

सबसे महंगे हैं। तालिका 12 भारत के विभिन्न क्षेत्रों को प्रभावित करने वाले समायोजित व्यय कारकों को दर्शाती है [1]।

**तालिका 12: भू-भाग गुणांक**

क्रमांक	क्षेत्र प्रकार	जोन
1	रेगिस्तान	1
2	समतल	1
3	खेत	1.1
4	वन	1.15
5	पहाड़, घूर्णमध्य पहाड़, 2% से 8% ढलान	1.25
6	ऊंची भूमि	1.25

### 5.1.7 राइट ऑफ वे (आरओडब्ल्यू)

इस मामले में राइट-ऑफ-वे लाइन के निर्माण के लिए आवश्यक भूमि प्राप्त करने से जुड़े खर्च शामिल हैं, यदि इसे खरीदा जाता है [1]। कानूनी लेनदेन को सुविधाजनक बनाने के लिए, तकनीकी जानकारी जैसे लागत के अनुसार संपत्ति की चौड़ाई, रेलवे लाइन के किनारे के साथ संपत्तियों की खरीद कीमतें और मार्ग विवरण आवश्यक हैं [1,7]।

ट्रांसमिशन लाइनों का खर्च सीधे तौर पर जमीन के खर्च से संबंधित है। बिजली लाइन जितनी कम जमीन घेरती है, बिजली लाइन का खर्च उतना ही कम होता है [3]। 1 किलोमीटर लंबी ट्रांसमिशन लाइन के लिए, आरओडब्ल्यू लाइन कॉरिडोर के दोनों किनारों पर चौड़ाई 1 मीटर कम करने से कुल भूमि का उपयोग 2000 वर्गमीटर तक कम हो जाएगा, जबकि केवल एक तरफ की चौड़ाई 1 मीटर कम करने से कुल भूमि का उपयोग कम हो जाएगा। प्रति किलोमीटर 2000 वर्ग मीटर तक घटाकर 1000 वर्ग मीटर कर दिया गया [3]। भूमि का मूल्य क्षेत्र में भूमि के वाणिज्यिक मूल्य पर निर्भर करता है [3,5]।

### 5.2 गणितीय निदर्श

ऊपर उपलब्ध जानकारी और डेटा को अपनाकर, भारत में उपयोग के लिए विकसित सैद्धांतिक निदर्श इस प्रकार है [1]:

$TLC = [(BTC) \times (CC) \times (SC) \times (ReC) \times (TC) \times \text{Number of kilometres}] + [ROWC \times \text{Number of kilometres}]$

$ROWC = (\text{ROW acre / kilometre}) \times (\text{land cost/acre})$

जहाँ,

$TLE = \text{ट्रांसमिशन लाइन व्यय}$

$BTE = \text{बेस ट्रांसमिशन व्यय}$

$CC = \text{कंडक्टर गुणांक}$

$SC = \text{संरचना गुणांक}$

$IEC = \text{रिकंडक्टर गुणांक}$

$TC = \text{भू-भाग गुणांक}$

$ROW = \text{राइट ऑफ वे [1]}$

**तालिका - 13 : विभिन्न टावर निदर्शों के व्यय विश्लेषण के लिए सारांश तालिका**

लागत श्रेणी	400 kV EHVAC Line [GETCO]	500 kV HVDC Line	400 kV EHVAC Line [TORRENT]
आधार लागत रु./ कि.मी	6131796.8/-	2043932.2/-	6329075/-
जटिलताएँ			
कंडक्टर			
ACSR	1	1	1
ACSS	1.08	1.08	1.08
टावर संरचना			
जालीदार ट्यूबलर स्टील	1	1	1
लाइन लंबाई			
200 किमी से अधिक लम्बा	1	1	1
70-200 किमी	1.2	1.2	1.2
50-70 किमी	1.5	1.5	1.5
लाइन जीवनभर			
नई	1	1	1
लाइन विकास रिकंडक्टर	0.55	0.55	0.55
परियोजना क्षेत्र भू-भाग			
समतल	1	1	1

## 6. निष्कर्ष

यहाँ दिए गए गणितीय निदर्शों के आधार पर 400 केवी EHVAC टावर और 500 केवी HVDC टावर के लिए अलग-अलग गणनाओं का विचार करते हुए, हाइब्रिड ट्रांसमिशन टावर की लागत की आदर्श गणना प्रस्तुत की गई है। गणना प्रस्तावित हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइन व्यय को EHVAC मल्टीटर्मिनल ट्रांसमिशन लाइन के व्यय

के बराबर दर्शाती है। इस लेख की सीमा शर्त के अनुसार हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइन और अलग HVDC लाइन के मामले में व्यय गणना के लिए HVDC कनवर्टर खर्चों पर विचार नहीं किया गया है। नीचे दी गई तालिका भारतीय ग्रिड के अनुसार इसकी व्यवहार्यता जांच के सत्यापन के लिए उनके व्यय विश्लेषण सहित सभी प्रकार के टावरों की तुलना दर्शाती है।

## तालिका - 14 : मल्टी सर्किट EHVAC लाइनों की तुलना में हाइब्रिड लाइनों का व्यय विश्लेषण

विवरण	टावरों के प्रकार	आधार लागत रु./किमी	टिप्पणियाँ
400 kV EHVAC Line [GETCO]	मल्टी टर्मिनल टावर	6131796.8/-	400 KV मल्टी सर्किट धोलेरा सोलर लाइन_230 किमी लंबाई [GETCO]
500 kV HVDC Line	क्षैतिज टावर	2043932.2/-	500 kV क्षैतिज लाइन_460 किमी लंबाई
400 kV EHVAC Line [TORRENT]	द्विक सर्किट टावर	6329075/-	400 kV द्विक सर्किट अहमदाबाद पिराना से सूरत सजल लाइन_263 किमी लाइन [Torrent]
Proposed 400 kV EHVAC and 500 kV HVDC Line	हाइब्रिड टावर	6500000/-	प्रोपोज्ड हाइब्रिड ट्रांसमिशन टावर

यहां की गई गणना जेटको और टॉरेंट पावर से उपलब्ध कराए गए डेटा के EHVAC, HVDC और हाइब्रिड निदर्श के लिए आदर्श व्यय विश्लेषण प्रस्तुत करती है। सैद्धांतिक निदर्श निर्णय निर्माताओं को ट्रांसमिशन लाइनों के निर्माण और भविष्य की परियोजनाओं को लागू करने के खर्चों को निर्धारित करने में मदद करते हैं। इस शोध पत्र में प्रदान किए गए ट्रांसमिशन परियोजनाओं के प्रस्तावित अनुसंधान और विकास से हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइनों का उपयोग करके बिजली घनत्व में संभावित सुधार के लिए हाइब्रिड लाइनों को डिजाइन करने के लिए एक उदाहरण ढांचे के साथ इंजीनियरों के लिए दिशानिर्देश तैयार किया गया है।

### आभार

हम अपने शोध कार्य के सत्यापन के लिए वास्तविक समय ट्रांसमिशन लाइन डेटा प्रदान करने में सहायता के लिए श्रीमती इशिता भट्ट, जूनियर इंजीनियर, जीईटीसीओ को धन्यवाद देते हैं। हम इस शोध के दौरान हमारे साथ अपने ज्ञान के मोती साझा करने के लिए एलडी कॉलेज ऑफ इंजीनियरिंग के प्रोफेसर डॉ. केतन बडगुजर और पीडीईयू के एसोसिएट प्रोफेसर डॉ. जेजी जमनानी के प्रति भी अपना आभार व्यक्त करना चाहते हैं। हम डॉ. कौस्तुभ व्यास, सहायक प्रोफेसर, वीजीईसी, डॉ. पीयूष पटेल, एसोसिएट प्रोफेसर, एसओयू के भी बेहद आभारी हैं।

## शोध पत्र में प्रयुक्त अंग्रेजी शब्दों की समानार्थक हिंदी शब्दावली

Alphabetically sorted terminology in English	वर्णमाला अनुक्रमित हिंदी शब्दावली
Conductor	कंडक्टर
Current Carrying Capacity	धारा वहन क्षमता
Efficiency	दक्षता
Electric and Magnetic Field	विद्युत एवं चुंबकीय क्षेत्र
Geological Condition	भूगर्भीय स्थिति
Hybrid Transmission Line	हाइब्रिड ट्रांसमिशन लाइन
Ministry of Power	विद्युत मंत्रालय
Power Transfer Capability	शक्ति अंतरण क्षमता
Right of Way	राइट ऑफ वे
Transmission Network	ट्रांसमिशन नेटवर्क

### संदर्भ

1. R. Verdolin, A.M. Gole, E. Kuffel, N. Diseko and B. Bisewski, "Induced Over voltages on AC- DC Hybrid Transmission System", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 10, No. 3, July 1995.
2. U. Straumann and C.M. Franck. Discussion of converting a double-circuit ac-dc overhead line to an ac/dc hybrid line with regard to audible noise. In The Electric Power System of the Future - Integrating Super grids and Micro grids - Cigré 2011 Bologna Symposium, 2011.
3. J. Lundkvist, I. Gutman, and L. Weimers. Feasibility study for converting 380 Kv ac lines to hybrid ac/dc lines. In EPRI High-Voltage Direct Current & Flexible AC Transmission Systems Conference, November 2009.
4. D.T. Oyedokun, K.A. Folly, A.V. Ubisse and L.C. Azimoh, "Interaction between HVAC-HVDC System: Impact of Line Length on Transient Stability", UPEC 2010, 45th International IEEE Conference, Aug 2010.
5. Tang, J., R. Zeng, H. Ma, et al., "Analysis of electromagnetic interference on dc line from parallel AC line in close proximity," IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 22, No. 4, 24012408, 2007.
6. M. Aragüés-Peñalba, J. Beerten, J. Rimez, D. Van Hertem, and O. Gomis Bellmunt, "Optimal power flow for hybrid AC/DC systems," in Power Engineering Society General Meeting. IEEE, July 2014.
7. J. Cao, W. Du, H. Wang, and S. Bu, "Minimization of Transmission Loss in Meshed AC/DC Grids With VSC-MTDC Networks," Power Systems, IEEE Transactions on, vol. 28, no. 3, pp. 3047–3055, Aug 2013.
8. Amit F. Pagi and K. P. Badgular, "Review on Transmission Line Right of Way" IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering (ICPCSI-2017)
9. Brajagopal Datta and Dr. Saibal Chatterjee, "Transient Analysis for Hybrid Electric Field in close proximity HVAC-HVDC operation of Northeast – Agra HVDC project" IEEE Conference paper 2019
10. Kausubh Vyas, J. G. Jamnani, "Optimal Design of 1200 kV UHV AC Transmission

- Lines in India using Newly Developed Standalone MATLAB GUI”, International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, Volume-8 Issue-2, July 2019
11. Ban, L., X. Wang, H. Bai, et al., \Simulative analysis of induced voltages and currents among multi circuit 220 kV and 500 kV transmission lines on same tower,” Power System Technology, Vol. 33, No. 6, 45-49, 2009.
  12. Fengnyu Xiao, Jianxing Yan, Bo Zhang, Yanjie Wang, “Simplified approach of maximum electric field distribution on the ground near HVAC–HVDC shared tower transmission lines” IET J. Eng., 2018, Vol. 2018 Iss. 17, pp. 1851-1854
  13. C. Petino, B. Fuchs, and A. Schnettler. Contact faults in hybrid ac/dc power systems. In Innovation for Secure and Efficient Transmission Grids - Cigré Belgium Conference, 2014.
  14. M. Kizilcay, A. Agdemir, and M. Lösing. Interaction of a HVDC system with 400 kV ac systems on the same tower. In International Conference on Power Systems Transients (IPST2009), 2009
  15. Brajagopal Datta and Dr. Saibal Chatterjee, “Transient Analysis for Hybrid Electric Field in close proximity HVAC-HVDC operation of Northeast – Agra HVDC project” IEEE Conference paper 2019.
  16. V.L. Chartier, S.H. Sarkinen, R.D. Stearns, and A.L. Burns. Investigation of corona and field effects of ac/dc hybrid transmission lines. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, PAS-100(1):72–80, January 1981.

**विद्या वितर्को विज्ञानं स्मृतिः तत्परता क्रिया ।**

**यस्यैते षड्गुणास्तस्य नासाध्यमतिवर्तते ॥**

अर्थात् - "विद्या, तर्कशक्ति, विज्ञान, स्मृतिशक्ति, तत्परता और कार्यशीलता, ये छह जिसके पास हैं, उसके लिए कुछ भी असाध्य नहीं।"

**नास्ति विद्या समं चक्षु नास्ति सत्य समं तपः ।**

**नास्ति राग समं दुखं नास्ति त्याग समं सुखं ॥**

अर्थात् - विद्या के समान कोई चक्षु नहीं है जो हमें जीवन में रास्ता दिखा सके, सत्य से ऊँचा और कोई तप नहीं है, राग से बड़ा और कोई दुःख नहीं है, (जो ईर्ष्या पैदा करता है) और त्याग से बड़ा कोई भी सुख नहीं है (क्योंकि त्याग बाहरी दुःख हो सकता है किन्तु अपनी आत्मीयता में प्रसन्नता प्राप्त होती है)

हम आव्यूह के लिए  $C^1.T$  संकलनीयता का उपयोग करके  
 $W(L^p, \Psi(w), \beta)$ -वर्ग के फलनों के सन्निकटन (अनुमान) की त्रुटि  
Error of approximation (estimation) of functions belonging to  
 $W(L^p, \Psi(w), \beta)$ - class using  $C^1.T$ -means for hump matrices

सचिन देवैया<sup>1</sup>, शैलेश कुमार श्रीवास्तव<sup>2</sup>

Sachin Devaiya<sup>1</sup>, Shailesh Kumar Srivastava<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Department of Mathematics,

Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology, Surat-395007, Gujarat, India.

sbdevaiya18695@gmail.com, shaileshiitr2010@gmail.com

<https://doie.org/10.0729/VP.2024261336>

### सारांश

इस शोध पत्र में, हम हम्प आव्यूह के लिए, भारित लिप्सचिट्ज वर्ग  $W(L^p, \Psi(w), \beta)$  के फलनों की फूरियर श्रेणी पर  $C^1.T$ -गुणन संकलनीयता का उपयोग करके, फलनों के सन्निकटन की त्रुटि प्राप्त करते हैं। इसके अलावा, हम अपने मुख्य प्रमेय से कुछ उपप्रमेय भी प्राप्त करते हैं।

### Abstract

In this paper, we find the error of approximation of functions belonging to weighted Lipschitz class  $W(L^p, \Psi(w), \beta)$  by using product summability method  $C^1.T$  of its Fourier series for hump matrices. Further, we derive few corollaries from our main theorem.

**मुख्य शब्द:** हम्प आव्यूह, सन्निकटन की त्रुटि,  $W(L^p, \Psi(w), \beta)$ -वर्ग, फूरियर श्रेणी

**Keywords:** Hump matrix, Error of approximation,  $W(L^p, \Psi(w), \beta)$ -class, Fourier series.

### परिचय

कई पूर्व शोधकर्ताओं [1-6] ने एकदिष्ट पंक्तियों (monotonic rows) के साथ विभिन्न संकलनीयता की तकनीकों का उपयोग करके विभिन्न लिप्सचिट्ज वर्गों में निहित फलनों के सन्निकटन (अनुमान) की त्रुटि प्राप्त की है। मित्तल आदि [7] ने पहली बार यह प्रस्तुत किया कि हर आव्यूह में एकदिष्ट पंक्तियाँ नहीं होती हैं, जैसे कि, हम्प आव्यूह। हम्प आव्यूह के लिए, उन्होंने त्रिकोणमितीय बहुपदों (trigonometric polynomials) का उपयोग करके  $Lip(\alpha, p)$ -वर्ग के फलनों का अनुमान लगाया है, और  $o(C^{-\alpha})$  के रूप में त्रुटि प्राप्त की है। मिश्रा और मिश्रा [8] ने नोरलुंड (Nörlund) और रिज़ (Riesz) संकलनीयता का उपयोग करके समान लिप्सचिट्ज वर्ग से संबंधित फलनों के लिए समान त्रुटि प्राप्त की है। हम्प आव्यूह के लिए, श्रीवास्तव और सिंह [9], और श्रीवास्तव और देवैया [10] ने आव्यूह संकलनीयता का उपयोग करते हुए  $W(L^p, \Psi(w), \beta)$ -वर्ग से संबंधित फलनों के लिए  $o(\Psi(\frac{\pi}{c+1}), (c+1)^{\beta+1/p})$  के रूप में त्रुटि प्राप्त की है। हालाँकि, [11-14] जैसे कई शोधकर्ताओं ने विभिन्न गुणनफल संकलनीयता (product summability) विधियों, जैसे कि  $(N, p_n)(E, q)$ ,  $(C, 1)(E, q)$  और  $(\bar{N}, p_n, q_n)(E, q)$  के माध्यम से विभिन्न लिप्सचिट्ज वर्गों में निहित फलनों के सन्निकटन की त्रुटि प्राप्त की है। इस शोध पत्र में, हम फलनों के सन्निकटन के लिए गुणनफल संकलनीयता  $C^1.T$  का उपयोग करते हैं।

मान लीजिए  $T \equiv (h_{c,e})$  एक निम्न त्रिभुजीय आव्यूह (lower triangular matrix) है। इसे हम्प आव्यूह कहा जाता है, यदि सभी  $C$  के लिए  $e_0 = e_0(c) \in N$  का इस प्रकार अस्तित्व है कि

$$h_{c,e+1} \leq h_{c,e}, \text{ जहाँ } 0 \leq e < e_c,$$

$$h_{c,e+1} \leq h_{c,e}, \text{ जहाँ } 0 \leq e < c.$$

एक आवृत्ति फलन (periodic function)  $g \in L^p([0, 2\pi])$  की त्रिकोणमितीय फूरियर श्रेणी को निम्न प्रकार से परिभाषित किया जाता है :

$$g(z) \sim \frac{a_0}{2} + \sum_{e=1}^{\infty} (a_e \cos ez + b_e \sin ez),$$

तथा इस फूरियर श्रेणी के संगत  $(c+1)$  वे आंशिक योग को इस प्रकार परिभाषित किया जाता है :

$$s_c(g; z) := \frac{a_0}{2} + \sum_{e=1}^c (a_e \cos ez + b_e \sin ez), \quad c \in N,$$

$$s_0(g; z) = \frac{a_0}{2},$$

जहाँ  $a_c$  तथा  $b_c$  फूरियर गुणांक (Fourier coefficient) है।  $t_c(g; z)$  को निम्न प्रकार से परिभाषित करते हैं:

$$t_c(g; z) = \sum_{e=0}^c h_{c,e} s_e(g; z), \quad c \in N_0, \quad (1)$$

जहाँ  $T \equiv (h_{c,e})$  अनृण प्रविष्टियों (non-negative entries) वाला एक निम्न त्रिभुजीय आव्यूह है, जो निम्नलिखित शर्तों को पूरा करता है :

$$h_{c,-1} = 0, \quad H_{c,e} = \sum_{v=e}^c h_{c,v} \text{ और } H_{c,0} = 1, \quad c \in N_0.$$

यदि  $c \rightarrow \infty$  के लिए  $t_c(g; z) \rightarrow s$  है, तो फलन  $g$  की फूरियर श्रेणी को  $T$ -संकलनीय कहा जाता है, और उसका  $T$ -संकलनीय योग  $S$  होता है।

$$\text{यदि हम उपरोक्त समीकरण (1) में } h_{c,e} = \begin{cases} \frac{1}{c+1}, & 0 \leq e \leq c, \\ 0, & e > c, \end{cases}$$

लेते हैं, तो आव्यूह  $T$  क्रम एक के सीजरो आव्यूह (Cesàro matrix of order one) में परिवर्तित हो जाता है और इसे  $(C, 1)$  या  $C^1$  द्वारा निरूपित किया जाता है।  $T$ -संकलनीय के साथ  $C^1$ -संकलनीय के गुणनफल से  $C^1.T$ -संकलनीय प्राप्त होता है। इस प्रकार  $\{s_c(g; z)\}$  के  $C^1.T$ -संकलनीय

को  $t_c^{C^1.T}(g; z)$  के द्वारा निरूपित किया जाता है और निम्न प्रकार से परिभाषित किया जा सकता है :

$$t_c^{C^1.T}(g; z) := (c+1)^{-1} \sum_{e=0}^c \left( \sum_{f=0}^e h_{r,k} s_k(g; z) \right), \quad c \in N_0.$$

फलन  $g \in L^p(I)$  के  $L^p$ -मानक ( $L^p$ -norm) को निम्नानुसार परिभाषित किया गया है :

$$\|g\|_p := \left\{ \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |g(z)|^p dz \right\}^{1/p} \quad (1 \leq p < \infty), \text{ और}$$

$$\|g\|_\infty = \text{उच्चक}_{0 \leq z \leq 2\pi} |g(z)|.$$

[1-4, 6-14] में निम्नलिखित विभिन्न लिप्सचिट्ज़ वर्ग परिभाषित किए गए हैं।

$$Lip \alpha = \{g: I \rightarrow R: |g(z+w) - g(z)| = O(w^\alpha)\},$$

$$Lip(\alpha, p) = \{g \in L^p(I): |g(z+w) - g(z)|_p = O(w^\alpha)\},$$

$$Lip(\xi(w), p) = \{g \in L^p(I): |g(z+w) - g(z)|_p = O(\xi(w))\},$$

$$W(L^p, \xi(w)) =$$

$$\left\{ g \in L^p(I): |(g(z+w) - g(z)) \sin^\beta \left( \frac{z}{2} \right)|_p = O(\xi(w)) \right\},$$

$$W(L^p, \Psi(w), \beta) =$$

$$\left\{ g \in L^p(I): |(g(z+w) - g(z)) \sin^\beta \left( \frac{z}{2} \right)|_p = O \left( \frac{\Psi(w)}{w^{1/p}} \right) \right\},$$

जहाँ  $p \geq 1, w > 0, \beta \geq 0$ , और फलन  $\xi(w)$  और  $\Psi(w)$  सकारात्मक रूप से बढ़ते हैं।

यदि हम उपरोक्त  $W(L^p, \Psi(w), \beta)$  में  $\Psi(w) = \xi(w) w^\beta$  लेते हैं, तो  $W(L^p, \Psi(w), \beta), W(L^p, \xi(w))$  में परिवर्तित हो जाता है। यदि  $W(L^p, \xi(w))$  में  $\beta = 0$  लेते हैं, तो  $W(L^p, \xi(w))$ ,  $Lip(\xi(w), p)$  में परिवर्तित हो जाता है। यदि  $Lip(\xi(w), p)$  में  $\xi(w) = w^\alpha, 0 < \alpha \leq 1$  लेते हैं, तो यह  $Lip(\alpha, p)$  में परिवर्तित हो जाता है। तत्पश्चात यदि  $Lip(\alpha, p)$  में  $p \rightarrow \infty$  लेते हैं, तो यह  $Lip \alpha$  में परिवर्तित हो जाता है।

एक  $C$  घात के त्रिकोणमितीय बहुपद के द्वारा, फलन  $g$  के सन्निकटन की त्रुटि को निम्न प्रकार प्राप्त किया जाता है :

$$E_c(g) := \text{न्यूनक}_{\frac{1}{T_c}} \|g(z) - T_c(z)\|_p,$$

सन्निकटन की उपरोक्त विधि को त्रिकोणमितीय फूरियर सन्निकटन (trigonometric Fourier approximation)

कहा जाता है।

$$\varphi(z, w) = \varphi(w) = g(z + w) + g(z - w) - 2g(z)$$

और

$$H(c, w) = \frac{1}{2\pi} \sum_{e=0}^c \sum_{f=0}^e h_{e,e-f} \frac{\sin(2e - 2f + 1) \frac{w}{2}}{\sin(\frac{w}{2})}$$

सभी फलनों  $g \in W(L^p, \Psi(w), \beta)$  के लिए, हम मिन्कोव्स्की असमिका (Minkowski inequality) का उपयोग करके आसानी से प्रदर्शित कर सकते हैं कि फलन  $\varphi(z, w) \in W(L^p, \Psi(w), \beta)$  होता है।

**टिप्पणी :** यहाँ पर हम आव्यूह  $T \equiv (h_{c,f})$ , जहाँ  $h_{c,f} = \frac{1}{2023^c} \binom{c}{f} (2022)^{c-f}$ , और श्रेणी  $1 - 4046 \sum_{c=1}^{\infty} (-4045)^{c-1}$  लेते हैं। इस श्रेणी का C वां आंशिक योग  $s_c = (-4045)^c$  है। यह श्रेणी T- संकलनीय नहीं है और  $C'$ -संकलनीय भी नहीं है, लेकिन यह  $C', T$ - संकलनीय है। इस प्रकार, हम देख सकते हैं कि गुणनफल संकलनीयता, एकल संकलनीयता (single summability) की तुलना में अधिक शक्तिशाली है।

**मुख्य परिणाम**

मुख्य प्रमेय को सिद्ध करने के लिए निम्नलिखित प्रमेयिका की आवश्यकता है।

प्रमेयिका 1 :  $w \in (0, \frac{\pi}{c+1})$  के लिए  $|H(c, w)| = O(c + 1)$ .

उपपत्ति :  $\frac{w}{\pi} \leq \sin(\frac{w}{2})$  और  $|\sin(cw)| \leq cw$  का उपयोग करके, हम निम्नलिखित प्राप्त कर सकते हैं:

$$\begin{aligned} |H(c, w)| &= \left| \frac{1}{2\pi(c+1)} \sum_{e=0}^c \sum_{f=0}^e \frac{h_{e,e-f} \sin((2e - 2f + 1) \frac{w}{2})}{\sin(\frac{w}{2})} \right| \\ &\leq \frac{1}{2\pi(c+1)} \sum_{e=0}^c \sum_{f=0}^e h_{e,e-f} \left| \frac{(2e - 2f + 1) \frac{w}{2}}{\sin(\frac{w}{2})} \right| \\ &\leq \frac{1}{4(c+1)} \sum_{e=0}^c \sum_{f=0}^e h_{e,e-f} (2e - 2f + 1) \\ &= \frac{1}{4(c+1)} \sum_{e=0}^c H_{e,0}(2e + 1) \\ &= \frac{1}{4(c+1)} \sum_{e=0}^c (2e + 1) \\ &= O(c + 1). \end{aligned}$$

**प्रमेयिका 2:**  $w \in (\frac{\pi}{c+1}, \pi)$  के लिए

$$|H(c, w)| = O\left(\frac{1}{w^2(c+1)}\right).$$

उपपत्ति:  $\frac{w}{\pi} \leq \sin(\frac{w}{2})$ ,  $(c + 1)$  और उच्चक  $\{h_{c,e}\} = o(1)$  और  $h_{c,e_0}$  उच्चक  $\{h_{c,0}, h_{c,1}, \dots, h_{c,c}\}$  का उपयोग करके, हम निम्नलिखित प्राप्त कर सकते हैं :

$$\begin{aligned} |H(c, w)| &= \left| \frac{1}{2\pi} \sum_{e=0}^c \sum_{f=0}^e \frac{h_{e,e-f} \sin((2e - 2f + 1) \frac{w}{2})}{\sin(\frac{w}{2})} \right| \\ &\leq o\left(\frac{1}{w}\right) \left| \sum_{e=0}^c \sum_{f=0}^e h_{e,e-f} \exp(i(2e - 2f + 1) \frac{w}{2}) \right| \\ &= o\left(\frac{1}{w}\right) \left| \sum_{e=0}^c \sum_{f=0}^e h_{e,e-f} \exp(i(e - f)w) \right| \\ &= o\left(\frac{1}{w}\right) \left| \sum_{e=0}^c \sum_{f=0}^e h_{e,e-f} \exp(ifw) \right| \\ &= o\left(\frac{1}{w}\right) h_{c,e_0} \left| \frac{1 - \exp(i(e+1)w)}{1 - \exp(iw)} \right| \\ &= o\left(\frac{1}{w}\right) h_{c,e_0} \left| \frac{1}{\sin(\frac{w}{2})} \right| \\ &= o\left(\frac{1}{w^2(c+1)}\right). \end{aligned}$$

**प्रमेय:** मानें कि  $T \equiv (h_{c,e})$  एक अनृण प्रविष्टियों के साथ हम्प आव्यूह है जिसमें  $(c + 1) * \text{उच्चक}_{e}\{h_{c,e}\} = o(1)$  होता है। मानें कि  $\Psi(w)$  एक सकारात्मक वर्धमान फलन है जो निम्नलिखित शर्तों को पूरा करता है :

$$\frac{\Psi(w)}{w^{\beta + \frac{1}{p}}} \text{ एक वर्धमान फलन है, } \quad (2)$$

$\left(\frac{\sin^{\beta}(\frac{w}{2}) \varphi(w)}{\Psi(w) w^{\frac{1}{p}}}\right)$  W का परिबद्ध फलन (bounded function) है जो कि सभी Z के लिए समान रूप (UNIFORMLY) से लागू है, (3) और

$$\left(\int_{\frac{\pi}{c+1}}^{\pi} \left(\frac{\Psi(w)}{w^{1 + \frac{1}{p} + \beta}}\right)^p dw\right)^{\frac{1}{p}} = O(c + 1)^{\beta + 1} \Psi\left(\frac{\pi}{c+1}\right) \quad (4)$$

तो  $W(L^p, \Psi(w), \beta)$ -वर्ग में रहने वाले फलनों  $g$  की फूरियर श्रेणी पर  $C^1.T$ - संकलनीयता का उपयोग करके, फलनों के सन्निकटन की त्रुटि निम्नानुसार दी जाती है:

$$\|t_c^{C^1.T}(g; z) - g(z)\|_p = O\left(\Psi\left(\frac{\pi}{c+1}\right) (c + 1)^{\beta + \frac{1}{p}}\right),$$



जहां  $p^{-1} + q^{-1} = 1$  ।

### उपपत्ति: स्थिति (i) ( $p > 1$ के लिए)

हम निम्नलिखित लिख सकते हैं:

$$\begin{aligned} s_{c(g; z)} - g(z) &= \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \frac{\varphi(w) \sin(2c+1)\frac{w}{2}}{\sin\left(\frac{w}{2}\right)} dw, \\ t_c^{c^1.T}(g; z) - g(z) &= \frac{1}{c+1} \sum_{e=0}^c \sum_{f=0}^e h_{e,f}[s_f(g; z) - g(z)] \\ &= \int_0^\pi \varphi(w) (2\pi(c+1))^{-1} \times \\ &\quad \sum_{e=0}^c \sum_{f=0}^e a_{e,e-f} \frac{\sin(2e-2f+1)\frac{w}{2}}{\sin\left(\frac{w}{2}\right)} dw \\ &= \int_0^\pi \varphi(w) H(c, w) dw \\ &= \int_0^{\frac{\pi}{c+1}} \varphi(w) H(c, w) dw + \int_{\frac{\pi}{c+1}}^\pi \varphi(w) H(c, w) dw \\ &= M_1 + M_2, \text{ (मान लिया)}. \end{aligned} \quad (5)$$

निम्नलिखित को सिद्ध करने के लिए प्रमेयिका 1, होल्डर असमिका (Hölder inequality),  $\varphi(w) \in W(L^p, \Psi(w), \beta)$ ,  $\frac{w}{\pi} \leq \sin\left(\frac{w}{2}\right)$ , समाकलन की माध्यमान प्रमेय (mean value theorem for integrals), और शर्तों (2) और (3) का उपयोग करते हैं :

$$\begin{aligned} |M_1| &\leq \int_0^{\frac{\pi}{c+1}} \left( \frac{\sin^\beta\left(\frac{w}{2}\right) |\varphi(w)| |H(c, w)| \Psi(w)}{w^{\frac{1}{p}} \Psi(w) w^{\frac{1}{q}} \sin^\beta\left(\frac{w}{2}\right)} \right) dw \\ &\leq \left[ \int_0^{\frac{\pi}{c+1}} \left( \frac{\sin^\beta\left(\frac{w}{2}\right) \cdot |\varphi(w)|}{w^{\frac{1}{p}} \Psi(w)} \right)^p dw \right]^{\frac{1}{p}} \times \\ &\quad \left[ \int_0^{\frac{\pi}{c+1}} \left( \frac{|H(c, w)| \cdot \Psi(w)}{w^{\frac{1}{q}} \sin^\beta\left(\frac{w}{2}\right)} \right)^q dw \right]^{\frac{1}{q}} \\ &= O\left(\frac{\Psi\left(\frac{\pi}{c+1}\right)}{(c+1)^{\frac{1}{p}}}\right) \left[ \int_0^{\frac{\pi}{c+1}} w^{-\frac{q}{p}-q\beta-q} dw \right]^{\frac{1}{q}} \\ &= O\left(\Psi\left(\frac{\pi}{c+1}\right) (c+1)^{\beta+\frac{1}{p}}\right). \end{aligned} \quad (6)$$

हम निम्नलिखित को सिद्ध करने के लिए प्रमेयिका 2, होल्डर असमिका,  $\varphi(w) \in W(L^p, \Psi(w), \beta)$ ,  $\frac{w}{\pi} \leq \sin\left(\frac{w}{2}\right)$  और शर्त (4) का उपयोग करते हैं :

$$\begin{aligned} |M_2| &\leq O\left\{ \int_{\frac{\pi}{c+1}}^\pi \frac{w^{\frac{1}{p}} \Psi(w)}{w^{2+\beta}(c+1)} dw \right\} \\ &\leq O\left(\frac{1}{c+1}\right) \left[ \int_{\frac{\pi}{c+1}}^\pi \left( \frac{\Psi(w)}{w^{1+\beta+\frac{1}{p}}} \right)^p dw \right]^{\frac{1}{p}} \times \\ &\quad \left[ \int_{\frac{\pi}{c+1}}^\pi w^{-q} dw \right]^{\frac{1}{q}} \\ &= O\left(\Psi\left(\frac{\pi}{c+1}\right) (c+1)^\beta (c+1)^{1-\frac{1}{q}}\right) \\ &= O\left(\Psi\left(\frac{\pi}{c+1}\right) (c+1)^{\beta+\frac{1}{p}}\right). \end{aligned} \quad (7)$$

समीकरण (5), (6) और (7) को मिलाकर हमें निम्नलिखित प्राप्त होता है।

$$\left| t_c^{c^1.T}(g; z) - g(z) \right| = O\left((c+1)^{\beta+1} \Psi\left(\frac{\pi}{c+1}\right)\right). \quad (8)$$

### स्थिति (ii) ( $p = 1$ के लिए)

उपरोक्त उपपत्ति के आधार पर, हम लिख सकते हैं:

$$t_c^{c^1.T}(g; z) - g(z) = M_1 + M_2. \quad (9)$$

हम निम्नलिखित को सिद्ध करने के लिए प्रमेयिका 1, होल्डर असमिका,  $\frac{w}{\pi} \leq \sin\left(\frac{w}{2}\right)$ , शर्तों (2) और (3) का उपयोग करते हैं :

$$\begin{aligned} |M_1| &\leq \int_0^{\frac{\pi}{c+1}} \left( \frac{\sin^\beta\left(\frac{w}{2}\right) |\varphi(w)| \Psi(w) |H(c, w)|}{w^{-1} \Psi(w) w \sin^\beta\left(\frac{w}{2}\right)} \right) dw \\ &\leq O(c+1) \sup_{0 < w \leq \frac{\pi}{c+1}} \left( \frac{|\varphi(w)| \Psi(w)}{w^{-1} \Psi(w) w^{\beta+1}} \right) \int_0^{\frac{\pi}{c+1}} dw \\ &= O\left(\Psi\left(\frac{\pi}{c+1}\right) (c+1)^{\beta+1}\right). \end{aligned} \quad (10)$$

इसी प्रकार से हम निम्नलिखित को सिद्ध करने के लिए प्रमेयिका 2, होल्डर असमिका,  $\frac{w}{\pi} \leq \sin\left(\frac{w}{2}\right)$  और शर्त (4) का उपयोग करते हैं :

$$|M_2| \leq O\left\{ \int_{\frac{\pi}{c+1}}^\pi \frac{w^{-3} \Psi(w)}{w^\beta (c+1)} dw \right\}$$

$$\begin{aligned} &\leq o\left(\frac{1}{c+1}\right) \left\{ \int_{\frac{\pi}{c+1}}^{\pi} \frac{\Psi(w)}{w^{\beta+2}} dw \right\} \sup_{\frac{\pi}{c+1} \leq w \leq \pi} \left| \frac{1}{w} \right| \\ &= o\left(\Psi\left(\frac{\pi}{c+1}\right) (c+1)^{\beta} (c+1)^1\right) \\ &= o\left((c+1)^{\beta+1} \Psi\left(\frac{\pi}{c+1}\right)\right). \end{aligned} \tag{11}$$

समीकरणों (9), (10) और (11) को मिलाकर हमें निम्नलिखित प्राप्त होता है।

$$\begin{aligned} &\|t_c^{c^1, T}(g; z) - g(z)\| \\ &= o\left((c+1)^{\beta+1} \Psi\left(\frac{\pi}{c+1}\right)\right). \end{aligned} \tag{12}$$

समीकरणों (8) और (12) को मिलाकर हमें निम्नलिखित प्राप्त होता है।

$$\|t_c^{c^1, T}(g; z) - g(z)\|_p = o\left(\Psi\left(\frac{\pi}{c+1}\right) (c+1)^{\beta+\frac{1}{p}}\right),$$

इस तरह हमने इस प्रमेय को सिद्ध किया।

निम्नलिखित परिणाम हमारे प्रमेय से प्राप्त किए जा सकते हैं:

**उपप्रमेय 1.** यदि प्रमेय में  $\Psi(w) = \xi(w) w^{\frac{1}{p}}$  लेते हैं, तो फलन  $g \in W(L^p, \xi(w))$  के लिए,

$$\|t_c^{c^1, T}(g; z) - g(z)\|_p = o\left(\xi\left(\frac{\pi}{c+1}\right) (c+1)^{\beta}\right).$$

**उपप्रमेय 2.** यदि प्रमेय में  $\beta = 0$  और  $\Psi(w) = \xi(w) w^{\frac{1}{p}}$  लेते हैं, तो फलन  $g \in Lip(\xi(w), p)$  के लिए,

$$\|t_c^{c^1, T}(g; z) - g(z)\|_p = o\left(\xi\left(\frac{\pi}{c+1}\right)\right).$$

**उपप्रमेय 3.** यदि प्रमेय में  $\beta = 0$  और  $\Psi(w) = w^{\alpha+\frac{1}{p}}$ ,  $\alpha \in (0, \frac{1}{p})$  लेते हैं, तो फलन  $g \in Lip(\alpha, p)$ ,  $\alpha < \frac{1}{p}$  और  $p > 1$ , के लिए,

$$\|t_c^{c^1, T}(g; z) - g(z)\|_p = o\left(\frac{1}{(c+1)^{\alpha}}\right).$$

**उपप्रमेय 4.** यदि उपरोक्त परिणाम में  $p \rightarrow \infty$  लेते हैं, तो फलन  $g \in Lip \alpha (0 < \alpha \leq 1)$ , के लिए,

$$\|t_c^{c^1, T}(g; z) - g(z)\|_{\infty} = o\left(\frac{1}{(c+1)^{\alpha}}\right), \text{ जहां } 0 < \alpha < 1,$$

और

$$\|t_c^{c^1, T}(g; z) - g(z)\|_{\infty} = o\left(\frac{\log(c+1)}{c+1}\right), \text{ जहां } \alpha = 1.$$

### शोध पत्र में प्रयुक्त अंग्रेजी शब्दों की समानार्थक हिंदी शब्दावली

Alphabetically sorted terminology in English	वर्णमाला अनुक्रमित हिंदी शब्दावली
approximation	सन्निकटन
Hump matrix	हम्प आव्यूह
summable	संकलनीय
summability	संकलनीयता

### सन्दर्भ

1. Singh U, Srivastava SK: Fourier approximation of functions conjugate to the functions belonging to weighted Lipschitz class. Proc. World Congr. Eng. 1, 236-240 (2013).
2. Srivastava SK, Singh U: Trigonometric approximation of periodic functions belonging to weighted Lipschitz class  $w(L^p, \Psi(t), \beta)$ . Contemp. Math. 645, 283-291 (2015). <http://dz.doi.org/10.1090/conm/645/12937>
3. Rathore A, Singh U: On the degree of approximation of functions in a weighted Lipschitz class by almost matrix summability method. J. Anal. 28(1), 21-33 (2020). <https://doi.org/10.1007/s41478-017-0030-0>
4. Singh U: On the trigonometric approximation of functions in a weighted Lipschitz class. J. Anal. 29(1), 325-335 (2021). <https://doi.org/10.1007/s41478-020-00267-5>
5. Srivastava SK, Singh U: Trigonometric approximation of periodic functions belonging to  $Lip(\omega(t), p)$ -class. J. Comput. Appl. Math. 270, 223-230 (2014). <https://doi.org/10.1016/j.cam.2014.01.020>
6. Sharma K: Study of error of approximation of conjugate Fourier series in weighted class by

- almost Riesz means. Int. J. Appl. Math. 33(5), 867-877 (2020).
7. Kajla A, Mohiuddine SA, Alotaibi A, Goyal M, Singh KK: Approximation by  $\vartheta$ -Baskakov–Durrmeyer-Type Hybrid Operators. Iran. J. Sci. Technol. Trans. A. Sci. 44(4), 1111-1118 (2020). <https://doi.org/10.1007/s40995-020-00914-3>
  8. Mohiuddine SA, Singh KK, Alotaibi A: On the order of approximation by modified summation-integral-type operators based on two parameters. Demonstr. Math. 56(1), 20220182 (2023). <https://doi.org/10.1515/dema-2022-0182>
  9. Rajawat RS, Singh KK, Mishra VN: Approximation by modified Bernstein polynomials based on real parameters, Math. Found. Comput. 2023 doi: 10.3934/mfc.2023005
  10. Mittal ML, Rhoades BE, Mishra VN, Singh U: Using infinite matrices to approximate functions of class  $Lip(\alpha, p)$  using trigonometric polynomials. J. Math. Anal. Appl. 326(1), 667-676 (2007).
  11. Mishra VN, Mishra LN: Trigonometric approximation of signals (functions) in  $L^p$ -norm. Int. J. Contemp. Math. Sci. 7(19), 909–918 (2012).
  12. Srivastava, S.K., Singh, U.: Trigonometric approximation of periodic functions belonging to weighted Lipschitz class  $W(L^p, \Psi(w), \beta)$ . Contemp. Math. 645, 283-291 (2015) <http://dz.doi.org/10.1090/conm/645/12937>
  13. Srivastava SK, Devaiya S: Error estimation of signals (functions) belonging to class  $W(L^p, \Psi(t), \beta)$  for Hump matrices. AIP Conf. Proc. 2435(1), 020043 (2022). <https://doi.org/10.1063/5.0083602>
  14. Lenski W, Szal B: On pointwise approximation of conjugate functions by some Hump matrix means of conjugate Fourier series. J. Funct. Spaces 2015, (2015).

# एसीटोनाइट्राइल माध्यम में हाइड्रॉक्सिल मूलकों का विकिरण अपघटनी जनन

## Radiolytic Generation of Hydroxyl Radicals in Acetonitrile Media

मंजूषा बी. शिरदोणकर<sup>1</sup>, केतन कुपेरकर<sup>2</sup>

Manjusha B. Shirdhonkar<sup>1</sup>, Ketan Kuperkar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Atmanand Saraswati Science College (ASSC),

Kapodara, Varachha Road, Surat-395 006, Gujarat, INDIA.

<sup>2</sup>Department of Chemistry, Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology (SVNIT),

Ichchhanath, Piplod, Surat- 395 007, Gujarat, INDIA.

manjusha\_shirdhonkar@sassc.in, kck@chem.svnit.ac.in

<https://doie.org/10.0729/VP.2024354616>

### सारांश

पल्स विकिरण अपघटनी प्रविधि के उपयोग से एसीटोनाइट्राइल (ACN) माध्यम में हाइड्रॉक्सिल मूलक ( $\cdot\text{OH}$ ) उत्पन्न होते हैं। इसके गठन की पुष्टि  $(\text{CNS})_2^{\cdot-}$  और  $\text{Br}_2^{\cdot-}$  मूलक आयनों के उत्पादन से होती है। मेथियोनीन मिथाइल एस्टर हाइड्रोक्लोराइड (MME) के साथ  $\cdot\text{OH}$  मूलकों की दर स्थिरांक को ACN माध्यम में प्रतिस्पर्धी गतिकी द्वारा मापा जाता है। ACN में  $\text{H}_2\text{O}_2$  युक्त टोलुइन (toluene) के घोल को इलेक्ट्रॉन विकिरण के अधीन किया जाता है और  $\cdot\text{OH}$  मूलकों की उत्पादन की पुष्टि करने के लिए एचपीएलसी विधि का उपयोग करके p-क्रेसोल के गठन का अनुमान लगाया जाता है। यह अध्ययन कार्बनिक विलेय के साथ हाइड्रॉक्सिल मूलकों की प्रतिक्रियाओं को समझने के लिए महत्वपूर्ण है जिनकी आमतौर पर पानी में घुलनशीलता कम होती है।

### Abstract

Hydroxyl radicals ( $\cdot\text{OH}$ ) are generated in acetonitrile (ACN) media by using pulse radiolysis technique. Its formation is confirmed by production of  $(\text{CNS})_2^{\cdot-}$  and  $\text{Br}_2^{\cdot-}$  radical anions. The rate constant of  $\cdot\text{OH}$  radicals with methionine methyl ester hydrochloride (MME) is measured by competition kinetics in ACN media. The solution of toluene in the ACN containing  $\text{H}_2\text{O}_2$  is subjected to electron irradiation and the formation of p-cresol is estimated using HPLC method to confirm the production of  $\cdot\text{OH}$  radicals. This study is important to understand the reactions of hydroxyl radicals with the organic solutes which normally have low solubility in water.

**मुख्य शब्द:** पल्स विकिरण अपघटनी प्रविधि;  $\cdot\text{OH}$  मूलक; एसीटोनाइट्राइल; एचपीएलसी

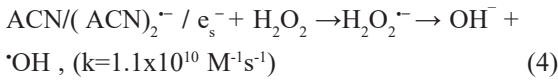
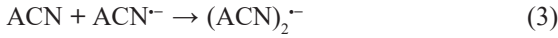
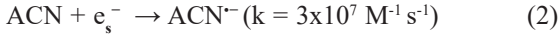
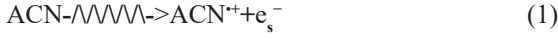
**Keywords:** Pulse radiolysis technique;  $\cdot\text{OH}$  radical; Acetonitrile; HPLC

### परिचय

हाइड्रॉक्सिल मूलकों ( $\cdot\text{OH}$ ) की प्रतिक्रियाओं का सामान्यतः कार्बनिक माध्यम में अध्ययन नहीं किया जा सकता है। यहां तक कि पानी में कम घुलनशील कार्बनिक विलेय के साथ  $\cdot\text{OH}$  की प्रतिक्रियाओं की जांच भी मुश्किल है। एसीटोनाइट्राइल (ACN) माध्यम में पल्स विकिरण

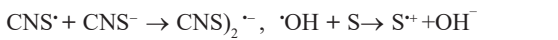
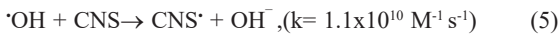
अपघटनी प्रविधि का अध्ययन पहले किया जा चुका है [1-3]। आयनिक और गैर-ध्रुवीय यौगिकों की एक विस्तृत श्रृंखला ACN में घुल सकती है और यह एचपीएलसी और एलसी-एमएस में एक उपयोगी मोबाइल चरण है। यह चक्रीय वोल्टामेट्री में एक लोकप्रिय विलायक है। प्रस्तावित-कार्य में हमने ACN माध्यम में  $\cdot\text{OH}$  मूलकों का उत्पादन करने

का प्रयास किया है ताकि पानी में अघुलनशील अणुओं के साथ •OH मूलकों की प्रतिक्रियाओं का अध्ययन किया जा सके। •OH मूलक हाइड्रोजन पराऑक्साइड के साथ सॉल्वेटेड इलेक्ट्रॉनों ( $e_s^-$ ), ACN आयन और ACN डायमर आयन मूलक की प्रतिक्रिया से उत्पन्न होते हैं। प्रतिक्रियाएँ इस प्रकार हैं :



उपरोक्त प्रतिक्रियाओं के लिए दर स्थिरांक मान संदर्भ [4] में बताए गए हैं। 0.9 M हाइड्रोजन पराऑक्साइड ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) और 17 M ACN के साथ, प्रतिक्रियाशीलता  $3 \times 10^8$  है और 1M  $\text{H}_2\text{O}_2$  के साथ इसका मान  $1.1 \times 10^{10}$  है। प्रतिक्रियाशीलता अनुपात मान 36.6 है, इसलिए सॉल्वेटेड इलेक्ट्रॉन अधिमानतः  $\text{H}_2\text{O}_2$  के साथ प्रतिक्रिया करता है।

प्रतिक्रिया में, •OH + ACN → उत्पादन ( $k = 2.2 \times 10^7 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ) 400 nm से ऊपर कोई क्षणिक अवशोषण नहीं देखा गया है। ACN के साथ •OH मूलकों की प्रतिक्रिया की निगरानी 480 nm पर इसके प्रकाशीय अवशोषण की निगरानी करके प्रतिस्पर्धी विलेय के रूप में थायोसाइनेट डायमर मूलक आयन ( $\text{CNS})_2^{\bullet-}$  का उपयोग करके की जाती है।



10 mM  $\text{CNS}^-$  के साथ •OH की प्रतिक्रियाशीलता  $1.1 \times 10^8$  है और इसका मान 17 M ACN के साथ  $3.7 \times 10^8$  है, इसलिए 80% •OH ACN के साथ और 20% थायोसाइनेट के साथ प्रतिक्रिया करता है। यह ACN में थायोसाइनेट की कम घुलनशीलता के कारण है। इसी तरह के प्रयोग मेथियोनीन मिथाइल एस्टर हाइड्रोक्लोराइड (MME) और टोलुइन को •OH मूलक स्केवेंजर्स के रूप

में उपयोग करके आयोजित किए गए हैं। ACN माध्यम में •OH मूलक उत्पन्न करने और सबस्ट्रेट के साथ उनकी प्रतिक्रियाओं का अध्ययन करने की इस विधि का उपयोग पानी में न्यूनतम घुलनशील पदार्थों और कुछ एंटीऑक्सीडेंट अध्ययनों के लिए किया जा सकता है।

## प्रायोगिक कार्य

### सामग्री:

मेथियोनीन मिथाइल एस्टर हाइड्रोक्लोराइड (MME) और 2,2'-एजिनोबिस (3-एथिल-बेंजोथियाजोलिन-6-सल्फोनिक एसिड) डायमोनियम नमक (ABTS) एल्डिच रसायन, यूएसए से प्राप्त किए गए थे। एचपीएलसी ग्रेड एसीएन, टोलुइन और पी-हाइड्रॉक्सी टोलुइन का उपयोग किया गया। पोटेथियम थायोसाइनेट (KSCN) और अन्य सभी एनालार ग्रेड अभिकर्मकों का उपयोग किया गया था।

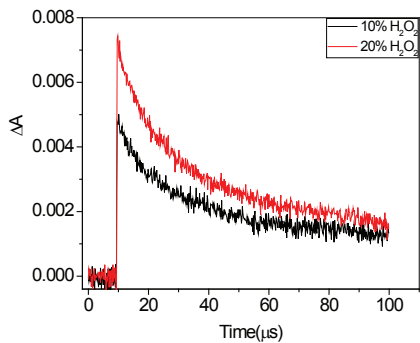
### तरीके

$\text{H}_2\text{O}_2$  की सांद्रता को घोम्ले के अभिकर्मक स्पेक्ट्रोफोटो-मेट्रिकली [5] का उपयोग करके मापा गया था, जिसके लिए शिमदजु मॉडल 1601 स्पेक्ट्रोफोटोमीटर का उपयोग करके प्रकाशीय अवशोषण का अध्ययन किया गया था। पुणे विश्वविद्यालय के नेशनल सेंटर फॉर फ्रीमूलकरिसर्च में लिनैक सुविधा का उपयोग करके पल्स विकिरण अपघटनी प्रयोग किए गए। सुविधा में 7 MeV रैखिक त्वरक (AS&E, HSED, USA) शामिल हैं, जो 10, 20, 50, 100, 200, 400 और 3000 ns चौड़ाई के इलेक्ट्रॉन पल्स प्रदान करता है। प्रकाशिक संसूचक प्रणाली लुजकेम (Luzchem) कनाडा द्वारा प्रदान किया गया है। सिस्टम का विवरण अन्यत्र [6-7] में बताया गया है। प्रस्तावित अध्ययन 10-15 Gy प्रति पल्स की खुराक सीमा के साथ 50 ns अवधि के इलेक्ट्रॉन पल्स का उपयोग करके किया गया था। विकिरण खुराक को 480 nm पर क्षणिक प्रजातियों ( $\text{CNS})_2^{\bullet-}$  की निगरानी करके थायोसाइनेट डोसिमेट्री का उपयोग करके मापा गया था [8]

प्रकाशीय अवशोषण को मापने के लिए फोटोडायोड सरणी डिटेक्टर से जुड़े एक जल (WATER) (2998) प्रणाली का उपयोग एचपीएलसी प्रयोगों को करने के लिए किया गया था। 0.5 मिली/मिनट की प्रवाह दर का उपयोग करते हुए इस्तेमाल किया गया। कॉलम सनफायर सी18 (आंतरिक व्यास 5 माइक्रोमीटर, 5.5 मिमी X 250 मिमी) था। ACN का उपयोग मोबाइल चरण के रूप में किया जाता है। उत्सर्जित उत्पादों की निगरानी 254 nm पर की जाती है। 10 Gy की खुराक पर ACN युक्त टोलुइन को विकिरणित करके टोलुइन के साथ  $\cdot\text{OH}$  मूलकों की प्रतिक्रिया का अध्ययन किया गया और उत्पाद पी-हाइड्रॉक्सी टॉल्विन (पी-क्रेसोल) को मापा गया।

## परिणाम और चर्चा

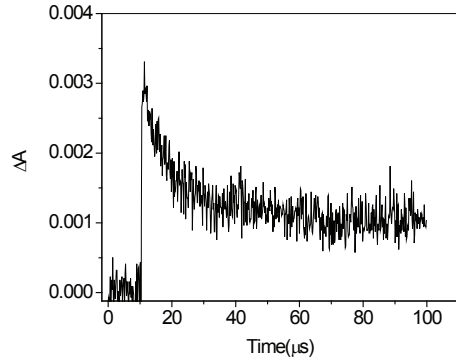
10 mM थायोसाइनेट और 0.9 M या 1.8 M  $\text{H}_2\text{O}_2$  युक्त ACN घोल को नाइट्रोजन से शुद्ध किया गया और 11 Gy की खुराक पर विकिरणित किया गया। 480 nm पर रिकॉर्ड किए गए  $(\text{CNS})_2^{\cdot-}$  मूलकों के अनुरूप क्षय के निशान चित्र 1 में दिखाए गए हैं।  $\text{H}_2\text{O}_2$  की सांद्रता 0.9 M से 1.8 M तक बढ़ाने के बाद,  $\cdot\text{OH}$  की बढ़ी हुई उपज के कारण क्षणिक प्रजातियों का अवशोषण बढ़ जाता है।



चित्र 1 : 480 nm पर  $(\text{CNS})_2^{\cdot-}$  मूलक के क्षय निशान।  
खुराक/नाड़ी = 11 Gy.

0.9 M  $\text{H}_2\text{O}_2$  युक्त ACN समाधानों में 10 mM KBr जोड़कर इसी तरह के प्रयोग किए गए।  $\text{Br}^-$  आयनों (प्रतिक्रिया 7 और 8) के साथ  $\cdot\text{OH}$  मूलकों की प्रतिक्रिया

से उत्पन्न  $\text{Br}_2^{\cdot-}$  प्रजातियों का क्षय निशान चित्र 2 में दिया गया है।

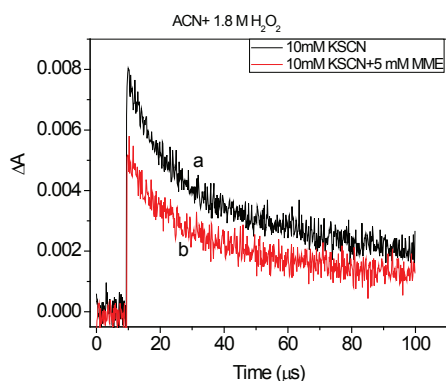


चित्र 2: 360 nm पर  $(\text{Br})_2^{\cdot-}$  मूलक का क्षय ट्रेस।  
खुराक/नाड़ी = 15 Gy

अणुओं के एंटीऑक्सीडेंट का अध्ययन अक्सर जलीय माध्यम में प्रतिस्पर्धी गतिकी का उपयोग करके ABTS के साथ  $\cdot\text{OH}$  मूलकों की प्रतिक्रिया की निगरानी करके किया जाता है [9]। हालाँकि, ACN में ABTS की कम घुलनशीलता के कारण ये अध्ययन ACN माध्यम में नहीं किए जा सके। ACN माध्यम में यौगिकों के साथ  $\cdot\text{OH}$  मूलक प्रतिक्रिया का अध्ययन करते समय, सबस्ट्रेट के साथ  $\text{H}_2\text{O}_2$  की सीधे प्रतिक्रिया की संभावना की जांच की जानी चाहिए।

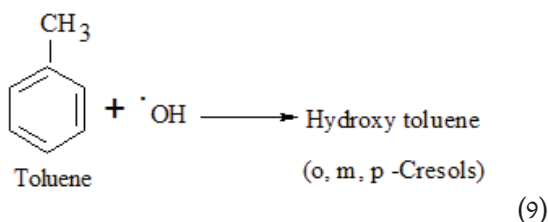
विलेय के साथ  $\cdot\text{OH}$  मूलकों की दर स्थिरांक का मूल्यांकन करने के लिए, मानक के रूप में थायोसाइनेट का उपयोग करके ACN में MME की दर स्थिरांक को मापने के लिए प्रतिस्पर्धी गतिकी विधि का उपयोग किया गया था। चित्र 3, 5 mM MME के साथ और उसके बिना 480 nm पर प्रकाशीय घनत्व मान दिखाता है। प्रतिस्पर्धी गतिकी से MME के साथ  $\cdot\text{OH}$  मूलकों की दर स्थिरांक का मूल्यांकन  $4.4 \times 10^9 \text{ dm}^3 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$  के रूप में किया जाता है। जलीय घोल में दर स्थिरांक [10] का मान 7.3

$\times 10^9 \text{ dm}^3 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$  है। दर स्थिर मूल्यों में यह अंतर संभवतः पानी की तुलना में ACN की उच्च चिपचिपाहट के कारण है। इसी प्रकार के प्रयोग अन्य विलेय पदार्थों के लिए भी किये जा सकते हैं।

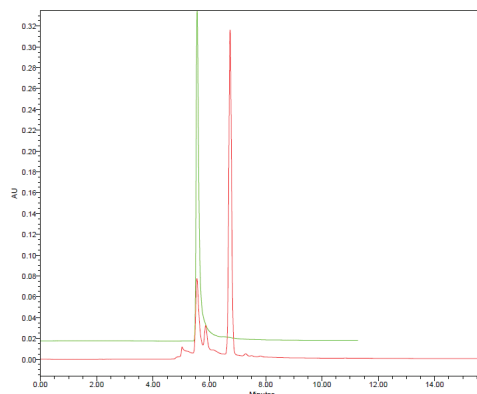


चित्र 3: MME की अनुपस्थिति (a) और उपस्थिति (b) में 480 nm पर  $(\text{CNS})_2^{\cdot-}$  के क्षय के निशान। खुराक/नाड़ी = 12Gy.

$\text{H}_2\text{O}_2$  का उपयोग करके ACN माध्यम में  $\cdot\text{OH}$  मूलकों के जनन की पुष्टि करने के लिए, ACN में 1.8  $\text{M H}_2\text{O}_2$  युक्त घोल में 10 mm टोलुइन मिलाया जाता है। घोल को नाइट्रोजन से शुद्ध किया गया और 27 Gy तक विकिरणित करने के बाद एचपीएलसी तकनीक का उपयोग करके पी-क्रेसोल (प्रतिक्रिया 9) के उत्पादन की निगरानी की गई। क्रोमैटोग्राम चित्र 4 में दिखाए गए हैं।



टोलुइन के लिए अवधारण समय 6.8 मिनट है और पी-क्रेसोल के लिए यह 5.6 मिनट है। 5.6 और 5.9 मिनट पर अन्य शिखर ओ- और एम-क्रेसोल के कारण हो सकते हैं।



चित्र 4: पी-क्रेसोल के लिए एचपीएलसी क्रोमैटोग्राम (—), विकिरणित नमूने के लिए (—) ।

## निष्कर्ष

इलेक्ट्रॉन विकिरण पर  $\text{N}_2$  के साथ शुद्ध किए गए  $\text{H}_2\text{O}_2$  युक्त ACN माध्यम में  $(\text{CNS})_2^{\cdot-}$  और  $\text{Br}_2^{\cdot-}$  मूलकों का निर्माण  $\cdot\text{OH}$  मूलकों की उत्पत्ति की पुष्टि करता है। प्रतिस्पर्धी गतिकी का उपयोग करते हुए, ACN में MME के साथ  $\cdot\text{OH}$  मूलकों की दर स्थिरांक निर्धारित की गई थी। टोलुइन से पी-क्रेसोल का उत्पादन ACN माध्यम में  $\cdot\text{OH}$  मूलकों के जनन की पुष्टि भी करता है।

## आभार

लेखक पल्स विकिरण अपघटनी सुविधा प्रदान करने के लिए प्रोफेसर ए.एस. कुंभार, रसायन विज्ञान विभाग, पुणे विश्वविद्यालय को धन्यवाद देते हैं। लेखक अपना बहुमूल्य मार्गदर्शन प्रदान करने के लिए वैज्ञानिकों - डॉ. अविनाश सप्रे और डॉ. के. इंदिरा प्रियदर्शिनी, आरपीसी डिवीजन, भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र (बीएआरसी), भारत को भी धन्यवाद देते हैं।

## धन स्रोत

इस कार्य को सार्वजनिक, वाणिज्यिक, या गैर-लाभकारी क्षेत्रों में किसी भी फंडिंग एजेंसी से कोई विशिष्ट अनुदान नहीं मिला है।

**एक ऐसी स्थिति जिसमें सरकारी अधिकारी का निर्णय उसकी व्यक्तिगत रुचि से प्रभावित हो।**

लेखक घोषित करते हैं कि हितों या व्यक्तिगत संबंधों का कोई प्रतिस्पर्धी टकराव नहीं है जो इस शोधपत्र में सूचित किए गए कार्य को प्रभावित कर सकता हो।

## शोध पत्र में प्रयुक्त अंग्रेजी शब्दों की समानार्थक हिंदी शब्दावली

Alphabetically sorted terminology in English	वर्णमाला अनुक्रमित हिंदी शब्दावली
Competition Kinetics	प्रतिस्पर्धी गतिकी
Organic Solute	कार्बनिक विलेय
Rate Constant	दर स्थिरांक
Radical	मूलक
Radiolytic generation	विकिरण अपघटनी जनन

### संदर्भ

1. I. P. Bell, M. A. J. Rodgers and H. D. Burrows, Kinetic and thermodynamic character of reducing species produced on pulse radiolysis of acetonitrile, *J. Chem. Soc., Faraday Trans. 1*, **73**, 315-326 (1976).
2. V. Samant, A. K. Singh, T. Mukherjee and D. K. Palit, Spectroscopic properties of anion radicals studied using pulse radiolysis, *Res. Chem. Intermed.*, **8**, 767-776 (2006).
3. De La J. R. Feunte, G. Kciuk, E. Sobarzo-sanchez and K. Bobrowski, Transient Phenomena in the Pulse Radiolysis of Oxoisoaporphine Derivatives in Acetonitrile, *J. Phys. Chem. A.*, **112**, 10168-10177 (2008).
4. G.V Buxton, C. L. Greenstock, W. P. Helman and A. B. Ross, Critical Review of rate constants for reactions of hydrated electrons, hydrogen atoms and hydroxyl radicals ( $\cdot\text{OH}/\cdot\text{O}^-$  in Aqueous Solution, *J. Phys. Chem. Ref data*, **17**, 513-531 (1988).
5. A.O. Allen, C. J. Hochanadel, J. A. Ghormley and T. W. Davis, Decomposition of water and aqueous solutions under mixed fast neutron and  $\gamma$ -radiation, *J. Phys. Chem.*, **56**, 575-586 (1952).
6. P. Yadav, M. S. Kulkarni, M. Shirdhonkar and B. S. M. Rao, Pulse radiolysis: Pune University LINAC facility, *Curr. Sci.*, **92**, 599-605 (2007).
7. G. Pramod, K. P. Prasanthkumar, H. Mohan, V. M. Manoj, P. Manoj, C. H. Suresh and C. T. Aravindkumar, Reaction of Hydroxyl Radicals with Azacytosines: A Pulse Radiolysis and Theoretical Study, *J. Phys. Chem., A.*, **110**, 11517-11526 (2006).
8. R. H. Schuler, A. L. Hartzell, B. Behar, Track effects in radiation chemistry. Concentration dependence for the scavenging of hydroxyl by ferrocyanide in nitrous oxide-saturated aqueous solutions, *J. Phys. Chem.*, **85**, 192 -199 (1981).
9. J. S. Londhe, T. P. A., Devsagayam, L. Y., Foo and S. S. Ghaskadbi, Antioxidant activity of some polyphenol constituents of the medicinal plant *Phyllanthus amarus* Linn, *Redox Report*, **13**, 199-207 (2008).
10. M. B. Shirdhonkar, D. K. Maity, H. Mohan and B. S. M. Rao, Oxidation of methionine methyl ester in aqueous solution: A combined pulse radiolysis and quantum chemical study, *Chem. Phys. Lett.*, **417**, 116-123 (2006).



# कला, संस्कृति और परम्परा के स्तोत्रकार कवि कालिदास Kalidas : The devout narrator of Art, Culture and Tradition

योगेश शर्मा<sup>1</sup>, आकृति ठाकुर<sup>2</sup>  
Yogesh Sharma<sup>1</sup>, Aakriti Thakur<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Associate Professor- Kalakosa Division, Indira Gandhi National Centre for the Arts, New Delhi

<sup>2</sup> Research Scholar- Department of Sanskrit, Philosophy and Vedic Studies, Banasthali Vidyapith, Tonk, Rajasthan  
ycsharma2000@yahoo.co.in aakritithakur2@gmail.com

<https://doic.org/10.0729/VP.2024467093>

## शोध सारांश

भारतीय चिन्तन में ज्ञान की नित्यता एवं अक्षुण्णता का विमर्श हुआ है। ज्ञान की इसी परम्परा के अन्तर्गत सभी लौकिक एवं अलौकिक विषयों का समन्वयन किया गया है। स्वरूपगत विविधता के अनन्तर भी भारतीय ज्ञाननिधि के सभी पक्ष अद्वय दृष्टि के ही परिचायक हैं। यही एकात्मवादी दृष्टि भारतीय संस्कृति एवं ज्ञान परम्परा के उद्घोष रूप में परिलक्षित होती है। वैदिक ऋषि-मनीषियों से लेकर आदिकवि वाल्मीकि, महर्षि वेद व्यास से लेकर शंकराचार्य एवं आचार्य अभिनवगुप्त सहित सम्पूर्ण भारतीय वाङ्मय में इसी अद्वयवादी विचारधारा का पल्लवन देखा गया है। महाकवि कालिदास भी इसी ज्ञानात्मक परम्परा के आराधक हैं, जिन्होंने अपने ग्रन्थों में जीवन के समस्त विषयों को समाविष्ट कर लिया है। कालिदास की सात प्रमुख काव्यकृतियाँ प्रसिद्ध हैं, जिनमें रघुवंश और कुमारसम्भव (महाकाव्य), मेघदूत और ऋतुसंहार (खण्डकाव्य अथवा गीतिकाव्य) तथा अभिज्ञानशाकुन्तल, विक्रमोर्वशीय एवं मालविकाग्निमित्र (रूपक) आदि हैं। कवि द्वारा अपनी पूर्ववर्ती आचार्य परम्परा को नमन करते हुए प्राचीन परम्परा के साथ-साथ अपने ग्रन्थों में आधुनिकता को भी पर्याप्त अवकाश दिया गया है, जो इनमें नूतन और पुरातन के अद्भुत संगम का बोध कराता है। मनुष्य जीवन के सांस्कृतिक, ऐतिहासिक, भौगोलिक, सामाजिक, राजनैतिक, शैक्षणिक, धार्मिक, आध्यात्मिक इत्यादि सभी महत्वपूर्ण पहलुओं का सुन्दर समन्वयन हमें कालिदास में देखने को मिलता है। शिव और शक्ति की स्तुति एवं यथास्थान व्याख्या के द्वारा कवि ने अन्तर्जगत् और वस्तु-जगत् के सन्तुलन एवं साहचर्य का भी प्रकाशन किया है। कालिदास का साहित्य विभिन्न विषयों के माध्यम से शास्त्र और प्रयोग का जीवन्त उदाहरण प्रस्तुत करता है। वस्तुतः कालिदास के ग्रन्थों में भारतीय संस्कृति के सभी पक्ष उसी प्रकार अन्तर्निहित हैं, जिसप्रकार परासंविद् (परमात्मा) में यह जगत् समाविष्ट होता है। प्रस्तुत शोधपत्र ऐसे उन कवि कालिदास से सम्बद्ध कतिपय विषयों पर विमर्श करने की चेष्टा करता है। साथ ही, कवि की भारतीय ज्ञान परम्परा एवं संस्कृति के प्रति अप्रतिम श्रद्धा का भी संकेत करता है।

Throughout the history of Indian intellectual thought, there have been extensive discussions on the continuity and coherence of knowledge. This tradition places importance on integrating both worldly (Laukika) and otherworldly (Alaukika) elements with each other. Despite the different forms (Svaroop) they may take, all facets of this rich tradition has non-dualism (Advaita), as its underlying thread. This holistic approach is evident in the multifaceted representations of Indian culture and knowledge tradition. From the ancient Vedic sages and scholars to revered figures like Valmiki, Veda Vyas, Adi Shankaracharya, and Acharya Abhinavagupta, the growth of this non-dualistic (Advaitavadi) philosophy has been explored in the vast corpus of Indian literary heritage. Kalidas, a prominent figure in this tradition, has expounded numerous aspects related to

humankind in his literary works. His seven major poetic works (Kavyas), including the two Mahakavyas, viz., the Raghuvamsha, and the Kumarasambhava, two Khanda or Geeti-Kavyas, viz., the Meghduta, and the Ritusamhara, and three dramas (Rupakas), namely, the Abhigyanashakuntala, the Vikramorvasiya, and the Malavikagnimitra, ably exemplify his lucid contribution. While respecting the teachings of his predecessors (Acharyas), Kalidas embraces innovation and modernity, and blends the ancient (Puratan) with the contemporary (Nutan), seamlessly. His works encompass diverse aspects of life such as culture, history, geography, society, politics, education, religion, and spirituality. While worshipping Shiva and Shakti in his benedictions (mangalacharanas and nandi pathas), the poet strives to strike a balance between the spiritual and the mundane, and thus presents a model poetic code to his successors. His literature serves as a testament to the harmonious coexistence of the tenets of theory (Shastra) and their practical application (Prayoga). Essentially, the works of Mahakavi Kalidas encapsulate the essence of Indian culture, in the same way as this world is embodied in the Absolute (Parasamvit). This research paper aims to delve into the ingenuity of Kalidas as a poet and highlights his profound dedication to Indian knowledge tradition and culture.

भारत में ज्ञान की नित्यता का सिद्धान्त सम्पूर्ण चिन्तन संस्कृति, वाङ्मय एवं दर्शन का प्रमुख आधार रहा है। यहाँ ज्ञान की सर्जना न होकर उसका साक्षात्कार किया जाता है या परम्परा से नित्य श्रवण किया जाता है। यही कारण है कि ज्ञान दृष्ट और श्रुत है। सम्भवतः यही अभेदात्मक दृष्टि लगभग सभी दर्शनों के एक समान लक्ष्यबिन्दु का संकेत करती है। परमतत्त्व का स्वरूप जिस भी रूप में निर्धारित किया जाता है वह ज्ञाता-ज्ञेय-ज्ञान के समावेश का प्रकाशन करता है। यही अद्वैत/अद्वय का प्रमुख आधार है। अद्वैत/अद्वय दृष्टि भारतीय दर्शन के मूल स्वभाव को व्यक्त करती है। यही उपनिषद् की मूल दृष्टि है, जो बाद में वेदान्त दर्शन के अन्तर्गत शाङ्कर अद्वैत आदि के रूप में परिलक्षित होती है। यही प्रत्यय सर्जनात्मक साहित्य में भी प्रतिबिम्बित होता है। वाल्मीकि से अब तक सभी में यही एकात्मवादी दृष्टि देखने को मिलती है।

कालिदास ज्ञान की इसी नित्य परम्परा के कवि हैं। जहाँ उनके चिन्तन में शिव-शक्ति के सामरस्य एवं परम शिव के सर्वशक्तित्व का स्वरूप प्रतीत होता है। कालिदास ज्ञान की नित्यता के आराधक कवि हैं। उनमें गुरु-शिष्य, ईश्वर-भक्त, एवं कविता की नित्य परम्परा के प्रति एक श्रद्धा का भाव है। रघुवंश के प्रथम सर्ग में रामकथा के विषय में वे कहते हैं-

*अथवा कृतवाग्द्वारेऽपि वंशेऽस्मिन् पूर्वसूरिभिः ।*

*मणौ वज्रसमुत्कीर्णे सूत्रस्येवास्ति मे गतिः ॥*

(रघुवंशम्, 1/4 )

इस श्लोक के माध्यम से कालिदास रामकथा के पूर्व कवि एवं ऋषि-परम्परा की आराधना करते हैं, और स्वयं के कार्य को सूत्र-गति के सदृश कहकर ज्ञान की नित्यता, परम्परा और संस्कृति के संवाहक प्रतिनिधि का भाव प्रदर्शित करते हैं।

कालिदास में परम्परा के प्रति गहरी आस्था है, साथ ही प्राचीन एवं नूतन का भी एक अप्रतिम समन्वय परिलक्षित होता है। यह चेतना के चिरन्तन स्पन्दन का परिचायक है। मालविकाग्निमित्रम् के आरम्भ में जहाँ कालिदास अपने पूर्ववर्ती कवियों भास, सौमिल्ल एवं कविपुत्र के प्रति पूर्ण आदर देते हैं, वहीं वर्तमान के महत्त्व का भी प्रतिपादन करते हैं।

*“प्रथितयशसां भाससौमिल्लकविपुत्रादीनां प्रबन्धानतिक्रम्य  
वर्तमानकवेः कालिदासस्य क्रियायाः कथं बहुमानः”।*

*पुराणमित्येव न साधु सर्वं न चापि काव्यं नवमित्यवद्यम् ।*

*सन्तः परीक्ष्यान्यतरद्भजन्ते मूढः परप्रत्ययनेयबुद्धिः ॥*

(मालविकाग्निमित्रम्, 1/3)

यह कालिदास की इतिहास दृष्टि का भी आख्यान है, जिसमें चिन्तन का सातत्य एवं प्रामाणिकता है। जो अतीत और वर्तमान का संवाद है, जिसमें कोकिलों के पञ्चम स्वर के आकर्षक मधुर गीतों से गुंजायमान सरस सान्द्र मंजरियों से लदे हुए सहकार के सुखद छायादार वृक्षों के आस-पास शीतल जल में अठखेलियाँ करता सा छप-छप शैशव रूप भविष्य एक गौरवशाली इतिहास बनने को सन्नद्ध हो रहा

है। कालिदास में अतीत - वर्तमान - और भविष्य एक साथ अपने-अपने उत्तरदायित्व का निर्वाह करते हुए अपनी-अपनी भूमिका में प्रतिबिम्बित हैं। कालिदास में अतीत, अद्य और अनागत परस्पर एक दूसरे से सम्बद्ध होकर काल एवं चेतना की अखण्डता और ज्ञान के अनवरत प्रवाह से युक्त नदी के समान पारदर्शी निनाद करते हुए स्वच्छ जल के सदृश सहृदयों को हृदय में स्थित तरंगों को तरंगित कर प्रकाश (चेतना) और विमर्श (बोध) की नित्य प्रक्रिया के लिए प्रेरित करते हैं।

रघुवंश महाकाव्य में वाणी (शब्द) और अर्थ के नित्य साहचर्य को पार्वती और परमेश्वर के संपृक्त (सामरस्य) भाव के साथ उपमित करके अनेक स्थलों पर भारतीय परम्परा और संस्कृति की अनुगामी विशेषता को कालिदास आनन्द के साथ व्यक्त करते हैं। अकर्तृत्व का भाव मूल भारतीय विचार है। हम जो कुछ भी करते हैं, उसके करने में, हमसे कहीं अधिक परम्परा, संस्कृति और ज्ञान सम्बद्ध चिरन्तर चेतना के नित्य प्रवाह की भूमिका होती है, जो पूर्ववर्ती ऋषियों, कवियों, मनीषियों, द्रष्टाओं के साक्षात्कृत अनुभव से साक्षात् या उनकी कृतियों से हम तक पहुँचता है - यह नित्य चिरन्तन - नूतन - विचार है। ऋग्वेद के अग्निसूक्त में कहा गया है -

“अग्निः पूर्वोभिः ऋषिभिरीड्यैर्नूतनैरुत”

(ऋग्वेद, 1/1/2)

कालिदास इसी परम्परा की वन्दना विनम्रतापूर्वक अपने सभी ग्रन्थों में करते हैं। सम्भवतः कालिदास की दृष्टि में कविता सहज और स्वतः स्फूर्त नित्य प्रेरणा है, जिसकी सर्जना नहीं होती वह स्वयं हो जाती है। यदि कवि, गुरु एवं नित्य ज्ञान की परम्परा के प्रति श्रद्धा का भाव हो, वह भी विगलित अहङ्कार होकर। कालिदास कहते हैं -

रघूणामन्वयं वक्ष्ये तनुवाग्विभवोऽपि सन् ।

तद्गुणैः कर्णमागत्य चापलाय प्रचोदितः ॥

(रघुवंशम्, 1/9)

अर्थात् मैं (कालिदास) रघुवंशी राजाओं के वंश की कहानी कहूँगा, जबकि मेरी वाणी में अत्यल्प सामर्थ्य है। उनके (राजाओं) गुणों ने मेरे कानों में आकर मेरी बुद्धि को प्रेरित कर दिया है।

कालिदास सहज प्रतिभा और प्राकृतिक भावों के मूर्त कवि हैं। उनकी कविता में वेद का मन्त्र ‘कविर्मनीषी परिभूः स्वयंभूः’ चरितार्थ होता है। वेद में यह मन्त्र परमात्मा के स्वरूप को व्यक्त करता है। परमात्मा कवि है, मनीषी है और अन्तर्जगत् और बहिर्जगत् दोनों में व्याप्त है। दोनों जगत् भी उसी से हैं। कविता में कविरूप कालिदास भी ऐसे ही दिखते हैं, और परमात्मा के इसी स्वरूप को अपनी कविता में भी प्रकाशित करते हैं। अभिज्ञानशाकुन्तलम् के नान्दी पाठ में वे शिव के आठ रूपों की वन्दना करते हैं, जिससे हमें एक उत्तर अवश्य मिलता है कि परमात्मा कहाँ है और इसका स्वरूप कैसा है -

कालिदास कहते हैं कि वह जल के रूप में प्रथम सृष्टि है, वह यज्ञ में अग्नि के रूप में विद्यमान है, यज्ञकर्ता होता के रूप में होत्री रूप है। दिन और रात को निर्धारित करने वाले सूर्य और चन्द्र के रूप में वह दृष्टिगत है। श्रुतिविषयगुण (शब्द) रूप आकाश वही तो है। हम जिससे प्राणवान् है, ऐसा वह वायुरूप है, और सभी का बीजरूप प्रकृति (पृथिवी) वह परमात्मा है।

कालिदास में वस्तु जगत् और अन्तर्जगत् दोनों का सन्तुलन दिखता है परमात्मा के इसी रूप की वे भक्ति भी करते हैं। “वेदान्तेषु यमाहुरेकपुरुषं” - विक्रमोर्वशीयम् के नान्दी पाठ में वे परमतत्त्व को भक्तियोग-सुलभ कहते हैं। वहीं मालविकाग्निमित्रम् में “यः परस्ताद्यतीनाम्” कहकर शिव-शक्ति के सामरस्य की अभिव्यक्ति करते हैं। वे जगत् की सत्ता को भी स्वीकार करते से परिलक्षित होते हैं - सम्पूर्ण जगत् के सभी आधारभूत तत्त्व (जल-आदि) परमतत्त्व के ही मूर्तरूप हैं, ऐसा वे अभिज्ञानशाकुन्तलम् में कह चुके हैं। इस प्रकार प्रतीत होता है कि संसार के प्रति कालिदास की सकारात्मक दृष्टि है।

कालिदास की भारत के भूगोल, संस्कृति, जीवन-मूल्य एवं समरसतापूर्ण समाज के प्रति गहरी निष्ठा है- कुमारसंभवम् के प्रथम श्लोक में प्रतीत होता है कि, मानो उन्होंने भारत का सीमाङ्कन ही कर दिया हो। वे कहते हैं कि अस्त्युत्तरस्यां दिशि देवात्मात्मा हिमालयो नाम नगाधिराजः । पूर्वापरौ तोयनिधीवगाह्य स्थितः पृथिव्या इव मानदण्डः ॥

(कुमारसंभवम्, 1/1)

अर्थात् उत्तर दिशा में पृथिवी के मानदण्ड के रूप में स्थित हिमालय नाम का देवस्वरूप एक पर्वत है। इसके पूर्व और पश्चिम में समुद्र है। मेघदूतम् में कालिदास ने यक्ष की कहानी के माध्यम से मेघ को संदेशवाहक बनाकर भारत से उत्तर भारत तक के मानसून के मार्ग को अत्यन्त सूक्ष्मता और स्पष्टता के साथ चित्रित किया है। आधुनिक भूगोल एवं मौसम के विद्वानों के द्वारा भी वर्तमान में प्रदर्शित मानसून का क्रम लगभग वैसा ही है जैसा कालिदास ने मेघदूत में उल्लेख किया है। रामगिरि आश्रम (नागपुर), आम्रकूट पर्वत (अमरकंटक पर्वत, अनूपपुर), रेवा (नर्मदा) नदी, दशार्ण (विदिशा), अवन्तिप्रदेश, उज्जयिनी, शिप्रा नदी, गम्भीरा नदी, देवगिरि पर्वत, चर्मण्वती (चम्बेल) नदी, ब्रह्मावर्त, कुरुक्षेत्र, कनखल गङ्गा का उद्गम क्षेत्र, हिमालय, कैलाश पर्वत एवं अलकापुरी का क्रमशः वर्णन संकेत करता है कि कालिदास को भारत के भूगोल एवं मानसून का विशेष ज्ञान था। कालिदास प्रकृति के उत्कृष्ट चित्रकार हैं। प्रकृति और मनुष्य के साहचर्य का अद्भुत निदर्शन उनके सभी ग्रन्थों में देखा जा सकता है। ऋतुसंहारम् में ऋतुओं का संजीव एवं साक्षात् वर्णन है। अभिज्ञानशाकुन्तलम् नाटक में प्रकृति का मानवीय संवेदनाओं के रूप में स्पष्ट प्रकाशन दिखता है। नाटक के आरम्भ में ग्रीष्म ऋतु के वर्णन में मानव-उल्लास एवं सुखानुभूति के सभी कारकों का उल्लेख कालिदास करते हैं -

*सुभगसलिलावगाहाः पाटलसंसर्गिसुरभिवनवाता ।*

*प्रच्छाय सुलभनिद्रा दिवसाः परिणामरमणीयाः ॥*

(अभिज्ञानशाकुन्तलम्, 1/3)

ग्रीष्म ऋतु में शीतल जल में स्नान करने में अत्यन्त आनन्द आता है, पाटल की सुगन्ध में बसा हुआ पवन बड़ा अच्छा लगता है। घने छायादार वृक्षों के नीचे नींद अच्छी आती है। सन्ध्या का समय भी सुहावना होता है।

अभिज्ञानशाकुन्तलम् के चतुर्थ अङ्क में कालिदास के द्वारा प्रकृति और मनुष्य में एक ऐसा अभेद स्थापित किया गया है, कि प्रकृति की सभी घटनाएँ एवं मानवीय क्रियाओं में किसी भी प्रकार का कोई अन्तर प्रतीत नहीं होता। कण्व और शकुन्तला के माध्यम से कालिदास की प्रकृति के प्रति भावनात्मक अनुभूति एवं संवेदना इन शब्दों में देखी जा सकती है -

*पातुं न प्रथमं व्यवस्यति जलं युष्माध्वपीतेषु या  
नादत्ते न प्रियमण्डनापि भवतां स्नेहेन या पल्लवम् ।  
आद्ये वः कुसुमप्रसूतिसमये यस्या भवत्युत्सवः  
सेयं याति शकुन्तला पतिगृहं सर्वैरनुज्ञायताम् ॥*

(अभिज्ञानशाकुन्तलम्, 4/10)

इस श्लोक में कण्व शकुन्तला के पक्ष से तपोवन के वृक्षों को सम्बोधित करते हुए कह रहे हैं कि - जो तुम्हें (वृक्षों को) पिलाये बिना पानी नहीं पीती थी। आभूषण के प्रति आकर्षण होने पर भी स्नेहवश तुम्हारे (वृक्षों के) पत्ते नहीं तोड़ती थी। तुम्हारे (वृक्षों के) नई-नई कोपलें आने वाला समय जिसके लिए (शकुन्तला के लिए) उत्सवकाल होता था। आज वही शकुन्तला अपने पति के घर जा रही है। तुम सभी इसे अनुज्ञा दो। महर्षि कण्व का वृक्षों के साथ ऐसा संवाद प्रकृति के आत्मदर्शन एवं मनुष्य की प्रकृति के साथ हृदय-संवाद की मनोरम अभिव्यक्ति है। कालिदास आध्यात्म एवं लोक के सुन्दर समन्वय में प्रकृति की भूमिका को अत्यन्त महत्त्व देते हैं। अभिज्ञानशाकुन्तलम् की कहानी में अध्यात्म एवं लोक के समन्वय में प्रकृति की भूमिका आद्योपान्त परिलक्षित होती है। तपोवन में रहने वाले ऋषि, मुनि एवं आरण्यकों के लिए राजा दुष्यन्त के मन में गहरी श्रद्धा के भाव हैं, जो स्थान-स्थान पर व्यक्त होते हैं। जैसे, जब विदूषक राजा दुष्यन्त को आश्रमवासियों से कर-संग्रह करने के लिए कहता है, तब राजा उत्तर देते हैं -

*यदुत्तिष्ठति वर्णेभ्यो नृपाणां क्षयि तत्फलम् ।*

*तपः षड्भागमक्षय्यं ददत्यारण्यका हि नः ॥*

(अभिज्ञानशाकुन्तलम्, 2/13)

अर्थात् चार वर्णों से जो राजाओं को कर मिलता है, उसका फल तो शीघ्र नष्ट हो जाता है। किन्तु ये आरण्यक हमें तप का षष्ठांश देते हैं। वह सदैव अक्षय रहता है।

उपर्युक्त श्लोक तपोवन एवं तप की संस्कृति के महत्त्व को प्रदर्शित करता है। साथ ही तप के अक्षय षष्ठांश (कर) के माध्यम से राष्ट्र निर्माण में आरण्यकों की भूमिका का संकेत करता है। कालिदास राजा के उत्तरदायित्व एवं प्रजा के प्रति कर्तव्यों का स्पष्ट उल्लेख अपने ग्रन्थ में करते हैं। राज्य एवं राज्य के राजस्व के सन्दर्भ में कालिदास कहते हैं कि - “प्रजा के कल्याण के लिए ही राजा को प्रजा से ठीक वैसे ही कर लेना चाहिए, जैसे कि सूर्य जितने जल

का अवशोषण करते हैं उसका सहस्र गुणा वर्षा के रूप में पृथ्वी को लौटाते हैं”।

प्रजानामेव भूत्यर्थं स ताभ्यो बलिमग्रहीत् ।

सहस्रगुणमुच्छ्रष्टुं आदत्ते हि रसं रविः ॥

(रघुवंशम्, 1/18)

इसके अतिरिक्त राजा के प्रजा के प्रति उत्तरदायित्वों में प्रजा का शिक्षण, पोषण एवं रक्षण प्रमुख हैं। इस आधार पर कालिदास राजा और प्रजा के मध्य सम्बन्ध को पिता और पुत्र के रूप में स्थापित करते हैं। कालिदास की दृष्टि में लोकतन्त्र के कार्यों में राजा को निरन्तर दायित्व का निर्वाह करते रहना चाहिए, ठीक उसी प्रकार जैसे सूर्य एकबार ही अपने घोड़े जोतकर निरन्तर चल रहा है, पवन रात-दिन बहता रहता है और शेषनाग पृथ्वी के भार को अपने ऊपर सदा धारण किये रहते हैं। षष्ठांशवृत्ति वाले राजा की भी यही स्थिति है।

भानुः सकृद्युक्ततुरङ्ग एव रात्रिन्दिवं गन्धवहः प्रयाति ।

शेषः सदैवाहितभूमिभारः षष्ठांशवृत्तेरपि धर्म एषः ॥

(अभिज्ञानशाकुन्तलम्, 5/4)

कालिदास की शिक्षित एवं स्वस्थ समाज के प्रति गहरी आस्था है। उनके ग्रन्थों में समाज के सभी वर्गों के लोग एक भाव और समान अधिकार से विमर्श करने के अधिकारी हैं। कालिदास की दृष्टि में राजा और आरण्यक अथवा अन्य किसी भी व्यक्ति में कोई भेद नहीं है। वशिष्ठ ऋषि के गुरुकुल में राजा दिलीप भी वैसे ही रहते हैं, जैसे अन्य तपोवनवासी। यही स्थिति अभिज्ञानशाकुन्तलम् में भी परिलक्षित होती है। तपोवन में हिरण का पीछा करते हुए राजा को दो ब्रह्मचारी रोक देते हैं, और हिंसा का विरोध करते हैं। राजा दुष्यन्त भी उनकी बात को विनम्रतापूर्वक स्वीकार करते हैं। अभिज्ञानशाकुन्तलम् में उल्लिखित महर्षि कण्व एक गुरुकुल के कुलपति हैं, जिनके आश्रम में अनुसूया, प्रियंवदा एवं शकुन्तला को भी शिक्षा दी जा रही है। साथ ही अन्य ब्रह्मचारी भी शिक्षा ग्रहण कर रहे हैं। उपर्युक्त प्रसंग इस बात की ओर संकेत करते हैं, कि उस काल में महिलाओं को भी शिक्षा का उतना ही अधिकार था, जितना पुरुषों को।

कालिदास शिक्षा के अनेक ऐसे मानदण्डों का निर्धारण करते हैं जिनसे शिक्षक एवं शिक्षा-व्यवस्था के स्वरूप को

एक दिशा मिल सकती है। शिक्षकों के विषय में वे कहते हैं कि –

श्लिष्टा क्रिया कस्यचिदात्मसंस्था संक्रान्तिरन्यस्य विशेषयुक्ता ।  
यस्योभयं साधु स शिक्षकाणां धुरि प्रतिष्ठापयितव्य एव ॥

(मालविकाग्निमित्रम्, 1/16)

अर्थात् कुछ लोग ऐसे होते हैं, जो अपने गुणों को भलीभाँति जानते हैं। कुछ लोग ऐसे होते हैं जो उन गुणों को दूसरों को सिखाने में निपुण होते हैं। वस्तुतः शिक्षकों में वही श्रेष्ठ है जिसमें ये दोनों बातें हों।

शिक्षक का यह भी धर्म है कि वह शास्त्रार्थ करने से न भागे, दूसरों (विद्वानों) की निन्दा को सहन न करे। जो विद्वान् (भले ही विरोधी क्यों न हो) है, उसका सम्मान करे। केवल आजीविका के लिए शिक्षण न करे। उपर्युक्त इसी प्रसंग में मालविकाग्निमित्रम् में स्पष्टता से कहा गया है कि-  
लब्धास्पदोऽस्मीति विवादभीरोस्तितिक्षमाणस्य परेण निन्दाम् ।  
यस्यागमः केवलजीविकायै तं ज्ञानपण्यं वणिजं वदन्ति ॥

(मालविकाग्निमित्रम् 1/17)

अर्थात् जो लोग शिक्षक का पद प्राप्त कर लेने पर विमर्श से डरकर भागते हैं। अन्य विद्वान् लोगों की निन्दा को सहन कर लेते हैं। केवल जीविका के लिए ही शिक्षण करते हैं। ऐसे लोगों को ज्ञान का विक्रय करने वाला वणिक माना जाता है।

शिक्षा के अन्तर्गत कालिदास शास्त्र एवं प्रयोग के सिद्धान्त का समर्थन करने से परिलक्षित होते हैं। शास्त्र विद्या के अन्तर्गत समस्त चौदह विद्याओं का ज्ञान अत्यन्त आवश्यक है। रघुवंशम् के प्रथम सर्ग में रघुवंशी राजाओं एवं दिलीप के सन्दर्भ में वे कहते हैं कि-

“शैशवेऽभ्यस्त विद्यानाम्” (रघुवंशम्, 1/8)

“विद्यानां पारदृश्वनः” (रघुवंशम्, 1/23)

जिनकी व्याख्या में 13वीं शताब्दी के ‘रघुवंश’ पर संजीवनी के टीकाकार मल्लिनाथ कहते हैं कि विद्या का तात्पर्य “वेद वेदाङ्ग” आदि से है। अतः कालिदास वेद, वेदांग, पुराण, न्याय, मीमांसा, तर्कशास्त्र, नाट्य, नृत्य, संगीत, चित्र, शिल्प आदि शास्त्र एवं प्रयोग के एक समान पक्षधर हैं। एक ओर वे वेदत्रयी एवं अध्यात्म विद्या की बात करते दिखते हैं तो, दूसरी ओर प्रयोग प्रधान नाट्यशास्त्र

की। प्रयोग भी ऐसा कि सभी को आनन्द दे। कालिदास कहते हैं कि -

*आपरितोषाद्विदुषां न साधु मन्ये प्रयोगविज्ञानम् ।*

*बलवदपि शिक्षितानामात्मन्यप्रत्ययं चेतः ॥*

(अभिज्ञानशाकुन्तलम्, 1/2)

अर्थात् जब तक विद्वान् लोग अच्छा न कहें, तब तक नाटक को सफल नहीं माना जा सकता है। प्रयोग विज्ञान रूप नाट्य के प्रति कहीं-कहीं तो कालिदास अधिक पक्ष लेते दिखते हैं। वे नाट्य को शान्तचाक्षुष यज्ञ की संज्ञा देते हैं। ऐसा चाक्षुष यज्ञ, जिसमें महादेव शंकर दो भागों में विभक्त होकर ताण्डव और लास्य के रूप में दिखते हैं। इस नाट्य में सत्त्व, रज और तम तीनों गुण दिखते हैं। अनेक रसों से सम्पन्न विभिन्न प्रकार के लोकचरित परिलक्षित होते हैं। भिन्न-भिन्न रुचि के सभी लोगों का समाराधन इस नाट्य में हो जाता है। कालिदास सम्भवतः नाट्य को ईश्वर विनिर्मित विश्वरूप के प्रतिबिम्ब के रूप में देख रहे हैं। क्योंकि जब वे विश्वरूप नाट्य का वर्णन करते हैं, तो उसमें महादेव शंकर की क्रियाओं का उल्लेख करते हैं। वहीं दूसरी ओर जब ईश्वर स्वरूप महादेव का वर्णन करते हैं तब उन्हें जगत् में व्याप्त अष्टमूर्ति तत्त्वों (जल, अग्नि, होत्री, सूर्य, चन्द्र, आकाश, वायु, पृथिवी) से अभिव्यक्त करते हैं। अतः कालिदास कला और कलाकार को समष्टि एवं व्यष्टि दोनों स्तरों पर देखते हुए अभिव्यक्ति और अनुभूति के समान भाव को व्यक्त करते हैं।

कालिदास के तीन नाट्यों में यदि शिव के स्वरूप को क्रमशः मालविकाग्निमित्रम्, विक्रमोर्वशीयम् एवं अभिज्ञानशाकुन्तलम् के आधार पर समझने का प्रयास करें, तो प्रतीत होता है कि, सर्वव्यापक भगवान् शिव धीरे-धीरे इस जगत् के रूप में हमारे समक्ष प्रकट हो रहे हैं। जैसे-जैसे हमारी बुद्धि का नैर्मल्य बढ़ता जाता है, वैसे-वैसे हम आत्मस्थित होते जाते हैं, परिणामस्वरूप जगत् में व्याप्त अष्टमूर्ति रूप (जल, अग्नि, होत्री, सूर्य, चन्द्र, आकाश, वायु, पृथिवी) शिव के स्वरूप का प्रत्यभिज्ञान करते हैं।

मालविकाग्निमित्रम् में कालिदास भगवान् शिव से उन्हें एकमात्र ईश्वर, आठ रूपों में संसार का पोषण करने वाला बताकर मनुष्य की पापोन्मुखी बुद्धि को नष्ट करने की

प्रार्थना करते हैं। वहीं विक्रमोर्वशीयम् में वे भगवान् शिव को हृदयस्थ बताते हुए कहते हैं कि “वेदान्तों में जिन्हें एक ऐसा पुरुष कहा गया है, जो आकाश तथा पृथिवी में व्याप्त हैं, जिनका ईश्वर नाम सार्थक है और इस ईश्वर का नाम से अन्य कोई नहीं पुकारा जा सकता, मोक्ष प्राप्ति के इच्छुक पुरुष जिन्हें प्राणादि के द्वारा अपने हृदय के भीतर खोजा करते हैं, वे ईश्वर रूप भगवान् शिव “भक्तियोग सुलभ” हैं। और अन्त में, अभिज्ञानशाकुन्तलम् में कालिदास शिव को क्रमशः जल, अग्नि, होत्री, सूर्य, चन्द्र, आकाश, पृथिवी एवं वायु आदि के आठ रूपों में प्रत्यक्ष एवं मूर्ति स्वरूप मानते हैं। उपर्युक्त विवेचन से प्रतीत होता है कि कालिदास परम तत्त्व के अनुसंधान एवं अनुभव की प्रक्रिया का व्यवस्थित रूप में निरूपण कर रहे हैं।

कालिदास एक सम्पूर्ण कवि हैं, जो एक ओर रघुवंशम्, कुमासम्भवम् एवं मेघदूतम् जैसे श्रव्यकाव्यों की सर्जना करते हैं, तो दूसरी ओर उसी सामर्थ्य से अभिज्ञानशाकुन्तलम्, विक्रमोर्वशीयम् एवं मालविकाग्निमित्रम् जैसे नाट्यरूप दृश्यकाव्यों की सर्जना करते हैं। जिनके ग्रन्थों में सम्पूर्ण लोक एवं लोककर्ता परमतत्त्व समष्टि और व्यष्टि दोनों रूपों में प्रतिबिम्बित हैं। जो अनेक संस्कृतियों के समन्वयक कहे जा सकते हैं। जिनके ग्रन्थों में भारत-बोध का दर्शन होता है। जिनके आराधक महाकवि वाणभट्ट, उद्भट, जयन्त भट्ट, अभिनवगुप्तपादाचार्य, श्रीकृष्ण कवि, जर्मन विद्वान् गेटे आदि अनेक उन्हीं के अनुगामी विद्वान् हैं। ऐसे उन कालिदास के विषय में किञ्चित् संकेत भर प्रस्तुत लेख में किया गया है। अभी अनगिनत पक्ष हैं। जिन पर अनवरत चर्चा की आवश्यकता है। सम्भवतः अग्रिम किसी अंक में फिर से कालिदास के अन्य पक्षों की चर्चा करेंगे। कालिदास के ही शब्दों में -

*क्व सूर्य प्रभवो वंशः क्व चाल्पविषयामतिः ।*

*तितीर्षुर्दुस्तरं मोहादुडुपेनास्मि सागरम् ॥*

(रघुवंशम्, 1/2)

कहाँ तो सूर्यवंश रूपी प्रभावशाली एवं विशाल कालिदास का साहित्य और कहाँ छोटी सी बुद्धि वाला मैं। मैं यह भलीभाँति जानता हूँ, मैं एक छोटी सी नाव से अपार समुद्र को मूर्खतावश पार करने की इच्छा कर रहा हूँ।

## प्रतिक्रियाएं / Feedback

विज्ञान प्रकाश पत्रिका ने हिन्दी में शोध पत्रों को प्रकाशित किया। इससे हिन्दी भाषा में भी शोध का महत्व स्थापित हुआ। हम उनके इस योगदान को सराहते हैं।

-Manan Pathak,

GTU Ahmedabad, mananypathak@gmail.com

विज्ञान प्रकाश पत्रिका के संपादकों को मेरा दिल से धन्यवाद। उनकी इस बेहतरीन पहल के माध्यम से हिन्दी में शोध पत्रों के प्रकाशन को संभव बनाने के लिए। यह कदम हमारे वैज्ञानिक समुदाय के लिए एक महत्वपूर्ण योगदान है और हमारे राष्ट्रीय भाषा को समृद्ध करने के प्रयासों को प्रोत्साहित करता है।

-Ram Pravesh Prasad,

Hansraj College, Delhi University, ram.mbhudu@gmail.com

विज्ञान प्रकाश पत्रिका द्वारा हिन्दी में शोध लेखों का प्रकाशन करने के लिए हम आपके इस कदम की सराहना करते हैं। यह एक महत्वपूर्ण और अद्वितीय पहल है जो हमारे वैज्ञानिक समुदाय के साथ हमारी भाषा को सम्मान दिलाता है। हिन्दी में शोध लेखों का प्रकाशन करने से हमारी भाषा की गति को बढ़ावा मिलता है और विभिन्न स्तरों पर वैज्ञानिक जागरूकता को बढ़ावा मिलता है। इसके माध्यम से, अनेक वैज्ञानिकों को अपने अनुसंधान को साझा करने का अवसर मिलता है और हमारी वैज्ञानिक समुदाय की सांविधानिकता को बढ़ावा मिलता है। आपके इस कार्य के लिए हम आपकी सराहना करते हैं और आपकी पहल का समर्थन करते हैं।

-Manjusha B. Shirdhonkar,

ASSC Surat, manjusha\_shirdhonkar@sassc.in

विज्ञान प्रकाश पत्रिका द्वारा हिन्दी में शोध लेखों का प्रकाशन करने की पहल निरंतर हमारे समाज की वैज्ञानिक सोच को स्थापित करती रहेगी। यह कदम न केवल हमारी भाषा और संस्कृति के प्रति गर्व का अभिनादन है, बल्कि यह भी दिखाता है कि विज्ञान और तकनीक की दुनिया में हम अपनी भाषा को महत्वपूर्ण मानते हैं। इस प्रकार का कार्य हमें आत्मनिर्भरता की दिशा में आगे बढ़ने का मार्ग प्रदान करता है और वैज्ञानिक साहित्य को हिन्दी में उपलब्ध कराने से हमारी सामाजिक और वैज्ञानिक विकास में निरंतर योगदान होगा।

-Shailesh Kumar Srivastava,

SVNIT Surat, shaileshiitr2010@gmail.com

विज्ञान प्रकाश पत्रिका द्वारा हिन्दी में शोध पत्रों को प्रकाशित करने की पहल सराहनीय है। इस कदम से विज्ञान के क्षेत्र में हिन्दी भाषा को भी महत्व मिल रहा है। यह साबित करता है कि विज्ञान का अध्ययन और संशोधन केवल अंग्रेजी में ही नहीं, बल्कि हिन्दी भाषा में भी हो सकता है। इस प्रक्रिया से हिन्दी भाषा का विकास होगा और हमारी सांस्कृतिक विरासत को संरक्षित रखने में मदद मिलेगी। इस समर्थन योग्य पहल के लिए पत्रिका की संपूर्ण टीम को बधाई और धन्यवाद।

-Jeetendra Bhawsar,

Atal Bihari Vajpayee Hindi Vishvidhyalaya, Bhopal (M.P.) jitendra.bhawsar@gmail.com

विज्ञान प्रकाश - विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल, वर्ष 21, अंक 3, जुलाई - सितम्बर 2023

VIGYAN PRAKASH : Research Journal of Science & Technology, Vol. 21, No. 3, July - September 2023

List of Review Coordinators (Excellently coordinated with reviewers for critical review).

- **Dr. Sarita Kalla**  
Assistant Professor  
Department of Electronics Engineering  
Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology  
Surat, India - 395007  
sarita87mishra@gmail.com
- **Dr. Deepak Joshi**  
Assistant Professor  
Department of Electronics Engineering  
Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology  
Surat, India - 395007  
d.joshi@eced.svnit.ac.in
- **Dr. Amit Sharma**  
Assistant Professor  
Department of Mathematics  
Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology  
Surat, India - 395007  
amitsharma@amhd.svnit.ac.in
- **Dr. Shailesh Kr Srivastava**  
Assistant Professor  
Department of Mathematics  
Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology  
Surat, India - 395007  
shailesh@amhd.svnit.ac.in
- **Dr. Ketan C Kuperkar**  
Associate Professor  
Department of Chemistry  
Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology  
Surat, India - 395007  
kck@chem.svnit.ac.in
- **भाषा सुधार (Language Comprehension)**  
**Dr Adarsh Mangal**  
Department of Mathematics  
Engineering College Ajmer, India - 305025  
dradarshmangal@vigyanprakash.in

### List of Reviewers

- **Dr. Sarita Kalla**  
Assistant Professor  
Department of Electronics Engineering  
Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology  
(SVNIT) Surat, India - 395007  
sarita87mishra@gmail.com
- **Dr. Subrata Dutta**  
Assistant Professor  
Department of Chemistry  
Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology  
(SVNIT) Surat, India - 395007  
subrata.d@chem.svnit.ac.in
- **Dr. Karunesh Kumar Singh**  
Assistant Professor  
Applied Sciences and Humanities Department  
Institute of Engineering & Technology,  
Lucknow, India  
kksingh@ietlucknow.ac.in
- **Dr. Saroj R Yadav**  
Assistant Professor  
Department of Mathematics  
Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology  
(SVNIT) Surat, India - 395007  
sry@amhd.svnit.ac.in
- **Dr. Vijay Kumar Shukla**  
Assistant Professor  
Department of Mathematics,  
Shiv Harsh Kisan P.G. College, Basti  
vshukla1100@gmail.com
- **Dr. Sourav Gupta**  
Assistant Professor  
Department of Mathematics  
Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology  
(SVNIT) Surat, India - 395007  
sgupta@amhd.svnit.ac.in
- **Dr. Dipika**  
Assistant Professor  
Department of Physics  
Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology  
(SVNIT) Surat, India - 395007  
dipikapatel@phy.svnit.ac.in
- **Dr. H G Patel**  
Associate Professor  
Department of Electrical Engineering  
Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology  
(SVNIT), Surat, India - 395007  
hgp@eed.svnit.ac.in
- **Dr. Abhilash Mandloi**  
Associate Professor  
Department of Electronics Engineering  
Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology  
(SVNIT) Surat, India - 395007  
asm@eced.svnit.ac.in



नानक वाणी (जपुजी साहेब) से उद्धृत ...

ੴ ਸਤਿ ਨਾਮੁ ਕਰਤਾ ਪੁਰਖੁ ਨਿਰਭਉ ਨਿਰਵੈਰੁ

ਅਕਾਲ ਮੂਰਤਿ ਅਜੂਨੀ ਸੈਭੰ ਗੁਰ ਪ੍ਰਸਾਦਿ ॥

एकओं सति नामु करता पुरखु निरभउ निरवैरु

अकाल मूरति अजूनी सैभं गुर प्रसादि।

परमात्मा (ओंकार) एक है और वह सत्य (नित्य) के रूप में भासित है। वह कर्ता (करतार) है, आदि पुरुष है, भय तथा बैर से रहित है एवं तीनों कालों से परे है। वह अयोनि और स्वयंभू है। वह गुरु की कृपा से प्राप्त होता है।

The Supreme (Omkar) is one and he is expressed as (eternal) Truth. He is the creator and is immortal.

He is without fear, and enmity, is beyond time, is unborn and self-illuminated.

He can be realised only with the grace of the Guru.

ਸਾਚਾ ਸਾਹਿਬੁ ਸਾਚੁ ਨਾਇ ਭਾਖਿਆ ਭਾਉ ਅਪਾਰੁ ॥

ਆਖਹਿ ਮੰਗਹਿ ਦੇਹਿ ਦੇਹਿ ਦਾਤਿ ਕਰੇ ਦਾਤਾਰੁ ॥

साचा साहिबु साचु नाइ भाखिआ भाउ अपारु।

आखहि मंगहि देहि देहि दाति करे दातारु।

परमात्मा सच्चा है। उसके गुणों का वर्णन अनन्त भावों में किया जाता है। लोग उसके गुणों की प्रशंसा एवं उससे अपनी कामनापूर्ति की इच्छा करते हैं। परमात्मा लोगों की इच्छापूर्ति करता है।

The Supreme (Omkar) is the only reality. His qualities are described in infinite expressions.

People pray for the fulfillment of their desires to Him, and He fulfils.

ਗੁਰਮੁਖਿ ਨਾਦੰ ਗੁਰਮੁਖਿ ਵੇਦੰ ਗੁਰਮੁਖਿ ਰਹਿਆ ਸਮਾਈ ॥

ਗੁਰੁ ਈਸਰੁ ਗੁਰੁ ਗੋਰਖੁ ਬਰਮਾ ਗੁਰੁ ਪਾਰਬਤੀ ਮਾਈ ॥

गुरमुखि नादं गुरमुखि वेदं गुरमुखि रहिआ समाई।

गुरु ईसरु गुरु गोरखु बरमा गुरु पारबती माई।

गुरु की वाणी ही नाद (शब्द) और वेद है, क्योंकि गुरु की रसना में परमात्मा समाया हुआ है।

गुरु ही शिव है, गुरु ही विष्णु है, गुरु ही ब्रह्मा और माँ पार्वती है।

The word of the Guru is divine. It is wisdom of the Vedas.

The Supreme resides in the Guru. The Guru is Shiva, Vishnu, Brahma and Parvati.

ਐਸਾ ਨਾਮੁ ਨਿਰੰਜਨੁ ਹੋਇ, ਜੇ ਕੇ ਮੰਨਿ ਜਾਣੈ ਮਨਿ ਕੋਇ ॥

ऐसा नामु निरंजनु होइ, जे को मंनि जाणै मनि कोइ।

परमात्मा के नाम का सुमिरन करने वाला मन ही मन उस आनंद का रसास्वादन करता है। यही परमात्मा के नाम की महिमा है।

Those who chant the name of the Supreme realise the ultimate bliss. Such is the glory of the

Name of the Supreme (Omkar).

नानक (कार्तिक पूर्णिमा 1469 – 22 सितंबर 1539) सिखों के प्रथम गुरु हैं। नानक में एक दार्शनिक, योगी, गृहस्थ, धर्मसुधारक, समाज-सुधारक, कवि, देशभक्त और विश्वबन्धु—सभी के गुण विद्यमान थे। नानक ने परमात्मा की उपासना का एक अलग मार्ग मानवता को दिया। हिन्दी साहित्य में नानक भक्तिकाल के निर्गुण धारा से सम्बन्ध रखते हैं। नानक ने प्रकृति से एकात्म होकर जो अभिव्यक्ति की है, वह निराली है। उनकी कविताओं में फारसी, मुल्तानी, पंजाबी, सिंधी, खड़ी बोली, अरबी के शब्द मिलते हैं। उनके कुछ पदों को यहां प्रस्तुत किया गया है।

**विज्ञान प्रकाश : विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल**

**VIGYAN PRAKASH : Research Journal of Science & Technology**

**www.VigyanPrakash.in**